

Dr.-Ing. Mathias Kohrmann, Bremgarten/Schweiz

## Eine effiziente Lösung für die Schall- und Schwingungsdämmung bei Wasserkraftwerken

Die HBT-ISOL AG aus Bremgarten/Schweiz ist seit 35 Jahren im Bereich des Ruheschutzes tätig. Zu den Spezialgebieten gehören die Schwingenisolation von Maschinen, elastische Gebäudelagerungen zum Schutz vor bahninduzierten Schwingungen sowie die schalltechnische Trennung bei Mischnutzungen mit Gewerberäumen innerhalb von Wohn- oder Bürogebäuden. Darüber hinaus entwickeln die Fachingenieure der HBT-ISOL AG auch individuelle Lösungen und beraten während der Planungs- und Ausführungsphase. Durch eigene Montageteams stellt die HBT-ISOL AG eine qualitativ hochwertige Ausführung sicher.



Abb. 1: Die alte Anlage des Kraftwerkes Chapfensee-Plons in der Schweiz vor der Sanierung [4]

### Kraftwerk Chapfensee-Plons

In diesem Beitrag wird die technische Lösung der schalltechnischen Entkopplung von Wasserkraftwerken am Beispiel der Sanierung und Erweiterung des Kraftwerkes Chapfensee-Plons vorgestellt. Die in den Jahren 1947/48 errichtete Anlage (Abb. 1) wies nach rund 70 Jahren Betrieb zunehmend altersbedingte Sicherheitsmängel auf. Im Zuge der Sanierung wurde gleichzeitig eine Erweiterung mit einer effizienteren Nutzung des vorhandenen Wassers umgesetzt [1]. Die durchschnittliche Jahresproduktion wurde

von 19,2 auf 22,8 GWh gesteigert [2]. Die Investitionskosten betragen etwa 26 Mio. Franken [3].



Abb. 2: Turbinenrad der alten Pelton-Turbine [4]

Die neue Anlage (Abb. 3) weist eine Ausbaumaschine von 1,5 m<sup>3</sup>/s bei einer Bruttofallhöhe von 549 m auf. Die alte eindüsige Pelton-Turbine (Abb. 1 und 2) wurde durch eine zweidüsige Variante (Abb. 3 und 4) er-

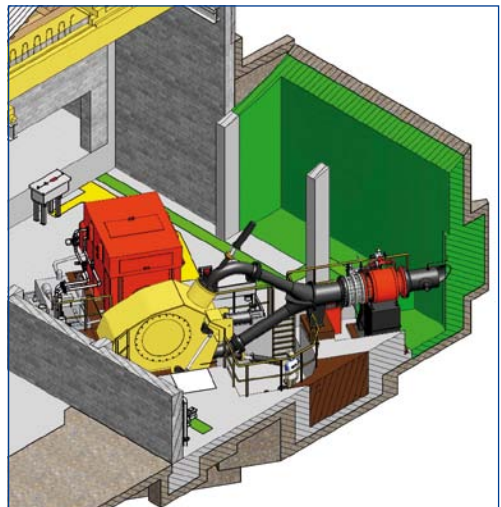


Abb. 3: 3D-Visualisierung der neuen Anlage des Kraftwerkes Chapfensee-Plons



Abb. 4: Blick in die neue Pelton-Turbine

setzt. Die übrige Elektromechanik wurde ebenfalls erneuert [2].

### Aufgabenstellung

In unmittelbarer Nähe zu dem Kraftwerk befindet sich ein Wohngebäude (Abb. 5). Im Zuge der Sanierung soll auch die Erschüt-

rungs- und Körperschallemission der Anlage reduziert werden, sodass die Belastung der Bewohner auf ein Minimum reduziert wird. Hauptemissionsquellen sind die Turbine, der Generator, der Kugelhahn sowie der turbulente Bereich des Unterwasserkanales (UWK).

Eine Herausforderung stellt insbesondere die



Abb. 5: Luftbild des Kraftwerkes Chapfensee-Plons mit angrenzender Bebauung

niedrige Nenndrehzahl der Turbine mit  $750 \text{ min}^{-1}$  dar, was einer tiefsten Anregefrequenz von  $12,0 \text{ Hz}$  entspricht.

## Lösungsansatz

Der gewählte Lösungsansatz sieht eine elastische Entkopplung der Anlage vor (Abb. 6 und 7). Dazu wird der Unterwasserkanal als zweischalige Konstruktion mit elastischer Zwischenschicht (sog. „Box-in-a-Box“-Lösung) ausgebildet, die Turbine sitzt auf der inneren „Box“. Zusätzlich werden die Fundamente von Generator und Kugelhahn elastisch gelagert.

Jegliche Relativbewegung der einzelnen Komponenten muss ausgeschlossen werden, weshalb die Fundamente monolithisch ausgeführt oder über Steifen verbunden werden. Zusätzlich wird das Druckrohr ummantelt, um eine Körperschalleinleitung bei dem Durchdringen der Gebäuderückwand zu reduzieren. Die Entkopplung endet an dem Fixpunkt, der sich hinter dem Gebäude befindet. Die Körperschall-Übertragung wird ab hier als zu vernachlässigen angenommen.

Um eine ausreichende Schwingungsisolation zu gewährleisten, muss – unter Annahme eines idealen Ein-Massen-Schwinger-Systemes – eine Abstimmfrequenz von  $\leq 8,0 \text{ Hz}$  erreicht werden. Gleichzeitig muss die Stärke der Dämmschicht auf  $50 \text{ mm}$  begrenzt bleiben, um übermäßige Verformungen zu vermei-

den. Diese hohen Anforderungen sind ausschließlich durch die Verwendung hochwertiger geschlossen-zelliger Polyurethanschaum-Matten vom Typ Isoldyn® zu erreichen.

## Ausführungsdetails

Das mit Abstand kritischste Bauteil stellt der Unterwasserkanal dar. Hier bestehen für beide Schalen hohe Anforderungen an die Dichtheit des Betonbauwerkes. Auf den Beton drückt dabei nicht nur das Wasser im Kanal von innen, sondern auch das anstehende Grundwasser von außen. Dringt während der Nutzungsdauer Wasser in die Lagerenebene ein, kann die Funktion der Schwingungsisolation oder Körperschalldämmung reduziert oder gar negiert werden. Auch an dem Übergang zu ungelagerten Bereich muss eine elastische und dennoch dichte Fuge ausgebildet werden. Zudem bewirkt die Turbine auf dem hinteren Teil der inneren „UWK-Box“ eine ungleichmäßige Lastverteilung.

Für diesen Fall wurde von den Fachingenieuren der HBT-ISOL AG eine Speziallösung entwickelt. Aufgrund der fein abgestuften Drucktypen der Isoldyn®-Matten kann die Steifigkeit der Lagerung ideal angepasst (farblich getrennt in Abb. 8a) und so eine gleichmäßige Einsenkung der inneren „Box“ mit aufgesetzter Turbine erreicht werden.

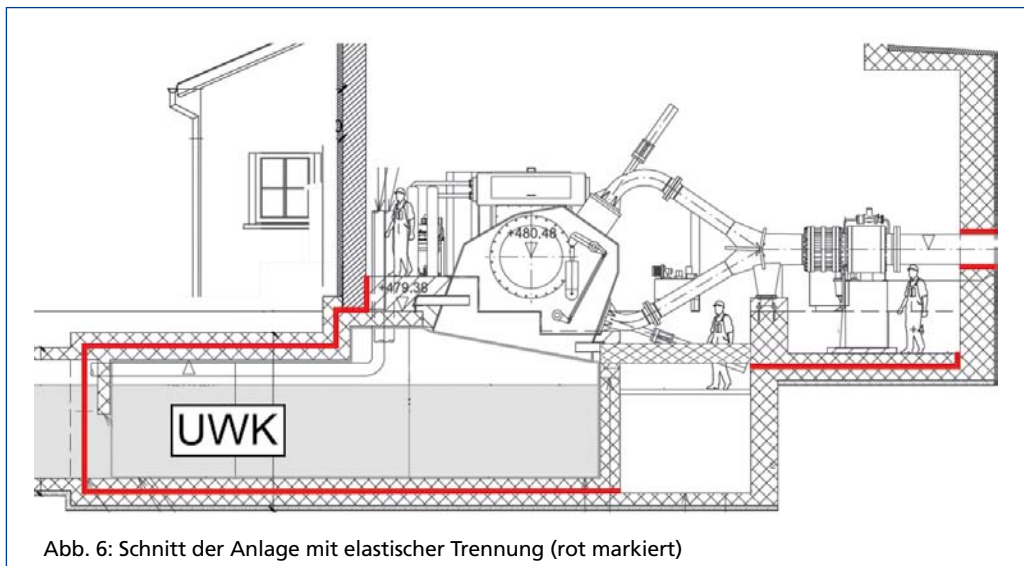


Abb. 6: Schnitt der Anlage mit elastischer Trennung (rot markiert)







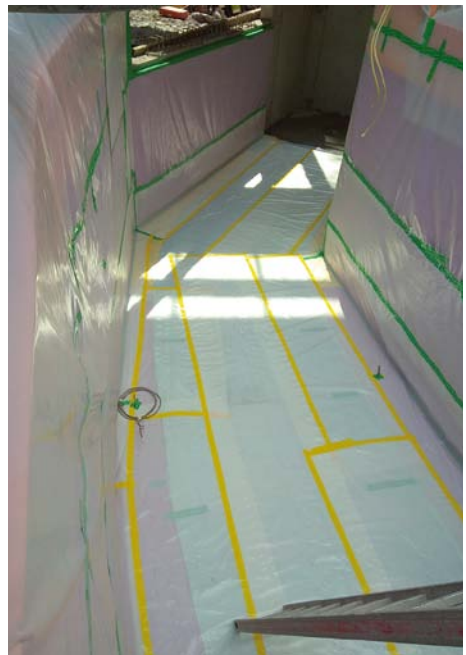
a)



b)



c)



d)

Abb. 8: „Box-in-a-Box“-Lagerung des Unterwasserkanals mit geschlossen-zelligen Polyurethanschaum-Matten Isoldyn®, Streifenlagerung (a + b) mit verloraener Schalung (c), bojakendicht abgedeckt mit zweilagiger PE-Folie (d)

Ein weiterer Vorteil von Isoldyn® – neben der tiefen Abstimmfrequenz – besteht darin, dass das geschlossen-zellige Material kein Wasser aufnimmt. Neben der Sohlagerung der inneren „Box“ werden (bis zur Höhe des Grundwasserspiegels) auch die Wände mit Isoldyn® entkoppelt (Abb. 8b). Um Undichtigkeiten schnell zu erkennen und eventuell anfallendes Wasser zuverlässig und schnell abführen zu können, wird die Sohlagerung als Streifenlagerung längs zur Kanalachse ausgeführt. Eindringenes Wasser kann so in Richtung eines Pumpensumpfes abfließen.

Die Streifenlagerung wird mit einer verlorenen Schalung in Form von Stahlblechen abgedeckt (Abb. 8c).

Vor dem Bewehren und dem Betonieren wird die gesamte Lagerfläche mit zwei Lagen PE-Folie abgedeckt, welche sorgfältig bojakendicht abgeklebt wird (Abb. 8d). So stellen die Monteure der HBT-ISOL AG sicher, dass beim Betonieren keine Körperschallbrücken erzeugt werden. Fehlstellen, welche durch unsachgemäße Montage entstanden sind, können meist im Nachhinein nicht mehr geortet und in den seltensten Fällen korrigiert werden.

In ähnlicher Weise wird bei den Lagerebenen für die Fundamente von Kugelhahn (Abb. 9) und Generator (Abb. 10) vorgegangen. In diesen Bereichen wird für die seit-

lichen Trennebenen das gemischt-zellige Isolmer® eingesetzt, welches auch bei geringer Auflast eine sehr gute Dämmwirkung erzielt.

Essentiell für die Funktion einer elastischen Lagerung sind darüber hinaus die Anschlussdetails, weshalb die Ingenieure der HBT-ISOL AG hierauf besondere Aufmerksamkeit legen. So müssen vor allem Stellen, an denen die Lagerebene durchdrungen wird, sorgfältig geplant und ausgeführt werden. Einige Beispiele werden nachfolgend aufgeführt.

Abb. 11 zeigt die Einmündung des Bypass-Rohres. Dieses führt seitlich am gelagerten Bereich vorbei und durchdringt die Lagerebene seitlich hinter der Turbine. Andere Leitungen kommen aus dem gelagerten und führen in den ungelagerten Bereich.

Wie aus Abb. 12 ersichtlich, müssen auch diese Leitungskanäle – falls keine entsprechenden Kompensatoren vorgesehen sind – auf der gesamten Länge entkoppelt werden.

Die dichte und elastische Fuge am Übergang zum ungelagerten Bereich im Unterwasserkanal wird wiederum mit Isoldyn® ausgebildet und mit einer Speziallösung der HBT-ISOL AG gegen mechanische Einwirkung geschützt.

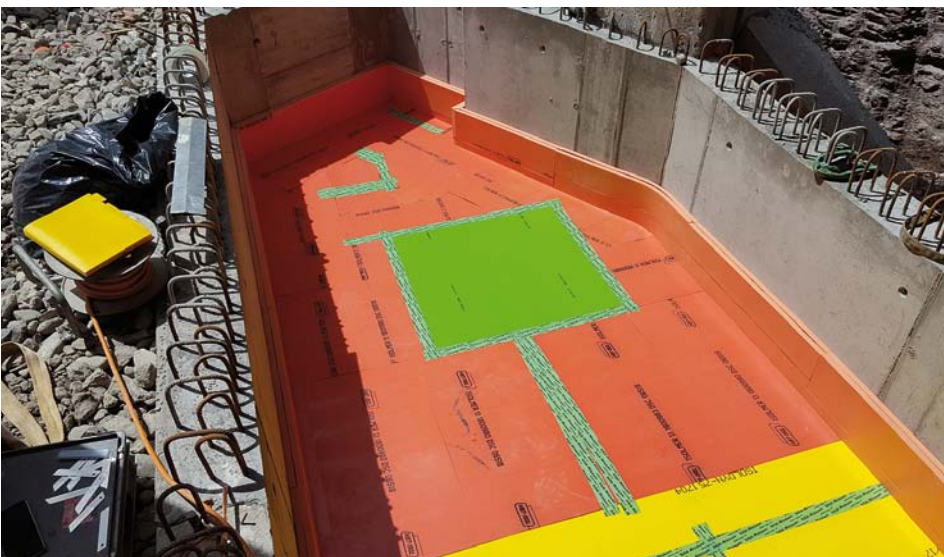


Abb. 9: Lagerebene Kugelhahn: Isoldyn® (grün und gelb) sowie Isolmer® (rot und orange)





Abb. 10: Lagerebene Generator-Fundament, abgedeckt mit zwei Lagen PE-Folie

## Zusammenfassung

Bei dem Wasserkraftwerk Chapfensee Plons/Schweiz wurde im Rahmen der Sanierung eine schwingungs- und schalltechnische Entkopplung vorgesehen. Die HBT-ISOL AG hat dazu eine technische Lösung entwickelt und angewandt, um unabhängig von der Dichtigkeit des Betonbauwerkes die Funktion der Dämmung sicherzustellen. Durch den Einsatz von geschlossen-zelligem Polyurethan-

schaum Isoldyn® wird zudem eine hohe Dämmwirkung erzielt. Speziell geschulte und erfahrene Monteure und Ingenieure stellen zudem eine technisch einwandfreie Ausführung unter Berücksichtigung kleinster Details sicher.

Gedankt sei an dieser Stelle für die hervorragende und kollegiale Zusammenarbeit mit der Emch+Berger AG sowie im Speziellen Olivier Sarrasin für die Bereitstellung des Fo-



Abb. 11: Bypass-Rohr



Abb. 12: Leitungskanäle

tomaterials. Dank gilt auch Erich Riget, Geschäftsleiter des Elektrizitäts- und Wasserwerk Mels, für das Redigieren des Textes.

## Referenzen

1. Sanierung und Erweiterung Kraftwerk Chapfensee-Plons. – [www.mels.ch/dl.php/de/562880c5681db/Gutachten\\_Kraftwerk\\_Chapfensee-Plons.pdf](http://www.mels.ch/dl.php/de/562880c5681db/Gutachten_Kraftwerk_Chapfensee-Plons.pdf) (abgerufen am 29.7.2019)

2. EW Mels – Kraftwerke erstrahlen im neuen Glanz. – [www.kekgmbh.ch/content/aktuell/w7e34040e1e1b000315e607715fc134e](http://www.kekgmbh.ch/content/aktuell/w7e34040e1e1b000315e607715fc134e) (abgerufen am 29.7.2019)

3. Kraftwerk Chapfensee wird saniert. – [www.tagblatt.ch/ostschweiz/kraftwerk-chapfensee-wird-saniert-ld.994506](http://www.tagblatt.ch/ostschweiz/kraftwerk-chapfensee-wird-saniert-ld.994506) (abgerufen am 29.7. 2019)

4. Fotogalerie Stromproduktion. – [www.ewmels.ch/de/vorstellung/fotoalbum/welcome.php?action=showgallery&galid=3148](http://www.ewmels.ch/de/vorstellung/fotoalbum/welcome.php?action=showgallery&galid=3148) (abgerufen am 29.7. 2019)



Abb. 13: Abdichtung des Unterwasserkanales