

# Rohrkupplungen in Wasserkraftanlagen

## Einsatzgebiete und Anwendungsbeispiele

### Pipe couplings in water power stations

#### Fields of usage and reference applications

Von Jan Treiber

*Ressourcenknappheit und steigender Energiebedarf sowie die Dezentralisierung der Energieerzeugung fördern die Wiederentdeckung der Wasserkraft als vielerorts verfügbaren Energieträger. Bestehende Wasserkraftanlagen werden ausgebaut und optimiert, neue kommen hinzu. Rohrkupplungen spielen dabei vermehrt eine wichtige Rolle, da mit ihnen einfach und kostengünstig Rohrverbindungen hergestellt werden können. Im vorliegenden Artikel werden Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Rohrkupplungen in Wasserkraftanlagen aufgezeigt. Anhand einiger Referenzanwendungen werden die wichtigsten Einsatzgebiete herausgearbeitet.*

*The scarcity of resources, increasing energy demand and the decentralisation of power generation are in many places helping to rediscover the hydroelectric power. Enlarging and optimising of existing plants comes along with completely new developed installations. Thus, pipe couplings play a more and more important role as an easy and economically priced alternative to connect pipe ends. This article shows the potential and the limits of pipe couplings in water power plants. Based on some reference installations, the application area will be properly defined.*

### Wasserkraftanlagen – eine kurze Einführung

Wasserkraftanlagen werden seit der Antike genutzt, um direkte Antriebsenergie für Mühlen, Hebeanlagen oder Sägewerke zu gewinnen. Seit den 1870er Jahren wird die Wasserkraft auch zur Erzeugung von elektrischer Energie mithilfe von Generatoren genutzt. Der Höhenunterschied zwischen Oberwasser und Unterwasser (**Bild 1**) dient dazu, mit der Bewegungsenergie des abfließenden Wassers eine Turbine in Bewegung zu setzen, die ihrerseits einen Generator antreibt. Man unterscheidet Wasserkraftanlagen nach ihrer Bauart, dem Nutzgefälle und ihrer Auslastung.

Die gebräuchlichsten Bauarten sind

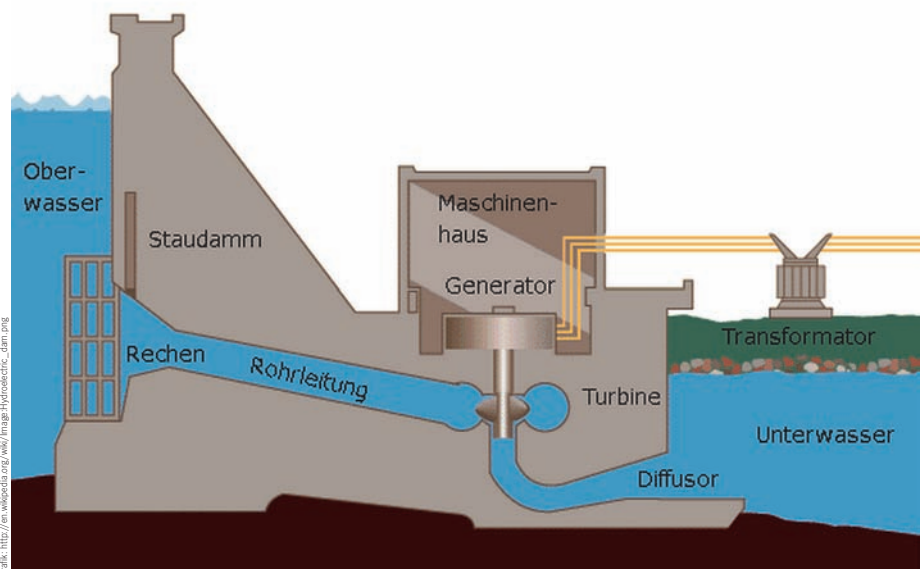
- Laufwasserkraftwerke (meist als Flusskraftwerke),
- Speicherkraftwerke (oft in Verbindung mit einem Stausee als Speicher) und
- Pumpspeicherkraftwerke.

Seltener findet man

- Gezeitenkraftwerke,
- Wellenkraftwerke oder
- Meeresströmungskraftwerke.

Je nach Fallhöhe besteht ein entsprechendes Nutzgefälle. Hier unterscheidet man

- Niederdruckkraftwerke (<15 m),
- Mitteldruckkraftwerke (15-50 m),
- Hochdruckkraftwerke (>50 m).



**Bild 1:** Schema eines Laufwasserkraftwerks

**Fig. 1:** Hydroelectric dam scheme

Für jede Fallhöhe gibt es geeignete Turbinen mit speziellen Laufradgeometrien, am bekanntesten sind Kaplan-, Francis- und Pelton-turbine.

Stellt man die von einem Wasserkraftwerk erzeugte Strommenge ins Verhältnis zur vorhandenen Nennleistung, erhält man die Auslastung. Danach werden die Wasserkraftanlagen unterteilt in

- Grundlastkraftwerke (>50 %),
- Mittellastkraftwerke (30-50 %) und
- Spitzenlastkraftwerke (<30 %).

Die ökonomische Bedeutung der Wasserkraftnutzung ist je nach Land äußerst unterschiedlich. Weltweit werden 18 % der „erneuerbaren“ elektrischen Energie mit Wasserkraft erzeugt. In Deutschland werden 3,5 % der gesamten Stromproduktion mit Wasserkraft erzeugt, in Österreich sind es 55 %, in der Schweiz 60 %.

Die nötigen Investitionen zur Erzeugung von Strom aus Wasserkraft sind im Vergleich zu anderen Kraftwerksarten relativ hoch.



**Bild 2:** Achsversatz an einem GFK-Rohr DN 1600  
**Fig. 2:** Axial misalignment of a DN1600 GRP pipe

Wasserkraftanlagen werden daher auf eine hohe Lebensdauer ausgelegt, um eine lange Nutzungszeit zu erreichen. Ein großer Vorteil von Wasserkraftwerken ist dabei ihr hoher Wirkungsgrad von 90 %.

### Rohrwerkstoffe in Wasserkraftanlagen

In Laufwasser- und (Pump-)Speicherkraftwerken stellen in der Regel Rohrleitungen und Formstücke, oft auch in Kombination mit Stollen und Tunneln, die Verbindung zwischen Ober- und Unterwasser her. Zur Regelung und Verteilung des Wasserflusses kommen Armaturen zum Einsatz.

Neben der Langlebigkeit werden an Rohre, Formstücke und Armaturen in Wasserkraftanlagen oft außergewöhnliche Anforderungen in punkto Sicherheit und Druckbeständigkeit gestellt. Formstücke müssen in vielen Fällen auf die jeweilige Einbausituation zugeschnitten sein und individuell hergestellt werden. Daher dominieren in diesem Bereich Bauteile aus Stahl und Guss, die auch in hohen Druckklassen verfügbar sind.

In Bereichen mit niedrigeren Betriebsdrücken, also in Laufwasserkraftwerken oder im oberen Bereich von Speicherkraftwerken können auch andere Werkstoffe wie zum Beispiel GFK Verwendung finden.

Da Wasserkraftanlagen zumeist aus natürlichen (Fließ-)Gewässern gespeist werden, müssen die Rohrleitungsteile und Armaturen auch mit Abrasion durch die mitgeführte Partikelfracht zurecht kommen. In Bereichen mit hoher Strömungsgeschwindigkeit kann dies schnell ein limitierender Faktor sein. Absperrarmaturen unterliegen in Wasserkraftanlagen häufig einem höheren Verschleiß als zum Beispiel in Trinkwasserleitungssystemen.

### Rohrverbindungen in Wasserkraftanlagen

Unabhängig von ihrem Einsatzort müssen Rohrverbindungen jeglicher Art zunächst einmal dauerhaft dicht sein. Allein diese Anforderung setzt schon ein gewisses Know-how bei der Auslegung, Konstruktion und der Montage dieser Rohrverbindungsteile voraus. Häufig wird – vielleicht aus Gewohnheit – von vornherein die klassische Flanschverbindung gewählt, obwohl gerade sie nicht immer die

beste Wahl ist. Aufwändige, langwierige Montage, hoher Materialeinsatz und die geringe Toleranz gegenüber Axialflucht- und Winkelabweichungen im Rohrsystem sprechen in vielen Fällen gegen die Flanschverbindung.

Neben der oben angeführten Dichtigkeit müssen Rohrverbindungen in Wasserkraftanlagen natürlich noch weiteren Anforderungen genügen:

- sie müssen dem bestehenden Betriebsdruck sowie zusätzlichen Belastungen zum Beispiel bei Druckstößen standhalten;
- sie müssen ein gewisses Maß an Abwinkelung der zu verbindenden Rohrenden aufnehmen können, zu der es durch allgemeine Toleranzen bei Bau oder Erweiterung eines Rohrsystems zwangsweise kommt;
- dies gilt genauso für den meist gleichzeitig auftretenden Achsversatz der Rohrleitungen (**Bild 2**);
- die bei Wasserkraftanlagen vorkommenden Rohrnennweiten sind in der Regel relativ groß; Ovalität und (Un-) Rundheit der Rohre sind Faktoren, die bei der Auswahl der Rohrverbindung berücksichtigt werden müssen;
- einer der wichtigsten Parameter ist die Fähigkeit einer Rohrverbindung, die axiale Längenänderung des Rohrleitungssystems, hervorgerufen durch Temperatur- und Druckänderungen, ohne Undichtigkeit in bestimmten Grenzen aufnehmen zu können;
- erfreulich ist es, wenn die gewählte Rohrverbindung werkstoffunabhängig einsetzbar ist, also unterschiedliche Rohrwerkstoffe miteinander verbinden und auf möglichst vielen Rohrwerkstoffen eingebaut werden kann;
- bedeutsame Faktoren aus planungs- und anwendungstechnischer Sicht sind der Platzbedarf und die Montagefreundlichkeit einer Rohrverbindung; beides kann in beengten Verhältnissen eine entscheidende Rolle spielen.

Wie man sieht, müssen Rohrverbindungen in Wasserkraftanlagen ein ganzes Anforderungsbündel bewältigen können. Wie überall gibt es aber auch hier keine „eierlegende Wollmilchsau“, also ein preisgünstiges Produkt, das alles kann. Je nach Anwendungsfall muss die passende Rohrverbindung gewählt werden. In den allermeisten Fällen sind Rohrkupplungen die richtige Wahl, was im Folgenden anhand einiger Praxisbeispiele gezeigt werden soll.

### Anwendungsbeispiele

#### Wasserkraftwerk der AET, Ponte Brolla

Die Azienda Elettrica Ticinese betreibt in Ponte Brolla im Maggiatal nahe des Lago



**Bild 3:** Turbinenhaus und Rohrbrücke des Wasserkraftwerks Ponte Brolla  
**Fig. 3:** Turbine house and pipeline bridge of Ponte Brolla hydropower station

Maggiore ein Wasserkraftwerk mit einer Nennleistung von 3,1 MW. Es handelt sich um ein Mitteldruckkraftwerk (Fallhöhe: 38 m), das mit einer Auslastung von ca. 55 % betrieben wird. Vom Lauf der Maggia wird Wasser abgezweigt, über einen Stollen in ein kleines Ausgleichsbassin geleitet und von dort aus über eine Rohrbrücke, auf der zwei Rohrleitungen DN 1600 montiert sind, zum Kraftwerksgebäude (**Bild 3**) geführt. Dort erzeugen zwei Francis-Turbinen die elektrische Energie.

Das Kraftwerk wurde von 1903 bis 1904 errichtet, 1957 renoviert und 1970 mit einer automatischen Steuerung ausgestattet. 2008 wurde die gesamte Wasserführung renoviert, wobei der gesamte Einlaufbereich oberhalb der Rohrbrücke sowie die beiden Brückenleitungen komplett erneuert wurden.

Als Rohrmaterial wählte der Bauherr GFK, um unter anderem dessen Gewichtsvorteil gegenüber metallischen Rohrwerkstoffen beim Transport und der Montage der Rohrstücke auf der Rohrbrücke nutzen zu können. Die einzelnen Rohrstücke mussten aufgrund der ausgesetzten Lage mit dem Helikopter herangeflogen und sofort mit den REKA-Kupplungen verbunden werden. Die beiden letzten Rohrstücke waren als Passstücke ausgeführt, die sich nicht mit den Standard-REKA-Kupplungen verbinden lassen.

Zur Einbindung dieser Passstücke kamen Rohrkupplungen (**Bild 4**) zum Einsatz. Sie müssen nicht nur die GFK-Rohrenden miteinander verbinden, sondern in diesem speziellen Einbaufall auch axiale Bewegungen – die aus der (thermischen) Längenänderung der Rohrleitung, Bewegungen der Rohrbrücke und wechselnden Innendrücker entstehen – aufnehmen können. Nebenbei müssen sie der Witterung dauerhaft standhalten und wartungsfrei sein. Die Montage sollte aufgrund der schwierigen Einbaulage auf der Rohrbrücke möglichst einfach, schnell und ohne Sonderwerkzeuge zu bewältigen sein.

Diese Anforderungen erfüllen die für diese Anwendung ausgewählten STRAUB-FLEX 3H-Kupplungen problemlos. Durch ihre speziell ausgestaltete Lippendichtung mit progressivem Dichteffekt können sie Längenänderungen von bis zu 15 mm dauerhaft kompensieren, einen Rohrendenabstand von bis zu 30 mm überbrücken und Vibrationen absorbieren.

Im Bereich des Turbinenkrümmers wurden übrigens die gleichen Kupplungen als Werkstoffübergang zur Verbindung von Stahlformstücken und GFK-Rohren eingesetzt.

Nach dem Ausrichten der Passstücke und dem Überschieben über den Rohrstoß werden lediglich die drei Verschlusschrauben der STRAUB-Kupplungen mit Standard-Innensechskantschlüsseln angezogen und das erforderliche Anzugsdrehmoment mit einem

Drehmomentschlüssel aufgebracht. Dadurch wird die korrekte Vorspannung der Dichtmanschette gewährleistet, was für die Funktion und die Lebensdauer der Verbindung maßgeblich ist.

Flanschverbindungen wären hier aufgrund des geringen Platzangebotes und ihrer mangelnden Kompensationsfähigkeit bei Längenänderungen des Leitungssystems nicht angebracht gewesen. Um den gleichen Effekt wie mit den STRAUB-Kupplungen zu erzielen, hätte dann zusätzlich ein teurer Kompensator eingebaut werden müssen. Der Zeitaufwand, um Flansche DN 1600 zu montieren, wäre unvergleichlich höher gewesen.

### Kavernenkraftwerk Säckingen der Schluchseewerke AG

Das Kavernenkraftwerk Säckingen ist das erste deutsche Pumpspeicherkraftwerk in Kavernenbauweise. Es wird von der Schluchseewerke AG betrieben und erzeugt mit vier Francis-Turbinen mit einer Nennleistung von 360 MW im Jahresmittel etwa 400 GWh Strom. Mit einer Fallhöhe von 400 m ist es ein typisches Hochdruckkraftwerk, das im Spitzenlastbereich betrieben wird.

In der Überlaufleitung befinden sich diverse Armaturen in den Nennweiten DN 200, DN 300 und DN 500, in den meisten Fällen handelt es sich dabei um Absperrklappen. Um diese Zwischenflanschklappen zu Reinigungs- und Wartungszwecken schnell ausbauen und die Bautoleranzen – die vor allem im Bereich von Wanddurchführungen die Lage der Rohrachsen gerne beeinflussen – ausgleichen zu können, wurden anstelle umständlicher Pass- und Ausbaustücke Rohrkupplungen eingesetzt.

Diese Rohrkupplungen müssen drei wichtige Anforderungen erfüllen:

- Kompensation der vorhandenen Bautoleranzen
- Kurze Stillstandszeiten durch schnellen Ein- und Ausbau der Armaturen zu Wartungszwecken
- Pass- und Ausbaustück und Rohrverbindung in einem.

Als hervorragend geeignet erwiesen sich hierfür die STRAUB-METAL-GRIP Kupplungen (**Bild 5**), die durch ihre integrierten Verankerungsringe auch Zugkräfte übertragen können, was im Bereich von Absperrarmaturen unerlässlich ist. Sie kompensieren ähnlich wie die im ersten Anwendungsbeispiel beschriebenen STRAUB-FLEX-Kupplungen den Achsversatz, Auswinklungen und Fluchtungsfehler der Rohrleitungen. Montage und Demontage der Kupplungen ist eine Sache von wenigen



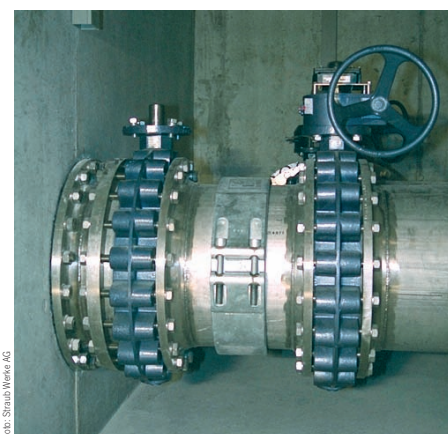
**Bild 4:** STRAUB-FLEX 3H-Kupplung auf GFK-Rohren DN 1600  
**Fig. 4:** STRAUB-FLEX 3H coupling on a DN1600 GRP pipe

Minuten, was die erforderlichen Stillstandszeiten zum Beispiel beim Austausch einer Absperrklappe minimiert.

Eine Flanschlösung oder ein handelsübliches Pass- und Ausbaustück hätten in diesem Einsatzfall ausschließlich Nachteile gegenüber Rohrkupplungen.

### Druckleitung zum Kraftwerk Klosters der Rätia Energie

Das Wasserkraftwerk im graubündischen Klosters wurde 1923 erbaut. Mit zwei Pelton-Turbinen werden hier jährlich ca. 22 GWh Strom erzeugt. Wie beim Kraftwerk Säckin-



**Bild 5:** STRAUB-METAL-GRIP DN 500 als Ausbaustück  
**Fig. 5:** STRAUB-METAL-GRIP DN500 used as dismantling joint



**Bild 6:** Ein- und Ausbaustück im Einstiegsschacht

**Fig. 6:** Dismantling pipe in an entry shaft

gen handelt es sich um ein Hochdruckkraftwerk, die Fallhöhe beträgt 366 m.

Die vom Staubecken Schlappin (1639 m über NN) aus kommende Druckleitung von 1927/28 wurde seit 2001 abschnittsweise erneuert. Je nach Druckverhältnissen kamen beim Neubau Stahl- oder GFK-Rohrleitungen in DN 900 zum Einsatz. Die Leitungstrasse verläuft im bergigen Gelände und ist stellenweise sehr schlecht zugänglich. Daher wurden mehrere Einstiegsschächte (**Bild 6**) vorgesehen, die später den Zugang zur Rohrleitung, beispielsweise zu Inspektionzwecken, erleichtern. In den Schächten sind Ausbaustücke, die mit Rohrkupplungen verbunden werden.

Neben der bereits erwähnten schnellen Montage und Demontage zählen in diesem Fall auch noch die Überschiebbarkeit – die bei Steckmuffensystemen nicht gewährleistet ist – und die Druckbeständigkeit zu den wichtigsten Anforderungen. Der Betriebsdruck beträgt bis zu 23 bar, was eine zusätzliche Konstruktion aus Zugstangen als Schubsicherung für die Rohrleitungen nötig machte.

Als Rohrkupplungen wurden STRAUB-FLEX 2XS-Kupplungen eingesetzt, deren stabiles Gehäuse dem vorhandenen Betriebsdruck problemlos widersteht. Die schnelle Montage und die Überschiebbarkeit sind Eigenschaften, die sie mit den anderen STRAUB-Kupplungen teilt. Durch die spezielle Gehäusekonstruktion können STRAUB-Kupplungen beliebig oft

montiert und demontiert werden, was sie für diesen Einsatzfall prädestiniert. Auch hier wäre ein Flanschbauteil, beispielsweise ein FF-Stück, die schlechtere Lösung.

### Möglichkeiten und Grenzen

Neben den bereits erwähnten Vorteilen von Rohrkupplungen im Wasserkraftwerksbau gegenüber anderen Verbindungsarten wie Flanschen, Schweiß- oder Steckverbindungen gibt es noch eine Reihe weiterer Faktoren, die sich positiv bemerkbar machen:

- Durch die sehr einfache Montage können Rohrkupplungen auch von weniger gut ausgebildeten Monteuren korrekt installiert werden; dies ist vor allem bei Auslandsprojekten eine wichtige Tatsache, da man mit einer kurzen, unkomplizierten Einweisung das nötige Montage-Know-how vermitteln kann.
- Das Gewicht von Rohrkupplungen, speziell von STRAUB-Kupplungen, ist im Vergleich zu ihrer Leistungsfähigkeit sehr gering. Neben der Einsparung von Transportkosten steht somit auch einem Einsatz in schlecht zugänglichen Gebieten, Stollen, Schächten oder Gebäuden nichts im Weg. Größere Kupplungen lassen sich sogar in ihre Einzelteile zerlegen und sind dann noch leichter zu transportieren.

- Sämtliche Komponenten von STRAUB-Kupplungen sind als Ersatzteile erhältlich, so dass zum Beispiel beim Austausch einer Dichtung nicht die gesamte Kupplung vor Ort transportiert werden muss.

Natürlich gibt es auch Einsatzgrenzen für Rohrkupplungen in Wasserkraftanlagen. Dabei ist meistens der vorherrschende Betriebsdruck der limitierende Faktor. Bei Nennweiten größer DN 1000 sind Betriebsdrücke von mehr als 20 bar nur noch mit viel Aufwand erreichbar. Weitere Begrenzungen werden gesetzt, wenn zum Beispiel der Achsversatz oder die Auswinklung außerhalb der Kupplungslimiten liegen. Hier haben andere Verbindungsarten allerdings noch weit größere Schwierigkeiten.

### Fazit

Für die meisten Problemstellungen beim Thema „Rohrverbindungen in Wasserkraftanlagen“ können Rohrkupplungen eine passende, wirtschaftliche Lösung sein. Ob zur Einbindung von Passstücken, als geschickte Ausbauhilfe für Armaturen oder als Werkstoffübergang sind Rohrkupplungen in fast jedem Fall eine bessere Alternative zu herkömmlichen Verbindungsarten.

Wichtig ist es daher für die Planer und Betreiber von Wasserkraftanlagen, bereits im Vorfeld die richtigen Ansprechpartner für die Verbindungstechnik zu kennen. Die Experten der Straub Werke AG stehen mit ihrem über 40jährigen Know-how im Bereich der Rohrkupplungen jederzeit für einen konstruktiven Dialog zur Verfügung. Viele erfolgreich abgeschlossene Projekte und Sonderlösungen, die weit über die reine Kupplungstechnologie hinausgehen, sind der Beweis für ihre Leistungsfähigkeit und Kundennähe.

### Autor:

**Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH)**  
**Jan Treiber**  
FRIATEC AG, Mannheim

Tel. +49(0)7551/301041  
E-Mail: jan.treiber@friatec.de

