

Beilage zum Technischen Bericht

3.8 Massnahmen zur Aufwertung der Fisch- durchgängigkeit

Impressum

Bauherrschaft

IBAAarau Kraftwerk AG
Obere Vorstadt 37
5001 Aarau

Projektleitung
Hansjürg Tschannen

Autoren

IG KW Aarau

IM Maggia Engineering AG, Locarno
IUB Engineering AG, Bern
ANL AG Natur und Landschaft

Corinne Astori
Peter Billeter
Heiner Keller

Mitarbeit / Subakkordanten

Gewässerökologie und Fische

Aquatica GmbH, Wichtrach

Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Kommentar
0.1	31.03.2010	Gesuchsentwurf
1.1	22.10.2012	Gesuch zur Vorprüfung
2.0	23.10.2013	Gesuch (Auflage)

Inhaltsverzeichnis

Impressum	1
Inhaltsverzeichnis	2
1 Einleitung	3
1.1 Ausgangslage und Zielsetzung	3
1.2 Verwendete Unterlagen	4
1.3 Planbeilagen	4
2 Konzept Fischdurchgängigkeit Gesamtanlage	5
2.1 Situation heute	5
2.2 Massnahmen zur Aufwertung der Fischdurchgängigkeit	5
3 Massnahmen beim Wehr Schönenwerd	7
3.1 Umgehungsgerinne Schönenwerder Schachen	7
3.2 Neues Dotierkraftwerk mit Fischabstiegsanlage	8
3.3 Sohlenschwelle mit Aalabzug beim Eintritt KW-Kanal	8
4 Massnahmen OW-Kanal/Grien	9
4.1 Sanierung Böschungen OW-Kanal	9
4.2 Verkürzung Mitteldamm und NW-Rinne	9
4.3 Sohlenschwelle mit Aalabzug	9
4.4 Seitengewässer im Grien	9
4.5 Flachwasserzonen und Strukturierung Ufer OW-Kanal	9
4.6 Neuer Biberspitz	10
4.7 Revitalisierung Erzbach	10
4.8 Abflachen Ufer „Alte Badi“	10
4.9 Brücken	10
4.10 Bauphase	10
4.11 Betriebsphase	12
5 Beschrieb der geplanten FAH beim Hauptkraftwerk	14
5.1 Übersicht der FAH-Komponenten	14
5.2 Vertikalschlitzpass am linken Ufer	14
5.3 Vertikalschlitzpass am rechten Ufer	15
5.4 Fischzählkammer	16
5.5 Einlaufbauwerk	16
5.6 Einstieg mit Sohlenanschluss	17
5.7 Einrichtung zur Verstärkung der Lockströmung	17
5.8 Hydraulische Dimensionierung	20
5.8.1 Geometrien und Berechnungsparameter	20
5.8.2 Nachweis einer turbulenzarmen Beckenströmung	21
6 Fischabstieg beim Hauptkraftwerk	22

Anhang: Nachweis einer turbulenzarmen Beckenströmung

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Das Kraftwerk Aarau ist seit 1874 etappenweise entstanden. Es produziert seit 1894 Strom für die Region und wird von der IBAAarau Kraftwerk AG betrieben.

Die letztmals auf 01.01.1954 erteilte Konzession läuft Ende 2014 aus. Bereits ab dem Jahr 1993 befasste sich die Bauherrschaft in verschiedenen Variantenstudien mit dem Ausbau und der Erneuerung des Kraftwerks. Die ausgewählte Bestvariante "Etappierter Vollumbau mit Option Auen" wurde im Februar 1997 den Behörden, der Bevölkerung und weiteren Interessengruppen vorgestellt. Gestützt darauf stellte die Bauherrschaft gemäss Art. 58a WRG den Antrag auf eine vorzeitige Konzessionserneuerung, welche von den Kantonen Aargau und Solothurn mit Beschlüssen von Februar 1999 genehmigt wurde. Die Bauherrschaft, ermutigt von dem positiven Grundsatzentscheid der Regierungen, befasste sich darauf intensiv mit den weiteren Arbeiten.

Im Rahmen der Bearbeitung des Vorprojekts vom Frühjahr 2007 bis Mitte 2008 wurden die bisherigen Untersuchungen und Varianten aktualisiert, zusätzliche neue Varianten aufgrund geänderter Randbedingungen entwickelt und geprüft und die Grundlagen für den Variantenentscheid des Bauherrn geschaffen. Nach diesem Entscheid wurde das Vorprojekt der Bestvariante zusammen mit der UVB-Voruntersuchung ausgearbeitet. Das innert Jahresfrist erstellte Vorprojekt war die Grundlage für den im Frühjahr 2008 gefällten Grundsatzentscheid des Verwaltungsrates der IBAAarau über den Ausbau und die Erneuerung des Kraftwerks Aarau.

Das Vorprojekt wurde am 07.01.2009 den Behörden zur Vorprüfung eingereicht. Im Frühjahr 2009 konnten die Stellungnahmen der Kantone Solothurn und Aargau sowie des Bundes und der Stadt Aarau entgegengenommen werden. Da diese Stellungnahmen das vorgeschlagene Erneuerungskonzept mehrheitlich positiv bzw. machbar beurteilten, wurde die Überführung des Vorprojekts in ein auflagefähiges Konzessions- und Bauprojekt im einstufigen Verfahren ausgelöst.

Im Frühling 2010 wurde den Behörden das Konzessions- und Bauprojekt mit dem Bericht über die Umweltverträglichkeit (UVB Hauptuntersuchung) eingereicht. Ende 2010 haben die Amtsstellen der beiden Kantone Ihre Beurteilung des Projektes der IBA abgegeben. In Ihrer Beurteilung fordern die Kantone eine Detailplanung und den Einbezug der Fachstellen für die Optimierung der neuen Fischaufstiegshilfe. Zusätzlich ist aus der Begleitgruppe die Forderung gestellt worden, die entsprechenden Interessenten ebenfalls einzubeziehen. An der Projektsitzung vom 26.01.2011 wurde beschlossen, ein Mandat an externe Interessenten zur Beurteilung der Fischdurchgängigkeit aller Anlagenteile sowie der neuen Fischaufstiegshilfe beim Kraftwerk zu erteilen und die relevanten Themen und Berechnungen zur geplanten Fischaufstiegshilfe in einem Bericht darzulegen.

Dieser Bericht erläutert das vorgesehene Gesamtkonzept der Fischdurchgängigkeit und die wichtigsten Eigenschaften der geplanten Fischaufstiegshilfe und zeigt die Resultate der hydraulischen Berechnungen auf. Ausserdem wird das vorgesehene Konzept zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit der Fischaufstiegshilfe vorgestellt.

1.2 Verwendete Unterlagen

Für die Erstellung des vorliegenden Berichts wurden u.a. die folgenden Grundlagen, Berichte und die Pläne verwendet. Es sind dies unter anderem:

- Konzessions- und Bauprojekt Erneuerung Kraftwerk Aarau, IG KW Aarau, Gesuchsentwurf vom xx.xx.2011, (Berichte, Fachberichte und Pläne).
- Stellungnahme Kantone vom 20. Dezember 2010.
- Arbeitspapier Antrag R3 Fischpass, IG KW Aarau, vom 9. September 2010.
- DVWK (1996), Fischaufstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle, Merkblätter 232/1996.
- Durchgängigkeit von Gewässern für die aquatische Fauna, DWA, 2006.
- Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen, DWA, 2006.
- DWA Merkblatt DWA-M 509 (Entwurf), 2/2010.
- DWA Fischschutz und Fischabstiegsanlagen, 7/2005.

1.3 Planbeilagen

- Plan P.3333.000 Übersicht Gesamtanlage und Erneuerungskonzept.
- Plan P.3333.041 Neues Umgehungsgerinne Schönenwerder Schachen, Situation, Längen- und Querprofile.
- Plan P.3333.044 Neue Dotierzentrale Wehr Schönenwerd, Raugerinne-Beckenpass und Schwemmgutabzug mit Fischabstieg, Situation und Schnitte.
- Plan P.3333.045 Umbau bestehende Dotierzentrale linksufrig, Situation und Schnitte.
- Plan P.3333.112 Umbau Zentrale 2 – Neuer Fischpass, Grundriss.
- Plan P.3333.113 Umbau Zentrale 2 – Neuer Fischpass, Längsschnitt und Querschnitte.
- Plan P.3333.114 Umbau Zentrale 2 – Neuer Fischpass, Zählkammer.

2 Konzept Fischdurchgängigkeit Gesamtanlage

2.1 Situation heute

In der heutigen Situation wird die Fischwanderung durch die Zentralengebäude (Zentralen 1 und 2) sowie das Wehr Schönenwerd behindert (siehe Abb. 1).

Beim Zentralengebäude existiert rechtsufrig des Kraftwerkskanals, d.h. am linken Ufer der Mittelinsel zwischen Kraftwerkskanal und der Alten Aare ein Beckenpass. Dieser Fischpass ist nur stark eingeschränkt funktionsfähig.

Beim Wehr Schönenwerd befindet sich rechtsufrig ein zeitgemässer Raugerinne-Beckenpass mit Zählvorrichtung. Wie Untersuchungen und Fischzählungen zeigten, funktioniert dieser im Quervergleich mit den Fischaufstiegshilfen (FAH) an der Aare hervorragend.

2.2 Massnahmen zur Aufwertung der Fischdurchgängigkeit

Entsprechend den heute festgestellten Defiziten sind die Massnahmen zur Aufwertung für Gewässerökologie und Fischfauna im Rahmen der Kraftwerkserneuerung hauptsächlich auf die Gesamterneuerung der Fischaufstiegshilfe (FAH) beim Hauptkraftwerk ausgerichtet. Zudem wird der Fischabstieg beim Dotierkraftwerk geschaffen und ein Umgehungsgerinne im Schönenwerder Schachen gebaut. Weiter führt die Erhöhung des Dotierabflusses in der Alten Aare zu einer Verbesserung der Laichhabitate und Nahrungsgebiete.

Abb. 1 zeigt in der Übersicht die Situierung der Massnahmen, die im Folgenden kurz dargestellt und in den Kap. 4 und 5 erläutert werden.

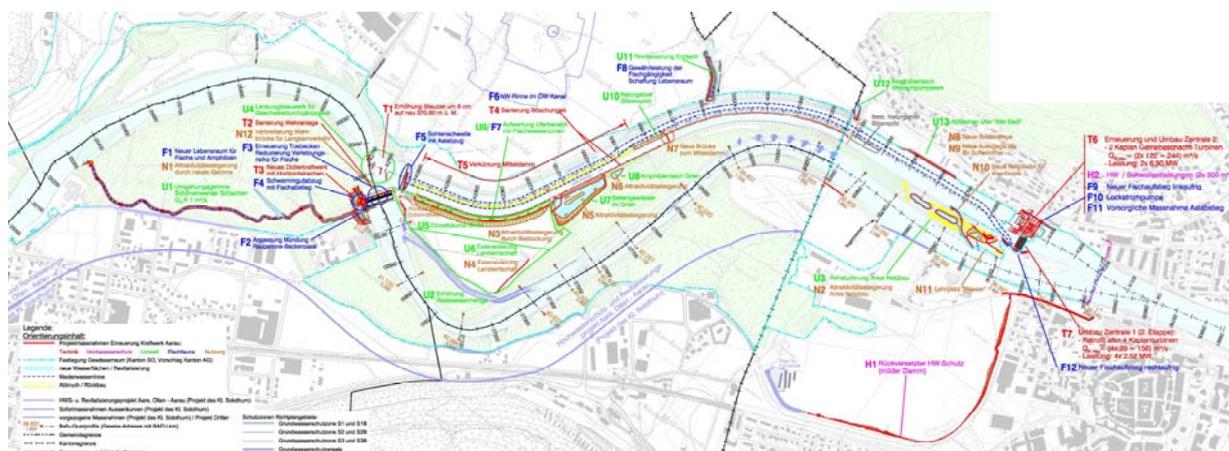


Abb. 1: Situation Erneuerung KW Aarau u.a. mit Massnahmen zur Aufwertung der Fischdurchgängigkeit.

Durch das folgende Gesamtkonzept wird eine massgebliche Verbesserung der Fischdurchgängigkeit erreicht (Nummerierung vgl. Abb. 1).

Massnahmen Stauraum (oberhalb Wehranlage)

- Neues naturnahes Umgehungsgerinne im Schönenwerder Schachen mit einer Dotierung von 1 m³/s. (U1)

Massnahmen Alte Aare

- Anpassung Restwasserregime (saisonal), Erhöhung der Restwassermenge der Alten Aare auf minimal 12 m³/s (mittlere minimale Restwassermenge pro Jahr von 19 m³/s). (U2)

Massnahmen Wehr – alte und neue Dotierzentrale – Einlauf OW-Kanal

- Erhalt des heutigen, gut funktionierenden rechtsufrigen Raugerinne-Beckenpasses beim Wehr, Anpassung Mündung best. Raugerinne-Beckenpass. (F2)
- Wehr: Erneuerung des Tosbeckens und Entfernen von Störkörpern. Durchgehender Wasserkörper zwischen dem Tosbecken und Unterwasser. (F3)
- Neue Dotierzentrale mit Horizontalrechen und verengtem Stababstand (15 mm), verminderter Anströmgeschwindigkeit, kombinierte Schwemmgutrinne und Fischabstieg mit Sohlenanschluss. (F4)
- Ergänzung eines Geschiebeabzugs beim Einlauf OW-Kanal mit Doppelfunktion als Aalabstiegsanlage. (F5)

Massnahmen OW-Kanal/Grien

- Nachhaltige Kanalsanierung, so dass auf periodische Kanalabstellung und -entleerung verzichtet werden kann. (T4)
- Schaffung einer NW-Rinne in der Sohle als ständig wasserführendes Gerinne im Bauzustand und bei ausserordentlichen Kanalabstellungen. (F6)
- Grossflächiges und langsam durchströmtes Seitengewässer im Grien mit Anschluss an den OW-Kanal 1. (U7)
- Schaffung von Flachwasserzonen im Uferbereich und Erhöhung der Ufervariabilität im OW-Kanal 1. (F7, U9)
- Revitalisierung des Erzbachs bis zum Geschiebesammler mit Sohlenanschluss an den OW-Kanal. (F8, U11)

Massnahme Hauptzentrale

- Linksufrig neuer Schlitzpass (F9) mit Sohlenanschluss und Lockstrompumpe (F10).
- Vorsorgliche Massnahme Aalabstieg (F11).
- Rechtsufrig neuer Fischpass mit Sohlenanschluss und Lockströmung (F12).

3 Massnahmen beim Wehr Schönenwerd

Die Massnahmen, die zur Aufwertung Fischdurchgängigkeit im Zuge der Erneuerung des KW Aarau umgesetzt werden, sind nachfolgend näher beschrieben.

3.1 Umgehungsgerinne Schönenwerder Schachen

Mit einem neuen Umgehungsgerinne im Schönenwerder Schachen können die Restwassermengen in der Alten Aare erhöht, Fischlebensräume geschaffen und der heutige Schachenwald ökologisch aufgewertet werden. Die Beschickung des neuen Gerinnes erfolgt durch ein Kontrollbauwerk bei Aare-km 25.3. Das neu gestaltete Gerinne weist im oberen flachen Teil ein Sohlengefälle von 1.2 ‰ auf und folgt grösstenteils einem ehemaligen Nebenarm, der heute als lineare Geländevertiefung mit einzelnen Mulden im Schachenwald erkennbar ist. Es mündet unterhalb der angepassten Mündung des bereits bestehenden Raugerinne-Beckenpasses wieder in die Aare. Das Umgehungsgerinne ist folglich unabhängig vom bestehenden Raugerinne-Beckenpass.

Ohne Stauhaltung ist die Aare im Abschnitt zwischen Olten und Aarau der Fliessgewässerzone Hypo-Rhithral (Äschenregion) zuzuordnen. Durch die Beeinflussung der Kraftwerke (Stauhaltung) sprechen die Eigenschaften für die Zuordnung zur Fliessgewässerzone Epi-Potamal (Barbenregion). Die Dimensionierung des Umgehungsgerinnes richtet sich entsprechend den für diese Zone festgelegten Zielarten. Damit ist das Umgehungsgerinne auch für Wanderfischarten wie Lachs und Meerforelle durchgängig. Die Fischgängigkeit soll an mindestens 300 Tagen pro Jahr gewährleistet sein. Damit das erfüllt ist, müssen die hydraulischen und geometrischen Grenzwerte bei Abflüssen im Bereich von Q_{30} und Q_{330} eingehalten und die Auffindbarkeit gewährleistet werden.

Zur Ermittlung der Abflussmengen bei Q_{30} bis Q_{330} dienten die Tagesmittelwerte von 1975 bis 2005 der Stationen Murgenthal und Brugg, umgerechnet auf das Gebiet KW Aarau (siehe Kap. 2.4 im Technischen Bericht). Der Abfluss Q_{30} beträgt rund $520 \text{ m}^3/\text{s}$, bei Q_{330} sind es $190 \text{ m}^3/\text{s}$ und bei Mittelwasser Q_{MW} führt die Aare rund $280 \text{ m}^3/\text{s}$.

Über ein Kontrollbauwerk beim Einlauf des Umgehungsgerinnes wird die Abflussmenge mit verstellbaren Blenden geregelt. Bei Mittelwasser der Aare ($Q=280 \text{ m}^3/\text{s}$) fliessen rund $1 \text{ m}^3/\text{s}$ durch das Umgehungsgerinne.

Das neue Gerinne erhält durchgehend eine kiesige Sohle. Die Böschungsneigungen werden entsprechend der Lage (Aussen- und Innenufer) unterschiedlich geneigt. Die Sohlenbreite variiert zwischen 1.2 bis 4.0 m. Die Fliessgeschwindigkeit beträgt rund 0.5 m/s , die Fliesstiefen liegen zwischen 0.5 bis 0.7 m. Zur Überwindung der Höhendifferenz wird der untere Abschnitt als Raugerinne-Beckenpass ausgebildet. Die Fallhöhen von Becken zu Becken variieren zwischen 0.11 und 0.13 m. Die Sohle des Gerinnes ist beim Ein- und Auslauf an die der Aare angebunden.

Das geplante Umgehungsgerinne ist im Plan Nr. P.333.041 dargestellt.

3.2 Neues Dotierkraftwerk mit Fischabstiegsanlage

Die heutigen Dotierzentralen werden ausser Betrieb gesetzt und zurückgebaut. Die Fischwanderung wird mittels der Lockströmung eines neuen rechtsufrigen Dotierkraftwerks und des neuen Umgehungsgerinnes im Schönenwerder Schachen über das rechte Ufer gelenkt.

Die neue Dotierzentrale am rechten Ufer verwertet zukünftig einen Dotierabfluss 10 bis 23 m³/s. Die Anlage wird fischfreundlich gestaltet. Zur Minimierung des mit hohen Mortalitätsraten verbundenen Fischabstiegs durch die Turbine wird ein Horizontalrechen (Rechenfeldgrösse 2.2 m x 17.5 m) mit verengtem Stababstand (15 mm) gewählt. Dieser ist so ausgelegt, dass Fische an ihm nicht zu Schaden kommen (Anströmgeschwindigkeit <0.5m/s). Durch die Leitwirkung des Rechens werden die Fische zum Fischabstieg geführt, wo sie durch eine sohlen- oder oberflächennahe Öffnung sicher ins Unterwasser gelangen. Der Fischabstieg dient gleichzeitig als Schwemmgutabzug.

Der bereits bestehende Raugerinne-Beckenpass mit Zählvorrichtung wird erhalten und mit den neuen Bauwerken, d.h. der neuen Dotierzentrale und dem Umgehungsgerinne im Schönenwerder Schachen ergänzt.

Das geplante Dotierkraftwerk und die Anbindung des bestehenden und des neuen Umgehungsgerinnes sind im Plan Nr. P.3333.044 dargestellt. Bezüglich der neuen, erhöhten Dotierabflüsse wird auf den Abschnitt 2.3 verwiesen.

3.3 Sohlenschwelle mit Aalabzug beim Eintritt KW-Kanal

Die alte Dotieranlage zwischen OW-Kanal und altem Aarelauf wird stillgelegt bzw. umgebaut. Damit entfällt die von der Dotieranlage ausgehende Lockströmung am linken Ufer der Alten Aare. Es wird neu aber eine zusätzliche Entlastungsöffnung beim Eintritt zum OW-Kanal geschaffen. Die heutigen Zentralen- und Lagergebäude werden umgenutzt. Die elektromechanischen Anlagenteile werden entfernt und ein Schieber eingebaut.

In die Sohle am Anfang des OW-Kanals werden eine Sohlenschwelle und ein sohlennaher Abzug eingebaut, der durch das umgebaute frühere Dotierkraftwerk führt. Der Geschiebeabzug wird mit bis zu 5 m³/s dotiert und zu Zeiten der Aalwanderung als Aalabstieg eingesetzt.

Die Sohlenschwelle wirkt auch als Geschiebeabweiser im Sohlenbereich des Einlaufs zum OW-Kanal. Bei geöffnetem Schieber kann Geschiebe vor dem Eintritt teilweise gefasst und in den Aarelauf gespült werden.

Diese Massnahmen sind im Plan Nr. P.3333.046 gezeigt.

4 Massnahmen OW-Kanal/Grien

Im folgenden Abschnitt werden die Massnahmen im OW-Kanal erläutert, die in der Bauphase im Zusammenhang mit der Kanalabschaltung stehen.

4.1 Sanierung Böschungen OW-Kanal

Die Kanalwände im OW-Kanal werden saniert. Die Sanierung wird in Form einer Reprofilierung mit Spritzbeton und Armierungsnetz ausgeführt.

4.2 Verkürzung Mitteldamm und NW-Rinne

Der obere Teil des Mitteldamms (von km 2+600 bis 1+850) wird entfernt. Zusätzlich wird im Bereich des Mitteldamms eine Niederwasserrinne von rund 1 m Tiefe ausgebildet. Dort, wo der Mitteldamm erhalten bleibt, wird die Rinne im OW-Kanal 2 weitergeführt.

4.3 Sohlenschwelle mit Aalabzug

Siehe Ausführungen in Kap. 3.3

4.4 Seitengewässer im Grien

Im Grien wird ein langsam durchströmtes Seitengewässer mit einer Fläche von rund 70 Aren angelegt. Die Anbindung an den OW-Kanal 1 ist durch je einen Einlauf- und Auslaufbereich sichergestellt und ermöglicht Fischen und andere Wasserlebewesen den Zugang. Der bestehende Uferweg wird durchbrochen und mit zwei Brücken versehen. Eine Plattform von Kanal 1 soll den Zugang ermöglichen, wobei das restliche Ufer als Naturgebiet behandelt und naturnah bestockt wird.

4.5 Flachwasserzonen und Strukturierung Ufer OW-Kanal

Zwischen dem bestehenden Dotierkraftwerk und der Brücke Aufeld werden rechtsufrig lokale Flachwasserzonen (Buchten) geschaffen. Oberhalb der Kanalwand wird das Ufer abschnittsweise leicht abgetragen, so dass zwischen dem Uferweg und dem Kanal kleine Buchten mit geringen Abflusstiefen entstehen, die mit Totholz aufgewertet werden und Rückzugsmöglichkeiten für Wasserlebewesen bieten. Um die Beschattung des Ufers sicher zu stellen, werden Erlen und Eschen im Böschungsbereich gepflanzt.

Die linke Böschung oberhalb der Kanalwand im OW-Kanal 1 wird zur Förderung von Fischhabitaten lokal mit standortgerechter Bestockung und Steingruppen versehen.

4.6 Neuer Biberspitz

Rund 100 m des verbleibenden Mitteldamms werden als Naturschutzgebiet aus-
geschieden und entsprechend gestaltet. Das Ufer wird naturnah und für Biber-
baue geeignet gesichert. Es wird mit einem Betretverbot versehen. Der neue
(obere) Biberspitz entspricht in seiner Funktion dem bestehenden Biberspitz am
unteren Ende des Mitteldamms. Der Mitteldammabschnitt (mit Spazierweg) zwi-
schen dem projektierten und dem bestehenden Biberspitz bleibt erhalten.

4.7 Revitalisierung Erzbach

Die bestehende Betonrinne zwischen dem Absetzbecken und dem OW-Kanal
wird bis auf die linksufrige Betonmauer rückgebaut. Der Bach weist im oberen Teil
neu ein Sohlengefälle von rund 2.5 %, eine Sohlenbreite von bis zu 2 m und vari-
able Böschungsneigungen auf. Der Anschluss des Erzbachs in den OW-Kanal
beinhaltet eine Steilstrecke von 40 m und im Einstaubereich des OW-Kanals ei-
nem Gefälle von 11 %. Das Sohlenniveau des Erzbachs schliesst bei der Ein-
mündung an die Sohle im OW-Kanal an und gewährleistet so die Fischgängigkeit.
Der Bach ist auf einer Länge von rund 80 m eingestaut.

4.8 Abflachen Ufer „Alte Badi“

Auf einer Länge von 100 m wird das Ufer im Bereich der alten Badi um 5 m zu-
rückversetzt und standortgerecht bestockt. Weiter wird die neue Stillwasserzone
(Wassertiefe ca. 0.5 m) mit Totholz strukturiert und die Uferböschung mit Grob-
kies und einzelnen Blöcken gesichert.

4.9 Brücken

Durch das Entfernen des Mitteldamms entfällt auch die Brücke beim bestehenden
Dotierkraftwerk (km 2+580). Zudem ist die Brücke Aufeld bei km 2+150 nicht
mehr auf dem Mitteldamm aufgelegt. Damit die Brücke erhalten werden kann,
muss sie unterfangen oder neu gebaut werden. Am neuen oberen Ende des Mit-
teldamms ist eine neue Brücke als Verbindung zwischen Grien und Mitteldamm
vorgesehen.

4.10 Bauphase

Es ist anzustreben, die Arbeiten für den Abtrag des Mitteldamms und die Sanie-
rung der Kanalwände zeitlich zu kombinieren (einmaliger Produktionsausfall). Die
Entleerung des Kanals erfolgt durch die Abschottung des OW-Kanals mittels
Dammbalken bei der obersten Brücke im OW-Kanal (1a in Abb. 3). Um die nega-
tiven Auswirkungen der Abschaltung auf die Umwelt möglichst gering zu halten,
wird unmittelbar nach dem Entleeren des Kanals ein Initialgerinne von 5 m Breite
und 1 m Tiefe ausgehoben (Abb. 2). Damit die Rinne möglichst schnell betriebs-
bereit ist, wird das Aushubmaterial seitlich der Rinne im Kanalprofil deponiert. Bei
einer Tagesleistung von 1'000 m³ Aushub werden pro Tag 200 m der Rinne er-
stellt. Das Initialgerinne von 2 km Länge (Abb. 3) ist somit nach 10 Arbeitstagen
fertig und dient der Wasserhaltung. Insbesondere ist das die Ableitung von

Grundwasseraufstössen, Leckwasser, Erzbachwasser und als Rückzugsort für Gewässerorganismen. Das Wasser ist nicht durch Spritzbeton verunreinigt.

Anschliessend an den Bau des Initialgerinnes können die Sanierung der Böschungen und der Rückbau des Mitteldamms parallel erfolgen. Aufgrund der beschränkten Platzverhältnisse und des erhöhten Verkehrsaufkommens durch den Rückbau des Mitteldamms werden die beiden Massnahmen je durch eine Arbeitsequipe ausgeführt. Wenn die Böschungen nach 100 Arbeitstagen (AT) mit Spritzbeton saniert sind, kann der Rückbau des Mitteldamms intensiviert werden, indem sich die Equipe Böschungssanierung am Rückbau beteiligt. Entsprechend dauert der Bau der Massnahmen T4 und T5 sechs Monate und eine Woche (113 AT + 135 AT) / 2 Teams = 124 AT). Die restlichen Arbeiten können unabhängig während der 124 AT ausgeführt werden. Die gesamten Bauarbeiten (inkl. Aushub der Initialrinne) führen zu einer Kanalabschaltung von sechs Monaten und drei Wochen (134 AT). In Tab. 1 sind die Massnahmen aufgeführt, die während der Kanalabschaltung ausgeführt werden.

Tab. 1: Bauzeit der Massnahmen in Rahmen der Kanalabschaltung.

Kürzel	Massnahme	Bauzeit [AT]	
	Aushub einer Initialrinne	10	
T4	Sanierung Böschungen OW-Kanal	113	124
T6 T5	NW-Rinne Verkürzung Mitteldamm	135	
F5	Sohlenschwelle mit Aalabzug	während T4/T5	
U7	Seitengewässer im Grien	während T4/T5	
U9/F9	Flachwasserzonen rechtes Ufer OW-Kanal Strukturierung linkes Ufer OW-Kanal 1	während T4/T5	
U10	Neuer Biberspitz	während T4/T5	
U11	Revitalisierung Erzbach	während T4/T5	
U13	Abflachen Ufer „Alte Badi“	während T4/T5	
N7	Brücken	während T4/T5	
	Bauzeit total	134	

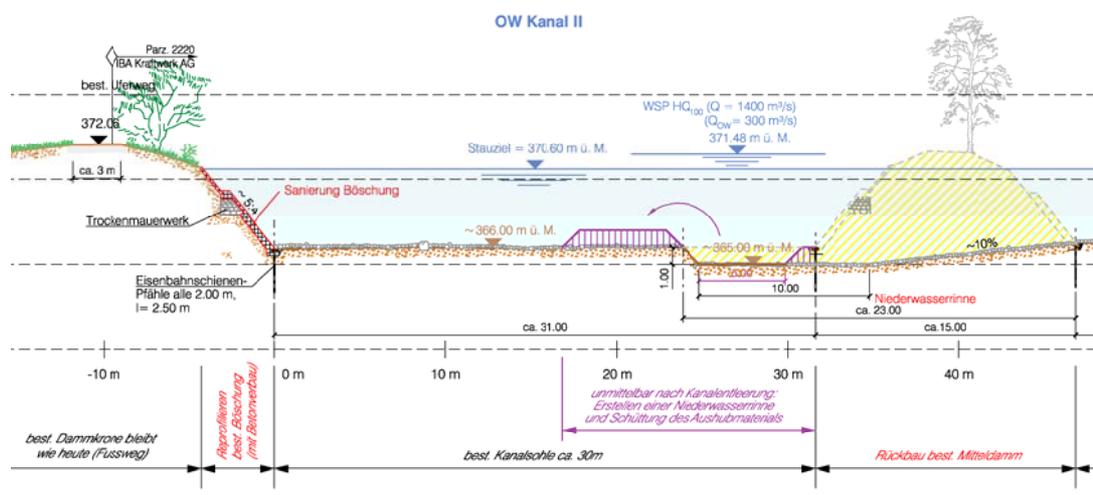


Abb. 2: Initialrinne im OW-Kanal während der Bauphase.

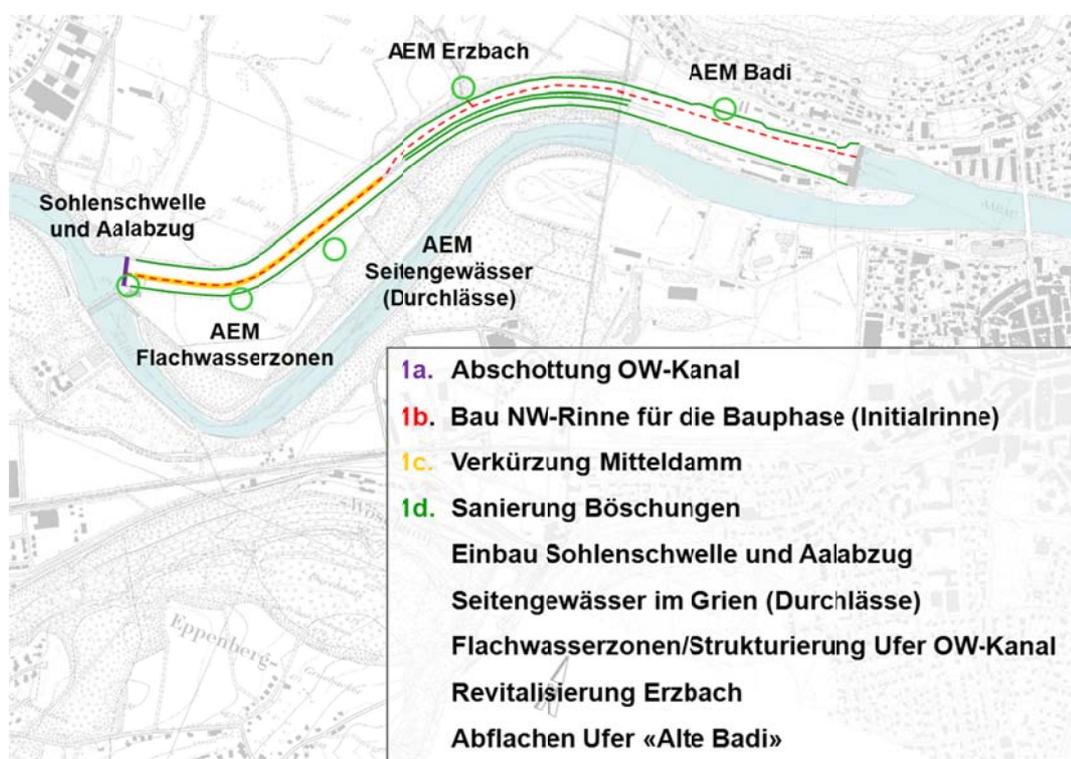


Abb. 3: Bauablauf OW-Kanal mit Massnahmen (Auswahl).

4.11 Betriebsphase

Mit der Sanierung der OW-Kanal kann das Intervall der Kanalabstellungen während der Betriebsphase signifikant erhöht werden (von 10 auf 20 und mehr Jahre). Der OW-Kanal wird alle 10 Jahre mittels Echolotaufnahmen auf Schäden kontrolliert. Sind lokal detailliertere Ergebnisse nötig, werden Taucher eingesetzt. Kleinere lokale Schäden können (ohne Kanalentleerung) unter Wasser vorgenommen werden. Im normalen Betriebsfall ist keine Gesamtabstaltung des OW-Kanals vorgesehen. Zur Behebung von grösseren Schäden erfolgt die Abschottung des

OW-Kanals wie bisher mit dem Dammbalkennadel-Verschluss im Einlauf des OW-Kanals. Das Wasser wird via Kraftwerk (Zentrale 1) abgelassen. Wie bei der Kanalabschaltung in der Bauphase, dient die NW-Rinne der Wasserhaltung und als Rückzugsort für Gewässerorganismen. Eine teilweise Verlandung der NW-Rinne über die Jahre ist nicht gänzlich auszuschliessen. Mit dem Lenkungsbauwerk für die Geschiebedurchgängigkeit (U4) wird dieser jedoch entgegen gewirkt.

5 Beschrieb der geplanten FAH beim Hauptkraftwerk

1958 wurde am rechten Ufer, unmittelbar südlich der Zentrale 1, ein Beckenpass gebaut. Im Laufe der Jahre 2001 bis 2003 wurden diverse Verbesserungen am Beckenpass vorgenommen. Trotzdem wurde dieser Fischpass im Rahmen der Fischaufstiegskontrolle an den Aare-Kraftwerken als „ungenügend“ beurteilt (Bericht Koordinierte Fischaufstiegskontrollen an den Aare-Kraftwerken zwischen Solothurn und der Mündung in den Rhein, Aquatica GmbH, Dezember 2006). Zur Verbesserung der Fischdurchgängigkeit des Kraftwerks Aarau wird im Rahmen des Umbaus der Zentrale 2 der Bau eines neuen linksufrigen Fischpasses und der Umbau des bestehenden Fischpass am rechten Ufer vorgesehen.

Die über 7 m grosse Wasserspiegeldifferenz und die bei verschiedenen Abflüssen variablen Unter- und Oberwasserspiegel können am besten mit einem Vertical-Slot-Fischpass überwunden werden. Aufgrund der sehr engen Platzverhältnisse mit Vorplatz ist die Umsetzung einer naturnahen Fischaufstiegshilfe (Raugerinne-Beckenpass oder Umgehungsgewässer) am linken Aareufer nicht möglich. Am rechten Ufer sind die Platzverhältnisse ebenfalls sehr eng, vor allem in Anbetracht der vielen Werkleitungen (Mittelspannungskabel, usw.).

5.1 Übersicht der FAH-Komponenten

Die FAH am linken Aareufer beim Hauptkraftwerk (Zentrale 2) besteht aus folgenden Einrichtungen:

- Vertikalschlitzpass mit 58 Becken
- Fischzählkammer am oberen Ende des Fischpasses
- Einlaufbauwerk mit Tauchwand, Grobrechen (Stababstand \geq Schlitzbreite) und Einlaufschütze
- Einstieg mit Sohlenanschluss und Lockströmung
- Einrichtung zur Verstärkung der Lockströmung (Fassungsbauwerk, Lockstrom-pumpen, Zulaufkanal)

Die FAH am rechten Ufer bei der Zentrale 1 besteht aus folgenden Einrichtungen:

- Vertikalschlitzpass mit 56 Becken
- Fischzählkammer am oberen Ende des Fischpasses
- Einlaufbauwerk mit Tauchwand, Grobrechen (Stababstand \geq Schlitzbreite) und zwei Schützen zur Abflussregulierung
- Einstieg mit Sohlenanschluss und Lockströmung
- Einrichtung zur Verstärkung der Lockströmung (Lockstromleitung, Venturidüsen)

5.2 Vertikalschlitzpass am linken Ufer

Der neue Fischpasskanal liegt am nördlichen Rand der Zentrale 2 und verbindet die gemeinsame Strecke mit dem Haupteinstieg. Er verläuft kurz unterhalb des

Einlaufes S-förmig und unterquert die Zufahrt zur Zentrale 2. Im Unterwasser der Zentrale verläuft der Kanal wieder S-förmig um möglichst viel Länge und demzufolge Höhe zu gewinnen. Der Fischpasskanal unterquert die UW-Brücke mehrmals und verläuft anschliessend entlang der bestehenden Ufermauer. Es handelt sich um einen Betonkanal mit einem Sohlensubstrat aus Steinen.

Die Geometrie des Fischpasses und die Kenndaten lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

- Abfluss: min. 475 l/s, max. 545 l/s (abhängig vom Wasserspiegel im OW-Kanal, bei höheren Wasserspiegel im OW-Kanal ist der Abfluss im Fischpass höher). Die Abflussregulierung erfolgt mit einer Einlaufschütze.
- Höhendifferenz Becken: max. 0.12 cm
- Schlitzbreite: 0.30 m
- Beckenlänge: 3.00 m
- Beckenbreite: 2.00 m
- Wassertiefe im Becken: min 1.23 m
- Max. Geschwindigkeit im Schlitz: 1.56 m/s (normal 1.52)
- Leistungsdichte: max. 84 W/m³ (normal 79)

5.3 Vertikalschlitzpass am rechten Ufer

Die Konstruktionsart des Fischpasses am rechten Ufer ist praktisch identisch zu deren des Fischpasses am linken Ufer. Es ist vorgesehen, so weit als möglich den bestehenden Kanal wieder zu verwenden. Aufgrund der sehr engen Platzverhältnisse mit vielen unterirdischen Werkleitungen verläuft der Fischpasskanal meistens S-förmig. Es sind insgesamt drei S-förmige Abschnitte vorgesehen, nach dem Einlauf, zwischen der Zugangstreppe und den MS-Kabeln sowie unterwasserseitig des UW-Steges. Der Fischpasskanal wird vollständig zwischen Zentrale 1 und bestehendem Weg eingebaut. Der bestehende Weg muss lediglich lokal leicht verschoben werden. Einige Werkleitungen, vor allem die Kanalisation, die öffentliche Beleuchtung und die Wasserleitung müssen vor dem Umbau des Fischpasses verlegt werden.

Die Geometrie des Fischpasses und die Kenndaten lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

- Abfluss: 500 l/s (konstant bei jedem OW-Niveau). Die Abflussregulierung erfolgt mit zwei Schützen.
- Höhendifferenz Becken: max. 0.12 m
- Schlitzbreite: 0.30 m
- Beckenlänge: 3.00 m
- Beckenbreite: 1.80 m
- Wassertiefe im Becken: min 1.26 m
- Max. Geschwindigkeit im Schlitz: 1.55 m/s (normal 1.52)
- Leistungsdichte: max. 91 W/m³ (normal 87)

5.4 Fischzählkammer

Die beiden Zählkammern sind nach dem gleichen Prinzip wie bei anderen Kraftwerken an der Aare (Wehr IBAarau, Wehr Winznau, Rupperswil-Auenstein, Projekt Rüchlig) aufgebaut. Sie sind nahe dem Fischpasseinlauf platziert. Die Kammer hat eine Breite von 3.00 m und eine Länge von ca. 10.00 m. Die Zählkammer funktionieren nach folgendem Prinzip:

- Der Schlitz der 16., resp. 12. Querwand ab OW wird mit einem Verschlussorgan (Schieber) verschlossen.
- Der Wasserspiegel oberhalb steigt bis zum OW-Spiegel der 7., resp. 1. Querwand. Gleichzeitig wird das Auslaufschütz der Zählkammer geöffnet.
- Das Wasser strömt durch die Zählkammer und fliesst nach der 16., resp. 12. Querwand wieder in den Schlitzpass.
- Die Fische schwimmen in das Becken ein und können bedingt durch eine spezielle Konstruktion nicht weiter aufsteigen.
- In täglichem Rhythmus oder wenn sich eine gewisse Anzahl von Fischen in dem Becken versammelt hat, wird die Fischzählkammer durch Schliessen der Schützen abgesperrt und der Wasserspiegel in der Zählkammer kontinuierlich abgesenkt (Entleerung über Rohrleitung). Die Fische können dann einzeln entnommen, registriert und in das OW ausgesetzt werden. Nach Abschluss der Zählung kann die Anlage wieder normal in Betrieb genommen werden.
- Zur besseren Entnahme von Kleinfischen wird bei der Entleerungseinrichtung eine Rinne ausgebildet.

Die Schützen werden mit einem elektrischen Antrieb und einer eigenen Steuerung ausgerüstet. Das Einlaufschütz in der Zählkammer wird so reguliert, dass der Abfluss in den Fischpass konstant bleibt.

5.5 Einlaufbauwerk

Das Einlaufbauwerk des Fischpasses am linken Ufer kommt unmittelbar unterhalb der OW-Brücke zu liegen. Der Einlauf ist mit einer Tauchwand und einem Grobrechen ausgerüstet, so dass das Geschwemmsel nicht oder nur bedingt in den Fischpass gelangt.

Am Einlauf des Fischpasses wird ein Verschlussorgan (Schütze) eingebaut, um den Schlitzpass für Unterhaltsarbeiten ausser Betrieb nehmen zu können. Die Einlaufschütze dient zusätzlich zur Reduzierung des Abflusses bei hohem OW-Spiegel und soll deshalb mit einem elektrischen Antrieb und eine eigene Steuerung ausgerüstet werden.

Der Einlauf, resp. Fischausstieg, ist so angeordnet, dass die Fische nicht in die Hauptströmung der Turbinen gelangen und dort zu Schaden kommen.

Das Einlaufbauwerk des Fischpasses am rechten Ufer bleibt am bestehenden Ort erhalten. Zur Regulierung des Abflusses in den Fischpass sind zwei Schützen ähnlich einer Trennwand vorgesehen. Das erste der beiden Regulierschützen wird so gestaltet, dass es auch als Abschlussorgan dient. Die Einlaufschützen werden mit einem elektrischen Antrieb und einer eigenen Steuerung ausgerüstet. Die Schützen werden je nach Wasserspiegel im OW und UW einzeln geschlossen oder geöffnet, so dass der Abfluss konstant gehalten wird.

5.6 Einstieg mit Sohlenanschluss

Der Einstieg in die FAH am linken Aareufer kommt ca. 40 m unterhalb der Ausläufe der geplanten Turbinen der Zentrale 2 zu stehen. Die Sohle des Einstiegs schliesst an die Flussbettsohle an. Der Sohlenanschluss ermöglicht nicht nur die Wanderung von am Boden lebenden schwimmschwachen Fischen, sondern auch den Fischpasseinstieg wirbelloser Lebewesen der Gewässersohle (Benthos).

In der Wand des Fischpasskanals werden zwei zusätzliche verschliessbare Fischeinstiege erstellt. Der weiteste Einstieg in den Fischpass befindet sich somit ca. 33 m unterhalb der Turbinenausläufe.

Beim bestehenden Einstieg am rechten Fischpass ist der Sohlenanschluss momentan nicht gewährleistet. Dieser Mangel wird durch den Umbau des Fischpasses behoben. Der Sohlenanschluss wird mit einer Rampe innerhalb einer Spundwand sichergestellt.

5.7 Einrichtung zur Verstärkung der Lockströmung

Damit der Einstieg in den Fischpass von den Fischen gut aufgefunden wird, ist eine Verstärkung der Lockströmung vorgesehen. Nach Larinier (2002, zitiert in DWA-M509 (Entwurf)) belegen Erfahrungen aus Frankreich, dass der Anteil der Lockströmung am Gesamtabfluss bei kleineren Gewässern etwa 5 % betragen muss, um eine ausreichende Auffindbarkeit sicherzustellen. An grossen Flüssen geht man von ca. 10 % des mittleren Niedrigwassers aus, was etwa 1.0 bis 1.5 % des Ausbauwasserstroms der Wasserkraftanlagen entspricht, die dort i.d.R. auf 2 MQ ausgelegt sind. Der für die Lockströmung notwendige Abflussanteil sinkt somit bei höherem Gesamtabfluss. Für die Aare als grosses Fliessgewässer ergibt sich damit, bei Verwendung der Ausbauwassermenge (400 m³/s) als Bezugsgrösse, eine notwendige Lockströmung von 4.0 bis 6.0 m³/s.

Damit die Wassermenge nicht vollständig dem OW-Kanal entnommen werden muss und damit der energetischen Nutzung verloren geht, wird eine Lockstromverstärkung ("Lockstrompumpe") umgesetzt (Abb. 4). Sie sorgt dafür, dass aus dem Fischpass ein ausreichend grosser Wasserstrom herauskommt, der jedoch nur zum Teil der Turbine weggenommen wird. Hierzu wird mittels einer Strahlpumpe Wasser aus dem Turbinenunterwasser in den Fischpassauslauf eingespeist. Der Engpassquerschnitt in der Lockstrompumpe dient dabei als Fischsperrre. Das Verhältnis des gesamten Förderstroms zum Düsendurchfluss beträgt je nach Fallhöhe etwa 1:4 bis 1:10.

Die Lockstrompumpe wird in einer grossen Kammer neben dem Fischpasskanal bei den letzten Querwänden installiert. Die Lockstrompumpe mit den Venturiöffnungen wird unmittelbar unterhalb des Pumpenschachtes angeordnet.

Je nach turbinierter Wassermenge muss die Lockströmung grösser oder kleiner eingestellt werden können. Zur Regulierung der Lockströmung von ca. 1.2 bis ca. 3.5 m³/s müssen mehrere Düsen, resp. Venturiöffnungen vorgesehen werden. Im vorliegenden Fall beträgt die maximale Wassermenge der Lockstrompumpe ungefähr dreimal die minimale Wassermenge. Aus diesem Grund ist die Anzahl Düsen vorteilhaft als Multiplikator von drei (3, 6 oder 9) zu wählen. Eine gute Flexibilität in der Einstellung der gestrahlten Wassermenge kann mit 6 (2 x 3) Düsen er-

reicht werden. Pro Düse, resp. Venturirohr fließen ca. 600 l/s durch. Zu berücksichtigen sind ebenfalls die Geschwindigkeiten im Venturirohr. Einerseits müssen die Ein- und Auslaufgeschwindigkeiten klein bleiben (max. ca. 1.0 m/s) damit die Verluste beschränkt werden können, andererseits muss die Geschwindigkeit an der engsten Stelle mindestens 3.0 m/s betragen damit die Fische nicht durch das Rohr wieder zurück ins Unterwasser gelangen können („Kurzschluss“).

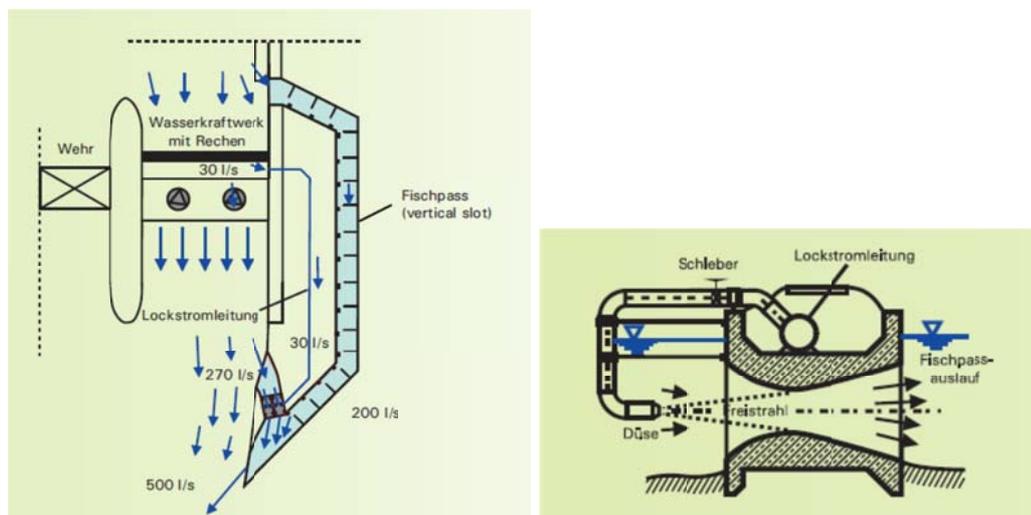


Abb. 4: Prinzipskizze einer Lockstrompumpe (Quelle: Hassinger).

Die Durchflussmengen beim Einstieg sind in der unterstehenden Tabelle zusammengefasst:

Tab. 2: Durchflussmengen beim Einstieg in den Fischpass am linken Ufer.

		Q_{300}	Q_{30}
Q_{Aare}	m^3/s	190.0	520.0
Q_{OW}	m^3/s	170.0	400.0
$Q_{erf. Lockströmung}$	m^3/s	1.70	4.0
Q_{FPg}	m^3/s	0.545	0.475
$Q_{erf. Lockstrompumpe}$	m^3/s	1.155	3.525
Q_{Pumpe} (Wirkungsgrad 1:5)	m^3/s	0.23	0.71

Die Lockstrompumpe wurde in den letzten Jahren von der Universität Kassel entwickelt und wird mittlerweile erst an wenigen Kraftwerken eingesetzt. Aus diesem Grund stehen für die Auslegung der Lockstrompumpe fast keine Bemessungsgrundlagen zur Verfügung. In den Unterlagen des Entwicklers ist lediglich das Verhältnis des gesamten Förderstroms zum Düsendurchfluss angegeben, wie die verwendeten Düsenaustrittsgeschwindigkeiten 1:4 bis 1:10 betragen.

Die notwendige Pumpwassermenge wurde mit der Annahme eines Wirkungsgrades der Lockstrompumpe von 5 (Verhältnis 1:5) bestimmt. Der mit der Lockwasserpumpe zu erzeugende Druck müsste ca. 3.0 bis 4.0 m betragen. Die zusätzliche Wassermenge, die durch das Venturi-Prinzip in die Venturiöffnungen gezogen wird, wird über einen Zulaufkanal erzeugt. Bei der Detailprojektierung (Aus-schreibungs-, resp. Ausführungsphase) werden in Zusammenarbeit mit den Ent-wicklern der Lockstrompumpe die weiteren Auslegungsfaktoren bestimmt.

Für die erforderliche Lockströmung wird ein Einlaufbauwerk mit einem Rechen neben dem Fischpasskanal gebaut. Die Fläche des Einlaufes muss so gross gewählt werden, dass die Fische nicht eingesaugt werden. Beim Ansaugen von maximal $3.525 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt die Geschwindigkeit beim Einlauf ($2 \times 4.0 \text{ m} \times 1.1 \text{ m}$) maximal 0.4 m/s . Die Reinigung des Rechens erfolgt entweder manuell mit einer Harke oder durch Erzeugen eines Überdruckes in der Lockstromkammer. Die Einläufe und Ausläufe der Kammer werden mit einem Schieber geschlossen. Die Kammer kann mit Wasser aus dem Fischpass bis ca. zur Hälfte gefüllt werden. Bei Öffnung der Einlaufschieber wird eine Strömung von der Kammer ins Unterwasser erzeugt, welche eine einfache Reinigung der beiden Rechenfelder ermöglicht.

Beim Fischpass am rechten Ufer ist ebenfalls eine Verstärkung der Lockströmung vorgesehen. Diese erfolgt mit Wasser aus dem Oberwasser sowie eine Lockstrompumpe. Das Wasser wird aus dem Auslauf der Turbinen angesaugt und durch die Venturidüsen beim Fischeinstieg eingeführt. Die Durchflussmengen beim Einstieg sind in der unterstehenden Tabelle zusammengefasst:

Tab. 3: Durchflussmengen beim Einstieg in den Fischpass am rechten Ufer.

Q_{FPg}	m^3/s	0.5
$Q_{OW\text{-Leitung}}$	m^3/s	0.1
$Q_{\text{Lockstrompumpe}}$ (Wirkungsgrad 1:5)	m^3/s	0.5
$Q_{\text{Lockströmung}}$	m^3/s	1.0

H_{OW}	Oberwasserniveau	[m ü. M.]
H_{UW}	Unterswasserniveau	[m ü. M.]
H_{Sohle}	Sohlenniveau	[m ü. M.]
H_{Becken}	Wasserstand im Becken	[m ü. M.]
Δh	Wasserspiegeldifferenz	[m]
h_o	Wassertiefe oberhalb des Schlitzes	[m]
h_u	Wassertiefe unterhalb des Schlitzes	[m]
h_m	Mittlere Wassertiefe im Becken	[m]
μ_r	Abflussbeiwert	[-]
Q	Abfluss	[m ³ /s]
v_s	Geschwindigkeit im Schlitz	[m/s]
v_{kr}	Kritische Geschwindigkeit im Schlitz	[m/s]
V	Volumen des Beckens	[m ³]
E	Leistungsdichte bei der Energiedissipation	[W/m ³]

Folgende massgebende Kriterien wurden für die Auslegung des Fischpasses berücksichtigt:

- im Schlitz darf die Strömung nicht schiessend sein, d. h. $v_s < v_{kr}$ (üblicherweise sollte die Geschwindigkeit im Schlitz zwischen 0.3 und 1.6 m/s betragen)
- der Grenzwert für die Wasserspiegeldifferenz beträgt: $\Delta h=0.12$ m bei beiden Fischpässen.
- die Mindestwassertiefe für h_u beträgt 0.50 m
- um eine turbulenzarme Beckenströmung zu gewährleisten, sollte die Leistungsdichte bei der Energiedissipation in den Becken wiederum den Grenzwert von $E=100$ W/m³ nicht überschreiten

5.8.2 Nachweis einer turbulenzarmen Beckenströmung

Der Nachweis einer turbulenzarmen Beckenströmung ist beispielhaft für Fischpass am linken Ufer für Aarabflüsse von 190 m³/s und 520 m³/s im Anhang dargestellt.

6 Fischabstieg beim Hauptkraftwerk

Der Fischabstieg beim Hauptkraftwerk wird wie bereits heute durch die Turbinen erfolgen. Mit dem Ersatz von 7 Kleinturbinen durch zwei Grossturbinen wird die Situation beim Fischabstieg aber deutlich verbessert. Als Zusatzmassnahme sind zwei Leerrohre DN500 vom Ober- ins Unterwasser geplant. Falls in der Zukunft technische Möglichkeiten bestehen, die Fische durch eine Leitvorrichtung vor dem Fischabstieg durch die Turbine zu schützen, werden die Fische durch die geplanten Rohre ins Unterwasser geleitet. Am Anfang bleiben die Leerrohre verschlossen.

Der Eintritt zu den Rohren sind in den Pfeiler zwischen Turbinen und Schwallentlastungen, im Strömungsarmen Bereich angeordnet. Die Fische gelangen in einen Schacht von 1.2 m Durchmesser und ca. 5 m Tiefe. Der Einstieg in den Schacht kann nahe an der Oberfläche in einer mittleren Tiefe oder nahe am Boden erfolgen. Durch das Leerrohr DN500 werden die Fische ins Unterwasser geführt. Die Einmündung der Bypassleitung ins Unterwasser liegt auf Kote 366.80 m ü.M., d.h. oberhalb der Wasseroberfläche. Nur im Hochwasserfall wird das Rohr unter Wasser stehen. Die Einmündung befindet sich beim mittleren Abfluss von 280 m³/s ca. 2.60 m oberhalb der Wasseroberfläche. Der Aufprall der Fische auf die Wasseroberfläche ist aufgrund der mittleren Absturzhöhe und der grossen Wassertiefe (ca. 4 m) unkritisch. Der Druck im Rohr selber bleibt auf ca. 3.50 m Wassersäule beschränkt und ist für Fische unproblematisch. Auch die Geschwindigkeit im Rohr ist eher klein und beträgt maximal 5 m/s, d.h. deutlich kleiner als die in der Fachliteratur als Grenzwert angegebene maximale Geschwindigkeit von 12 m/s. Der Abfluss in der Leitung wird beim komplett geöffneten Schieber ungefähr 1000 l/s betragen.

Ingenieurgesellschaft KW Aarau

IUB Engineering AG, Bern
IM Maggia Engineering AG, Locarno
ANL AG Natur und Landschaft, Aarau

Bern, Locarno, Aarau, den 23. Oktober 2013

Anhang: Nachweis einer turbulenzarmen Beckenströmung

a) Fischpass am linken Ufer bei einem Aarabfluss von 190 m³/s

ZW Nr.	H _{Sohle} [m]	h _u [m]	h ₀ [m]	Δh [m]	h _u / h ₀	μ _r [-]	s [m]	Q _{calc} [m ³ /s]	Q _{fiss} [m ³ /s]	v _{cr} [m/s]	v _s [m/s]	H _{Becken} [m]	h _m [m]	b [m]	l _b [m]	d [m]	V [m ³]	E [W/m ²]		
												363.60								
58	362.300	1.30	1.42	0.12	0.91	0.36	0.30	0.546	0.546	2.614	1.56	363.72	1.37	2.00	3.00	0.15	7.78	84	OK	
57	362.417	1.31	1.43	0.12	0.91	0.36	0.30	0.545	0.546	2.612	1.55	363.85	1.37	2.00	3.00	0.15	7.81	83	OK	
56	362.534	1.31	1.43	0.12	0.92	0.36	0.30	0.546	0.546	2.613	1.54	363.97	1.37	2.00	3.00	0.15	7.83	82	OK	
55	362.651	1.32	1.44	0.12	0.92	0.36	0.30	0.546	0.546	2.614	1.54	364.09	1.38	2.00	3.00	0.15	7.85	82	OK	
54	362.768	1.32	1.44	0.12	0.92	0.36	0.30	0.546	0.546	2.614	1.53	364.21	1.38	2.00	3.00	0.15	7.87	81	OK	
53	362.885	1.32	1.44	0.12	0.92	0.36	0.30	0.546	0.546	2.613	1.53	364.33	1.38	2.00	3.00	0.15	7.88	81	OK	
52	363.002	1.32	1.44	0.12	0.92	0.36	0.30	0.547	0.546	2.615	1.53	364.44	1.38	2.00	3.00	0.15	7.89	80	OK	
51	363.119	1.33	1.44	0.12	0.92	0.36	0.30	0.546	0.546	2.613	1.52	364.56	1.38	2.00	3.00	0.15	7.89	80	OK	
50	363.236	1.33	1.44	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2.613	1.52	364.68	1.39	2.00	3.00	0.15	7.90	80	OK	
49	363.353	1.33	1.44	0.12	0.92	0.35	0.30	0.545	0.546	2.613	1.52	364.80	1.39	2.00	3.00	0.15	7.90	80	OK	
48	363.470	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2.614	1.52	364.92	1.39	2.00	3.00	0.15	7.90	80	OK	
47	363.587	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2.614	1.52	365.03	1.39	2.00	3.00	0.15	7.91	80	OK	
46	363.704	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2.614	1.52	365.15	1.39	2.00	3.00	0.15	7.91	79	OK	
45	363.821	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2.614	1.52	365.27	1.39	2.00	3.00	0.15	7.91	79	OK	
44	363.938	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2.613	1.52	365.38	1.39	2.00	3.00	0.15	7.91	79	OK	
43	364.055	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2.614	1.52	365.50	1.39	2.00	3.00	0.15	7.91	79	OK	
42	364.172	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2.613	1.52	365.62	1.39	2.00	3.00	0.15	7.91	79	OK	
41	364.289	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.545	0.546	2.612	1.51	365.74	1.39	2.00	3.00	0.15	7.91	79	OK	
40	364.406	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2.613	1.52	365.85	1.39	2.00	3.00	0.15	7.91	79	OK	
39	364.523	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2.613	1.52	365.97	1.39	2.00	3.00	0.15	7.91	79	OK	
38	364.640	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2.613	1.52	366.09	1.39	2.00	3.00	0.15	7.91	79	OK	
37	364.757	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2.613	1.52	366.20	1.39	2.00	3.00	0.15	7.91	79	OK	
36	364.874	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2.613	1.52	366.32	1.39	2.00	3.00	0.15	7.91	79	OK	
35	364.991	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2.613	1.52	366.44	1.39	2.00	3.00	0.15	7.91	79	OK	

34	365.108	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	366.56	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
33	365.225	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	366.67	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
32	365.342	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	366.79	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
31	365.459	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	366.91	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
30	365.576	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	367.02	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
29	365.693	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	367.14	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
28	365.810	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	367.26	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
27	365.927	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	367.37	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
26	366.044	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	367.49	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
25	366.161	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	367.61	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
24	366.278	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	367.73	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
23	366.395	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	367.84	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
22	366.512	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	367.96	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
21	366.629	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	368.08	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
20	366.746	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	368.19	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
19	366.863	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	368.31	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
18	366.980	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	368.43	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
17	367.097	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	368.54	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
16	367.214	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	368.66	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
15	367.331	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	368.78	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
14	367.448	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	368.90	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
13	367.565	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	369.01	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
12	367.682	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	369.13	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
11	367.799	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	369.25	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
10	367.916	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	369.36	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
9	368.033	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	369.48	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
8	368.150	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	369.60	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
7	368.267	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	369.71	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
6	368.384	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	369.83	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
5	368.501	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	369.95	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
4	368.618	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	370.07	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
3	368.735	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	370.18	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
2	368.852	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	370.30	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK
1	368.969	1.33	1.45	0.12	0.92	0.35	0.30	0.546	0.546	2613	1.52	370.42	1.39	2.00	3.00	0.15	7.92	79	OK

(b) Fischpass am linken Ufer bei einem Aarabfluss von 520 m³/s:

ZW Nr.	H _{Sohle} [m]	h _u [m]	h ₀ [m]	Δh [m]	h _u / h ₀	μ _r [-]	s [m]	Q _{calc} [m³/s]	Q _{fiss} [m³/s]	v _{cr} [m/s]	v _s [m/s]	H _{Becken} [m]	h _m [m]	b [m]	l _b [m]	d [m]	V [m³]	E [W/m³]		
												364.86								
58	362.300	2.56	2.49	-0.07	1.03	0.14	0.30	0.475	0.475	2.495	#NUM!	364.86	2.50	2.00	3.00	0.15	14.26	-21	OK	
57	362.417	2.44	2.38	-0.06	1.03	0.15	0.30	0.475	0.475	2.495	#NUM!	364.86	2.38	2.00	3.00	0.15	13.59	-17	OK	
56	362.534	2.33	2.28	-0.05	1.02	0.16	0.30	0.475	0.475	2.495	#NUM!	364.86	2.27	2.00	3.00	0.15	12.92	-14	OK	
55	362.651	2.21	2.17	-0.04	1.02	0.17	0.30	0.475	0.475	2.495	#NUM!	364.86	2.15	2.00	3.00	0.15	12.26	-9	OK	
54	362.768	2.09	2.07	-0.02	1.01	0.18	0.30	0.475	0.475	2.495	#NUM!	364.86	2.03	2.00	3.00	0.15	11.59	-4	OK	
53	362.885	1.97	1.96	-0.01	1.01	0.19	0.30	0.474	0.475	2.494	#NUM!	364.86	1.92	2.00	3.00	0.15	10.92	2	OK	
52	363.002	1.86	1.86	0.00	1.00	0.21	0.30	0.475	0.475	2.495	0.26	364.86	1.80	2.00	3.00	0.15	10.28	8	OK	
51	363.119	1.74	1.76	0.02	0.99	0.23	0.30	0.475	0.475	2.495	0.60	364.88	1.70	2.00	3.00	0.15	9.71	15	OK	
50	363.236	1.65	1.68	0.03	0.98	0.25	0.30	0.475	0.475	2.495	0.79	364.91	1.62	2.00	3.00	0.15	9.23	22	OK	
49	363.353	1.56	1.61	0.04	0.97	0.26	0.30	0.475	0.475	2.495	0.93	364.96	1.55	2.00	3.00	0.15	8.82	29	OK	
48	363.470	1.49	1.54	0.06	0.96	0.28	0.30	0.475	0.475	2.495	1.05	365.01	1.49	2.00	3.00	0.15	8.47	36	OK	
47	363.587	1.43	1.49	0.07	0.96	0.29	0.30	0.474	0.475	2.494	1.13	365.08	1.43	2.00	3.00	0.15	8.17	43	OK	
46	363.704	1.38	1.45	0.07	0.95	0.31	0.30	0.475	0.475	2.494	1.21	365.15	1.39	2.00	3.00	0.15	7.93	48	OK	
45	363.821	1.33	1.42	0.08	0.94	0.32	0.30	0.475	0.475	2.495	1.27	365.24	1.36	2.00	3.00	0.15	7.73	53	OK	
44	363.938	1.30	1.39	0.09	0.94	0.33	0.30	0.474	0.475	2.494	1.32	365.33	1.33	2.00	3.00	0.15	7.57	58	OK	
43	364.055	1.27	1.37	0.09	0.93	0.34	0.30	0.476	0.475	2.496	1.36	365.42	1.31	2.00	3.00	0.15	7.45	62	OK	
42	364.172	1.25	1.35	0.10	0.93	0.34	0.30	0.476	0.475	2.496	1.40	365.52	1.29	2.00	3.00	0.15	7.35	65	OK	
41	364.289	1.23	1.33	0.10	0.92	0.35	0.30	0.476	0.475	2.496	1.42	365.62	1.28	2.00	3.00	0.15	7.27	68	OK	
40	364.406	1.22	1.32	0.11	0.92	0.35	0.30	0.476	0.475	2.496	1.44	365.73	1.26	2.00	3.00	0.15	7.21	70	OK	
39	364.523	1.21	1.31	0.11	0.92	0.36	0.30	0.476	0.475	2.496	1.46	365.84	1.26	2.00	3.00	0.15	7.16	72	OK	
38	364.640	1.20	1.31	0.11	0.92	0.36	0.30	0.476	0.475	2.496	1.47	365.95	1.25	2.00	3.00	0.15	7.12	73	OK	
37	364.757	1.19	1.30	0.11	0.91	0.36	0.30	0.475	0.475	2.495	1.48	366.06	1.24	2.00	3.00	0.15	7.09	74	OK	
36	364.874	1.18	1.30	0.11	0.91	0.36	0.30	0.475	0.475	2.495	1.49	366.17	1.24	2.00	3.00	0.15	7.06	75	OK	
35	364.991	1.18	1.29	0.11	0.91	0.36	0.30	0.475	0.475	2.496	1.49	366.29	1.24	2.00	3.00	0.15	7.04	76	OK	

34	365.108	1.18	1.29	0.11	0.91	0.36	0.30	0.475	0.475	2.494	1.50	366.40	1.23	2.00	3.00	0.15	7.03	76	OK
33	365.225	1.17	1.29	0.11	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.50	366.51	1.23	2.00	3.00	0.15	7.02	77	OK
32	365.342	1.17	1.29	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.50	366.63	1.23	2.00	3.00	0.15	7.01	77	OK
31	365.459	1.17	1.29	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.51	366.75	1.23	2.00	3.00	0.15	7.00	77	OK
30	365.576	1.17	1.29	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.51	366.86	1.23	2.00	3.00	0.15	7.00	77	OK
29	365.693	1.17	1.29	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.51	366.98	1.23	2.00	3.00	0.15	6.99	78	OK
28	365.810	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.51	367.09	1.23	2.00	3.00	0.15	6.99	78	OK
27	365.927	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.51	367.21	1.23	2.00	3.00	0.15	6.99	78	OK
26	366.044	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.51	367.33	1.23	2.00	3.00	0.15	6.99	78	OK
25	366.161	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.51	367.45	1.23	2.00	3.00	0.15	6.99	78	OK
24	366.278	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.51	367.56	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
23	366.395	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.51	367.68	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
22	366.512	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.51	367.80	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
21	366.629	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.51	367.91	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
20	366.746	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.51	368.03	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
19	366.863	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.51	368.15	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
18	366.980	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.51	368.26	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
17	367.097	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.51	368.38	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
16	367.214	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.52	368.50	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
15	367.331	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.52	368.61	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
14	367.448	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.52	368.73	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
13	367.565	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.52	368.85	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
12	367.682	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.52	368.97	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
11	367.799	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.52	369.08	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
10	367.916	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.52	369.20	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
9	368.033	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.52	369.32	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
8	368.150	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.52	369.43	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
7	368.267	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.52	369.55	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
6	368.384	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.52	369.67	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
5	368.501	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.52	369.78	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
4	368.618	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.52	369.90	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK
3	368.735	1.17	1.28	0.12	0.91	0.37	0.30	0.475	0.475	2.495	1.52	370.02	1.23	2.00	3.00	0.15	6.98	78	OK