

# Die Einzelhaus-Wasserversorgung

Leitfaden für Architekten, Ingenieure, Pumpen-  
fabrikanten, Wasserleitungsinstallateure  
und Brunnenbauer

Von

**Alfred Schacht**

Ingenieur

Mit 63 Textfiguren



**Berlin**  
Verlag von Julius Springer  
1914

ISBN-13: 978-3-642-90344-1  
DOI: 10.1007/978-3-642-92201-5

e-ISBN-13: 978-3-642-92201-5

**Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung,  
vorbehalten.**

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1914

## Vorwort.

Das Wasser ist eine der wichtigsten Lebensbedingungen nicht nur des Menschen, sondern aller Lebewesen überhaupt. Für das Wohlbefinden der Bewohner und die Sauberkeit eines Wohnhauses oder einer menschlichen Ansiedlung, für die Erträge eines Gartens oder eines landwirtschaftlichen Betriebes, sowohl nach Menge als auch nach Qualität, ist das reichliche Vorhandensein von gutem Wasser die erste Bedingung.

Der Städter hat es in dieser Beziehung gut. Er bezieht seine Wohnung und findet an allen den Stellen derselben, wo Wasser gebraucht wird, Zapfhähne vor, die er nur zu öffnen braucht, um das belebende Element in genügender Menge hervorsprudeln zu lassen und seinen Bedürfnissen nutzbar zu machen. Aus welchen Entfernungen her ihm das Wasser mitunter erst zugepumpt wird, und welche, manchmal sehr komplizierten, Einrichtungen eventuell erforderlich sind, um das Wasser in durchaus einwandfreier Beschaffenheit an die Zapfhähne zu bringen, davon macht sich der Städter nur in wenigen Fällen ein klares Bild: Das Wasser ist eben da und das genügt.

Anders der Landbewohner!

Kleine Gemeinden können meist nicht die Mittel aufbringen, die erforderlich sind für die Verlegung weitverzweigter Rohrstränge, für die Anschaffung und Aufstellung von Pumpmaschinen und Wasserreinigungsanlagen und für die Anstellung geeigneter Personen, die die Maschinen bedienen usw., so daß also der Landbewohner gezwungen ist, sich selbst ein kleines Wasserwerk zu schaffen. Aber selbst wenn eine Gemeinde ein öffentliches Wasserwerk einrichtet, so wird die Wasserversorgung meist nur auf ein Gebiet, das die am meisten bewohnten Stellen umfaßt, beschränkt, weshalb diejenigen, die es lieben oder gezwungen sind, sich abseits vom Wege ihr Heim oder ihren Betrieb einzurichten, hinsichtlich der Wasserversorgung auf sich selbst und auf das, was ihnen von Leuten, die die Projektierung und

die Aufstellung derartiger Einzelwasserversorgungsanlagen von Berufs wegen betreiben, erzählt und vorgeschlagen wird, angewiesen sind.

Die Einrichtungen und Anordnungen nun, die der Einzelwasserversorgung dienen, sind sehr verschieden — und müssen es auch sein, weil die verschiedenartigsten Energiequellen benutzt werden — so daß es nur schwer ist, eine Anlage hinzustellen, die sich nicht nur durch stete Betriebssicherheit, Zweckmäßigkeit, lange Lebensdauer und geringe Ansprüche auf Bedienung auszeichnet, sondern auch vor allen Dingen nicht viel kosten darf.

Und um allen denjenigen, die mit der Projektierung der Wasserversorgungsanlage beim Entwurf der Ansiedelung und mit der Ausführung und Instandhaltung derselben zu tun haben, praktische Hinweise zu geben, ist das vorliegende Buch geschrieben.

Neben den Grundbegriffen, die für die Feststellung der jeweils vorliegenden Förderhöhe usw. erforderlich sind, sind die einzelnen Pumpensysteme und vor allen Dingen auch die maschinellen Einrichtungen, die zum Antrieb der Pumpen dienen, ausführlich behandelt. Einen breiten Raum nimmt dabei der elektrische Antrieb ein, der sich durch die in neuerer Zeit in großer Zahl errichteten elektrischen Überlandzentralen immer mehr einführt und sich fast überall verwenden läßt. Auch die automatische Wasserversorgung, die die Elektrizität erst richtig zu einer Spenderin wirklicher Bequemlichkeit macht, ist sehr ausführlich behandelt.

Ich übergebe das Buch der Öffentlichkeit mit der Hoffnung, daß es trotz der wahrscheinlich enthaltenen Unvollkommenheiten seinen Zweck, allen, die mit der Einzelwasserversorgung zu tun haben, ein Helfer zu sein, erfüllen wird und zwar umsomehr, als es auch einige von den in dieser Frage bisher bereits (auch von mir) veröffentlichten Gedanken zusammenfaßt.

Gleichzeitig danke ich dem Verlag für die vorteilhafte Ausstattung, die dem Buche zuteil wurde, und den verschiedenen Firmen, die mich durch Überlassung von Zeichnungen und Klischees sowie durch Abgabe von Auskünften in liebenswürdiger Weise unterstützt haben.

Berlin, im März 1914.

**Alfred Schacht.**

# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
1. Einleitung. . . . .	1
2. Der Arbeitsvorgang beim Pumpen. . . . .	3
Saugwirkung . . . . .	3
Manometrische Saughöhe. . . . .	4
Druckwirkung. . . . .	7
Manometrische Druckhöhe . . . . .	7
3. Die Pumpen . . . . .	11
Kolbenpumpen . . . . .	11
Kreiselpumpen . . . . .	14
Rotationspumpen . . . . .	19
PreBluftpumpen . . . . .	20
Handpumpen . . . . .	22
Injektoren . . . . .	23
Pulsometer . . . . .	24
Hydraulische Widder . . . . .	26
4. Wasserversorgungsanlagen. . . . .	27
Kolbenpumpenanlagen, elektr. betrieben. . . . .	27
Zahnradvorgelege . . . . .	28
Riemenvorgelege . . . . .	29
Zahnkettenvorgelege . . . . .	34
Pumpen in Garten- und Springbrunnenanlagen. . . . .	35
Elektrischer Teil . . . . .	36
Tiefbrunnen-Gestänge-Pumpen . . . . .	37
Explosionsmotoren. . . . .	40
Dieselmotoren . . . . .	45
Antrieb durch tierische Kräfte . . . . .	47
Windmotoren-Antrieb . . . . .	48
Kreiselpumpen mit elektr. Antrieb . . . . .	53
Vertikale Kreiselpumpen . . . . .	56
Wasserturbinen . . . . .	60
Windmotoren . . . . .	60
PreBluftpumpenanlagen . . . . .	60
Pulsometeranlagen. . . . .	63
Hydraulische Widder-Anlagen . . . . .	63
5. Automatische Wasserversorgung . . . . .	65
Mittels Hochbehälter. . . . .	66
Der Hochbehälter . . . . .	67
Tagesverbrauch . . . . .	67

	Seite
Apparate für elektr. Antrieb . . . . .	68
Verwendung von Windmotoren . . . . .	74
Wasserstands-Fernmelder . . . . .	74
Füllung eines 2. Behälters . . . . .	75
Mittels geschlossenen Druckkessels . . . . .	76
Apparate für elektr. Antrieb . . . . .	77
Ergänzen der Luft. . . . .	78
Delphinpumpwerk . . . . .	79
Hauswasserversorgungsanlagen . . . . .	83
Verwendung von Explosions- und Windmotoren . . . . .	85
Autom. Preßluftpumpenanlagen . . . . .	86
Selbsttätiges Einschalten durch Zapfhähne . . . . .	87
6. Enteisung . . . . .	87
7. Wassermessung . . . . .	90
8. Rohrleitung . . . . .	93
9. Armaturen. . . . .	95

## 1. Einleitung.

Schon die ersten Ansiedelungen der Menschheit waren in der Nähe von Quellen errichtet, da man frühzeitig erkannt hatte, welchen Wert das Vorhandensein von gutem Wasser für das Wohlbefinden und die Entwicklung der Gemeinwesen hat. Die Reste der altrömischen Wasserleitungen, die hier und da, besonders auch am Rhein, freigelegt wurden, lassen dieses ohne weiteres mit Sicherheit vermuten. Der weitere Ausbau solcher Wasserleitungsanlagen und gleichzeitig auch die nach und nach bekannt gewordene Fähigkeit, größere Mengen Wasser aufzufangen und auf gewisse Entfernungen weiterzuleiten, gab die Möglichkeit zur freien Entwicklung des Städtewesens; bekanntlich ist auch noch in heutiger Zeit die Entwicklung einer Ansiedelung zum großen Teil abhängig von der Wassermenge, die ihr für die verschiedensten Zwecke zur Verfügung gestellt werden kann.

Wie liegt nun die Sache in heutiger Zeit? Die öffentliche Gemeindewasserversorgung wird aus technischen, mehr noch aus wirtschaftlichen Gründen nur für ein begrenztes Gebiet eingerichtet, so daß derjenige, der sich außerhalb dieses Gebietes sein Heim errichtet, von den Vorteilen der Gemeindewasserversorgung ausgeschlossen ist. Auch Kuranstalten und Sanatorien sind häufig gezwungen, auf den Nutzen der öffentlichen Wasserversorgung zu verzichten und ihre Anlagen und Räumlichkeiten an abgelegenen Punkten aufzubauen, weil häufig gerade hier günstige Bedingungen für die Heilung suchende Menschheit vorhanden sind. Und für Fabriken, z. B. der chemischen oder Zucker-Industrie, wird es meist zur Notwendigkeit, sich selbst eine Wasserversorgungsanlage zu schaffen, wenn sie vermeiden wollen, dauernd eine hohe Summe für den Wasserverbrauch an das Gemeindewasserwerk zu zahlen.

Es erwächst diesen allen ein Helfer in der Not aus der elektrischen Energie, die, in den fast überall vorhandenen elektrischen Überlandzentralen erzeugt und meist bis in unmittelbare Nähe bewohnter Gegenden geleitet, ebenso wie sie für die Verrichtung anderer mechanischer Arbeiten verwendet werden kann, auch für die Wasserversorgung benutzt wird.

Neben der elektrischen Energie können für den Betrieb der Pumpenanlage auch die zu billigen Preisen und in durchaus betriebssicherer Ausführung hergestellten Verbrennungsmotoren verwendet werden.

Auch die treibende Kraft des Dampfes und des Windes, sowie menschliche und tierische Kräfte können der Wasserversorgung nutzbar gemacht werden.

Alle diese Pumpenanlagen müssen den Ansprüchen, die man in hygienischer Beziehung in sie zu setzen berechtigt und verpflichtet ist, durchaus entsprechen; besondere Beachtung ist dem Zustand des geförderten Wassers zu schenken, welches häufig mit wenig angenehmen Kindern der Fauna und Flora durchsetzt ist und eventuell vor dem Gebrauch erst entsprechend behandelt werden muß.

Es werden nun zunächst die Grundbegriffe des Pumpvorganges erläutert, sodann sollen die verschiedenen Pumpensysteme und die einzelnen Anordnungen von Wasserversorgungsanlagen einer eingehenden Betrachtung unterzogen werden, und zuletzt kommen die Enteisenung, die Rohrleitung und die Armaturen zur Besprechung.

Dabei soll durchweg angenommen werden, daß als Wasser nur das in einem unterirdischen Lauf fließende Grundwasser verwendet wird, da nur dieses nach den heute geltenden Anschauungen in Betracht kommen darf. Man setzt hierbei voraus, daß das Wasser nach dem Niederschlag aus der Atmosphäre beim Durchsickern der verschiedenen Erdschichten so weit gereinigt wird, daß es ohne weiteres verwendet werden kann, daß aber oberirdisch fließendes Wasser, also Flußläufe und Seen, zuviel Zufälligkeiten hinsichtlich der Verunreinigung ausgesetzt sind, als daß man auf eine wenigstens annähernd gleichmäßige und gute Beschaffenheit des zu entnehmenden Wassers rechnen könnte. Ob man nun das Wasser in einem gemauerten Brunnen oder in einem Rohrbrunnen der Erde entnimmt, ist abhängig

einmal von der Tiefe des Grundwasserspiegels und zum andern von der Pumpenart, die man für zweckmäßig erachtet; bei der Erörterung der verschiedenen Pumpensysteme und Anlagen sind entsprechende Angaben gemacht. Die Ausführung des Brunnens selbst ist abhängig von der Art der zu durchfahrenden Bodenschichten, von der Filterart usw., so daß es mir angebracht erscheint, hierüber keine bestimmten Regeln aufzustellen. Zusammen mit einem erfahrenen Brunnenbauer, der für die Herstellung des Brunnens in jedem einzelnen Fall hinzugezogen werden muß, wird es stets möglich sein, eine zweckmäßige Ausführung bei niedrigen Anlagekosten zu wählen.

## 2. Der Arbeitsvorgang beim Pumpen.

Pumpen sind Maschinen, welche der Ortsveränderung und Förderung von Flüssigkeiten, im vorliegenden Fall also von Wasser, dienen, und zwar wirken sie in der Weise, daß sie das Wasser ansaugen und durch eine geeignete Vorrichtung zwingen, der gewünschten Stelle auf einem genau vorgeschriebenen Wege zuzufließen. Der Arbeitsvorgang zerfällt demnach in eine Saug- und in eine Druckwirkung.

Die Saugwirkung beruht auf der Wirkung des Luftdruckes. Durch die in Bewegung gesetzte Pumpe wird in letzterer ein luftverdünnter Raum geschaffen, in welchen Wasser durch den auf dem Saugwasserspiegel lastenden Druck der atmosphärischen Luft getrieben wird. Der Druck der Atmosphäre wird bekanntlich in der Niveauhöhe des Meeresspiegels zu 1,033 kg pro  $\text{cm}^2$  Fläche angenommen; in der Praxis wird mit 1 kg pro  $\text{cm}^2$  gerechnet, und man bezeichnet dann diesen Druck mit 1 atm, welche gleichgesetzt wird dem Druck einer Wassersäule (W.-S.) von 10 m oder demjenigen einer Quecksilbersäule (Q.-S.) von 76 cm Höhe. In Orten, die sich in beträchtlicher Höhe über dem Meeresspiegel befinden, muß berücksichtigt werden, daß die theoretisch mögliche Saughöhe der Pumpe geringer wird, und zwar um so mehr, je höher der betreffende Ort liegt; man rechnet für je 1000 m Höhererhebung über dem Meeresspiegel eine Druckabnahme von 0,1 m W.-S. = 0,76 cm Q.-S. Durch den atmosphärischen Luftdruck wird, wie man sich ausdrückt, der im Rohr befindlichen Wassersäule das Gleichgewicht gehalten.

Nun befindet sich aber die im Saugrohr enthaltene Wassersäule nicht in Ruhe, sondern sie erhält durch das Arbeiten der Pumpe eine aufwärts gerichtete Bewegung. Infolgedessen muß der Druck der Atmosphäre nicht nur der im Saugrohr befindlichen Wassersäule das Gleichgewicht halten, sondern er muß auch noch die verschiedenen Widerstände überwinden, die sich durch die Reibung der einzelnen Wasserteilchen unter sich und durch die Reibung des Wassers an den Rohrwandungen ergeben. Die Widerstände werden auch noch vergrößert durch plötzliche Richtungsänderungen der Saugleitung, die sich durch die örtlichen Verhältnisse ergeben, und durch die in die Saugleitung eingebauten Armaturen, wie Saugkorb und Fußventil. Da auch das zunächst in Ruhe befindliche Wasser beim Eintritt in das Saugrohr beschleunigt, und sodann dem Wasser eine gewisse Geschwindigkeit erteilt werden muß, so wird auch hierdurch die erreichbare Saughöhe ungünstig beeinflusst. Bei stark lufthaltigem Wasser ist schließlich noch zu berücksichtigen, daß sich die im Wasser enthaltene Luft ausscheidet, und zwar weil durch die von der Pumpe erzeugte Luftverdünnung der auf der Wassersäule im Saugrohr lastende Luftdruck vermindert wird. Endlich wird die theoretisch erreichbare Saughöhe durch das spezifische Gewicht und durch die Temperatur des anzusaugenden Wassers vermindert, so daß also die im günstigsten Fall und bei ganz kurzer Leitung praktisch erreichbare Saughöhe zu 8 m angenommen werden kann.

Es empfiehlt sich aber, die Saugwirkung einer Pumpe nicht bis zu dieser Höhe auszunutzen, da u. U. der Saugwasserspiegel im Laufe der Zeit noch etwas unter die vorher ermittelte Höhe sinken kann. Auch kann es vorkommen, daß durch Erdbewegungen oder durch mangelhaftes Verlegen der Saugleitung kleine Undichtheiten in derselben entstehen, die dann zusammen mit der an und für sich schon großen Saughöhe das Ansaugen und den Betrieb der Pumpe überhaupt in Frage stellen.

Man bezeichnet die unter Berücksichtigung der verschiedenen, die Saugwirkung beeinflussenden Punkte wirklich vorhandene Saughöhe mit manometrischer Saughöhe, die sich also wie folgt zusammensetzt:

1. geodätische oder statische Saughöhe; das ist diejenige, die den senkrechten Abstand in m von Mitte Pumpe bis zum niedrigsten, abgesenkten Saugwasserspiegel angibt.

2. Rohrreibungsverluste in der Saugleitung; dieselben sind abhängig von der Geschwindigkeit des Wassers in der Rohrleitung, sowie von der Beschaffenheit der benetzten Rohrwandung. Sie sind um so kleiner, je kleiner die Geschwindigkeit des Wassers ist und je glatter die Rohrwandungen sind. Die Berechnung kann nach der auf Seite 8 und 9 angegebenen Formel und Widerstandstabelle erfolgen.

3. Widerstand im Saugkorb; der Saugkorb dient zum Fernhalten von Fremdkörpern und erhält, um den Widerstand möglichst gering zu halten, reichliche Durchflußquerschnitte. Letztere sollen gewöhnlich gleich dem 2- bis 3fachen Querschnitt des Saugrohres sein. Für überschlägliche Berechnung des Widerstandes kann gesetzt werden, wenn bedeutet:

- $W_s$  die Widerstandshöhe in m W.-S.,  
 $v$  die Geschwindigkeit im Saugrohr in m/sec,  
 $\delta$  ein Erfahrungswert = 0,5 bis 1, und  
 $g$  die Fallbeschleunigung = 9,81

$$W_s = \delta \cdot \frac{v^2}{2g}.$$

4. Widerstand im Fußventil; für die Berechnung der Widerstandshöhe kann dieselbe Formel wie unter 3 angegeben, benutzt werden, wenn der Erfahrungswert mit  $\sim 3$  eingesetzt und der Durchgangsquerschnitt gleich dem 1,5- bis 2fachen Rohrquerschnitt vorgesehen wird.

5. Widerstand in den Rohrkrümmern; derselbe kann nach den auf Seite 10 und 11 angegebenen Formeln ermittelt werden.

6. Verlust an Saugwirkung, der durch erhöhte Temperatur des Wassers entsteht. Die Temperatur des Wassers ist abhängig von dem über dem Wasser herrschenden Dampfdruck und ist aus nachstehender, von Zeuner angegebenen Tabelle zu ersehen.

Wassertemperatur in °Celsius	0	5	10	20	30	50	80	100
Dampfdruck in m W.-S. . . .	0,06	0,09	0,12	0,24	0,43	1,25	4,82	10,33

Unter Berücksichtigung dieser Werte wird im allgemeinen die Saughöhe laut nachstehenden Kurven (Fig. 1) vorgesehen. In diesem Diagramm bedeutet die strichpunktiert gezeichnete

Kurve die theoretisch erreichbare Saughöhe, die punktiert gezeichnete Kurve die höchstzulässige Saughöhe, bis auf welche man aber nur im äußersten Notfall gehen sollte, und die ausgezogene Linie diejenige Saughöhe, für welche man bei sonst normalen Verhältnissen Garantie für betriebs sicherer Arbeiten übernehmen kann. Wasser über 70° C muß, wie aus der Kurve ersichtlich, der Pumpe zulaufen.

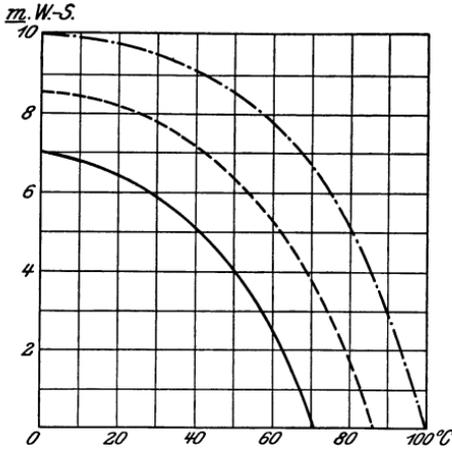


Fig. 1. Saughöhe bei erhöhter Temperatur.

7. Saughöhenverlust zur Erzeugung von Beschleunigung und Geschwindigkeit im Saugrohr; der Saughöhenverlust  $h_b$  für die Beschleunigung ist bei Kolbenpumpen gleich der Beschleunigung des Kolbens, multipliziert mit dem Kolbenquerschnitt  $F_k$ , dividiert durch den Saugrohrquerschnitt  $F_s$ . Bezeichnet

$c$  die Kurbelzapfengeschwindigkeit in m/sec,

$r$  den Kurbelradius in m,

$l$  die Länge der jedesmal zur Ruhe gelangenden Wassersäule in m,

so ist

$$h_b = \frac{c^2}{r} \cdot \frac{F_k}{F_s} \cdot \frac{l}{9,81}.$$

Der Saughöhenverlust  $h_g$  zur Erzeugung von Geschwindigkeit ist, wenn  $v$  die Geschwindigkeit des Wassers im Saugrohr in m/sec angibt, gleich  $\frac{v^2}{2 \cdot g}$ .

Es muß also vor der Ausführung einer Pumpenanlage untersucht werden, ob unter Annahme eines bestimmten Saugrohrdurchmessers die gesamten Verluste einschließlich der geodätischen Saughöhe kleiner sind als die manometrische Saughöhe, welche die betreffende Pumpe überwinden kann.

Bei der Druckwirkung wird die Wassermasse beschleunigt, durch die Wirkung der geodätischen Druckhöhe und der Reibung in der Rohrleitung und in den Armaturen aber wieder verzögert.

Die manometrische Druckhöhe, der nicht wie bei der Saugwirkung durch den zur Verfügung stehenden Luftdruck eine gewisse obere Grenze gesetzt ist, sondern welche beinahe unbegrenzt sein kann, setzt sich demnach zusammen aus:

1. der geodätischen oder statischen Druckhöhe; das ist der Höhenunterschied zwischen Mitte Pumpe und höchster Stelle der Druckleitung, in senkrechter Ebene gemessen.

2. Druckhöhenverlust zur Erzeugung von Beschleunigung und Geschwindigkeit; hierfür können dieselben Formeln wie bei der Saugwirkung sinngemäß angewendet werden.

3. Den Widerständen in der geraden Rohrstrecke; diese sind wiederum abhängig von der Geschwindigkeit des Wassers in der Rohrleitung und von dem Rauigkeitsgrad der benetzten Rohrwand.

Die Ermittlung dieser Rohrreibungswiderstände und die Aufstellung von einfachen, für die Praxis ohne weiteres brauchbaren Formeln sind Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen. Man hat dabei gefunden, daß der Flüssigkeitsfaden in der Mitte des Rohres am schnellsten fließt, und daß die Wasserfäden an der Rohrwandung wegen der hier vorhandenen größten Reibung die kleinste Geschwindigkeit haben. Räumlich können die Geschwindigkeiten der einzelnen Wasserfäden durch ein Umdrehungsparaboloid, dessen Achse und Scheitel in der Rohrmitte liegen, dargestellt werden; eine bildliche Darstellung ist aus Fig. 2 ersichtlich.

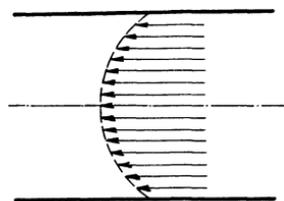


Fig. 2. Darstellung der Durchflußgeschwindigkeiten in einem Rohr.

Bei sehr engen Rohren und bei sehr kleinen Geschwindigkeiten fließen die Flüssigkeitsteilchen parallel zueinander, bei großen Geschwindigkeiten und Rohrweiten dagegen durchfließen sie das Rohr durcheinanderwirbelnd.

Der Widerstand ist proportional der benetzten, geraden Rohrstrecke und im allgemeinen auch proportional dem benetzten Umfang des Rohres.

Für Rohrleitungen mit kleiner Lichtweite, die durchaus sachgemäß verlegt und an keiner Stelle durch hervorgequollene Dichtung oder durch Ablagerungen usw. verengt sind, ergeben sich die Widerstände bei den einzelnen Geschwindigkeiten und dementsprechenden Wassermengen laut nachstehender Tabelle (nach Kalender für Elektrotechn.), wobei mit

D der Durchmesser des Rohres in mm,

v die Geschwindigkeit des Wassers in m/sec,

Q die minutlich hindurchfließende Wassermenge in Litern und

h der Widerstand für 100 m Rohrlänge anzusehen ist.

v	Rohr $\phi$ D: 15	20	25	30	40
0,05	Q = 0,5	0,9	1,5	2,1	3,8
	h = 0,048	0,0362	0,0289	0,0240	0,0182
0,10	Q = 1,0	1,9	2,9	4,2	7,5
	h = 0,1508	0,1131	0,0095	0,0754	0,0566
0,15	Q = 1,6	2,8	4,4	6,4	11,3
	h = 0,2974	0,2230	0,1783	0,1437	0,1115
0,20	Q = 2,1	3,8	5,9	8,5	15,1
	h = 0,4836	0,3629	0,2902	0,2418	0,1813
0,25	Q = 2,7	4,7	7,4	10,6	18,9
	h = 0,7082	0,5311	0,4249	0,3541	0,2655
0,30	Q = 3,2	5,6	8,8	12,7	22,6
	h = 0,9694	0,7271	0,5817	0,4847	0,3635
0,40	Q = 4,2	7,5	11,8	16,9	30,2
	h = 1,5974	1,1980	0,9584	0,7987	0,5990
0,50	Q = 5,3	9,4	14,7	21,2	37,7
	h = 2,3610	1,7707	1,4166	1,1805	0,8854
0,60	Q = 6,4	11,3	17,7	25,4	45,2
	h = 3,2576	2,4430	1,9545	1,6288	1,2216
0,70	Q = 7,4	13,2	20,6	29,7	52,8
	h = 4,2824	3,2118	2,5694	2,1412	1,6059
0,80	Q = 8,5	15,1	23,6	33,9	60,3
	h = 5,4344	4,0757	3,2607	2,7172	2,0379
0,85	Q = 9,0	16,0	25,0	36,1	64,1
	h = 6,0548	4,5410	3,6328	3,0274	2,2705
0,90	Q = 9,5	17,0	26,5	38,2	67,9
	h = 6,7100	5,0326	4,0261	3,3550	2,5165
0,95	Q = 10,1	17,9	28,0	40,3	71,6
	h = 7,3926	5,5443	4,4355	3,6963	2,7722
1,00	Q = 10,6	18,9	29,5	42,4	75,4
	h = 8,1108	6,0831	4,8665	4,0554	3,0416
1,05	Q = 11,1	19,8	39,0	44,5	79,2
	h = 8,8536	6,6402	5,3122	4,4268	3,3201

v	Rohr $\phi$ D: 15	20	25	30	40
1,10	Q = 11,7	20,7	32,4	46,7	82,9
	h = 9,6294	7,2221	5,7777	4,8147	3,6135
1,15	Q = 12,2	21,7	33,9	48,8	86,7
	h = 10,440	7,8298	6,2635	5,2199	3,9149
1,20	Q = 12,7	22,6	35,3	50,9	90,5
	h = 11,272	8,4539	6,7632	5,6360	4,2270
1,25	Q = 13,3	23,5	36,8	53,0	94,2
	h = 12,142	9,1065	7,2852	6,0710	4,5532
1,50	Q = 15,9	28,2	44,2	63,6	113,1
	h = 16,918	12,689	10,151	8,4593	6,3445
1,75	Q = 18,6	33,0	51,5	74,2	131,9
	h = 22,435	16,825	13,461	11,218	8,4132
2,00	Q = 21,2	37,7	58,9	84,8	150,8
	h = 28,664	21,499	17,199	14,332	10,749
2,50	Q = 26,5	47,1	73,6	106,0	188,5
	h = 43,302	32,476	25,981	21,651	16,238
3,00	Q = 31,8	56,5	88,4	127,2	226,2
	h = 60,594	45,446	36,597	30,297	22,723

Die Widerstandshöhe h ist berechnet nach der Formel

$$h = \frac{\lambda \cdot l \cdot v^2}{D \cdot 2g}.$$

Nach derselben Formel können auch die Widerstandshöhen für Rohre mit größerer Lichtweite als 40 mm berechnet werden; der Erfahrungswert  $\lambda$  ist vor langer Zeit von den verschiedenen Forschern teilweise verschieden groß ermittelt worden und beträgt z. B. nach

Zeuner:  $0,014312 + \frac{0,010327}{\sqrt{v}};$

Lang, und zwar unter Berücksichtigung von etwa 300 eigenen Versuchen:

$$0,02 + \frac{0,004}{\sqrt{v}};$$

Prony:  $0,0273346 + \frac{0,0013597}{v}.$

Mit v ist jedesmal die Geschwindigkeit des Wassers in der Rohrleitung, und zwar in m/sec angegeben. Die in verschiedenen technischen Werken enthaltenen Rohrreibungstabellen, die fast durchweg erst mit 40 mm l. W. beginnen, geben meist an, nach welcher Formel sie aufgestellt sind.

In der Z. d. V. D. I. 1907, Seite 1615 u. f. ist eine auf Grund genauer Untersuchungen aufgestellte Formel für die Berechnung der Rohrreibungswiderstände mitgeteilt, die besonders auch die Widerstände in gebrauchten Rohrleitungen berücksichtigt; diese Formel ist für eine Tabelle benutzt worden, die im Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, Jahrg. 1909, Heft 15, veröffentlicht wurde. Sie sei demjenigen empfohlen, der bei der Berechnung der Förderhöhe die Widerstände in einer gebrauchten Rohrleitung zu berücksichtigen hat.

4. dem Widerstand im Absperrschieber; der Absperrschieber sitzt auf dem Druckstutzen der Pumpe oder, falls eine Rückschlagklappe vorhanden, auf dieser. Er dient zum Absperren der Leitung von der Pumpe. Wenn bedeutet:

$h_s$  den Widerstand in m W.-S.,

$\lambda$  einen Erfahrungswert nach untenstehender Tabelle,

$s$  den abgesperrten und

$a$  den freien Querschnitt, ferner

$v$  die Geschwindigkeit in der Rohrleitung in m/sec und

$g$  die Fallbeschleunigung = 9,81,

so ist

$$h_s = \frac{\lambda \cdot v^2}{2g};$$

$\frac{s}{a}$	0	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$
$\lambda$	0	0,07	0,26	0,81	2,06	5,52	17,0	97,8

5. dem Widerstand in der Rückschlagklappe; hierfür kann bei der Berechnung die beim Fußventil (Seite 5) angegebene Formel sinngemäß benutzt werden.

6. dem Widerstand in den Krümmern; bei diesen muß man unterscheiden zwischen Knierohren nach Fig. 3, also solchen mit scharfem Knick, und schlank gebogenen Krümmern nach Fig. 4. Für Knierohre nach Fig. 3 ist der Widerstand

$$h_k = \lambda_k \cdot \frac{v^2}{2g},$$

wobei

$$\lambda_k = 0,9457 \sin^2 \frac{\alpha}{2} + 2,047 \sin^4 \frac{\alpha}{2};$$

Für Krümmer nach Fig. 4 ist

$$h_k = \lambda_k \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{\beta}{90^\circ},$$

wobei

$$\lambda_k = 0,131 + 0,1633 \left( \frac{D}{R} \right)^{\frac{7}{2}}.$$

D ist der Rohrdurchmesser in m, die übrigen Buchstaben sind den Figuren zu entnehmen.



Fig. 3. Knierohr.

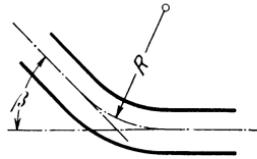


Fig. 4. Krümmer.

### 3. Die Pumpen.

Für die Förderung von Wasser werden verwendet:

Kolbenpumpen, Kreiselpumpen, Rotationspumpen, Preßluftpumpen, Handpumpen, Dampfstrahlpumpen, Pulsometer.

Die Kolbenpumpen besitzen einen Kolben, der sich, genau wie bei einer Dampfmaschine, geradlinig zwischen zwei Endstellungen hin- und herbewegt. Wenn sich der Kolben aus der einen Endstellung, also von einem Zylinderende, entfernt, so wird in dem dadurch entstehenden Raum ein Unterdruck erzeugt, in welchen durch den atmosphärischen Druck auf den Saugwasserspiegel und durch die Saugleitung der Pumpe hindurch Wasser hineingedrückt wird. Bei der Rückkehr des Kolbens wird dann das im Zylinder befindliche Wasser in die Druckleitung gedrückt. Das Saugventil verhindert das einmal angesaugte Wasser am Zurückfließen in die Saugleitung, während das Druckventil das bereits in die Druckleitung geförderte Wasser von der Pumpe fernhält.

Man unterscheidet bei den Kolbenpumpen einfachwirkende und doppelwirkende. Erstere sind solche, die, wie Fig. 5, eine Pumpe der Firma Amag-Hilpert, Nürnberg, zeigt, mit nur einer Kolbenseite saugen bzw. drücken. Sie werden meist als Tauch-

kolbenpumpen ausgeführt, d. h. mit einem langen Kolben, der nur in der Stopfbüchse und in der direkt an diese anschließenden



Fig. 5. Stehende, einfachwirkende Tauchkolbenpumpen.

und ergibt sich zu

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h \cdot n \cdot \mu, \text{ wobei } \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

der Kreisfläche des Kolbens entspricht.

In Fig. 6 ist eine liegende, doppelwirkende Pumpe wiedergegeben, bei welcher beide Seiten des Kolbens die entsprechende Funktion übernehmen. Der Kolben wird als flacher Scheiben-

Führungsbüchse Führung hat, im übrigbleibenden Teil des Zylinders aber mit einem gewissen Zwischenraum hin- und hergeht. Diese Konstruktion hat den Vorteil, daß nicht der ganze Pumpenkörper ausgebohrt werden muß. Saug- und Druckventil werden meist in besonderen Ventilkästen und leicht zugänglich angeordnet.

Die minutlich geförderte Wassermenge  $Q$  in cbm ist abhängig von  $n$  der Anzahl der Kolbenhübe, also der Umdrehungszahl der Pumpe pro Min.,  $D$  dem Kolbendurchmesser in m,  $h$  dem Kolbenhub in m,  $\mu$  dem hydraulischen Wirkungsgrad, welcher je nach Ausführung zu 0,85 bis 0,95 eingesetzt werden kann,

kolben und auch als Tauchkolben ausgeführt. Die minutliche Leistung einer doppeltwirkenden Pumpe ist bei sonst gleichen

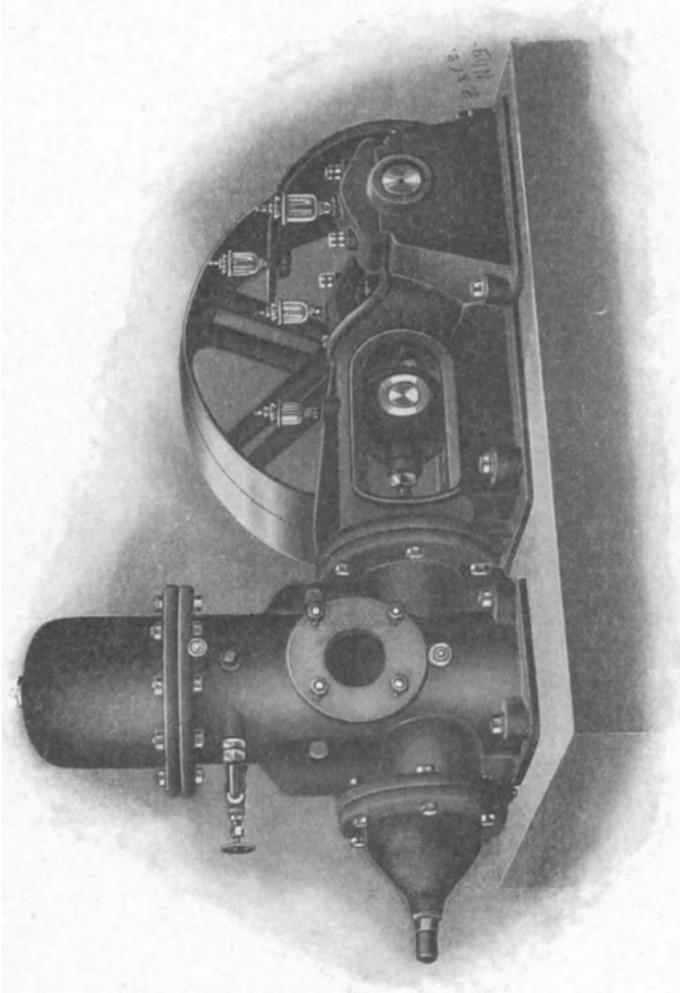


Fig. 6. Liegende, doppeltwirkende Kolbenpumpe.

Verhältnissen das Doppelte der einfachwirkenden Pumpe und beträgt

$$Q = 2 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h \cdot n \cdot \mu.$$

Der Gang doppeltwirkender Pumpen ist gleichmäßiger als derjenige einfachwirkender Pumpen. Sie sind auch wesentlich billiger als die noch ruhiger laufenden Drillingspumpen, bei welchen drei einfachwirkende Tauchkolben vorhanden sind. Letztere kommen auch meist nur für große Förderhöhen zur Anwendung.

Bei Kolbenpumpen müssen sowohl Saug- als auch Druckwindkessel vorgesehen werden, damit im Saug- bzw. Druckrohr die Durchflußgeschwindigkeit des Wassers eine nahezu gleichmäßige wird. Beim Saugwindkessel wird angenommen, daß die Wirkung darauf beruht, daß nur die Wassersäule zwischen Saugwindkessel und Pumpenkolben bei jedem Hubwechsel zu beschleunigen ist und wieder zur Ruhe kommt, daß aber die Geschwindigkeit des Wassers im Saugrohr vor dem Windkessel bei richtiger Dimensionierung des letzteren beinahe konstant bleibt. Der Saugwindkessel muß deshalb möglichst nahe an die Saugventile herangebracht werden. Den Inhalt des Kessels macht man etwa gleich dem 5- bis 10fachen Hubvolumen der Pumpe. Der Druckwindkessel wird gleich dem 20fachen Inhalt des Hubraumes gemacht und muß ebenfalls möglichst in der Nähe der Druckventile angeordnet sein. Er soll eine gleichmäßige Bewegung des Wassers im Druckrohr und eine genügende Verzögerung der Druckwassersäule beim Verlassen des Kolbens bewirken. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, so kann die Wassersäule abreißen und so zu Stößen und eventuell zu Beschädigungen der Druckleitung Veranlassung geben.

Der Kraftbedarf der Kolbenpumpen ergibt sich, wenn  
N die Anzahl PS.,

$\eta$  den mechanischen Wirkungsgrad, der je nach Ausführung etwa 0,80 bis 0,95 sein kann,

H die manometrische Förderhöhe in m W.-S. und

$\gamma$  das spezifische Gewicht der Wassermenge bedeutet, zu

$$N = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma}{75 \cdot 60 \cdot \eta}.$$

Die Kreisel- oder Zentrifugalpumpen, wie sie z. B. von der schon erwähnten Firma Amag-Hilpert, Nürnberg, ferner auch von A. Borsig, Tegel, Klein, Schanzlin & Becker, Frankenthal-Pfalz, und Carl Enke, Schkeuditz bei Leipzig, gebaut werden, erzeugen die Förderung von Wasser durch ein Rad, auf welchem

gekrümmte Schaufeln sitzen. Je nach der Konstruktion unterscheidet man Pumpen mit einseitigem Wassereinlauf, also solche, bei denen das Wasser dem Schaufelrad nur von einer Seite zugeführt wird, und Pumpen mit zweiseitigem Einlauf, wo das Wasser von zwei Seiten in das Schaufelrad eintritt. Für Förderhöhen bis zu etwa 40 bis 50 m werden meist einstufige Pumpen verwendet, während man für größere Höhen mehrstufige Pumpen nimmt, also die gesamte Förderhöhe auf mehrere Schaufelräder verteilt, wobei dann jedes Rad einen der Anzahl der Stufen entsprechenden Bruchteil der gesamten Förderhöhe erzeugt. Fig. 7 zeigt im Schnitt eine fünfstufige Kreiselpumpe der Firma Amag-Hilpert, Nürnberg.

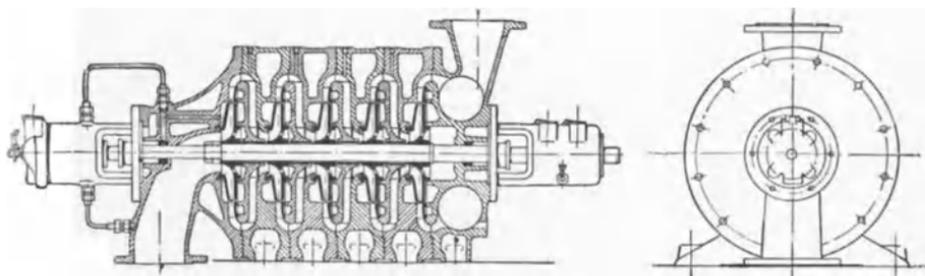


Fig. 7. Fünfstufige Hochdruck-Kreiselpumpe.

Eine Kreiselpumpe ist als umgekehrte Dampfturbine anzusehen. Denn wie bei letzterer die treibende Kraft eines Dampfstrahles nutzbar gemacht wird zum Treiben eines Schaufelrades, so wird hier ein in Umdrehung versetztes Rad zur Erzeugung von Geschwindigkeit und Druck verwendet. Eine vom bewegten Schaufelrade erfaßte Flüssigkeit erfährt also im Rad eine derartige Drucksteigerung, daß der Widerstand der Flüssigkeitssäulen, die sich in den anschließenden Saug- und Druckrohrleitungen befinden, überwunden und eine aufwärts gerichtete Bewegung in diesen Flüssigkeitssäulen erzeugt wird.

Die Saugwirkung beruht wie bei der Kolbenpumpe darauf, daß die Atmosphäre durch ihren Druck auf den Saugwasserspiegel das Wasser an die Stelle des durch die Zentrifugalkraft hinweggeschleuderten Wassers bringt. Da aber Kreiselpumpen nicht imstande sind, das für das erstmalige Ansaugen erforderliche Vakuum selbst zu erzeugen, so ist es erforderlich, daß sie

vor der ersten Inbetriebsetzung mit Wasser angefüllt werden. Es muß deshalb am Anfang der Saugleitung ein Fußventil vorgesehen werden, welches das einmal in der Pumpe befindliche Wasser am Zurücklaufen verhindert; das Auffüllen der Pumpe erfolgt mittels eines auf dem obersten Punkt der Pumpe sitzenden Auffülltrichters. Ist die Pumpe mit Wasser angefüllt, und läßt man sie bei geschlossenem Absperrschieber anlaufen, so steigert sich nach und nach der Druck in der Pumpe, und schließlich fördert dieselbe bei langsam geöffnetem Absperrschieber in die Druckleitung.

Für normale Verhältnisse sind Kreiselpumpen besser geeignet als Kolbenpumpen. Kreiselpumpen haben, besonders wenn man sie mit einem Elektromotor direkt kuppeln kann, meist einen geringeren Raumbedarf als Kolbenpumpen gleicher Leistung. Die Wartung beschränkt sich lediglich auf das Nachfüllen von Öl in die fast stets mit Ringschmierung versehenen Lager der Pumpenwelle. Ein Bruch der anschließenden Druckrohrleitung kann niemals erfolgen, selbst wenn die Pumpe in die ganz geschlossene Rohrleitung fördert, da Kreiselpumpen nur einen maximalen Druck erzeugen können, der dem höchsten Punkt ihrer Charakteristik (siehe unten) entspricht. Windkessel sind vollkommen überflüssig, weil der erzeugte Strahl absolut gleichmäßig ist. Die Fördermenge läßt sich durch den auf dem Druckstutzen sitzenden Absperrschieber innerhalb weitester Grenzen, sogar bis herunter auf Null, genau regulieren. Die Kreiselpumpe arbeitet mit rotierenden, sich kaum berührenden Elementen, wodurch die Abnutzung auf das geringste Maß beschränkt wird. Außerdem können die Teile, die sich im Laufe der Jahre abnutzen, wie z. B. die Dichtungsringe, die das Zurückfließen von bereits gefördertem Wasser aus dem Druckraum in den Saugraum verhindern sollen, und die Lagerbüchsen innerhalb kürzester Zeit und mit geringen Kosten erneuert werden. Schließlich sei auch noch auf das absolut geräuschlose Arbeiten hingewiesen, was die Aufstellung selbst unter oder neben bewohnten Räumen ermöglicht. Bei direktem elektrischen Antrieb werden Pumpe und Motor auf einer gemeinsamen Grundplatte aufgestellt und so zusammengebaut zum Versand gebracht, wodurch die Montage am Verwendungsort eine äußerst einfache wird.

Die erreichbare manometrische Förderhöhe ist abhängig von dem äußeren Schaufelraddurchmesser (bei mehrstufigen Pumpen

außerdem von der Stufenzahl), von der Umdrehungszahl und von der Schaufelform. Wenn

$v$  die äußere Umfangsgeschwindigkeit des Rades in m/sec,

$D$  der äußere Raddurchmesser in m,

$n$  die minutliche Umdrehungszahl und

$H$  die erzeugte Druckhöhe in m W.-S. ist,

so kann für überschlägliche Rechnung gesetzt werden  $H = \frac{v^2}{18}$

bei gut ausgeführten Pumpen mit Leitapparat, und  $H = \frac{v^2}{22}$  bei

Pumpen ohne Leitapparat. Die Umfangsgeschwindigkeit  $v$  ist bekanntlich  $= \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}$ . Der innere Raddurchmesser  $d$  (siehe

Fig. 8) wird gleich dem halben äußeren Raddurchmesser  $D$  gemacht; er ist außerdem abhängig von der zu fördernden Wassermenge. Man geht mit der Wassergeschwindigkeit längs der Nabe des Schaufelrades bis auf 2 m/sec, bei großen Pumpen sogar bis auf 4 m und noch mehr, kleine Saughöhen vorausgesetzt. Daraus ergibt sich dann der Raddurchmesser  $D$  und weiter die erforderliche Umdrehungszahl  $n$ .

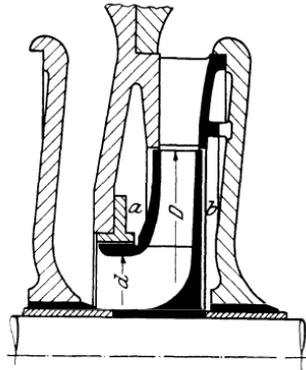


Fig. 8. Stufe einer Hochdruck-Kreiselpumpe.

Die sog. Charakteristik einer Kreiselpumpe ist eine Funktion aus der Fördermenge und der Förderhöhe und in Fig. 9 mit Leistungskurve  $Q \cdot H$  bezeichnet. Sie ist für jede Kreiselpumpe verschieden und kann nur durch Messungsversuche, nicht aber durch Rechnung ermittelt werden. Bei vorliegendem Diagramm ist gleichzeitig auch der jedem einzelnen Punkt der Charakteristik entsprechende Wirkungsgrad in %, also das Verhältnis von erhaltener zu aufgewendeter Arbeit, angegeben. Ferner ist auch der sich dementsprechend ergebende Kraftbedarf in PS. in Form einer Kurve eingezeichnet. Wie leicht ersichtlich, hat die Pumpe nur auf einem ziemlich eng begrenzten Teil der Leistungskurve ihren besten Wirkungsgrad, den zu erreichen man sich durch Anpassen der Radbreiten oder durch Änderung

der Tourenzahl bestrebt. Es ist auch leicht zu ersehen, daß der Kraftbedarf einer Kreiselpumpe schnell zunimmt, wenn die Förderhöhe abnimmt. Man muß deshalb vor der Beschaffung einer Kreiselpumpe neben der größten Förderhöhe auch die voraussichtlich auftretende kleinste Förderhöhe zu ermitteln suchen, damit der sich hierbei ergebende Kraftbedarf der Pumpe festgestellt und die Antriebsmaschine mit ausreichender Leistung vorgesehen werden kann.

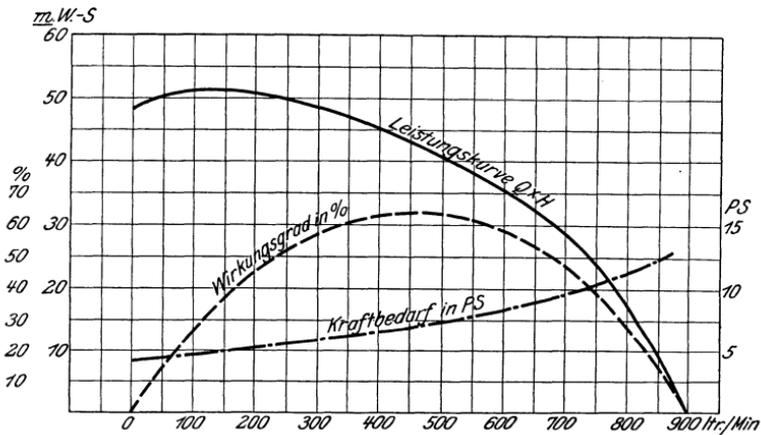


Fig. 9. Charakteristik einer Kreiselpumpe.

Hat man für eine bestimmte Tourenzahl und Förderhöhe die Wassermenge der Pumpe bestimmt, so ändert sich die Fördermenge der Pumpe bei einer anderen Tourenzahl im linearen Verhältnis, so daß also, wenn

$n_1$  die erste Tourenzahl,

$n_2$  die zweite Tourenzahl,

$Q_1$  die der ersten und

$Q_2$  die der zweiten Tourenzahl entsprechende Fördermenge ist, folgende Formel gilt:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2};$$

die Förderhöhe dagegen ändert sich mit dem Quadrat der Tourenzahlen; bezeichnet

$h_1$  die Förderhöhe bei der Tourenzahl  $n_1$ ,

$h_2$  die Förderhöhe bei der Tourenzahl  $n_2$ ,

so ist:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2};$$

der Kraftbedarf berechnet sich nach derselben Formel, wie bei der Kolbenpumpe angegeben, und zwar beträgt er

$$N = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma}{60 \cdot 75 \cdot \eta};$$

als Wirkungsgrad  $\eta$  kann je nach Leistung und Ausführung 0,6 bis 0,85 angenommen werden. Liegt der Kraftbedarf für eine bestimmte Tourenzahl fest, so ändert sich derselbe für eine andere Tourenzahl ungefähr wie die dritte Potenz der Tourenzahlen, so daß also, wenn  $N_1$  der Kraftbedarf bei der Tourenzahl  $n_1$ ,  $N_2$  derjenige bei  $n_2$  ist, annähernd gilt:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3}.$$

Die Geschwindigkeit in der Saugleitung soll nicht mehr als 2 m/sec, bei großen Saughöhen möglichst weniger betragen. Die Geschwindigkeit in der Druckleitung kann größer angenommen werden, wobei jedoch zu beachten ist, daß die Rohrreibungswiderstände mit zunehmender Durchflußgeschwindigkeit sehr schnell steigen.

Für die Wasserversorgung werden auch Pumpen mit rotierendem Kolben, sog. Rotationspumpen, benutzt. Sie entsprechen im Prinzip der Fig. 10; in einem Gehäuse befinden sich zwei um ihre Achse rotierende Körper, welche sich bei gleichem Durchmesser und gleicher Umfangsgeschwindigkeit aufeinander abrollen. Durch das Ineinandergreifen einzelner Teilwände und den darauffolgenden Abschluß am Pumpengehäuse findet dann das Ansaugen und das Fortdrücken des Wassers statt. Diese Pumpen eignen sich für beliebig große Wassermengen auf mäßige

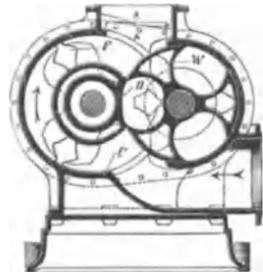


Fig. 10. Schnitt durch eine Rotationspumpe.

Höhen; sie werden besonders dort empfohlen, wo die Erzielung eines guten Wirkungsgrades weniger ausschlaggebend ist als billiger Preis. Mit den Pumpen kann auch sandhaltiges Wasser gefördert werden, da als Material für die rotierenden Kolben

ein solches gewählt wird, welches durch eventuelle Beimengungen im Wasser nicht beschädigt wird. Obige Schnittzeichnung zeigt ein Fabrikat der Firma Carl Enke, Schkeuditz bei Leipzig,

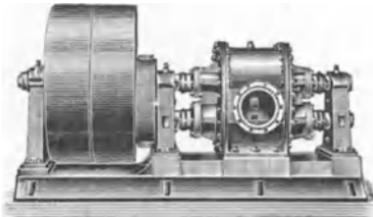


Fig. 11. Außenansicht einer Rotationspumpe.

während Fig. 11 die äußere Ansicht einer Rotationspumpe derselben Firma erkennen läßt. Die Vorzüglichkeit des Fabrikats ergibt sich aus der langen Lebensdauer; nach vorliegenden Zeugnissen befinden sich mehrere Pumpen nach über 20 jährigem Tag- und Nachtbetrieb vollkommen einwand-

frei.

Für besonders tiefe und enge Bohrlöcher, wo eine der vorerwähnten Kolben-, Kreisel- oder Rotationspumpen der zu großen Saughöhe oder des



Fig. 12. Anordnung einer Preßluftpumpe.

zu engen Bohrrohrdurchmessers wegen nicht verwendet werden kann, kommen die Preßluft- oder pneumatischen Pumpen in Frage. Fig. 12 läßt das System ohne weiteres erkennen. Von einem Luftkompressor wird atmosphärische Luft, und zwar an einer möglichst staubgeschützten Stelle, angesaugt und auf den erforderlichen Druck verdichtet. Die verdichtete Luft wird zunächst durch einen Windkessel geleitet, wo die stoßweise geförderte Luft in einen gleichmäßig austretenden Luftstrom verwandelt wird. Nach dem Passieren eines Luftfilters, in welchem etwa mitangesaugte Fremdkörper und auch das Schmieröl zurückgehalten werden, tritt dann der Luftstrom in die Luftleitung, welche ihn an das in entsprechendem Abstand unter dem Wasser-

spiegel eingebaute Fußstück bringt. Von hier aus geht die Luft in das Steigrohr der Pumpe, wo sie sich innig mit dem Wasser vermischt. Das spezifische Gewicht der Wassersäule innerhalb des Steigrohrs wird dadurch wesentlich geringer, und es findet infolge des Auftriebes der einzelnen Luftbläschen eine aufwärts gerichtete Bewegung der Wassersäule statt. Das an der Erdoberfläche ausgegossene Wasser kann nun in einem Ausgußbehälter gesammelt und der Verwendungsstelle direkt oder unter Vermittelung einer anderen Pumpe zugeführt werden.

Der Vorteil dieser Preßluftpumpen liegt im wesentlichen darin, daß man ganz enge Bohrlöcher verwenden kann, und daß irgend welche Teile, die der Abnutzung unterworfen sind, nicht vorhanden sind; die Pumpe ist absolut unempfindlich gegen Sand oder Steine. Sie kann, falls erforderlich, mehrere Kilometer vom Luftkompressor entfernt aufgestellt werden. Da sich die Preßluftpumpe nach dem Stillsetzen selbsttätig entwässert, indem das in den Rohrleitungen befindliche Wasser wieder in den Brunnen zurückläuft, so besteht keine Gefahr für das Einfrieren der Pumpe. Durch die innige Vermischung der eingeführten Luft mit dem Wasser wird die Umwandlung des im Wasser eventuell enthaltenen Eisens in Eisenoxyd sehr gefördert, welches dann in geeigneten Enteisungsfiltern ausgeschieden werden kann. Die Bedienung beschränkt sich lediglich auf die Wartung des Luftkompressors, den man in der Nähe des mit Wasser zu versorgenden Gebäudes aufstellen kann. Da das Fußstück überhaupt keine Bedienung erfordert, der Brunnen also nicht befahren werden muß, so besteht für das bedienende Personal auch keine Gefährdung durch giftige Gase, wie sie sich leicht in Tiefbrunnen ansammeln können. Der Nachteil der Preßluftpumpen liegt darin, daß man wesentlich tiefere Bohrlöcher als bei anderen Pumpen braucht; das Bohrloch muß mindestens ebensoviel unter den tiefsten abgesenkten Wasserspiegel getrieben werden, als die Förderhöhe vom Wasserspiegel bis zum Ausguß beträgt. Außerdem ist der Wirkungsgrad nicht so günstig wie bei Kolben- oder Kreiselpumpen, und schließlich muß der Hochbehälter, in welchen die Pumpe eventuell ausgießen soll, in möglichster Nähe des Bohrloches errichtet werden.

Wenn Handpumpen, vielleicht in Verbindung mit den weiter hinten beschriebenen Druckkesseln, für die Wasserversorgung benutzt werden sollen, so kann man hinsichtlich der Ausnutzung menschlicher Kräfte annehmen, daß ein Mann imstande ist, mit einer zweckmäßig hergestellten und gut montierten Pumpe ca. 450 l/min auf 1 m zu heben. Soll ein Mann dasselbe Quantum auf 10 m heben, so braucht er natürlich die zehnfache Zeit, oder er kann nur den zehnten Teil der Menge auf 10 m fördern.

Nachstehende Tabelle gibt die ungefähren Leistungen eines Mannes für verschiedene Förderhöhen an, wobei vorausgesetzt ist, daß die Arbeitsdauer nur eine kurze ist. Bei längerer Arbeitsdauer nehmen die Kräfte des Mannes und demnach die Leistung der Pumpe sehr schnell ab.

Gesamtförderhöhe in m	2	6	10	15	20	30	40	50
min. Fördermenge in l	225	75	45	30	22	14	10	8

Nach der Z. d. V. D. I., Jahrgang 1894, Seite 642 kann bei zehnstündiger, wirklicher Arbeitszeit der Mittelwert der Nutzleistung eines mittelkräftigen Arbeiters von 65 bis 80 kg Gewicht zu etwa 128 570 m/kg =  $\frac{1}{21}$  PS. angenommen werden. Das entspricht unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades der Pumpe bei 10 m Förderhöhe einer minutlichen Fördermenge von etwa 17 l. Bei ganz kurzer Arbeitszeit kann die Leistung eines Arbeiters mit etwa  $\frac{1}{10}$  PS. eingesetzt werden. In Fig. 13 ist eine von Klein, Schanzlin & Becker, Frankenthal-Pfalz, hergestellte doppelwirkende Handkolbenpumpe wiedergegeben, für welche als maximale manometrische Gesamtförderhöhe ca. 22 m angenommen werden können. Der Kolben wird nach beiden Zylinderenden hin durch Ledermanschetten abgedichtet, die durch das Wasser an die Zylinderwand gedrückt werden. Die Pumpe behält also stets ihre volle Leistung, da ein Undichtwerden ausgeschlossen ist.

Schließlich kommen für die Wasserversorgung auch noch Dampfstrahlapparate (Injektoren) und Pulsometer in Betracht, die aber zum Betriebe das Vorhandensein von Dampf mit genügender Spannung zur Bedingung machen. Voraussetzung ist ferner, daß der Verwendungszweck des zu hebenden Wassers eine Kondensation des Dampfes im Wasser gestattet,

und daß eine Erhöhung der Wassertemperatur ohne Belang ist. Infolge der überaus einfachen Konstruktion übertreffen Dampfstrahlpumpen fast alle anderen Pumpen durch Betriebsicherheit. Da sie aber einen ziemlich hohen Dampfverbrauch haben, so kommen sie eigentlich nur für den Notfall, und weniger für die ständige Wasserversorgung in Betracht. Wenn aber die vom Dampf dem Wasser mitgeteilte Wärme nützlich verwendet werden kann, wie z. B. in Dampfwaschereien oder in Dampfheizungsanlagen oder bei Lokomotiv-Wasserkränen, wo die Pumpenanlage zur Beschaffung von Betriebswasser dient, so kommt der hohe Dampfverbrauch weniger oder gar nicht in Betracht, und diese Pumpen sind dann in der Anwendung sehr vorteilhaft.

Bei den Injektoren wird die lebendige Kraft des aus einer engen in eine weite Düse über-

strömenden Dampfes für die Wasserförderung benutzt. Das geförderte Wasser kondensiert den Betriebsdampf, und die Bewegungsenergie des Dampfstrahles wird auf das Kondensat übertragen. Die Handhabung eines in Fig. 14 in äußerer Ansicht wiedergegebenen Injektors (Fabrikat M. Neuhaus & Co., Luckenwalde) ist überaus einfach und besteht lediglich in dem Anheben des Hebels beim Anstellen und dem Zurücklegen desselben Hebels beim Abstellen. Injektoren können,

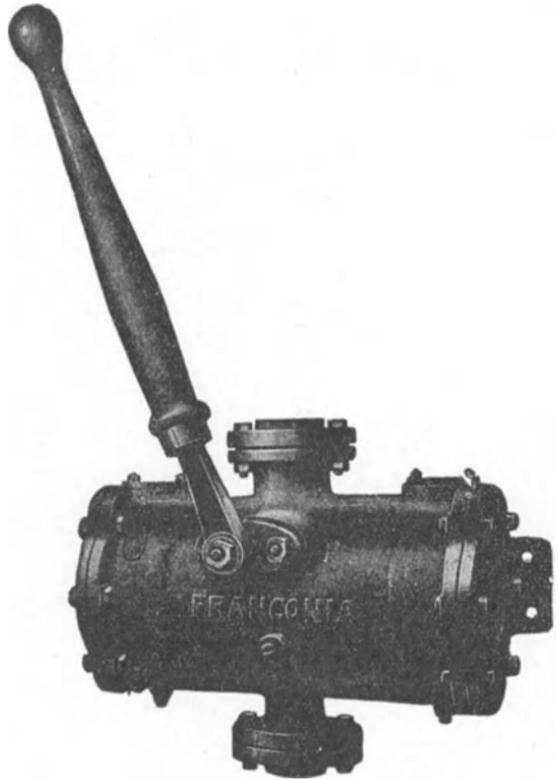


Fig. 13. Doppeltwirkende Handkolbenpumpe.

und zwar ist dieses ein unter Umständen sehr beachtenswerter Vorteil, einen wesentlich höheren Druck erzeugen, als der Druck des Betriebsdampfes beträgt; z. B. können mit Abdampf-injektoren noch Förderhöhen von 60 bis 70 m überwunden werden.

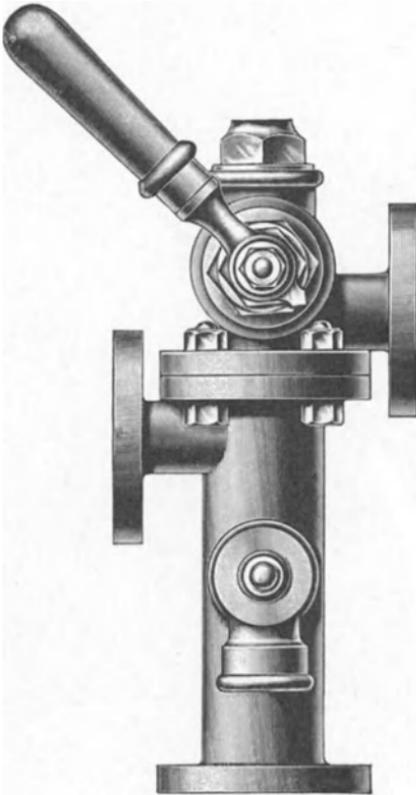


Fig. 14. Dampfstrahl-Injektor.

räume zu verbinden und mit einem Steuerventil zu versehen, welches den Dampf abwechselnd zuläßt und absperrt.

Die mit den Pulsometern bisher erzielten Resultate haben bewiesen, daß diesen Apparaten in ihrer jetzigen, wesentlich verbesserten Konstruktion wegen der Ersparnis an Schmiermaterial und der überaus einfachen Bedienung häufig der Vorzug vor anderen Pumpensystemen gegeben werden muß, selbst wenn sie mehr Dampf verbrauchen als diese.

Die Pulsometer beruhen auf einem Prinzip, welches schon im 17. Jahrhundert bekannt war. Man hatte damals eine Vorrichtung konstruiert, bestehend aus zwei mit Saug- und Druckklappen versehenen Hohlräumen, in welche abwechselnd und in gewissen Intervallen Dampf eingelassen wurde. Durch Kondensation des Dampfes wurde ein Vakuum erzeugt und dadurch Wasser angesaugt, welches der von neuem einströmende Dampf fort-drückte. Da das wechselseitige Öffnen und Schließen des Dampfhahnes nur von Hand erfolgte, so konnte von einer praktischen Bedeutung dieser Pumpe natürlich keine Rede sein und es blieb vorläufig bei diesem Versuch. Erst geraume Zeit, etwa 180 Jahre später, kam man auf die Idee, die beiden Hohl-

In Fig. 15 ist die äußere Ansicht eines auf einer festen Unterlage montierten Pulsometers *a* der Firma M. Neuhaus & Co., Luckenwalde, wiedergegeben. *b* ist der sog. Saugsockel, welcher den ganzen Apparat trägt und auf dem Unterzuge *c* befestigt wird. Das Saugrohr *d* ist mit einem Fußventil und Saugkorb *l* versehen. Der Dampf tritt durch das Dampfrohr *f* und durch das zum Längenausgleich dienende kupferne Kompensationsrohr *g* nebst Absperrventil *h* und Rückschlagventil *i* zum Pulsometer, das angesaugte Wasser wird durch die Druckleitung *e* hindurch über Tage gedrückt. Mit dem Hahn *k* kann die Dampfleitung *f* entwässert werden.

Bedingung für das gute Funktionieren eines Pulsometers ist, daß der zur Verfügung stehende Dampfdruck um etwa 2 atm größer ist, als die Förderhöhe der Pumpe beträgt. Außerdem muß der Dampf möglichst trocken sein. Die Erwärmung des gehobenen Wassers ist verhältnismäßig gering und beträgt bei sonst normalen Verhältnissen und bei gut reguliertem Dampf- und Luftzulaß etwa bei Förderhöhen

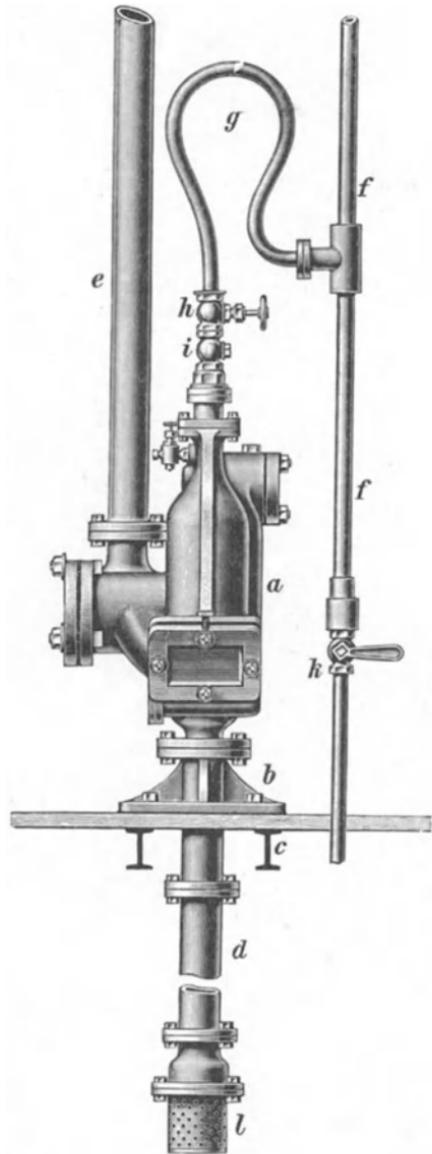


Fig. 15.  
Anordnung eines Pulsometers.

bis zu 10 m	$1\frac{1}{2}$	bis 2	$^{\circ}\text{C}$
20 m	2	„	$3\frac{1}{2}$ $^{\circ}\text{C}$
30 m	$3\frac{1}{2}$	„	5 $^{\circ}\text{C}$
40 m	5	„	7 $^{\circ}\text{C}$
50 m	7	„	9 $^{\circ}\text{C}$ usw.

In einzelnen Fällen, wo, wie schon erwähnt, das Wasser vor dem Gebrauch ohnehin erwärmt werden muß, bietet der Pulsometerbetrieb den Vorteil, daß die Wärme des kondensierten Dampfes nicht verloren geht und der Anlage wieder zugute kommt.

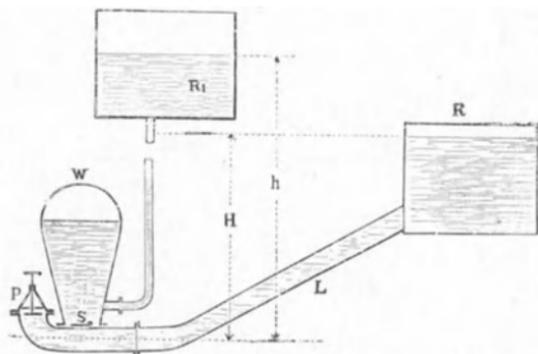


Fig. 16. Anordnung eines hydr. Widders.

Endlich seien auch noch die hydraulischen Widder erwähnt, mit welchen die Drücke ausgenutzt werden, die entstehen, wenn mit Gefälle fließendes Wasser plötzlich gehemmt wird. Solche Stöße können an jeder Wasserleitung beobachtet werden, wenn der Zapfhahn der betreffenden Leitung ganz plötzlich geschlossen wird; es machen sich dann die auftretenden Stöße durch ein Knattern in der Leitung bemerkbar.

Fig. 16 zeigt die schematische Darstellung eines hydraulischen Widders, der den vorerwähnten Stoß für die Wasserförderung ausnutzt. Das Wasser soll aus dem Behälter R in den Behälter R<sub>1</sub> gefördert werden. Wenn man durch die leere Triebrohrleitung L Wasser aus dem Behälter R in den Widder laufen läßt, so wird sich zunächst durch den Wasserdruck von unten das Stoßventil P schließen, das Steigventil S dagegen öffnen und Wasser in den Windkessel W eindringen lassen, wobei die im

Kessel enthaltene Luft komprimiert wird; das Wasser steigt in der Steigleitung des Behälters  $R_1$  bis zur Niveauhöhe des Wasserspiegels  $H$  vom Behälter  $R$  empor, worauf der Ruhezustand eintritt. Wenn jetzt mit der Hand das Stoßventil  $P$  heruntergestoßen wird, so strömt durch dasselbe Wasser aus, die gesamte Wassersäule in der Leitung  $L$  kommt in Bewegung und drückt das Ventil  $P$  wieder hoch bis zum Abschluß. Infolgedessen entsteht ein Wasserstoß, der das Ventil  $S$  öffnet und Wasser in den Kessel  $W$  eintreten läßt. Dadurch wird die Luft in demselben noch mehr komprimiert und die Wassersäule im Steigrohr nach oben gedrückt.

Nachdem das Herabstoßen des Ventils  $P$  mit der Hand öfter wiederholt ist, wird die Spannung im Kessel so stark, daß sich das Ventil nicht mehr so leicht öffnet. Dadurch findet nach dem Anprall der Wassersäule gegen das Stoßventil  $P$  noch einmal eine Rückwärtsbewegung der Wassersäule statt, die unter dem Stoßventil ein Vakuum erzeugt, wodurch das Ventil  $P$  heruntergezogen wird und der Widder selbsttätig zu arbeiten beginnt. Das Ventil fällt von selbst herunter, während es durch die infolgedessen erzeugte Wasserbewegung wieder geschlossen wird. Durch den Wasserstoß wird dann etwas Wasser in den Windkessel bzw. in die Steigleitung gefördert.

#### 4. Wasserversorgungsanlagen.

Es sollen nun in nachstehendem die verschiedenen Anordnungen von Einzelhaus-Wasserversorgungsanlagen unter Berücksichtigung der verschiedenen zum Betriebe der Pumpen verwendeten Antriebsarten betrachtet werden, wobei die bisher erörterten Punkte als bekannt vorausgesetzt werden. Das Anstellen der betreffenden Antriebsmaschine soll von Hand erfolgen.

Zunächst kommt der wohl am häufigsten anzutreffende Fall in Betracht, wo zum Betrieb der Pumpe die elektrische Energie verwendet wird, und wo die Pumpe je nach Bedarf von Hand ein- und ausgeschaltet wird.

Nimmt man eine Kolbenpumpe für die Wasserversorgung, so muß man entweder einen langsamlaufenden Elektromotor vorsehen, und man kann dann die Pumpe mit dem Motor direkt kuppeln. Da aber ein langsamlaufender Elektromotor bedeutend

teurer ist als ein schnellaufender, so wird in den meisten Fällen natürlich ein schnellaufender Motor verwendet, der dann die Pumpe durch Zwischenschaltung eines Zahnrad- oder Riemen-vorgeleges usw. antreibt.

Der erste Fall, nämlich die Verwendung eines langsamlaufenden Motors, kommt beinahe gar nicht in Betracht, weil, wie schon erwähnt, die Anschaffungskosten für den Motor zu hoch sind.

Der zweite Fall, die Zwischenschaltung eines Zahnrad-vorgeleges, kommt sehr häufig zur Anwendung. Besonderer Wert ist bei dieser Anordnung auf das geräuschlose Arbeiten des Vorgeleges zu legen, damit Anstände, die sich durch störendes Geräusch in Wohnhäusern ergeben, vermieden werden. Das Zahnradvorgelege beschafft man zweckmäßigerweise gleich mit dem Elektromotor zusammen, da die verschiedenen Elektrizitätsfirmen für diese Vorgelege Spezialkonstruktionen haben, die, genau ausprobiert und vielfach ausgeführt, eine Gewähr für geräuschloses und betriebssicheres Arbeiten bieten. Das kleinere treibende Rad auf der Motorwelle wird aus Leder angefertigt, und zwar wird besonders hergerichtete Rohhaut unter hohem Druck und unter Verwendung eines besonderen Bindemittels zusammengepreßt und dann wie ein eisernes Zahnrad bearbeitet. Für das größere, getriebene Rad verwendet man Gußeisen, Bronze oder Stahl. Es ist darauf zu achten, daß die Umfangsgeschwindigkeit im Teilkreis der Räder nicht größer als 10 bis 11 m/sec ist, da andernfalls ein störendes Geräusch verursacht wird.

Fig. 17 zeigt eine einfachwirkende, stehende Tauchkolbenpumpe mit elektrischem Antrieb und Zahnradübertragung. Der Motor sitzt mit der Pumpe und dem Saugwindkessel auf einer gemeinsamen Wandplatte. Diese Pumpen werden von Klein, Schanzlin & Becker als Reservoirpumpen für 40 m Förderhöhe gebaut, erfordern nur geringe Wartung und haben einen dauernd gleichbleibenden, guten Wirkungsgrad. Die für Staufferschmierung eingerichteten Kurbelwellenlager, die die gekröpfte Kurbelwelle tragen, sitzen ebenfalls auf der gemeinsamen Platte.

Für Wandanordnung ist auch die in Fig. 18 wiedergegebene einfachwirkende Plungerpumpe derselben Firma eingerichtet. Die Säule, welche die Kurbelwellenlager trägt, ist als Druckwindkessel ausgebildet.

Diese Pumpe hat Riemenantrieb, und zwar Fest- und Losscheibe erhalten, damit sie unabhängig von der antreibenden Transmission in und außer Betrieb gesetzt werden kann. Wenn ein Elektromotor die Pumpen mittels Riemen antreibt, eine Zwischen-Transmission also nicht vorhanden ist, so kommt die Losscheibe in Fortfall, da man ja den Motor je nach Bedarf ein- und ausschalten kann.

Bei Riemenantrieb läßt sich nach den Angaben der Firma C. Otto Gehrrens, Hamburg, die erforderliche Riemenbreite  $b$  in cm berechnen nach der Formel

$$b = \frac{N \cdot 60 \cdot 75}{P \cdot \pi \cdot D \cdot n}$$

worin

$N$  die Anzahl PS.,

$P$  die Nutzbelastung des Riemens pro Zentimeter Breite in kg (siehe unten),

$D$  der Durchmesser in m und

$n$  die Tourenzahl einer Riemenscheibe ist.

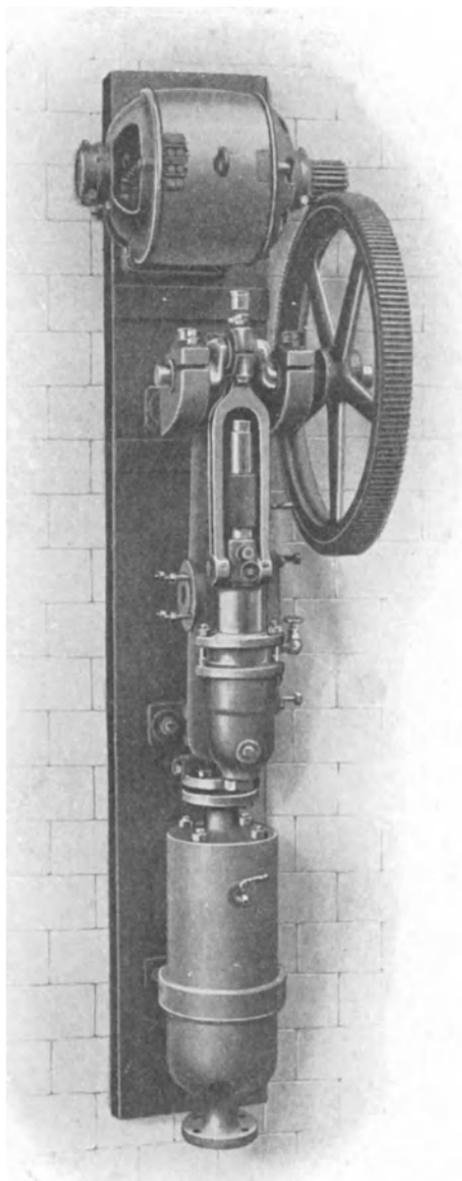


Fig. 17. Stehende Tauchkolbenpumpe mit elektrischem Antrieb.

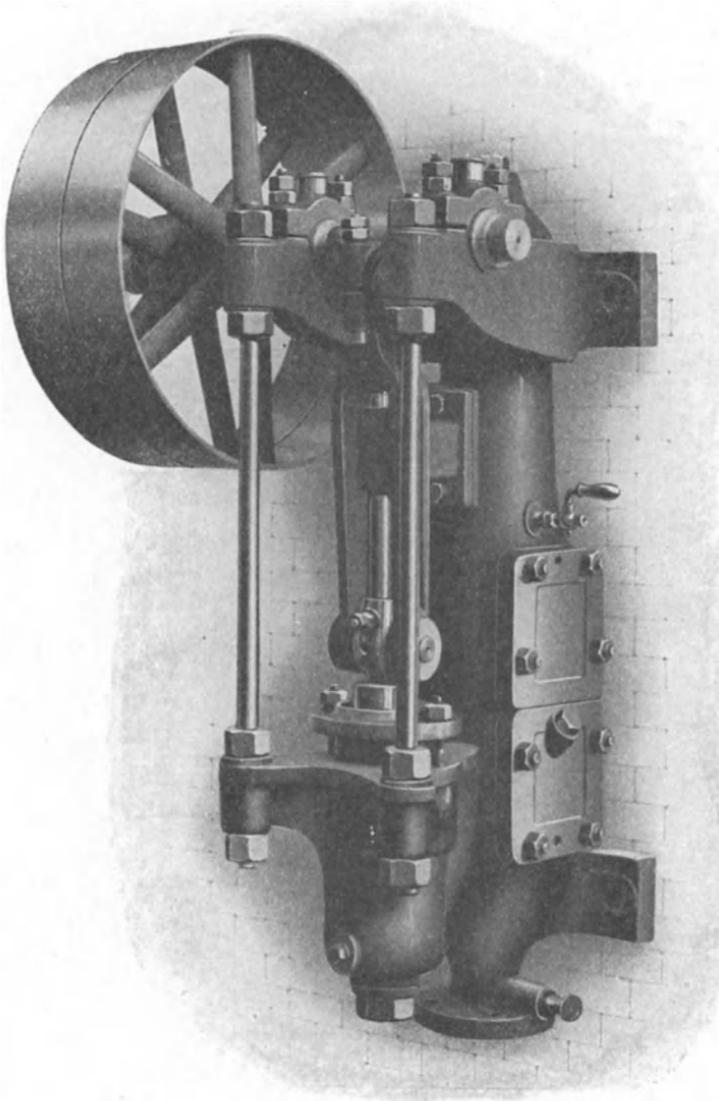


Fig. 18. Wandkolbenpumpe mit Riemenantrieb.

Bedeutet  $v$  die Umfangsgeschwindigkeit der Scheibe in m/sec nach  $v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}$ , so bestimmt sich nach Gehrken's die Nutzbelastung  $P$  für einfache Riemen aus folgender Tabelle:

D in m	$v = 3$	5	10	15	20	25	30
0,100	kg = 2	2,5	3	3	3,5	3,5	3,5
0,200	3	4	5	5,5	6	6,5	6,5
0,300	4	5	6	7	7,5	8	8,5
0,400	5	6	7	8	9	9,5	10
0,500	6	7	8	9	10	10,5	11
0,600	7	8	9	10	11	12	12,5
0,750	8	9	10	11	12	12,5	13
1,000	9	10	11	12	13	13,5	14
1,500	10	11	12	13	13,5	14	14,5
2,000	11	12	13	13,5	14	14,5	15

Die Umfangsgeschwindigkeit  $v$  sollte, wenn nicht besondere Gründe vorliegen, nicht mehr als 25 m/sec betragen.

Die für einen einwandfreien Betrieb erforderlichen kleinsten Achsenentfernungen sind für einige Übersetzungsverhältnisse in nachstehender Tabelle angegeben (nach Siemens-Schuckert-Werke):

Durchmesser der kleinsten Riemenscheibe in mm	Kleinsten Achsenabstand in mm bei einem Übersetzungsverhältnis von				
	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7
200	2800	3000	3200	3400	3600
300	3200	3500	3800	4300	5100
400	3600	4000	4600	5700	6800
500	4000	4500	5700	7100	8600
600	4400	5100	6800	8600	10000
700	4800	6000	8000	10000	—
800	5200	6900	9100	—	—
900	5600	7700	—	—	—
1000	6000	8500	—	—	—

Dabei ist sowohl für die Kraftübertragung als auch für das Übersetzungsverhältnis zu berücksichtigen, daß der Verlust infolge Riemengleitens ca. 3 bis 5 % beträgt.

Wenn die örtlichen Verhältnisse das Anpassen an diese Verhältnisse nicht gestatten, man also mit einer kürzeren Achsenentfernung auskommen muß, so empfiehlt sich die Verwendung eines Spannrollengetriebes, wie es von der Berl.-Anh. Maschinenbau A.-G. unter der Bezeichnung Lenix-Getriebe hergestellt wird. Es besteht aus einer Rolle, die in einer Schwinde gelagert

ist. Die Schwinge kann sich frei um die Antriebsscheibe des Motors oder der Transmission herumbewegen; der Druck, mit welchem die Rolle und die Schwinge gegen den Riemen gedrückt werden, kann durch ein Gewicht reguliert werden. Der Lenix wird immer

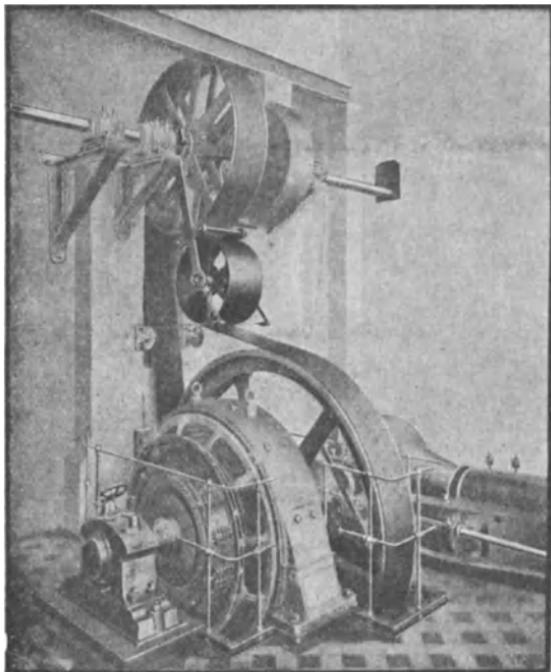


Fig. 19. Anordnung eines Lenixgetriebes.

in unmittelbarer Nähe der kleinen Scheibe angebracht, und zwar so, daß er das von der Scheibe weglauende Riemenstück belastet. Der Bogen, mit welchem der Riemen die Scheibe umspannt, wird durch das Lenixgetriebe vergrößert, und außerdem wird der Riemen, der sich im Laufe der Zeit streckt, stets mit der annähernd gleichen Kraft gespannt. Man kann bei Verwendung eines Lenixgetriebes auch senkrechten Antrieb vorsehen. Fig. 19 läßt die Anordnung eines Lenixgetriebes, sowie auch die Schwinge mit der Rolle erkennen.

Ganz allgemein sollen für Riemenantriebe nur gut gestreckte, dünne Riemen von bester Qualität verwendet werden. Die

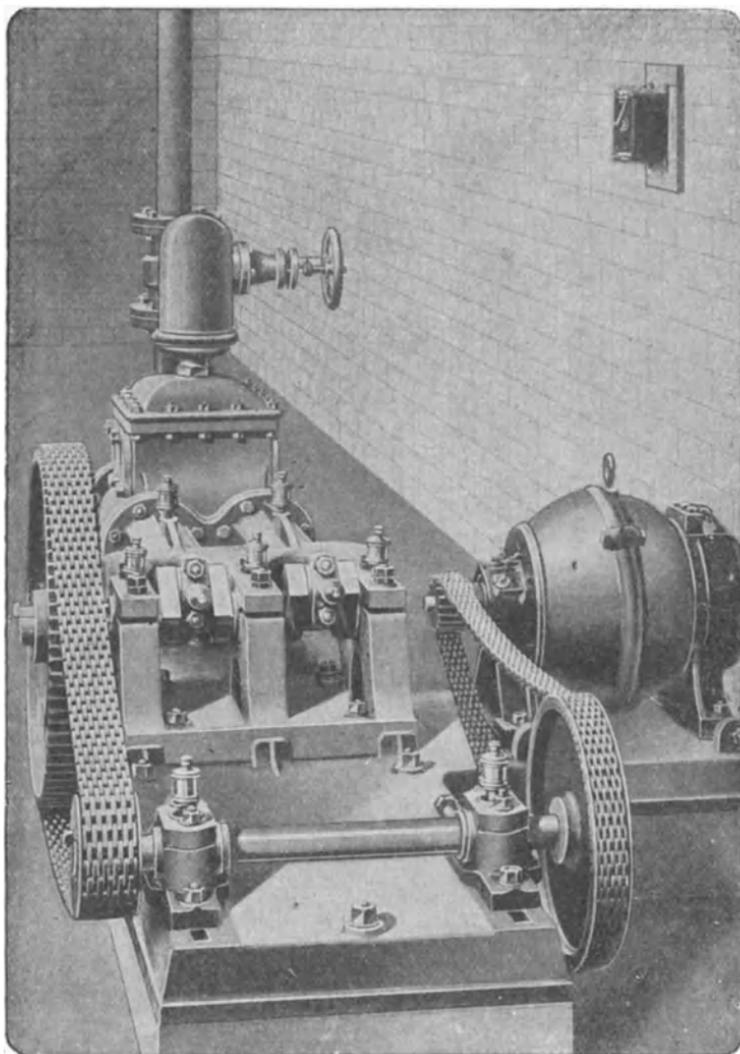


Fig. 20. Anordnung eines Zahnkettenvorgeleges.

Verbindungsstellen sollen geleimt und genäht sein; die Verwendung von sog. Riemenschlossern aus Metall verursacht störendes Geräusch.

Für größere Leistungen, wie sie für Einzel-Wasserversorgungsanlagen wohl kaum in Frage kommen, können auch die unter der Bezeichnung Stahlband-Kraftantriebe hergestellten Getriebe verwendet werden, bei welchen an Stelle des Ledertreibriemens ein aus besonders legiertem und gehärtetem Stahl hergestelltes Band benutzt wird. Der Wirkungsgrad soll nach den Angaben der herstellenden Firma etwa 99 % betragen. Infolge des geringen Gewichtes des Stahlbandes und des sich daraus ergebenden geringen Einflusses der Zentrifugalkraft kann man bis zu außerordentlich hohen Umfangsgeschwindigkeiten hinaufgehen, welche für andere Übertragungsmittel nicht mehr zulässig sind; es sind bereits Versuche mit Umfangsgeschwindigkeiten von 62 m/sec und darüber gemacht worden.

Auch die von Friedrich Stolzenberg & Co., G. m. b. H., Reinickendorf-West, hergestellten Renolds-Zahnketten-Getriebe können für die Kraftübertragung bei Pumpen nutzbar gemacht werden. Der Vorteil dieser Getriebe liegt hauptsächlich darin, daß man dieselben bei ganz kurzen Achsenabständen verwenden kann, daß sie geräuschlos laufen, und daß sie von der Feuchtigkeit, die sich in manchem Pumpenraum nicht vermeiden läßt, nicht beeinflußt werden können. Die Umfangsgeschwindigkeit der Kette soll nicht mehr als 6,5 m/sec sein und das Übersetzungsverhältnis nicht mehr als 1 : 6 betragen. Fig. 20 zeigt die Verwendung eines doppelten Zahnketten-Vorgeleges beim Antrieb einer Zweikurbel-Kolbenpumpe; der Elektromotor hat 54 PS. Leistung und 680 Umdrehungen pro Minute.

Auch die patentierten Zentratorkupplungen kommen für die Übertragung der Antriebskraft von einem schnelllaufenden Elektromotor auf eine langsamlaufende Pumpe in Frage; sie lassen sich für Übersetzungen von 10 : 1 ohne weiteres verwenden und werden meist mit dem Elektromotor betriebsfertig zusammengebaut geliefert.

Im allgemeinen wird man nun eine elektrisch betriebene Anlage mit Ein- und Ausschaltung von Hand nur dort ausführen, wo Wasser zu bestimmten Tageszeiten ununterbrochen gebraucht wird, und wo es nicht erforderlich ist, daß die Wasserförderung sich automatisch dem jeweilig auftretenden Wasserkonsum genau anpaßt. In Frage kommt also z. B. die Wasserversorgung einer Gärtnerei, wo das Wasser zum Besprengen der gärtnerischen

Anlagen ununterbrochen gebraucht wird, oder auch eine Springbrunnenanlage, wo die Pumpe zu den Zeiten, wo der Brunnen springen soll, kontinuierlich läuft.

Bei der Berechnung der Förderhöhe für eine Gartenanlage muß man berücksichtigen, daß das Wasser in fast allen Fällen Hydranten entnommen wird, die über das ganze Terrain verstreut liegen. Es müssen also bei der Berechnung der Förderhöhe zunächst die Druckverluste in der Rohrleitung und in den Armaturen ermittelt werden. Von den Hydranten aus wird das Wasser in Gummi- oder Hanfschläuchen weitergeleitet, die mit Mundstücken versehen sind, welche das Wasser in einem Strahl oder zerstäubt an die gewünschte Stelle bringen. Der Druck, welcher am Hydrantenschluß erforderlich ist, um einen Strahl von vorgeschriebener Höhe und Länge zu erzielen, ist aus nachstehender Tabelle ersichtlich; ebenso ist auch die für die einzelnen Mundstückdurchmesser erforderliche Wassermenge angegeben. Die Tabelle ist von J. R. Freemann aufgestellt, und es ist vorausgesetzt, daß innen glatte Schläuche von  $2\frac{1}{2}$ " l. W. und 20 m Länge verwendet werden.

Mundstück $\phi$	Druck am Hydr. in atm.	1	2	3	4	5	6
$\frac{3}{4}$ " 19 mm	Wassermg. in l/min	280	380	475	560	600	670
	Größte Spritzhöhe in m	7,7	13,5	19,2	22,0	24,5	25,3
	Größte Spritzweite in m	7,4	11,0	14,0	16,6	17,9	19,8
$\frac{7}{8}$ " 22 mm	l/min	370	510	640	730	820	895
	Höhe in m	6,7	13,4	19,5	22,7	25,2	26,5
	Weite in m	7,6	12,1	15,3	17,6	20,4	21,7
1" 25 mm	l/min	440	640	800	900	1010	1100
	Höhe in m	6,4	12,8	18,5	22,4	25,3	27,2
	Weite in m	7,4	12,5	16,3	18,9	21,4	23,4
$1\frac{1}{8}$ " 29 mm	l/min	540	765	940	1110	1230	1350
	Höhe in m	5,8	11,5	16,6	21,4	24,6	27,2
	Weite in m	7,0	12,1	16,0	19,5	21,7	23,6
$1\frac{1}{4}$ " 32 mm	l/min	640	900	1080	1250	1430	1570
	Höhe in m	5,7	11,5	15,4	19,2	23,0	25,6
	Weite in m	6,7	12,5	15,7	18,9	21,4	23,0

Die größeren Spritzhöhen und -weiten kommen nicht für gärtnerische Zwecke, sondern vielmehr für solche Anlagen in Betracht, welche gleichzeitig auch für die Beschaffung von Wasser beim Ausbruch eines Brandes bestimmt sind. Die Verhältnisse der Tabelle geben bei Drücken von 4,5 und 6 atm kräftige Strahlen,

wobei aber bemerkt werden soll, daß es besser ist, einen größeren Strahl als zwei kleinere zu verwenden, da ersterer höher und weiter springt und außerdem das Feuer rascher durch Ausdrücken löscht.

Für Springbrunnenanlagen, wo es sich meist um kleinere Wasserstrahlen handelt, kann die für eine beliebige Strahlhöhe erforderliche Wassermenge nach folgender Tabelle bestimmt werden.

Mundstück $\phi$ in mm	2	4	6	8	10	12	14	16
Strahlhöhe in m . . . .	6	10	12,5	14,5	16	16,5	17,8	18,5
Wassermg. in l/std . .	18	20	75	130	200	290	400	530

Vorausgesetzt ist, daß der Druck am Mundstück etwa 3 atm beträgt.

Die Mundstücke von Springbrunnenanlagen werden meist als sog. Wassersparer, und zwar so ausgeführt, daß der aus dem Mundstück austretende Wasserstrahl eine gewisse Menge des im Sammelbecken befindlichen Wassers oder auch Luft mitreißt, wobei der gesamte Strahl voller wird. Durch die mitgerissene Luft tritt eine Schaumbildung auf, die dem Strahl ein schönes, weißes und schaumiges Aussehen gibt und ihn dicker erscheinen läßt. Die Ersparnisse an Wasser sind durch die Verwendung eines Wassersparers ziemlich bedeutend; man kann annehmen, daß bei 4 atm Druck und 3 m Strahlhöhe mit je 1 l Frischwasser etwa 2 bis 3 l aus dem Becken mitangesaugt werden. Wenn Luft mitangesaugt wird, so wird die mitgerissene Wassermenge geringer; trotzdem bleibt aber das Gesamtbild dasselbe, weil die Luft an die Stelle des Wassers tritt und den Strahl in gleicher Stärke erscheinen läßt. Die Wassersparer werden von verschiedenen Firmen, z. B. von Gebr. Körting, A.-G., Körtingsdorf bei Hannover, und C. W. Julius Blanke, G. m. b. H., Merseburg, ausgeführt.

Bei Anlagen, wo sich der abgesenkte Saugwasserspiegel so wenig unter Terrain befindet, daß die Saughöhe der Pumpe innerhalb normaler Grenzen bleibt, und man die Pumpe zu ebener Erde oder im Keller des mit Wasser zu versorgenden Gebäudes aufstellen kann, wird der Aufstellungsraum in den meisten Fällen verhältnismäßig trocken sein, so daß ein offener Elektro-

motor verwendet werden kann. Es empfiehlt sich aber trotzdem, den Motor mit einer Feuchtigkeitsschutzisolation versehen zu lassen, damit er gegen das von der Pumpe gelegentlich des Auseinanderbauens verspritzte Wasser unempfindlich ist. Der Preis des Motors steigt dadurch zwar etwas, und zwar je nach Fabrikat um etwa 3 bis 5 %, man hat aber die Sicherheit, daß Beschädigungen durch Feuchtigkeit nicht erfolgen können.

Es kommt nun sehr häufig vor, daß sich der Saugwasserspiegel 10, 20 oder noch mehr Meter unter Terrain befindet. In diesem Falle muß man, wenn man eine Kolbenpumpe verwenden will, entweder die Pumpe mit dem Motor zusammen so tief im Brunnen aufstellen, daß die sich ergebende Saughöhe auf ein zulässiges Maß gebracht ist, oder aber man muß die Pumpe in entsprechender Höhe über dem abgesenkten Wasserspiegel einbauen und die antreibende Kraft durch ein sog. Tiefbrunnengestänge übertragen.

Wenn, wie zuerst angedeutet, die Pumpe mit dem Motor zusammen im Brunnenschacht angeordnet wird, so muß natürlich der Brunnen gemauert sein und einen genügend großen Durchmesser haben. Ferner müssen im Brunnenschacht Steigeisen oder eine Steigeleiter vorhanden sein, damit man zu der Pumpe gelangen kann. Der Motor muß mit Rücksicht auf den feuchten Aufstellungsraum in ventiliert- oder tropfwasserdicht-gekapselter Ausführung vorgesehen werden. Es dürfte ohne weiteres klar sein, daß eine solche Pumpenanlage sich sehr teuer stellt, da das Ausschachten eines Brunnenschachtes und das Ausmauern desselben wegen des erforderlichen großen Durchmessers große Kosten verursacht.

Man zieht deshalb häufig Tiefbrunnengestängepumpen vor, wie eine solche in Fig. 21 als Fabrikat der Firma Amag-Hilpert, Nürnberg, wiedergegeben ist. Die Pumpe hat elektrischen Antrieb und doppelte Zahnradübersetzung erhalten und ist mit einem Ausgleichkolben versehen, welcher bewirkt, daß die sonst einseitige Förderung und Arbeitsweise möglichst gleichmäßig auf Kolbenauf- und -abgang verteilt werden. Von dem geräumigen Druckwindkessel aus geht die Druckleitung senkrecht nach oben. Bei der Konstruktion des Triebwerkes und der Anordnung der Unterzüge für dieses ist darauf zu achten, daß sich das Pumpengestänge nebst Kolben leicht ausbauen läßt. Wenn man an

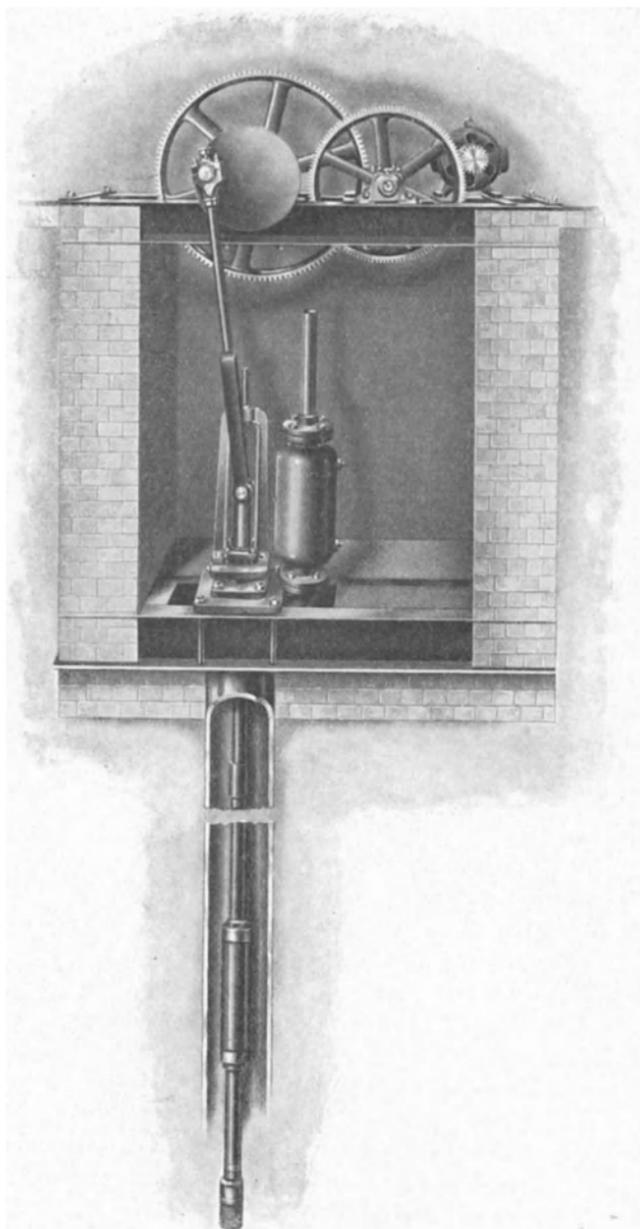


Fig. 21. Tiefbrunnengestängepumpe.

Stelle des elektrischen Antriebes, unter Zwischenschaltung von Zahnrädern, Riemenantrieb für die Pumpe vorsieht, so ergeben sich die nachfolgenden Anordnungen (siehe Fig. 22).

Anordnung I stellt die Einrichtung für Kraftübertragungen bis zu ca. 10 PS. und für eine Pumpe dar, bei welcher die Tourenzahl eine direkte Kraftübertragung mittels Riemen ohne Zwischenvorgelege gestattet.

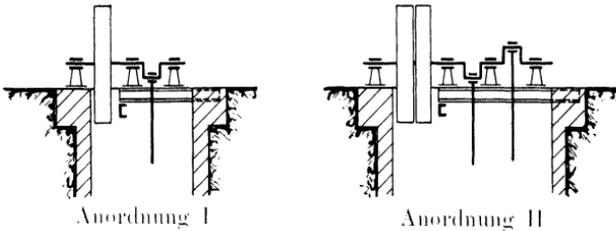


Fig. 22. Antriebe von Tiefbrunnengestängepumpen.

Anordnung II zeigt dieselbe Einrichtung für eine Zweikolbenpumpe; die Antriebswelle ist als doppelgekröpfte Kurbelwelle ausgeführt. Außerdem ist eine Fest- und Losscheibe vorgesehen.

Anordnung III ist für große Leistungen bestimmt und verwendet ein Zahnradvorgelege; bei größeren Leistungen läuft die Pumpe gewöhnlich langsamer, so daß direkte Übertragung meist nicht mehr zugänglich ist.

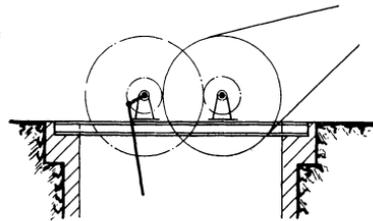


Fig. 22. Antriebe von Tiefbrunnengestängepumpen.

Bei allen Gestängepumpen ist darauf zu achten, daß das Gestänge in solidester Konstruktion hergestellt und ganz genau geführt wird, damit ein Zittern und seitliches Ausbiegen des Gestänges vollkommen ausgeschlossen ist.

Wenn, wie bei allen vorerwähnten Anlagen vorausgesetzt, der Antrieb der Kolbenpumpe elektrisch erfolgt, sei es durch direkte Kupplung mit dem Elektromotor oder durch Zwischenschaltung von Zahnrädern, Riemen oder Ketten usw., so erfolgt das Anlassen des Elektromotors in einfachster Weise dadurch,

daß der Handhebel des Anlagers von der Ausschalt- in die Einschaltstellung gelegt wird. Wenn Gleichstrom als elektrische Energie verwendet wird, so kann man den Anlasser mit Regulierung versehen lassen, damit man die Leistung bzw. die Tourenzahl und den Energieverbrauch der Pumpe innerhalb gewisser Grenzen regulieren kann. Bei Drehstrom werden regulierbare Motoren zu teuer und außerdem geht die vom Motor aufgenommene Energie nicht der Leistung entsprechend zurück, so daß man hierbei besser fährt, Motoren ohne Regulierung zu verwenden. Bei der Wahl zwischen Kurzschluß- und Schleifringankermotoren kommen hauptsächlich die Bestimmungen des Elektrizitätswerkes, welches die elektrische Energie liefert, in Betracht, die meist mit Rücksicht auf die Stromschwankungen beim Anlassen von einer gewissen Leistung ab Kurzschlußankermotoren nicht mehr zulassen, sondern Motoren mit Schleifringanker vorschreiben; es gibt z. B. Elektrizitätswerke, bei welchen für Leistungen über  $\frac{1}{2}$  PS schon Schleifringankermotoren verwendet werden müssen. Um auf den Gang der Pumpe eine gewisse Kontrolle ausüben zu können, empfiehlt es sich, die Motorschalttafel, auf welcher Momenthebelschalter und Sicherungen sitzen, mit einem Amperemeter und, besonders bei schwankender Spannung, auch noch mit einem Voltmeter zu versehen, damit jederzeit der Kraftbedarf des Motors festgestellt und Beschädigungen desselben infolge von Überlastungen durch nicht einwandfreies Funktionieren der Anlage vermieden werden können.

Wenn man zum Antrieb der Pumpe einen Explosionsmotor vorsieht, so empfiehlt es sich, die Umdrehungszahl desselben so zu wählen, daß sie derjenigen der Kolbenpumpe gleich ist, damit beide Maschinen direkt gekuppelt werden können. Man muß dann aber darauf achten, daß die zur Verbindung beider Maschinen dienende Kupplung ausrückbar ist, da der Explosionsmotor fast stets von Hand angekurbelt werden muß, und man nur bei ganz kleinen Leistungen imstande ist, gleichzeitig mit dem Motor auch die Pumpe anzudrehen. Das Anlassen geschieht dann in der Weise, daß nach dem Öffnen der Brennstoffhähne der Motor von Hand aus, und zwar mittels der Anlaskerkurbel, gedreht wird. Nach dem Erreichen der vollen Tourenzahl wird die Kupplung eingerückt, worauf die Pumpe mitläuft und fördert. Das Anlassen ist, wie leicht ersichtlich, nicht so

bequem als wie bei Verwendung eines Elektromotors, jedoch ist man, wenn elektrische Energie nicht zur Verfügung steht, oder wenn man die Wasserversorgung von der Stromlieferung unabhängig machen will, gezwungen, Explosionsmotoren zu verwenden.

Explosionsmotoren werden heute für alle möglichen Betriebsstoffe geliefert, z. B. für Leuchtgas, Benzin, Benzol, Spiritus, Petroleum, Rohöl, Steinkohlenteeröl usw. Die verschiedenen Motorenfirmen bauen kleine Motoren für Hauswasserversorgungsanlagen als Spezialtypen meist unter der Bezeichnung Motoren für das Kleingewerbe, die in ihrer einfachen Bedienung und mit ihrem zuverlässigen, billigen Betrieb allen Ansprüchen durchaus gerecht werden.

Die Motoren werden meist in stehender Bauart ausgeführt, welche in vorzüglicher Weise einen staubsicheren Abschluß der bewegten Teile gestattet. Der Aufbau ist trotzdem übersichtlich und einfach.

Die Gasmotorenfabrik Deutz, Köln-Deutz, bringt mit ihrer Type CM einen Spezialmotor auf den Markt, der den vorerwähnten Anforderungen in jeder Hinsicht entspricht. Kolben, Pleuelstange und Kurbelwelle laufen in einem luftdicht abgeschlossenen Raum. Die Pleuelstange taucht bei jeder Umdrehung in ein Ölbad und sorgt so für selbsttätige, zuverlässige Schmierung des Getriebes. Die Kurbelwelle läuft in mit Weißmetall ausgegossenen Lagerschalen. Kolben und Pleuelstange können nach Abnahme des Zylinderkopfes leicht ausgebaut werden. Ein- und Auslaßventil werden zwangsläufig gesteuert. Beim Überschreiten der höchstzulässigen Umdrehungszahl wird das Einströmventil in der Weise reguliert, daß die Maschine während eines oder mehrerer Spiele keinen Brennstoff ansaugt, also auch bei geringerer Belastung denkbar billig arbeitet. Der Brennstoff wird in einen unter dem Zylinderbock befindlichen Sockel eingefüllt, so daß die Brennstoffzuführung zur Maschine ohne Verlegung besonderer Leitungen möglich ist. Die Zündung ist elektrisch. Zum Andrehen genügt eine einfache Handkurbel, die auf das Ende der Kurbelwelle gesteckt wird. Die Ausführung des Motors ist aus Fig. 23 ersichtlich.

Aus der nächsten Abbildung, Fig. 24, sind einfachwirkende Tauchkolbenpumpen derselben Firma zu ersehen. Diese Pumpen

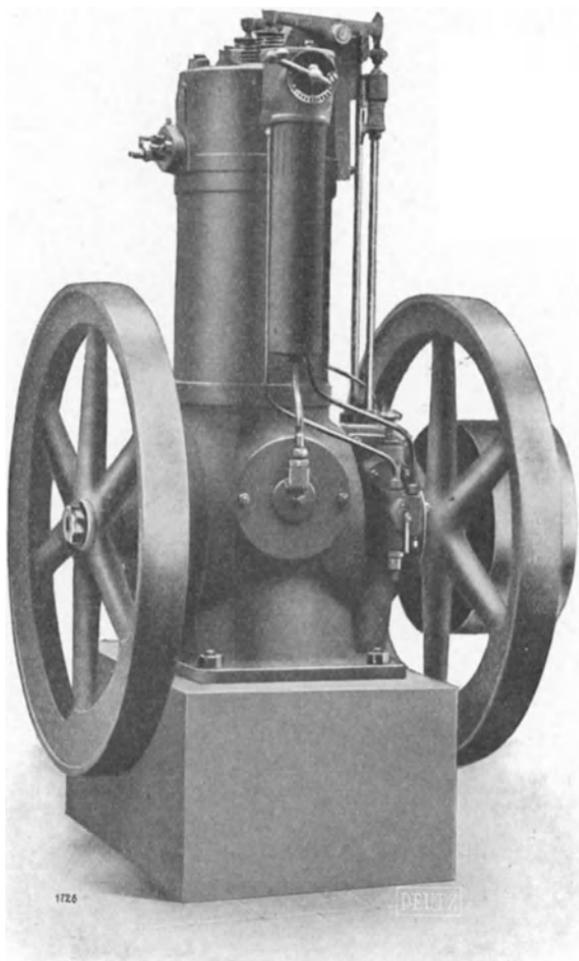


Fig. 23. Stehender Explosionsmotor.

werden besonders für die vorerwähnten Motoren empfohlen, von welchen sie mittels Riemen angetrieben werden können. Die Pumpen werden von der G.-F. Deutz in Serien mit hierzu eingerichteten Spezialwerkzeugen hergestellt. Sie werden für Fördermengen von 1 bis 6 cbm/std und für Förderhöhen bis zu 40 m

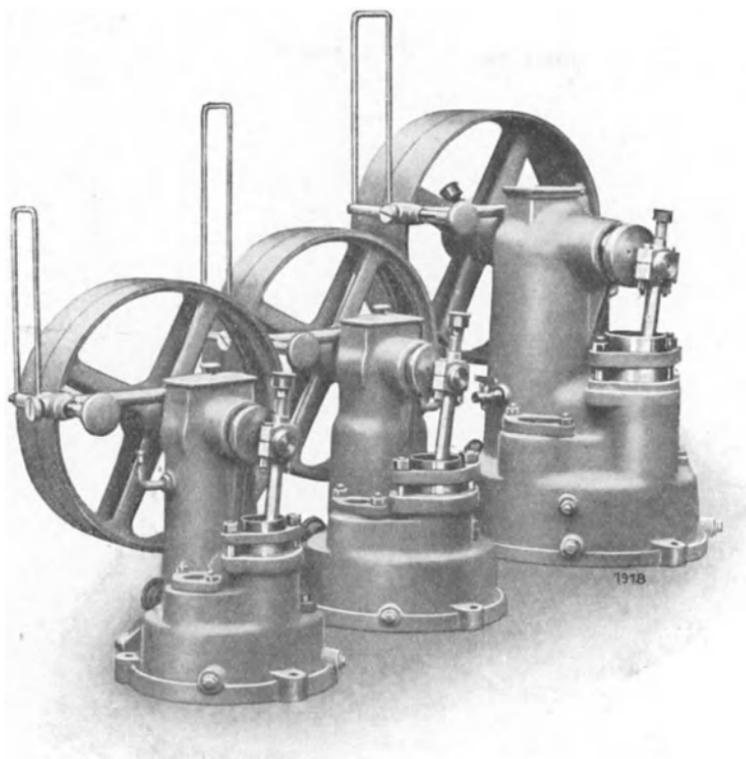


Fig. 24. Stehende Tauchkolbenpumpen.

gebaut. Der Kraftbedarf beträgt je nach Leistung 0,6 bis 1,5 PS. Fig. 25 zeigt die Verwendung der beschriebenen Maschinen bei der Wasserversorgung eines Schlosses.

Auch die Firma Wolf & Struck, Aachen, baut Explosionsmotoren für den Antrieb von Pumpen. Fig. 26 zeigt einen kleinen 1- bis 2pferdigen Motor, der für die Verwendung von Benzin-, Benzol-, Petroleum- und Leuchtgasbetrieb eingerichtet ist und für das Fundament nur einen Raum von  $450 \times 450$  mm Grundfläche beansprucht; bei 1000/min Umdrehungen beträgt die Leistung etwa 2 PS.

Die Angaben der verschiedenen Firmen über den Brennstoff-

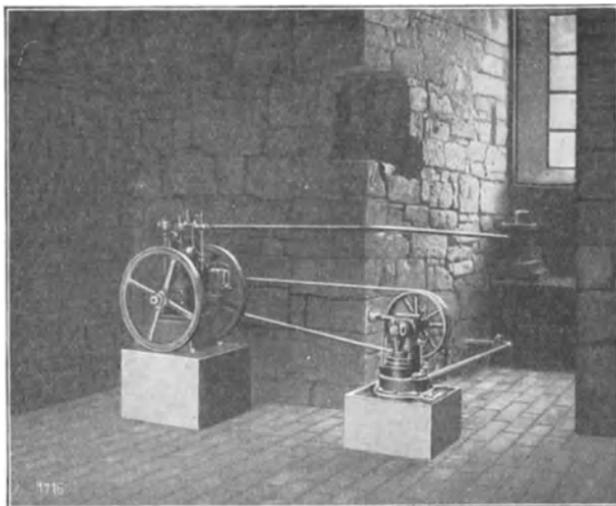


Fig. 25. Pumpenanlage mit Explosionsmotor.

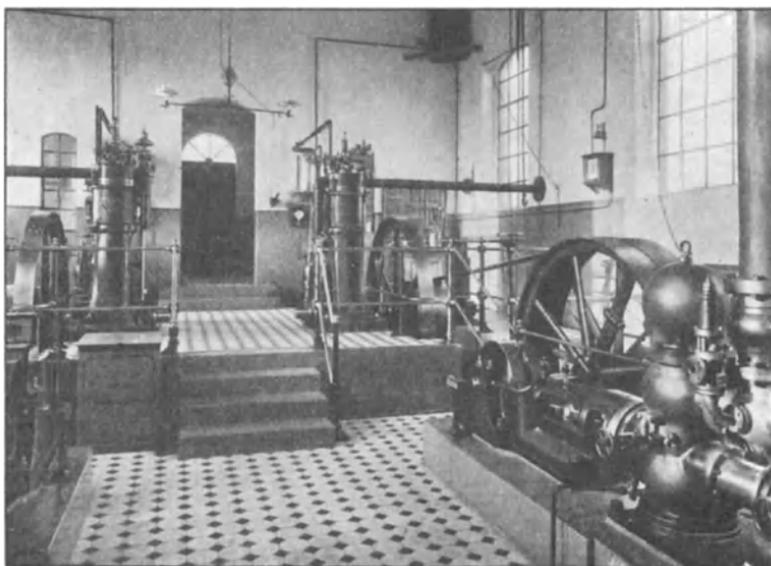


Fig. 27. Pumpenanlage mit Dieselmotoren.

verbrauch sind annähernd gleich; derselbe ist äußerst niedrig und ergibt sich aus folgender Tabelle, die Mittelwerte aus verschiedenen Tabellen darstellt. Der Brennstoffverbrauch beträgt bei

Leuchtgasbetrieb 600 bis 700 l,

Benzin, spez. Gewicht = 0,68—0,75, ca. 0,3—0,33 kg,

Benzol, „ „ = 0,88 ca. 0,36 kg

pro PS. und Stunde.

Der Schmierölverbrauch ist ebenfalls sehr gering; er beträgt etwa 0,1 kg pro PS. und Stunde.

Auch die in neuerer Zeit immer mehr aufkommenden Dieselmotoren können für den Antrieb von Kolbenpumpen benutzt werden. Sie kommen besonders für solche Gegenden in Frage, wo die schwer entzündlichen, in Lampen nicht brennbaren Mineralöle, wie Steinkohlenteeröl, Rohpetroleum und Rohöl usw., mit Leichtigkeit zu haben sind, andererseits aber auch dort, wo Wert darauf gelegt wird, daß die Auspuffgase geruch- und farblos und ohne Rückstände sind, also z. B. in Kurorten und Sanatorien.

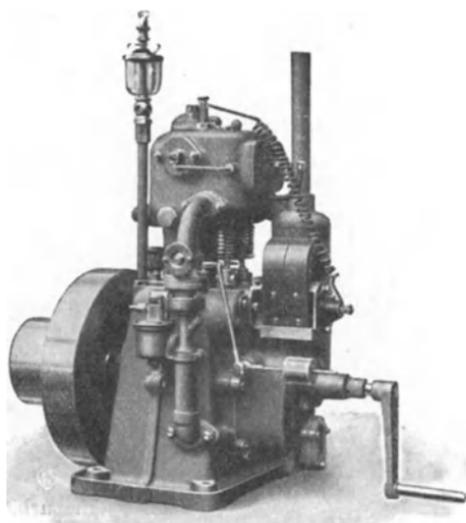


Fig. 26. Stehender Explosionsmotor  
von 2 PS.

In Fig. 27 sind zwei von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg gelieferte Dieselmotoren wiedergegeben, die je eine liegende, doppelwirkende Tauchkolbenpumpe mittels Riemen antreiben.

Die Arbeitsweise eines solchen einfachwirkenden Viertakt-Dieselmotors ist folgende: Der Kolben des Arbeitszylinders saugt beim Vorwärtsgang reine Luft in den Zylinder; beim Rückgang wird diese Luft von dem Kolben auf einen Druck von etwa 30 bis 32 atm verdichtet und dadurch hoch erhitzt. Beim

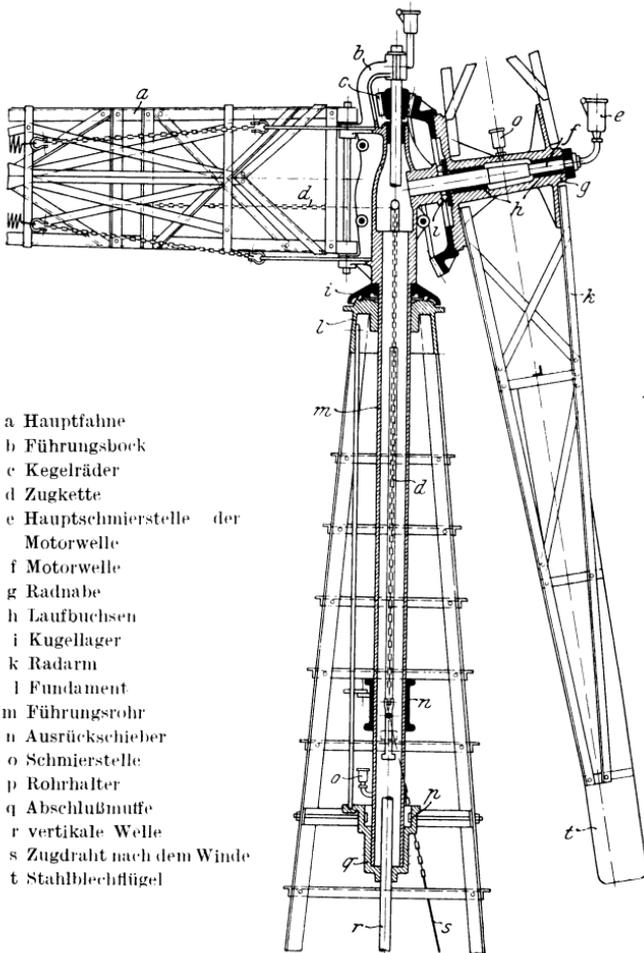
Erreichen des Totpunktes wird mit der Einführung von fein zerstäubtem Brennstoff begonnen. Dieses geschieht mit Hilfe von Druckluft, die eine etwas höhere Spannung hat als die Luft im Arbeitszylinder und in einer besonderen, mit dem Motor verbundenen Luftpumpe erzeugt wird. Der Brennstoff entzündet sich an der hoch erhitzten Luft und treibt während der allmählichen Verbrennung den Kolben vorwärts. Bei dem jetzt



Fig. 28. Windturbinenanlage.

folgenden Kolbenrückgang werden die Verbrennungsrückstände aus dem Zylinder ins Freie gestoßen, und das Spiel beginnt von neuem. Das Anlassen des Motors erfolgt mit Hilfe von Druckluft, die in den Anlaßgefäßen aufbewahrt wird; die Anlaßgefäße sind aus Abbildung 27 nicht zu erkennen.

Neben den erwähnten Antriebsarten werden zum Betrieb von Pumpen auch menschliche und tierische Kräfte benutzt. Die Leistungen, die ein Mensch beim Pumpen erzielen kann, sind bereits auf Seite 22 erörtert worden. Über die von Tieren hervorgebrachten Leistungen sei mitgeteilt, daß dieselben betragen beim Pferd 40,5, Ochsen 39, Maulesel 27 und beim Esel 11,2



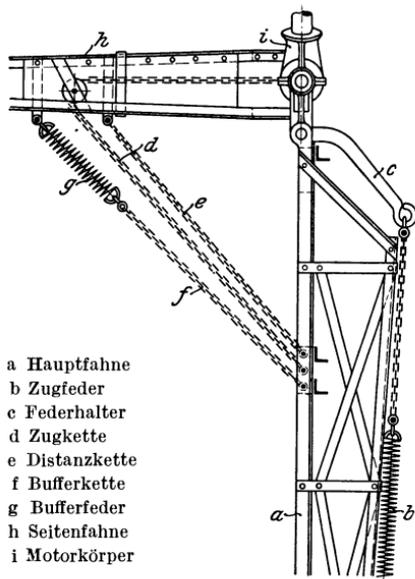
- a Hauptfahne
- b Führungsbock
- c Kegelräder
- d Zugkette
- e Hauptschmierstelle der Motorwelle
- f Motorwelle
- g Radnabe
- h Laufbuchsen
- i Kugellager
- k Radarm
- l Fundament
- m Führungsrohr
- n Ausrückschieber
- o Schmierstelle
- p Rohrhalter
- q Abschlußmuffe
- r vertikale Welle
- s Zugdraht nach dem Winde
- t Stahlblechflügel

Fig. 29. Schnittzeichnung einer Windturbine.

m/kg/sec. Dabei ist vorausgesetzt, daß das betr. Tier vor einen Göpel gespannt wird, und daß die maximale tägliche Arbeit unter Berücksichtigung von Pausen 8 Stunden beträgt.

Zu den Naturkräften, welche zum Betrieb einer Wasserversorgungsanlage benutzt werden, gehört vor allen Dingen der Wind, der täglich Hunderttausende von Pferdekräften bietet.

Fig. 28 zeigt die Anwendung einer Stahlwindturbine der Sächsischen Stahlwindmotoren-Fabrik G. R. Herzog, G. m. b. H., Dresden. Die mit der Turbine verbundene Pumpe muß nicht nur den gesamten Wasserbedarf der Villa bewältigen, sondern hat im Sommer auch noch die umfangreichen Gartenanlagen mit Wasser zu versorgen. Es wurde deshalb in den Turm ein Reservoir eingebaut, in welchem zu Zeiten geringen Konsums die überschüssige Wassermenge aufgespeichert wird. Bei einer



- a Hauptfahne
- b Zugfeder
- c Federhalter
- d Zugkette
- e Distanzkette
- f Bufferkette
- g Bufferfeder
- h Seitenfahne
- i Motorkörper

Fig. 30. Schnittzeichnung der Steuerung.

Windturbine ist besonders darauf zu achten, daß an allen Drehpunkten die Lagerbüchsen aus einem Metall, welches nicht rosten kann, hergestellt werden. Das Windrad sowohl als auch sämtliche Wellen müssen möglichst in Kugellagern laufen, damit nicht nur ein leichter Gang erzielt, sondern auch ein leichtes Einstellen der Turbine bei wechselnden Windrichtungen ermöglicht wird. Die von der Sächsischen Windmotorenfabrik hergestellten Stahlwindturbinen, von welchen in den Fig. 29 und 30 Einzelheiten der Konstruktion wiederge-

geben sind, entsprechen obigen Bedingungen. Diese Turbinen entwickeln ihre Leistung schon bei einer Windstärke von 2 bis 3 m/sec; die garantierte Leistung wird bei 4 bis 5 m Windgeschwindigkeit erreicht, während die Maximalleistung bei ca. 8 m eintritt. Infolge der Selbstregulierung haben stärkere Windgeschwindigkeiten keinen Einfluß auf die Leistung, so daß selbst bei Sturm absolute Betriebssicherheit vorhanden ist.

Die Stärke des Windes wird nach der Geschwindigkeit in m/sec, und zwar mittels Anemometer gemessen. Der Wind entwickelt seine Kraft durch den Druck, den er auf feststehende

Körper ausübt. Die Windgeschwindigkeit, also auch der Druck wachsen mit dem Abstand von der Erdoberfläche; das hierfür geltende Gesetz ist aber noch nicht festgestellt. An Hand nachstehender Tabelle läßt sich die Geschwindigkeit unter Zugrundelegung der am gebräuchlichsten Beaufort-Skala nach den angegebenen Wahrnehmungen mit ziemlicher Sicherheit schätzen:

Windstärke nach Beaufort	Geschwindigkeit in m/sek	Winddruck pro qm	Benennung	Wahrnehmung
0	1--3	bis 1,5	Wenig bemerkbar	Angenehmer Luftzug
1	3--5	.. 3,5	Leichter Wind	Blätter flattern
2	5--7	.. 6,5	Frischer ..	Zweige und Äste biegen
3	8--9	.. 8,0	Kräftiger ..	Bäume schwanken
4	9--11	.. 12,5	Starker ..	
5	11--14	.. 20,5	Sturmwind	Zweige und dünne Äste brechen
6	14--16	.. 27,5	Starker Sturm	
7	16--18	.. 40,0	Sehr starker ..	Starke Äste und Bäume brechen
8	18--22	.. 55,0	Schwerer ..	
9	22--26	.. 76,5	Sehr schwerer ..	
10	26--30	.. 102,5	Orkan	Alles verheerend
11	30--35	.. 138,0		
12	35--40	.. 195,0		

Da nach den Aufzeichnungen der meteorologischen Stationen in Deutschland ein Wind von 3 bis 5 m Geschwindigkeit an etwa 300 Tagen, von 6 bis 7 m und mehr aber an ca. 60 Tagen im Jahre herrscht, so muß der Windmotor so groß gewählt werden, daß er bei ersterem Winde die verlangte Leistung hergibt. In Fig. 31 ist noch die Anwendung eines Windmotors beim Antrieb einer Tiefbrunnengestängepumpe angegeben.

Die Anschaffungskosten einer Windmotorenanlage stellen sich verhältnismäßig sehr niedrig, besonders wenn dieselbe direkt auf einem Gebäude oder Stall aufgestellt werden kann und das hohe Turmgerüst selbst angefertigt wird; dieselben betragen für eine mittlere Anlage nicht mehr als 1000 bis 1800 Mark.

Fig. 32 zeigt den Motor nebst Übertragungsmechanismus einer Herkules-Stahlwindturbine der Vereinigten Windturbinenwerke, G. m. b. H., Dresden-Reick, der zum Antrieb einer Kolben-

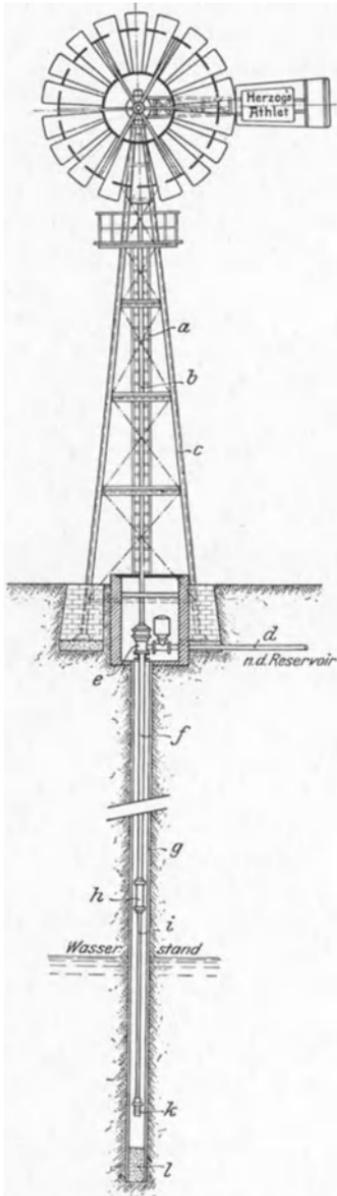


Fig. 31. Windturbine zum Antrieb einer Tiefbrunnenpumpe.

pumpe bestimmt ist. Durch das Flügelrad wird eine Welle nebst Kurbel bewegt, durch welche auf den Pumpenkolben eine auf- und abwärtsgehende Bewegung übertragen wird. Der Kurbelmechanismus ist vollkommen eingekapselt und so vor Regen und Staub geschützt. Die Schmierung der einzelnen Lagerstellen ist als Zentral-

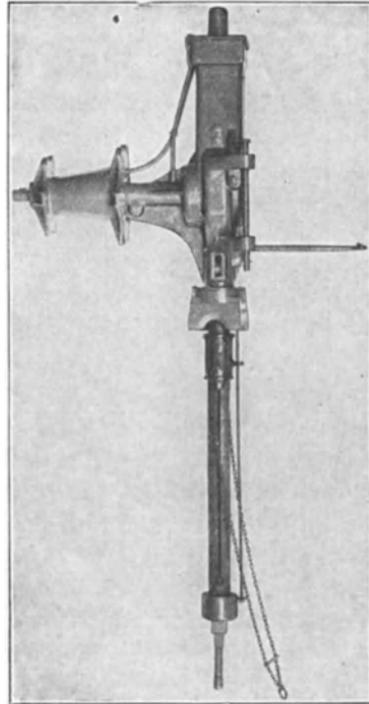


Fig. 32. Windturbine.

Zu Fig. 31.

- |                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| a Steigeleiter                    | f Steigeleitung  |
| b Gestänge                        | g Bohrrohr       |
| c Eisenturm                       | h Pumpencylinder |
| d Druckleitung                    | i Saugleitung    |
| e Stopfbuchse und Druckwindkessel | k Saugkorb       |
|                                   | l Filter         |

schmierung ausgeführt, wodurch die Bedienung höchst einfach wird.

Eine Triplexpumpe, welche infolge der annähernd stets gleichmäßigen Beanspruchung des Gestänges mit Vorliebe verwendet wird, ist in Fig. 33 wiedergegeben. Die Pumpe, Fabrikat derselben Firma, ist ebenfalls mit Zentralschmierung versehen und erhält große Windkessel. Sie zeichnet sich besonders durch stoßfreien Gang aus und wird hauptsächlich für größere Anlagen, also für die Gemeindewasserversorgung verwendet. Bei

solchen kann man die Windturbine direkt auf den Wasserturm stellen, wie es von den Vereinigten Windturbinenwerken bereits öfter ausgeführt wurde. Fig. 34 läßt eine derartige Anlage erkennen. Die Vereinigten Windturbinenwerke empfehlen, das Hochreservoir, von welchem aus das Wasser den einzelnen Zapfstellen

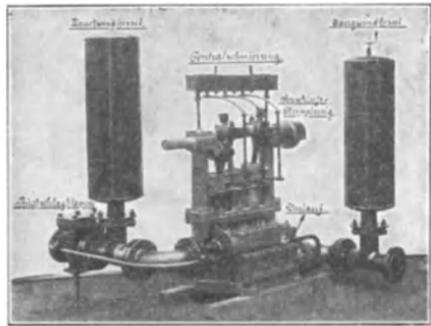


Fig. 33. Triplexpumpe für Windmotorantrieb.

zuläuft, so groß vorzusehen, daß es den Bedarf von 4 bis 5 Tagen aufnehmen kann, da in diesem Falle eine Reserveanlage unnötig ist.

Dieselbe Firma stellt für die Betriebskosten folgenden Vergleich auf, der die Verzinsung und Amortisation, ferner die Kosten für die Betriebskraft und die Bedienung bei 3000 jährlichen Betriebs-Pferdekraftstunden berücksichtigt: für Herkules-Stahlwindturbinen 4 bis 7 Pfennig pro PS.-Stunde, entsprechend 120 bis 210 Mark pro Jahr für jede PS.; für Elektromotoren bei Anschluß an eine Überlandzentrale ca. 21 Pfennig pro PS.-Stunde, entsprechend 630 Mark pro Jahr und PS.; für Benzinmotoren 30 bis 35 Pfennig pro PS.-Stunde, entsprechend 900 bis 1050 Mark jährlich und pro PS.

Die Betriebskosten sind demnach für Windmotoren die günstigsten, so daß angesichts der guten Resultate, welche dieselben während jahrelangen Gebrauchs ergeben haben, die Aufstellung von Windturbinenanlagen nur zu empfehlen ist; um

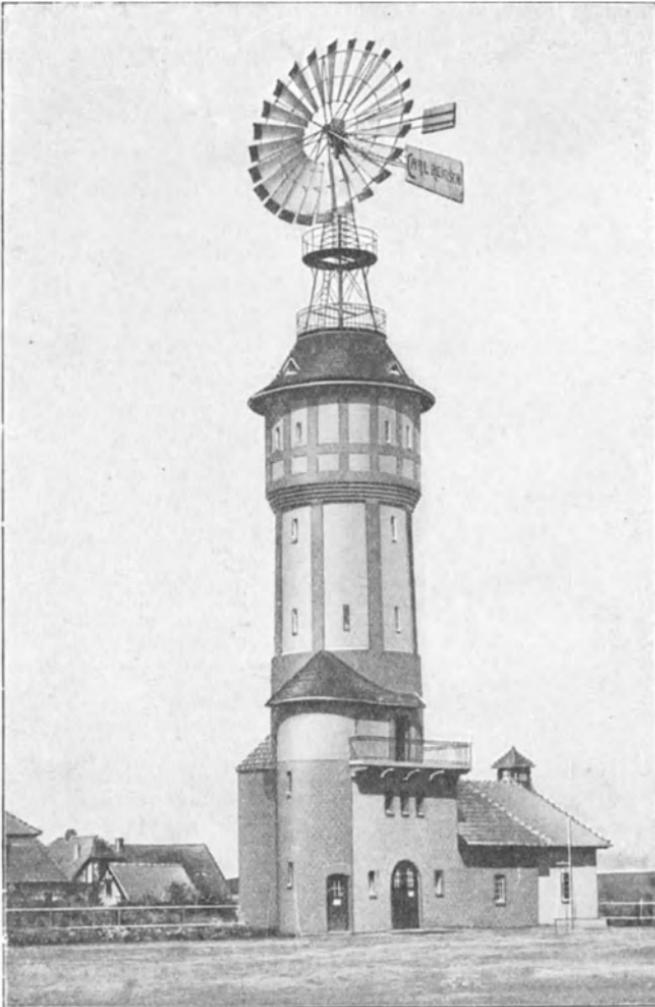


Fig. 34. Windturbinenanlage.

so mehr, als es nach den Erfahrungen obiger Firma ausgeschlossen ist, daß der Betrieb der Turbine und somit die Lieferung von Wasser tagelang infolge zu schwachen Windes unterbrochen werden kann.

Bei der Verwendung von Kreiselpumpen als wasserfördernde Maschinen können zum Antrieb zum Teil dieselben Kraftmaschinen benutzt werden, die auch für Kolbenpumpen in Frage kommen.

Bei direktem elektrischen Antrieb werden, passende Umdrehungszahlen vorausgesetzt, Pumpe und Motor auf einer gemeinsamen Grundplatte aufgestellt. Die Verbindung von Pumpe und Motor erfolgt durch eine elastische Kupplung, da hierdurch, wie oben bereits erwähnt, kleine Ungenauigkeiten, die z. B. in nicht genau gleicher Höhe von Pumpe und Motor bestehen können, ausgeglichen werden. Außerdem werden im Stromnetz etwa auftretende Stromstöße elastisch auf die Pumpe übertragen.

Das Anlassen einer elektrisch betriebenen Kreiselpumpe erfolgt wie bei einer elektrisch betriebenen Kolbenpumpe durch Herüberlegen des Anlasserhebels. Vorher aber muß die Pumpe und die Saugleitung entlüftet und mit Wasser angefüllt sein, da Kreiselpumpen nicht imstande sind, die für das erstmalige Ansaugen erforderliche Luftverdünnung selbst zu erzeugen. Das Auffüllen geschieht in einfachster Weise durch Eingießen von Wasser in den für das Auffüllen an der Pumpe vorgesehenen Trichter. Damit das eingefüllte Wasser nicht wieder ablaufen kann, erhält die Saugleitung an ihrem Anfang ein Fußventil. Das Fußventil muß absolut dicht sein, damit bei der nächsten Inbetriebsetzung das Wasser inzwischen nicht abgelaufen ist. Die Pumpe wird also durch den Anlasser angelassen, und zwar läßt man die Pumpe meist mit geschlossenem Absperrschieber anlaufen. Diese Maßregel ist durchaus erforderlich, wenn sich die manometrische Förderhöhe in der Hauptsache aus Rohrreibungswiderständen und nicht aus geodätischer Förderhöhe zusammensetzt. In diesem Fall ist nämlich die manometrische Förderhöhe infolge der beim Beginn des Förderns noch nicht vorhandenen Rohrreibungswiderstände gering, so daß durch die Mehrförderung an Wasser (vgl. Charakteristik Seite 8 und 9) der Kraftbedarf zu groß wird und der Motor überlastet und beschädigt werden kann. Bei solchen Anlagen, wo die manometrische Höhe hauptsächlich aus geodätischer Förderhöhe besteht, wo also die Druckleitung senkrecht nach oben geführt ist und genügend großen Querschnitt hat, so daß die Rohrreibungsverluste gering

sind, kann eine Rückschlagklappe vorgesehen werden, die sich erst öffnet, wenn die von der Pumpe erzeugte Druckhöhe um ein geringes größer ist, als der Druck der über der Klappe befindlichen Wassersäule beträgt. Es wirkt dann die Klappe wie ein Absperrschieber, der ebenfalls erst geöffnet wird, wenn die Pumpe den vollen Betriebsdruck hat, wenn also die normale Tourenzahl ganz oder wenigstens beinahe erreicht ist. Bei großer Förderhöhe muß eine Rückschlagklappe auch schon deshalb vorgesehen werden, damit während des Stillstandes der Anlage sowohl die Pumpe als auch besonders die Stopfbüchsen derselben vom Druck entlastet sind. Die Stopfbüchsen der Pumpen werden fast durchweg mit hydraulischer Abdichtung ausgeführt, d. h. es wird denselben, und zwar besonders der Stopfbüchse auf der Saugseite, von der ersten oder zweiten Stufe aus Druckwasser zugeführt, so daß die Stopfbüchse nicht gegen Vakuum, was besonders schwierig ist, sondern gegen Druck abzudichten hat. Besondere Beachtung verdient bei Kreiselpumpen die Entlastung der Pumpenwelle von axialem Schub, damit Beanstandungen, die sich durch das Verschieben in axialer Richtung ergeben, vermieden werden. Der axiale Schub entsteht dadurch, daß sich in den beiden Räumen a und b zwischen den Wänden eines Schaufelrades mit einseitigem Einlauf, siehe Fig. 8, Seite 17, und dem das Schaufelrad umgebenden Pumpengehäuse bestimmte Drücke einstellen, die daher rühren, daß das Rad mit einem gewissen Spielraum zwischen den Dichtungsringen läuft, und daß dieser Spielraum eine gewisse Menge Wasser von dem Druckraum in den Saugraum zurückströmen läßt. Da nun diese meist gleich großen Drücke auf verschieden große Flächen wirken, verursachen sie eine axiale Verschiebung der Welle. Eine ganze Reihe von mehr oder weniger guten Anordnungen existiert, welche die Entlastung der Welle von diesem Axialschub bewirken sollen. Am gebräuchlichsten und auch wohl am längsten bekannt ist für kleine Hochdruckpumpen die Anordnung, welche Durchbohrungen in der Schaufelradrückwand vorsieht, die einen Teil des Spaltwassers in den Saugraum zurückfließen lassen, so daß der Druck im Raum b verringert wird. Zur Fixierung der Welle in axialer Richtung muß aber noch ein solide ausgeführtes Kamm- oder Kugellager vorgesehen werden. Größere Pumpen erhalten besondere Entlastungsvorrichtungen, die dann

meist aus einer mitrotierenden Scheibe bestehen, gegen welche Druckwasser gepreßt wird. Der Druck des zugeführten Wassers wird häufig automatisch reguliert.

Kreiselpumpen für Wasserversorgungszwecke werden von einer ganzen Reihe von Spezialfirmen in durchaus betriebssicherer Konstruktion und zu verhältnismäßig niedrigen Preisen geliefert.

Fig. 35 zeigt z. B. eine einstufige Kreiselpumpe der Firma A. Borsig, Tegel, welche mit einem Elektromotor direkt gekuppelt ist. Bei dieser Pumpe ist der Saugstutzen horizontal

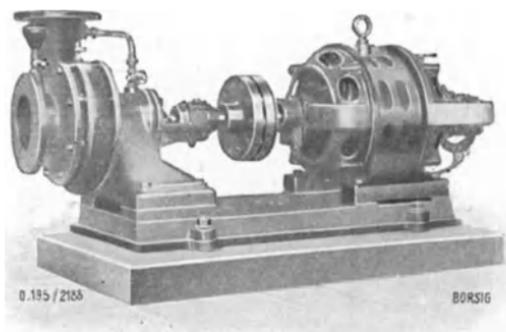


Fig. 35. Elektrisch betriebene Kreiselpumpe.

gerichtet, während der in normalen Fällen senkrecht nach oben stehende Druckstutzen in beliebig andere Richtungen gebracht werden kann.

Zum Antrieb kann für Kreiselpumpen ebenso wie für Kolbenpumpen Riemenübertragung verwendet werden; Fig. 36 zeigt eine Pumpe von Borsig, bei der eine Festscheibe, die zwischen zwei Ringschmierlagern läuft, vorgesehen ist, während bei der Pumpe Fig. 37 Fest- und Losscheibe sowie ein Riemenrücken vorhanden sind. Diese Pumpen werden von A. Borsig auf dem Wege der Massenfabrikation hergestellt, sind innerhalb kürzester Zeit lieferbar und entsprechen allen Anforderungen, die man in bezug auf modernes Aussehen, Betriebssicherheit und lange Lebensdauer an ein solches Fabrikat stellen kann.

Wenn der abgesenkte Saugwasserspiegel so tief liegt, daß die zu ebener Erde aufgestellte Pumpe das Wasser nicht mehr

ansaugen kann, so muß die Pumpe mit dem Motor zusammen im entsprechend großen Brunnenschacht und in passender Höhe über dem abgesenkten Saugwasserspiegel aufgestellt werden. Dabei sind dann für den Elektromotor dieselben Bedingungen

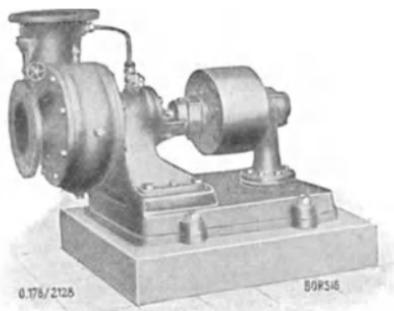


Fig. 36. Kreiselpumpe mit Riemenantrieb (Festscheibe).

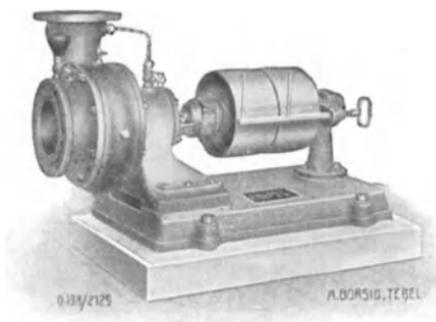


Fig. 37. Kreiselpumpe mit Riemenantrieb (Fest- und Losscheibe).

maßgebend, wie sie bei der elektrisch betriebenen Kolbenpumpe angegeben wurden.

Man kann aber auch die Kreiselpumpe anstatt mit horizontaler mit einer vertikalen Welle ausführen, und zwar, wie eine von Amag-Hilpert ausgeführte und in Fig. 38 wiedergegebene Pumpe zeigt, in der Weise, daß die Lagerung für die Pumpenwelle gleich auf der Pumpe aufgestellt wird. Der Motor kann nun direkt auf die Pumpe gesetzt oder aber, unter Verwendung einer Zwischenwelle, bedeutend über der Pumpe auf Terrainhöhe

montiert werden. Die letzte Anordnung erfordert einen sehr solide gemauerten und mit starken Wänden errichteten Brunnenschacht, dessen Wände sich keinesfalls senken dürfen, da in ihnen die Träger für die Lagerung der Zwischenwelle befestigt werden. Man hat aber dafür die Sicherheit, daß der Motor nicht beschädigt werden kann, falls einmal ein



Fig. 39. Bohrloch-Kreiselpumpe.

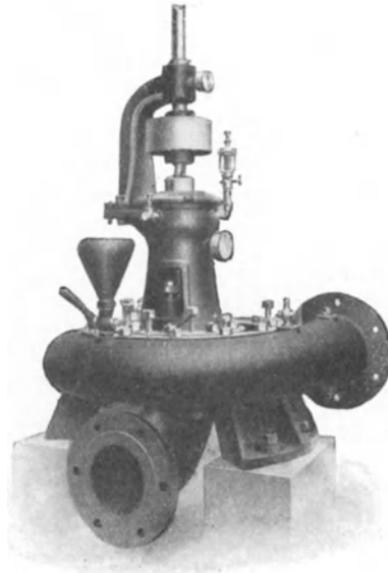


Fig. 38. Vertikale Kreiselpumpe.

Überfluten des Brunnenschachtes stattfinden sollte. Auch braucht der Motor nur als offener Motor mit Feuchtigkeitsschutzisolation vorgesehen werden, während er im anderen Fall als ventiliert- oder tropfwasserdicht-gekapselter Motor ausgeführt werden muß, dessen Preis natürlich höher ist. Der Brunnenschacht muß in beiden Fällen so groß sein, daß man bequem zu der Pumpe gelangen kann.

Wenn man aber vermeiden will, den Brunnenschacht so groß auszuführen — vielleicht weil die Herstellungskosten zu groß werden — so kann man

die Pumpe auch in der in Fig. 39 dargestellten Konstruktion ausführen. Die Firma Beige & Künzli, G. m. b. H., Leipzig Taucha, hat Pumpe und Motor miteinander verbunden, und zwar so, daß die Verbindungsstücke gleichzeitig als Druckrohrleitung benutzt werden. Die Pumpe wird in das Brunnenrohr eingehängt. Die Übertragung der Antriebskraft erfolgt durch eine stählerne Welle, die an den Verbindungsflanschen der Rohrleitung Führungslager erhält. Die Führungslager können mit Pockholz-Lagerbüchsen versehen werden, die

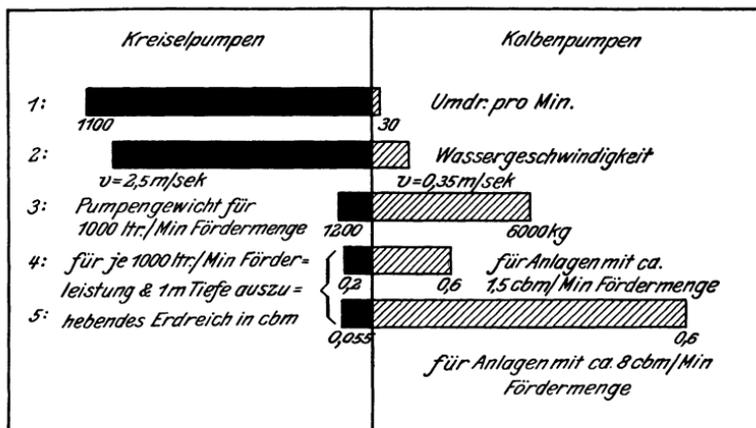


Fig. 40. Vorteile der vertikalen Kreiselpumpen gegenüber Tiefbrunnen-Kolbenpumpen.

durch das Wasser, welches in der Leitung hochsteigt, geschmiert werden. Am oberen Teil, in der Abbildung nicht sichtbar, erhält das Verbindungsrohr einen Anschlußstutzen, an welchen die eigentliche Druckrohrleitung anschließt.

Da der Betrieb einer vertikalen Kreiselpumpe keine nennenswerten Erschütterungen oder Stöße mit sich bringt, so können natürlich die Eisenkonstruktionen bzw. Unterzüge für die Aufnahme des Pumpengewichtes wesentlich leichter gehalten werden als bei der Tiefbrunnen-Kolbenpumpe. Die Firma Gebr. Sulzer, Winterthur, hat in einem Aufsatz in der Z. d. V. D. I., Jahrgang 1913, Seite 321, eine graphische Gegenüberstellung gemacht, die in Fig. 40 wiedergegeben ist, und welche die Vorteile vertikaler Bohrloch-Kreiselpumpen gegenüber Tiefbrunnen-Kolbenpumpen erkennen läßt. Den Daten sind Förderhöhen von 20 bis 30 m

und Pumpen mit 20 bis 30 PS. Kraftbedarf zugrundegelegt. In Vergleich 5 sind auch noch Pumpenanlagen mit größeren Leistungen berücksichtigt. In der ersten Reihe sind die Umlaufzahlen miteinander verglichen, die besonders für die Wahl der Antriebskraft und des eventuell erforderlichen Vorgeleges von Bedeutung sind. Die zweite Reihe vergleicht die Geschwindigkeiten in der Rohrleitung; bei der Kolbenpumpe sind Geschwindigkeiten von 0,35, bei der Kreiselpumpe solche von 2,5 m/sec als zulässig erachtet. Bei der Kreiselpumpe ist demnach das Gewicht der Rohrleitung bedeutend kleiner als bei der Kolbenpumpe. In der dritten Reihe sind die Gewichte

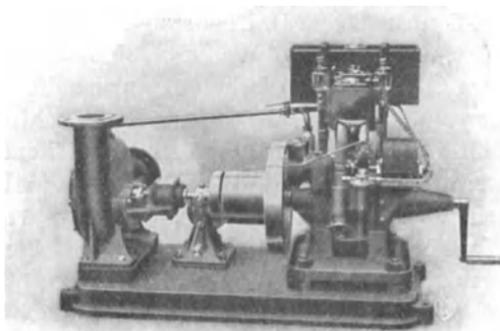


Fig. 41. Kreiselpumpe, mit Explosionsmotor direkt gekuppelt.

der Pumpen einander gegenübergestellt; während dasselbe für eine Kreiselpumpe von bestimmter Leistung rund 1200 kg beträgt, ergibt sich das Gewicht der entsprechenden Kolbenpumpe zu etwa 6000 kg, wobei in beiden Fällen auch die Lager, Rohrleitungen usw. berücksichtigt wurden. Schließlich ist in Reihe 4 und 5 die Menge des für die Pumpen auszuhebenden Erdreiches angegeben. Die Vergleiche lassen die Vorteile zur Genüge erkennen. Es sei aber noch darauf hingewiesen, daß das geförderte Wasser durch Teile von Schmieröl nicht verunreinigt werden kann, da die Lager aus solchem Material hergestellt werden, welches einer Ölschmierung nicht bedarf.

Mit Vorliebe verwendet man für den Antrieb von Kreiselpumpen auch Explosionsmotoren, die dann die Pumpe unter Zwischenschaltung eines Riemenvorgeleges antreiben, häufig aber

auch mit ihr direkt gekuppelt sind. Fig. 41 zeigt ein Fabrikat der Firma Wolf & Struck, Aachen, bei dem Pumpe und Motor auf einer gemeinsamen Grundplatte stehen und durch eine ausrückbare Kupplung miteinander verbunden sind. Die Kupplung ist gleichzeitig als Riemenscheibe ausgebildet, um im Bedarfsfall auch noch andere Maschinen als lediglich die Pumpe betreiben zu können.

Zum Antrieb von Kreiselpumpen können auch Wasserturbinen, und unter diesen besonders die Peltonmotoren, ihrer hohen Tourenzahlen wegen, verwendet werden. Sie setzen allerdings zu ihrem Betrieb das Vorhandensein von Druckwasser voraus. Man könnte also z. B. in einem Ort, der unterhalb einer Talsperre liegt, bequem eine Wasserturbine treiben. Dieselbe wird mit der Kreiselpumpe direkt gekuppelt; die Pumpe saugt reines Wasser an und fördert es an die gewünschte Stelle. Der schon erwähnte Peltonmotor arbeitet mit hohem Nutzeffekt, besonders wenn der Druck des Betriebswassers und die Tourenzahl hoch sind. Bei einem Wasserdruck von 4 atm und bei mittleren Verhältnissen kann mit einem Wirkungsgrad von ca. 70 % gerechnet werden.

Auch Windmotoren lassen sich zum Antrieb von Kreiselpumpen verwenden, während Kreiselpumpenanlagen mit menschlicher oder tierischer Kraft als Antriebsart dem Verfasser nicht bekannt sind. Daß sie nicht verwendet werden, liegt wohl hauptsächlich daran, daß Getriebe, wie sie für die Übersetzung von derartig langsamen in so hohe Umdrehungszahlen in Frage kommen, nur schwer und mit hohen Kosten zu beschaffen sind, und ferner auch daran, daß der Antrieb nicht so gleichmäßig erfolgt, wie es für Kreiselpumpen erwünscht ist.

Die Wirkungsweise und die Vor- und Nachteile von Preßluftpumpenanlagen sind bereits unter dem Kapitel „Die Pumpen“ behandelt worden; es sei aber auch noch darauf hingewiesen, daß man Preßluftpumpen häufig auch für provisorische Anlagen verwendet, und zwar dann, wenn vor der Errichtung eines Wasserwerkes die Grundwasserverhältnisse der betreffenden Gegend, und besonders die Absenkung des Grundwasserspiegels bei der Entnahme eines gewissen Quantum festgestellt werden sollen. Die Lichtweite der einzubringenden Rohre wird lediglich auf Grund der zu fördernden Wassermenge vorgesehen; sie

braucht also nur klein zu sein, so daß nur die Kosten für das Bohren des Brunnens in Frage kommen, die jedenfalls bedeutend geringer sind, als wenn man eine andere Pumpe verwendet und für diese unter Umständen erst noch einen Brunnenschacht mauern müßte.

In Fig. 42 ist noch eine Preßluftpumpenanlage wieder gegeben, bei welcher zum Antrieb des Luftkompressors ein

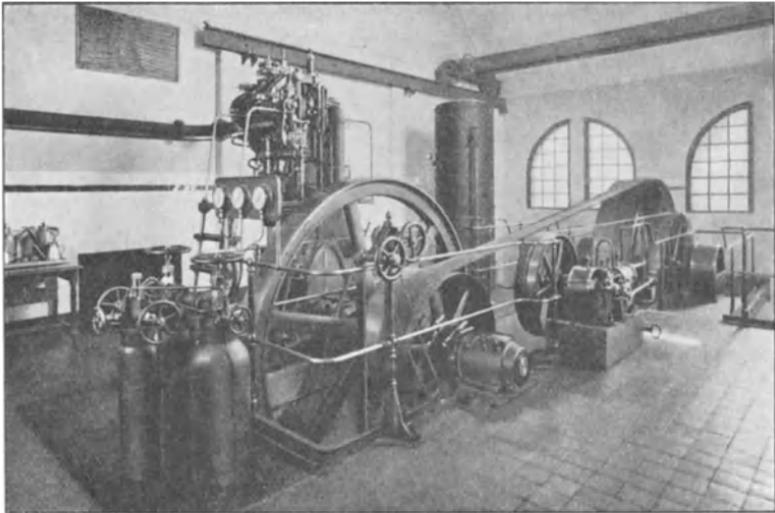
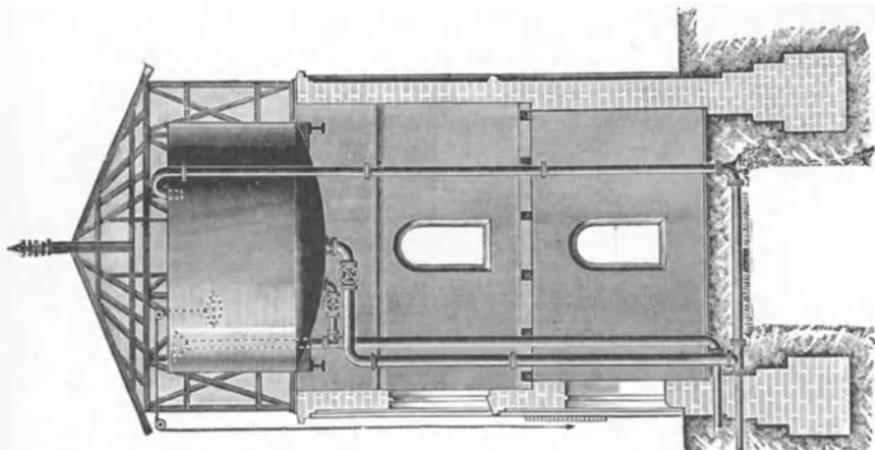


Fig. 42. Preßluftpumpenanlage mit Dieselmotorantrieb.

Dieselmotor der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg vorgesehen ist. Der Dieselmotor treibt den Kompressor durch ein doppeltes Riemenvorlege an. In der vorderen linken Ecke sind die Anlaßgefäße für den Dieselmotor deutlich zu erkennen.

Die bei einer Preßluftpumpenanlage erforderliche große Eintauchtiefe für das Förderrohr läßt sich nach einer, der Firma G. Flaskämper, Krefeld-Bockum, patentrechtlich geschützten Anordnung auch in der Weise umgehen, daß an Stelle des Fußstückes ein Druckgefäß eingebaut wird, dessen Inhalt sich nach der zu fördernden Wassermenge richtet; für 5 cbm/std Fördermenge würde z. B. ein Behälter von 450 mm  $\Phi$  und 1000 mm Höhe in Frage kommen. Es müßte also das Bohrrohr etwas



größer gehalten werden als beim Einbau einer normalen Preßluftpumpe. Außerdem ist eine sog. Luftsteuerung erforderlich, die in die Druckluftleitung eingebaut wird. Durch diese Luftsteuerung in Verbindung mit einem kleinen Schwimmer wird durch eine Kugel abwechselnd die eine oder die andere der beiden Kammern des Druckgefäßes mit Wasser oder Luft gefüllt, wodurch sich oberhalb der Kammer ein Überdruck bildet, der die Pumpe zum Fördern bringt. Wie oft solche Anlagen bereits zur Ausführung gekommen sind und welcher Wirkungsgrad sich beim Betrieb ergibt, ist mir nicht bekannt. Jedenfalls ist aber der Vorteil einer normalen Preßluftpumpe, innerhalb derselben keine

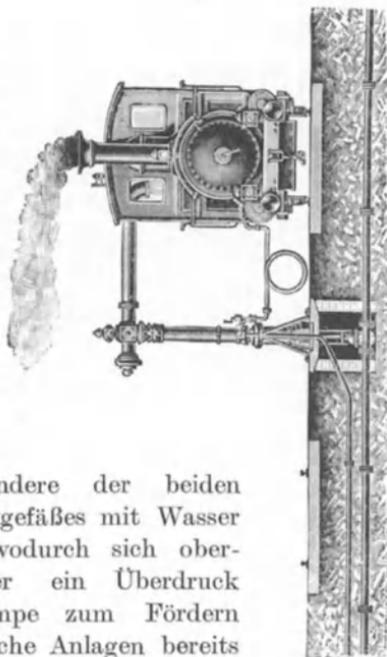
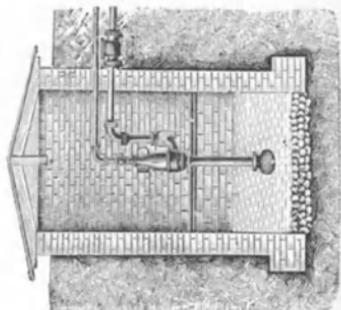


Fig. 43. Pumpenanlage mit Pulsometer.



bewegten Teile zu haben, bei dieser patentierten Abänderung nicht vorhanden.

Bei Wasserversorgungsanlagen für kleine Bahnhöfe, die für die Wasserförderung einen Pulsometer erhalten haben, findet man häufig, daß der Dampf für den Pulsometer einer Lokomotive entnommen wird. In Fig. 43 ist eine von M. Neuhaus & Co., Luckenwalde, ausgeführte Anlage abgebildet. Der Pulsometer fördert durch die Druckleitung mit der Rückschlagklappe R hindurch in den Hochbehälter. In der Druckleitung ist ein Abzweig vorgesehen, damit die Lokomotive unter Umgehung des Hochbehälters Kesselspeisewasser erhalten kann. Von dem Hochbehälter aus verteilt dann die Falleitung das Wasser an die einzelnen Zapfstellen der Bahnstationsanlage. Die Rückschlagklappe R entlastet den Pulsometer beim Stillstand von dem Druck in der Leitung. Derartige Anlagen können ohne weiteres ausgeführt werden, da nach den technischen

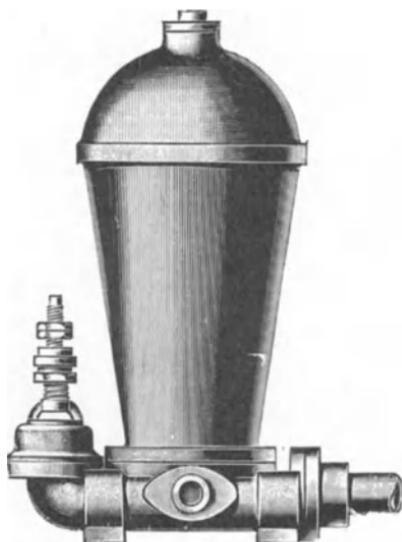


Fig. 44. Hydraulischer Widder.

Vereinbarungen des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen jede Lokomotive einen Stutzen für die Dampfentnahme zwecks Wasserbeschaffung erhalten muß.

Unter günstigen Verhältnissen ist der hydraulische Widder seiner großen Einfachheit wegen zu empfehlen. Da derselbe ungefähr den zehnten Teil der Betriebswassermenge fördert, letztere aber im Maximum nur etwa 200 l/min betragen darf, so ist die größte Leistung eines Widders an gefördertem Wasser etwa 20 l/min. Es können allerdings auch 2 oder 3 Widder nebeneinander hingestellt werden, die dann eben das Zwei- bzw. Dreifache leisten. Das Verhältnis von Triebgefälle zur Förderhöhe ist von wesentlichem Einfluß auf die Abnutzungen der be-



Fig. 45. Dreifache Widderanlage.

wegten Teile und auf das verursachte Geräusch; die Firma H. Breuer & Co., Höchst a. M., die den in Fig. 44 wiedergegebenen Widder hergestellt hat, empfiehlt als günstigstes Verhältnis etwa

1 : 3 bis 1 : 7. Von derselben Firma sind hydraulische Widder mit gutem Erfolg zur Wasserförderung auf Entfernungen bis zu 1000 m und für Steighöhen bis zu 100 m angewendet worden. Fig. 45 zeigt noch eine von H. Breuer & Co. gelieferte Anlage mit 3 Widdern und gemeinsamem Druckwindkessel.

Der Widder ist überall dort zu empfehlen, wo das verbrauchte Triebwasser ohne weiteres abfließen kann und wo eine genügende Menge von Triebwasser zur Verfügung steht, also z. B. an einer Quelle, die ja ohne besondere Betriebskosten Wasser liefert.

Eine besondere Ausführung bilden hydraulische Widder mit selbsttätiger Inbetriebsetzung, die sich von selbst wieder in Gang setzen, wenn der Sammelbehälter für das Triebwasser wieder gefüllt ist, wenn also die Quelle nicht gleichmäßig Wasser für den Widder abgeben kann.

## 5. Automatische Wasserversorgung.

Bei der automatischen Wasserversorgung eines Wohnhauses, einer Villa oder eines landwirtschaftlichen Betriebes usw. handelt es sich darum, die Förderung des Wassers automatisch dem jeweilig auftretenden Wasserkonsum anzupassen, und weiter auch darum, bei der Versorgung mit Wasser von der Aufmerksamkeit einzelner Personen unabhängig zu sein.

Durch das An- und Abstellen der Pumpe von Hand kann unter Umständen bei nicht aufmerksamer Bedienung großer Schaden angerichtet werden. Z. B. kann bei der Förderung in einen Hochbehälter, der im obersten Stockwerk einer Villa steht, durch nicht rechtzeitiges Abstellen der Pumpe infolge Überlaufen von Wasser großer Schaden angerichtet werden, oder es kann der Behälter beim Ausbruch eines Brandes zufällig leer sein, so daß dann zum Löschen Wasser nicht zur Verfügung steht. Die Kosten für die Beschaffung der erforderlichen Apparate sind so niedrig, daß es sich aus den angegebenen und noch verschiedenen anderen Gründen verlohnt, eine automatisch erfolgende Betätigung der Pumpenanlage einzurichten.

In nachstehendem sollen die verschiedenen Systeme, deren man sich für die selbsttätige Wasserversorgung bedient, besprochen werden, und zwar kommt zunächst das wohl am längsten

benutzte und noch am meisten verbreitete in Frage, nämlich die automatische Wasserversorgung unter Verwendung eines Hochbehälters.

Die Pumpe fördert das Wasser in den Hochbehälter, und zwar solange, bis der Wasserspiegel in demselben eine obere Grenze erreicht hat. Wird jetzt der Verbrauchsleitung Wasser entnommen, so sinkt der Wasserspiegel im Behälter. Ist die Wasserentnahme groß, so wird der Wasserspiegel beim Sinken schließlich eine untere Grenze erreichen, bei welcher die Pumpe von selbst wieder anspringt und solange fördert, bis der hohe Wasserspiegel wieder erreicht ist. Es wird also bei dieser Anordnung der schwankende Wasserspiegel nutzbar gemacht für die automatische Schaltung.

Die elektrische Energie, mag sie nun als Gleich- oder Drehstrom zur Verfügung stehen, läßt sich für solche Anlagen stets verwenden. In solcher Weise betriebene Anlagen erfreuen sich infolge ihrer großen Betriebssicherheit, ihres geringen Anspruchs auf Bedienung und nicht zuletzt ihres verhältnismäßig niedrigen Preises wegen großer Beliebtheit. Die Pumpe, ganz gleich, ob es eine Kolben-, Kreisel- oder Kapselpumpe ist, wird mit dem Elektromotor zusammen in passender Höhe über dem abgesenkten Saugwasserspiegel aufgestellt. Sie entnimmt das Wasser mit Hilfe der Saugleitung dem Brunnen und fördert es durch die Druckleitung hindurch in den Hochbehälter. Die manometrische Förderhöhe, welche die Pumpe dabei zu überwinden hat, läßt sich nach den Angaben im Kapitel „Der Arbeitsvorgang beim Pumpen“ berechnen. Die Saugleitung erhält ein Fußventil, damit das einmal angesaugte Wasser nicht wieder ablaufen kann (besonders bei Kreiselpumpen zu beachten). Die Druckleitung erhält eine Rückschlagklappe, durch die das Zurücklaufen von bereits gefördertem Wasser verhindert und die Pumpe von dem in der Druckleitung herrschenden Druck entlastet wird. Über der Rückschlagklappe wird außerdem ein Absperrschieber angeordnet, damit im Bedarfsfall die Pumpe nebst Armaturen von der Druckleitung abgesperrt und eventuell auseinandergebaut werden kann.

Der Hochbehälter kann im obersten Stockwerk eines Gebäudes, wobei auf die Belastung der Gebäudemauern durch das Gewicht des gefüllten Behälters Rücksicht zu nehmen ist, oder auf einem besonderen Turm, dessen unterer Teil dann zweckmäßigerweise als Pumpenraum ausgebaut wird, aufgestellt

werden. Man sieht auch häufig, daß der Hochbehälter an einem Schornstein befestigt wird, also einen ringförmigen Querschnitt hat. Jedenfalls muß der Behälter so hoch angeordnet werden, daß unter dem Einfluß des Druckes, den er durch das Gefälle erzeugt, auch die am höchsten gelegenen Zapfstellen mit Wasser versorgt werden können.

Obwohl nun die Aufstellung eines Hochbehälters eine verhältnismäßig einfache Sache ist, findet man doch sehr oft Hochbehälter, die anscheinend ohne jede Überlegung beschafft wurden. Zunächst muß darauf Rücksicht genommen werden, daß der bereits zusammengenietete Behälter (bei kleinen Abmessungen nur üblich) oder die einzelnen Teile desselben durch die verschiedenen Treppen usw. hindurch an den Aufstellungsort geschafft werden können. Die Unterlage für den Behälter, meist Holzbohlen oder Profileisen, muß so stark bemessen werden, daß ein Durchbiegen des Behälterbodens ausgeschlossen ist. Der Behälter muß durch einen leicht abnehmbaren Deckel verschlossen sein, damit nicht irgendwelche Gegenstände oder Schmutz und Staub hineinfallen können. Damit man dann bei zugedektem Behälter den Wasserstand in demselben feststellen kann, muß außen ein Wasserstandsanzeiger vorhanden sein. Der Behälter sowohl als auch die Zu-, Ab- und Überlaufleitungen müssen gegen Temperatureinflüsse geschützt sein. Die Ablaufleitung muß mindestens den anderthalbfachen, die Überlaufleitung den doppelten Querschnitt der Zulaufleitung haben. Der Behälter soll so groß sein, daß in ihm eine Menge Wasser aufgespeichert werden kann, die dem Tagesverbrauch der betreffenden Anlage entspricht.

Der Tagesverbrauch beträgt nach den Ermittlungen der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung in Berlin für Landgemeinden 50 l pro Einwohner, 50 l für jedes Großvieh und 15 l für jedes Kleinvieh; für Orte mit mehr städtischem Charakter beträgt der tägliche Höchstbedarf pro Einwohner 75 bis 100 l. Dabei muß aber der zu erwartende Zuwachs an Einwohnern besonders berücksichtigt werden.

Nach anderen Angaben („Hütte“) rechnet man für:

Trinken, Kochen, Reinigen usw. pro Tag und Kopf . . . . .	20—30 l,
Wäsche pro Tag und Kopf . . . . .	10—15 l,
ein Wannenbad . . . . .	350 l,

ein Sitzbad . . . . .	30 l,
ein Brausebad . . . . .	20—30 l,
Garten-, Hof- und Bürgersteigbesprengung an einem trockenen Tage für 1 qm besprengte Fläche. . . je	1,5 l,
Tränken und Reinigen ohne Stallreinigung für 1 Pferd oder Großvieh im Tage . . . . .	50 l,
desgl. für ein Schaf oder Kalb . . . . .	8 l,
desgl. für ein Schwein . . . . .	13 l,
Reinigen einer Kutsche oder Droschke . . . . .	200 l.

Die Hochbehälter können aus Eisenblech, Eisenbeton oder Mauerwerk ausgeführt werden. Auch mit verzinnem Kupferblech

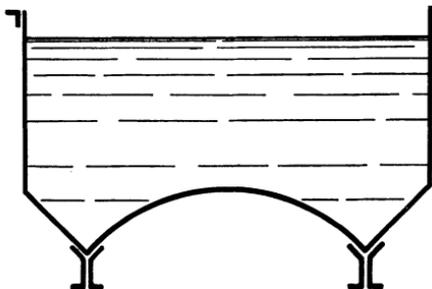


Fig. 46. Querschnitt eines Intze-Behälters.

ausgelegte Holzbehälter findet man. Sie werden mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt und mit ebenem, nach oben gewölbtem oder mit durchhängendem Boden ausgeführt. Für größere Anlagen werden häufig Intze-Behälter nach dem D. R. P. 23 187 und 24 951 ver-

wendet, die als Auflagerung einen Ring haben, welcher einen kleineren Durchmesser hat als der Zylindermantel. Dadurch wird der Auflagerring von Horizontalkräften wesentlich entlastet, weil bei richtiger Neigung der nach außen und innen überstehenden Teile des Bodens die sich ergebenden Horizontal-komponenten einander aufheben; der Intze-Behälter entspricht im Schnitt der Fig. 46.

Die Bewegungen des Wasserspiegels werden, wie in Fig. 47 schematisch angedeutet ist, von einem Schwimmer, der aus einem hohlen Blechgefäß besteht und an einem dünnen Drahtseil von ca. 3 mm Durchmesser hängt, aufgenommen; in den beiden Endstellungen, also beim höchsten und niedrigsten Wasserstand, bewegt der Schwimmer einen sogenannten Anstoßschalter, der meist an der Außenwand des Behälters befestigt wird. Die Führungsrollen für das Drahtseil müssen so eingerichtet sein, daß sie das Herunterfallen des Drahtseiles mit Sicherheit verhindern.

Wenn das in Betracht kommende Elektrizitätswerk dieses zuläßt, so kann der Motor durch den Anstoßschalter direkt eingeschaltet werden. Andernfalls muß noch eine besondere Anlaßvorrichtung vorgesehen werden, die, nachdem sie von dem Anstoßschalter betätigt wurde, den Motor durch Abschalten von Widerständen zum Anlaufen bringt. Diese sämtlichen automatischen Anlaßvorrichtungen werden von den verschiedenen Elektrizitätsfirmen lagermäßig und in sehr solider und betriebssicherer Ausführung hergestellt.

Der Anstoßschalter wird durch Anschläge oder Mitnehmer, die verstellbar am Drahtseil befestigt werden, betätigt und ist mit Momentein- und -ausschaltung versehen; Fig. 48 zeigt die äußere Ansicht eines Anstoßschalters der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin, der zum direkten Einschalten eines Gleichstrommotors bis zu 1 PS. Leistung dient. Die A. E.-G. fertigt ferner für direktes Einschalten von Gleichstrommotoren auch sog. Anlaßschalter an, von welchen in Fig. 49 eine äußere Ansicht wiedergegeben ist. Dieser Apparat wird an der Innenseite des Behälters

befestigt; die Betätigung erfolgt durch einen Schwimmer, der auf einer am Apparat befestigten Schwimmerstange sitzt, wodurch Drahtseil nebst Führungsrollen usw. in Fortfall kommen. Diese Anlaßschalter werden für Motorleistungen von  $\frac{1}{2}$  bis 1 PS. mit einem kleinen Vorschaltwiderstand versehen, der zur

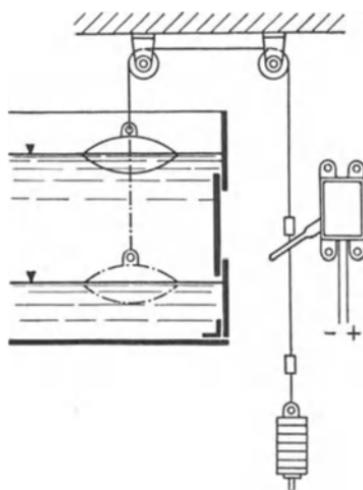


Fig. 47. Schwimmer-Anlaßvorrichtung.

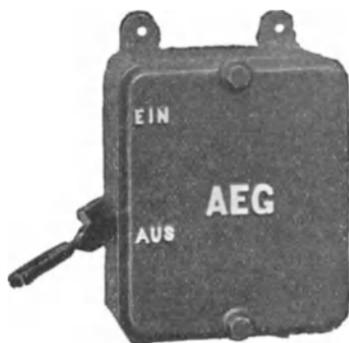


Fig. 48. Anstoßschalter.

Minderung des Stromstoßes beim Einschalten dient. Auch die Anstoßschalter erhalten bei Motorleistungen von 0,25 bis 1 PS. Vorschaltwiderstände. Durch das Vorschalten von Widerständen geht die Tourenzahl des betreffenden Motors um ca. 20 % zurück, was bei der Bestellung desselben zu beachten ist.

Drehstrommotoren mit Kurzschlußanker und 3 PS. Leistung bei 100 bis 500 Volt und 5 PS bei 220 bis 500 Volt

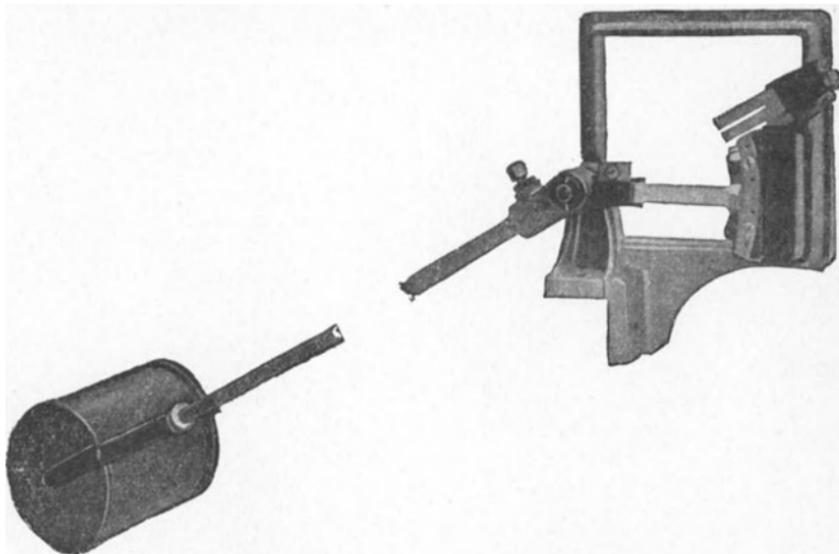


Fig. 49. Anlasser mit Schwimmergestänge.

können ebenfalls, immer vorausgesetzt, daß es das Elektrizitätswerk gestattet, direkt eingeschaltet werden, und zwar durch den von der A. E.-G. hergestellten und in Fig. 50 wiedergegebenen Anlaßschalter. Dieser Schalter ist dreipolig und wird durch den am Drahtseil hängenden Schwimmer betätigt. Bei Leistungen bis zu 0,5 PS. kann wieder durch den schon erwähnten Anstoßschalter direkt geschaltet werden.

Die Siemens-Schuckert Werke, G. m. b. H., Berlin, bauen ebenfalls derartige Apparate und lassen bei Gleichstrommotoren direkte Einschaltung noch bei Leistungen bis zu 4 PS. zu, vorausgesetzt natürlich, daß Vorschaltwiderstände vorgesehen werden, und daß man die Stromstöße beim Einschalten mit in Kauf nehmen kann.

Für das Anlassen von Drehstrommotoren mit Kurzschlußanker, 3 PS. Leistung und nicht höherem als dem halben Drehmoment während des Anlassens verwenden die S.-S. W.

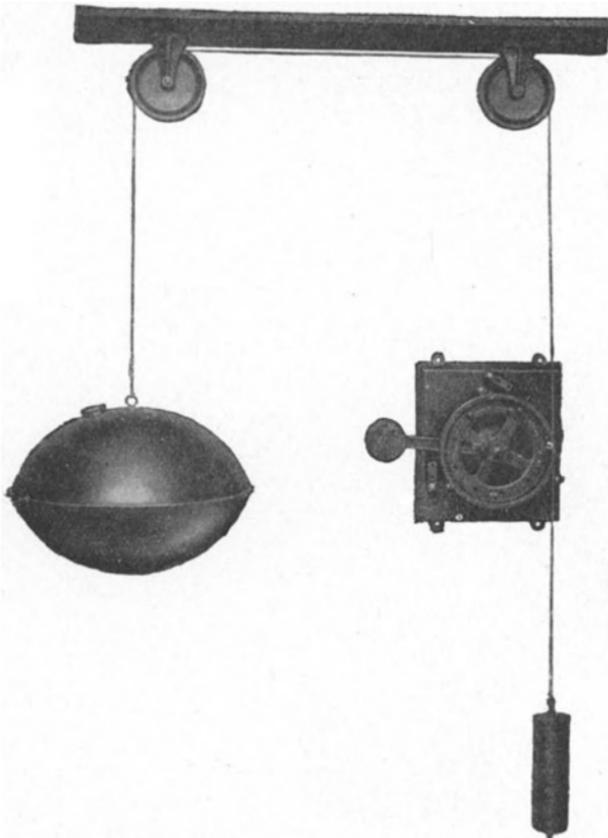


Fig. 50. Schwimmeranlasser für Drehstrommotoren.

ebenfalls direkte Einschaltung unter Benutzung von Vorschaltwiderständen.

Ein Spezialmodell der S.-S. W. für direkte Einschaltung, und zwar sowohl von Drehstromkurzschlußanker- als auch von Gleichstrommotoren zeigt Fig. 51. Das Drahtseil des Schwimmers geht über eine Rolle, die auf der Kontaktwelle sitzt. Durch den sinkenden Schwimmer wird eine Feder gespannt und nach

Vollendung des Hubes bzw. beim Erreichen des untersten Wasserspiegels wieder ausgelöst, worauf dann die Feder die durch ein Laufwerk gehemmte Schaltwalze in langsame Drehung versetzt.

Für Gleichstrommotoren bis 7,5 PS. Leistung verwenden die S.-S. W. außerdem sog. Relaiselstanlasser, bei welchen kleine

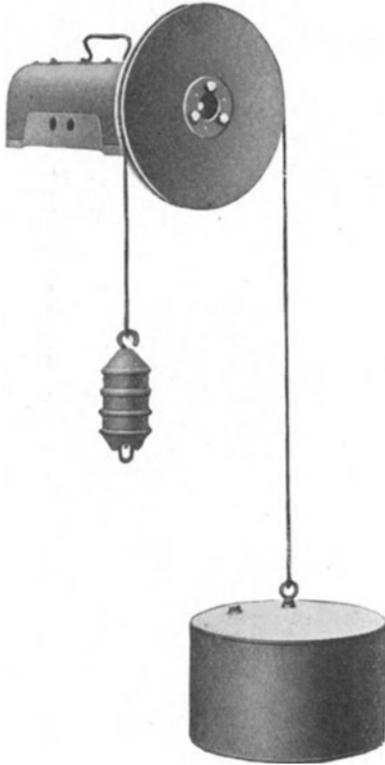


Fig. 51. Schwimmeranlasser mit Schaltwalze.

Magnete die einzelnen Widerstandsstufen des Anlассers nacheinander abschalten. Der Stromstoß beim Einschalten beträgt das 2,5 bis 3 fache des normalen Motorstromes, was für die Verwendung dieser Anlассer als zulässig vorausgesetzt wird. Die Apparate werden durch Schwimmer nebst Anstoßschalter betätigt.

Die A. E.-G. baut für diese Leistungen ihre Variationsanlассer, die sich besonders durch billigen Preis und klare, übersichtliche Schaltung auszeichnen. Der Anlaßvorgang eines Variationsanlассers entspricht dem eines Anlассers mit Kontaktbahn. Der vorgeschaltete Widerstand wird nach und nach selbsttätig verringert und beim Erreichen der vollen Tourenzahl automatisch kurzgeschlossen, so daß die Lei-

stung und die Tourenzahl des Motors nicht wie bei Verwendung eines festen Widerstandes um ca. 20 % verringert werden.

Fig. 52 stellt einen Variationsanlассer für 2 PS. und 220 Volt dar. Jeder einzelne Variator besteht aus einer Eisendrahtspirale, die in eine mit Wasserstoffgas gefüllte Glashülle eingeschlossen ist, wodurch das Rosten der Spirale vermieden wird. Die Glashülle erhält einen Lampensockel und wird mit Normal-Edison-

Gewinde in eine Fassung geschraubt. Die Variatoren entsprechen in ihrer Wirkungsweise den Patenten des Prof. Dr. Kallmann, und es wird hierbei die dem Eisen innewohnende Eigenschaft, bei hohen Temperaturen seinen elektrischen Widerstand besonders stark zu erhöhen, und zwar so, daß es innerhalb gewisser, ziemlich weit auseinanderliegender Grenzen einen praktisch konstanten Strom durchläßt, ausgenutzt. Die Variationsanlasser werden besonders gern bei Anlagen, die häufig ein- und ausschalten, benutzt.

Für Anlagen mit Motoren über 8 PS. Leistung werden von beiden Firmen Selbstanlasser gebaut, bei welchen eine Kontaktbahn mit mehreren Widerstandsstufen vorhanden ist. Der Anlasserhebel wird nach der Betätigung durch den Anstoßschalter mit Hilfe eines kleinen Motors oder eines Magneten, die auf dem Anlasser sitzen, bewegt.

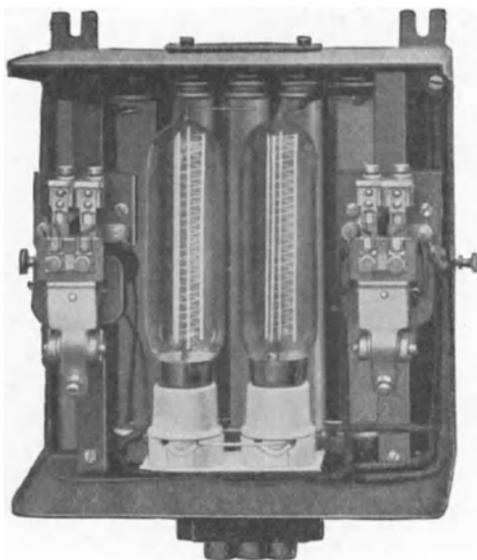


Fig. 52. Variationsanlasser.

Fig. 53 zeigt einen Selbstanlasser der A. E.-G., für Gleichstrom und 30 PS. bestimmt. Für die Bewegung des Kontakthebels ist hier ein Einschaltmagnet vorgesehen, wogegen der in Fig. 54 abgebildete Selbstanlasser, ein Fabrikat der S.-S. W., für Drehstrom bestimmt ist und einen kleinen Hilfsmotor für das Bewegen des Anlasserhebels erhalten hat.

Die Selbstanlasser werden direkt neben der Pumpe oder dem Motor aufgestellt. Die zur Übertragung der Schaltungen des Anstoßschalters auf den Anlasser dienenden elektrischen Verbindungsleitungen werden für geringen Strom bemessen, und zwar für etwa 2 bis 3 Amp. Damit die Pumpe auch unabhängig von dem Wasserstand im Hochbehälter in Betrieb gesetzt werden

kann, empfiehlt es sich, den Anlasser auch mit einer Einrichtung zum Einschalten von Hand vorzusehen.

Neben der elektrischen Energie kann auch die Kraft des Windes für die automatische Wasserversorgung verwendet werden, indem der betr. Windmotor mit einer Vorrichtung, die die Flügel des Motors verstellt und so den Motor an- und abstellt,

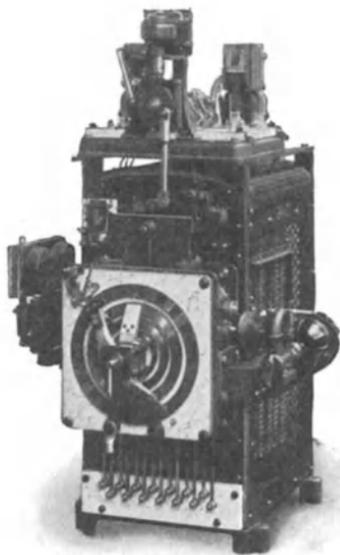


Fig. 53. Selbstanlasser der A. E.-G.      Fig. 54. Selbstanlasser der S.-S. W.

versehen wird. Diese Vorrichtung ist aber sehr teuer, weshalb es sich empfiehlt, am Hochreservoir nur ein Überlaufrohr vorzusehen, welches bei gefülltem Reservoir den Überschuß an gefördertem Wasser beseitigt. Besondere Betriebskosten entstehen ja bei dieser Anordnung nicht, da man den Wind umsonst zur Verfügung hat.

Um an einem Punkte, der sich von dem Hochbehälter in einer gewissen Entfernung befindet, den Wasserspiegel im Hochbehälter und so auch den Gang der Pumpe kontrollieren zu können, empfiehlt sich die Anschaffung eines elektrischen

Wasserstands-Fernmelde-Apparates, der unabhängig von der Pumpenanlage den jeweiligen oder auch nur den höchsten und den niedrigsten Wasserstand im Behälter erkennen läßt. Nach der Konstruktion von Siemens & Halske, A.-G., Berlin Nonnendamm, sind für eine Anlage, die den jeweiligen Wasserstand in Differenzen von 1 cm anzeigen soll, ein Wasserstandsmelder, bestehend aus einer Kontakteinrichtung, Schwimmer, Kette und Gegengewicht, und ein Anzeiger, bestehend aus Zeigerwerk und Zifferblatt, elektrischer Batterie und Batteriewecker, und schließlich einige galvanische Elemente nebst elektrischen Verbindungsleitungen erforderlich. Wenn nur der höchste und der tiefste Wasserstand signalisiert werden sollen, so kommen ein Wasserstandsmelder und ein Wecker, die je eine Fallscheibe haben, und die galvanischen Elemente nebst Verbindungsleitungen in Frage. Die Verbindungsleitungen können auch für einen regelrechten Fernsprechverkehr nutzbar gemacht werden, so daß man sich zwischen der Pumpstation und dem Hochbehälter jederzeit telephonisch verständigen kann.

Von Professor Denner, Nürnberg<sup>1)</sup>, ist ein Wasserstandsfernmelder entworfen worden, der an Stelle der Batterie einen Induktor vorsieht. Durch den steigenden oder fallenden Schwimmer wird ein Gewicht bis zur Kippelage gehoben, welches dann beim raschen Fallen den Induktoranker ruckweise um eine halbe Umdrehung dreht; der hierbei entstehende kräftige Stromstoß wird über eine Leitung zum Empfänger geleitet, dessen Zeiger stets den Stand des Schwimmers und damit die Höhe des Wasserspiegels angibt. Die Apparate sind durch D. R. P. Nr. 206 099 und 218 286 geschützt.

Es kann nun auch der Fall eintreten, daß 2 Behälter gefüllt werden sollen, wovon der eine etwas tiefer liegt als der andere. Hierbei wird dann die automatische Anlaßvorrichtung am höher gelegenen Behälter angebracht, während der 2. Behälter ein Schwimmerventil erhält, das mit der Druckleitung, die zum 1. Behälter führt, verbunden wird. Fig. 55 zeigt ein solches Ventil, das durch einen Schwimmer bewegt wird und automatisch den Behälter bis zu einer eingestellten Grenze füllen läßt. Diese Ventile werden meist mit besonderer Entlastung ausgeführt und

---

<sup>1)</sup> Vgl. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1913, Nr. 18.

so konstruiert, daß der Schluß des Ventils vollkommen sanft und langsam erfolgt, damit Wasserstöße, die die Rohrleitung gefährden können, vermieden werden.

Bei der in neuerer Zeit mehrfach anzutreffenden, automatisch regulierten

Förderung in einen geschlossenen Druckkessel wird der schwankende Druck im Kessel nutzbar gemacht für das selbsttätige Schalten des Motors. Die Pumpe fördert das Wasser in den zu ebener Erde, am besten direkt neben der Pumpe aufgestellten Druckkessel, bis in diesem eine gewisse, vorher genau

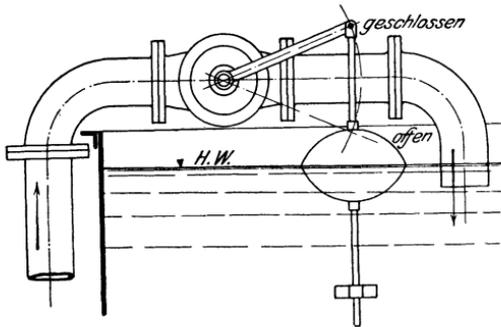


Fig. 55. Schwimmerventil.

eingestellte obere Druckgrenze erreicht ist, und schaltet sich dann automatisch aus. Wird nun der Verbrauchsleitung, die direkt an den Kessel anschließt, Wasser entnommen, so wird das Wasser aus dem Druckkessel infolge des Druckes, den die im Kessel über dem Wasser befindliche Luft auf dasselbe ausübt, in die Verbrauchsleitung und an die betreffende Entnahmestelle gedrückt. Dadurch sinkt die Spannung im Kessel. Bei großer Wasserentnahme erreicht der sinkende Druck schließlich eine untere Grenze, bei welcher der Motor automatisch anläuft und die Pumpe Wasser zu fördern beginnt, und zwar solange, bis die Wasserentnahme aufhört und der Druck im Kessel wieder die obere Grenze erreicht hat.

Die untere Schaltgrenze richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen, und zwar muß unter der Einwirkung des niedrigsten Druckes im Kessel auch die am höchsten gelegene Zapfstelle mit Wasser versorgt werden können. Es ist also erforderlich,

daß man vor der Beschaffung einer solchen Anlage zunächst feststellt, welche größte manometrische Förderhöhe erforderlich ist. Sodann muß zu dieser Förderhöhe noch ein gewisser Zuschlag gemacht werden, damit das Wasser an der am höchsten oder ungünstigsten gelegenen Zapfstelle noch mit genügendem Druck ausläuft. Diese beiden Höhen zusammen würden also die untere Schaltgrenze darstellen. Zu dieser muß dann die Druckdifferenz hinzugerechnet werden, die der betreffende automatische Schalter für seine Betätigung braucht, vorausgesetzt natürlich, daß man nicht aus rein praktischen Gründen, die z. B. in der besseren Ausnutzung des Kesselinhaltes bestehen können und weiter unten behandelt sind, eine größere Druckdifferenz für zweckmäßig hält.

Die Apparate, die dazu bestimmt sind, den Druck im Kessel innerhalb gewisser Grenzen konstant zu halten, können als sogenannte Druckschalter oder als Kontaktmanometer oder als hydraulische Schalterantriebe nach den D. R. P. 238 227 bis 238 229 ausgeführt werden. Für kleine Anlagen werden Druckschalter verwendet,



Fig. 56. Druckschalter mit Kessel.

bei denen eine Membran und ein Kolben, der außerdem noch von einer Spiralfeder beeinflusst wird, die Bewegungen durch den schwankenden Druck im Kessel auf einen Momentschalter übertragen. Die Druckschalter werden von verschiedenen Firmen, z. B. von A. Borsig-Tegel, gleich auf einem kleinen Druckkessel befestigt; in Fig. 56 ist ein Druckkessel nebst Druckschalter, dessen Schutzkappe hochgeklappt ist, wiedergegeben. Der Druckkessel hat einen Inhalt von ca. 50 l, er kann natürlich auch größer vorgesehen werden.

Die Einschaltung kann nun, genau wie bei der automatischen Förderung in einen Hochbehälter, entweder direkt oder unter Verwendung eines Relais-, Variatoren- oder Selbstanlassers er-

folgen. Bei Drehstrom und direkter Einschaltung empfiehlt sich die Verwendung einer Sicherung, die beim Ausbleiben der Spannung in einer der 3 Phasen durchschmilzt.

Die Druckschalter werden von den verschiedenen Firmen für verschiedene Druckdifferenzen hergestellt. Die A. E.-G. z. B. baut eine Normaltype für 1,5 atm und eine zweite Type für 0,5 atm Differenz. Die Druckgrenzen selbst können mit Hilfe von Einstellschrauben den örtlichen Verhältnissen angepaßt werden; jedoch ist besonders bei Kreiselpumpen darauf zu achten, daß die Pumpe möglichst gleich von vornherein für die endgültigen Verhältnisse vorgesehen wird, damit der Wirkungsgrad der Anlage ein möglichst hoher ist.



Fig. 57. Kontaktmanometer.

Das Kontaktmanometer, in Fig. 57 als Fabrikat der S.-S. W. wiedergegeben, wird meist nur für größere Anlagen verwendet und arbeitet in Verbindung mit einem Zwischenrelais. Die Druckgrenzen bzw. die Kontaktstellen sind auf dem Zifferblatt durch einen besonderen Schlüssel einstellbar eingerichtet; als kleinste Druckdifferenz kann etwa 0,1 atm angenommen werden. Zum Anlassen selbst werden wiederum die bei dem Hochbehälter erwähnten Anlaßapparate verwendet.

Die patentierten hydraulisch bewegten Schalterantriebe werden von der Fa. Heinrich Scheven, Düsseldorf, gebaut und bezwecken eine einfache und übersichtliche Einstellbarkeit des Schalterantriebes. Sie bestehen im wesentlichen aus einem Zylinder, der die durch den wechselnden Wasserdruck hervorgerufenen Auf- und Abwärtsbewegungen durch Gestänge und Hebel auf einen Momentschalter überträgt.

Bei kleineren Anlagen, die zur Versorgung eines einzelnen Hauses dienen, sieht man häufig neben der Hauptpumpe noch eine kleine Handpumpe vor, die in normalen Fällen als Reservepumpe dient, wenn die Stromlieferung aus irgendeinem Grunde unterbrochen ist oder die Pumpe nicht fördern kann. Die Handpumpe wird zweckmäßigerweise als kombinierte Hand-Luft-Wasserpumpe ausgeführt, damit mit derselben auch die Luft im Druckkessel, die mit der Zeit vom Wasser aufgenommen wird, ergänzt werden kann. Bei größeren Anlagen wird für das Ergänzen der Luft eine elektrisch oder sonstwie mechanisch be-

triebene Luftpumpe aufgestellt. Auch die von Böckel & Co., Mannheim, hergestellten hydraulischen Luftpumpen „Patent Scholl“ können für die Belüftung verwendet werden. Dieselben arbeiten automatisch durch das bereits geförderte, unter Druck stehende Wasser.

Damit man bei größeren Anlagen eine Reserve hat, wird häufig noch eine zweite Pumpe für die Wasserversorgung aufgestellt. Durch einen Umschalter kann man den einen oder den anderen Elektromotor an den Druckschalter und den Selbstanlasser anschließen.

Unter dem Namen Delphinpumpwerk werden Anlagen gebaut, die in folgender Weise arbeiten: Eine für den normalen Verbrauch ausreichende Pumpe wird durch den schwankenden Druck im Kessel automatisch ein- und ausgeschaltet. Ist nun zu gewissen Tageszeiten der Wasserkonsum so groß, daß ihn diese Pumpe nicht mehr bewältigen kann, so wird die untere Einschaltgrenze von der Pumpe nicht mehr eingehalten werden können und der Druck im Kessel wird, trotzdem die Pumpe dauernd arbeitet, um einige m W.-S. unter den Einschaltedruck sinken. Hierbei schaltet sich nun, unabhängig von der Anlaßvorrichtung der ersten Pumpe und wiederum vollkommen automatisch, eine zweite Pumpe ein, die dann mit der ersten zusammen die Wasserversorgung übernimmt, bis der Bedarf nachläßt und der Kessel wieder bis zur oberen Grenze gefüllt ist, wo sich dann beide Pumpen automatisch stillsetzen. Daß die Gesamtanlage auch so unterteilt werden kann, daß für die Deckung des Wasserkonsums zu den Zeiten, wo er sein Maximum erreicht, also etwa um 6 Uhr nachmittags, 3 oder noch mehr Pumpen arbeiten, und daß auch die Leistung der einzelnen Pumpen verschieden sein kann, dürfte ohne weiteres klar sein. Im letzteren Falle würde man die automatischen Schalter so einstellen, daß sie die Pumpe mit der kleinsten Leistung zuerst anlassen, worauf die Pumpen mit der größeren Leistung folgen. Jedenfalls besitzen die Delphinpumpwerke auch eine Reserve in sich, und zwar insofern, daß die 2. Pumpe ohne weiteres an die Stelle der ersten tritt, wenn letztere aus irgendeinem Grunde nicht anspringen sollte.

Kreiselpumpen eignen sich für diese Art der automatischen Wasserversorgung ganz besonders gut, und zwar weil sie neben den schon erwähnten Gründen hinsichtlich der geringen Wartung,

geringen Abnutzung usw., auch dem schwankenden Bedarf dadurch entgegenkommen, daß sie bei niedrigem Druck im Kessel mehr Wasser fördern und bei ansteigendem Druck in der Wasserförderung zurückgehen. In Fig. 58 ist die Leistungskurve einer Kreiselpumpe wiedergegeben, die bei der größten Förderhöhe, welche der oberen Schaltgrenze, und zwar 50 m W.-S. entspricht,

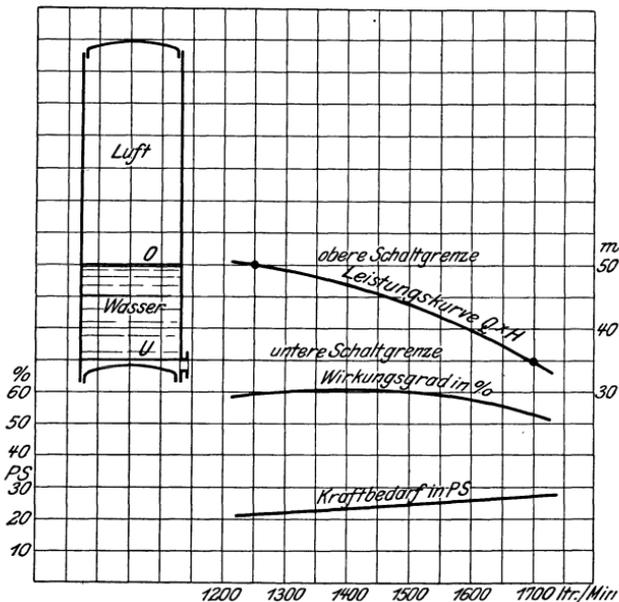


Fig. 58. Charakteristik einer Kreiselpumpe bei Druckkesselschaltung.

ca. 1250 l/Min. und bei der unteren Schaltgrenze, nämlich 35 m, 1700 l/Min. fördert. Der zugehörige Druckkessel ist mit 10 cbm Inhalt vorgesehen. Nach dem Mariotteschen Gesetz verhalten sich nun bei gleichbleibenden Temperaturen die Rauminhalte umgekehrt wie die Drücke. Bezeichnet man mit

$p_1$  die untere Schaltgrenze in atm,

$v_1$  das zugehörige Luftvolumen im Kessel in cbm, ferner mit

$p_2$  den Ausschaltedruck und mit

$v_2$  das entsprechende Luftvolumen,

so gilt:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{p_2}{p_1}$$

Wenn also entsprechend obigem Diagramm für  $p_1 = 3,5$  atm, für  $p_2 = 5$  atm und für  $v = 10$  cbm gesetzt wird, so ergibt sich das zum Ausschaltedruck gehörige Luftvolumen zu

$$v_2 = \frac{v_1 \cdot p_1}{p_2} = \frac{10 \cdot 3,5}{5} = 7 \text{ cbm.}$$

Es können also dem Druckkessel  $v_1 - v_2 = 10 - 7 = 3$  cbm Wasser entnommen werden, ehe die Pumpe wieder anläuft. Wenn eine größere Druckdifferenz zulässig ist, was sich natürlich nur auf Grund der örtlichen Verhältnisse sagen läßt, meistens aber kaum erwünscht ist, so ist, wie aus vorstehendem Beispiel leicht zu erkennen sein dürfte, auch die dem Kessel während des Stillstandes der Pumpe zu entnehmende Wassermenge größer. Diese Menge kann man natürlich auch dadurch vergrößern, daß man den Druckkessel entsprechend größer vorsieht oder an Stelle eines zwei oder noch mehr Kessel beschafft, die in den Abmessungen den eventuell vorhandenen Räumlichkeiten angepaßt werden können. Bei zwei Kesseln hat man gleichzeitig noch den Vorteil, daß der eine oder der andere zum Zweck der Reinigung abgesperrt werden kann, und daß die Anlage während dieser Zeit ungestört weiter arbeiten kann.

Wie oben angedeutet, kommt nur ein gewisser Teil des gesamten Kesselinhaltes für die Deckung des schwankenden Konsums in Betracht, so daß man ziemlich große Kessel verwenden muß, wenn man vermeiden will, daß die Pumpen zu häufig ein- und ausschalten, was der Lebensdauer der automatischen Schaltapparate nicht gerade dienlich ist. Durch die Beschaffung großer oder mehrerer Kessel wird aber der Anschaffungspreis der Anlage sehr verteuert. Man kann dieses umgehen, indem man die Leistungen und die Zahl der Pumpen möglichst genau dem Konsum anpaßt, so daß die gerade in Betrieb befindlichen Aggregate möglichst lange Zeit hintereinander laufen; Voraussetzung ist hierfür, daß der zu den verschiedenen Tages- und Nachtzeiten auftretende Bedarf ganz genau ermittelt und für die Bestimmung der Leistungen der einzelnen Pumpen benutzt wurde. Sodann ist zu berücksichtigen, daß nach alter Erfahrung der maximal im Tage auftretende Konsum ungefähr das 1,7 bis 2fache des mittleren ist, daß es also keineswegs so einfach ist, die Anzahl Pumpen und ihre Leistung festzulegen.

Tatsächlich werden auch hiergegen sehr oft Fehler gemacht, die sich dann nach einer gewissen Betriebszeit durch Abnutzung der einzelnen Teile, schlechten Wirkungsgrad und häufiges Versagen der Anlage zeigen.



Fig. 59. Hauswasserversorgungsanlage.

Weiter ist auch darauf zu achten, daß die Schöpfbrunnen imstande sind, eine stark wechselnde Wasserentnahme zu ertragen und zur Zeit des größten Bedarfs die erforderliche Menge Wasser herzugeben. Auch die eventuell erforderlichen EnteisungsfILTER, für die man am besten geschlossene Kessel verwendet, müssen für die maximal auftretende Wassermenge ausreichen.

Jedenfalls sind die Delphinpumpwerke überall dort zu empfehlen, wo eine genügend große Brunnenanlage mit niedrigen

Kosten gebaut werden kann und das stromliefernde Elektrizitätswerk imstande ist, eine innerhalb gewisser Grenzen ziemlich stark schwankende Stromentnahme zu ertragen. Auch die Betriebssicherheit ist, besonders wenn man mehrere Pumpen aufstellt, derjenigen einer

Hochbehälteranlage durchaus gleichzusetzen. Für ganz kleine Anlagen kommen die Punkte mit unter Umständen ungünstigem Einfluß nicht in Betracht, so daß für solche die Verwendung eines geschlossenen Druckkessels an Stelle eines Hochbehälters stets vorzuziehen ist.

Selbstverständlich können für große Anlagen auch Kolben- und, wenn kleine Förderhöhen vorhanden sind, auch Rotationspumpen verwendet werden, wobei dann die Ausführungen hinsichtlich Unterteilungen usw. sinngemäße Anwendung finden.

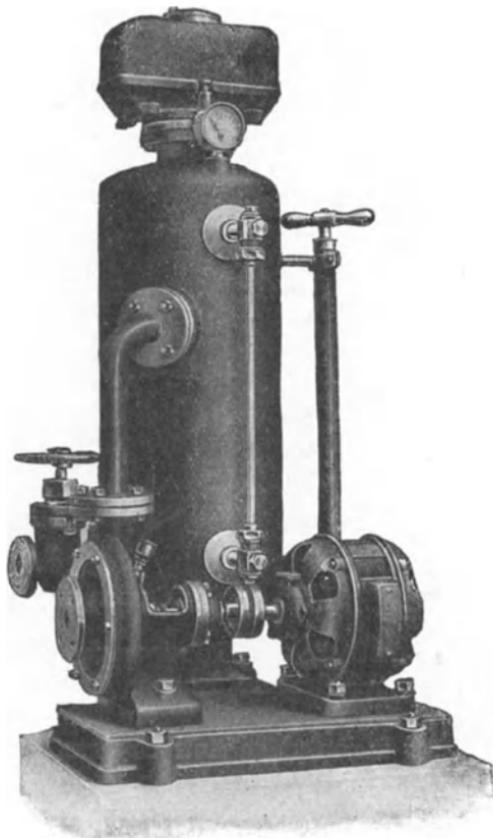


Fig. 60. Hauswasserpumpe.

In Fig. 59 ist eine kleine Hauswasserversorgungsanlage der Firma A. Borsig, Tegel, wiedergegeben, die erkennen läßt, in wie vorzüglicher Weise eine Pumpenanlage den örtlichen Verhältnissen angepaßt werden kann. Borsig verwendet für diese Zwecke eine Spezialtype einer 2 bzw. 4stufigen Kreiselpumpe, bei welcher die Schaufelräder direkt auf die entsprechend verlängerte Motorwelle gesetzt werden. Pumpe und Motor stehen auf einer gemeinsamen Grundplatte.

Die Firma Amag-Hilpert, Nürnberg, baut für Hauswasseranlagen und für Leistungen bis zu 30 l/min und 30 m Förderhöhe einstufige Kreiselpumpen unter der Bezeichnung Patent-Hauswasserpumpe Evolvette, deren Grundplatte so eingerichtet ist, daß sie neben der Pumpe und dem Motor auch noch den Druckkessel und eine kleine Handluftpumpe, welche zum Ergänzen der Luft im Kessel dient, aufnehmen kann. In Fig. 60 ist ein komplettes Aggregat wiedergegeben, welches sich besonders durch äußerst einfache Montage und durch niedrigen Preis auszeichnet.

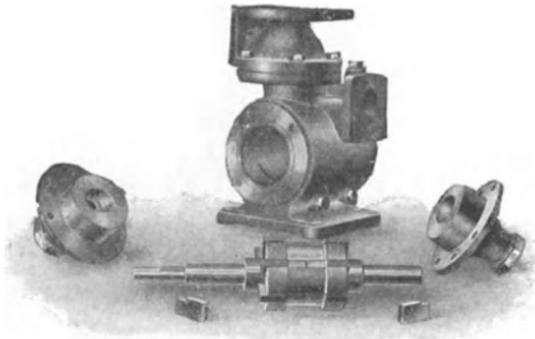


Fig. 61. Auseinandergenommene Ragpumpe.

An Stelle von Kreiselpumpen verwendet die Firma Universal-Rundlauf-Maschine, G. m. b. H., Berlin SW 61, ihre Ragpumpen, die nicht durch rotierende Schaufelräder, sondern mit Hilfe eines umlaufenden Kolbens ihren Druck erzeugen. Der Kolben ist mit Schlitzern versehen, in welchen sich Schieber hin- und herbewegen. Die Schieber werden durch die auf den Deckeln befindlichen Kurvenscheiben geführt; Fig. 61 zeigt eine Pumpe im auseinandergenommenen Zustand und läßt den Kolben mit den Schiebern usw. deutlich erkennen. Bei sandhaltigem Wasser muß für diese Pumpe ein Sandkasten mit Filtern vorgesehen werden; das Sandfilter kann jederzeit durch Öffnen eines Hahnes gereinigt werden, ohne daß deshalb die Saugleitung oder die Pumpe auseinanderggebaut werden muß. Der Strompreis beträgt nach den Angaben obiger Firma bei einer Pumpe von ca. 1,5 cbm/std-Leistung und bei einem Einheitspreis von 16 Pfennig für die Kilowattstunde ca. 4,8 Pfennig für 1 cbm gehobenes Wasser.

Für große Anlagen verbindet die Firma H. Hammelrath & Co. in Köln-Müngersdorf, die sich ebenfalls mit der Herstellung automatisch wirkender Wasserversorgungsanlagen befaßt, die Wasserpumpe mit einer Einrichtung, die dazu bestimmt ist, ständig die Luft im Druckkessel zu ergänzen und vor allem auch zu erneuern. Die Firma sieht es als einen Übelstand an, wenn die Luft im Kessel stagniert und verbindet deshalb eine kleine Luftpumpe zwangsläufig mit der Wasserpumpe. Diese Einrichtung ist der Firma Hammelrath & Co. patentrechtlich geschützt und kann m. E. auch besonders für solche Anlagen verwendet werden, wo das Wasser vor dem Gebrauch enteisenet werden muß, eine gute Durchlüftung des Wassers also erforderlich ist.

Wenn nun der Saugwasserspiegel so tief liegt, daß die Saughöhe für eine zu ebener Erde aufgestellte Pumpe zu groß wird, so muß man die Pumpe eben entsprechend tiefer im Brunnenschacht aufstellen oder auch eine Tiefbrunnengestängepumpe oder eine vertikale Kreiselpumpe vorsehen. Jedenfalls ist die Wirkungsweise der automatischen Schaltapparate genau die gleiche, als wenn die Pumpe zu ebener Erde aufgestellt ist.

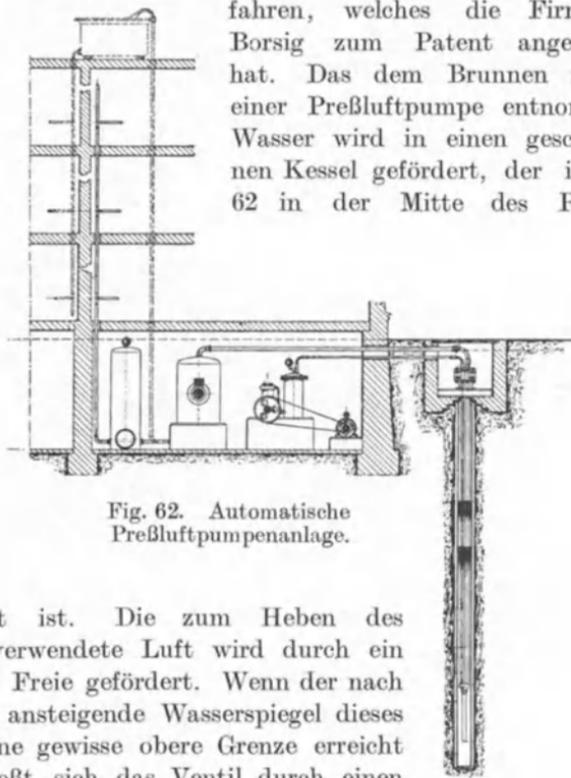
Explosionsmotoren können nur schwer verwendet werden, da es meines Wissens eine automatische Anlaßvorrichtung für diese noch nicht gibt. Man kann sie aber in der Weise nutzbar machen, indem man die Wasserstände eines Hochbehälters oder die Druckgrenzen eines geschlossenen Kessels durch Läutesignale nach außen hin markiert und dadurch eine geeignete Person zum Anlassen bzw. Stillsetzen des Pumpenaggregates veranlassen.

Windmotoren, die man, wie schon erwähnt, ebenfalls mit selbsttätiger An- und Abstellung versehen kann, bringen bei automatisch regulierter Förderung in einen geschlossenen Druckkessel keine Vorteile.

Man kann aber bei ganz kleinen Anlagen auch Handpumpen verwenden, mit welchen zu bestimmten Tageszeiten oder auch je nach Bedarf Wasser in den genügend großen Druckkessel gepumpt wird, welches nach und nach verbraucht wird, bis der Kessel von neuem aufgefüllt werden muß. Vorteile dürfte diese Anordnung natürlich nur dort haben, wo irgendeine motorische

Kraft nicht zur Verfügung steht, und wo man vermeiden will, daß die betreffende Person, welche Wasser braucht, erst in den Hof zum Brunnen laufen muß.

Aber auch Preßluftpumpen können für automatische Betätigung eingerichtet werden, und zwar nach einem neuen Ver-



fahren, welches die Firma A. Borsig zum Patent angemeldet hat. Das dem Brunnen mittels einer Preßluftpumpe entnommene Wasser wird in einen geschlossenen Kessel gefördert, der in Fig. 62 in der Mitte des Raumes

Fig. 62. Automatische Preßluftpumpenanlage.

angeordnet ist. Die zum Heben des Wassers verwendete Luft wird durch ein Ventil ins Freie gefördert. Wenn der nach und nach ansteigende Wasserspiegel dieses Kessels eine gewisse obere Grenze erreicht hat, schließt sich das Ventil durch einen

Schwimmer. Die vom Kompressor gepumpte Luft kann nun nicht mehr aus dem Kessel entweichen und wird nach und nach so weit komprimiert, daß das im Kessel befindliche Wasser hinausgedrückt wird. Beim Erreichen der unteren Wasserspiegelgrenze öffnet der oben erwähnte Schwimmer wieder das Ventil, die im Kessel enthaltene Luft kann wieder entweichen, und das Spiel wiederholt sich von neuem. Zweckmäßigerweise wird während der Füllung des Kessels noch ein Wasservorrat geschaffen durch Aufstellung eines Hochreservoirs.

Die Preßluftpumpe selbst fördert so lange, bis die Luftzuführung durch Stillsetzen des Luftkompressors unterbrochen wird. Für den Antrieb des Kompressors kann jede beliebige Energiequelle benutzt werden.

Schließlich kann man eine automatische Wasserversorgung auch noch in folgender Weise schaffen: Die einzelnen Zapfhähne werden als elektrische Kontakte ausgebildet, die bei jeder Wasserentnahme den Strom schließen und auf einen Anlasser wirken, der den Motor mit der Pumpe selbsttätig anlaufen läßt. Diese Anordnung kann man natürlich keineswegs als betriebssicher ansprechen, da, wenn einmal eine Kontaktstelle defekt ist, der Motor nicht anläuft. Sie läßt sich überhaupt auch nur für ganz kleine Anlagen verwenden und hat auch keine lange Lebensdauer, da der Motor wegen jeder, auch der kleinsten Wasserentnahme anlaufen muß. Zu empfehlen ist diese Einrichtung jedenfalls nicht; sie sollte lediglich der Vollständigkeit halber angeführt werden.

## 6. Enteisung.

Das Wasser unterliegt nach seinem atmosphärischen Niederschlag, während es das Erdreich durchdringt, mannigfachen Veränderungen, indem es das im Erdreich enthaltene Eisen und verschiedene Salze aufnimmt. Es macht sich also häufig eine Reinigung des Wassers notwendig, die in den meisten Fällen auf die Beseitigung des Eisens hinausläuft. So wenig man nun das Eisen als Metall heute entbehren könnte, im Wasser ist es jedenfalls eine Plage für jeden, der viel Wasser verbraucht und unbedingt gutes Wasser verwenden muß. Gesundheitsschädlich ist das Vorhandensein von Eisen im Wasser nicht, aber recht lästig. Verschlammungen und Verstopfungen der Rohrleitung und dadurch bedingte größere Druckverluste beim Hindurchfließen durch die Leitung, ferner trübes und schmutziges Aussehen sind noch nicht die schlimmsten Folgen. Das Wasser erhält durch das Eisen einen schlechten Geschmack, der vom Genuß abschreckt. Mit eisenhaltigem Wasser behandelte Leinenwäsche nimmt einen gelblichen Ton an usw.

Viele Vorschläge und Angaben von Mitteln und Verfahren zur Beseitigung des Eisens existieren; welches von diesen nun in

einem speziellen Fall besonders geeignet ist, hängt einerseits von den Anforderungen ab, welche man mit Rücksicht auf bestimmte technische Zwecke an das Wasser stellen muß, und zweitens von der chemischen Beschaffenheit des betreffenden Wassers. Es wird also stets erforderlich sein, daß man sich auf Grund einer genauen chemischen Untersuchung darüber klar wird, welche Art der Enteisenung zu dem gewünschten Ziele führt. Besonders wichtig ist es, festzustellen, in welcher Form das Eisen im Wasser enthalten ist, z. B. als Oxydul, Sulfat oder Karbonat, ferner, ob sich das Eisen bei Zuführung von Luft leicht oder schwer ausscheidet. Bei gewissen Arten ist die Ausscheidung des Eisens nur möglich durch Anwendung chemischer Mittel, z. B. Aluminiumsulfat. In den meisten Fällen kommt es darauf an, daß das Wasser in ausgiebigster Weise mit der Luft in Berührung kommt, damit die löslichen Eisensalze durch den Sauerstoff der Luft oxydiert werden.

Für die Ausfällung des oxydierten Eisens hat man geschlossene Enteisenungsapparate gebaut, bei welchen das Wasser mit einer bestimmten Geschwindigkeit durch die Filtermasse hindurchgedrückt wird. Das Wasser fließt gewöhnlich von oben nach unten durch den geschlossenen Kessel, der mit Koksstückchen, Eisenerz, Blutbuchenholzwohle oder ähnlichem angefüllt ist, wobei sich das Eisen als gelbbrauner flockiger Schlamm ausscheidet und namentlich im oberen Teil des Filters haften bleibt. Unten tritt dann das Wasser gereinigt aus und steigt direkt zum Hochbehälter. Die Reinigung der Filtermasse erfolgt durch sogenannte Rückspülung, und zwar läßt man einen Teil des bereits geförderten Wassers durch entsprechendes Umschalten der Absperrschieber rückwärts durch das Filter fließen, wobei die ausgeschiedenen Unreinigkeiten mitgerissen und in Form von schmutzigrotem Wasser in den Ablaufkanal gefördert werden. Diese Form der Enteisenung erleichtert den Betrieb wesentlich und nimmt bei weitem nicht soviel Platz ein als diejenige mit offenen Enteisenungsapparaten, deren Verwendung besonders bei automatischem Betrieb umständlich ist. Die geschlossenen Enteisenungsapparate werden z. B. gebaut von Hans Reisert, G. m. b. H., Köln-Braunsfeld und Halvor Breda, G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg.

Nach den heutigen Anschauungen ist die Verwendung von Grundwasser zweckmäßiger als die Benutzung von Quellwasser,

weil letzteres leichter versiegen kann. Dabei ist im allgemeinen zu beachten, daß Trinkwasser klar, geruchlos und ohne Beigeschmack, ferner frei von Eisenverbindungen, Schwefelalkalien, salpetriger Säure, Ammoniak und Phosphorsäure sein soll. In 1 cem Wasser dürfen nicht mehr als höchstens 200 Bakterienkeime und namentlich nicht vielerlei Arten enthalten sein; man kann andernfalls annehmen, daß das Wasser Zufluß aus organischen Zersetzungsherden erhält.

Wenn das Wasser einen gewissen Prozentsatz Kalk oder Magnesia oder beides enthält, so nennt man es hartes Wasser; dieses gibt zu Kesselsteinbildung und Kalkniederschlägen Veranlassung. Neuerdings ist für die Enthärtung von Wasser das Permutitverfahren nutzbar gemacht worden, welches mit besonderen Modifikationen auch für die Enteisung verwendet werden kann. Die Apparate werden von der Permutit-Aktiengesellschaft, Berlin, hergestellt; als Filtermasse wird ein perlmuttartig glänzendes, lavaähnliches Material verwendet, welches den Vorteil besitzt, nach längerem Gebrauch durch Übergießen mit einer bestimmten Salzlösung wieder von neuem gebrauchsfähig zu sein.

Gewisse Beimengungen im Wasser können nun aber auch die Ursache zu Cholera- und Typhusepidemien werden, und man hat gerade auf Grund der in den letzten Jahren im Auslande an verschiedenen Orten aufgetretenen Massenerkrankungen feststellen können, daß das Wasser in den weitaus meisten Fällen der Verbreiter der gesundheitsschädlichen Infektionskeime war. Es hat sich gezeigt, daß die Filtration allein nicht immer genügt, um auch alle Bakterien aus dem Wasser beseitigen zu können. Durch Versuche, die von verschiedenen staatlichen Instituten, z. B. dem Kais. Reichsgesundheitsamt in Berlin, gemacht wurden, wurde aber bestätigt, daß das Ozon eine unbedingt zuverlässige, sterilisierende Wirkung auf die Bakterien des Wassers ausübt. Diese Tatsache ist nun von der Firma Ozongesellschaft, G. m. b. H., Berlin, zu einem Sterilisationsverfahren verwendet worden, und zwar beruht dasselbe darauf, daß nicht einwandfreies Wasser mit Ozonluft, die in besonderen Apparaten erzeugt wird, in innige Vermischung gebracht wird; eine nur wenige Minuten währende Einwirkung genügt, um die im Wasser enthaltenen Mikroorganismen zu vernichten.

## 7. Wassermessung.

Bei der Wassermessung kann es sich einmal darum handeln, festzustellen, ob die Pumpenanlage die bei der Auftragserteilung festgelegten Leistungen ergibt, oder auch darum, zu ermitteln, welches Gesamtquantum von der Anlage pro Tag gefördert wird; bei kleinen Gemeindeanlagen kommt schließlich auch noch die Feststellung des von den einzelnen Abnehmern verbrauchten Quantums in Frage, damit dieselben zur Bezahlung des von ihnen entnommenen Wassers herangezogen werden können.

Für den ersten Fall wird bei kleineren Leistungen die Messung meist in der Weise vorgenommen, daß man die Pumpe während eines bestimmten Zeitintervalles in ein genau ausgemessenes Gefäß oder auch in den Hochbehälter selbst fördern läßt, sofern letzterer genau meßbare, geometrische Formen besitzt. Bei größeren Leistungen werden von fast allen Firmen die von Gebr. Sulzer, Winterthur, schon vor langer Zeit in Vorschlag gebrachten Normal-Überfallwehre verwendet. Diese Meßapparate sind billig und leicht herzustellen und bieten Gewähr hinreichender Genauigkeit. Die Firma Sulzer stellt Normalzeichnungen dieser Wehre zur Verfügung und schlägt vor, nur 3 verschiedene Wehre mit ganz bestimmten Abmessungen zu verwenden. Das kleinste ist für ein Meßbereich von 2—5 cbm/min bestimmt. Die Kanalbreite  $b$  ist für dieses Wehr mit 500 mm festgelegt,  $h$  ist in nachstehender Formel die Höhe des rechteckigen Wasserstrahles, während  $t$  die Höhe der Meßschneide über dem Boden des Wehres bedeutet. Die jeweils durchfließende Wassermenge  $Q$  wird nach einer von Freese angegebenen Formel berechnet zu

$$Q = 60 (0,41 \cdot h + 0,0014) b \sqrt{2 g h} \left[ 1 + 0,55 \left( \frac{h}{h + t} \right)^2 \right],$$

wobei  $g$  die Fallbeschleunigung = 9,81 ist. Die Firma Sulzer gibt in der Normalzeichnung auch die Abmessungen der Überfallschneide und die Führung der Beruhigungssiebe an, wobei selbstverständlich dem Hersteller in konstruktiver Ausführung volle Freiheit gelassen ist behufs bester Anpassung an das jeweils an Ort und Stelle verfügbare Material. Die Verwendung dieser Meßgerinne ist für das Ruhrkohlenrevier vom Essener Kesselrevisionsverein offiziell anerkannt und deren Verwendung für

die Feststellung der garantierten Pumpenleistung schon vor längerer Zeit in einem Aufsatz in der Zeitschrift „Glückauf“ empfohlen worden.

Für die fortlaufende Feststellung oder Registrierung der von der Pumpenanlage pro Zeiteinheit geförderten Wassermenge und auch für die Ermittlung des von dem einzelnen Abnehmer

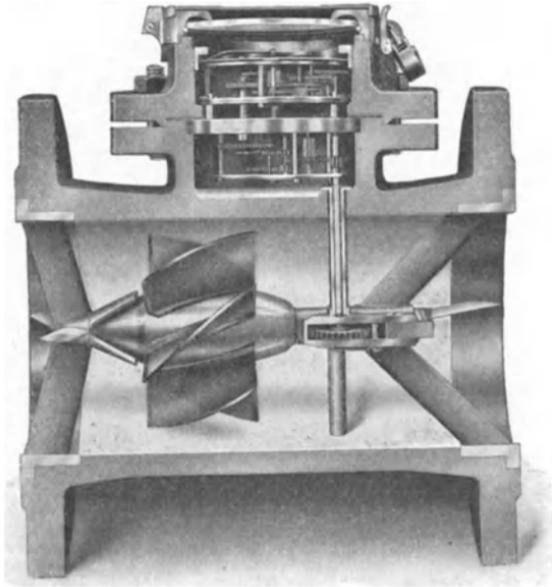


Fig. 63. Woltmann-Wassermesser.

verbrauchten Quantums dienen verschiedenartige Wassermesser, unter welchen die nach dem System der Venturiröhre und des Woltmannflügels wohl am gebräuchlichsten sind. Der Venturimeter wird als ein sich konisch verengendes und in gleicher Form wieder erweiterndes Rohr ausgeführt. Die vor und hinter der engsten Zusammenschnürung des Rohres auftretenden, verschiedenen hydrodynamischen Drücke sind, wenn die Reibungswiderstände vernachlässigt werden, direkt abhängig von den verschiedenen Wassergeschwindigkeiten. Die Venturimeter werden von Siemens & Halske, A.-G., Berlin, Nonnendamm, fertig zusammengesetzt geliefert und erhalten einen Leistungsanzeiger,

auf welchem ohne weiteres die bei den entsprechenden Druckunterschieden durch den Apparat strömende Wassermenge in cbm/std abgelesen werden kann. Siemens & Halske sowohl als auch die Firma A.-G., vorm. H. Meinecke, Breslau-Carlowitz, und noch andere Firmen bauen aber auch die schon erwähnten Woltmannwassermesser, bei welchen der längst bekannte, für Messungen der Wassergeschwindigkeiten in Flüssen usw. verwendete Flügel nach Woltmann verwendet wird. Das System beruht auf der Messung der Geschwindigkeit. Das durch den Messer hindurchfließende Wasser dreht ein mit schraubenförmiger Palette (siehe Fig. 63) versehenes Flügelrad, welches zur Erzielung größter Leichtigkeit aus Zelluloid angefertigt wird. Durch zweckmäßige Dimensionierung des als Hohlkörper ausgeführten zylindrischen Teils schwimmt das Flügelrad im Wasser. Die Zapfenreibung kann vernachlässigt werden, da durch die konische Fortführung des vorderen Lagerkörpers eine vollkommene Entlastung des hinteren Spurlagers von axialem Lagerdruck erreicht wird.

Die Schraubenflügel sind nun so dimensioniert, daß sie die mittlere Geschwindigkeit der Wasserfäden messen. Da die Flügel eine genaue Schraubenform erhalten, so ist bei einer Umdrehung des Flügels, entsprechend den Verhältnissen der Schraubenfläche, der Weg, den die Wasserfäden während der Zeit der einen Umdrehung zurückgelegt haben, gleich der Steighöhe der Schraube. Aus einer Veröffentlichung im Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, Jahrgang 1900, ergibt sich nach Versuchen ferner, daß auch die Durchflußmenge direkt proportional der Umdrehungszahl des Flügels ist. Die Umdrehungen der Flügelradwelle auf das Zähl- und Zeigerwerk werden durch eine Welle und kleine Zahnräder vermittelt, welche vollständig eingekapselt und so vor Beschädigungen und Verschmutzen geschützt sind. Die Messer zeigen von der Empfindlichkeitsgrenze an mit einer Genauigkeit von  $\pm 2\%$  Toleranz. Der Einbau kann sowohl in horizontale als auch in vertikale Rohrstränge erfolgen. Es wird nur zur Bedingung gemacht, daß vor dem Messer eine gerade Rohrstrecke von 1 m und hinter demselben eine solche von 0,5 m Länge vorhanden ist, welche Bedingung aber im Notfall auch durch den Einbau sogenannter Wasserstrahlregler umgangen werden kann. Woltmannmesser werden schon für Rohre von 50 mm Lichtweite ausgeführt.

Die Wassermesser können auch mit elektrischen Fernregistrierapparaten ausgestattet werden, damit man an entfernt liegenden Punkten jederzeit die durchfließende Wassermenge und die Tätigkeit der Pumpe und des Messers kontrollieren kann.

Neben den erwähnten Wassermessern werden auch Scheiben- und Kolbenwassermesser verwendet, die hauptsächlich des niedrigen Preises wegen in den letzten Jahren größere Verbreitung gefunden haben. Jedoch ist der Woltmannmesser überall dort am Platze, wo es darauf ankommt, den Druckverlust, der beim Einbau in eine Rohrleitung entsteht, möglichst klein zu halten. Der Druckverlust eines Woltmannmessers von 100 mm l. W. und 100 cbm/std Leistung beträgt nach den Angaben von H. Meinecke, Breslau, etwa 0,4 m W.-S., während derselbe unter gleichen Verhältnissen beim Flügelradmesser etwa 10 m W.-S. ausmacht, also 25mal so groß ist. Man kann natürlich den Druckverlust eines Flügelradmessers durch Verwendung eines solchen mit größerer Lichtweite herabmindern; für obige Verhältnisse müßte man, um ebenfalls nur etwa 0,4 m Druckverlust zu haben, ein Messer von 250 mm l. W. verwenden, dessen Preis aber denjenigen eines Woltmannmessers von 100 mm l. W. ganz erheblich übersteigt.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß der Wasserverbrauch, wenn er nicht durch Wassermesser gemessen wird, auf das Zweifache und noch höher steigt, so daß es sich meist empfiehlt, für die einzelnen Abnehmer Wassermesser vorzusehen.

## 8. Rohrleitung.

Als Material für die Rohrleitungen, welche der Zuführung des Wassers von der Pumpe bis zu den Verbrauchsstellen dienen, wird Gußeisen, Schmiedeeisen und Blei verwendet. Bei der Anordnung der Rohrleitung muß unterschieden werden zwischen der Wasserversorgung eines beschränkten Gebietes, also z. B. einer Villa, und derjenigen eines größeren Gebietes, also einer Gemeinde, eines landwirtschaftlichen Betriebes oder einer Fabrik. Im ersten Fall geht vom Druckkessel oder Hochreservoir eine Hauptdruck- bzw. Fallrohrleitung ab, die in die eigentlichen Zulaufleitungen mit Zapfstellen ausläuft. Im zweiten Fall führen

eine oder mehrere Hauptdruckrohrleitungen an bestimmte Verteilungsstellen des zu versorgenden Gebietes. Die Verteilungsleitung wird meist nach dem Ringleitungssystem ausgeführt. Dieses ist dem sog. Verästelungssystem entschieden vorzuziehen, da bei ersterem Unzuträglichkeiten, die im Falle des Bruches oder Undichtwerden einer Leitung auftreten, durch entsprechende Umschaltung und Außerbetriebsetzen der defekten Leitung leichter vermieden werden können; bei der Verlegung der Leitung ist demnach für eine genügende Zahl von Absperrschiebern an den geeigneten Stellen Sorge zu tragen. Auch die Hausleitungen, welche das Wasser an die Zapfstellen führen, müssen von der Haupt- oder Verteilungsleitung besonders abzusperrbar sein; sie werden meist aus Blei angefertigt.

Die Rohrleitungen müssen frostsicher verlegt werden. Die im Erdreich befindlichen Leitungen müssen also mindestens 1 m hohe Erddeckung haben, während die Steigeleitungen im Haus durch Umwicklung mit schlechten Wärmeleitern isoliert werden. Die Leitungen im Erdreich müssen außerdem so tief liegen, daß durch Erschütterungen, die beim Fahren usw. auftreten, eine Beschädigung der Rohre oder der Dichtungsstellen nicht erfolgen kann. Bei langen Leitungen ist eventuell auf Längenänderungen durch den Einfluß von Wärme Rücksicht zu nehmen. Auch ist durch selbsttätige Entlüftungsapparate, wie sie z. B. von Bopp & Reuther, Mannheim-Waldhof, gebaut werden, dafür Sorge zu tragen, daß in der Leitung sich etwa ansammelnde Luft aus derselben entfernt wird.

Bei kleinen Hauswasserversorgungsanlagen werden als Zapfhähne zweckmäßigerweise Selbstschlußhähne vorgesehen, die sich beim Loslassen von selbst schließen. Es wird dadurch vermieden, daß die Pumpe infolge eines aus Unachtsamkeit nicht vollkommen geschlossenen Hahnes dauernd anspringen muß. Die lichte Weite der Zulaufleitung zu diesen Hähnen wird mit etwa  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{5}{8}$ " zu einer Badeeinrichtung mit  $\frac{3}{4}$ " vorgesehen. Die Steigeleitung im Hause erhält, wenn nicht mehr als etwa 15 Zapfhähne an dieselbe anschließen, 1 bis  $1\frac{1}{2}$ " l. W. Die entsprechenden Abflußleitungen sind stets ungefähr mit dem doppelten Querschnitt vorzusehen.

Die gußeisernen Rohre sind vor dem Verlegen mit einem Schutzanstrich gegen Rostbildung zu versehen. Die gereinigten

Rohre werden zu dem Zweck auf etwa 100 bis 150° C erwärmt und in heißen Asphalt oder Teer eingetaucht, wobei aber an Muffenrohren das Muffeninnere und das in die Muffe einzusetzende andere Rohrende und an Flanschenrohren die Dichtungsleisten blank bleiben müssen.

Als Dichtungsmaterial wird bei Flanschenrohren Gummi, eventuell mit Einlage, Pappe, die mit Mennige bestrichen ist, oder auch gewalztes Blei verwendet. Für Muffenrohre wird ein mit Teer getränkter Hanfstrick benutzt, der außerdem noch mit Blei vergossen und verstemmt wird. Schmiedeeiserne Gasrohre werden entweder durch Flanschen oder durch Feingewinde miteinander verbunden; im letzteren Fall werden die Gewindeenden mit dickflüssiger Mennige bestrichen, mit einigen Hanffäden umwickelt und zusammengeschraubt.

Schließlich ist bei der Verlegung der Rohrleitung auch darauf zu achten, daß dieselbe nach der Pumpe zu gleichmäßig ansteigt und keine scharfen Krümmungen, sondern schlanke Bogen enthält.

## 9. Armaturen.

Zu den Armaturen in der Rohrleitung gehören:

**1. Saugkorb mit Fußventil.** Der Saugkorb wird meist mit dem Fußventil zusammengebaut und dient zum Fernhalten von Fremdkörpern, die eine Beschädigung oder Verstopfung des Pumpeninnern oder der Rohrleitung herbeiführen können. Das Fußventil verhindert das einmal in der Saugleitung und in der Pumpe befindliche Wasser am Zurücklaufen; es ist besonders bei Kreiselumpen, die nicht von selbst ansaugen können, unentbehrlich.

Der Saugkorb mit dem Fußventil muß etwa 400 mm unter dem niedrigsten Saugwasserspiegel bleiben, damit nicht durch Wirbelbildung Luft in die Saugleitung eintreten kann. Andererseits darf aber der Saugkorb auch nicht auf dem Boden des Brunnens aufsitzen, sondern muß sich etwa 200 bis 300 mm darüber befinden, damit das Ansaugen von Sand usw. vermieden wird.

Der Saugkorb wird aus einem gußeisernen Rohr mit entsprechenden Schlitzten und Boden oder auch in einfachster Weise

als Einlaufseihcr, bestehend aus einem Blechmantel mit Boden und einer genügend großen Zahl von runden Löchern, hergestellt.

**2. Rückschlagklappe.** Dieselbe wird direkt auf den Druckstutzen der Pumpe gesetzt und dient einmal dazu, Wasser, welches sich bereits in der Druckleitung befindet, am Zurücklaufen in den Brunnen zu verhindern, sodann aber auch dazu, die Pumpe und besonders die Stopfbüchse derselben während des Stillstandes der Pumpe von dem Druck der in der Druckleitung befindlichen Wassersäule zu entlasten. Man kann die Rückschlagklappe mit einer Umlaufvorrichtung versehen und die Pumpe im Bedarfsfall durch Öffnen dieses Umlaufes von der Druckleitung aus anfüllen, vorausgesetzt natürlich, daß sich in der Druckleitung bereits Wasser befindet, und daß Pumpe und Saugleitung aus irgendeinem Grunde leer gelaufen sind.

Die Baulänge der Rückschlagklappen wird bis zu etwa 100 mm l. W. gleich dem l.  $\Phi$  in mm plus 200 mm gemacht. Bei größeren Lichtweiten wird die Baulänge größer; sie beträgt bei 150 mm l. W. ca. 410 mm.

**3. Regulier- und Absperrschieber.** Derselbe wird auf die Rückschlagklappe gesetzt, damit man im Bedarfsfall eventuell auch die Rückschlagklappe auseinanderbauen kann. Besonders bei Kreiselpumpen ist er von großer Wichtigkeit, da man mit demselben die Wassermenge und auch die Förderhöhe der Pumpe den örtlichen Verhältnissen entsprechend regulieren kann.

Die Baulänge der Schieber wird meist gleich der Lichtweite in mm plus 200 mm gemacht; für Drucke bis zu 5 atm werden von den verschiedenen Armaturenfabriken auch Schieber mit flachem Gehäuse geliefert, die wesentlich kürzere Baulänge haben, z. B. bei 90 mm l. W. nur ca. 185 mm.

**4. Vakuum- und Manometer.** Diese dienen zum Feststellen der jeweiligen manometrischen Saug- und Druckhöhe. Sie lassen ohne weiteres erkennen, ob der Saugwasserspiegel unzulässig tief abgesenkt ist oder ob die Druckhöhe, vielleicht infolge von Ablagerungen in der Druckleitung, im Laufe der Zeit zunimmt. Bei Kreiselpumpen dienen sie hauptsächlich auch dazu, festzustellen, ob nicht durch irgendeinen Umstand die manometrische Förderhöhe kleiner ist, als wie sie für die Pumpe vorgesehen wurde, da dann nach den Ausführungen weiter oben die Förder-

menge und der Kraftbedarf der Pumpe schnell zunehmen und der antreibende Motor eventuell überlastet werden kann. Das Zeigerblatt kann nach „Meter Wassersäule“ wie auch nach „Atmosphären“ eingeteilt sein; gebräuchlicher ist für Pumpenanlagen die Einteilung nach „m W.-S.“. Da das Vakuum- und das Manometer meist auf verschiedenen Höhen angeordnet werden, so muß bei der Berechnung der gesamten Förderhöhe auch der Höhenunterschied beider Apparate zu der angezeigten Höhe hinzugezählt werden.

---