

Erweiterung KW Kirchbichl

Johann Neuner¹, Michael Holzmann¹, Gerald Zenz², Alfred Hammer², Simone Zechner²

Zusammenfassung

Die TIWAG – Tiroler Wasserkraft AG betreibt das Kraftwerk Kirchbichl am Inn seit dessen Errichtung in den 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Aufgrund geänderter rechtlicher sowie hydrologischer Rahmenbedingungen (Wasserrahmenrichtlinie, neue Bemessungsabflüsse), und betriebsbedingter Erfordernisse, sind eine Reihe von Maßnahmen geplant.

Mit dem Projekt Kraftwerk Kirchbichl – Erweiterung wird der rund ein Kilometer lange Triebwasserkanal saniert, das Hochwasserabfuhrvermögen der bestehenden Wehranlage an die aktuellen erhöhten Hochwasserabflüsse angepasst und die Ausbauwassermenge von 250 m³/s auf 484 m³/s erhöht. Die Erweiterung erfolgt über den Zubau eines 4. Maschinensatzes und einer Verbesserung des Schluckvermögens der Bestandsmaschinen. Gleichzeitig wird ein zusätzliches Entlastungsbauwerk zur Abdeckung des HQ₁₀₀ (n-1) Falles am Ende des Triebwasserweges errichtet. Die Ausbauleistung erhöht sich von rund 19,4 MW auf 38 MW, das Jahresarbeitsvermögen kann um etwa 35 GWh, von 130 GWh auf 165 GWh, gesteigert werden.

Zusätzlich wird die Fischdurchgängigkeit der Gesamtanlage durch Aufwertung der Kirchbichler Innschleife mit einem Fischwanderkorridor unter gleichzeitiger Errichtung eines Dotierkraftwerks erreicht.

Zur Abklärung hydraulisch-wasserbaulicher Fragestellungen wurde das Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU Graz mit der Durchführung von hydraulischen Modellversuchen an zwei Vollmodellen (M 1:40) beauftragt:

Modell 1 wird als „Kirchbichl 1“ bezeichnet und umfasst das Oberwasser mit dem Beginn des Triebwasserkanals, das Dotierkraftwerk als Verbindung zwischen Triebwasserkanal und Unterwasser der Wehranlage, Fischwanderhilfe als Vertical Slot, die Wehranlage sowie einen Teil des Unterwassers (Inn Fluss-Km 232,040 – 233,731, Triebwasserkanal Km 0,000 – 0,546).

Modell 2 wird als „Kirchbichl 2“ bezeichnet und umfasst einen Teil des Triebwasserkanals (Km 0,740 – 1,034), das Krafthaus mit allen relevanten Details sowie den Bereich des Zusammenflusses Triebwasserkanal und Inn (Fluss-Km 229,508 – 230,327).

1 Einleitung

Im Projekt Krichbichl – Erweiterung sind mehrere Maßnahmen miteinander verbunden. Zunächst ist gemäß dem Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP I) und der Verordnung des Landes Tirol die Fischdurchgängigkeit herzustellen. Für die Herstellung der Fischdurchgängigkeit ist die Restwasserabgabe über ein Dotierkraftwerk am orographisch rechten Ufer unterhalb der Wehranlage vorgesehen (vgl. Abb.1). Die Fischwanderhilfe ist direkt neben dem Dotierkraftwerk ($Q_A = 15 \text{ m}^3/\text{s}$) situiert. Die Fische können über einen Vertical Slot aufsteigen und in einem Trog über dem Triebwassereinlauf in ein naturnahes Gerinne neben dem Inn ca. 350 m oberhalb der Wehrstelle wieder in den Inn schwimmen. Neben der Wanderhilfe am Wehr muss für die Fischdurchgängigkeit auch der Pegel in der Innschleife umgebaut werden.

Nachdem das Kraftwerk schon über siebzig Jahre in Betrieb ist, stehen auch einige Sanierungen an. Hauptkomponenten der Sanierung sind die Ertüchtigung des Triebwasserweges (OW-Graben; vgl. Abb. 1) und die Verbesserung des Abflussvermögens am Wehr. Der ca. 1 km lange Triebwasserweg wird mit einer neuen Betonoberflächendichtung saniert.

Seit Inbetriebnahme in 1941 sind die Bemessungswerte für HQ_{100} von damals $1800 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $2374 \text{ m}^3/\text{s}$ angehoben worden. Durch die Beseitigung der Engstelle (Innaufweitung) unterhalb des Wehrs können die Unterwasserstände im Hochwasserfall abgesenkt und das Abflussvermögen am Wehr deutlich gesteigert werden. Trotz Erhöhung des Bemessungsabflusses um 32 % kann das aktuelle HQ_{100} im n-Fall unter Einhaltung der geforderten Freibordmaße abgeführt werden. Der (n-1) – Fall ist nicht mehr abgedeckt. Hierfür wird am Ende des Triebwasserweges ein weiteres Wehrfeld (Entlastungsbauwerk) mit einem Zugsegment und aufgesetzter Klappe errichtet. Bei Versagen eines Wehrverschlusses wird das Entlastungsbauwerk geöffnet somit können deutlich über $500 \text{ m}^3/\text{s}$ über das zusätzliche Wehrfeld abgeführt werden. Bei regulärem Betrieb bleibt das Wehrfeld verschlossen. Zur Vermeidung von kraftwerkbedingten Schwallereignissen in der Innschleife, kann über die Klappe direkt in die Unterwasserstrecke entlastet werden. Zu guter Letzt wird eine neue Brücke über den Triebwasserweg (Neubau Werksbrücke) errichtet.

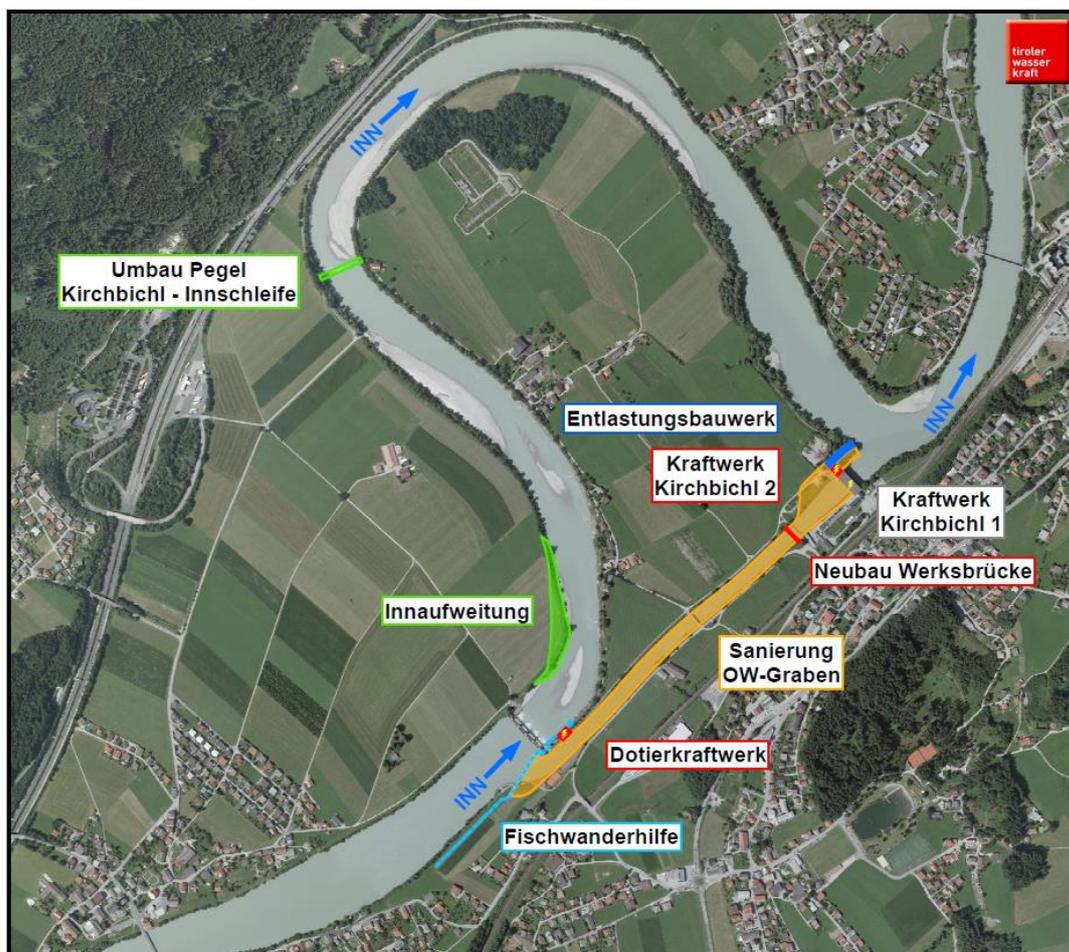


Abb. 1 Übersicht Projekt Kraftwerk Kirchbichl – Erweiterung

Das Kernstück des Projektes Kirchbichl – Erweiterung ist die Erhöhung des Ausbauabflusses von derzeit $250 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $484 \text{ m}^3/\text{s}$. Die neue Ausbauwassermenge setzt sich aus der Erhöhung der Ausbauwassermenge an den 3 bestehenden Maschinensätzen um $34 \text{ m}^3/\text{s}$ und einer

neuen 4 Maschine mit einem Schluckvermögen von 200 m³/s zusammen. Die technischen Eckdaten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1 Technische Eckdaten im Überblick:

Natürliches Einzugsgebiet (Pegel Bichlwang bei Flusskilometer 229,2)	9.310 km ²
Flusskilometer bestehendes Krafthaus	ca. 230,0 km
Flusskilometer Wehranlage	ca. 233,4 km
Ausbaudurchfluss Krafthaus Kirchbichl 1	284 m ³ /s
Ausbaudurchfluss neues Krafthaus Kirchbichl 2	200 m ³ /s
Ausbaudurchfluss Dotierkraftwerk Kirchbichl	15 m ³ /s
Installierte Leistung gesamt bei	rd. 38 MW
Max. Fallhöhe (bestehendes und neues Krafthaus)	9,7 m
Max. Fallhöhe (Dotierkraftwerk)	6 m

Die Lage des Kraftwerks Kirchbichl 2 mit der neuen Maschine ist wesentlich von der Gründungstiefe des neuen Kraftwerkes abhängig. Erste Überlegungen sahen vor das Entlastungsbauwerk mit der deutlich seichteren Gründung neben das Bestandskraftwerk zu stellen und erst im Anschluss an das Entlastungsbauwerk das neue Kraftwerk Kirchbichl 2 zu bauen (vgl. Abb. 2). Durch eine Optimierung der Ausbaumassmenge und auch die Wahl einer Maschinenkonfiguration, die eine seichtere Gründung erlaubten, war eine Anordnung des neuen Kraftwerkes Kirchbichl 2 direkt neben dem Bestandskraftwerk möglich (vgl. Abb.3). Der Unterschied in der Gründungstiefe konnte von 8,45 m auf 4,6 m verringert werden.

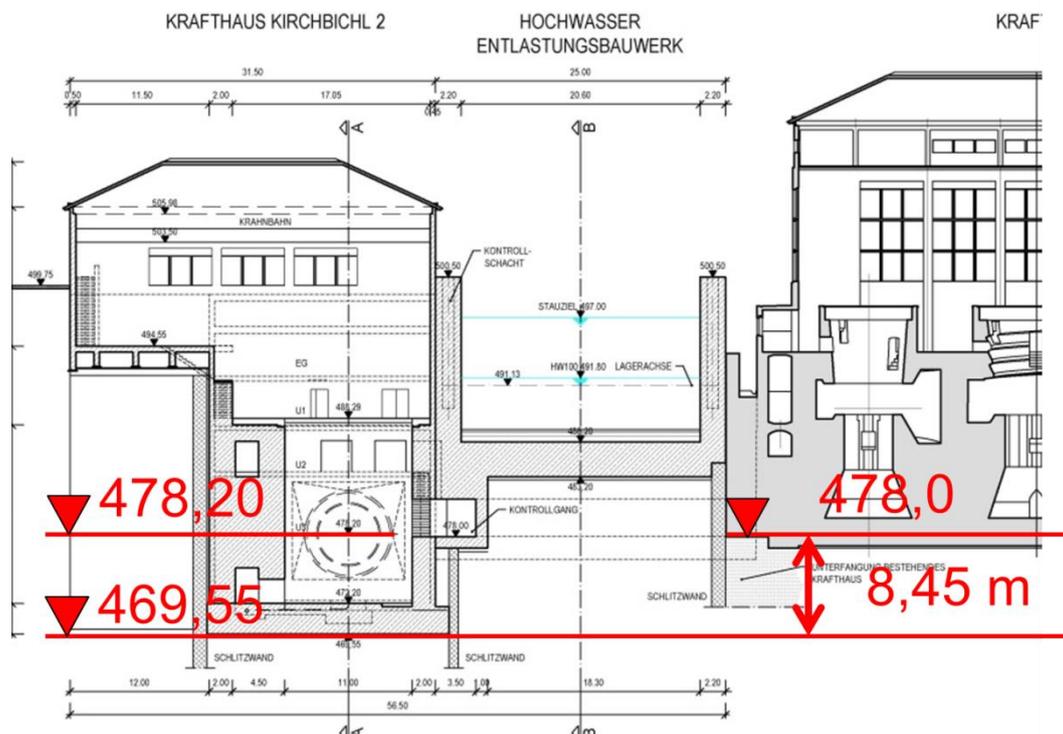


Abb. 2 ursprüngliche Variante Bauwerkskonstellation

Die Vorteile der direkten Anordnung an das Kraftwerk Kirchbichl 1 liegen in der wesentlich günstigeren Errichtung (Reduzierung Umbauter Raum um ca. 25 %) und der deutlich vereinfachten Betriebsführung mit kürzeren Wegen sowie gemeinsam nutzbare Einrichtungen,

wie Werkstatt oder Hallenkran. In der Abb. 4 ist ein Blick von Unterwasser auf das alte und neue Kraftwerk Kirchbichl dargestellt.

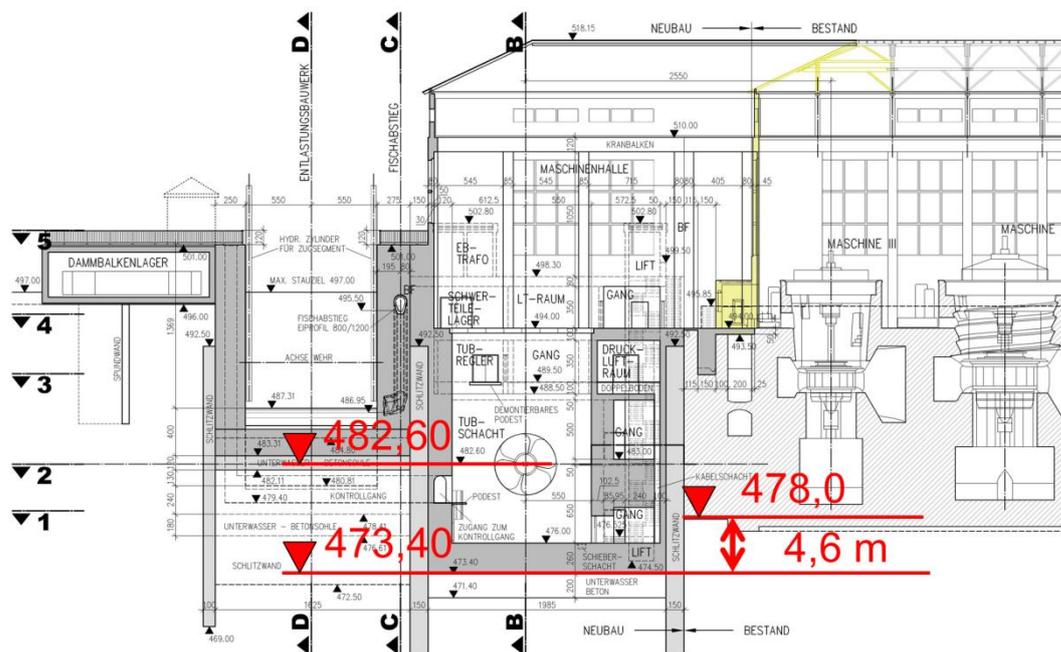


Abb. 3 Ausführungsvariante Kraftwerk Kirchbichl 2 und Entlastungsbauwerk



Abb. 4 Fotomontage Kraftwerk Kirchbichl mit Zubau

2 Hydraulischer Modellversuch

Zur Abklärung der hydraulischen Fragestellungen wurden an der Technischen Universität Graz am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft zwei Modellversuche im Maßstab 1:40 durchgeführt. Grundlagen bilden jene Unterlagen, welche dem Institut von der TIWAG, der PÖYRY und der DonauConsult zur Verfügung gestellt wurden.

Die wesentlichen Fragestellungen der Modellversuche waren:

- Leistungsfähigkeit der Wehranlage im Ist- und Projektzustand
- Anströmungsbedingungen des neuen Triebwassereinlaufes

- Anströmungsbedingungen der neuen 4. Maschine
- Leistungsfähigkeit und Energieumwandlung des Entlastungsbauwerkes

Modell 1 wird als „Kirchbichl 1“ bezeichnet und umfasst das Oberwasser mit dem Beginn des Triebwasserkanals, das Dotierkraftwerk als Verbindung zwischen Triebwasserkanal und Unterwasser der Wehranlage, Fischwanderhilfe als Vertical Slot, die Wehranlage sowie einen Teil des Unterwassers (Inn Fluss-Km 232,040 – 233,731, Triebwasserkanal Km 0,000 – 0,546).

Modell 2 wird als „Kirchbichl 2“ bezeichnet und umfasst einen Teil des Triebwasserkanals (Km 0,740 – 1,034), das Krafthaus mit allen relevanten Details sowie den Bereich des Zusammenflusses Triebwasserkanal und Inn (Fluss-Km 229,508 – 230,327).

Sohlausbildung: Für beide Modelle wurden die (festen) Sohllagen auf Basis der Vermessung von 2009 vereinbart.

2.1 Modell 1 - Kirchbichl 1

Das bereits bestehende Modell im Maßstab 1:40 wurde ab Juni 2014 umgebaut.

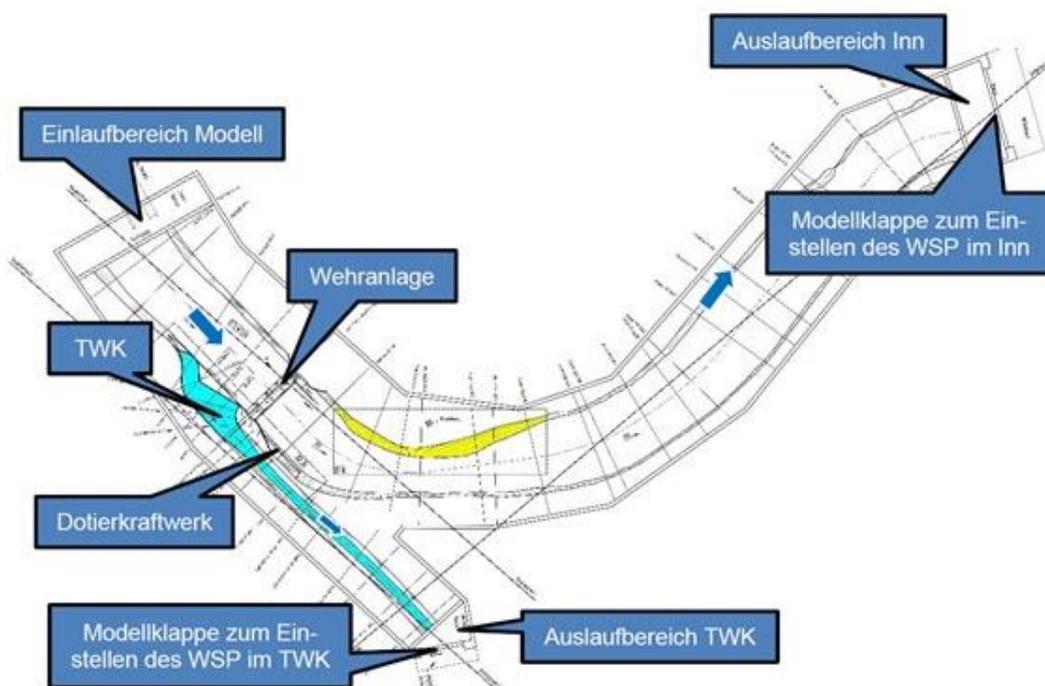


Abb. 5 Modelllageplan Kirchbichl 1 [1]

Abweichend von der Beton-Sohle wurde einzig der Bereich der linksufrigen Einengung (gelber Bereich) mit gemörtelter Sohle ausgeführt, um diese Einengung im weiteren Verlauf zur maximalen Aufweitung rückbaubar zu gestalten. Wobei hier die Begrenzung der Aufweitung durch die Position eines bestehenden Strommasten (siehe Abb. 6) gegeben ist.

2.1.1 Versuche Kirchbichl 1

Hauptaugenmerk bei den Untersuchungen wurde auf folgende Punkte gelegt:

- Optimierung der linksufrigen Einengung im Unterwasserbereich der Wehranlage – mit dem Ziel eine Absenkung der Oberwasserspiegel bei geringem Anstieg der Unterwasserspiegel gegenüber dem Ausgangszustand zu erreichen.

- Die geänderte Einlaufsituation im Bereich des TWK zu optimieren. Hier erfolgt eine geplante Erhöhung der Ausbauwassermenge von 250 m³/s auf 484 m³/s sowie eine Anpassung der Abfuhrkapazität an die erforderliche Hochwasserabfuhr von 600 m³/s.

Die maßgebenden Wasserführungen für die Versuche sind in nachfolgender Tab. 2 ersichtlich.

Tab. 2 Maßgebende Wasserführungen [1]

BLF = 504 m ³ /s	HQ ₃₀ = 2.011 m ³ /s	HQ ₁₀₀ = 2.374 m ³ /s	HQ ₁₀₀₀ = 3.100 m ³ /s	HQ _{100(n-0.5)} = 2.374 m ³ /s
-----------------------------	--	---	--	--

Der Modellbetrieb wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber in drei unterschiedliche Phasen unterteilt (siehe auch Abb. 5).

BESTAND (Ausgangszustand AZ)

- Ohne Innaufweitung
- Geschlossene Kontur des TWK (Triebwasserkanal)
- Kein Dotierkraftwerk

PROJEKT (PR)

- Maximale Aufweitung durch Strommast begrenzt
- Geschlossene und offene Kontur des TWK (10 Brückenfelder)
- Kein Dotierkraftwerk

VARIANTE 1 (Ausführungsvorschlag AV)

- UW Aufweitung Innschleife V1 (teilweiser Rückbau der max. Aufweitung, Geometrie lt. DonauConsult)
- Einlaufgeometrie TWK V1 (OW: rechtsseitige Reduzierung der Einlaufbreite von 10 auf 8 Brückenfelder bei offener Kontur)
- Dotierkraftwerk

Bedingt durch den Umfang dieses Beitrages wird nur der **Ausführungsvorschlag (AV)** näher beschrieben:

Durch die teilweise Rücknahme der Innaufweitung kommt es bei HQ₃₀ linksufrig zu keinen Ausuferungen mehr im Bereich der Aufweitung (siehe Abb. 6). Bei HQ₁₀₀₀ kommt es zu starken Spiegelschwankungen und zu einer Wechselwirkung zwischen Hauptgerinne und TWK. Einerseits führt die Wellenbildung im Inn zum Überströmen der rechten Böschung in den Triebwasserkanal, andererseits kommt es durch die Wellenbildung im TWK zum Überströmen der linken Böschung ins Hauptgerinne.



Abb. 6 Trockenbilder Kirchbichl 1 [1]

Bild **a** = AZ, Bild **b** = PR, Bild **c** = AV – Einlaufgeometrie TWK V1,
Bild **d** = AV – Unterwasseraufweitung Innschleife V1

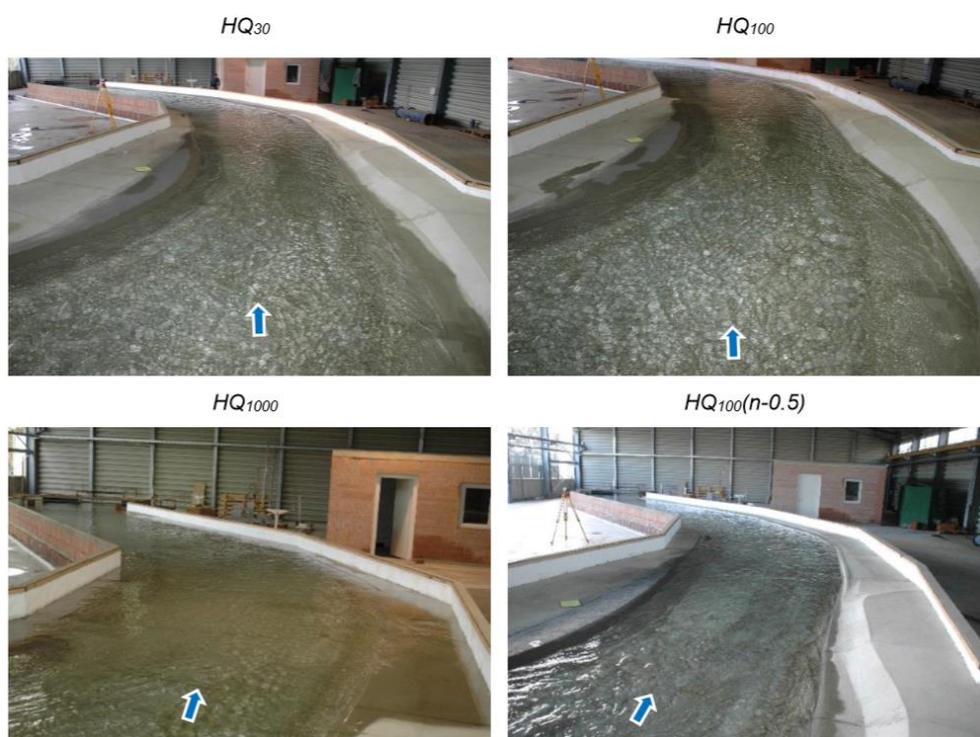


Abb. 7 HW-Abflusssituation im Unterwasser (AV) bei HQ_{30} / HQ_{100} / HQ_{1000} / $HQ_{100}(n-0,5)$ [1]

2.1.2 Ergebnisse Modellversuch Kirchbichl 1

Zu den drei untersuchten Varianten (Ausgangszustand, Projekt und Ausführungsvorschlag) lassen sich folgende Aussagen tätigen:

- Es wurde nachgewiesen, dass sich durch die **teilweise Aufweitung der Innschleife** (um ca. die Hälfte der maximal möglichen) die gewünschten Strömungsverhältnisse ein-

stellen (Absenkung der OWSP bei geringem Anstieg der UWSP gegenüber dem Ausgangszustand).

- Die **Reduzierung der Einlaufbreite in den TWK** wirkt sich positiv auf die Anströmung in den Kanal aus. Zwei der geplanten zehn Brückenfelder können eingespart werden.
- Beim Extremhochwasser HQ_{1000} kommt es zu einer **Wechselwirkung zwischen Hauptgerinne und TWK**. Dies führt zu Wellenbildung und zum Überströmen der Böschung zwischen Inn und TWK.
- Der **Einfluss der Wehrfeldordnung** im Lastfall $HQ_{100}(n-0.5)$ ist gering. Aus hydraulischer Sicht sind **keine eindeutigen Unterschiede** zu erkennen. Es kommt immer zur Wellenbildung im Ober- und Unterwasser und die Brückenfahrbahn im Einlauf des TWK wird beaufschlagt.

2.2 Modell 2 - Kirchbichl 2

Der Aufbau des Modells im Maßstab 1:40 erfolgte ab Juni 2014.

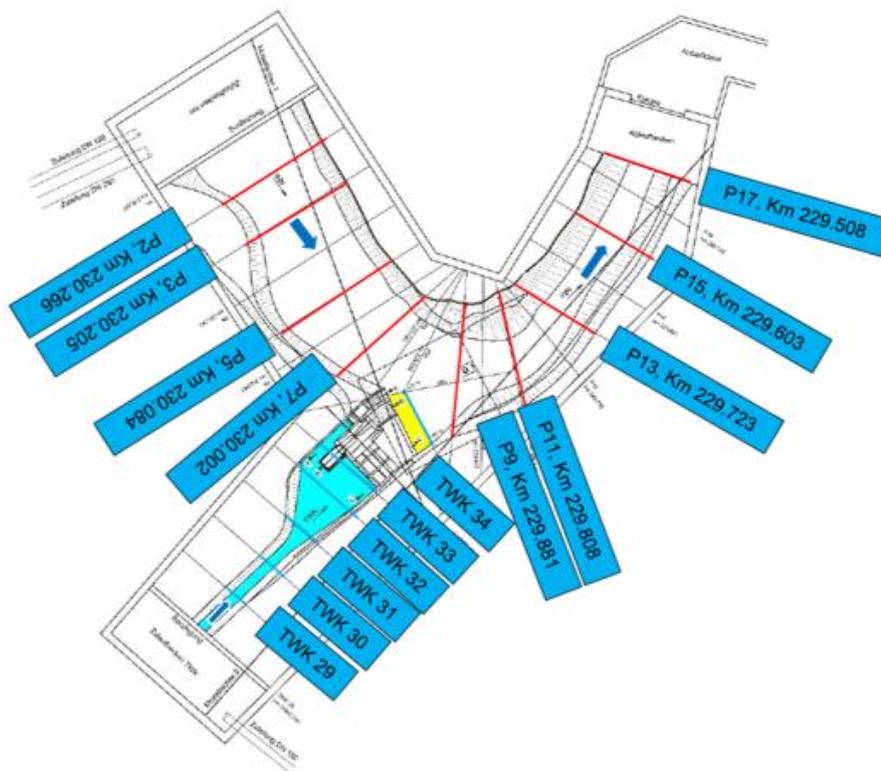


Abb. 8 Modelllageplan Kirchbichl 2 [1]

2.2.1 Versuche Kirchbichl 2

Hauptaugenmerk bei den Untersuchungen wurde auf folgende Punkte gelegt:

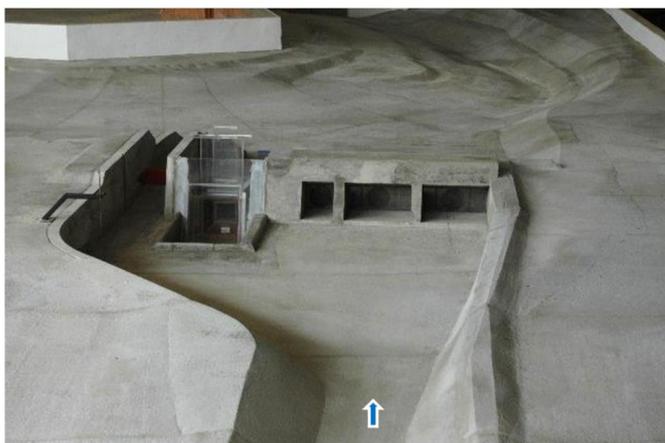
- Linke Böschungslinie Innschleife, Sohlgeometrie im Auslaufbereich des TWK
- Wasserspiegelmessungen (Hochwasserabflüsse im Inn und TWK)
- Förderfähigkeit der Hochwasserentlastung WF5
- Optimierung des Tosbeckens
- Detailuntersuchung (Anströmung) Turbine 4
- Treibholzversuche

Die maßgebenden Wasserführungen für die Innschleife orientieren sich an Kirchbichl 1. Für die Detailuntersuchung der (neuen) Turbine 4 wurden nachfolgende Wasserführungen vereinbart (vgl. Tab. 3):

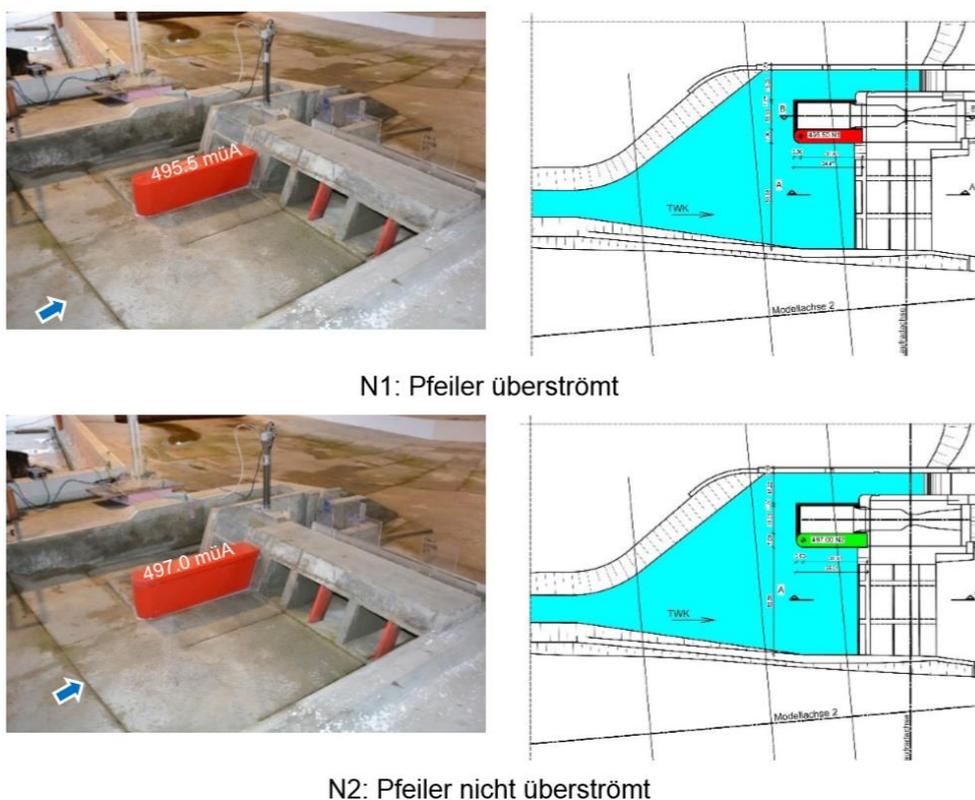
Tab. 3 Maßgebende Wasserführungen für Turbine 4 [1]

Turbinenbetrieb			Wassermenge	STZ KB2
1-TB	Turbine 4 (neu) in Betrieb		200 m³/s	496.85 müA
4-TB	Alle 4 Turbinen in Betrieb		484 m³/s	496.40 müA

Bedingt durch den Umfang dieses Beitrages werden nur die optimierten **Anströmungsversuche** zu Turbine 4 näher beschrieben:

**Abb. 9** Ausgangszustand V0 [1]

Die Pfeilergeometrie (Siehe Abb. 10) wurde an den bestehenden Pfeiler angelehnt. Dabei wurden zwei unterschiedliche Varianten hinsichtlich der Pfeilerhöhe untersucht: „Pfeiler überströmt“ = N1 (Oberkante auf 495.5 müA) und „Pfeiler nicht überströmt“ = N2 (Oberkante auf 497 müA).

**Abb. 10** Turbinenanströmungsvarianten N1, N2 [1]

2.2.2 Ergebnisse Modellversuch Kirchbichl 2

In Bezug auf die Erweiterung der Wehranlage um ein zusätzliches Wehrfeld haben sich folgende Schlussfolgerungen aus den Modellversuchen Kirchbichl 2 ergeben:

- Die Untersuchungen zur Förderfähigkeit der Hochwasserentlastung WF5 lassen die Aussage zu, dass das **WF5 ausreichend dimensioniert** ist.
- Nach dem Umbau der linksseitigen Inn-Böschungslinie wird eine HQ₃₀-Sicherheit erreicht. **Bei HQ₁₀₀** kommt es durch Wellenauflauf zu **lokalen Überströmungen entlang der linken Böschung**.
- Die Erhöhung der Tosbeckensohle des WF5 um 1 m ergibt aus hydraulischer Sicht keine Verschlechterung. Durch die Erhöhung ergibt sich der Vorteil, auf die Abstufung der geplanten Tosbeckensohle verzichten zu können.
- Ein Großteil des Treibholzes wird bei Klappenlegung über das WF5 weitergeleitet.
- Die **Anströmung von Turbine 4 im Ausgangszustand ist vor allem im 4-TB ungünstig**. Es kommt zu einer starken Rückströmung im Bereich der Aufweitung und die Geschwindigkeitsverteilung über den gesamten Messquerschnitt ist ungenügend. **Durch den Einbau bzw. den Erhalt** des bestehenden Trennpfeilers zwischen Turbine 3 und 4 **kann eine Verbesserung der Anströmung** gegenüber dem Ausgangszustand und eine Reduzierung der Rückströmung erzielt werden. Ein **nicht überströmter Pfeiler (N2)** liefert im 4-TB, ein **überströmter Pfeiler (N1)** im 1-TB **bessere Ergebnisse**. Als mögliche **Gesamtlösung** wird ein **Trennpfeiler mit variabler Höhe** vorgeschlagen, der auch zusätzliche Vorteile hinsichtlich Geschwemmselabwehr bringt.

Literatur

[1] Gutachten TU Graz, Erweiterung KW Kirchbichl 2015 (unveröffentlicht)

Anschrift der Verfasser

Dr.-Ing. Johann Neuner¹, Dipl.-Ing. Michael Holzmann¹
TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG
Abteilung Wasserkraftplanung
Eduard-Wallnöfer-Platz 2, A-6020 Innsbruck
johann.neuner@tiwag.at, michael.holzmann@tiwag.at

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerald Zenz², Dipl.-Ing. Dr. techn. Alfred Hammer²
Dipl.-Ing. Simone Zechner²
Technische Universität Graz
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
Stremayrgasse 10, A-8010 Graz
gerald.zenz@tugraz.at, alfred.hammer@tugraz.at