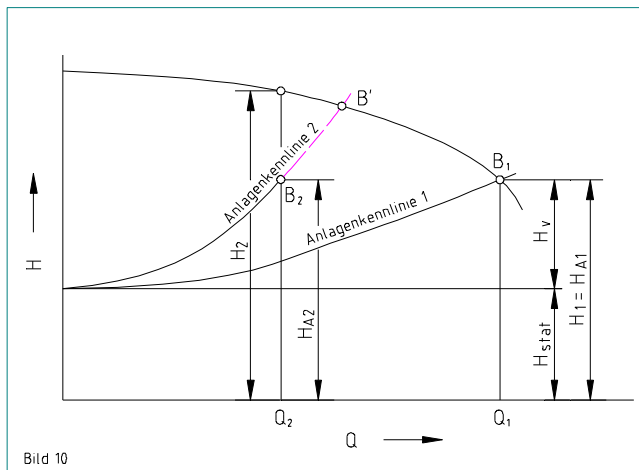


## 6 Regelung der Kreiselpumpe

### Allgemein

In vielen Pumpenanlagen ist aus den verschiedensten Gründen der Förderstrom mehr oder weniger großen Schwankungen unterworfen. In Bild 10 ist eine Anlage dargestellt, die der Einfachheit halber aus zwei gleich großen, parallel angeordneten Verbrauchern besteht. Sind beide mit Wasser zu versorgen, stellt sich der Betriebspunkt  $B_1$  ein, und die Förderhöhe  $H_1$  der Pumpe stimmt überein mit der Anlagenförderhöhe  $H_{A1}$ . Ist jedoch nur



einer der zwei Verbraucher in Betrieb, wandert der Betriebspunkt auf der Pumpenkennlinie nach  $B'$ , dem Schnittpunkt der Anlagenkennlinie 2 mit der QH-Kurve. Aufgrund der zunehmenden Pumpenförderhöhe erhält dieser Verbraucher einen zu großen Förderstrom. Es ist die Aufgabe der Regelung, die Förderhöhe  $H_2$  der Pumpe bis auf den Betrag der Anlagenförderhöhe  $H_{A2}$  herabzusetzen. Dann ergibt sich der gewünschte Betriebspunkt  $B_2$ , der unter Vernachlässigung von veränderten Rohrreibungsverlusten  $H_V$  in der gemeinsamen Versorgungsleitung, den gleichen Durchfluß für den Verbraucher gewährleistet wie zuvor im Punkt  $B_1$ .

### 1. Die Drosselregelung

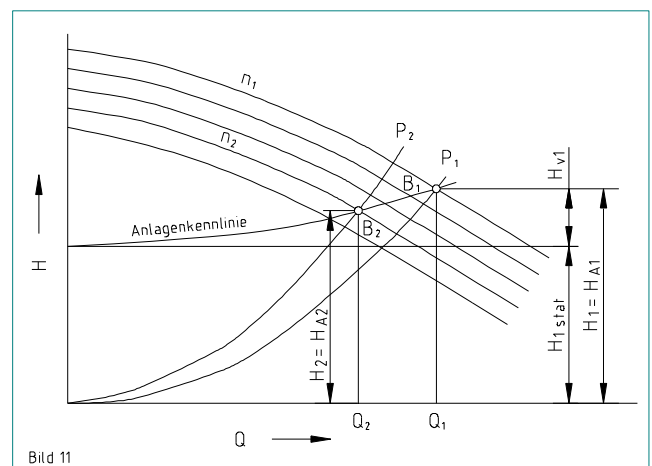
Durch teilweises Schließen eines Schiebers in der Druckleitung wird die überschüssige Förderhöhe bei  $Q_2$  vernichtet. Die Drosselregelung ist eine einfache, aber unwirtschaftliche Regelungsart. Sie ist um so nachteiliger, je mehr an Förderhöhe bei der Anpassung verloren geht. Es ist demnach eine Pumpe mit einer möglichst flachen QH-Kennlinie der Vorzug zu geben. Die Drosselregelung ist nicht für Seitenkanal-

pumpen und Axialkreiselpumpen geeignet, deren Leistungsaufnahme mit kleiner werdendem Förderstrom zunimmt.

Trotz der genannten Nachteile ist die Drosselregelung wegen ihrer Einfachheit die am häufigsten anzutreffende Regelungsart.

### 2. Die Drehzahlregelung

Wie bereits im Arbeitsblatt 2 „Die Kennlinien“ ausgeführt, entspricht jeder Drehzahl eine andere Drosselkurve. Innerhalb der Gültigkeitsgrenzen des Affinitätsgesetzes sind alle QH-Kennlinien einer Kreiselpumpe deckungsgleich. Zugeordnete Punkte der verschiedenen Drosselkurven liegen auf Parabeln wie z.B. die Parabel  $P_1,0$  in Bild 11. Alle Schnittpunkte dieser Parabel mit den Drosselkurven für die verschiedenen Drehzahlen sind durch geometrisch ähnliche Geschwindigkeitsverhältnisse gekennzeichnet. In Hinblick auf die Anströmung der Lauf- und Leitschaufeln werden sie deshalb als Parabeln gleichen Stoßzustandes bezeichnet. Innerhalb eines begrenzten



Drehzahlbereiches bleibt der Pumpenwirkungsgrad entlang einer solchen Parabel annähernd konstant. Abweichungen entstehen, weil die Leistungsaufnahme der Kreiselpumpe auch Anteile enthält, die sich nach anderen Gesetzmäßigkeiten ändern. In einer drehzahlgeregelten Pumpenanlage bleibt der Wirkungsgrad jedoch nur dann unverändert, wenn die Förderhöhe der Anlage ausschließlich dynamischer Art ist. Nur dann deckt sich die Anlagenkennlinie mit der Parabel  $P_1,0$ . Die Pumpe arbeitet zunächst im Punkt  $B_1$ , dem Schnittpunkt der Anlagenkennlinie mit der QH-Kennlinie für die Drehzahl  $n_1$ . Sie erzeugt dabei den Förderstrom  $Q_1$  und die Förderhöhe  $H_1$ . Wird die Drehzahl von  $n_1$  auf  $n_2$  gesenkt, so verlagert sich der Betriebspunkt auf der Anlagenkennlinie von  $B_1$  nach  $B_2$  mit dem Förderstrom  $Q_2$  und der Förder-

höhe  $H_2$ . Da  $B_2$  der Schnittpunkt der Anlagenkennlinie mit der Drosselkurve für  $n_2$  ist, sind Pumpen- und Anlagenförderhöhe  $H_{A2}$  gleich. Die Verminderung des Förderstroms von  $Q_1$  auf  $Q_2$  ist ohne Förderhöhenverlust gelungen.

Der Übergang von der Parabel  $P_10$  auf  $P_20$  ist jedoch mit einer Wirkungsgradänderung verbunden. Liegt der Betriebspunkt  $B_1$  beim optimalen Förderstrom oder links davon, ist der Vorgang mit einer Wirkungsgradeinbuße behaftet, die um so mehr ins Gewicht fällt, je größer der statische Förderhöhenanteil ist und um so flacher die dynamische Kennlinie verläuft.

Diese Art der Pumpenregelung erfordert einen Antrieb mit veränderlicher Drehzahl. Die in der Vergangenheit hierzu verwendeten Maschinen wie Gleichstrommotoren, Asynchronmotoren mit Schleifringläufer, Motor-Generator Kombinationen oder Getriebemotoren haben mit der Verbreitung des Frequenzumrichters erheblich an Bedeutung verloren. Das gilt auch für polumschaltbare Drehstrommotoren, die sich allerdings aufgrund ihrer großen Drehzahlstufen sowieso nur in Ausnahmefällen eigneten. Von dieser Entwicklung weniger betroffen sind spannungsgeregelte Kleinmotoren, die noch immer eine kostengünstige Lösung von Regelproblemen ermöglichen.

Selbstverständlich behalten auch drehzahlregelbare Antriebe mit Hilfe von Verbrennungsmotoren oder Dampfturbinen in speziellen Bereichen ihre Berechtigung.

Die ideale Lösung einer Drehzahlverstellung bietet zweifellos der Frequenzumrichter, der nahezu verlustlos und völlig wartungsfrei arbeitet. Sein größter Vorteil besteht jedoch in der Möglichkeit, einen Norm-Drehstrommotor verwenden zu können. Günstig ist auch der hohe Leistungsfaktor, der fabrikatabhängig, Werte bis  $\cos \varphi = 0,95$  erreicht und über den gesamten Regelbereich praktisch konstant bleibt. Im praktischen Betrieb äußert sich diese Eigenschaft durch eine erstaunlich geringe Stromaufnahme.

Zu beachten ist jedoch die höhere Erwärmung des Motors als bei Zufuhr eines sinusförmigen Stromes. Die dadurch bedingte Leistungsminderung beträgt je nach Fabrikat von Umrichter und Motor bis zu 15 %. Eine ebenfalls verfügbare Drehzahlsteigerung über die Kenndrehzahl des Motors hinaus, sollte bei serienmäßigen Motoren auf 20 % beschränkt bleiben.

Die hohen Anschaffungskosten machen es ratsam, eine Prüfung der Wirtschaftlichkeit gegenüber anderen Regelungsarten vorzunehmen. Unerlässlich wird

diese Maßnahme für Pumpenanlagen mit kleinen Antriebsleistungen, bei geringen Verbrauchsschwankungen, oder wenn der Regelbereich aufgrund von großen geodätischen Höhen innerhalb enger Grenzen liegt. Ein typisches Beispiel hierfür ist die Druckerhöhungsanlage in einem Hochhaus. Hier muß auch bei kleinstem Wasserverbrauch noch der Druck an der höchsten Zapfstelle aufrecht erhalten bleiben. Die sich daraus ergebende mögliche Drehzahlabenkung ist nur geringfügig und die Drehzahlregelung wäre nur vertretbar, wenn im Versorgungsnetz größere Druckschwankungen auftreten.

### **3. Die Pumpenfolgeschaltung**

Obwohl es sich hierbei nicht um eine Pumpenregelung im eigentlichen Sinne handelt, bietet die bedarfsabhängig gesteuerte Folgeschaltung einer oder mehrerer parallel angeordneter Pumpen kleiner Leistung, eine durchaus wirtschaftliche Alternative. Der Einsatz von Kreiselpumpen mit flach verlaufenden Kennlinien und die zweckmäßige Aufteilung des Wasserbedarfs, gewährleistet nicht nur eine sehr wirtschaftliche Anlage, sondern auch einen praktisch konstanten Versorgungsdruck.

### **4. Andere Regelungsarten**

Eine vorwiegend bei Seitenkanalpumpen anzutreffende Lösung ist die Bypassregelung. Hierbei wird mit einer drosselbaren Abzweigung am Druckstutzen ein Teilstrom zur Saugseite zurückgeführt. Der Betriebspunkt verlagert sich dabei zum Ende der Kennlinie, weshalb diese Methode, bei Radialpumpen angewendet, leicht zu einer Motorüberlastung führt. Ganz unabhängig von der Art der Pumpe, bedeutet die Verlagerung des Betriebspunktes auf größere Förderströme eine ungünstigere NPSH. Liegen kritische Saugverhältnisse vor, ist mit Kavitation zu rechnen.

Weitere, allerdings nur für bestimmte Bauarten geeignete Regelungsarten sind die Laufschaufelverstellung und die Vordrallregelung. Erstere kommt bei Axialpumpen zur Anwendung. Sie ist ebenso günstig wie eine Drehzahländerung und ermöglicht die Einhaltung eines guten Wirkungsgrades über einen weiten Förderbereich. Die Vordrallregelung beschränkt sich ebenfalls auf Pumpen mit hoher spezifischer Drehzahl, vorzugsweise Halbaxialpumpen. Sie beruht auf der Verwendung von verstellbaren Leitschaufeln, die vor dem Laufradeintritt angeordnet werden. Durch Verstellen dieser Schaufeln wird ein Gleich- oder Gegendrall erzeugt, welcher Förderstrom und Förderhöhe verkleinert, beziehungsweise vergrößert.