

oder geölt werden. Fett und Öl brennen sich fest! Man zieht ihn vorsichtig aus der Führung, reinigt und glättet ihn. Er wird sauber abgerieben und trocken in die Führung geschoben, wobei darauf zu achten ist, daß er in die Bohrung des Ventiltellers eintaucht. Ist die Ventilschraube beschädigt, so ist sie durch eine andere gleicher Länge zu ersetzen. Die Schraube muß an der Berührungsstelle mit dem Bimetallstreifen kugelig geformt und glatt sein, damit sie leicht auf der Bimetallfeder gleitet.

3.74 Dichtheit des Gasventils

Nach etwa fünf Minuten Betrieb des Backofens schließt man den Gashahn und wartet etwa zwei Minuten. Nun öffnet man den Hahn wieder. Am Brenner darf keine entzündbare Gasmenge ausströmen. Schließt das Gasventil nicht dicht, so ist zu prüfen ob sich die Ventilschraube leicht bewegen läßt. Notfalls ist sie wie zuvor erwähnt zu reinigen. Ist der Ventilsitz und der Teller frei von Schmutz? Zum Reinigen dürfen keine harten Gegenstände benutzt werden.

Ist die Dichtscheibe am Ventilteller einwandfrei? Sie kann gegen eine Originalscheibe ausgetauscht werden.

Zeigt der Ventilsitz keine Beschädigungen?

Sitzt die Schließfeder an der richtigen Stelle? Kann sie sich nicht zwischen Ventilteller und Sitz klemmen?

4. Ersatzteile

Züandsicherungen sind Sicherheitseinrichtungen, die Schäden verhindern. Ihr Aufbau und die Einzelteile sind einfach. In ihren Maßen und Werkstoffen aber sind sie sehr genau abgestimmt. Da von einer Sicherheitseinrichtung an Gasgeräten sehr viel ab-

hängt, ist bei der Wartung mit Sorgfalt vorzugehen. Nur Originalersatzteile sind zu verwenden. Kein Provisorium ist zulässig!

Die Hersteller der Herde haben alles was zur Wartung nötig ist auf Lager. Bei der Bestellung von Ersatzteilen ist die Herdtype, die Fabrikations-Nummer und der Brenner, an dem die Züandsicherung angebaut ist sowie die Gasart anzugeben.

5. Schlußwort

Die vorliegende Abhandlung kann nicht für sich in Anspruch nehmen, das Thema Züandsicherungen am Haushalterd erschöpfend behandelt zu haben. Es wurde versucht, von den gebräuchlichsten Züandsicherungen das wesentlichste über Aufbau, Wirkungsweise, Einbau und Wartung wiederzugeben.

Deutlich zeigt sich, daß der Einbau von Züandsicherungen nur an neuen Gasherden vom Hersteller vorgenommen werden kann. Ein nachträglicher Einbau von Züandsicherungen an Haushaltsgasherden, z. B. durch den Installateur, ist, wie die Ausführungen zeigen, nicht möglich. Dem Installateur bleibt die Aufgabe, den Gasherd anzuschließen, einzustellen und zu warten. Mag die Züandsicherung am Herd noch manchem ungewohnt sein, so wird sie ihm nach einer gewissen Zeit, wie beim Gaswasserheizer, vertraut werden. Dazwischen liegt aber die entscheidende Übergangsfrist, die von jedem, dem Hersteller des Herdes und der Züandsicherung sowie vom Installateur den Willen zur Einarbeitung und Mitarbeit verlangt.

Der vorliegende Text soll dazu eine Möglichkeit geben.

Werkbilder: Abb. 16 bis 22: Firma Junkers & Co., GmbH.

Die Pumpen- und Rohrnetzcharakteristiken von Pumpenheizungen unter veränderlichen Betriebsbedingungen des Systems

Obering. Walter Stamminger

Der folgenden Betrachtung sei es vorbehalten die betrieblichen Zusammenhänge zwischen Umwälzpumpe einerseits und Rohrleitungssystem andererseits in ihren funktionsmäßigen Beziehungen zueinander zu untersuchen.

Die Aufgabenstellung ist daher im grundsätzlichen zweiteilig insofern, daß für ein betriebliches Zusammenwirken der Betriebscharakter der Pumpe als auch der des Rohrleitungsnetzes gefunden werden muß.

1. Das Rohrleitungsnetz

Die für ein Rohrleitungsnetz (Kurzbezeichnung „Rohrnetz“) maßgebenden Einflußgrößen sind Fördermenge (Heizwasser) und Förderhöhe (Druckhöhe) bzw. auch Widerstandshöhe. Förderhöhe und Fördermenge stehen zueinander in einer bestimmten Beziehung; die mathematische Ausdrucksweise ist

$$C = V^2 : hp = \text{konstant (unverändert)} \quad (1)$$

Es bezeichnen:

V = Volumenstrom (Fördermenge) in m³/h

hp = Druckhöhe in m WS

C = Kennzahl des Rohrnetzes

Wird die Gleichung (1) umgestellt, ergeben sich zwei weitere Beziehungen, und zwar

$$V = \sqrt{C \cdot hp} \quad (2)$$

$$hp = V^2 : C \quad (3)$$

Diese grundsätzlichen mathematischen Festlegungen genügen, um die Betriebscharakteristik eines Rohrnetzes für Pumpenheizungen zu bestimmen.

Auf die praktische Nutzenanwendung wird noch eingegangen.

Die Konstruktionsform eines Rohrnetzes wird bestimmt durch die örtliche Lage der Wärmeverbraucher. Danach bestimmt sich die Verlegungsart von Haupt- und Nebenleitungen einschließ-

lich der üblichen Verästelungen. Grundsätzlich wäre zu unterscheiden in:

1.1 Hauptrohrnetzleitungen mit hintereinander liegenden Teilstrecken,

1.2 Neben- und Verästelungsleitungen mit der Unterscheidung

a) einfache Abzweigungen (Abb. 1)

b) zweifache Abzweigungen (Abb. 2)

Nach diesen Festlegungen ist das Rohrnetz einer Pumpenheizung als ein Gebilde von aneinander gereihten Rohrleitungs-Teilstrecken erkennbar.

Der Wasserrumlauf in einem Rohrnetz verursacht einen Druckhöhenverlust, den die Umwälzpumpe des Systems aufzubringen hat. Die Definierung des Druckhöhenverlustes bzw. der Widerstandshöhe ist

$$hw = \sum (l \cdot R + Z) \quad (4)$$

Es bezeichnen

hw = Widerstandshöhe im Rohrnetz in m WS

\sum = Summe

l = Länge der Rohrnetzstrecke in m

R = Druckgefälle in mm WS/m

Z = Einzelwiderstände in mm WS

Soll zwischen der Druckhöhe (Pumpendruck) und der Widerstandshöhe des Rohrnetzes Gleichgewicht herrschen, muß die Druckhöhe hp der Pumpe gleich der Widerstandshöhe hw des Rohrnetzes sein.

$$hp = hw \quad (5)$$

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, eine angemessene Druckhöhenreserve vorzusehen. In Ergänzung zu Gl. (5) ergibt sich:

$$hp \geq hw \quad (6)$$

d. h., daß die Druckhöhe der Umwälzpumpe mindestens gleich oder größer sein soll, als die Widerstandshöhe des Rohrnetzes.

2. Die Rohrleitungs-Kennlinie

Unter der Bezeichnung Rohrnetz-Kennlinie kommt ihr dieselbe Bedeutung zu.

Die mathematische Definition ist bereits durch die Gl. (1) festgelegt. Die Kennzahl C als Rechengröße hat nur für ein festgelegtes Rohrleitungsnetz Gültigkeit, solange keine Eingriffe, also Veränderungen (z. B. Schließen oder Öffnen von Absperr-

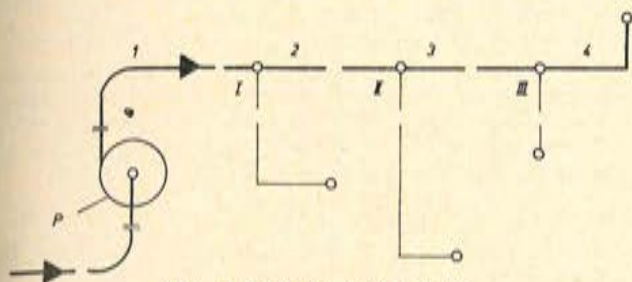


Abb. 1: Einfache Abzweigung

organen, Anschluß einer Erweiterungsleitung usw.) erfolgen. Jeder Eingriff in ein bestehendes Rohrnetz verändert die Kennzahl C der Rohrnetz-Kennlinie. Sie muß dann jeweils von neuem für die geänderten Verhältnisse bestimmt werden. Die Kennzahl C ist also ein Maßstab für die Beziehungen zwischen Volumenstrom V und Druckhöhe h_p . Die Zusammenhänge zwischen Volumenstrom und Druckhöhe lassen sich sehr anschaulich zeichnerisch festlegen. Hierzu ist ein Koordinatensystem notwendig, das die Beziehungen zwischen V und h_p in der Gestalt einer Parabelkurve wiedergibt. Die zeichnerische Darstellung verläuft in einer Parabel, deren Scheitel im Nullpunkt liegt. An einem Zahlenbeispiel wird die Parabelkurve zeichnerisch dargestellt.

Zunächst sind jedoch noch einige grundsätzliche Erörterungen von Bedeutung. Diese betreffen die Beziehungen zwischen

- Volumenstrom V und Wassergeschwindigkeit v ;
- Volumenstrom V und Widerstandshöhe h_w ;
- Druckhöhe h_p und Wassergeschwindigkeit v .

Zu a)

Eine beliebige Rohrleitung eines Heizwasserstromkreises habe den Rohrdurchmesser d und den Querschnitt F .

Ist die Wassergeschwindigkeit v in m/s festgelegt, fließt durch diese Rohrleitung vom Querschnitt F in m^2 der Volumenstrom V in m^3/h nach der Beziehung

$$V = F \cdot v \cdot 3600 \quad \text{in } m^3/h \quad (7)$$

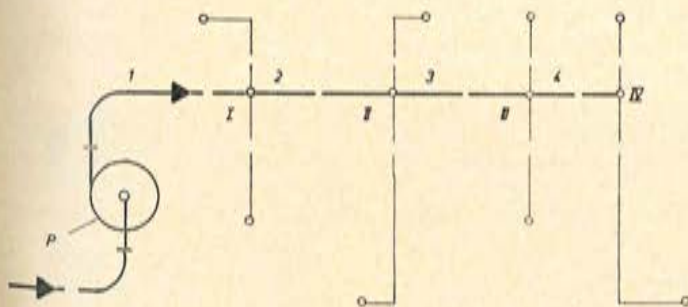


Abb. 2: Zweifache Abzweigung

Verändert sich die Wassergeschwindigkeit v auf v_1 (v_1 größer als v), dann erhöht sich der Wasserdurchfluß bei gleichbleibendem Rohrquerschnitt F auf die Größe V_1 . Die mathematische Schreibweise ist dann

$$V_1 = F \cdot v_1 \cdot 3600 \quad \text{in } m^3/h \quad (8)$$

$$V_1 = V \cdot \frac{v_1}{v} \quad \text{in } m^3/h \quad (9)$$

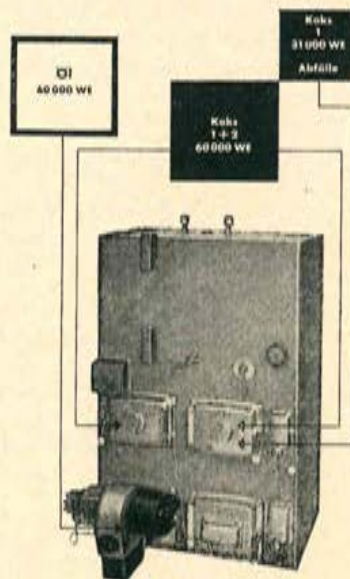
PARCA

Der Universal-Stahlheizkessel mit den vielfältigen Heizmöglichkeiten: Öl, Gas, Koks, Holz und Abfälle. Zwei getrennte Brennkammern, die zusammen oder einzeln beheizt werden können, Festbrennstoffe in beiden Brennkammern oder eine Brennkammer für Öl und eine Brennkammer für Festbrennstoffe.

Eingebaute Warmwasserbereitung und Mischventil. Typ B = Durchlaufbereiter, Typ M = kupfergefütterter Boiler. Ohne nennenswerte Heizkosten ganzjährige Warmwasserbereitung.

Geringe Bauhöhe und Platzbedarf, leichte und schnelle Installation. Allseitige Isolierung, bequeme Entrostung sowie gute Form- und Farbgebung. Anschlüsse für Kellerradiatoren auf Kesselrückseite.

Binett



**Aktiebolaget Svenska
Järnvägsverkstäderna
Linköping/Schweden**

Vertreter in Deutschland:

Frankfurt/M., Ginnheim: Heinz Nitschke,
Mähräckerstraße 95, Tel. 512343

Hamburg 13: Olympic Ölfeuer KG,
Hansstraße 43, Tel. 454046.

Hannover-Hainholz: ASJ-PARCA-Werks-
vertretung, Lindenplatz 1, Tel. 71722.

Mülheim/Ruhr: Mülheimer Werkzeug-
maschinen- und Apparatebau GmbH,
Hingbergstr. 33, Tel. 41446 u. 478820.

München 13: Ing. H. Lötje, Emanuel-
straße 20, Tel. 363978.

Stuttgart-Bad Cannstatt: Heinrich Heicke,
Taubenheimstr. 51, Tel. 562014

Beispiel 1

$F = 0,007854 \text{ m}^2$, $d = 100 \text{ mm}$ lichter Durchmesser
 $v = 1,00 \text{ m/s}$, $V = 28,30 \text{ m}^3/\text{h}$

Wird nunmehr die Wassergeschwindigkeit auf das zweifache erhöht, bei unverändertem Rohrquerschnitt F , dann erhöht sich auch der Volumenstrom auf das zweifache, also auf V_1 . So wird z. B. bei $v_1 = 2 \text{ m/s}$ der Volumenstrom

$V_1 = 28,30 \cdot 2 = 56,60 \text{ m}^3/\text{h}$

Merksatz

Der Volumenstrom V ist verhältnisgleich der Geschwindigkeit v .
Zu b)

Mit der Erhöhung der Wassergeschwindigkeit v bei gleichbleibendem Querschnitt F nimmt die Widerstandshöhe hw zu. Die mathematischen Beziehungen ergeben sich aus den Gleichungen (1) und (7). Es ist

$V = \sqrt{C \cdot hp} = \sqrt{C \cdot hw}$
 $V_1 = \sqrt{C \cdot hp_1} = \sqrt{C \cdot hw_1}$

Da der Querschnitt F für diese Betrachtung konstant bleibt, ist

$V^2 = C \cdot hw$ und $V_1^2 = C \cdot hw_1$
 $hw : hw_1 = (V : V_1)^2$ (10)

Merksatz

Die Widerstandshöhe hw ist verhältnisgleich dem Quadrat des Volumenstromes V .

Beispiel 2

Pumpenheizung, $110/70^\circ \text{C}$, Wärmemenge $Q = 1\,132\,000 \text{ kcal/h}$, Druckhöhe der Umwälzpumpe $hp = 2 \text{ m WS}$.

Welchen Veränderungen unterliegen die jeweiligen Pumpendruckhöhen hp , wenn der umlaufende Volumenstrom verändert wird von 100 % auf 50, 25, 150 und 200 %?

Der ursächliche Volumenstrom (angenommen die Wichte mit 1,00) ist

$V = 1\,132\,000 : 40 = 28\,300 \text{ dm}^3/\text{h} = 28,30 \text{ m}^3/\text{h}$

Vermindert sich V um 50 %, d. h. auf $V_1 = 14,15 \text{ m}^3/\text{h}$, wird $hw_1 = 2 (14,15 : 28,30)^2 = 0,50 \text{ m WS}$

Das heißt, daß die Widerstandshöhe in der fraglichen Rohrleitung von 2 m WS auf 0,50 m WS zurückgegangen ist. Wird

nur die Hälfte des ursprünglichen Volumens gefördert, verringert sich die zugeordnete Widerstandshöhe hw auf $1/4$ der ursächlichen Größe.

Nachstehend die Auswertung für die übrigen Volumenänderungen.

	100 %	50 %	25 %	150 %	200 %
V in m^3/h	28,30	14,15	7,075	42,45	56,60
hw in m WS	2,00	0,50	0,125	4,50	8,00

Wird der Volumenstrom verdoppelt, also um 100 % erhöht, dann wächst die Widerstandshöhe an um das vierfache. Eine Erhöhung des Volumenstromes um das dreifache führt zu einer Widerstandserhöhung auf das neunfache der ursächlichen Größe, also in diesem Beispiel von 2,00 m WS auf $2 \cdot 9 = 18 \text{ m WS}$.

Zu c)

Die Beantwortung zu c) folgt aus den vorangegangenen Darlegungen.

Im Verfolg der weiteren mathematischen Grundsätze folgt aus Gl. (1) in der abgewandelten Form

$V^2 = C \cdot hp$ (bzw. $C \cdot hw$)

Nach der Gl. (8) und (9) ist abzuleiten

$V : V_1 = v : v_1$

und eingesetzt in Gl. (10) wird die Schreibweise

$hw : hw_1 = (v : v_1)^2$

Im Hinblick auf die Grundgleichung Gl. (1) ergibt sich die gleichbleibende Konstanz C in der folgenden Schreibweise

$C = v^2 : hp = v_1^2 : hp_1 = v_2^2 : hp_2$ usw.

Die Konstanz zwischen v und hp ist unverkennbar, sofern der Rohrquerschnitt F innerhalb der gleichlaufenden Betrachtung unverändert bleibt. Die Wassergeschwindigkeit v wird ersetzt durch den Volumenstrom V und damit wiederholt sich die bereits erwähnte Form

$C = V^2 : hp$ konstant

2.1 Die Rohrnetz-Kennlinie im Koordinatensystem

In einem Koordinatensystem (Abb. 3) läßt sich der Verlauf einer Rohrnetz-Kennlinie zeichnerisch darstellen, nach der Gesetzmäßigkeit von Gl. (1). Ein Beispiel soll erläutern, wie man zu der Rohrnetz-Kennlinie in der zeichnerischen Darstellung gelangt.

Beispiel 3

In Erweiterung der Beispiele 1 und 2 ist die Kennzahl C für das Rohrnetz zu bestimmen.

Bekannt sind der Volumenstrom $V = 28,30 \text{ m}^3/\text{h}$ und die Druckhöhe $hp = 2,00 \text{ m WS}$.

Es errechnet sich die Kennzahl: $C = 28,30^2 : 2,00 = 400,445$, abgerundet auf $C = 400$ (s. Abb. 4).

Durch Einsetzen beliebiger Zahlengrößen von V oder hp in Gl. (3) kann der zum angenommenen Wert offenstehende Gegenwert bestimmt werden. Wird das Volumen V beliebig angenommen, dann wird die zugeordnete Druckhöhe hp berechnet oder auch umgekehrt. Die Ergebnisse sind in Tafel 1 zusammengefaßt.

Punkt	$V \text{ m}^3/\text{h}$	V^2	$hw \text{ m WS}$	C
P 1	5	25	0,0625	400
P 2	10	100	0,25	konstant
P 3	15	225	0,5625	
P 4	20	400	1,00	
P 5	25	625	1,5625	
P 6	30	900	2,25	400
P 7	35	1 225	3,0625	
P 8	40	1 600	4,00	

Tafel 1

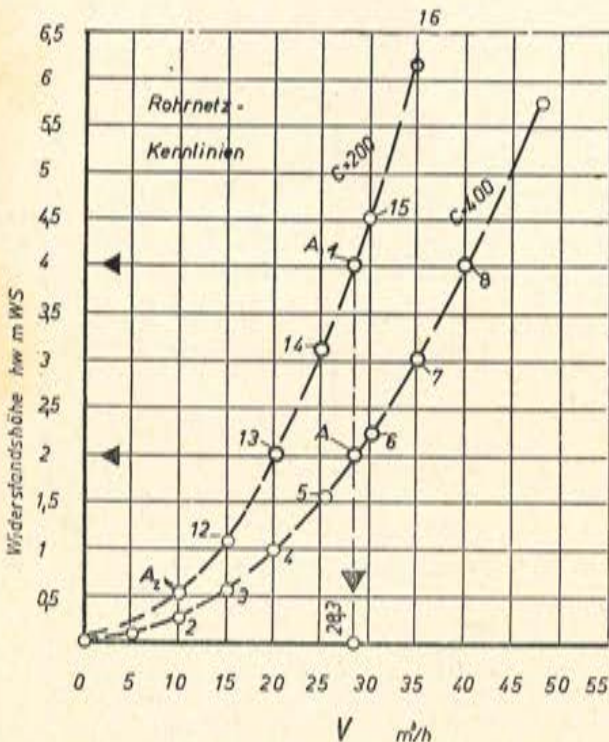


Abb. 3: Rohrnetz-Kennlinien

Die Rohrnetzkenlinie mit der Kennzahl $C = 400$ im Koordinatensystem nach Abbildung 3 zeigt den Verlauf der Zusammenhänge zwischen der Widerstandshöhe hw und dem Volumenstrom V für das Beispiel 3.

Die Kurve stellt eine Parabel dar. Ihr Scheitelpunkt geht durch den Nullpunkt (0). Die in Abbildung 3 eingetragenen Bezugs-

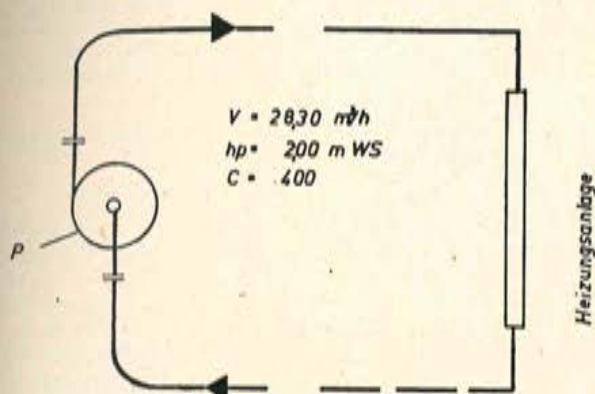


Abb. 4: System der Pumpenheizung zu Beispiel 3

punkte der Rohrnetzkenlinie entsprechen den Aufzeichnungen in der Tafel 1. Die jeweiligen Veränderungen an einem Rohrleitungsnetz bei unverändertem Querschnitt F infolge Veränderungen der Förderhöhe V bzw. der Widerstandshöhe hw gibt die Rohrleitungskennlinie an. Sie verliert ihre Gültigkeit, sobald sich die Kennzahl $C = 400$ verändert. Dann tritt eine andere Kennzahl, z. B. C_1 in Erscheinung, und zwar im Hinblick auf die veränderte Rohrnetz-Charakteristik.

2.2 Der veränderliche Charakter der Kennzahl C

Es konnte bereits die Konstanz der Kennzahl C , für ein unveränderliches Rohrnetz vom Querschnitt F , dargelegt werden. Der in einem Heizungssystem umlaufende Volumenstrom V steht zum Temperaturgefälle $t_v - t_r$ in einem Funktionsverhältnis, sofern von einer feststehenden Wärmemenge ausgegangen wird. Die praktische Übung liegt, von Ausnahmen abgesehen, in dieser Richtung. Damit nun ein Wasserumlauf im Heizungssystem zustande kommt, ist eine Druckenergie in der Größenordnung hp aufzuwenden. Es besteht daher ein Bezug zwischen dem Volumenstrom V und der Druckhöhe hp . Der Verlauf dieser gegenseitigen Beziehung zwischen den beiden genannten Bezugsgrößen wird durch die Rohrnetzkenlinie für ein unverändertes Rohrnetz vom Querschnitt F dargelegt. Der veränderliche Charakter der Kennzahl und der ihr zugeordneten Rohrnetzkenlinie wird im Beispiel 4, und zwar unter Hinweis auf Abbildung 3, erläutert.

Beispiel 4

Die betrieblichen Verhältnisse seien, wie in Beispiel 3, dargestellt. Ausgenommen sei die Druckhöhe der Pumpe. Die Druckhöhe sei jetzt mit $hp = 4,00$ m WS errechnet worden. Die technischen Daten der Umwälzpumpe:

Volumenstrom $2830 \text{ m}^3/\text{h}$; Druckhöhe $4,00$ m WS

Damit wird die Rohrnetzkenzahl $C = 28,30^2 : 4 = \text{rd. } 200$. Die größere Druckhöhe von $4,00$ m WS bei gleichem Volumenstrom hat eine Verringerung des Rohrquerschnittes zur Folge.

Um den Verlauf der neuen Rohrnetzkenlinie mit $C = 200$ festlegen zu können, sind die ihr zugeordneten Zahlenwerte, d. h. die Werte für V und hp zu bestimmen. Diese sind in der Tafel 2 für $C = 200$, zusammengestellt.

Punkt	V in m^3/h	V^2	hw in m WS	C
P 10	5	25	0,125	200
P 11	10	100	0,500	
P 12	15	225	1,125	
P 13	20	400	2,00	konstant
P 14	25	625	3,125	
P 15	30	900	4,50	
P 16	35	1 225	6,125	
P 17	40	1 600	8,00	200

Tafel 2

Diese Angaben für hw und V werden (unter Einhaltung eines beliebig angenommenen Maßstabes) in Abbildung 3 eingetragen. Es sei daran erinnert, daß $hw = hp$ gesetzt ist, d. h. die Widerstandshöhe des Rohrnetzes ist so groß wie die Druckhöhe der Umwälzpumpe.

Der Rohrquerschnitt F ist $0,0039 \text{ m}^2$, bezogen auf $V = 28,30 \text{ m}^3/\text{h}$ und $hw = 4,00$ m WS. Der lichte Rohrdurchmesser dazu ist etwa 70 mm.

Zwei Rohrnetzkenlinien liegen nunmehr im Koordinatensystem der Abbildung 5 vor. Für die Rohrnetzkenlinie mit $C = 400$ liegt der vorbestimmte Bezugspunkt bei A mit dem Volumenstrom $V = 28,30 \text{ m}^3/\text{h}$ und der Widerstandshöhe $hw = 2,00$ m WS. Der Bezugspunkt für die Rohrnetzkenlinie $C = 200$ liegt bei A₁. Der Volumenstrom ist ebenfalls $V = 28,30 \text{ m}^3/\text{h}$, jedoch ist der zugeordnete Druck, also die Widerstandshöhe hw auf $4,00$ m WS angestiegen. Es liegen nun zwei Rohrnetzkenlinien vor, deren Rohrnetz zwar die verlangten Volumenströme V zulassen, doch mit der Einschränkung, daß die Druckhöhen voneinander abweichen.

Die Rohrnetzkenlinie mit $C = 200$ gibt die Möglichkeiten zu erkennen (trifft für $C = 400$ ebenfalls zu), die für eine Drosselregelung von Bedeutung sind. Bei unverändertem Rohrquer-

Für jede

Zentralheizung die richtige Pumpe!



Diese Forderung erfüllt das reichhaltige Typen-Programm der WEISHAUPT-Umwälzpumpen. Lizenz Cuenod.
Vollständige Dichtheit – geringerer Stromverbrauch durch Verzicht auf Stopfbüchsen – verblüffend betriebssicher – Wartungsfrei – an jeder Leitung zu installieren – geräuschlos.

MAX WEISHAUPT SCHWENDI GMBH · SCHWENDI-WÜRTT.

schnitt kann z. B. eine Heizungsanlage, deren Rohrnetz auf $C = 200$ abgestimmt ist, wie folgt betrieben werden:

V in m ³ /h	28,30	20	10	30	40
hw = hp in m WS	4,00	2,00	0,50	4,50	8,00

Entsprechende Zwischenwerte können auf der Rohrnetz Kennlinie abgegriffen werden.

Wird z. B. mit Hilfe eines Drosselschiebers an der Pumpe der Betriebsdruck A_1 (28,30 m³ mit 4,00 m WS) verändert, und zwar so weit, daß er nach A_2 auf der C-Linie 200 gleitet, dann fördert das Rohrnetz 10 m³/h. Die zugeordnete Widerstandshöhe hw ist 0,50 m WS. Die von der Pumpe zur Verfügung gestellte Druckhöhe $hp = 4,00$ m WS muß daher um $4,00 - 0,50 = 3,50$ m WS gedrosselt werden. Sinngemäß gilt das für beliebige Bezugspunkte, die auf jeder Rohrnetz Kennlinie gefunden werden können. Zu einem beliebigen Bezugs- oder Betriebspunkt auf einer Rohrnetz Kennlinie lassen sich die Beziehungen zwischen Volumenstrom und Widerstandshöhe hw finden.

3. Die Pumpen-Kennlinie

Das Rohrnetz einer Pumpenheizung wird nach den bekannten Richtlinien und Gesetzmäßigkeiten bemessen.

Die Widerstandshöhe hw der Rohrleitung (Vor- und Rücklauf) nach Gl. (4) muß die Umwälzpumpe überwinden, wenn der Heizwasserumlauf im Rohrsystem gewährleistet sein soll. Die Druckhöhe hp der Umwälzpumpe (vereinfacht Pumpendruck genannt) steht in einer bestimmten Beziehung zum Volumenstrom V und wird durch die Pumpenkennlinie zum Ausdruck gebracht. Anders lautende Bezeichnungen sind z. B. auch: Drossellinie, Q-H-Linie usw.

Die Leistungsprüfung einer Pumpe vollzieht sich auf dem Prüfstand. Bei gleichbleibender Drehzahl der Pumpe wird ein Regu-

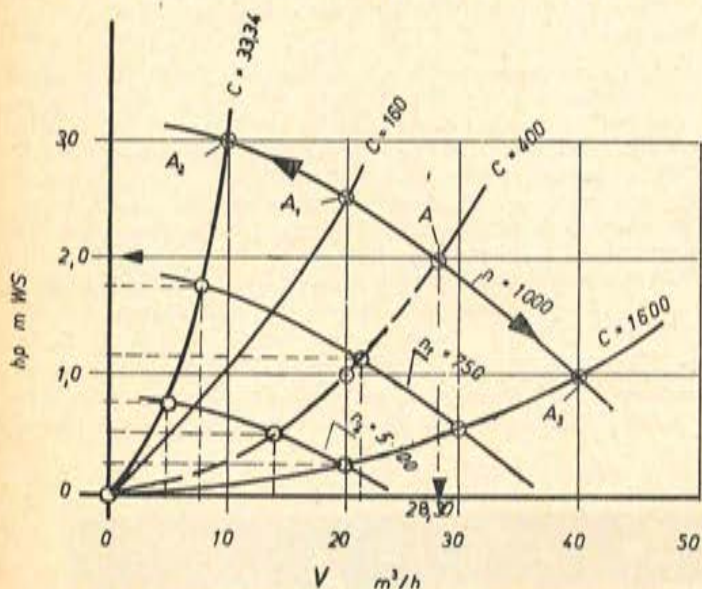


Abb. 5: Kennlinienfeld einer Pumpe mit Eintragungen von Rohrnetz Kennlinien für verschiedene C-Werte

Die Pumpenkennlinie bzw. die ihr zugeordneten Größen sind Prüffeldergebnisse und werden bei einer konstanten Drehzahl der Pumpe ermittelt.

Da jede Pumpe für mehrere Drehzahlen betrieblich geeignet ist, steht für jede Drehzahl auch eine Drossellinie, also eine Pumpenkennlinie zur Verfügung.

Die Pumpenkennlinie kann aus dem technischen Zahlenmaterial der Pumpenhersteller (sofern eine Charakteristik zeichnerisch nicht vorliegt) aufgezeichnet werden. Voraussetzung ist, daß das Zahlenmaterial für V und hp den Prüffeldergebnissen entsprechen und nicht „frisiert“ sind.

In Abbildung 5 sind drei verschiedene Pumpenkennlinien aufgetragen. Die Drehzahlen der Pumpe sind:

$$n = 1000, n_1 = 750 \text{ und } n_2 = 500 \text{ U/min.}$$

In Anlehnung an Beispiel 3 ist in Abbildung 5 die Rohrnetz Kennlinie für $C = 400$ besonders hervorgehoben. Die Betriebsdaten der Heizungsanlagen sind $V = 28,30$ m³/h mit $hp = 2,00$ m WS und der Betriebspunkt liegt bei A im Schnittpunkt der Pumpenkennlinie mit der Rohrnetz Kennlinie. Der Betriebspunkt liegt damit für einen Punkt des Kennlinienfeldes nach Abbildung 5 fest. Soll der festgelegte Betriebspunkt A verlagert werden, dann kann das nur geschehen im Bereich der Rohrnetz Kennlinie. Man braucht daher nur der Rohrnetz Kennlinie $C = 400$ entlang zu fahren, um weitere Betriebspunkte zu finden.

3.1 Verlagerung des Betriebspunktes auf der Pumpenkennlinie

Der Betriebspunkt verschiebt sich nicht nur, wie bereits bekannt, allein auf der Rohrnetz Kennlinie, sondern auch auf der Pumpenkennlinie.

Auf der Pumpenkennlinie für $n = 1000$ U/min (Nenn Drehzahl) liegen beliebig viele Punkte, die in Verbindung mit einer Rohrnetz Kennlinie die Arbeitspunkte ergeben. Die Pfeilrichtungen deuten an, daß die Verlagerung eines Betriebspunktes auf der Pumpenkennlinie sowohl nach links als auch nach rechts erfolgen kann. Auf der erwähnten Pumpenkennlinie für $n = 1000$ U/min sind die Betriebspunkte A, A_1 , A_2 und A_3 verzeichnet.

Den genannten Betriebspunkten sind zugeordnet die technischen Betriebsdaten der Pumpe.

Für den Betriebspunkt A_1 wird der Volumenstrom 20 m³/h und die Druckhöhe $hp = 2,50$ m WS. Rückt der Betriebspunkt nach links, z. B. nach A_2 , ergeben sich neue technische Betriebsdaten für die Pumpe, z. B. 10 m³/h und 3,00 m WS. Aber auch rechts vom ursprünglichen Betriebspunkt A liegen weitere Betriebspunkte, so z. B. der Betriebspunkt A_3 . Die technischen Betriebsdaten der Pumpe lauten hier: 40 m³/h und 1,00 m WS. Es liegen daher auf einer Pumpenkennlinie beliebig viele Arbeits- oder Betriebspunkte; zu suchen sind dazu die zugeordneten Rohrnetz Kennlinien.

Ist ein Rohrnetz ausgelegt für eine Widerstandshöhe von $hw = 2,00$ m WS und für einen Volumenstrom von 28,30 m³/h, dann sei der Betriebsdruck der Pumpe bzw. der Anlage bei A (Abb. 5). Die zugeordnete Drehzahl n sei 1000 U/min. Wird nun dieselbe Pumpe an ein anderes Rohrnetz gelegt, jedoch mit derselben Drehzahl betrieben, dann ergibt sich eine neue Rohrnetz Kennlinie. Diese erhält z. B. für den Betriebspunkt A_1 die Kennzahl $C = 160$, denn der Volumenstrom ist 20 m³/h und die Widerstandshöhe ist 2,50 m WS, also

$$C = 20^2 : 2,50 = 160$$

Im Betriebspunkt A_2 ergeben sich für dieselbe Pumpe neue Betriebsbedingungen. Der Volumenstrom ist 10 m³/h und die Förderhöhe 3,00 m WS. Die Pumpe ist also in der Lage, ein neues Rohrnetz, das einen Widerstand von 3,00 m WS hat und



Ein Qualitätsmerkmal



der Bamberger



Goldsiegel
Rotsiegel

ein Volumenstrom von 10 m³/h fördern soll, zu versorgen, sofern die Drehzahl unverändert bleibt. Die Kennzahl

$$C = 10^2 : 3 = 33,34$$

Mit abnehmendem Wert der Kennzahl C verringert sich der Volumenstrom V, dagegen erhöht sich die Druckhöhe hp der Pumpe. Erhöht sich der Wert C, so nimmt der Volumenstrom V zu und die Druckhöhe hp ab. Im Betriebspunkt A_s hat die Pumpe ein Rohrnetz zu versorgen mit dem Volumenstrom von 40 m³/h und der Widerstandshöhe von 1,00 m WS. Die Kennzahl C für die Rohrnetzkenlinie ist C = 1 600.

Der Arbeitsbereich der Pumpe erstreckt sich nach Abbildung 5 über die Betriebspunkte A—A₁—A_s, also in Richtung der Ordinatenachse und nach rechts in Richtung der Abszissenachse, von A nach A_s. Die Drehzahl der Pumpe ist dabei unverändert, also n = 1 000 U/min.

Es ergibt sich aus diesen Betrachtungen die Feststellung, daß die Pumpe dann ihren eigenen Weg beschreitet, also vom beabsichtigten Betriebspunkt abweicht, wenn die tatsächlichen Betriebsbedingungen nicht mit den vorberechneten übereinstimmen. Das trifft u. a. zu, wenn die Widerstandshöhe des Rohrnetzes größer ist als die Druckhöhe der Pumpe. In dieser Lage wird sich die Pumpe ihren Betriebspunkt suchen, der links von A auf der Pumpenkennlinie liegt. Die Pumpe fördert dann eine geringere Wassermenge, als die vorgeplante.

Ist die Widerstandshöhe geringer als die Druckhöhe der Pumpe, dann wandert der ursächliche Betriebspunkt A nach rechts zu A_s usw. Die Pumpe fördert in dieser Lage ein größeres Wasservolumen als vorberechnet. Die Leistungsaufnahme wird in der Regel so zunehmen, daß der ursächliche Elektromotor (gedacht für den projektierten Betriebspunkt A) überfordert wird, sofern er nicht mit reichlichen Reserven versehen ist. Der tatsächliche Betriebspunkt einer Anlage kann mit genügender Genauigkeit errechnet werden, und zwar so, daß er stabil bleibt, also keine nennenswerte Abweichungen vom Sollwert zeigt. Überzogene Sicherheitszuschläge auf die errechnete Druckhöhe sind sehr häufig von Übel.

3.2 Die Verlagerung des Betriebspunktes infolge Drehzahländerung der Pumpe

Bisher wurden die Betriebspunkte der Pumpe bei unveränderter Drehzahl beachtet. Da eine Pumpe mit mehreren Drehzahlen gefahren werden kann, ergeben sich für diese Drehzahlen weitere Pumpenkennlinien, die wiederum eine Vielzahl von Betriebspunkten anbieten.

Es sei zunächst eine Pumpenheizung angenommen mit V = 28,30 m³/h und hp = 2,00 m WS. Die Kennzahl für das Rohrnetz C ist 400. Die Drehzahl der Pumpe sei n = 1 000 U/min.

Es soll nun untersucht werden, wie sich die Betriebsverhältnisse der Pumpe gestalten, wenn ihre Drehzahl von n = 1 000 U/min, auf 750 bzw. auf 500 zurückgesetzt wird.

Der Sollwert, den die Pumpenheizung betrieblich erreichen muß, wird durch den Betriebsdruck A (Abb. 6) dargestellt. In Abänderung von diesem Wert ergeben sich infolge Veränderung der Drehzahlen weitere Betriebspunkte, die auf der Rohrnetzkenlinie mit C = 400 liegen. Sie sind mit A₁ und A_s in Abb. 6 markiert. Zu diesen drei Betriebspunkten gehören:

zu n = 1 000 U/min der Betriebspunkt A, zu n = 750 U/min der Punkt A₁ und zu A_s gehört die Drehzahl n = 500 U/min.

Die veränderlichen Faktoren infolge Drehzahländerung der Pumpe lassen sich mit genügender Genauigkeit berechnen. Im Hinblick auf die Leistungsgröße einer Pumpe (Zentrifugalpumpe) gelten, sofern der Laufrad-Durchmesser und die Wichte des Fördergutes konstant bleiben, die folgenden Beziehungen.

$$V : V_1 = n : n_1 \quad \text{in m}^3/\text{h} \quad (11)$$

d. h., der Volumenstrom V ist verhältnismäßig der Drehzahl n.

$$n_1 = n (V_1 : V) \quad \text{in U/min} \quad (12)$$

d. h., die geänderte Drehzahl n₁ wird bestimmt vom Volumen V₁. Das kann größer als auch kleiner sein wie V als Ausgangsvolumen.

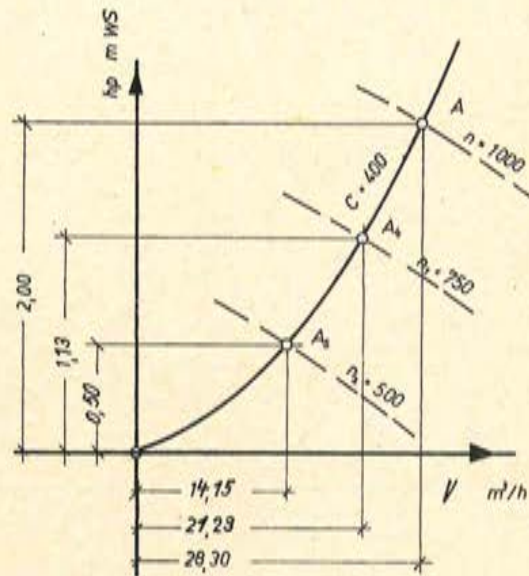


Abb. 6: System der Volumen- und Druckänderung unter veränderlichen Betriebsbedingungen

$$V_1 = V (n_1 : n) \quad \text{in m}^3/\text{h} \quad (13)$$

d. h., die Volumenänderung wird bestimmt infolge Drehzahländerung, ansonsten wie vor erwähnt.

$$hp : hp_1 = (n : n_1)^2 \quad \text{in m WS} \quad (14)$$

d. h., die Druckhöhe hp ist verhältnismäßig dem Quadrat der Drehzahl n.

$$n_1 = n \sqrt{\frac{hp_1}{hp}} \quad \text{in U/min} \quad (15)$$

$$hp_1 = hp (n_1 : n)^2 \quad \text{in m WS} \quad (16)$$

d. h., die zugeordnete Drehzahl n₁ ist abhängig von der Druckhöhe hp₁ bzw. die Druckhöhe hp₁ ist abhängig von der Drehzahl.

$$N : N_1 = (n : n_1)^3 \quad \text{in PS oder kW} \quad (17)$$

d. h., der Kraftbedarf ist verhältnismäßig der Potenz zur Drehzahl n.

$$n_1 = n \sqrt[3]{\frac{N_1}{N}} \quad \text{in U/min} \quad (18)$$

$$N_1 = N (n_1 : n)^3 \quad \text{in PS oder kW} \quad (19)$$

Mit diesen Gleichungen können Volumenänderungen, Druckänderungen, Drehzahländerungen und Leistungsänderungen einer Pumpe verfolgt werden. Sehr anschaulich lassen sich die gegenseitigen Beziehungen in einem Kennlinienfeld darstellen.

In Gleichung (18) und (19) ist die Veränderung des Pumpenwirkungsgrades η nicht berücksichtigt. Das ist jedoch erforderlich und erfolgt durch Einsetzen des Wirkungsgrades, der für die geänderte Drehzahl maßgebend ist. Der Wirkungsgrad ist einer Wirkungsgradkurve zu entnehmen, die naturgemäß vom Pumpenhersteller anzufordern ist.



Beispiel 5

Eine Pumpenheizung soll den betrieblichen Veränderungen unterliegen, die in Abbildung 6 durch die Betriebspunkte A — A₄ — A₅ festgelegt sind. Die Drehzahl der Pumpe soll von n = 1 000 U/min auf n₁ = 750 U/min verändert werden. Zu n = 1 000 U/min gehören ein Volumenstrom von V = 28,30 m³/h und die Druckhöhe hp = 2,00 m WS. Der Betriebspunkt ist A.

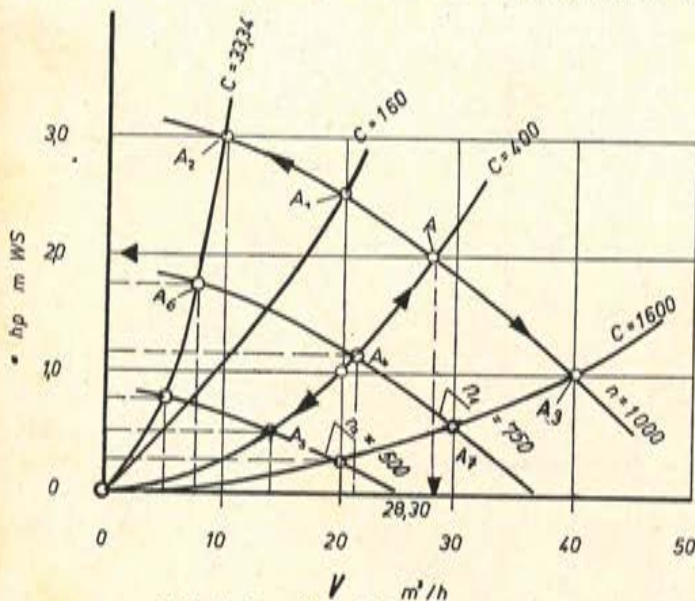


Abb. 7: Kennlinienfeld einer Pumpe

Der neue Betriebspunkt für n₁ = 750 U/min (C = 400) bestimmt sich nach den Gleichungen (13) und (16).

$$V_1 = 28,30 \cdot (750 : 1000) = \text{rd. } 21,23 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$hp_1 = 2 \cdot (750 : 1000)^2 = 1,13 \text{ m WS}$$

Der zugeordnete Betriebspunkt ist A₄ als Schnittpunkt zwischen Rohrnetzkenlinie C = 400 und Pumpenkennlinie für n₁ = 750 U/min.

Wird die Drehzahl der Pumpe auf n₂ = 500 U/min zurückgesetzt, ergeben sich die Betriebsdaten sinngemäß.

$$V_2 = 28,30 \cdot (500 : 1000) = 14,15 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$hp = 2 \cdot (500 : 1000)^2 = 0,50 \text{ m WS}$$

Der zugeordnete Betriebspunkt liegt bei A₅ auf der C-Linie 400 als Schnittpunkt mit der Pumpenkennlinie für n₂ = 500 U/min.

Zusammenfassung der Abschnitte 3.1 und 3.2

- Veränderungen von V und hp bzw. des Betriebspunktes bei unveränderter Drehzahl n der Pumpe sind der Pumpenkennlinie folgend, wahrzunehmen.
- Veränderungen von V und hp bzw. des Betriebspunktes bei Drehzahlverschiebungen der Pumpe sind der Rohrnetzkenlinie C folgend, als Schnittpunkt von Rohrnetzkenlinie und der jeweiligen neuen Pumpenkennlinie wahrzunehmen.

Nun zu Abbildung 7. Hier sind die Rohrnetz- und Pumpenkennlinien mit Einbezug von Abbildung 6, in einem Kennlinienfeld zusammengefaßt. Das Kennlinienfeld ist — außer der Rohrnetzkenlinie für C = 400 — mit drei weiteren C-Linien gezeichnet, wie: C = 33,34; C = 160; C = 1600.

Die Pumpenkennlinien sind im Bereich der C-Linien gezeichnet für die Pumpendrehzahlen 1 000, 750 und 500 U/min.

Was sagt nun das Kennlinienfeld aus?

Eine Pumpenheizung, deren Rohrnetzcharakteristik nach Abb. 8 für den Betriebspunkt A bestimmt ist, kann beliebigen Betriebsänderungen Folge leisten und das sowohl bei unveränderlichen als veränderlichen Drehzahlen der Pumpe.

Eine Verschiebung des Betriebspunktes A (C-Linie 400) nach A₁ (C = 160) ist nur möglich bei unveränderter Pumpendrehzahl, d. h. Drehzahl n = 1 000 U/min konstant. Die Pumpe fördert bei dem Betriebspunkt A₁ einen Volumenstrom von 20 m³/h (anstatt 28,30 m³/h) gegen eine Druckhöhe von hp = 2,50 m WS (anstatt 2,00 m WS). Der Volumenstrom ist geringer geworden, die Druckhöhe hp ist gestiegen. Wird ein druckseitig im Rohrnetz eingefügter Absperrschieber soweit betätigt, daß der Volumenstrom nur noch 20 m³/h ausmacht, dann stellt sich die Pumpe auf eine Druckhöhe von 2,50 m WS ein. Die Pumpe folgt ihrer Kennlinie für n = 1 000 U/min.

Wird durch den Absperrschieber der Durchflußquerschnitt des Rohrnetzes noch mehr verringert, dann verschiebt sich der Betriebspunkt z. B. nach A₂, sofern n = 1 000 U/min erhalten bleibt. Der Volumenstrom ist V = 10 m³/h, die Druckhöhe hp = 3,00 m WS. Der Zusammenhang ist auf der Rohrnetzkenlinie für C = 33,34 erkennbar.

Die Pumpe möge mit einer Drehzahl von n₁ = 750 U/min betrieben werden. Der ursächliche Betriebspunkt A der Anlage wandert entlang C-Linie 400 zum neuen Betriebspunkt A₄.

Volumenstrom V = 21,23 m³/h
 Druckhöhe hp = 1,13 m WS
 Rohrquerschnitt ungedrosselt!

Soll die Pumpe (oder Anlage) mit dem Betriebspunkt A₆ gefahren werden, ist eine Drosselung des Rohrquerschnitts mittels Absperrschieber notwendig. Da jede Veränderung des Rohrquerschnitts — sei es auch nur die durch einen Absperrschieber hervorgerufene — eine neue Rohrnetzkenlinie bewirkt, findet sich der neue Betriebszustand für Punkt A₆ auf der Rohrnetzkenlinie C = 33,34 als Schnittpunkt mit der Pumpenkennlinie für n₁ = 750 U/min. Die Betriebsdaten für A₆:

Volumenstrom V = 7,50 m³/h
 Druckhöhe hp = 1,70 m WS

Die Pumpe kann allenfalls auch den Betriebspunkt A₇ (n = 750 U/min) befriedigen, sofern das Rohrnetz für diesen Betriebspunkt bemessen worden ist. Maßgebend ist die Rohrnetzkenlinie C = 1 600. Die Betriebsdaten für A₇:

Volumenstrom V = 30 m³/h
 Druckhöhe hp = 0,56 m WS

Sinngemäß ist zu verfahren für beliebige Betriebspunkte, die im Bereich des Kennlinienfeldes liegen, sei es bei veränderlicher oder unveränderlicher Drehzahl der Pumpe.

(Fortsetzung folgt)

Wer liefert was?

Wer ist Hersteller von Mercedes-Waschmaschinen?

Wer kennt die Anschrift der Firma Heinrich Singer, Hersteller von Messing-Kunststoffrohrverschraubungen?

Wer ist Hersteller der elektrischen Gewindeschneidmaschinen KSM mit Säge?

Der Qualität wegen



Sie sollten



Diamant-Kesselöfen



führen

