

Immer wieder begegnet man in der Praxis Beregnungsanlagen, bei denen die Regner ohne ausreichenden Druck arbeiten. Sieht man von betrieblichen Fehlern ab, etwa, daß zuviel Regner gleichzeitig arbeiten, so ist eine mögliche Ursache dafür zu geringe Bemessung der Förderhöhe des Pumpenaggregats auf Grund falscher Berechnung des Druckverlustes in den Rohrleitungen.

## 1. Allgemeine Grundlagen

Während der Druckverlust in den Erdleitungen im allgemeinen nach den in der Wasserwirtschaft geltenden Richtlinien ermittelt wird bzw. werden kann, errechnet man die Druckverluste in den oberirdischen Schnellkupplungsleitungen seit Jahrzehnten mit den von OEHLER [1] ermittelten Werten. Der Benutzer der Tafeln von OEHLER macht sich heute kaum noch Gedanken darüber, für welche Rohre diese Tafeln eigentlich gelten. Durch Übertragung der Meßergebnisse OEHLERS auf Rohre mit anderen Kupplungen, aus andern Material und mit anderen Abmessungen können beträchtliche Fehler entstehen. OEHLER weist selbst darauf hin, daß die Unterschiede in den Fließwiderständen verschiedener Fabrikate so groß sind, daß es nicht angängig ist, alle SK-Leitungen nach dem gleichen Schema zu berechnen, vielmehr ist eine individuelle Behandlung erforderlich [1].

KEUNEKE und MOSER [2] stellen ebenfalls fest: „diese Ergebnisse in Verbindung mit Verhältniszahlen nach OEHLER können jedoch nur für eine überschlägliche Berechnung Verwendung finden, da neben der Strömungsgeschwindigkeit und dem Rohrdurchmesser auch Rauigkeit, Konstruktion der Schnellkupplung sowie die kinematische Zähigkeit  $\nu$  des strömenden Mediums von Einfluß auf den Widerstandsbeiwert sind“.

Allgemein gilt für den Druckverlust in einer geraden Rohrleitung vom Durchmesser  $d$  und der Länge  $l$  die Beziehung

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2.$$

Darin bedeuten:

- $\Delta p$  Druckverlust
- $\lambda$  Widerstandsbeiwert,
- $\rho$  Dichte des strömenden Mediums
- $w$  Strömungsgeschwindigkeit.

Für die Strömung in rauen Rohren, zu denen die Schnellkupplungsrohre zu zählen sind, unterscheidet man drei Strömungsbereiche; je einen Bereich mit laminarem und turbulentem Fließen und einen Übergangsbereich.

Der größte Teil der praktischen Fälle liegt im Übergangsbereich. Für diesen Bereich hat COLEBROOK eine Formel für den Widerstandsbeiwert ermittelt.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left[ \frac{0,27 \cdot k}{d} + \frac{2,52}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right]$$

Darin bedeuten:

- $k$  die mittlere Wandrauhigkeit und
- $\text{Re}$  die Reynold'sche Zahl

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d}{\nu}$$

In Bild 1 ist die COLEBROOKSCHE Gleichung graphisch dargestellt. Mit Hilfe dieser Gleichungen ist es möglich, den Druckverlust in entsprechenden Rohrleitungen zu berechnen. In den Richtlinien und Bemessungsgrundlagen für Anlagen im Allgemeinen Wasserbau [3] Abschnitt 3.729.1 (Stationäres Druckrohrnetz) heißt es „Ermittlung der Rohrreibungsverluste nach Prandtl-Colebrook unter Beachtung der entsprechenden  $k$ -Werte“ und Abschnitt 3.729.2 Schnellkupplungsleitungen, „Berechnung der Rohrreibungsverluste nach Prandtl-Colebrook“.

Während für viele Rohrarten die entsprechenden  $k$ -Werte bereits ermittelt worden sind, gibt es für Schnellkupplungsrohre noch keine allgemeingültigen Unterlagen.

In den Richtlinien zur Ausarbeitung von Projekten für den Bau von Bewässerungsanlagen [4] werden dementsprechend für verschiedene Rohrarten  $k$ -Werte angegeben.

Der Druckverlust in Schnellkupplungsleitungen soll jedoch wieder nach den graphischen Darstellungen von OEHLER ermittelt werden.

Auf die Mängel dieser Berechnung wurde bereits hingewiesen. KEUNEKE und MOSER [2] ermittelten erstmals  $k$ -Werte für Schnellkupplungsrohre. Sie untersuchten SK-Rohre von PERRROT mit verschiedenen Durchmessern und mit unterschiedlichen Kupplungen. Als Mittelwerte ergaben sich für SK-Rohre der Bauart A eine absolute Rauigkeit von 0,011 mm und für die Bauart B von 0,029 mm. Die Kupplungen der Bauart A sind die bekannten Kardangelnschnellkupplungen.

Mit diesen  $k$ -Werten können die Druckverluste in SK-Rohren der Firma PERRROT genauer als nach den Kurven von OEHLER ermittelt werden.

Es ergibt sich nun die Frage, ob die SK-Rohre des VEB Rohrwerke Bitterfeld ebenfalls mit diesen Werten berechnet werden können. Diese Frage muß von vornherein verneint werden, da die SK-Rohre des VEB Rohrwerke Bitterfeld eine andere Länge, andere Konstruktion und vermutlich auch andere Wandrauhigkeit haben.

Es erscheint daher dringend erforderlich, für die in der DDR vorhandenen SK-Rohre entsprechende Untersuchungen durchzuführen. Über die ersten Ergebnisse entsprechender Versuche soll im folgenden berichtet werden.

## 2. Versuchsanordnung und -durchführung

Die Messungen wurden an SK-Rohren des VEB Rohrwerke Bitterfeld (Bild 2) durchgeführt. Ziel der Messungen war, 1. nachzuweisen, ob Abweichungen zu den Kurven von OEHLER bestehen und

2. die absolute Rauigkeit  $k$  zu ermitteln.

Der Druckverlust wurde an einer geraden Rohrleitung von rund 100 m Länge mit einer Nennweite von 80 mm (89 × 1) gemessen. Die Rohre sind 5,80 m lang und bestehen aus feuerverzinktem Bandstahl. Sie haben eine Längsnaht.

Der Druck wurde mit Hilfe geeichter Federmanometer gemessen. Ein am Ende der Meßstrecke eingebauter Schieber diente zum Regulieren der Fördermenge, die durch eine Wasseruhr registriert wurde.

## 3. Untersuchungsergebnisse

In Bild 3 ist der Druckverlust in Abhängigkeit von der Durchflußmenge aufgetragen. Aus den Meßwerten wurden für die verschiedenen Durchflußmengen die Widerstandsbeiwerte und REYNOLD'schen Zahlen ermittelt.

Durch Eintragen der  $\lambda$ - und  $\text{Re}$ -Werte in die graphische Darstellung der Formel von COLEBROOK erhält man die

(Schluß von Seite 217)

Die Anlagen sind hinsichtlich der Vorrollgenauigkeit, der Verwendung von Rohren NW 100 und der Anbringung von Entleerungsventilen weiterzuentwickeln.

Die Verbesserung der Vorrollgenauigkeit läßt sich technisch am einfachsten durch eine höhere Steifigkeit der Kupplungen lösen. Trotz Erhöhung der Montagezeiten kann durch die Senkung der Ausfallzeit (Ausrichten der Anlage) die Arbeitsproduktivität gesteigert werden.

### Literatur

- SCHWARZ, K.: Zur Rationalisierung des Rohrtransportes bei der Beregnung. Zeitschrift für Landeskultur (1960) H. 4
- Anonym: Irrigation, Implement und Tractor. 15 August 1961
- ZECH, E.: Rollende Regnerflügel System Jüterbog. Deutsche Agrartechnik (1965) H. 6

\* Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim der DAL zu Berlin (Leiter: Dipl.-Ing. E. TUREK)

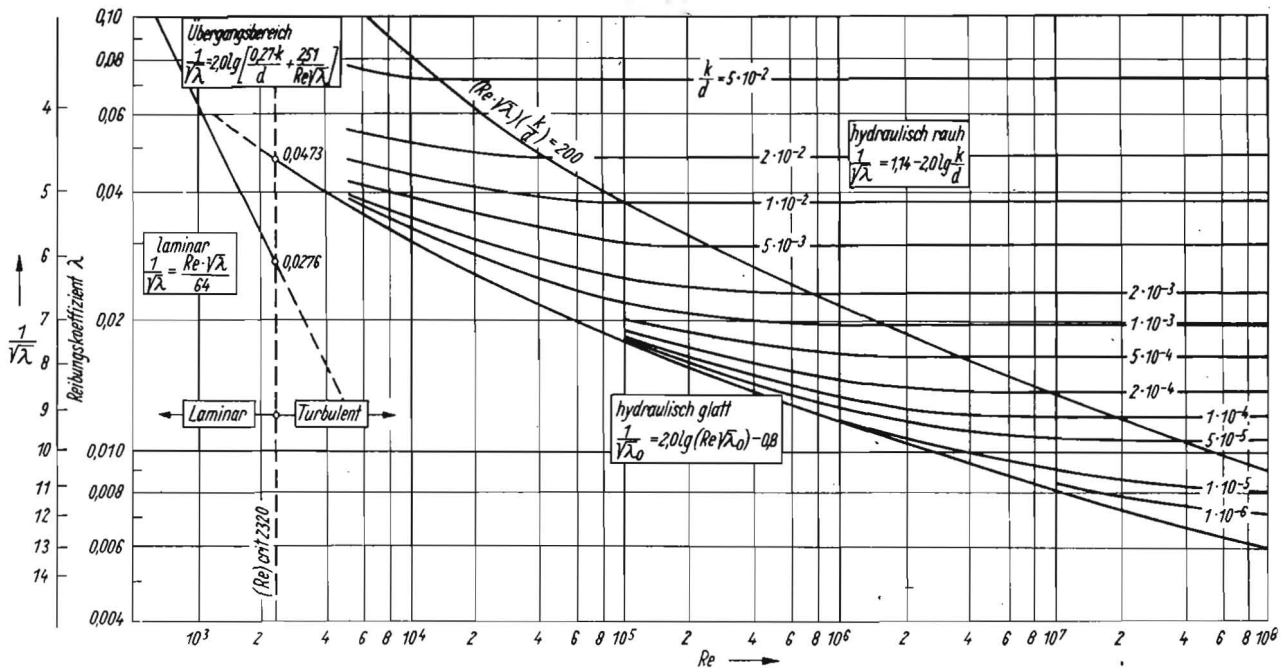


Bild 1. Auswertung der Colebrook'schen Gleichung (nach ECK [5])

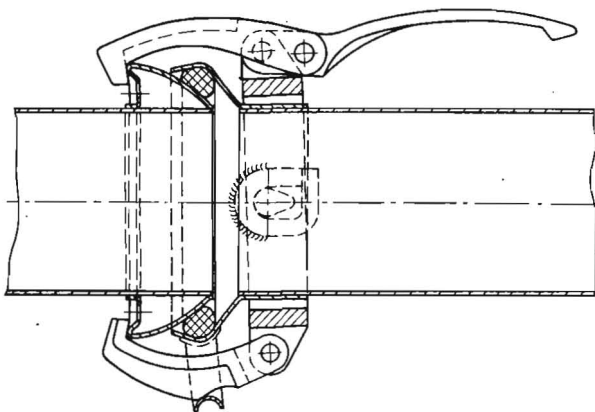


Bild 2. Schnellkupplungsrohr mit NW 80 vom VEB Rohrwerke Bitterfeld

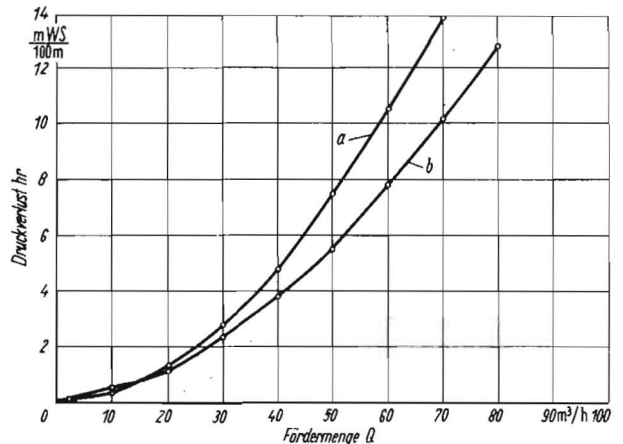


Bild 3. Druckverlust in SK-Rohren NW 80; a nach eigenen Messungen b nach OEHLER

relativen Rauigkeiten  $k/d$ . Daraus ergibt sich eine mittlere absolute Rauigkeit für die untersuchten Rohre von  $k = 0,1 \text{ mm}$ .

#### 4. Auswertung

Die gemessenen Druckverluste werden in Bild 3 mit den Werten von OEHLER verglichen. Danach haben die SK-Rohre des VEB Rohrwerke Bitterfeld einen wesentlich größeren Druckverlust als die von OEHLER untersuchten Rohre. Der gefundene  $k$ -Wert entspricht dem von KIRSCHMER [6] angegebenen Wert für galvanisierte Eisenrohre.

#### 5. Zusammenfassung

Die durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß die Ermittlung des Druckverlustes in SK-Rohren nach den Kurven von OEHLER im speziellen Fall zu Fehlern führen kann. Es erscheint dringend erforderlich, die durchgeführten Untersuchungen auf SK-Rohre anderer Nennweiten und Materialien, auf Formstücke und Armaturen zu erweitern.

Die Einbeziehung weiterer Flüssigkeitsarten wie Abwasser oder Gülle sollte in Erwägung gezogen werden.

Abschließend noch ein Wort zur

#### Bemessung von Flügelleitungen

Es ist bei uns üblich, die Länge der Flügelleitung nach der Fördermenge

zu bemessen, daß der Druckverlust in der Flügelleitung 10 mWS nicht übersteigen soll.

Diese Forderung basiert auf der Erkenntnis, daß der Druckunterschied zwischen erstem und letztem Regner begrenzt sein muß, da es sonst zu unterschiedlicher Funktion der Regner kommt. Nun ist es aber ein großer Unterschied, ab man diese 10 m Druckverlust bei Schwachregnern mit einem mittleren Betriebsdruck von 2,5 at oder bei Weitstrahlregnern mit einem mittleren Betriebsdruck von 4,5 at oder mehr zugrundelegt.

Im ersten Fall stellt der Druckverlust von 10 m etwa 40 % des mittleren Betriebsdruckes, im zweiten Fall nur 22 % dar.

Es wäre daher sinnvoll, bei der Bemessung von Flügelleitungen von einem maximalen Druckverlust auszugehen, der zu dem mittleren Betriebsdruck der jeweils verwendeten Regner in Beziehung steht. Zweckmäßig wäre zum Beispiel die Forderung, daß der Druckverlust in einer Flügelleitung 20 % des mittleren Betriebsdruckes der Regner nicht übersteigen darf.

#### Literatur

- [1] OEHLER, T.: Die Leitwiderstände von Schnellkupplungsrohren. RKTL-Schriften, H. 30, Berlin 1932
- [2] KEUNEKE / MOSER: Der Druckverlust in Beregnungsrohren. Landtechnische Forschung (1965) H. 2, S. 43
- [3] Richtlinien und Bemessungsgrundlagen für Anlagen im allgemeinen Wasserbau
- [4] Richtlinien zur Ausarbeitung von Projekten für den Bau von Bewässerungsanlagen (Entwurf)
- [5] ECK, B.: Technische Strömungslehre. Springer-Verlag Berlin / Göttingen / Heidelberg 1954
- [6] KIRSCHMER, O.: Kritische Betrachtungen zur Frage der Rohrreibung. Z. VDI (1952) S. 785