

Weiterbildungskurse 2017



www.brunnenmeister.ch

Trinkwasserkraftwerk in der Praxis

Von:

David Sigrist

Sigrist AG Turbinenbau
Brünigstrasse 260
6072 Sachseln



sigrist-ag.ch

info@sigrist-ag.ch

Armin Schuler

Elektrizitätswerk Altdorf AG
Herrengasse 1
6460 Altdorf



ewa.ch

armin.schuler@ewa.ch

René Arnold

Elektrizitätswerk Altdorf AG
Herrengasse 1
6460 Altdorf



ewa.ch

rene.arnold@ewa.ch

Veranstaltungsort:



Trinkwasserkraftwerk in der Praxis

David Sigrist, Armin Schuler, René Arnold

1. Einleitung / Ausgangslage

Die Energiegewinnung aus Wasserkraft ist seit Jahrzehnten eine sinnvolle, umweltschonende und saubere Art der Stromerzeugung. Auch heute noch gibt es unzählige Möglichkeiten, um mit wenigen baulichen Massnahmen, kostengünstig ein Kleinwasserkraftwerk realisieren zu können. Gerade in Trinkwasserversorgungen ist dies relativ einfach umsetzbar. Wir zeigen warum und wie.

2. Sigrist AG Turbinenbau und Elektrizitätswerk Altdorf AG

Seit mehreren Jahren arbeiten die Sigrist AG Turbinenbau und die Elektrizitätswerk Altdorf AG (EWA) eng zusammen. Gemeinsam bieten wir ein umfassendes Dienstleistungsangebot für Klein- und Trinkwasserkraftwerke an.

So wird einerseits das Herzstück jedes Kraftwerks, die Turbine, von der Firma Sigrist AG Turbinenbau selber produziert. Andererseits bietet EWA ein umfassendes Dienstleistungsportfolio für die gesamte Wertschöpfungskette beim Bau und Betrieb von Wasserkraftwerken und den damit verbundenen Prozessanlagen an.

3. Sigrist AG Turbinenbau

Seit über 30 Jahren, baut die Sigrist AG Turbinenbau Kleinwasserkraftwerke in der ganzen Schweiz. Von der kleinen 5 kW Turbine bis zur 409 kW Maschine, von ein paar wenigen Litern pro Sekunde bis zu 40 bar Wasserdruck, wir haben die Lösung nach Mass.

Die Sigrist AG Turbinenbau ist ein Familienbetrieb, welcher in der dritten Generation von David Sigrist geführt wird. Das kleine Team von fünf Mitarbeitern hat bis heute über 100 Anlagen selbst hergestellt und revidiert auch Fremdfabrikate. Dank der Innovationsfreude entstehen immer wieder neue Produkte wie z.B. der SGRIST Integral Runner® oder die SGRIST Cross Flow T16.



SIGRIST Cross Flow T16 auf dem Prüfstand

3.1. SIGRIST Integral Runner®

Laufräder, welche den Namen SIGRIST Integral Runner® tragen, sind aus einem geschmiedeten, ultraschallgeprüften Chromstahlrohling aus dem Vollen gedreht und gefräst. Das heisst, es sind weder Schweissverbindungen noch Schrauben vorhanden. Das Laufrad ist aus einem Stück hergestellt. In der Produktion kommen modernste Maschinen zum Einsatz. Das Ergebnis ist ein Pelton-Laufrad, welches in Bezug auf die Lebensdauer, Wirkungsgrad und Laufruhe den höchsten Qualitätsanforderungen entspricht.

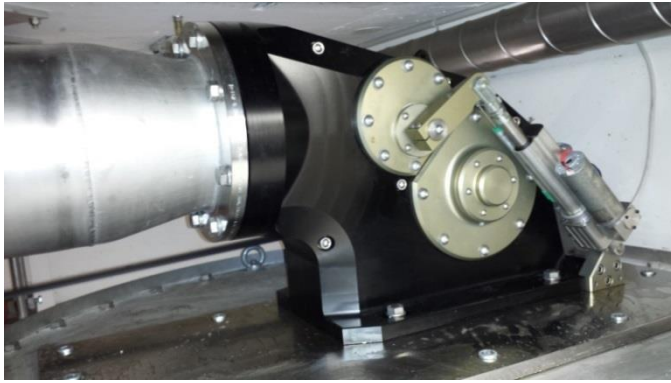


SIGRIST Integral Runner® ist ein eingetragener Markenname der Firma Sigrist AG Turbinenbau und 100% Swiss Made.

3.2. SIGRIST Cross Flow T16

Im Jahr 2014 hat die Sigrist AG Turbinenbau das Exklusiv-Recht für den Bau der **T15 Niederdruckturbine** der Firma entec AG erworben. Mit dieser weltweit erprobten Maschine wird die Lücke des unteren Druckbereichs im Lieferportfolio der Sigrist AG Turbinenbau geschlossen. Selbstverständlich wurde das Produkt weiterentwickelt und für den Schweizer Markt angepasst, damit auch hier wieder **100% Swiss Made** dahinter ist.

Aus der "T15" hat die Sigrist AG Turbinenbau zusammen mit unserer Partnerfirma die "SIGRIST Cross Flow T16" entwickelt. Diese neuartige Bauweise stützt sich auf den bewährten und auf der ganzen Welt eingesetzten Geometrien der T15 ab. Die Fertigungsprozesse und die Qualität der einzelnen Komponenten sind auf den Stand der Technik angepasst worden. Die hohe Präzision und der Einsatz von besten Werkstoffen wirken sich natürlich auf den Wirkungsgrad aus. Ein grosses Augenmerk wurde auf die Servicefreundlichkeit gelegt. Mit wenigen Handgriffen kommt man an die systemrelevanten Teile. Auch bei der Herstellung des Laufrades ist die Sigrist AG Turbinenbau neue Wege gegangen. Das Turbinenrad wird aus einem geschmiedeten Chromstahlrohling aus dem Vollen gedreht und gefräst.



SIGRIST Cross Flow T16 ist zum Patent angemeldet und 100% Swiss Made.

4. Elektrizitätswerk Altdorf AG

Für die Projektentwicklung, die Planung und den Bau von kleinen und mittleren Wasserkraftwerken sowie Erneuerungsprojekten verfügt EWA über ein Team von ausgewiesenen Spezialisten.

EWA betreibt aktuell elf eigene Wasserkraftwerke mit rund zwanzig Maschinengruppen. Im Portfolio stehen verschiedene Turbinenarten und Leistungen von 40 kW bis 25 MW.

In unserem Kompetenzzentrum „Kraftwerke“ planen und betreuen wir sowohl eigene Kraftwerkprojekte als auch Kundenprojekte. Durch die Erneuerung der eigenen bestehenden Kraftwerksanlagen und die Planung und Realisierung von neuen Kraftwerksprojekten konnte EWA ein grosses Know-how aufbauen. Dieses Know-how und die langjährige Erfahrung stellen wir auch Ihnen gerne zur Verfügung.

Das Portfolio deckt u.a. folgende Dienstleistungen ab:

- Projektentwicklung
- Bewilligungsprozess
- Umweltverträglichkeit
- Planung & Projektierung
- Realisierung & Inbetriebnahme
- Betrieb & Unterhalt inkl. Pikettorganisation
- Leistungsfähige Datennetze und Objektfernüberwachung
- Energiewirtschaftliche Betriebsführung ab Energieleitstelle
- Kaufmännische Geschäftsführung



5. Voraussetzungen für ein Trinkwasserkraftwerk

5.1. Wassermenge

Die Menge des zur Verfügung stehenden Wassers ist wohl der wichtigste Faktor für die Auslegung eines Kleinkraftwerkes. Hier kommt es nicht nur darauf an, wie gross das maximale Wasserangebot ist. Vielmehr muss herausgefunden werden, welches die sinnvollste Menge für eine optimale Auslegung eines Kraftwerkes ist. Es macht wenig Sinn, eine Turbine für 100 l/s zu bauen, wenn diese Wassermenge nur wenige Tage oder Wochen im Jahr zur Verfügung steht.

5.2. Höhenunterschied

Mindestens genauso wichtig wie die Wassermenge ist der Höhenunterschied. Der geodätische Unterschied in Meter von dem Reservoir bis zum Standort der Turbine wird als „Brutto-Höhe“ bezeichnet. Für den Bau von Kraftwerken muss allerdings die „Netto-Höhe“ bekannt sein. Diese ergibt sich nach Abzug des Druckverlustes in der Druckleitung und variiert je nach Wassermenge, welche durch die Leitung fliesst.

5.3. Reservoir

Im Reservoir wird das zu turbinierende Wasser gesammelt. Eine Wasserstands-sonde misst den Wasserpegel, damit die Steuerung die Öffnung der Düse bei der Turbine exakt regulieren kann. Der Wasserstand im Reservoir bleibt konstant, da die Kleinkraftwerke nicht wie Speicherkraftwerke mit dem Volumen eines Reservoirs (Stausee) "spielen". So viel Wasser wie in ein Reservoir fliesst wird mit der Turbine verarbeitet (gleichviel Zufluss wie Abfluss).

5.4. Druckleitung

Die Druckleitung leitet das Wasser vom Reservoir hinunter zur Turbine. Sie muss dem vorhandenen Wasserdruck (bar) entsprechend ausgelegt sein und sollte möglichst geradlinig verlegt sein. Um den Reibungsverlust gering und somit einen hohen Netto-Druck zu erhalten, sollte der Innendurchmesser einer Druckleitung möglichst gross sein.

5.5. Maschinenhaus

Hier wird die Turbine mit der zugehörigen Steuerung untergebracht. In Wasserversorgungen sind das Reservoir, die Druckleitung, das Maschinenhaus mit Netzanschluss und das nötige Wasser oftmals bereits vorhanden. Es sind meist nur kleinere Umbauarbeiten nötig, um eine Trinkwasserturbine einzubauen.

5.6. Turbinentypen

Auf dem Markt sind verschiedene Turbinentypen erhältlich, welche sich nicht nur in der zu verarbeitenden Wassermenge und dem Wasserdruck unterscheiden. Oft sind die angebotenen Maschinen nicht aus trinkwasserkonformen Materialien gebaut oder sie haben einen schlechten Wirkungsgrad. Leider lassen oft auch die Qualität der Produkte und vor allem die Bedienerfreundlichkeit zu wünschen übrig. So entstehen Aussagen wie z.B. „Kleinkraftwerke können nur von Fachpersonal betreut werden und nicht von Brunnenmeistern...“

Die Produkte der Firma Sigrist AG Turbinenbau sind genau für den Einsatz in Trinkwasserversorgungen konzipiert. Der einfache, robuste und modulare Aufbau ist wartungsarm und extrem unproblematisch im Betrieb.

5.7. Steuerung

Die Turbinensteuerung funktioniert autonom und öffnet z.B. eine Bypassleitung, falls die Turbine eine Störung hat. So wird die Wasserzuleitung aufrechterhalten und es kommt nie zu einem turbinenbedingten Engpass in der Versorgung. Auch können diverse Informationen über die Turbine an das Leitsystem der Wasserversorgung weitergegeben werden oder die Alarmierung kann über die gewohnten Einrichtungen geschaltet werden.

5.8. Netzanschluss

Die von der Turbine erzeugte elektrische Energie wird entweder direkt selber in dem Gebäude (z.B. Entkeimungsanlagen, Pumpen, Klappen etc.) genutzt oder an das örtliche Stromnetz abgegeben.

5.9. Betrieb und Instandhaltung

Für den Betreiber eines Wasserkraftwerks ist der Betrieb, die laufenden Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten der eigenen Anlage mit Arbeit verbunden. Hinzu kommen noch laufende gesetzliche Veränderungen und neue Vorschriften sowie versicherungstechnische Aspekte. Gerne unterstützt Sie EWA mit einem erfahrenen Team mit ihrem Wissen in allen Bereichen des Betriebs und der Instandhaltung. Sei dies für eine jährliche, ordentliche Instandhaltung, eine Zustandsbeurteilung, eine betriebliche Empfehlung, bzw. Erstellung von Wartungs- und Inspektionsplänen, eine Investitionsplanung oder einer Qualitätssicherung.

Unsere kundenorientierten Lösungen für Ihren Betrieb verbessern die Verfügbarkeit, Sicherheit, erhöhen die Lebensdauer, erfüllen die gesetzlichen Vorschriften und optimieren die Wirtschaftlichkeit.

Zögern Sie nicht! Kontaktieren Sie unseren Herrn Armin Schuler, Leiter Betrieb Kraftwerke bei EWA unter der Nummer 041 875 08 81 oder via Mail armin.schuler@ewa.ch. Über die Schritte einer optimalen Instandhaltungsstrategie informieren wir gerne in einem persönlichen Gespräch.

6. Praxisbeispiel KW-Seedorf

6.1. Ausgangslage und Meilensteine

Die Wasserversorgung der Gemeinde Seedorf bezieht ihr Trinkwasser aus der gemeindeeigenen Quelfassung Chuchibach. Die Brunnenstube wurde 1993 saniert und erweitert. Die Quellaufleitung stammt noch aus den Jahren 1949/50 und musste erneuert werden.

Im Jahre 2003 wurde mit einer Grobanalyse aufgezeigt, dass ein Kleinwasserkraftwerk am Chuchibach durchaus wirtschaftlich zu realisieren und zu betreiben ist. Im Vorprojekt 2005 konnte der Nachweis erbracht werden, dass mehrere Varianten für ein Kleinwasserkraftwerk in Frage kommen. Zwischen Herbst 2005 und Frühling 2007 wurden Quellschüttungsmessungen bei der Chuchibachquelle als Grundlage für die weitere Projektierung aufgezeichnet. Mit der vom Bund im Jahre 2008 eingeführten Kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV) für erneuerbare Energien konnte die Wirtschaftlichkeit eines Kleinwasserkraftwerks neu berechnet werden. Die Wasserversorgung Seedorf meldete das Projekt bei der Swissgrid AG für die KEV an und erhielt die KEV-Zusage im Herbst 2008.

Auf der Suche nach einem geeigneten Standort für die Kraftwerkszentrale entschied die Wasserversorgung Seedorf und die Elektrizitätswerk Altdorf AG, das

Kleinkraftwerk am Chuchibach in einer Partnerschaft zu realisieren und als Zentralenstandort das bestehende Gebäude des EWA-Kraftwerks Isenthal zu nutzen. Gleichzeitig wurde die Elektrizitätswerk Altdorf AG in die weitere Projektierung und Realisierung mit einbezogen.

Anschliessend wurde das Bauprojekt ausgearbeitet und der sogenannte Restwasserbericht, ein Bericht zu den Umweltbereichen, erarbeitet. Durch das Amt für Umweltschutz wurden die Restwassermengen im Chuchibach festgelegt.

Im Juni 2010 wurde dem Kreditbegehren der WV-Kommission Seedorf zugestimmt. Das anschliessende Baubewilligungsverfahren dauerte bis Dezember 2010. Erste vorbereitende Rodungsarbeiten konnten jedoch bereits ab November 2010 durchgeführt werden. Die eigentlichen Bauarbeiten starteten am 24. Januar 2011. Während den Bauarbeiten wurde die Wasserversorgung ab dem Netz des Wasserverbund Unteres Reusstal (WUR) sichergestellt. Die Druckleitung konnte bis im April 2011 durchgehend fertig erstellt werden, anschliessend fand die Montage der Maschinengruppe und die Installation der neuen Leitwarte der WV Seedorf statt. Das Kraftwerk und die Wasserversorgung konnten schliesslich im Juni 2011 in Betrieb genommen werden.

6.2. Projektbeschreibung

Quellfassung Chuchibach am Bärenstock und Ausgleichsbecken Kraftwerk Seedorf

Das erste Bauwerk zur Fassung der Chuchibachquelle wurde in den Jahren 1949/50 erstellt. Im Jahr 1993 erfolgte eine Sanierung. Im Rahmen der Bauarbeiten 2011 wurden innerhalb der Brunnenstube kleinere Anpassungsarbeiten vorgenommen, die insbesondere der Qualitätssicherung dienen und aus dem Neubau des angrenzenden, neuen Ausgleichsbeckens notwendig wurden.

Das Ausgleichsbecken Chuchibach weist neben dem Nassraum mit Einlauf- und Beruhigungskammer sowie zwei Überlaufschächten auch einen Trockenraum auf.

Zur Ausführung der Arbeiten im sehr steilen Gebiet stand nur sehr wenig Platz zur Verfügung. Mit aufwändigen Schutzmassnahmen im Felsgebiet wurde ein Schutz vor Steinschlag gewährt



Wasseraustritt der Chuchibachquelle



Brunnenstube vor Baubeginn



Fundation des Ausgleichbeckens



Ausgleichsbecken von oben gesehen

Leitungsbau Chuchibachquelle – Bolzbach

Auslaufseitig ans Ausgleichsbecken schliesst die neue Druckleitung aus duktilem Guss DN 250mm an, die innen mit einer Zementmörtel-Auskleidung und aussen mit einer Flammverzinkung und Faserzementumhüllung gegen Korrosion geschützt ist. Die 6m langen Rohre mit schubsicheren Steckmuffen wurde praktisch auf die ganze Länge von 1'111m erdverlegt und mit dem Helikopter zur Einbaustelle gebracht.



Druckleitungsanschluss ans Ausgleichsbecken



Steilhang beim Geissgadä



Leitungsverlegung Bachgerinne neben der Bauerstrasse



Anschluss an die Zentrale

Armaturenschacht beim Druckbrecher 2

Der ursprünglich in die Quellaufleitung eingebaute Druckbrecher 1 auf ca. 677m.ü.M. konnte mit dem Bau der Druckleitung ausser Betrieb genommen werden. Beim Druckbrecher 2 auf ca. 562m.ü.M. wurde ein neuer Armaturenschacht erstellt, der zur Systemtrennung zwischen der Wasserversorgung und dem Kraftwerk eine zentrale Rolle einnimmt. Die zur Trinkwassereinspeisung benötigte Wassermenge wird ab der Druckleitung mit etwa 25bar bezogen und in den Druckbrecherschacht eingeleitet. Die Einlaufmenge wird hydromechanisch reguliert.



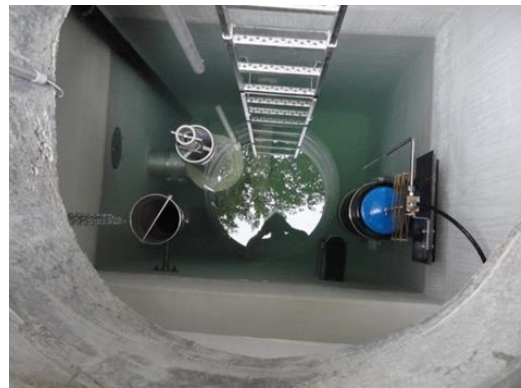
Bodenplatte Armaturenschacht neben Druckbrecher 2



Sickerpackung und Schutzmassnahmen Einstieg



Druckreduzierventile im Armaturenschacht



Innenleben Druckbrecher 2

Zentrale Kraftwerk Seedorf

Die Maschinengruppe mitsamt der Steuerung, dem Anschluss ans Netz und der Leittechnik des Kraftwerks Seedorf sind im Zentralengebäude des EWA-Kraftwerks KW Isenthal untergebracht. Das turbinierete Wasser wird in den Unterwasserkanal der Maschine 2 KW Isenthal eingeleitet.



Achteckiger Unterbau zur Turbinenlagerung



Turbine mit Laufwerk, Gehäuse Ø 1'000mm



Montage Turbine und Generator

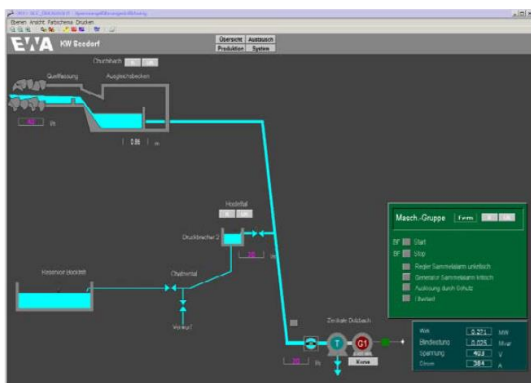


Schaltanlage KW Seedorf

6.3. Überwachung, Betrieb und Wartung des KW Seedorf

Die EWA Energie- und Netzleitstelle in Altdorf ist das „Herz“ von EWA. Sie garantiert ununterbrochen, dass der Kanton Uri sowie die Gemeinden Arth, Morschach und Riemenstalden stets ausreichend und zuverlässig mit Strom versorgt werden.

In der Energie- und Netzleitstelle laufen die Fäden aller Kraftwerke und des EWA-Verteilnetzes zusammen, d.h. die Kraftwerke und deren Einsatzplanung, das Verteilnetz und das EWA-Datenetz werden von der zentralen Leitstelle aus gesteuert und überwacht. Tagtäglich sorgt die Energie- und Netzleitstelle für ein Gleichgewicht zwischen der Stromproduktion und dem Stromverbrauch der Kunden auf der Basis von 1/4h-Werten unter Einhaltung eines engen Toleranzbandes.



Schaltbild KW Seedorf auf EWA Leitstelle sowie grafische Darstellung der Produktion

Für den Anlagenbetrieb und Anlagensteuerung dient ein komplexes, umfangreiches Leitsystem. Alle Überwachungsaufgaben werden mit deren Hilfe an einem Ort konzentriert. Damit können einerseits kritische Situationen im Prozessablauf schnell erkannt werden – Alarmmeldungen oder Grenzüberschreitungen sofort angezeigt und gemeldet (optische und akustische Alarmierung) – andererseits kann mittels dem Leitsystem direkt in den Prozess eingegriffen werden (Schaltbefehle, Stellsignale). Ein Wasserkraftwerk wie das KW Seedorf muss nach dessen Bau auch regelmässig gewartet und unterhalten werden. Die Planung und Überwachung des Betriebes sowie die Instandhaltung des Kraftwerk Seedorf werden von den EWA Fachspezialisten wahrgenommen, welche wiederum die Synergien mit dem KW Isenthal und KW Kleintal nutzen können.

6.4. Projektkennndaten Wasserversorgung Seedorf

Quellfassung	Chuchibachquellen am Bärenstock, 802m.ü.M. Quellschüttung geprägt vom Oberflächenabfluss, wahrscheinlich mit Kluft- und Hangwasser.
Wasserdargebot und künftige Nutzung	Total Quellschüttung ca. 2'200'000m ³ /s <ul style="list-style-type: none"> - Restwasserabgabe ganzjährig 7 l/s oder umgerechnet ca. 220'000m³/a (10 %) - Nutzung für die Trinkwasserversorgung Seedorf ca. 300'000m³/a (13 %) - nicht zur Stromproduktion nutzbares Überlaufwasser ca. 120'000m³/a (5 %) - zur Stromproduktion nutzbare Wassermenge ca. 1'600'000m³/a (72 %)
Quellableitung	Ableitung aus Brunnenstube / Ausgleichsbecken in Druckleitung KW Seedorf DN 250mm. Abschnittslänge bis Armaturen- / Druckbrecher-schacht 2 ca. 635m
Ausgleichsbecken Chuchibach	mittlere Wasserspiegelhöhe 800.88m.ü.M.
Zentrale Bolzbach	Lauftradachse Turbine auf 437.35m.ü.M.
Bruttofallhöhe	363.53m (36 bar)
Druckverlust bei Vollast	ca. 33.5m
Nettofallhöhe bei Vollast	ca. 330m (32 bar)
Max. Betriebsdruck	ca. 36bar inkl. Druckstoss
Ausbauwassermenge	140 l/s
Betriebswassermenge	ca. 10 l/s bis 140 l/s

Mittlere Jährliche Produktion	1.2 Mio kWh Damit kann der Strombedarf von etwa 250 Haushalten gedeckt werden.
Investitionskosten 2011 inkl. MwSt	ca. 1.5 Mio. Franken (ohne Kostenanteil Wasserversorgung)
Energieabsatz	Kostendeckende Einspeisevergütung mit Laufzeit bis ins Jahr 2036; Energieabgabe in Bilanzgruppe erneuerbare Energien, danach Vermarktung durch EWA.
Pro m³ Wasser produzierte Energie	0.75 kWh/m ³
Energieproduktion	rund 30 Volllasttage pro Jahr Anteil Stromproduktion im Sommerhalbjahr ca. 80%, Winterhalbjahr ca. 20%.
Druckleitung	<ul style="list-style-type: none"> - Länge 1'111m, Nennweite DN 250mm (Auslauf Ausgleichsbecken in DN 400mm resp. 300mm) - Duktiler Guss mit zulässigem Bauteilbetriebsdruck (PFA) 54bar. - Innen mit Hochofen-Zementmörtel-Auskleidung - Aussen mit Zinküberzug und Faserzementmörtel-Umhüllung (FZM) - Längskraftschlüssige Steckmuffenverbindungen - Über 60 Bögen mit Richtungsänderungen zwischen 15° und 45° in Druckleitung eingebaut.
Absperrorgan	Kugelhahn Erhard DN 250mm, PN 40 mit Elektroantrieb AUMA
Turbine	Vertikale Pelton-turbine VT1000-3 Sigrist AG mit drei Düsen. Turbinenleistung 409kW, 1506min-1. Laufrad aus Chromstahl 1.4301 fliegend auf Wellenende des Generators montiert Turbinengehäuse aus Aluminium gegossen und pulverbeschichtet RAL 5015.
Generator	Asynchrongenerator Typ K21R VEM / Kobel Nennleistung 480kVA, Nennspannung 400V, 50Hz
Steuerung	Vollautomatische Netzparallelschaltanlage mit Turbinensteuerung

QUELLE Praxisbeispiel KW-Seedorf: Broschüre Quellableitung Chuchibach und Kraftwerk Seedorf, WV Seedorf und KW Seedorf AG, 2011