



HYDRO

KUGELSCHIEBER - DIE MASCHINE VOR DER MASCHINE

FROM WATER-TO-WIRE

SEPTEMBER 2021

ANDRITZ

ENGINEERED SUCCESS



DIE „MASCHINE“ KUGELSCHIEBER BAUGRUPPEN UND SYSTEME



Die Kombinationen von möglichen Baugruppen und Systemen können sehr unterschiedlich sein

Ein Kugelschieber ist eine eigene „Maschine“, weil alle Systeme vorhanden sein können, die das **unabhängige Betreiben** der Turbine ermöglichen.

- Einbindung in die übergeordnete Leittechnik
- Wesentliche Baugruppen und Systeme:
 - Gehäuse
 - Rotor mit Servomotoren
 - OW-Anschlussrohr
 - UW-Ausbaurohr, Mannloch, Schiebesitz zu Spirale, selten mit druckausgeglichenen Dehnungsmuffe
 - By-Pass
 - Subsysteme für Servomotoren Steuerung (Öl)
 - Subsysteme für Schiebering Steuerung (Wasser), Befüllung, Entlüftung, Entleerung, ...

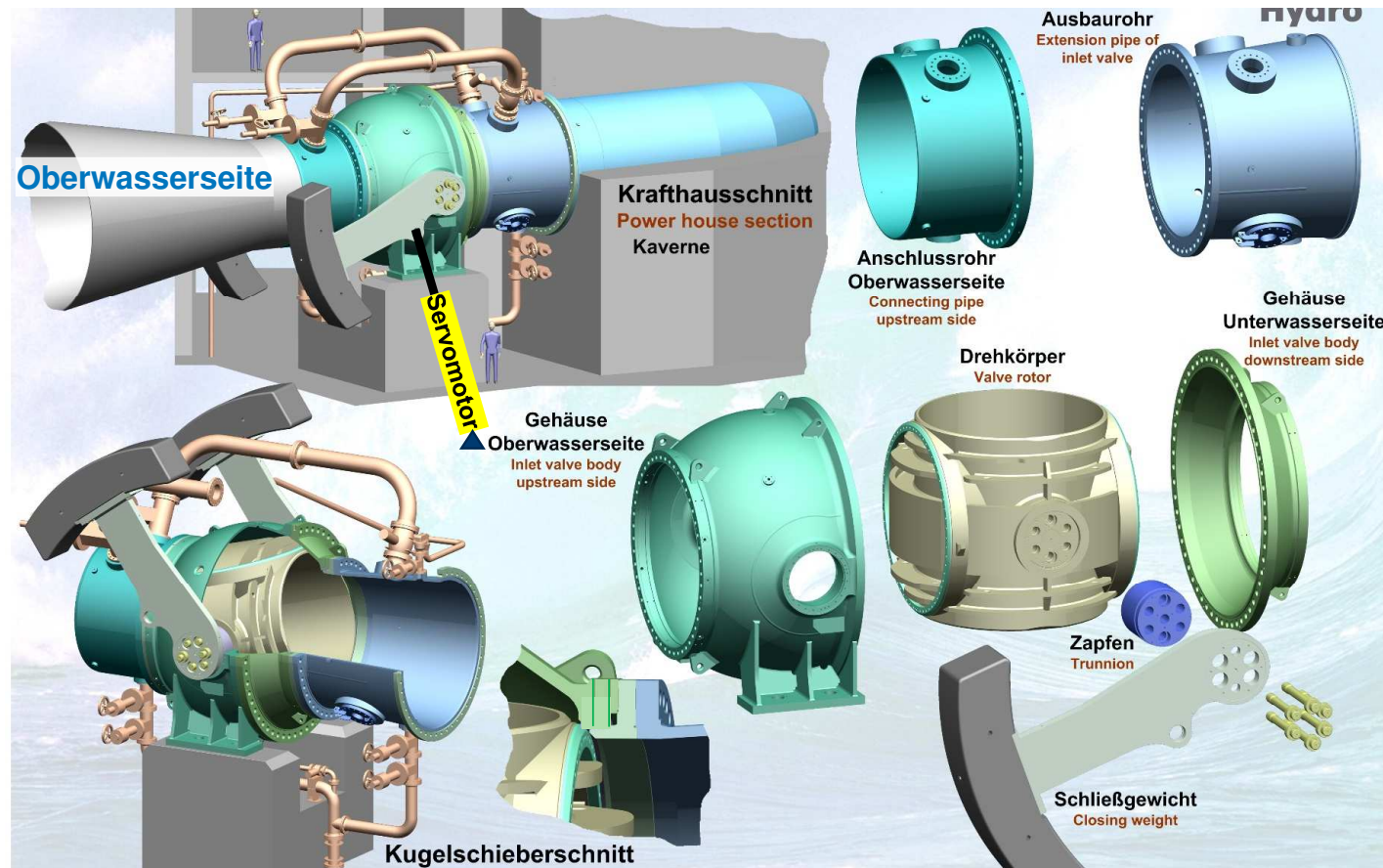


ÜBERSICHT EINER MÖGLICHEN ANORDNUNG UND BAUGRUPPEN



Das Know-how steckt im Detail und in der Erfahrung

- Die einwandfreie Funktion basiert stark auf
 - Detail-Konstruktion
 - Erfahrungen mit konstruktiven Ausführungen
 - Dichtungswahl passend zum Gesamtkonzept und/oder den Betriebsanforderungen
 - Fertigungsgenauigkeit
 - Sachkundige Montage



AUFGABEN UND FUNKTIONEN STANDORT IN DER ANLAGE



Abhängig von Standort und Aufgabe können sich die Konstruktionen unterscheiden

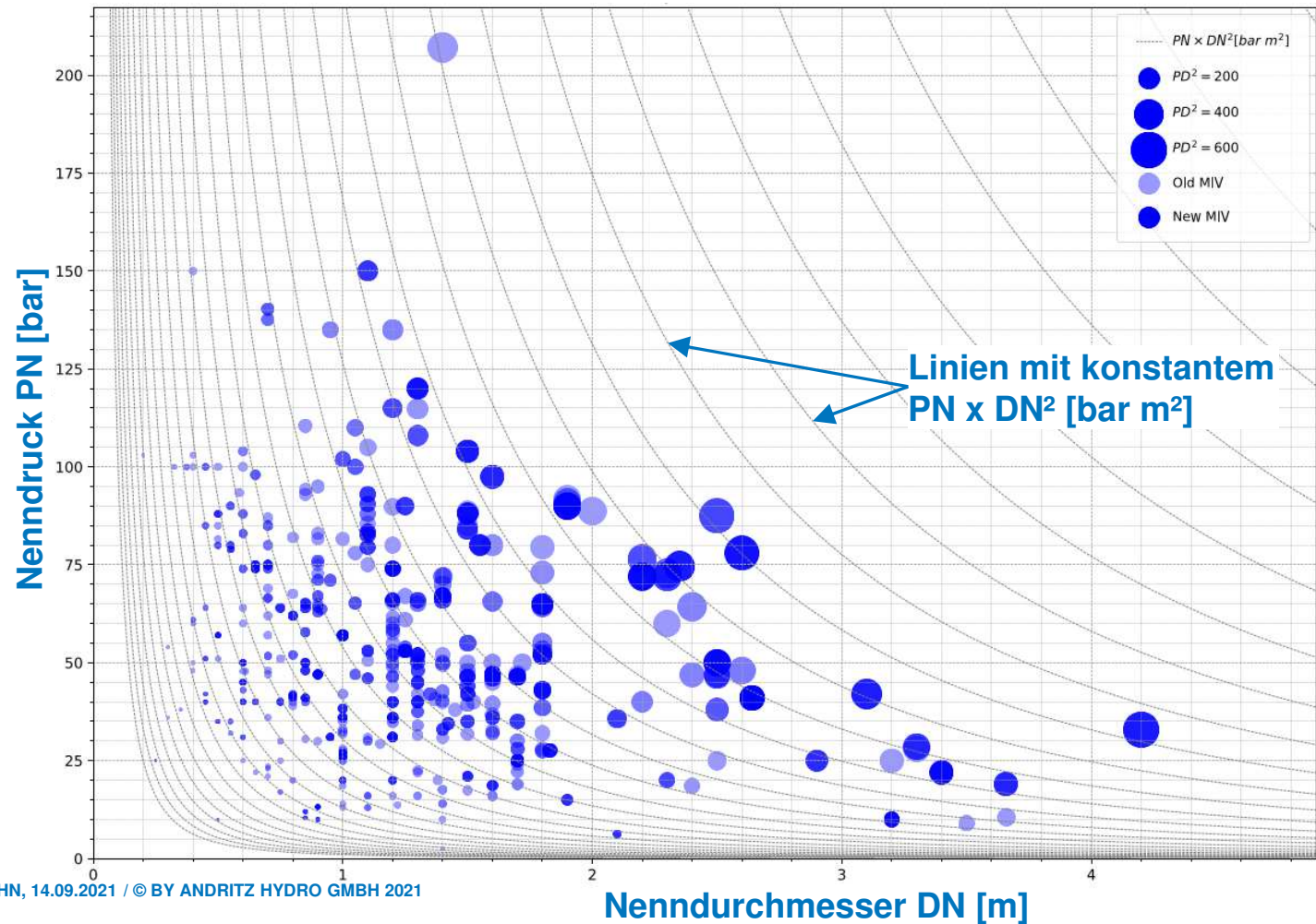
- Haupt-Aufgaben und Funktionen
 - Wasser (Durchfluss) sperren → „**Dichtheit**“ (beim Pumpenstart auch „Anfahren gegen geschlossenen Schieber“)
 - **Druck sperren** → Stabilität
 - Sicherheit erzeugen → **Zuverlässigkeit**
- Weitere Gesichtspunkte:
 - Entwässerung der Turbine (Maschine „danach“) ermöglichen (Zugang, Inspektion, Wartung)
 - Manchmal zum Vorsteuern/Drosseln bei mehrstufigen, nicht regulierten (Pump-)Turbinen (drosseln statt sperren)
 - Selten: „früher“ bei Pumpturbine mit Leerlaufinstabilität („S-Schlag“) zum Synchronisieren in Turbinendrehrichtung (heute werden dafür eher „asynchrone“ Leitschaufeln bzw. Einzelservomotoren eingesetzt)
 - Kugelschieber werden auch an andere Standorte als direkt „vor der Turbine“ eingesetzt:
 - Direkt vor einem Kugelschieber als zusätzliches unabhängiges Sicherheitsorgan (z. B. bei unregulierten Maschinen)
 - Einsatz im Wassersystem als „safety valve“ oder „penstock protection valve“ → zusätzliches unabhängiges Schließorgan; z. B. (früher) auch vor einem Grundablass wie in der Anlage *Hyatt bzw. Lake Oroville, USA*
 - Nach dem Saugrohrkonus als Unterwasser-Kugelschieber (sehr selten)
 - ...

BAUGRÖSSEN VON KUGELSCHIEBERN EINSATZ BEI TURBINEN UND PUMPTURBINEN



Von „ganz“ klein bis sehr groß

- Beispiele ausgeführter Kugelschieber
 - Rohrdurchmesser bis ca. DN 4,2 m (Nurek)
 - Konstruktionsdruck über PN 200 bar (Bieudron)
 - Gewicht bis ca. 650 t (Nurek)



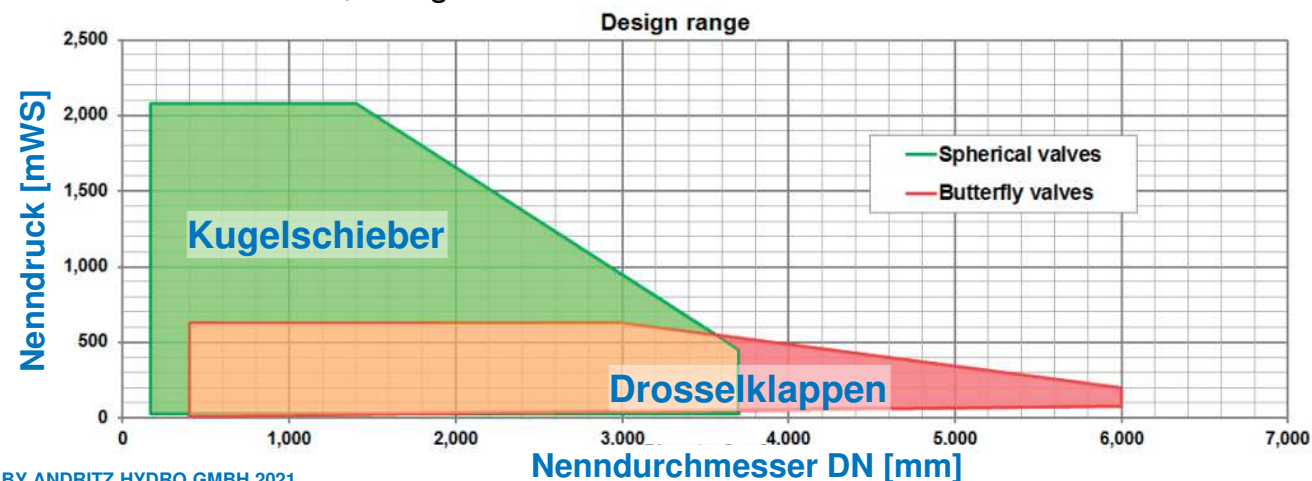
EINSATZGRENZEN LARGE HYDRO COMPACT HYDRO



Abgrenzung zu Drosselklappen und Zylinderschütze

- Sinnvolle (obere) Einsatzgrenzen für Kugelschieber werden durch die Kennwerte Nenndruck PN und Nenndurchmesser DN dargestellt: $PN \times DN^2$ [bar m^2] → Referenzen, was könnte Vorlage sein, ...
- Kleinere Drücke werden auch von Drosselklappen abgedeckt
- Kleinere Drücke und sehr großen Volumenstrom: Zylinderschütze sind eine sinnvolle Alternative vor Francis u. Pumpturbinen,
 - Vorteile bei den Baukosten der Kaverne (Kavernenbreite ist geringer als bei einer Kugelschieberlösung → Aushub, Bau, Kran etc.)
 - Zylinderschütze befinden sich zwischen Stütz- und Leitschaufeln; Baugröße bis zu einem Durchmesser von ca. 9 m

- Niederdruck Compact-Anlagen
 - Klappen bis DN2000,



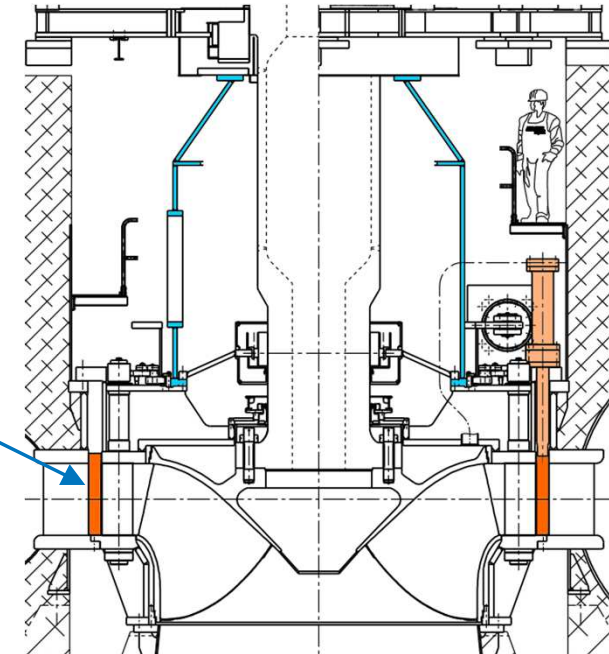
WESENTLICHE UNTERSCHIEDE KUGELSCHIEBER ZU DROSSELKLAPPE UND ZYLINDERSCHÜTZ



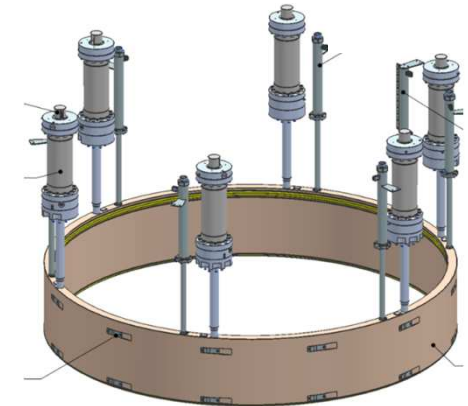
Abgrenzung zu Drosselklappen und Zylinderschütze, besondere Merkmale

- Der Kugelschieber besitzt in der Offen-Stellung keine zusätzlichen Strömungsverluste im Vergleich zu einer normalen Rohrströmung.
- Drosselklappen-Teller steht immer in der Strömung (hydraulische Verluste).
- Zylinderschütze
 - Befinden sich in der Geschlossen-Stellung im Turbinendeckel. Das erfordert eine besondere Berücksichtigung in der Konstruktionsphase.
 - Der Oberwasserdruck wirkt unabhängig von der Position (Offen/Geschlossen) immer auf die Spirale und Stützschaufeln.
 - In der Offen-Stellung quasi keine zusätzlichen Strömungsverluste, jedoch vergrößerter Abstand zwischen Stützschaufel und Leitschaufel.

Geschlossen-Stellung



Zylinderschütz wird in der Regel mit 6 Servomotoren angesteuert



KONSTRUKTION, STANDARD VARIANTEN UND ABWEICHUNGEN

Die „richtige“ Kombination hängt von den Randbedingungen der Gesamtanlage ab

„Standard“ aus meiner Sicht (Kombination aus Sicherheit, Zuverlässigkeit, Kosten, Wartung, etc.)

- **Gehäuse** (Unterschiede in der Art der Teilung), in der Regel so geschraubt, dass der **Rotor als ein Teil gefertigt werden kann**. Möglichkeiten: geschweißt, geschmiedet, gegossen,
- **Drehkörper/Rotor**: geschmiedet, gegossen, (möglichst nicht geschraubt) **mit angeschraubten Zapfen**
- Servomotoren: Linearantrieb/Zahnstange/Ringkolben: → **lineare Servomotoren** mit **Öl/Öl Steuerung**, Befestigung: kleine KS (meistens) an Rotorhebel und Gehäuse (integraler Servomotor), große KS (oft) an Rotorhebel und Fundament (Bauwerk, externer Servomotor), ausreichend Kapazität für den Betrieb, Ölzuführung mittels Schläuche/Drehdurchführung
- Schließen mittels Schließgewichts / Öldruck im Servomotor / Wasservorlage im Servomotor → **Öl/Öl Servomotor**

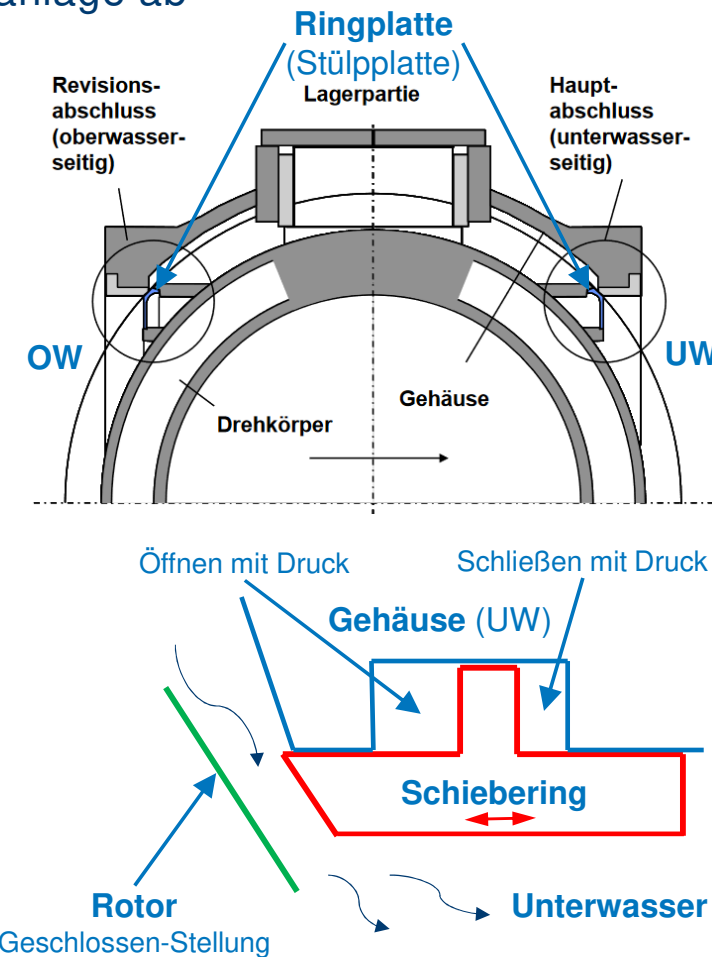


KONSTRUKTION, STANDARD VARIANTEN UND ABWEICHUNGEN

Die „richtige“ Kombination hängt von den Randbedingungen der Gesamtanlage ab

„Standard“ aus meiner Sicht (Kombination aus Sicherheit, Zuverlässigkeit, Kosten, Wartung, etc.)

- Dichten zwischen Drehkörper und Gehäuse in Geschlossen-Stellung:
Schiebering/Ringplatte (oder Stülplatte)/Druckplatte
 - **Schieberring** besitzt insgesamt gegenüber der Ringplatte Vorteile hinsichtlich: Kundenakzeptanz, Sicherheit und Betriebsverhalten, Stand der Technik. – Ringplatte bis Ende der 1980er Jahre
- Schiebering-Steuerung: Öffnungsseite **ungesteuert** mit Oberwasserdruck auf den Schiebering oder **gesteuert** in der Öffnungskammer bzw. beidseitig gesteuert → **Hauptabschluss beidseitig gesteuert**, Revisionsabschluss beides möglich
- Ausbaurohr mit oder ohne Mannloch → große Mannlöcher bei kleinen Rohrdurchmesser und hohem Druck sind schwer umzusetzen, ausreichend Abstand zwischen Flansch und Mannloch vorsehen (Spannungen), hat jedoch oft Einfluss auf den Bau



KONSTRUKTION, STANDARD VARIANTEN UND ABWEICHUNGEN



Die „richtige“ Kombination hängt von den Randbedingungen der Gesamtanlage ab

„Standard“ aus meiner Sicht (Kombination aus Sicherheit,
Zuverlässigkeit, Kosten, Wartung, etc.)

- By-Pass Ja oder Nein? → **By-Pass ist nicht grundsätzlich erforderlich**, Fall-zu-Fall-Entscheidung; By-Pass ist dann empfohlen, wenn die Niederdruckseite im Regelbetrieb auch Luft enthält (kein Wasser, z. B. eine Pelton-Verteilrohrleitung, die immer wieder entleert wird)
 - Kunden „Trend“: 3 x DN100 By-Pässe statt einem größeren By-Pass z. B. DN200 (Kapazität der Drainage Pumpe bei Leckage einer DN100 Öffnung ist kleiner als bei einer DN200 Öffnung) → Alternative: Entnahme am Gehäuse, und die Revisionsdichtung in die Notschlusskette einbauen.



SUBSYSTEME „WASSER“ STEUERUNG DER SCHIEBERINGE

Die Subsysteme enthalten im Wesentlichen ...

- **Steuerleitungen** und **Absperrschieber** zwischen Leitungen und Gehäuse bzw. Druckrohr (Leitungsführung so, dass die Schiebering-Kammer nicht leer läuft.)
- Belüftungs- und Entlüftungsventil nach dem Kugelschieber auf der Unterwasser-Seite → Anfahrentlüftungsventil für Pelton-Verteilrohrleitung
- **Steuerventil** zum Öffnen der **Schieberinge** (und Drehkörper), mechanisch/hydraulisch verriegelt mit Drehkörper-Position
- Zwei **Steuerwasserentnahmestellen** (OW-seitig) getrennt für den Hauptabschluss und Revisionsabschluss → das erhöht die Sicherheit im Fall von verstopften Filtern
- Gehäuse: **Entlüftung** (auch als **Belüftung**), **Entleerung (Entwässerung)**, **Füllanschluss** (händisch betätigt)
- Diverse **Druckmessungen**
 - In der Schiebering-Kammer des Hauptabschlusses; vor und nach dem Gehäuse
- **Positionsgeber** der Schieberinge
- Anschlüsse für thermische Wirkungsgradmessung im Ausbaurohr (Temperatursonden)
- **By-Pass** Absperrorgan
 - Hochdruck (ca. ab 40-60 bar) → Rohrschieber Eigenkonstruktion immer rostbeständig (*keine Nadelventile, diese sind Sonderanfertigungen; komplexer, größerer Bauraum; ideal ist ein ölhydraulisch gesteuerter Kugelhahn mit nachgeschalteter Blende*)
 - Niederdruck → Ringkolbenventil (Stand der Technik, auch schon bis PN100 eingesetzt), Gehäuse Guss, komplett rostbeständig nicht erhältlich
- **Sandabsatzgefäße** (z. B. Servomotoren werden mit Oberwasser-Vorlage auf die Schließseite beaufschlagt, manchmal auch für Steuerwasser der Schieberinge eingesetzt)



SUBSYSTEME „ÖL“ STEUERUNG DER SERVOMOTOREN



Die Subsysteme enthalten im Wesentlichen ...

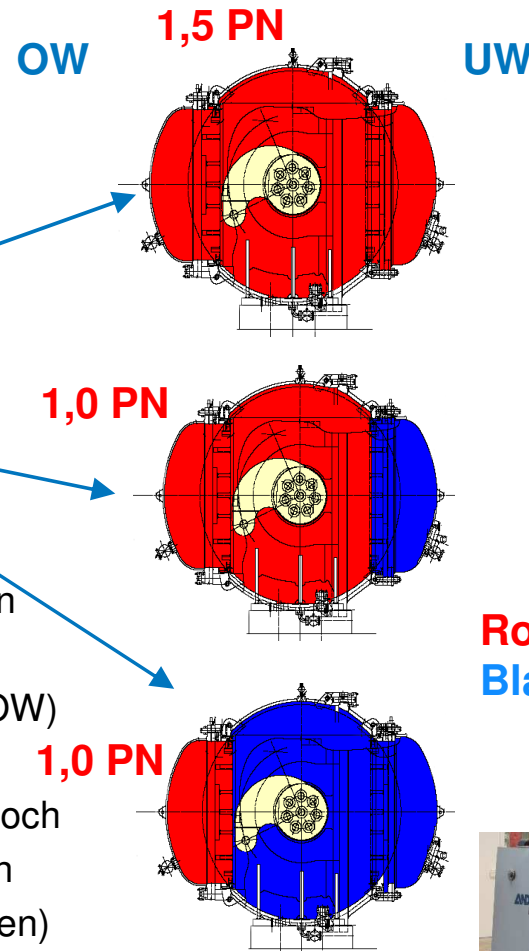
- **Ölaggerat** (Druckaufbau)
- **Druckspeicher**, immer dann ein Muss, wenn kein Schließgewicht oder Oberwasser-Wasserdruck auf der Schließseite des Servomotors aktiv ist (Windkessel, Kolbenspeicher)
- **Öffnen**: Drehkörper mit Pumpen oder in Kombination mit Speicher
Schließen: Öldruck aus Speicher, mit Schließgewicht oder OW-Druck)
- Wassersteuerung ist empfindlicher, teurer, wartungsintensiver als Ölsteuerung → Servomotor beidseitig Öl-Steuerung
- Schließen des Absperrorgans ist Teil einer Sicherheitsfunktion und bildet mit der Turbine ein Kategorie-3-System mit Performance Level „d“ nach ISO13849
- Steuerblock in die Notschlussskette eingebunden, Leitapparat schließt (meistens) führend, Kugelschieber-Drehkörper „folgend“, sodass die Leitschaufeln bzw. Düsen maßgeblich den Volumenstrom drosseln und so für den auftretenden Druckstoß bestimmend sind
- Ideal ist, wenn der Servomotor ohne Kraftüberschuss ausgeführt werden kann (160 – 180 bar?); **Achtung**: Grenzen der Mechanik vom Servomotor-Stange, Standard Druckstufe Kolbenspeicher beachten
- Extra: Ausrüstung für **Autooszillation**-Erkennung (siehe Vortrag von Jens Kruppa, Praktiker-Konferenz Wasserkraft im September 2017 bzw. P. Llosa, J. Lingelbach, ViennaHydro 2018)



DRUCKPROBE WERKSABNAHME

Im eingebauten Zustand nicht möglich

- Typisches **Vorgehen**:
 - Gehäuse **abpressen**, damit das Material in hochbelasteten Übergängen „fließt“ und so Druckspannungen induziert werden
 - **Hauptdichtung** testen
 - **Revisionsdichtung** testen
- **Drücke** bei Druckproben:
 - Gehäuse abpressen 1,5 x Designdruck → Fließen
 - Hauptabschluss u. Revisionsabschluss 1,0 PN
 - Leckagemessung bei **max. statischem Druck** (OW)
- **Leckagerate**: Oft wird sich auf die DIN EN 12266-1 „Industriearmaturen“ bezogen; die Norm unterteilt jedoch nur in 4 Größen von DN 50 mm bis 350 mm und dann „größer“! Das führt bei Kugelschiebern (Drosselklappen) zu unrealistischen Werten.



Rot – erhöhter Druck
Blau – Atmosphäre



VERGLEICH FE-RECHNUNG VS. MESSUNG MIT DMS

EINIGE PUNKTE BEACHTEN

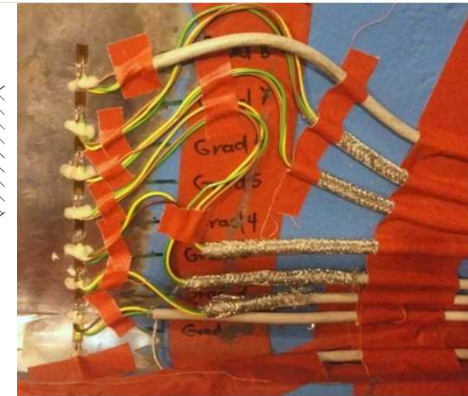
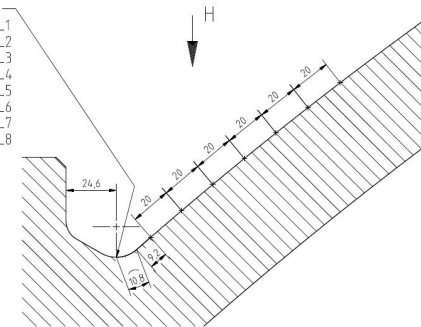


In sehr seltenen Fällen werden DMS-Messungen durchgeführt; z. B. während des Abpressens

- Grundsätzlich stimmen die durch Dehnungsmessstreifen (DMS) ermittelten Spannungen mit den durch FE-Berechnung ermittelten Spannungen überein. Das gilt besonders für Bereiche, die weiter weg von einer „Störstelle“ (z. B. ein Flansch, Bohrung etc.) sind und der Spannungsverlauf keinen großen Gradienten zeigt: z. B. am Gehäuse mit relativ großen Abstand zu Flanschen.
- Einflussgrößen auf die Berechnung (FE-Modell):
 - Aufbringen der Randbedingungen, Abstützungen z. B. beim Abpressen versus Einbausituation in der Anlage
 - „Variation“ der **Reibung** unter Flanschen und Muttern
 - E-Modul → eher untergeordnet
 - Vernetzung → bei einer „Störstelle“ feineres Netz
- Bei Einhaltung der üblichen Vorgehensweise der FE-Berechnung und deren Ansätze ist eine „**FE-Dimensionierung**“ **sicher**. Ein Vergleich der Konstruktion mit Referenzen ist hilfreich. Eine **DMS-Messung** ist im Normalfall **nicht notwendig**.

DMS-Messung auf 12:30 Uhr für die Ermittlung eines Gradienten in der Schale des Oberwassergehäuses

Bezeichnung:
DMS_OW_Grad_1
DMS_OW_Grad_2
DMS_OW_Grad_3
DMS_OW_Grad_4
DMS_OW_Grad_5
DMS_OW_Grad_6
DMS_OW_Grad_7
DMS_OW_Grad_8



TRANSPORT UND INSTALLATION ES GEHT NICHT OHNE



Beim Design Prozess den gesamten Transport und die Montage durchdenken

- Wie hänge ich das „Teil“ an? Wie drehe ich das „Teil“ um?
- **Transport** in der Regel ohne Schließgewichte, Servomotoren
- Es ist ein sehr großer Vorteil für die Montage und die Wartung, wenn der **Hauptkran** genutzt werden kann: Abladen vom LKW und Einheben in die Einbaulage.
- Anwendung von Panzerrollen, Kettenzüge, Stangen durch Deckenöffnung Kran und Kugelschieber sind umständlich und benötigen relativ viel Zeit.
- Anschlusssteile wie **Ausbaurohr**, **Servomotoren**, **Schließgewichte** etc. und deren Gewichte und Montage berücksichtigen.
- Möglichkeiten zur „**Korrektur**“ zwischen **Druckrohrleitung** und z. B. **Spiralflansch** berücksichtigen.





BETRIEB UND WARTUNG ABHÄNGIG VON DEN EINSATZBEDINGUNGEN

Wartung: Angaben sind nur eine Orientierung

- In der Regel werden die zugänglichen Komponenten (z. B. Ventile zum Entleeren) **jährlich** gewartet;
- Anbauteile, Leckage / Dichtheitskontrolle, Wasserfilter, Fettschmierung, zugängliche Verschraubungen etc.
wöchentliche Sichtkontrolle
- Hydraulischer Antrieb halbjährlich
- Hauptabschluss, Revisionsabschluss ca. alle 5- 8 Jahre
- **Großrevision** alle 15 bis 20 Jahre: Demontage, zerstörungsfreie Prüfung, Zapfenlagerung, Verschraubungen, Dichtungen etc.
 - Im Zuge einer Großrevision können auch konstruktive Änderungen durchgeführt werden. Was oft der Fall ist.
- **Betrieb**: In der Regel wird der Volumenstrom über einen verstellbaren Leitapparat geregelt. Der Kugelschieber öffnet im „Totwasser“ und schließt bei geschlossenem Leitapparat.
- Kugelschieber bzw. Schieberinge sind ein möglicher „Auslöse-Ort“ von **Autooszillation**, wenn z. B. Dichtungen der Schieberingkammer beschädigt sind.



ÜBERWACHUNG PLANBARE WARTUNG

Möglichkeiten, den Zustand des Kugelschiebers während des Betriebes zu beurteilen

Parameter

- **Servomotor-Drücke** → Entwicklung der Drücke über einen längeren Zeitraum
- **Schließgesetz** bzw. Dämpfung → Messen des Endlagenhubs
- **Zeitdauer** der Drehbewegung 0° bis 90°
- Druck in der Hauptdichtung Schiebering-Kammern (Öffnen, Schließen, etc.)
- **Verschiebeweg** des Kugelschiebers bzw. Delta der Position zwischen Offen- und Geschlossen-Position auf dem Fundament

- Akustik (Geräusche) beim Öffnen / Schließen?
- Weitere ...

- Trend zur Langzeitüberwachung, Daten sammeln und speichern

REHABILITATION SINNVOLLE INSPEKTION

Der Anteil an Rehabilitationen im Vergleich zu Neuanlagen nimmt zu

- Großrevision gibt die Chance, Änderungen durchzuführen
- Kugelschieber mit bestehenden „Problemen“ oder Änderung der Randbedingungen werden untersucht und umgebaut:
 - Änderung der Zapfenlagerung (z. B. Design, Trockenlegung)
 - Schiebering Design
 - Einbau eine Überwachung „Autooszillation“
 - Analyse der Restlebensdauer, Bruchmechanik „alter“ Gusskomponenten
 - Leistungserhöhung der Turbine (→ Volumenstrom)
 - Steuerung
 - ...



BEISPIELE VON REHABILITATIONEN UND AUSTAUSCH VON „ALTEN“ GEGEN NEUE KUGELSCHIEBER

Aktuell

- **Nurek** in Tadschikistan **DN4200, PN42**
 - Revision und Modernisierung der Steuerung, Lagerung
 - ...
- **Dinorwig** in Wales **DN2500, PN80**
 - **Lieferung** sechs neuer Kugelschieber
 - Besondere Anforderung:
 - Drehkörper bewegt sich beim Öffnen von 0° bis in die 90°-Stellung in unter fünf Sekunden
 - Demontage und Montage neuer Kugelschieber in sehr kurzer Zeit (1 Druckrohrleitung für alle 6 Pumpturbinen)
 - ...



PROBLEME UND LÖSUNGEN

„UNERWARTETES“

Stress entsteht dann, wenn plötzlich Unerwartetes auftritt, Beispiele

- Bei einer geplanten Kurzrevision konnte die Revisionsdichtung nicht mehr betätigt werden; Ursache
 - **Mikrobiell beeinflusste Korrosion** wird generell bezeichnet als MIC (microbially influenced corrosion). Vorhandensein von sog. manganoxidierenden Mikroorganismen (MOMOs) → „**MIC by MOMOs**“.
 - Aufgrund von Änderungen in der Umwelt wandern MOMOs in den Gewässern (z. B. abhängig von Wassertemperaturen)
 - Nickel-Aluminium Bronze – Cr Ni ist eine unkritische Paarung, kein galvanisches Element von kritischem Ausmaß – **Mit MnO_2 jedoch kritisch!**
 - Mangandioxid MnO_2 (Braunstein) legt sich auf die Ni Al Cu → galvanisches Element → **Rosten** (Korrosionsvernabung) **der Dichtflächen und Versagen der Dichtung**
 - Lösung: Beschichtung
- **Verformung eines Bleches** aufgrund von hoher Strömungsgeschwindigkeit (H ca. 800m) bei längerem ungünstigen Betrieb (kein Normalbetrieb)
 - Lösung: Anpassung der Konstruktion

rostbeständiges Blech
belegt mit MnO_2



Blech - verformt durch
Wasserströmung



ALLGEMEINE BEMERKUNGEN AUSSCHREIBUNGEN UND KONSTRUKTION

Zum Schluss ein paar Bemerkungen und Wünsche

- **Ausschreibungen**, Kugelschieber
 - Kugelschieber haben praktisch die gleichen **hydraulischen Verluste** wie eine Rohrströmung. Diese sollten kein Kriterium bei einer Bewertung eines Angebotes sein.
 - Angaben nach dem **Schalldruckpegel** während des Öffnungsvorganges ergeben keinen Sinn als Kriterium bei einer Bewertung eines Angebotes.
 - Zulässige Leckageraten sollten realistisch sein und nicht an Anlehnung an die DIN EN 12266-1.
- **Allgemein**, Konstruktive Entwicklung, Design, Konzepte
 - Das Design einer Wasserkraftmaschine wird nicht unbedingt dadurch besser, dass man die Lastzyklen-Zahl extrem hoch setzt (Anzahl Start-Stopps). Es behindert eher bewährte Konstruktionen, da der Festigkeitsnachweis dafür nicht mehr zu führen ist. Und dann müssen „verrückte“ Lösungen herhalten. Diese können ein „unglückliches **Leben mit der Maschine**“ bedeuten (Wartung, Inspektion, ...).
 - Projekte/Aufträge laufen am besten hinsichtlich Technik, Zeitplan, etc., wenn man **vertrauensvoll**, **offen** und **ehrlich** miteinander spricht und **früh gemeinsame** sinnvolle mögliche alternative Konzepte bespricht, die sich im Laufe der Konstruktion ergeben, auch wenn diese vom Vertrag (Ausschreibung) abweichen sollten.

LEGAL DISCLAIMER



© ANDRITZ AG 2021

This presentation contains valuable, proprietary property belonging to ANDRITZ AG or its affiliates (“the ANDRITZ GROUP”), and no licenses or other intellectual property rights are granted herein, nor shall the contents of this presentation form part of any sales contracts which may be concluded between the ANDRITZ GROUP companies and purchasers of any equipment and/or systems referenced herein. Please be aware that the ANDRITZ GROUP actively and aggressively enforces its intellectual property rights to the fullest extent of applicable law. Any information contained herein (other than publically available information) shall not be disclosed or reproduced, in whole or in part, electronically or in hard copy, to third parties. No information contained herein shall be used in any way either commercially or for any purpose other than internal viewing, reading, or evaluation of its contents by recipient and the ANDRITZ GROUP disclaims all liability arising from recipient’s use or reliance upon such information. Title in and to all intellectual property rights embodied in this presentation, and all information contained therein, is and shall remain with the ANDRITZ GROUP. None of the information contained herein shall be construed as legal, tax, or investment advice, and private counsel, accountants, or other professional advisers should be consulted and relied upon for any such advice.

All copyrightable text and graphics, the selection, arrangement, and presentation of all materials, and the overall design of this presentation are © ANDRITZ GROUP 2018. All rights reserved. No part of this information or materials may be reproduced, retransmitted, displayed, distributed, or modified without the prior written approval of Owner. All trademarks and other names, logos, and icons identifying Owner’s goods and services are proprietary marks belonging to the ANDRITZ GROUP. If recipient is in doubt whether permission is needed for any type of use of the contents of this presentation, please contact the ANDRITZ GROUP at welcome@andritz.com.