

Erich Dohne: «Les conditions techniques auxquelles doit répondre le chargeur arrière attelé au relevage trois points du tracteur.»

L'auteur examine par des calculs les chargeurs arrière montés sur le relevage trois points et montre à la suite de considérations théoriques qu'un relevage trois points de construction moderne d'une puissance de plus de 800 mhp est en mesure d'atteindre une charge utile permettant un rendement de chargement suffisant. La courbe de levage du centre de gravité du chargeur arrière dépend essentiellement de la forme de la courbe de levage du relevage trois points et de la disposition des points d'attelage au tracteur. Les courbes de levage spécifiques des chargeurs offrent une bonne possibilité pour choisir les chargeurs s'adaptant bien à un tracteur donné. Etant donné son montage à l'arrière du tracteur et sa charge utile faible, les possibilités d'utilisation du chargeur arrière sont réduites par rapport à celles du chargeur frontal.

Erich Dohne: «Las condiciones técnicas de la suspensión en tres puntos de tractores — cargadores de popa.»

Se han hecho cálculos de la suspensión en tres puntos en los modernos cargadores de popa. Con consideraciones teóricas se demuestra que un elevador de suspensión en tres puntos moderno con rendimiento superior a 800 mhp está en condiciones de dar un rendimiento de carga satisfactorio. La curva exacta de la potencia elevadora del cargador para el centro de gravedad del elevador de popa, suspendido en tres puntos, depende en primer lugar de la forma de la curva del elevador y de la posición de los puntos de acoplamiento en el tractor agrícola, facilitando las curvas de elevación específicas básicas un criterio bueno de los diferentes cargadores en cuanto a la relación entre tractor y cargador. Debido al montaje en popa y a la poca carga útil, las posibilidades de empleo, en comparación con el cargador frontal, son escasas.

Klaus Keuneke und Eberhard Moser:

Der Druckverlust in Beregnungsrohren

Mitteilung aus dem Institut für Landtechnik, Stuttgart-Hohenheim

Schnellkupplungsrohre finden in der Landwirtschaft für Zwecke der Beregnung jedoch auch zur Förderung von Gasen immer mehr Eingang. Ihre Herstellung erfolgt vorwiegend aus Stahl, Stahlblech, Bandstahl oder Leichtmetall in den nach DIN 19651 genormten Durchmessern. Davon abweichend werden auch Rohre aus Kunststoff und in anderen Durchmessern hergestellt (Tafel 1).

Nur auf Grund exakter Kenntnisse der auftretenden Druckverluste ist eine richtige Auslegung von Rohrleitungen möglich. Zur Ermittlung des Druckverlustes von Schnellkupplungsrohren werden von der Beregnungsindustrie bevorzugt die bekannten Formeln von WEISBACH und LANG,

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{w^2 \gamma}{2g} \quad \text{mit} \quad \lambda = a + \frac{b}{wD},$$

sowie die Versuchsergebnisse von OEHLER [1] zugrunde gelegt.

Dabei bedeuten Δp den Druckverlust, γ das spezifische Gewicht des strömenden Mediums, λ den Widerstandsbeiwert, l die Rohrlänge, D den Rohrdurchmesser, w die Strömungsgeschwindigkeit, g die Erdbeschleunigung und a , b zwei Konstanten. Unter Berücksichtigung fremder und eigener Messungen an Schnellkupplungsrohren unterschiedlicher Herstellung mit verschiedenen Innendurchmessern ergaben sich nach LANG für die Strömung von Wasser die Mittelwerte $a \approx 0,02$ und $b \approx 0,0018$.

Diese Ergebnisse in Verbindung mit Verhältniszahlen nach OEHLER [1] können jedoch nur für eine überschlägige Berechnung Verwendung finden, da neben der Strömungsgeschwindigkeit und dem Rohrdurchmesser auch Rauigkeit, Konstruktion der Schnellkupplung sowie die kinematische Zähigkeit ν des strömenden Mediums von Einfluß auf den Widerstandsbeiwert sind.

1. Gesetze für die Strömung in geraden Rohren

Genauere Werte lassen sich mit Hilfe der Reibungsformeln von HAGEN-POISEUILLE, PRANDTL-KÁRMÁN und COLEBROOK berechnen. Es gilt die allgemeine Beziehung $\lambda = f \left(\text{Re}, \frac{k}{D} \right)$ für fast das gesamte Gebiet der praktischen Rohrströmung.

Sie vereinfacht sich im laminaren Bereich $\dots \lambda = \frac{64}{\text{Re}}$ (HAGEN-POISEUILLE) für $\text{Re} = \frac{wD}{\nu} \leq 2320$ \dots sowie bei der turbulenten Strömung in den Sonderfällen des hydraulisch glatten Rohres

$\dots \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \frac{\text{Re} \sqrt{\lambda}}{2,51}$ \dots und des hydraulisch rauhen Rohres

$\dots \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg 3,72 \frac{D}{k}$ (PRANDTL-KÁRMÁN) \dots , da in diesen Fällen die relative Rauigkeit $\frac{k}{D}$ entweder die Größe des Widerstands-

beiwertes nicht beeinflußt, vernachlässigbar klein oder aber allein dafür verantwortlich ist.

Im Übergangsbereich zwischen hydraulisch-glattem und hydraulisch-rauhem Bereich wird die Strömung sowohl von der REYNOLDSschen Zahl, als auch von der Rauigkeit beeinflußt, und es gilt die Beziehung $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,72 D} \right)$ (COLEBROOK).

Der Wert k stellt dabei ursprünglich den mittleren Höhenunterschied zwischen Gipfeln und Tälern einer gleichmäßig rauhen Oberfläche dar, entsprechend der künstlichen Sandrauigkeit nach NIKURADSE.

Die Rauigkeit verschiedenartiger Rohrwände kann jedoch nicht allein durch die mittlere Höhe gekennzeichnet werden, denn auch Art und Verteilung der Unebenheiten sind von Einfluß. Um aber keine weiteren Kenngrößen einführen zu müssen, wurde die ungleichmäßige Rauigkeit ebenfalls mit k als mittlere Höhe einer in der hydraulischen Wirkung vergleichbaren sandrauen Fläche gekennzeichnet. Es ist bekannt, daß sich Rohre mit natürlicher Rauigkeit bei glatter und vollständig rauher Strömung wie sandraue Rohre verhalten. Im Übergangsbereich sind jedoch in den Widerstandskurven keine Wendepunkte enthalten, da die laminar

Tafel 1: Maße der Schnellkupplungsrohre

Außendurchmesser [mm]	Durchschnittswandstärke [mm]	Durchschnittsgewicht für Normalrohrlänge 6 m [kg]	Ausführung	
			nach DIN	zum Beispiel bei Firma
a) Schnellkupplungsrohre aus feuerverzinktem Bandstahl*)				
50	0,8	7,7	19651	Bauer Hölz Hüdig Mannesmann Perrot
60	0,8	9,6		
70	0,8	11,5		
89	0,9	15,9		
108	1,0	21,6		
133	1,4	33,1		
159	1,5	44,2		
194	1,7	52,0		
216	2,0	100,0		
b) Schnellkupplungsrohre aus Kunststoff*)				
50	2,0	2,2	Hüdig	
63	2,7	3,9		
75	3,2	6,4		
90	3,9	7,8		

*) Jeweils in den Baulängen 6, 5, 4, 3, 2, 1 m

strömende Grenzschicht nur allmählich durch die größten Erhebungen gestört wird. Im Gegensatz zu Rohren mit gleichzeitig einwirkender Sandrauhigkeit werden Rohre natürlicher Rauigkeit nur langsam hydraulisch rau. Im Übergangsgebiet bezeichnet also k als äquivalente Sandrauhigkeit kein äquivalentes Verhalten dieser Rauigkeit. Das Übergangsgebiet, beschrieben durch die Formel nach COLEBROOK, liegt zwischen der Kurve für hydraulisch glattes Verhalten und einer Grenzkurve $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = \frac{Re}{200} \frac{k}{D}$.

2. Übertragung auf Schnellkupplungsrohre

Die angegebenen theoretisch-experimentell gefundenen Beziehungen umfassen den gesamten Bereich laminarer und turbulenter Strömung für alle Rauigkeiten handelsüblicher Rohre. Bei dem Sonderfall von Schnellkupplungsrohren ist zu erwarten, daß ein Einfluß der Kupplung besteht; ist trotzdem aber eine Übertragung der Gesetzmäßigkeit von COLEBROOK auf solche Rohre statthaft. Für diese Annahme spricht, daß bei der Strömung in Krümmern die Widerstandsziffer für die Umlenkung ζ_U , die sich aus Verlusten durch Querströmung und Ablösung zusammensetzt, in ähnlicher Weise von der REYNOLDSschen Zahl und der Rauigkeit abhängt wie der Widerstandsbeiwert λ für gerade Rohre. Bei Schnellkupplungen können ebenfalls Ablösungen und Wirbel auftreten, jedoch nicht in dem Maße wie etwa bei Ventilen und Schiebern, wo infolge der Querschnittsverengung und der damit verbundenen sehr starken Verwirbelung schon bei niedrigen REYNOLDSschen Zahlen der ζ -Wert konstant wird.

Die Widerstandsziffer für eine Kupplung ζ_K ließe sich daher entweder in einer äquivalenten Rohrlänge ausdrücken und mit der geraden Rohrlänge zusammenfassen oder aber man könnte den Druckverlust der Kupplung in der Druckverlustrechnung für das gerade Rohr durch einen größeren Rauigkeitswert, also durch eine Vergrößerung des k -Wertes, berücksichtigen.

Eine Rohrleitung mit mehreren durch Schnellkupplungen bedingten Übergangsstellen wird dann als ein fortlaufendes Rohr betrachtet, ähnlich wie beispielsweise eine Rohrleitung mit Muffenverbindung, die durch eingeschnittene Gewinde und den mehr oder weniger großen Zwischenräumen zwischen den verbundenen Rohren eine unterschiedliche Rauigkeit aufweist. Bei Rohren mit Muffenverbindung ist dieser Unterschied gering, so daß sich die Berechnung des Druckverlustes mit einem konstanten k -Wert unabhängig von der Zahl der Verbindungsstellen durchführen läßt. Da jedoch bei Schnellkupplungen ein stärkerer Einfluß auf den Druckverlust als bei Muffenverbindungen zu erwarten ist, müssen die für Schnellkupplungsrohre ermittelten k -Werte durch die genaue Bezeichnung der Kupplungsbauart und die Angabe der Rohrlänge als Abstand der Kupplungen von einander ergänzt werden. Der Parameter Rohrlänge entfällt zumeist, da die Herstellung hauptsächlich auf eine Normlänge von 6 m abgestimmt ist. Für Sonderfälle werden jedoch auch Längen von 1, 2, 3, 4 oder 5 m gefertigt.

3. Versuchsanlage und Versuchsdurchführung

Im Institut für Landtechnik, Stuttgart-Hohenheim, wurden Messungen an Schnellkupplungsrohren der Firma Perrot, Calw, durchgeführt mit dem Ziel, das Widerstandsverhalten verschiedener feuerverzinkter Schnellkupplungsrohre aus Bandstahl im Vergleich

zu stumpf zusammengeschweißten Rohren zu untersuchen und bei Übereinstimmung mit der Gesetzmäßigkeit von COLEBROOK die absolute Rauigkeit k zu ermitteln¹⁾.

Zur Messung des Druckverlustes in Rohrleitungen unterschiedlicher Art und Größe bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten wurde die in Bild 1 dargestellte Versuchsanlage errichtet. Zwei parallel geschaltete Niederdruckpumpen, die auch im Einzelbetrieb bei einer Fördermenge bis 170 m³/h mit einem Druck von 6 bis 32 m Wassersäule arbeiten konnten, wurden von je einem Drehstrommotor (22 PS bei 3000 U/min) angetrieben und dienten dazu, aus zwei Behältern mit 1,8 m³ Gesamtfassungsvermögen Wasser über eine Ansaug- und Meßleitung durch die jeweilige 30 m lange Prüflleitung und eine sich anschließende Rückföhrleitung zu fördern. Ein vor der Meßleitung eingebauter Schieber wurde zum Regeln der Fördermenge verwendet. Unter Einhaltung der erforderlichen Einlauf- und Auslaufstrecke erfolgte in der Meßleitung der Einbau eines Drosselgerätes, das mit verschiedenen Normblenden zur Ermittlung der Fördermenge diente. Die Wassertemperatur wurde nahezu konstant über die Dauer eines Versuches gehalten. Der herrschende Blendenwirkdruck sowie der in der Prüflleitung auftretende Druckverlust wurden mit Quecksilber-Manometern bestimmt.

Die Druckverlustmessungen wurden an geraden und abgewinkelten Rohren mit den Außendurchmessern 50, 70, 89, 108, 133 und 159 mm mit zwei verschiedenen Schnellkupplungsarten durchgeführt. Zum Vergleich wurde ferner der Druckverlust einer geraden Leitung von stumpf zusammengeschweißten Rohren mit 70 mm Durchmesser ermittelt.

4. Versuchsergebnisse

4.1. Druckverlust

Bild 2 zeigt als Beispiel den Druckverlust in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit für zwei Rohrleitungen der vorliegenden Kupplungsarten A und B mit 50 mm Durchmesser bei gerader und abgewinkelter Verlegung. Das Schnellkupplungsrohr B bewirkt bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit etwas höhere Druckverluste, ist also hydraulisch ungünstiger als Rohr A. Dieses Verhalten, das auch durch die Messungen an Rohrleitungen mit den anderen Rohrgrößen bestätigt wurde, erklärt sich daher, daß bei der Schnellkupplung B verschieden große und verschieden gestaltete Hohlräume vorliegen, während bei der Konstruktion von Kupplung A alle Hohlräume und Vorsprünge vermieden worden sind (Bild 3). Der Unterschied im Druckverlust zwischen gerader und geknickter Rohrföhrung bis zu einer Abwinkelung von 5° ist relativ gering und beträgt maximal etwa 3%. Für den Fall größerer Abwinkelungen wird jedoch der zusätzliche Druckverlust je nach Rohrweite mehr oder weniger stark ansteigen.

4.2. Widerstandsbeiwert

Nach diesen Messungen des Druckverlustes in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit für alle Rohrarten und -größen erfolgte die Berechnung der Widerstandsbeiwerte λ und der dazu-

¹⁾ Diese Messungen wurden von ALEXANDER PERROT im Rahmen einer Diplomarbeit an der Technischen Hochschule Stuttgart im Institut für Landtechnik, Stuttgart-Hohenheim, Direktor Prof. Dr.-Ing. G. SEGLER, im Jahre 1958 durchgeführt.

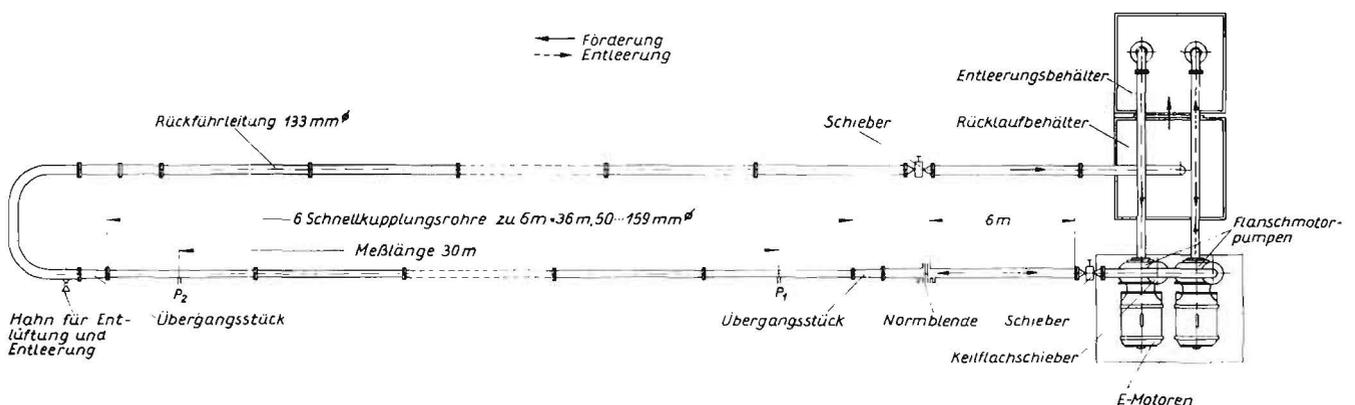


Bild 1: Versuchsanlage zur Bestimmung des Druckverlustes in Leitungen aus Schnellkupplungsrohren

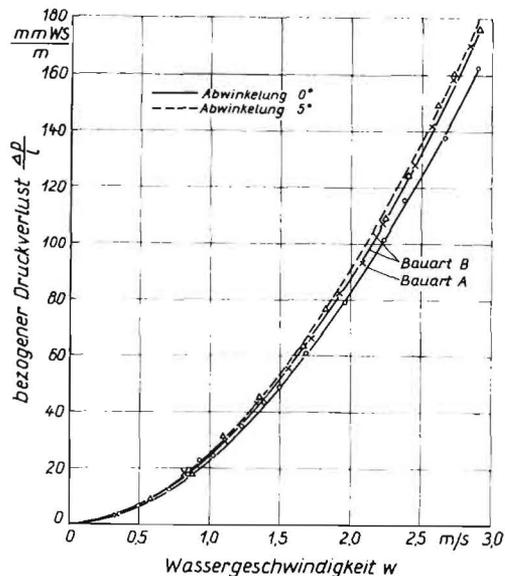


Bild 2: Bezogener Druckverlust für gerade und abgewinkelte Rohrleitungen in Abhängigkeit von der Wassergeschwindigkeit und der Schnellkupplungsbauart

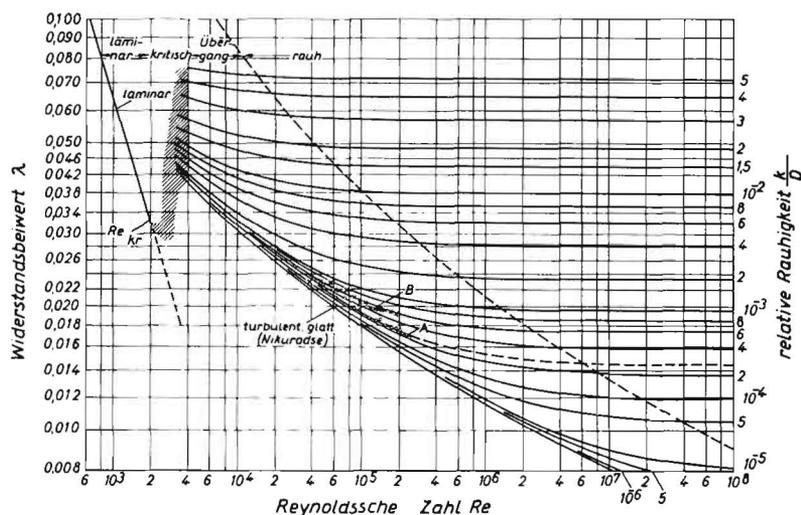
gehörigen REYNOLDSSchen Zahlen Re . Zur Feststellung des Einflusses der relativen Rauigkeit $\frac{k}{D}$ wurden allerdings nicht die für den jeweiligen Strömungsbereich gültigen Formeln verwendet, sondern deren graphische Darstellung, bekannt als Moody-Diagramm, zugrunde gelegt. Die in das Moody-Diagramm über Re eingezeichneten λ -Werte zeigen für sämtliche Rohre einen Verlauf entsprechend den Kurven nach der Beziehung von COLEBROOK. Infolge der versuchstechnisch bedingten Grenzen für kleine und große REYNOLDSSche Zahlen konnte nur ein kleiner Bereich durch die Messungen erfaßt werden. Auf Grund der Ergebnisse läßt sich jedoch annehmen, daß eine Extrapolation von λ über einen größeren Bereich statthaft ist. Bild 4 zeigt für die Rohrgröße 50 mm Durchmesser mit Schnellkupplung A sowie B die im Moody-Diagramm eingezeichneten Widerstandsbeiwerte in Abhängigkeit von der REYNOLDSSchen Zahl.

4.3. Rauigkeit

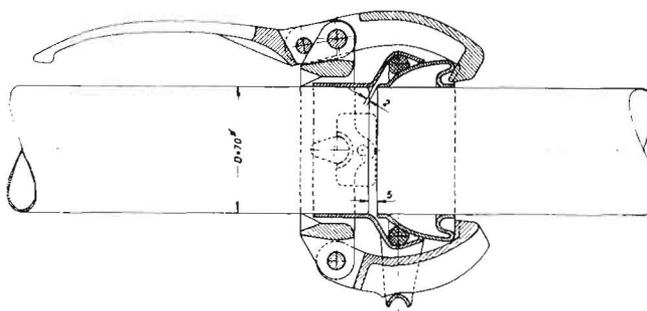
Die Extrapolation der durch die Versuchswerte hindurchgelegten Kurven lieferte als absolute Rauigkeiten $k = 0,014$ beziehungsweise $0,03$ mm. Die Auswertung der übrigen Messungen zeigte grundsätzlich eine gute Übereinstimmung der k -Werte unter den verschiedenen Größen einer Rohrrart. Als Mittelwerte ergaben sich für Schnellkupplungsrohre der Bauart A eine absolute Rauigkeit von $0,011$ und für die Bauart B von $0,029$ mm. Der zum Vergleich ermittelte λ - Re -Verlauf einer geraden Rohrleitung aus stumpf zusammengeschweißten Rohren der Größe 70 mm Durchmesser ergab nur eine geringe Verminderung gegenüber der entsprechenden Auftragung für Schnellkupplungsrohre gleicher Größe der Bauart A. Diese Schnellkupplungsrohre A sind also ausgesprochen strömungsgünstig ausgebildet, so daß kaum ein Unterschied im hydraulischen Verhalten gegenüber einer stumpfgeschweißten Leitung oder Rohren mit Flanschverbindung festzustellen ist, während für Rohre der Bauart B eindeutig ungünstigere Strömungsverhältnisse vorliegen.

Die gefundenen k -Werte sind erheblich niedriger als die von RICHTER [2] für verzinkte Rohre angegebenen Zahlen in der Größenordnung $0,07$ bis $0,16$ mm. Als Erklärung dieser Unterschiede kann angeführt werden, daß einmal in den Werten nach

Bild 4: Darstellung der allgemeinen Widerstandsformeln mit den Versuchswerten λ in Abhängigkeit von Re und der Schnellkupplungsbauart für die Rohrgröße 50 mm



Bauart A



Bauart B

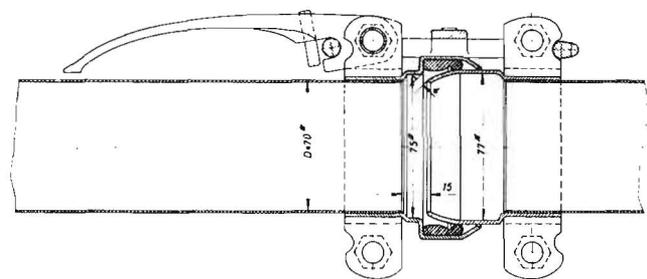


Bild 3: Untersuchte Schnellkupplungen

RICHTER [2] eine genügende Sicherheit enthalten sein wird, zum anderen, daß im Laufe der Jahre durch eine ständige Verbesserung des Verzinkungsverfahrens die Güte und Glätte der Verzinkung gesteigert worden ist.

5. Praktische Folgerungen

5.1. Druckverlust in geraden Rohren

Zur Vereinfachung der Auslegung von Rohrleitungen ist es zweckmäßig, Gebrauchsdigramme aufzustellen. Für die in Frage kommenden Rohrgrößen einer Bauart mit bekannter Rauigkeit wird zuerst der λ - Re -Verlauf im Moody-Diagramm ermittelt. Bei Vorgabe einer bestimmten mittleren Wassertemperatur läßt sich daraufhin in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit und dem Rohrdurchmesser über den Widerstandsbeiwert λ der Druckverlust bestimmen und auftragen.

Für Rohre aus den technisch wichtigen Werkstoffen Stahl, Gußeisen, Aluminium, Eternit und Kunststoff wurde in Bild 5 der für bestimmte relative Rauigkeiten $\frac{k}{D}$ allgemein geltende λ - Re -Verlauf durch Einsetzen der entsprechenden mittleren absoluten Rauigkeiten k für diese Werkstoffe gekennzeichnet. Dabei wurde für nahtlos gezogene oder längsgeschweißte, blanke Stahlrohre als mittlere absolute Rauigkeit der Wert $k = 0,03$ mm und für bituminierte Stahlrohre $k = 0,05$ mm zugrunde gelegt. Bei neuen Rohren aus Gußeisen wurde mit einer mittleren absoluten Rauigkeit

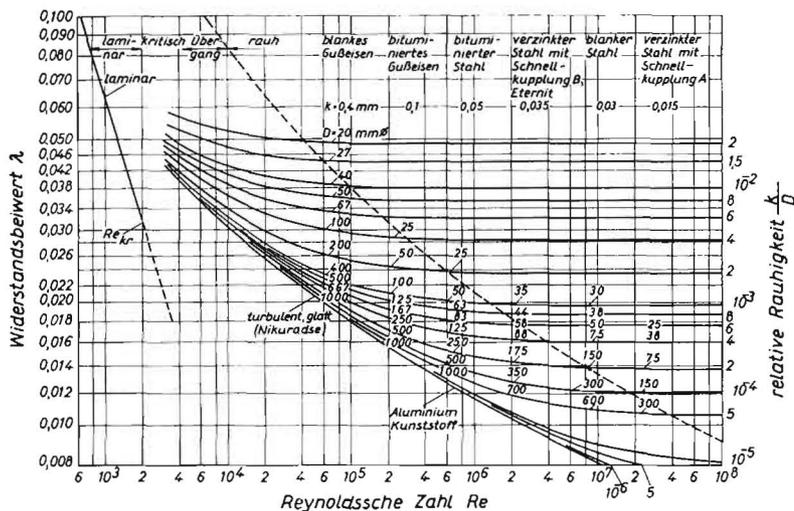


Bild 5: Darstellung der allgemeinen Widerstandsformeln mit Eintragung der absoluten Rauigkeit und zugehörigen Rohrlindendurchmessern für verschiedene Werkstoffe

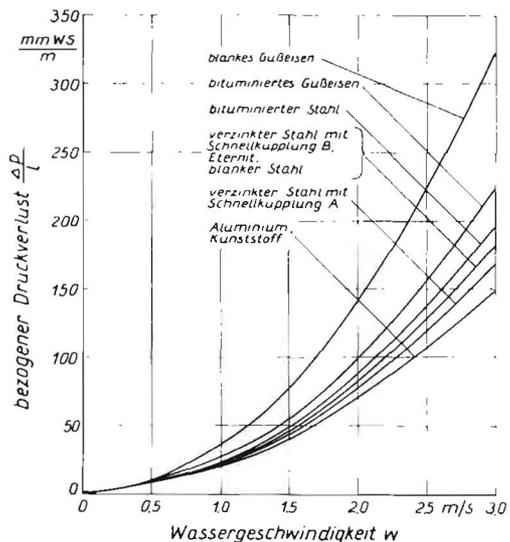


Bild 6: Bezogener Druckverlust in Abhängigkeit von der Wassergeschwindigkeit für Rohre aus verschiedenen Werkstoffen

keit von 0,4 mm, bei bituminierten gußeisernen Rohren dagegen mit dem geringeren Wert $k = 0,1$ mm gerechnet. Untersuchungen von LUDIN [3] über den Druckverlust in Eternitrohren führten zu einem Mittelwert $k = 0,035$ mm. Neue Aluminiumrohre können nach einem Bericht von REE [4] über Versuchsergebnisse verschiedener Forscher in Amerika zumindest bis zu REYNOLDSSchen Zahlen $5 \cdot 10^5$ als hydraulisch glatt betrachtet werden. Ebenfalls als hydraulisch glatt können Rohre aus Kunststoff wie Polyvinylchlorid oder Polyäthylen angesehen werden. Für feuerverzinkte Rohre wurden die aus den durchgeführten Messungen ermittelten Werte etwas erhöht eingesetzt, und zwar für stumpfverschweißte Leitungen sowie Schnellkupplungsrohre der Bauart A $k = 0,015$ mm und für Schnellkupplungsrohre der Bauart B $k = 0,035$ mm. Als Beispiel für den Einfluß des Materials wurde in Bild 6 der Druckverlust in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit bei einer Förderung von Wasser (20° C) in Rohrleitungen mit einheitlichem Durchmesser (50 mm) aufgetragen. Die Unterschiede im Druckverlust zwischen Rohren aus Gußeisen und Rohren aus Aluminium oder Kunststoff sind beträchtlich. So beträgt der Unterschied beispielsweise bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 2 m/s $71 \frac{\text{m m WS}}{\text{m}}$ entsprechend 100% bezogen auf den niedrigsten Druckverlust bei Aluminium- oder Kunststoffrohren. Es ist anzunehmen, daß sich zukünftig Kunststoffrohre immer mehr in der Berechnungstechnik durchsetzen werden. Neben dem Vorteil des geringen Strömungswiderstandes weisen Rohre aus Kunststoff noch andere günstige Eigenschaften auf wie geringes spezifisches Gewicht, große Biegsamkeit und Unempfindlichkeit gegenüber anderen mechanischen Belastungen wie Wasserschlägen im Leitungsnetz oder Frost. Ferner entfallen störende und den Druckverlust erhöhende Verbindungen, da Kunststoffrohre bis zu Längen von 3000 m gefertigt werden können.

5.2. Druckverlust in Krümmern

Neben den Druckverlusten in geraden Rohren und durch Kuppungen sind ferner die Druckverluste in Krümmern und durch Armaturen von Bedeutung. Der Vollständigkeit halber soll deren übliche Berücksichtigung nicht unerwähnt bleiben. Zur Berechnung werden Widerstandsziffern ζ zugrunde gelegt, mit denen bei bekannter Größe jeder Einzeldruckverlust gemäß der allgemeinen Gleichung $\Delta p = \zeta \frac{w^2 \gamma}{2g}$ ermittelt werden kann.

Bei gekrümmten Rohren setzt sich der Gesamtdruckverlust aus Wandungs- und Umlenkungsverlust zusammen. Der Wandungsverlust läßt sich mit der für gerade Rohre gültigen Gleichung leicht ermitteln, wenn anstelle der Länge des geraden Rohres l die abgewinkelte Rohrlänge des Krümmers $\frac{\pi \rho}{2}$ mit ρ als Krümmungsradius gesetzt wird. Als zusätzlicher Druckverlust erscheint der

Umlenkungsverlust, der mit Hilfe einer Widerstandsziffer bestimmt werden kann. Diese Widerstandsziffer ist, wie schon erwähnt, in ähnlicher Weise von der REYNOLDSSchen Zahl und der Rauigkeit wie der Widerstandsbeiwert λ für gerade Rohre abhängig. Ferner sind auf ihre Größe das Krümmungsverhältnis $\frac{\rho}{D}$ und der Ablenkungswinkel δ von Einfluß. Nur geringe Abhängigkeit soll nach ZIMMERMANN [5] vom Rohrdurchmesser D bestehen. Von ZIMMERMANN [5] gemessene ζ_v -Werte für rechtwinklige Krümmern aus blankem Stahl sind in Bild 7 in Abhängigkeit von der REYNOLDSSchen Zahl und dem Krümmungsverhältnis angegeben. Mit Kenntnis dieser Widerstandsziffern ist es möglich, den Umlenkungsverlust von vorwiegend verwendeten 90°-Krümmern zu erfassen.

Wegen des ähnlichen Verlaufs der λ - und ζ_v -Werte in Abhängigkeit von der REYNOLDSSchen Zahl und Rauigkeit ist es statthaft, den Gesamtdruckverlust eines Krümmers in einer Rohrleitung durch Einführung einer äquivalenten Länge geraden Rohres zu erfassen, die denselben Druckverlust aufweisen würde. Dabei gelten die Beziehungen $\Delta p_w = \lambda \frac{\pi \rho}{2D} \frac{w^2 \gamma}{2g}$ und $\Delta p_v = \zeta_v \frac{w^2 \gamma}{2g}$ zur Bestimmung des Wandungs- sowie des Umlenkungsverlustes. Als Gesamtdruckverlust des Krümmers folgt $\Delta p_{kr} = \frac{\lambda}{D} \left(\frac{\pi \rho}{2} + \zeta_v D \right) \frac{w^2 \gamma}{2g}$, worin $\left(\frac{\pi \rho}{2} + \zeta_v D \right)$ der äquivalenten Rohrlänge entspricht.

Für beliebige Strömungs- und Krümmungsverhältnisse lassen sich mit Hilfe der dargestellten λ - und ζ_v -Werte die äquivalenten Rohrlängen ermitteln, wobei die λ -Werte unter anderem je nach Rauigkeit der verwendeten Werkstoffe veränderlich sind. Auch bei den ζ_v -Werten besteht eine Abhängigkeit von der Rauigkeit, maximal etwa im Verhältnis 2:1 bei sehr rauhen gegenüber hydraulisch glatten Rohren. Dieser Einfluß kann jedoch bei Krümmern aus

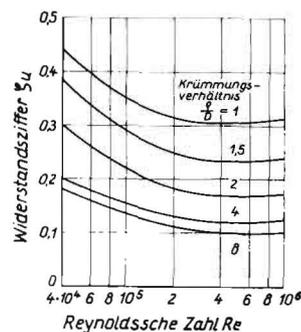


Bild 7: Widerstandsziffer ζ_v in Abhängigkeit von der Reynoldsschen Zahl und dem Krümmungsverhältnis für rechtwinklige Krümmern aus Stahl

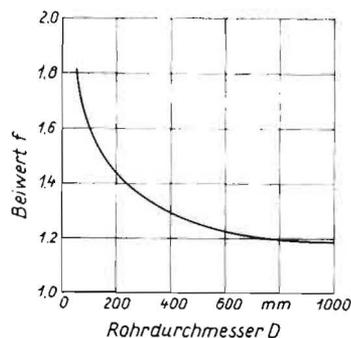


Bild 8: Beiwert zur Ermittlung der äquivalenten Rohrlänge für rechtwinkelige Krümmen aus Gußeisen

Aluminium, Kunststoff, blankem und bituminiertem Stahl sowie bituminiertem Gußeisen unberücksichtigt bleiben, so daß die in Bild 7 dargestellten ζ_U -Werte zur Ermittlung der äquivalenten Rohrlänge für 90°-Krümmen aus den angeführten Werkstoffen gültig sind. Unter Verwendung dieser äquivalenten Rohrlängen und eines Beiwertes f in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser (Bild 8) können nach RICHTER [2] auch die Druckverluste in Krümmern aus blankem Gußeisen bei sonst gleichen Strömungsverhältnissen durch äquivalente Rohrlängen berücksichtigt werden.

Wegen allgemeiner Gültigkeit der Berechnung des Druckverlustes in Krümmern wurden hierzu keine Druckverlustmessungen durchgeführt.

5.3. Druckverlust durch Armaturen

Die Berücksichtigung von Armaturen wie Normal- und Sonderschiebern und Saugkörben erfolgt mit Hilfe von ζ -Werten, die in Verbindung mit dem dynamischen Druck die Berechnung des Druckverlustes ermöglichen. Eine Ermittlung der äquivalenten Rohrlänge ist nicht sinnvoll, da die Widerstandsziffern für Armaturen meist schon bei niedrigen REYNOLDSschen Zahlen konstante Werte annehmen.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden ζ -Werte von Schnellkupplungsschiebern, und zwar von Normal- und Sonderschiebern für einmaliges Einstellen eines bestimmten Druckes ermittelt. Bei Normalschiebern mit Schnellkupplungen der Bauart A für Rohre mit 70 und 89 mm Durchmesser lagen die mit 0,4 und 0,6 im konstanten Bereich gemessenen ζ_S -Werte etwas oberhalb der im Schrifttum mit 0,3 bis 0,4 allgemein angegebenen Widerstandsziffern für Normalschieber mit Flanschanschluß. Die von Einstellschiebern mit Schnellkupplungen der Bauart B für Rohre mit 50 und 70 mm Durchmesser bestimmten Widerstandsziffern waren mit 1,75 sowie 1,3 sehr viel größer, da die in der Durchflußöffnung liegende Hülse mit Verstellspindel eine starke Verminderung des Strömungsquerschnittes und somit durch größere Einschnürungs- und Erweiterungsverluste eine Erhöhung der Widerstandsziffer zur Folge hat.

Die wenigen für Saugkörbe bekannten Widerstandsziffern beziehen sich auf früher handelsübliche Saugkörbe in zweiteiliger Gußansführung und liegen in der Größenordnung von etwa 2,5. Speziell für die Berechnungstechnik entwickelte Saugkörbe mit Schnellkupplungen bestehen hauptsächlich aus Blech- und Leichtmetallteilen. Dem Vorteil des geringen Gewichts und eines auch bei Schräglage sicheren Betriebsverhaltens steht eine hydraulische Verschlechterung entgegen, da wegen der einteiligen Konstruktion des Gehäuses der Ventil-Einlaßquerschnitt kleiner als die Nennweite ausgeführt werden muß. Die Widerstandsziffern der untersuchten Saugkörbe mit Schnellkupplungen der Bauart A lagen deshalb höher. Für die Rohrweiten 70, 89, 108, 133 und 159 mm ergaben sich ζ_{SK} -Werte im Bereich 8,6 bis 5,4. Da die Ausführungen von Schiebern und Saugkörben jedoch besonders vielfältig sind, können die ermittelten Widerstandsziffern nur als Vergleichswerte angesehen werden.

Je nach Bauart und Anwendung treten bei Abzweigstücken ebenfalls sehr unterschiedliche Widerstandsziffern auf. Zu ihrer Bestimmung sind umfangreiche Messungen erforderlich. Da im Rahmen der Untersuchungen hierzu keine Möglichkeit bestand,

jedoch viele Forschungsergebnisse, allerdings meist für Abzweigstücke ohne Schnellkupplungen vorliegen, sei besonders auf die Angaben von OEHLER [1] und RICHTER [2] oder STRADTMANN [6] verwiesen.

Zusammenfassung

Es wurde der Druckverlust bei der Strömung von Wasser in feuerverzinkten Leitungen aus Schnellkupplungsrohren gemessen. Die Untersuchungen erfolgten an Rohren verschiedener Durchmesser in der Normallänge 6 m. Die für zwei Schnellkupplungsbauarten ermittelten Druckverluste liegen maximal in der Größenordnung wie bei üblichen Leitungen aus blankem Stahl. Ein Einfluß der Schnellkupplungsbauart auf den Druckverlust konnte festgestellt werden. Nach den bekannten Strömungsgesetzen ließ sich die mittlere absolute Rauigkeit ermitteln.

Abschließend angegebene Widerstandsziffern bieten die Möglichkeit, auch die Druckverluste von Krümmern, Schiebern und Saugkörben zu berechnen.

Schrifttum

- [1] OEHLER, Th.: Die Leitwiderstände von Schnellkupplungsrohren. RKT-L-Schriften, H. 30, Berlin 1932
- [2] RICHTER, H.: Rohrhydraulik, 2. Aufl. Berlin/Göttingen/Heidelberg 1954
- [3] LUDIN, A.: Untersuchungen über die Fließwiderstände in Asbestzement-Rohren. RKT-L-Schriften H. 38, Berlin 1933
- [4] REE, W. O.: Head loss in quick-coupled aluminum pipe. United States Department of Agriculture in cooperation with the Oklahoma Agricultural Experiment Station. Agriculture Handbook Nr. 147, Washington, D. C. April 1959
- [5] ZIMMERMANN, E.: Der Druckabfall in 90°-Stahlrohrbogen. Archiv für Wärmelehre 19 (1938), S. 265
- [6] STRADTMANN, F. H.: Stahlrohr Handbuch, 6. Aufl. Essen 1961

Résumé

Klaus Keunike and Eberhard Moser: „Pressure Loss in Irrigation Pipes.“

The pressure loss during the flow of water in fire galvanized pipes with instantaneous coupling was measured. The examinations were made with pipes of different diameter with a normal length of 6,00 m. The pressure losses determined for two instantaneous coupling designs are not higher than those for common pipes of bright steel. The instantaneous coupling design was noted to affect the pressure loss. The mean absolute roughness could be determined by means of the known law of flow.

The figures of resistance mentioned in conclusion offer the possibility to calculate also the pressure losses of bends, valves and suction hoses.

Klaus Keunike et Eberhard Moser: «Les pertes de charge dans les tuyauteries d'aspersion.»

On a mesuré les pertes de charge pendant l'écoulement de l'eau dans les tuyauteries zinguées au feu composées de tuyaux à accouplement rapide. Ils ont entrepris les recherches sur des tuyaux de différents diamètres et d'une longueur normale de 6 m. Les pertes de charge maximum déterminées pour deux types d'accouplement rapide se situent dans le même ordre de grandeur que celles dans les tuyauteries normales en acier nu. Ils ont constaté que le type d'accouplement rapide a une influence sur les pertes de charge. A la base des lois d'écoulement de liquides connues, ils ont pu déterminer la rugosité absolue moyenne. Des valeurs de résistance indiquées à la fin de leur étude permettent de calculer également les pertes de charge dans les coudes, les vannes et les crépines d'aspiration.

Klaus Keunike y Eberhard Moser: «La pérdida de presión en tubos de regadío.»

Se han medido las pérdidas que sufre la presión del agua al circular por tubos estañados al fuego de acoplamiento rápido, llevándose estas investigaciones a cabo con tubos del largo normal de 6 metros de diferentes diámetros. Las pérdidas máximas encontradas con dos sistemas de acoplamiento diferentes, se encuentran dentro del margen normal en tuberías de acero blanco, pudiendo medirse la influencia que ejerce el sistema de acoplamiento en la pérdida de presión. A base de las leyes de circulación se ha podido calcular la aspereza media absoluta.

Los factores de resistencia que se indican, dan también la posibilidad de calcular las pérdidas de presión en codos, válvulas-compuestas y alcachofas.