

Erweiterung Wasserkraftwerk
Hilpoltstein
mit Hausturbine
Antrag auf Bewilligung

ANTRAG UND ERLÄUTERUNG

Stand 04.12.2019

ANTRAGSTELLER:

Bayerische Landeskraftwerke GmbH
Zeltnerstraße 3
90443 Nürnberg

PLANFERTIGER:

Paul Müller Ingenieurgesellschaft mbH
Brunnenwiesenweg 23 90562 Kalchreuth / Nbg.
Telefon (0911) 956 88-0 Telefax (0911) 956 88-41
mueller-kalchreuth@t-online.de



MÜLLER
Kalchreuth

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|-----------|
| I. ANTRAG | 3 |
| II. ERLÄUTERUNG | 4 |
| 1. VORHABENSTRÄGER | 5 |
| 2. ZWECK DES VORHABENS | 5 |
| 3. BESTEHENDE VERHÄLTNISSE | 6 |
| 3.1 Hydrologische Daten | 6 |
| 3.2 Bestehende Wasserkraftnutzung | 6 |
| 3.3 Geologische, bodenkundliche, morphologische und sonstige Grundlagen | 7 |
| 4. LAGE DES VORHABENS | 7 |
| 5. ART UND UMFANG DES VORHABENS | 7 |
| 5.1 Gewählte Alternativen/Lösung | 7 |
| 5.2 Konstruktive Gestaltung der baulichen Anlagen | 10 |
| 5.3 Art/Leistung der Betriebseinrichtungen/hydraulische Bemessung | 12 |
| 5.3.1 Bemessung Fließverlust im Normalbetrieb | 12 |
| 5.3.2 Bemessung Spülbetrieb | 16 |
| 5.3.3 Art und Leistung der Turbine | 17 |
| 6. BEABSICHTIGTE BETRIEBSWEISE | 18 |
| 6.1 Normalbetrieb Hausturbine | 18 |
| 6.2 Spülbetrieb | 18 |
| 6.3 Fischschleusung | 19 |
| 6.3.1 Technische Zusatzausrüstung | 19 |
| 6.3.2 Bemessungsgrundlagen | 20 |
| 6.3.3 Betriebsphasen | 21 |

| | |
|--|-----------|
| 7. MESS- UND KONTROLLVERFAHREN | 25 |
| 8. HÖHENLAGE UND FESTPUNKTE | 26 |
| 9. SICHERHEITSEINRICHTUNGEN | 26 |
| 10. AUSWIRKUNGEN DES VORHABENS | 26 |
| 10.1 Auswirkungen auf Hauptwerte, Abflussgeschehen des Gewässers | 26 |
| 10.2 Auswirkungen auf Gewässerbett und Uferstreifen | 26 |
| 10.3 Grundwasser und Grundwasserleiter | 27 |
| 10.4 Auswirkungen auf Gewässerökologie | 27 |
| 10.5 Auswirkungen auf die Schifffahrt | 27 |
| 10.6 Auswirkungen auf Natur und Landschaft, Landwirtschaft | 27 |
| 10.7 Auswirkungen auf die Fischerei | 28 |
| 10.8 Auswirkungen auf öffentliche Sicherheit und Ordnung | 28 |
| 10.9 Sonstige Auswirkungen | 28 |
| 11. UNTERSCHRIFTEN | 29 |
| 12. QUELLEN | 30 |

I. ANTRAG

Die Bayerischen Landeskraftwerke GmbH, Zeltnerstraße 3, 90443 Nürnberg, beantragen die Bewilligung auf 30 Jahre, für

- das Ableiten von bis zu 200 l/s Wasser aus der Scheitelhaltung des Main-Donau-Kanals in den Triebwerkskanal („Leerschuss“) und zum Kraftwerk Hilpoltstein.
- das Einleiten dieses Wassers in die Haltung Eckersmühlen des Main-Donau-Kanals.

Die zum Antrag gehörenden Unterschriften befinden sich im letzten Kapitel der folgenden Erläuterung.

II. ERLÄUTERUNG

1. VORHABENSTRÄGER

Vorhabensträger ist die Bayerische Landeskraftwerke GmbH, Zeltnerstraße 3, 90443 Nürnberg.

Ansprechpartner dort ist Herr Liepold, Tel. 0911/235639-0,
landeskraftwerke@lakw.de.

2. ZWECK DES VORHABENS

Zweck des Vorhabens ist die Erweiterung der bestehenden Wasserkraftanlage um eine kleine Turbine („Hausturbine“) zur Stromerzeugung. Die Leistung beträgt ca. 28 KW.

Während der Stillstandzeiten der Hauptturbine, ca. 2/3 der Zeit, soll die Hausturbine den Eigenstrombedarf des Kraftwerks, insbesondere für die Überwachung, Heizung und Kühlung liefern und dadurch den Bezug elektrischer Energie aus dem Netz stark verringern. Der nicht im Kraftwerk verbrauchte Strom wird in das regionale Stromnetz eingespeist.

Mit der Hausturbine wird am Kraftwerk Hilpoltstein ganzjährig Strom erzeugt und die Menge der an diesem Standort erzeugten elektrischen Energie erhöht.

Das für den kontinuierlichen Zulauf aus dem Main-Donau-Kanal in den Rothsee benötigte Wasser kann mit der Hausturbine genutzt werden.

Die ständige Durchströmung des Leerschusses verhindert in der kalten Jahreszeit eine Erwärmung des Wassers und macht den Leerschuss als Rückzugsort für Fische weniger attraktiv. Damit sollen Fischverluste beim Betrieb der Hauptturbine im Winter verringert werden.

Mit der Hausturbine entsteht während der Stillstandzeiten der Hauptturbine eine kontinuierliche Abstiegsmöglichkeit für Fische aus dem Leerschuss.

3. BESTEHENDE VERHÄLTNISSE

3.1 Hydrologische Daten

Das Kraftwerk Hilpoltstein, das um die Hausturbine ergänzt werden soll, liegt am Main-Donau-Kanal, einem künstlichen Wasserkörper. Das für den Betrieb der Schifffahrt bei den Schleusungen benötigte Wasser sowie das Wasser für die Überleitung Donau-Main wird Altmühl und Donau entnommen und in das Regnitz-Main-Gebiet übergeleitet.

Die Schleuse Hilpoltstein begrenzt die Scheitelhaltung im Norden und ist die erste Stufe der zum Main abfallenden Nordrampe.

Der Normalstau der Scheitelhaltung beträgt 406,00 m ü. NN, ein Überstau auf 406,30 m ü. NN ist möglich. Dadurch verfügt die Scheitelhaltung über ein bewirtschaftbares Speichervolumen von 0,3 Mio. m³ Wasser. Über einen Nutzraum von 1,7 Mio. m³ Wasser verfügt der Dürrlohspeicher am südlichen Ende der Scheitelhaltung bei der Schleuse Bachhausen.

3.2 Bestehende Wasserkraftnutzung

Das Wasser für die Überleitung Donau- Main sowie Überschusswasser aus dem Betrieb der Schifffahrt werden im Kraftwerk Hilpoltstein durch eine stehende Francis-Turbine mit einer Bruttofallhöhe von 24,67 m genutzt. Die Ausbauleistung der Turbine beträgt 3.800 kW. Der Zulauf zur Turbine erfolgt aus der Scheitelhaltung über einen Grobrechen zu einem Rechteck-Betonkanal (Leerschuss) zur Turbine. Vor dem Zulauf zur Turbine zweigt rechtsseitig ein Gerinne zu einem Kegelstrahlschieber der Wasserstraßen-

und Schifffahrtsverwaltung ab.

Der Betrieb des Kraftwerks ist durch den Bescheid Ar. 44-Sf-643
Schleuse.HIP des Landratsamtes Roth vom 02.01.2018 bewilligt.

Die Bestandspläne der Schleusenanlage sowie des Kraftwerks Hilpoltstein
dienen als Grundlage für die Planung der Hausturbine.

3.3 Geologische, bodenkundliche, morphologische und sonstige Grundlagen

Die neue Hausturbine wird in das bestehende Kraftwerksgebäude integriert.
Die Beschreibung der genannten Grundlagen kann somit entfallen.

4. LAGE DES VORHABENS

Das Vorhaben befindet sich im Landkreis Roth, Stadt Hilpoltstein.

5. ART UND UMFANG DES VORHABENS

5.1 Gewählte Alternativen/Lösung

Vor Ausarbeitung des hiermit vorgelegten Planentwurfes wurden zahlreiche
Alternativen untersucht und folgende **gewählte Lösung** gefunden:

a) Für die Rechenkonstruktion/Fischfreundlichkeit

Alternativen:

- Standardmäßiger Filterautomat mit Einzelzuleitung DN 800;
- Oversized Coanda-Rechen/Wedge Wire-Rechen in Turbinenzulaufkanal oder Leerschuss;
- Bündige Rechenanordnung im Stahlkonus der Hauptturbine;

Wegen der überwiegenden technischen und betrieblichen Nachteile obiger Varianten, wurden dieselben verworfen und die hier dargestellte Lösung gewählt.

Gewählte Lösung:

Die Rechenkonstruktion nach Abzweig vor der Turbine wurde zweistraßig gewählt, weil ein Zweitrechen sowieso für das Rückspülen benötigt wird und betriebssicher ist. Die Rechen kann man im Bedarfsfall über eine kreisförmige Montageöffnung gut händisch reinigen.

Im Normalbetrieb erfolgt die Rückspülung durch ein Schieber-Steuerprogramm vollautomatisch, mit Abflussumkehr am Rechen, einschließlich Abschwemmung des Rechengutes nach Unterstrom.

Die gewählte Lösung ermöglicht Fischen im Normalbetrieb zu den Rechen zu schwimmen und sich dann dort ohne Überanstrengung aufzuhalten. Dies ermöglicht die relativ langsame Anströmgeschwindigkeit in den Rechenkästen bei Normalbetrieb mit ca. 0,23 m/s.

Nach langsamen Druckausgleich in den zu spülenden Rechenkästen werden die Fische mit Sanftanlauf der Rechenspülung über Abspülleitungen in das Unterwasser vertrifft.

b) Turbinenstandort

Alternativen:

- Aufstellung in der „Pumpenleitung“ DN 600 des Leerschusses
- Aufstellung vorderhalb des bestehenden Krafthauses, auf Höhe der Zugangsebene. Wegen des dann freien Abflusses kämen dann auch handelsübliche Turbinen in Frage.

Wegen der überwiegenden technischen und betrieblichen Nachteile obiger Varianten, wurden dieselben verworfen und die hier dargestellte Lösung gewählt.

Gewählte Lösung

Gewählt wurde eine Pumpenturbine mit festem Laufrad und ohne (turbinentypische) Zulauf-Leitschaufeln. Dies lässt einen relativ verstopfungsfreien Betrieb erwarten.

Pumpenturbinen sind konstruktive Ableitungen von standard- und mengenmäßig in großen Mengen hergestellten Turbinenpumpen. Wegen des kontinuierlichen Voll-Lastbetriebes von 200 l/s ist der Betrieb dieses Turbinentyps mit gutem Wirkungsgrad möglich.

c) Zulaufleitungen

Alternativen:

Alternativ wurden Rohrklassifizierungen zwischen DN 250 bis DN 800 (im Zulaufbereich) berechnet.

Die hier gewählten Rohrdimensionierungen stellen das technisch-wirtschaftlichste Optimum dar.

Gewählte Lösung:

Die Dimensionierung der Turbinenzuleitung mit DN 400 und Turbinenab-
leitung mit DN 300 wurden gewählt, weil in dieser Dimension die Lei-
tungsverluste (siehe Kap. 5.3.1) noch relativ tolerierbar sind und bei der
vorhandenen räumlichen Enge eine größere Leitung schlecht Platz fin-
det.

Kurz nach Abzweig der Turbinenzuleitung ist eine automatische Klappe
und ein Bedien- und Wartungs-Podest angeordnet.

Für die Abspülung des Rechengutes wurde ebenfalls eine Leitung DN 400 gewählt. Die weiten Kurvenradien (5 x DN) schützen die Fische vor Verletzungen und gewährleisten relativ verstopfungsfreie Abschwemmen des Rechenguts.

d) Turbinenauslauf / Auslauf Spülrohr

Alternativen:

- Auslauf unter Unterwasserspiegel; Betriebsverschluss mittels Schieber

Aus Gründen der technisch-wirtschaftlichen Optimierung wurde alternativ die hier vorgestellte Lösung gewählt.

Gewählte Lösung:

Für den Turbinenauslauf wurde eine Schwanenhals-Konstruktion gewählt. Dies vermeidet eine Durchbohrung der Außenwand unter den Wasserspiegel und damit verbundenen Sicherheitsrisiken.

Für das Spülrohr ist ein freier Schussrohr-Auslass auf Höhe des Kraftwerks-Bodens geplant.

Der Ablauf wird durch Isolierung gegen Frost geschützt und mit demonstrierbaren Seitenwangen/Geländer ausgeführt um Arbeiten in der Schieberkammer nicht zu behindern.

5.2 Konstruktive Gestaltung der baulichen Anlagen

Das vorhandene Krafthaus wird nur unmaßgeblich mit Rohrdurchführungen des neuen Turbinenauslasses und der Spülleitung, verändert. Ansonsten bleibt es in seinen Hauptelementen ohne Eingriffe erhalten.

Die vorgesehene Hausturbine mit ihren Anlagenteilen wird in die Betriebs- und Wartungsräume der bestehenden Hauptturbine eingebaut.

Alle neuen maschinellen Anlagenteile bestehen aus verzinktem oder korrosionsgeschütztem Stahl. Sie sind ausgelegt auf die Druckstufe PN 6, weil diese Betriebsverhältnisse speziell bei Notschluss der Hauptturbine, zu erwarten sind.

Die Stahl-Anlagenteile sind wie folgt (beschrieben in Fließrichtung des Betriebswassers) konstruiert:

- Strömungsgünstiges Hosenrohr DN 400; formgünstig¹ nach Sondergutachter Dr. Giese (Fa. OptoForm, Herzogenaurach) auf Verlustminimierung für Hauptturbine ausgelegt.
- Zuführungsrohr DN 400 vom Konus zu den Rechenkästen. Der vorhandene Notausgang im Bereich des Konus bleibt erhalten.
- Zwei separate Rechenstränge; Rechenmaße pro Strang: Höhe 0,80 m, Tiefe 0,55 m, Rechenfläche 0,44 m², Abstand zwischen den Rechenstäben 10 mm;
 - Revisionsöffnung Durchmesser 600 bis 700 mm direkt über Rechen (Vorder- und Rückseite zugänglich);
 - Vollautomatisches Spülsystem von einem Strang zum anderen; Spülsystem mit Rohr- und Schieberdimension DN 400 durchgängig, damit die Verklausungsgefahr minimiert ist;
 - Be- und Entlüftungsrohre zur Herstellung Gasfreiheit im Rechenkasten vor der Rechenreinigung.
 - Entwässerungsrohre zur Ableitung des im Rechenkasten befindlichen Wassers;

¹ Dies ist ein betriebsinterner maßgeblicher Anspruch: Die Leistung der Hauptturbine soll durch die neue Hausturbine nicht merkbar eingeschränkt werden.

- Präzise regelnde Druckausgleichsventile zum fischverträglichen langsamen Druckausgleich zur Fisch- Abwärtsschleusung aus den zu spülenden Rechenkästen.
- Vorgefertigte Pumpenturbine als Kompakteinheit mit Generator; liegende Ausführung, direkt gekuppelt mit Generator; Standardprodukt vom Pumpenhersteller.
- Stahlrohrauslässe Turbinenleitung DN 300 und Spülrohr DN 400 als Schwanenhals-Konstruktion, mind. 0,40 m über Unterwasserstand.
- Der vorhandene Pumpensumpf wird angepasst, um das bei den Rechenpülungen anfallende Wasser aufnehmen zu können.

Die konstruktive Gestaltung ist auch aus beiliegenden Bauwerksplänen (Beilagen 4) ersichtlich.

Mit der konstruktiven Gestaltung und gewählten Bauweise wird ein möglichst wartungsarmer Betrieb der Anlage erreicht.

5.3 Art/Leistung der Betriebseinrichtungen/hydraulische Bemessung

5.3.1 Bemessung Fließverlust im Normalbetrieb

Die neue Hausturbine und das zugehörige Rechen- und Rohrleitungssystem werden ausgelegt auf 0,20 m³/s. Dieses Schluckvermögen hat sich nach Abwägung baulicher, konstruktiver und wirtschaftlicher Vor- und Nachteile als Optimum herausgestellt.

In Fließrichtung bemessen sich die einzelnen Anlagenteile:

a.) Hosenrohr DN 400

Die präzise Form des Hosenrohres entwickelt das hydraulische Fachbüro OptoForm, GF Dr. Giese. Es gilt die Auswirkungen der neuen Ausleitung auf die Hauptturbine möglichst störungsfrei zu gestalten.

Im Hosenrohr beträgt die Fließgeschwindigkeit:

$$v = \frac{Q}{A} = 1,59 \text{ m/s}$$

mit: $Q = 0,20 \text{ m}^3/\text{s}$;

$$A = r^2 \times \pi = 0,20 \text{ m}^2 \times 3,1416 = 0,126 \text{ m}^2$$

Die Verluste im Hosenrohr als Einbauteil errechnen sich überschlägig dann:

$$h_v = \zeta \frac{v^2}{2g} = 0,03 \text{ m}$$

mit: $v = \frac{Q}{A} = 1,59 \text{ m/s}$ (siehe oben)

ζ = Einlaufverluste für Abzweig von Konus Hauptturbine;

$$\zeta = 0,25$$

b.) Zuführungsrohr DN 400

Das Zuführungsrohr ist ausgestattet mit:

Einer automatischen Klappe und jeder Strang nach seiner Teilung vor dem Rechenkasten mit einem Plattenschieber.

Von den zwei Strängen besitzt einer einen Krümmer zu 90°, der andere zusätzlich 2 x 90°.

Im Zuführungsrohr DN 400 beträgt die Fließgeschwindigkeit:

$$v = \frac{Q}{A} = 1,59 \text{ m/s}$$

mit: $Q = 0,20 \text{ m}^3/\text{s}$;

$$A = r^2 \times \pi = 0,20 \text{ m}^2 \times 3,1416 = 0,126 \text{ m}^2$$

Die Verluste für die Krümmer im Zuführungsrohr DN 400 errechnen sich dann:

$$h_v = \zeta \frac{v^2}{2g} = 0,06 \text{ m}$$

mit: $v = \frac{Q}{A} = 1,59 \text{ m/s}$ (siehe oben)

ζ = Einlaufverluste Einbauten;

Schieber, 2 Stück x 0,1 = $\zeta = 0,20$

Krümmer, Mittelwert beide Stränge

$r = 2d$ und 90° , 2 Stück x 0,14 = $\zeta = 0,28$

Summe: $\zeta = 0,48$

Die Rohrreibungsverluste des Rohrstranges DN 400 in der Länge von ca. 14,00 m betragen bei $Q_A = 0,20 \text{ m}^3/\text{s}$, $k_b = 0,25 \text{ mm}$ nach Prandtl-Colebrook 6,0 ‰ somit 0,08 m.

c.) Rechen

Im Normalbetrieb wird jeder Rechenstrang beaufschlagt mit

$$1/2 \times 0,20 \text{ m}^3/\text{s} = 0,10 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Die Fließgeschwindigkeit am Rechen beider Einzelstränge beträgt:

$$v = \frac{Q}{A} = 0,23 \text{ m/s}$$

mit: $Q = 0,10 \text{ m}^3/\text{s}$, weil beide Stränge $1/2 \times 0,20 \text{ m}^3/\text{s}$ abführen

$$A = h \times b = 0,44 \text{ m}^2$$

mit gewählt: $h = 0,55 \text{ m}$

$$b = 0,80 \text{ m}$$

Die Verlustbeiwerte betragen nach Kirschmer [RÖSSERT Formel 139]

$$\zeta_R = \beta \left(\frac{s}{b}\right)^{4/3} = 0,40$$

mit: β = Formbeiwert Stabform; strömungsgünstig zur Sicherheit aber höher angenommen mit $\cong 1,00$

s = Stabbreite = 0,005 m angenommen

$b = \text{lichte Stabweite} = 0,01 \text{ m}$ angenommen

Bei obigen Abflüssen im normalen Parallelbetrieb beider Rechen ist dies der Fließverlust von:

$$h_v = \zeta_R = \beta \left(\frac{v^2}{2g} \right) = 0,03 \text{ m}$$

mit: $\zeta_R = 0,40$ Verlustbeiwert

$v = 0,23 \text{ m/s}$ (siehe oben)

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ Erdbeschleunigung

Im praktischen Betrieb kann er evtl. etwas höher sein, wenn leichte Verkläusung auftritt.

Das automatische Wechseln zum Spülbetrieb schlagen wir ab einer Wasserdruckdifferenz von 0,30 m vor/hinter Rechen vor.

d.) Auslassrohr DN 300

Im Auslassrohr DN 300 beträgt die Fließgeschwindigkeit:

$$v = \frac{Q}{A} = 2,82 \text{ m/s}$$

mit: $Q = 0,20 \text{ m}^3/\text{s}$;

$$A = r^2 \times \pi = 0,15 \text{ m}^2 \times 3,1416 = 0,071 \text{ m}^2$$

Die Verluste im Auslassrohr DN 300 für die Krümmer errechnen sich dann:

$$h_v = \zeta \frac{v^2}{2g} = 0,20 \text{ m}$$

mit: $v = \frac{Q}{A} = 2,82 \text{ m/s}$ (siehe oben)

$\zeta = \text{Einlaufverluste Einbauten}$;

$$\text{Krümmer, } r = 2d \text{ und } 90^\circ, 3,5 \text{ Stück} \times 0,14 = \zeta = 0,49$$

Die Rohrreibungsverluste des Rohrstranges DN 300 in der Länge von ca. 7,50 m betragen bei $Q_A = 0,20 \text{ m}^3/\text{s}$, $k_b = 0,25 \text{ mm}$ nach Prandtl-Colebrook 30,3 ‰ somit 0,23 m.

Die Auslassverluste für die Heberung des vorgesehenen Schwanenhalses betragen die Höhe über mittlerem Wasserspiegel =

$$h_v = 0,55 \text{ m.}$$

Die Gesamtverluste in der Turbinenleitung einschließlich Auslass betragen damit:

| | | |
|---------------------------|----------------------|--------|
| a.) Hosenrohr DN 400 | Einbauteil | 0,03 m |
| b.) Zuführungsrohr DN 400 | Krümmen | 0,06 m |
| | Rohrreibungsverluste | 0,08 m |
| c.) Rechen | Rechenverluste | 0,03 m |
| d.) Auslassrohr DN 300 | Krümmen | 0,20 m |
| | Rohrreibungsverluste | 0,23 m |
| | Schwanhals | 0,55 m |
| Summe | | 1,18 m |

5.3.2 Bemessung Spülbetrieb

Im Spülbetrieb wird der Zufluss aus einem Rechenstrang umgeleitet auf die Rückseite des anderen Rechens.

Dadurch baut sich am Rechen ein rücklaufender Spüldruck auf, von isostatisch 24,67 m.

Bei Freiheit der Rohre und Rechen besitzt der Spülstrom die Verlustbeiwerte:

- Einlaufverluste; Abzweig von Konus Hauptturbine $\zeta = 0,25$
- Schieber, 5 Stück x 0,1 = $\zeta = 0,50$

- Krümmer/Richtungswechsel in Rechenbox, 7,5 Stück
 $90^\circ \times 0,14 = \zeta = 1,05$
 - Rechen 2 Stück $\times 0,40 = \underline{\zeta = 0,80}$
- Verlustbeiwerte im Rohrleitungsverlauf Summe $\zeta = 2,60$

Die maximalen Abflüsse bei jeweils freiem Rechen betragen:

$$Q = \sqrt{\frac{h_v \times A^2}{\zeta}} = 0,38 \text{ m}^3/\text{s}$$

mit: h_v = isostatischer Druck abzüglich (Heberung Auslauf + geschätzter Rohrreibungsverlust) =

$$24,67 \text{ m} - (0,55 \text{ m} + 1,00) = 23,12 \text{ m}$$

$$A = r^2 \times \pi \text{ für DN 400} = 0,126 \text{ m}^2$$

$$\zeta = \text{Verlustbeiwert } 2,60 \text{ (siehe oben)}$$

Dabei wird das Spülrohr mit rd. 3,0 m/s durchströmt, was zur Spülung ausreichen sollte.

5.3.3 Art und Leistung der Turbine

Es ist eine Pumpenturbine vorgesehen. Die Bauart verzichtet auf evtl. verklebungsempfindliche Leitschaufeln und führt stattdessen das Wasser mittels Spiralgehäuse auf ein Laufrad.

Das Laufrad selbst, kann wie bei Schwebstoff-fördernden Pumpen offen sein, so dass Kleinteile über die offenen Flügelseite abgespült werden und das Laufrad nicht verkleben können.

Nachteil dieser Konstruktion ist, dass der Bereich des optimalen Wirkungsgrades relativ schmal ist.

Dies spielt für die Hausturbine jedoch keine Rolle, weil überwiegend (bis auf Spül- und Schleusungsvorgänge) die Turbine nur an/ausgefahren wird, und sich damit meist im optimalen Wirkungsgradbereich befindet.

Die mechanische Leistung der Turbine bemisst sich:

$$P = Q \times h \times \mu \times 9,81 = \text{ca. } 31,4 \text{ kW}$$

mit: $Q = 0,20 \text{ m}^3/\text{s}$

$$h = 24,67 \text{ m} - 1,18 \text{ m (siehe Kap. 5.3.1)} = 23,49 \text{ m}$$

$$\mu = 0,68 \text{ Wirkungsgrad vorsichtig angenommen}$$

Die elektrische Leistung beträgt:

$$P_{\text{elektrisch}} = P_{\text{mechanisch}} \times \mu_{\text{Generator/Getriebe}} = \text{ca. } 28 \text{ kW}$$

mit: $\mu_{\text{Generator/Getriebe}} = 0,90 \text{ angenommen}$

6. BEABSICHTIGTE BETRIEBSWEISE

6.1 Normalbetrieb Hausturbine

Es ist vorgesehen die Hausturbine über das ganze Jahr immer dann zu betreiben, wenn die Hauptturbine nicht läuft.

Der Normalbetrieb der Hausturbine ist geprägt von automatischen regelmäßigen Rechenspülungen, die auch eine Fischschleusung ermöglichen (siehe Folgekapitel).

Die Fernüberwachung und Steuerung erfolgt durch das Wasser- und Schifffahrtsamt Nürnberg, Betriebszentrale Gösselthalmühle.

6.2 Spülbetrieb

Zur Reinigung des zweistraßigen Rechensystems wird das durch einen Rechen gereinigte Wasser benutzt, um den jeweils anderen Rechen durch Rückströmung zu reinigen

Weil dieser in den Startphasen mit sanften Druckänderungen steuerbare Spülbetrieb auch gleichzeitig einer nach Unterwasser führenden Fischschleusung dient, wird das Prinzip im Folgekapitel zu allen Phasen der Verschlußsteuerung detaillierter dargestellt.

6.3 Fische Schleusung

6.3.1 Technische Zusatzausrüstung

Zur Abwärtsschleusung der Fische ist die folgende technische Zusatzausrüstung eingebaut.

a) Druckausgleichsventile

Die Notwendigkeit für die Druckausgleichsventile ergeben sich aus der Empfindlichkeit der Fische gegenüber plötzlichen Druckänderungen (siehe Kap. 6.3.2. Bemessungsgrundlagen zur vertieften Erläuterung)

Das 2-straßige Rechenkonzept ist ausgestattet mit 2 Druckausgleichsleitungen mit elektrisch feinregelndem Ventil. Für die Funktion reichen 1 bis 2 Zoll Ventile und Rohre aus.

Die beiden Druckausgleichsleitungen/Ventile verbinden die beiden Rechenkästen (isostatischer Druck ~ Oberwasserspiegel) mit dem Spülrohr (isostatischer Druck ~ Sohle Schwanenhals Auslauf). Im Normalbetrieb sind die Druckausgleichsventile geschlossen.

Ein Einzelventil wird zur Druckausgleichsphase fein geöffnet, um mit hinreichender Präzision, einen geregelten Druckabfall in einem Rechenstrang in biologisch für die Fische verträglicher Langsamkeit, zu erzeugen.

b) Radienvergrößerung Spülrohre

Nach [EBEL 01/2016] Kap. 7.3.1.2 und [LUBW HANDREICHUNG] Kap. 4.4 ist als Rohrradius beim Abspülen der Fische 5-fachem des Rohrdurchmessers zu wählen. Damit verläuft das Spülrohr diagonal durch den Betriebsraum, ermöglicht aber die verletzungsfreie Fische Schleusung.

Mit der Gestaltung des Spülrohr-Auslaufes als „Springbrunnen“, gelangen die Fische regelrecht in das Unterwasser-Polster und die Dammtafelöffnung bleibt unverbaut.

Für den Langsamanlauf der Fischspülung wird gerinneförmig eine leicht abbaubare, gummigepolsterte Rutsche zum Unterwasser geführt.

6.3.2 Bemessungsgrundlagen

Zur Mortalität/Verträglichkeit von Druckänderungen von Fischen liegen für die Turbinenpassage einige Untersuchungen vor.

Beispielhaft benennen [MARSHALL C. RICHMOND, et alii] Untersuchungsgebiete ab 1.400 kPa/s aufwärts (also von 14 bar Druckänderung pro Sekunde) als untersuchenswert, weil Schäden entstehen könnten.

Unter diesem Wert nimmt der Autor relative Fischverträglichkeit bei der Turbinenpassage an.

Bei der Druckkammerschleuse des Kraftwerks Höllenstein, mit 12 m Fallhöhe, wird der Druckunterschied zwischen Ober- und Unterwasser in 4 Minuten, also in längeren Zeiträumen als in oberer Quelle angepasst [FISCHER/SCHMALZ].

Dies entspricht 0,3 bar in einer Minute, somit 0,005 bar pro Sekunde.

Auf Grund der sehr guten Monitoring-Ergebnisse wird dieser Wert für die Bemessung herangezogen.

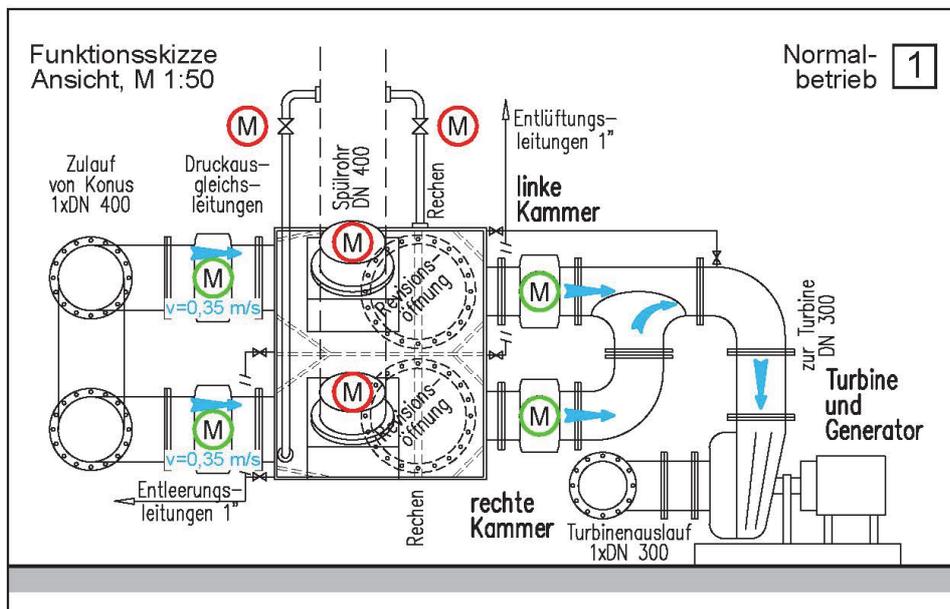
6.3.3 Betriebsphasen

Das 2-straßige Rechensystem durchläuft folgende Betriebsphasen:

- Legende
- M Schieber zu
 - M Schieber auf/öffnend
 - $v = \dots$ Fließgeschwindigkeit (mittlere) im fischzu-
gänglichen Bereich

Normalbetrieb

Entsprechend den Erfahrungen bei der Druckkammerschleuse Höllenstein wird für die Einschwimmphase eine Dauer von 60 Minuten gewählt.



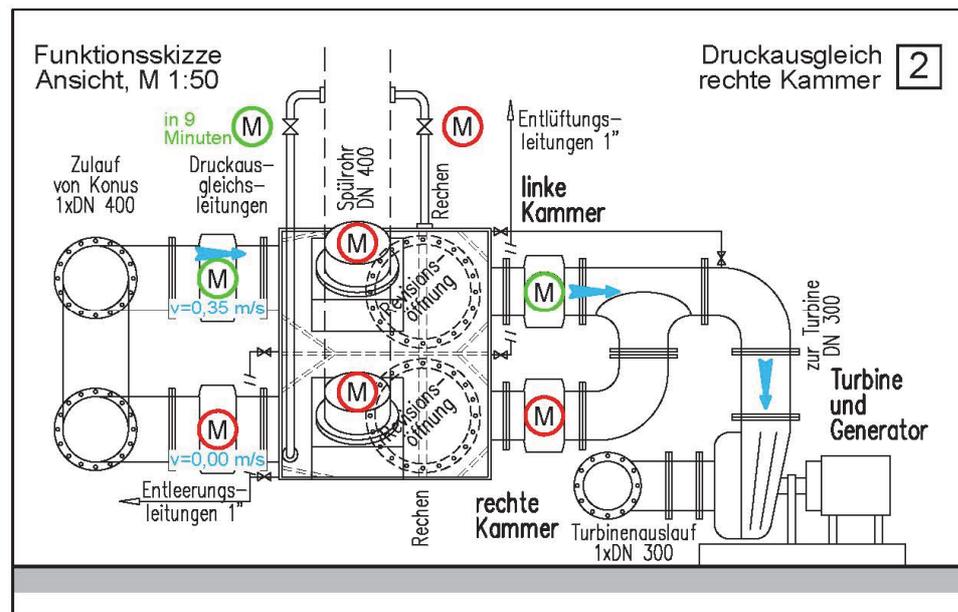
Druckausgleich rechte Kammer

In Reihenfolge schließen:

- DN 400 Abfluss rechte Kammer;
- DN 400 Zulauf rechte Kammer;

Die Fische befinden sich in der rechten Rechenkammer bei ca. 2,7 bar.

Dann öffnet das Druckausgleichsventil der Kammer langsam. Bei gleicher linearer Druckabsenkungsgeschwindigkeit wie der Fischechleuse Höllenstein (siehe Kap. 6.3.2) benötigt dies 9 Minuten.

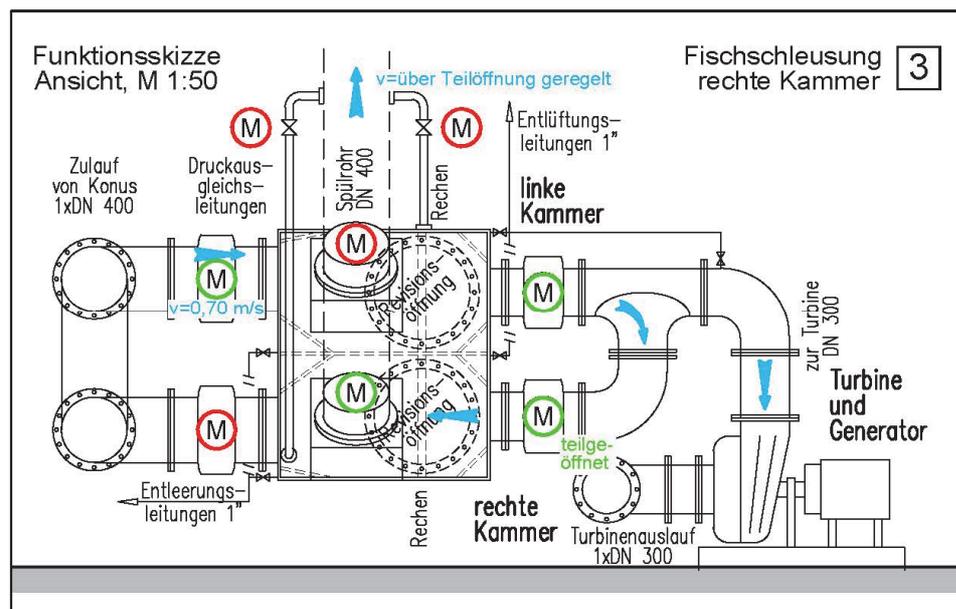


Fischschleusung rechte Kammer

Der Schieber in das Spülrohr öffnet nach erfolgtem Druckausgleich Unterwasser/Rechenkammer vollständig. Die Fische können dann selbständig das Spülrohr bis zum Auslauf durchschwimmen.

Zur Erzeugung einer Lockströmung in der Rechenkammer wird der Auslaßschieber DN 400 leicht geöffnet. Der Durchfluss wird langsam gesteigert, bis die Fische passiv vertrifft werden.

Die Phasendauer beträgt bei einer Strömungsgeschwindigkeit von maximal 1,6 m/s 2 Minuten.

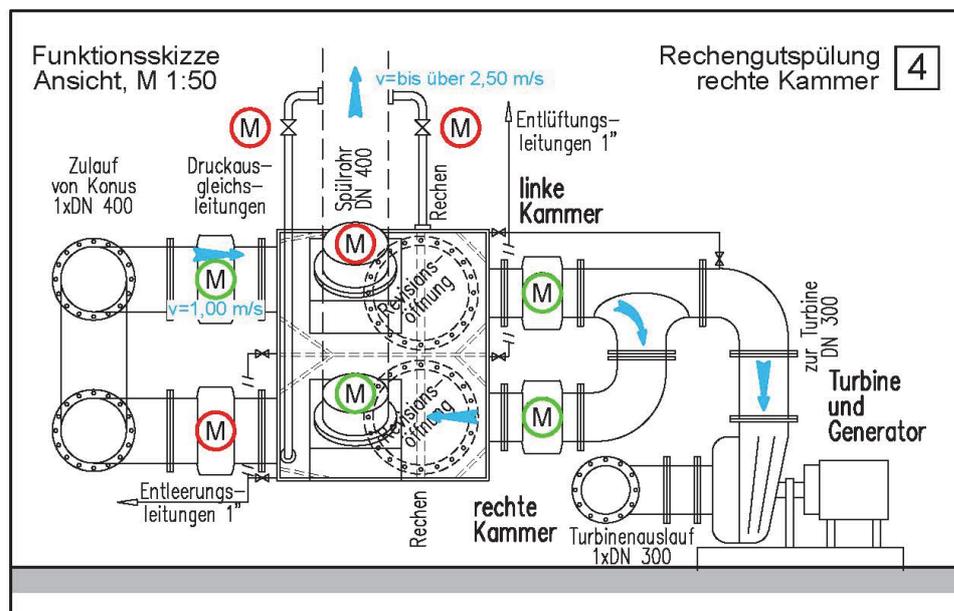


Rechengutspülung rechte Kammer

Das Auslassventil der rechten Kammer wird bis zu einem Grad geöffnet, der sich als effizient für die Rechengutabspülung erweist. Dann wird der Rechen der rechten Kammer zur Reinigung von hinten durchströmt.

Die Spüldauer wird auf ca. 1 Minute begrenzt, weil der Prozess täglich mehrfach erfolgt, und die Spülung für die evtl. in der anderen Kammer stehenden Fische Schwimmstress bedeutet.

Aus diesem Grund kann nach Betriebserfahrungen, während dieser Phase auch die Turbine etwas gedrosselt werden.



Der gesamte Zyklus dauert mit Fisch im Zulauf sammeln, Druckausgleich, Fischschleusung und Rechengutspülung pro Strang ca. 72 Minuten.

Nach oben beschriebenem Zyklus für den rechten Strang erfolgt das Gleiche im kontinuierlichen Wechsel mit dem linken Strang.

7. MESS- UND KONTROLLVERFAHREN

a) Rechen

Am Rechen wird in beiden Strängen vor und hinter dem Rechen der Wasserdruck im Betriebszustand gemessen. Bei Überschreitung einer Differenz von 0,3 m startet das Spülprogramm.

Die Betriebsdrücke am Rechen, die Stellungen der Ventile, werden automatisch überwacht, Störmeldungen werden automatisch weitergegeben (siehe Kap. 6.1).

b) Turbine

Die Turbine und der Generator werden automatisch überwacht. Direkt neben der Turbine befindet sich der zugehörige Schaltschrank, der die technischen Hauptwerte, wie Leistungserzeugung, Betriebsdruck, Lagertemperaturen, anzeigt.

Die Werte werden weitergemeldet an das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Donau MDK, Betriebszentrale Gösselthalmühle, und an das Wasserwirtschaftsamt Ansbach, Betriebsleitung Gunzenhausen.

c) Monitoring

In Abstimmung mit einem Fischbiologen wird die Funktion der Fischabstiegschleuse überprüft. Entsprechend den Ergebnissen wird die Steuerung gegebenenfalls optimiert. Die Ergebnisse des Monitorings werden dem Landratsamt Roth und dem Wasserwirtschaftsamt Nürnberg vorgelegt.

8. HÖHENLAGE UND FESTPUNKTE

Es gelten die Höhenlagen und Festpunkte die zum Bau und zur Überwachung der Schleusenanlage mit Turbine maßgeblich waren.

Zur Planung wurden die Bestandspläne überprüft. Es konnten keine maßgeblichen Abweichungen festgestellt werden.

9. SICHERHEITSEINRICHTUNGEN

Die bestehenden Betriebsräume der Hauptturbine sind mit Lenzpumpen und Leckagewarntmeldern ausgestattet. Dieses Überwachungssystem wird auch die Dichtheit der neuen Hausturbine mitüberwachen. Die automatische Klappe gleich nach dem Hosenrohr wird zum Notschluss an das Fernwerkssystem angebunden.

Alle bestehenden Fluchtwege, Sicherheits- und Notausstiege für die Hauptturbine bleiben unter ggf. leichter räumlicher Einschränkung erhalten.

Die neue WKA wird mit allen gängigen Sicherheitsausstattungen ausgerüstet.

10. AUSWIRKUNGEN DES VORHABENS

10.1 Auswirkungen auf Hauptwerte, Abflussgeschehen des Gewässers

Mit der Zusatznutzung wird in die hydraulischen Verhältnisse des Main-Donau-Kanal nur in geringen Umfang eingegriffen.

10.2 Auswirkungen auf Gewässerbett und Uferstreifen

Alle Maßnahmen erfolgen im bestehenden Kraftwerksgebäude. Deshalb ergeben sich keine Auswirkungen.

10.3 Grundwasser und Grundwasserleiter

Alle Maßnahmen erfolgen im bestehenden Kraftwerksgebäude. Deshalb ergeben sich keine Auswirkungen.

10.4 Auswirkungen auf Gewässerökologie

Die neue Möglichkeit eines Fischabstieges verbessert die Durchgängigkeit an der Schleuse Hilpoltstein. Die Erfahrungen an dem Monitoring werden zu zusätzlichen Kenntnissen bei der relativ neuen Technologie von Fischschleusen führen.

10.5 Auswirkungen auf die Schifffahrt

Die Entnahme und Wiedereinleitung von 200 l/s aus dem Main-Donau-Kanal wirkt sich nicht auf die Schifffahrt aus:

- a.) Der Einlauf am Schleusenoberhaupt ist für die Schiffe nicht bemerkbar.
- b.) Der Auslauf befindet sich direkt über dem Auslauf des Hauptkraftwerkes, der mit einer Tauchwand die Schifffahrt abgrenzt.

10.6 Auswirkungen auf Natur und Landschaft, Landwirtschaft

Mit der Hausturbine werden jährlich ca. 150.000 kWh² erneuerbarer Wasserkraftstrom erzeugt. Das Projekt leistet damit einen kleinen Beitrag zur CO₂-Vermeidung.

Dies erhöht das Leistungsvermögen der bestehenden Wasserkraftanlage. Großräumig wirkt sich das Vorhaben deshalb positiv auf Natur und Landschaft aus.

Kleinräumig ist kein Eingriff in Natur und Landschaft festzustellen, weil das Vorhaben innerhalb des bestehenden Kraftwerksgebäude erfolgt.

² Erzeugung: 28 kW, 2/3 des Jahres, 10 % Minderung für Spülungen
 $28 \times 24 \times 365 \times 2/3 \times 0,9 = \text{ca. } 150.000 \text{ kWh/a}$

10.7 Auswirkungen auf die Fischerei

Fischereirechtsinhaber ist die Bundesrepublik Deutschland.

Vor die neue Turbine wird ein 10 mm-Rechen angeordnet. Die Zuströmgeschwindigkeit zu diesem Rechen ist so gering, dass Fische sich bis zur Abwärtsschleusung dort aufhalten können.

Damit sind alle Vorkehrungen über die Regeln der Technik hinaus getroffen, um die Auswirkungen auf die Fischerei so gering wie möglich zu halten.

10.8 Auswirkungen auf öffentliche Sicherheit und Ordnung

Keine Auswirkungen;

10.9 Sonstige Auswirkungen

Durch das Vorhaben wird der Anlagenbetrieb der bestehenden Turbine geringfügig eingeschränkt, weil zusätzliche Leitungen in die Wartungs- und Bediengänge eingebaut werden.

Sonstige Auswirkungen sind nicht bekannt.

11. UNTERSCHRIFTEN

Für obigen Antrag und Erläuterung zeichnen:

Antragsteller:

Bayerische Landeskraftwerke GmbH
Zeltnerstraße 3
90443 Nürnberg

Nürnberg,

Planfertiger:

Paul Müller Ing.-GmbH
Brunnenwiesenweg 23
90562 Kalchreuth

Kalchreuth, 04.12.2019

.....

.....

12. QUELLEN

[EBEL, 01/2016]

Gunthram Ebel; Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen - Handbuch Rechen- und Bypasssysteme. Ingenieurbiologische Grundlagen, Modellierung und Prognose, Bemessung und Gestaltung. Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie, Band 4, 483 Seiten, Halle (Saale), Januar 2016, 2. Auflage, ISBN 978-3-00-039686-1

[FISCHER/SCHMALZ]

Johann Fischer und Maria Schmalz, Optimierung der Druckkammerfischschleuse mit energetischer Nutzung an der Talsperre Höllenstein, veröffentlicht in: Wasserwirtschaft 10/2015

[LUBW HANDREICHUNG]

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg; Handreichung Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen - Fachliche Grundlagen; September 2016

[MARSHALL C. RICHMOND, et ali]

Marshall C. Richmond, John A. Serkowski, Laurie L. Ebner, Mirijam Sick, Richard S. Brown, Thomas J. Carlson, Quantifying barotrauma risk to juvenile fish during hydro-turbine passage, veröffentlicht in: Fisheries Research 154 (2014) 152-164

[RÖSSERT]

Professor Dipl.-Ing. Robert Rössert, Hydraulik im Wasserbau, 6. verbesserte Auflage, R. Oldenbourg Verlag München Wien 1984, ISBN 3-486-23576-1