

**Mögliche Auswirkung des zukünftigen
Pumpspeicherbetriebs(neue Unterstufe)
in Forbach auf den Temperaturhaushalt der Murg
einschließlich Monitoringkonzept**

September 2021



Humboldtstr. 15 A • 76870 Kandel
Tel.: 07275-95710 • Fax: 07275-957199
e-mail: kandel@weibel-ness.de

Projektleitung:
Dipl. Biol. öbvS, Uwe Weibel

Projektbearbeitung:
Dipl. Umweltwissenschaft Karsten Meyer-Sachers
Dipl. Biol. öbvS, Uwe Weibel

Projekt-Nr. 4046



Humboldtstr. 15 A • 76870 Kandel
Tel.: 07275-95710 • Fax: 07275-957199
e-mail: kandel@weibel-ness.de

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangssituation, Aufgabenstellung	5
2	Temperaturregime der Murg	5
3	Prognose zukünftiger Betrieb.....	9
4	Prognose Temperatur Murg	12
5	Prognostizierte Auswirkung auf die Fischbesiedlung der Murg	13
6	Prognostizierte Auswirkung auf das Makrozoobenthon der Murg	15
7	Grundsätzliche Untersuchung alternativer technischer Lösungen	17
8	Monitoring.....	18
9	Auswertung und Ausblick.....	20
10	Literatur	21

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Karte der Standorte des Temperaturmonitorings in der Murg und der Schwarzenbachtalsperre	6
Abbildung 2: Jahresgang des Murgabflusses 2020 (m ³ /s)	7
Abbildung 3: Übersicht der Temperaturentwicklung in der Murg und der Schwarzenbachtalsperre zwischen dem 7.4. und 17.7.2020	7
Abbildung 4: Temperaturmonitoring Murg, beispielhafter, pessimaler Ausschnitt des sommerlichen Zeitraums 27.06.- 07.07.2020	8

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Mittlere Erwärmung der Murg zwischen den einzelnen Messtellen sowie Angabe der jeweiligen Differenzen in °C.	9
Tabelle 2: Verteilung der Fischarten im Längsverlauf der Murg von Baiersbronn nach Rastatt, auf Grundlage von Fangergebnissen des Landes Baden-Württemberg (FFS 2021) aus den Jahren 2011 bis 2020 (90 Datensätze).	13
Tabelle 3: Laichzeit und -temperatur ausgewählter Fischarten der Murg (LFU BW 2005) sowie Mittelwerte der Wassertemperatur aus der Messkampagne 2020	14
Tabelle 4: Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Gutachten des Büros für Gewässerökologie, (2015, 2017).	16

Anhang:

1 Ausgangssituation, Aufgabenstellung

Im Rudolf-Fettweis-Werk in Forbach beabsichtigt die EnBW die Speicherkapazität zu erhöhen und damit die bestehende Anlage zu einem modernen Pumpspeicherkraftwerk auszubauen. Das Lauf-, Speicher- und Pumpspeicherkraftwerk besteht aus vier Einzelkraftwerken, die zwischen 1914 und 1926 gebaut wurden. Hauptbestandteile des Schwarzenbachwerks sind die Schwarzenbachtalsperre – die als Staubecken ein Speichervolumen von 14 Mio. Kubikmetern aufweist und von mehreren natürlichen Zuflüssen gespeist wird – das Maschinenhaus in Forbach – in dem die Turbinen und Generatoren für die Stromerzeugung untergebracht sind – sowie das Ausgleichsbecken in Forbach, über das das von der Schwarzenbachtalsperre kommende Wasser nach der Energiegewinnung im Maschinenhaus in die Murg abfließt.

Das seit mittlerweile über 100 Jahren laufende Bestandskraftwerk Rudolf-Fettweiß-Werk bildet im Rahmen dieser Betrachtung für das Neubauprojekt den für die Prüfung der Umweltauswirkungen maßgeblichen Referenzzustand.

Die Zulassungen vom 31. März 1914, die insbesondere die Stauhaltung der Murg im Ausgleichsbecken Forbach sowie den Betrieb des Niederdruckwerks umfasst, die Zulassung vom 21. März 1926 über die Errichtung der Schwarzenbachtalsperre und Aufstauung des Schwarzenbachs, sowie die Zulassung vom 2. September 1926 bleiben soweit unberührt, als sie durch die vorliegende Umgestaltung der Unterstufe keine Veränderung erfahren. In diesem Recht ist unter anderem eine Mindestwasserabgabe von bis zu 10,8 m³/s geregelt.

Neben den bestehenden Pflichten wird auch an der jährlichen Berichtspflicht des Betreibers gegenüber der Genehmigungsbehörde in gewohnter Weise festgehalten.

Projektbezogene Umweltauswirkungen werden immer als Änderung zu diesem aktuellen Zustand anhand eines Vergleichs des Plan-Zustandes mit dem Ist-Zustand ermittelt. Beim Ist-Zustand sind sämtliche zugelassenen Gewässerbenutzungen zu berücksichtigen. Hierzu zählt das zwischen 1914 und 1926 zugelassene, errichtete und seit dieser Zeit durchgehend betriebene Rudolf-Fettweiß-Werk. Eine rechtliche Referenz für dies Vorgehensweise stellt das sogenannte „Staudinger-Urteil“ (BVerwG, Urteil vom 2. November 2017 – Aktenzeichen 7 C 25.15) dar.

Im Rahmen der Offenlage und durch Stellungnahmen von Fachbehörden wurde die Frage aufgeworfen, ob der zukünftige Turbinenbetrieb einen (negativen) Einfluss auf den Temperaturhaushalt der Murg haben kann. Ursächlich für diese Frage ist die Befürchtung, dass das hinsichtlich seines Volumens vergrößerte Unterbecken einen entsprechend erhöhten Turbinenbetrieb mit verstärkter Einleitung von kaltem Tiefenwasser aus der Schwarzenbachtalsperre in die Murg zur Folge haben könnte.

2 Temperaturregime der Murg

Vom 7.4. bis 17.7.2020 wurde ein orientierendes Temperaturmonitoring in der Murg und der Schwarzenbachtalsperre durchgeführt. Ab dem 17.7.2020 wurde aufgrund anstehender Baumaßnahmen der Stau im Ausgleichsbecken gelegt und eine weitere Beprobung war nicht mehr sinnvoll. Das Temperaturmonitoring hatte die Aufgabe, den Einfluss des kalten Wassers aus der Talsperre auf die Murg in einer ersten Größenordnung abschätzen zu können. Zur Anwendung kamen Temperaturlogger der Fa HOBO, die am Auslauf der Talsperre in Höhe der Auslauföffnungen und an vier Stellen in der Murg exponiert wurden (Abbildung 1).

Im genannten Zeitraum herrschte überwiegend trockenes, niederschlagsarmes Wetter mit einem entsprechend niedrigen Murgabfluß am Pegel Schwarzenberg von ca. 2,3 m³/s (Abbildung 2). Dies entspricht hinsichtlich der Temperaturbetrachtung einer Pessimalsituation (geringer Abfluss in der Murg und Turbinenbetrieb).

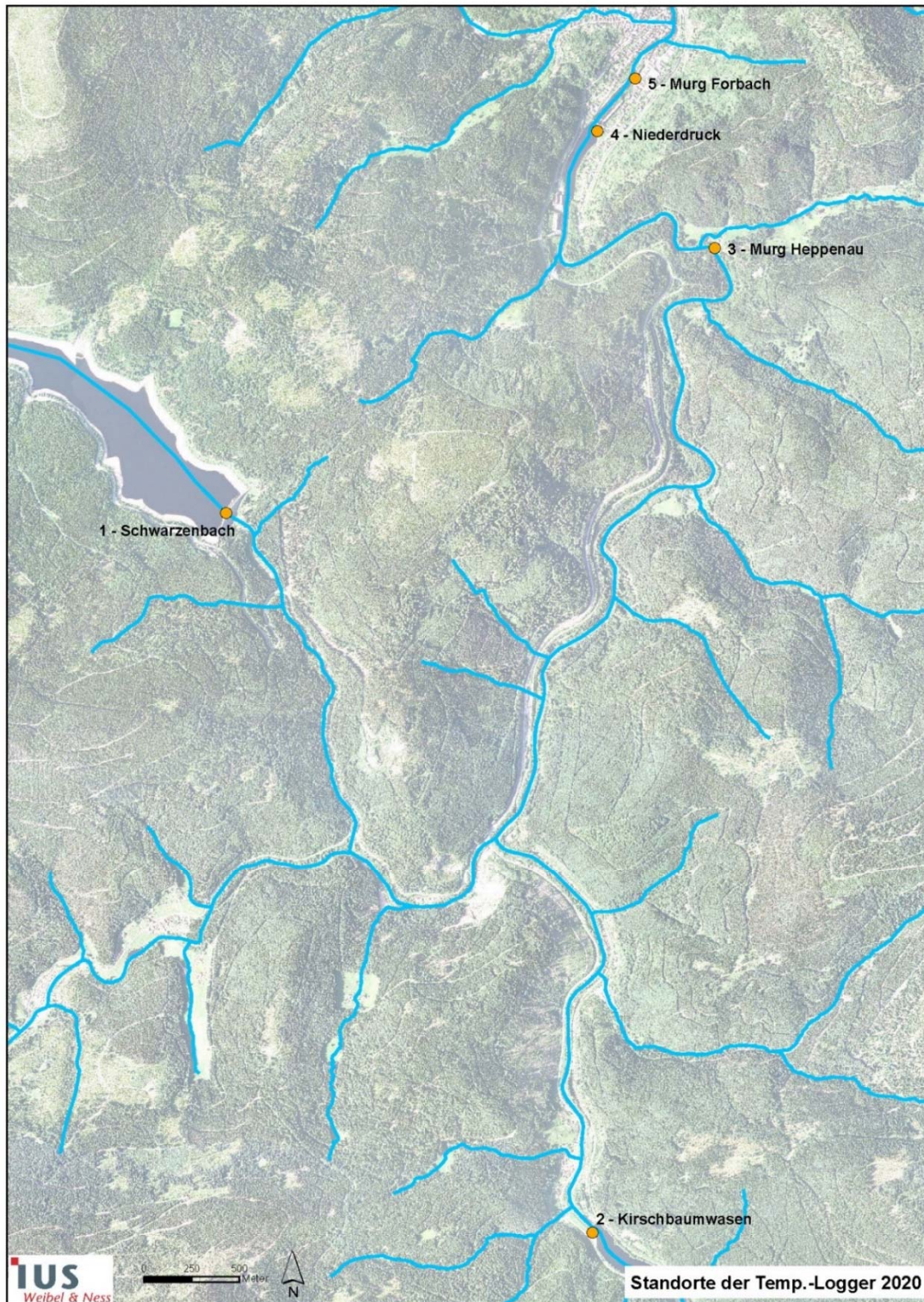


Abbildung 1: Karte der Standorte des Temperaturmonitorings in der Murg und der Schwarzenbachtalsperre

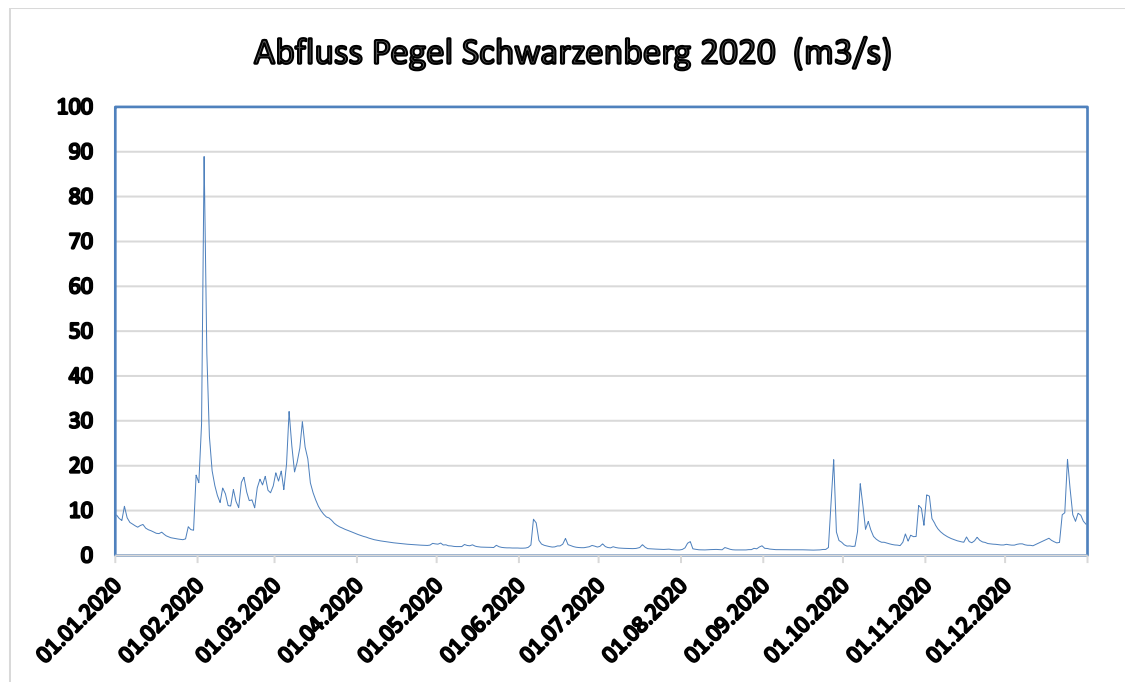


Abbildung 2: Jahresgang des Murgabflusses 2020 (m³/s)

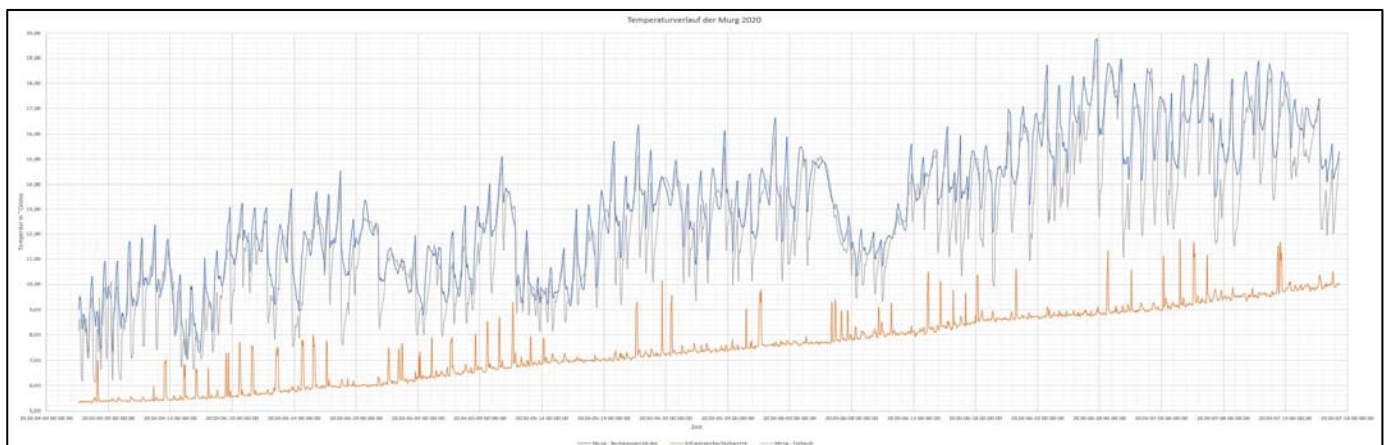


Abbildung 3: Übersicht der Temperaturentwicklung in der Murg und der Schwarzenbachtalsperre zwischen dem 7.4. und 17.7.2020

Auf der Grundlage dieses Monitorings lassen sich die folgenden Aussagen treffen (Abbildung 3, Anhang 1):

- Murg und Schwarzenbachtalsperre erwärmen sich zwischen Mitte April und Mitte Juli entsprechend dem Lufttemperaturverlauf.
- Die Peaks der Erwärmungen von ca. 2°C in der Talsperre resultieren aus dem Pumpbetrieb, der Turbinenbetrieb ist hingegen nicht ablesbar.

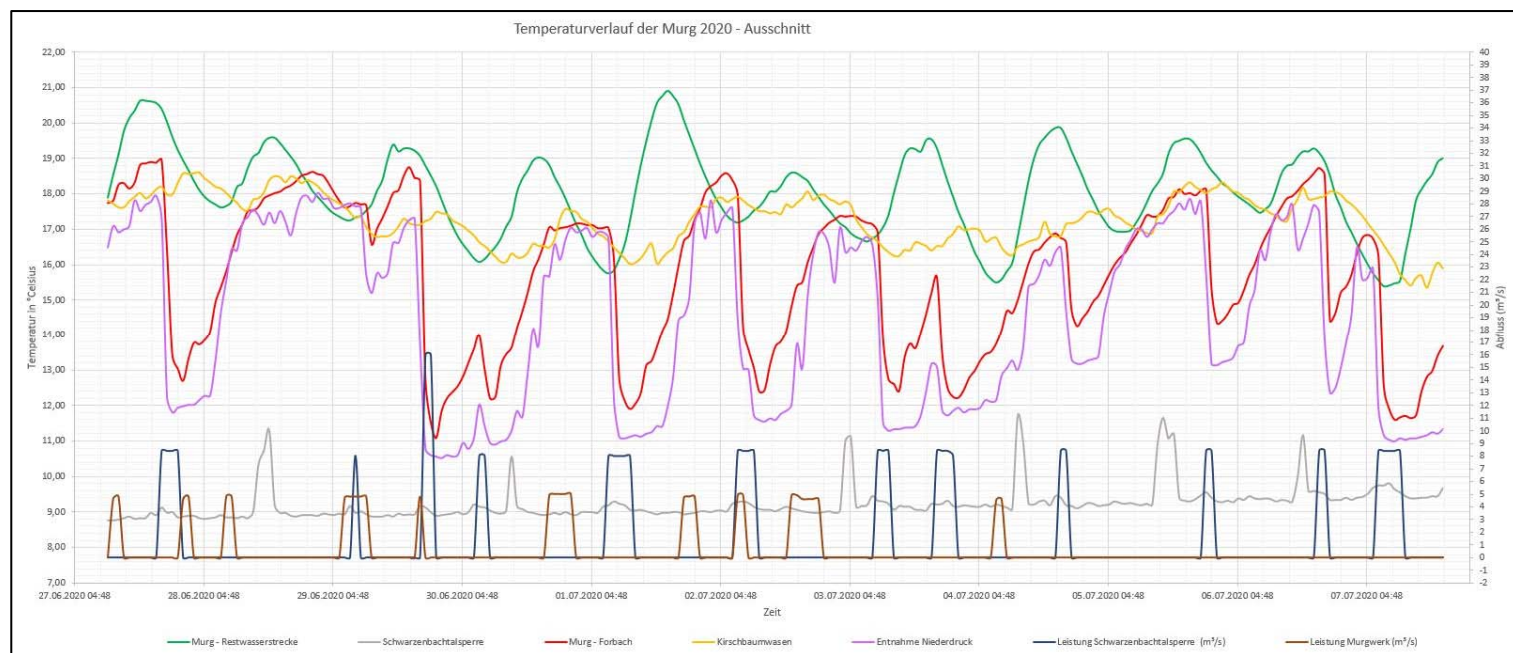


Abbildung 4: Temperaturmonitoring Murg, pessimaler Ausschnitt des sommerlichen Zeitraums 27.06.-07.07.2020. Neben den durch IUS gewonnenen Daten werden auch noch Messergebnisse der EnBW, die in der freifließenden Murg oberhalb Kirschbaumwasen gewonnen wurden, verwendet. Da dort nur zweimal täglich aufgezeichnet wurde (12 und 24 Uhr), wurden auch die IUS Daten entsprechend angepasst.

Auf der Grundlage von Abbildung 4 und Anhang 2 lassen sich die folgenden Aussagen treffen:

- Die regelmäßigen Einleitungen von kaltem Wasser aus der Schwarzenbachtalsperre führt über den Gesamtzeitraum zu einer durchschnittlichen Abkühlung der Murg zwischen der freifließenden Strecke oberhalb KBW und dem Abfluss in Forbach von ca. 0,7°C. (Tabelle 1). Dabei steigt die mittlere Abkühlung mit zunehmender natürlicher Erwärmung im Frühjahr kontinuierlich an.
- Im Stau Kirschbaumwasen und in der Restwasserstrecke erwärmt sich der Abfluss in vergleichbarer Dimension.
- Im Ausgleichbecken kommt es durch die Einleitung aus der Talsperre zur Abkühlung der Murg.
- Die daraus resultierenden Temperaturschwankungen sind etwa 2-3 mal so hoch wie die normalen Tag-Nachtschwankungen.

In der Tabelle 1 erfolgt auf der Grundlage der gewonnen Temperaturdaten eine Mittelwertbildung der Temperaturveränderungen räumlich (in Fließrichtung der Murg folgend) und zeitlich (Probezeitraum unterteilt in drei Abschnitte).

Tabelle 1: Mittlere Erwärmung der Murg zwischen den einzelnen Messtellen sowie Angabe der jeweiligen Differenzen in °C.

		Frühling		Frühsommer		Sommer		Gesamt	
Probestelle		07.04. - 10.05.2020		11.05. - 12.06.2020		13.06 - 17.07.2020		07.04. - 17.07.2020	
		Mittelwert	Δ	Mittelwert	Δ	Mittelwert	Δ	Mittelwert	Δ
1	Murg oberhalb KBW	10,29		12,2		15,62		12,67	
	Δ zwischen 1 und 2		0,55		0,64		0,64		0,54
2	Auslauf Stau Kirschbaumwasen	10,84		12,84		16,26		13,21	
	Δ zwischen 2 und 3		0,53		0,41		0,81		0,7
3	Restwasserstrecke (Heppenau-Hütte)	11,37		13,25		17,07		13,91	
	Δ zwischen 3 und 4		-0,86		-4,43		-3,74		-2,9
4	Ausgleichsbecken vor NDW	10,51		8,82		13,33		11,03	
	Δ zwischen 4 und 5		-0,71		2,8		1,17		0,93
5	Murg unterhalb Wehr Forbach	9,8		11,62		14,5		11,96	
	Δ zwischen 1 und 5		-0,49		-0,58		-1,12		-0,7

Seit Frühjahr 2021 wird ein erneutes Temperatur-Monitoring zur weitergehenden Erfassung des Status Quo durchgeführt (siehe Abschnitt 8).

3 Prognose zukünftiger Betrieb

Das Volumen des Ausgleichsbeckens verdoppelt sich durch die geplante Kaverne von ca. 200.000 auf ca. 400.000 m³. Theoretisch wäre im zukünftigen Betrieb eine tägliche Wälzung von 400.000 m³ möglich, also einer kompletten Entleerung und Wiederbefüllung des für den Pumpspeicherbetrieb begrenzenden Unterbeckens (Ausgleichsbecken und Kavernenwasserspeicher). Hierfür wären täglich ca. 9 Pumpstunden und ca. 8 Turbinierstunden notwendig. Diese Annahme bildet ein Maximalszenario ab und wird vermutlich in der Realität nur selten erreicht. Die Turbiniergeschwindigkeit (Schluckvermögen) verändert sich dabei nicht.

Der die Restwassermenge für die Murg von 1,6 m³/s übersteigende Murgabfluss in Kirschbaumwasen wird über das Murgwerk abgearbeitet und fließt zukünftig direkt ins Ausgleichsbecken. Das Hochpumpen in die Schwarzenbachtalsperre entfällt. Der gesamte Murgabfluss in Kirschbaumwasen wird zukünftig direkt in das Ausgleichsbecken geleitet und dort eine temperatenausgleichende Wirkung entfalten.

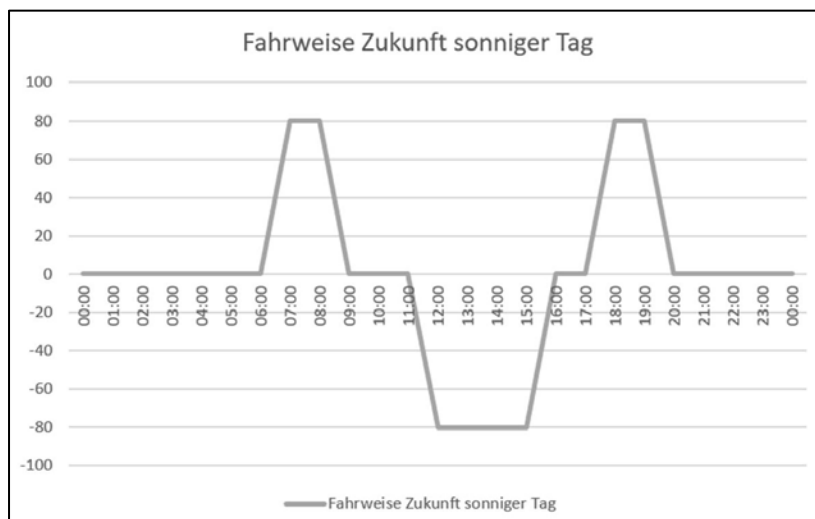
Eine immer mehr regenerativ geprägte Welt wird zusehends bestimmt durch eine größere Volatilität beim Ausgleich von Erzeugung und Bedarf. Dieser Effekt wird sich in der Zukunft durch den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien Wind und Photovoltaik weiter verstärken. In der Folge werden sich für Tagesspeicheranlagen wie in Forbach geplant entsprechende Nutzungsszenarien ergeben. Pump- und Turbinierzyklen werden in kürzerer Abfolge auftreten. Wie genau gefahren werden kann, hängt von vielen Faktoren ab und kann

nur schwer vorhergesagt werden. Allein die unterschiedlichen Sonnen- und Windjahre haben hierauf einen großen Einfluss.

Vereinfacht lassen sich für die Zukunft vier Szenarien unterscheiden:

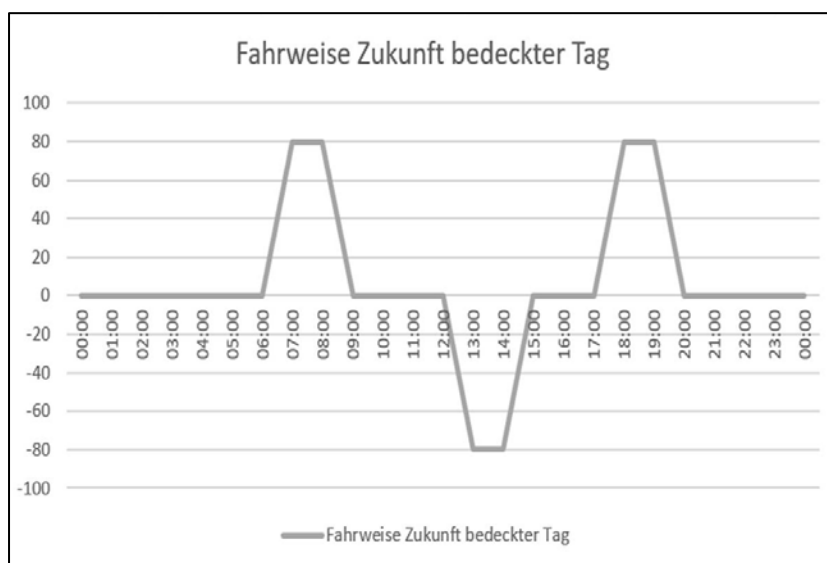
Sonniger Tag

Ein typischer Tag in der Sommerjahreshälfte ist geprägt von großer solarer Erzeugung. Hier wird zukünftig insbesondere in den Mittagsstunden gepumpt, da zu viel Strom im Netz vorhanden sein wird. Hierbei kann man davon ausgehen, dass der Pumpvorgang lediglich zwischen 3-5 Stunden betragen wird. Morgens und abends sind dann kürzere Turbinierzeiten zur Stromgewinnung von ca. 2-3 Stunden denkbar.



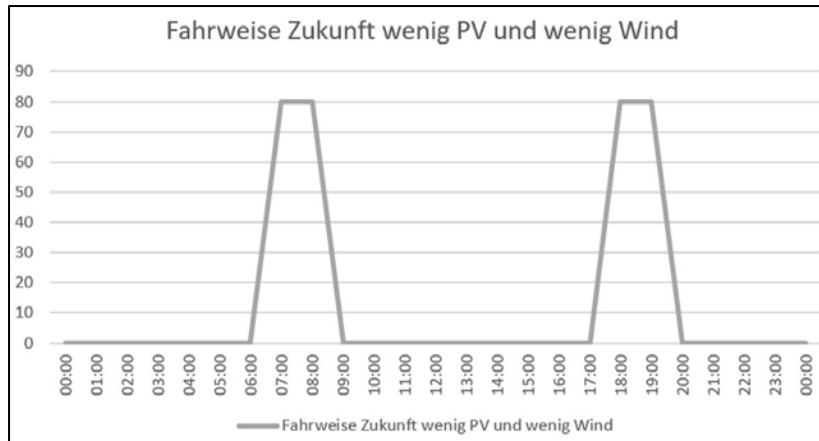
Bedeckter Tag

Hier sind die solaren Gewinne nicht so hoch und verkürzen deswegen die Pumpzeit tagsüber auf nur 1-3 Stunden. Die Turbinierzeiten bleiben gleich.



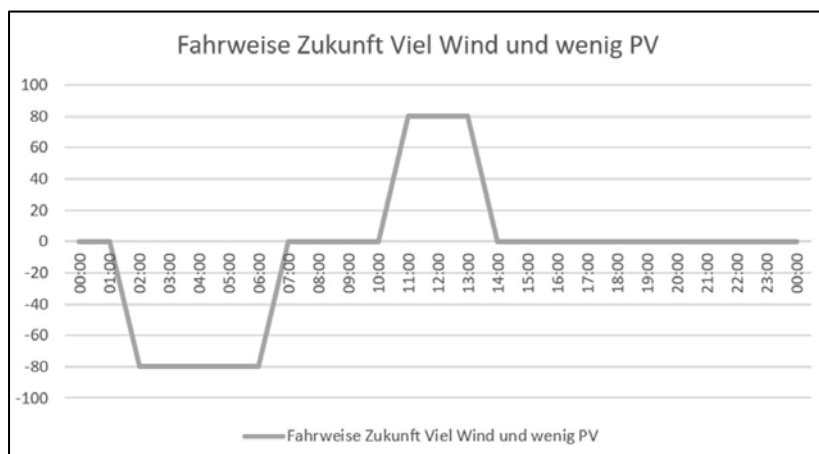
Wenig PV und wenig Wind

Ein sogenannter „Dunkelflautetag“ im Winter. Für das Pumpen fehlt die Erzeugung aus den Erneuerbaren Energien. Turbinieren muss trotzdem, abhängig vom Wasserdargebot (Wasserstand in der Schwarzenbachtalsperre).



Viel Wind und wenig PV

Hiermit sind Starkwindphasen gemeint, die sowohl tags als auch nachts entsprechend hohe Einspeisung aus Wind bringen. Aus diesem Grunde verlängerte Pumpzeiten (bis zu den vollen 9 Pumpstunden oder 400.000 m³) in der Nacht und in den Spitzenzeiten der Last in den Mittagsstunden wird turbinieren (4-8 Stunden).



Eine Aussage zur Wahrscheinlichkeit der Verteilung der entsprechenden Ereignisse im Jahresverlauf ist nur in Form einer groben Erwartungshaltung wie folgt möglich:

- 40% sonniger Tag
- 35% bedeckter Tag
- 10% wenig PV und wenig Wind
- 15% Viel Wind und wenig PV

4 Prognose Temperatur Murg

Stark vereinfacht ist die Murg ab Forbach und die Schwarzenbachtalsperre mit ihren Zuflüssen in Bezug auf die Temperatur als ein geschlossenes System zu betrachten. Das in der Talsperre zwischengelagerte Volumen der Zuflüsse würde ohne die Talsperre direkt in die Murg abfließen und dort im Sommer eine entsprechende Abkühlung bewirken. Die Speicherung und der periodische Turbinenbetrieb zerlegt diese Abkühlung in einzelne Schritte, ohne dass es in der Gesamtjahresbilanz zu einer signifikanten Abkühlung im Vergleich zu historischen Zeiten kommt. Daran ändert auch die zukünftige Pendelwassermenge, unabhängig von ihrer Einsatzhäufigkeit und Dauer, nichts Grundlegendes. In der Summe geht keine Wärme verloren und es wird auch nichts erwärmt. Insoweit hat gerade ein häufiger Pendelbetrieb letztlich eine temperatenausgleichende Wirkung. Im Grunde werden die der Murg über 24 h fehlenden Zuflüsse der Talsperre (und deren Temperatúrauswirkung) durch einen maximal 7-stündigen Zufluss kompensiert.

Lediglich die Speicherung von kaltem Wasser aus dem Winterhalbjahr und die schrittweise Zugabe dieses Wassers im Sommerhalbjahr führen zu einer Absenkung der sommerlichen Wassertemperatur in der Murg, die über die ursprünglich historische Situation hinausgehen kann. Diese Absenkung ist jedoch kleiner als die von IUS in 2020 gemessene Abkühlung, weil die Zuflüsse der Schwarzenbachtalsperre entgegen der historischen Situation die Murg heute nicht mehr direkt erreichen.

An der Wasserführung vom Ausgleichsbecken in die Murg wird sich in der künftigen Betriebsweise nichts ändern. Hierzu gibt es klare Pflichten, die innerhalb der Bestandsgenehmigungen geregelt sind.

Weiterhin haben die Stauhaltung Kirschbaumwasen und in geringerem Umfang das Ausgleichsbecken Forbach eine ausgleichende Wirkung in Bezug auf den Temperaturtagesgang und es ist davon auszugehen, dass die Murg aufgrund der heute häufig fehlenden Uferbeschattung und des Wärmeeintrags aus Industrie und Kommune eine höhere mittlere Wassertemperatur aufweist, als zu historischen Zeiten. Bezüglich der zukünftigen Entwicklung sind folgende Aussagen realistisch:

- **Bei gleichbleibendem Schluckvermögen erhöht sich die Abkühlgeschwindigkeit nicht. Die Anzahl der Abkühlereignisse kann sich erhöhen.**
- **Abhängig von der Betriebsweise macht sich durch das vergrößerte Ausgleichsbecken eine verstärkte temperatenausgleichende Wirkung bemerkbar. Dies ist dann zu erwarten, wenn das Ausgleichsbecken bei Beginn des Turbinierbetriebs noch teilweise gefüllt ist. Die Auswirkung ist abhängig vom Betriebsregime und nicht verlässlich prognostizierbar, aber ein teilgefülltes Ausgleichsbecken wird voraussichtlich häufiger erreicht werden, als im Status quo.**
- **Die zukünftige direkte Ableitung des kompletten Murgabflusses in das Ausgleichsbecken wird ebenfalls eine temperatenausgleichende Wirkung haben.**
- **Die Abkühlphasen in der Murg werden sich entsprechend der verdoppelten Turbinierzeit verlängern, woraus eine weitere mittlere Temperaturabsenkung gegenüber dem Status Quo resultieren wird. Die größere Pendelwassermenge hat aber auch eine partielle Temperaturerhöhung in der Talsperre zur Folge. Entsprechend prognostiziert das Temperaturmodell von BOOS (2021) eine Erwärmung des Tiefenwassers in der Talsperre.**

5 Prognostizierte Auswirkung auf die Fischbesiedlung der Murg

Die Murg kann unterhalb Baiersbronn der Bachforellenregion und ab Schwarzenberg der Äschenregion zugeordnet werden. Ab Forbach zeigt sich findet sich gegenwärtig ein Elritzen-Schmerlengeprägter Mischtyp und ab Langenbrand ein cyprinidengeprägter Mischtyp, der ab Gaggenau in die Barbenregion übergeht. Der letzte Abschnitt bis zur Mündung kann dann als erneuter Übergangsbereich von der Barben- in die Brachsenregion charakterisiert werden (HARTMANN 2019, BÜRO FÜR GEWÄSSERÖKOLOGIE 2015, 2017, eigene Auswertung siehe Tabelle 2).

Das Artenspektrum vergrößert sich entlang des Gewässerkontinuums kontinuierlich, wobei hinsichtlich der Wasserqualität anspruchsvollere Arten des Epi – und Metarhithals bis zur Mündung in den Rhein in geringer Abundanz anzutreffen sind. Die nicht aus Besatz rekrutierten Fernwanderer Fluß- und Meerneunauge gelangen gegenwärtig bis Oberndorf und zeigen eine entsprechende Längsdurchgängigkeit von unten nach oben an. An vielen Querbauwerken finden derzeit bauliche Veränderungen statt; die beiden spektakulärsten Vorhaben finden sich in Forbach und Kirschbaumwasen, wo die Stauanlagen jeweils mit Hilfe eine Kombination aus Vertical-Slot-Pass und Hydrofischlift durchgängig gemacht werden. Daraus ergibt sich kurz- bis mittelfristig eine Verbesserung der Aufstiegsmöglichkeiten, die auch zu einer positiven Entwicklung der Fischartengemeinschaften führen müsste.

Entlang des Verlaufs wird das Wasser wärmer und nährstoffreicher und die Dichte der Nahrungstiere sowie die Artenanzahl und Individuendichte der Fische nimmt zu (Tabelle 2).

Tabelle 2: Verteilung der Fischarten im Längsverlauf der Murg von Baiersbronn nach Rastatt, auf Grundlage von Fangergebnissen des Landes Baden-Württemberg (FFS 2021) aus den Jahren 2011 bis 2020 (90 Datensätze).

	Arten	Baiersbronn	Klosterreichenbach	Röt	Huzenbach	Schwarzenberg	Forbach	Langenbrand/Wolfsheck	Weisenbach	Obertsrot	Gernsbach	Hörden	Gaggenau	Rotenfels	Obern-dorf	Bischweier	Rastatt
Epi- und Metarhital	Bachforelle	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Groppe	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Bachneunauge		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hyporhital	Äsche		x	x		x			x	x	x	x	x	x	x	x	
	Elritze							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Schmerle					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Döbel						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Schneider											x		x	x	x	x
	Nase									x				x	x	x	x
	Lachs					x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Hasel									x		x	x	x	x	x	x
Epipotamal	Barbe								x	x				x	x	x	x
	Gründling						x		x	x	x	x	x		x	x	x
	Quappe														x	x	x
	Bitterling																x
	Rapfen														x	x	x
	Flußneunauge														x	x	x
	Meerneunauge															x	x
	Aland														x		x
Metapotamal	Brachsen																x
	Rotauge						x							x	x	x	x
	Rotfeder															x	
	Flussbarsch													x	x		x
	Schleie															x	x
	Aal													x	x	x	x
	Hecht															x	x
	Steinbeißer														x		x
	Stichling													x	x	x	x
	Schwarzmundgr.													x	x		x
	Marmorgrundel																x

Die geringe mittlere Abkühlung der Murg aus Tabelle 2 (-0,7°C) wird für die Fischartengemeinschaft der Murg als vernachlässigbar angesehen. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass die natürliche Wassertemperatur der Murg aufgrund der historisch geschlossenen Uferbewaldung und der fehlenden Abwärmeeinleitungen deutlich unter der aktuellen Temperatur lag. Dies ist auch für jene Teile des Jahres zu erwarten, über die zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Vergleichsdaten vorliegen und gilt somit auch für die Laichzeit von Bachforelle und Atlantischem Lachs. Aus den Loggerdaten geht hervor, dass sich der Abkühlungseffekt mit zunehmender Erwärmung der Luft erhöht und insoweit im Winter die kleinsten Differenzen im Jahresverlauf zu erwarten sind.

Da vor 2019 noch keine Restwasserregelung für Kirschbaumwasen (1,6 m³/s) getroffen war, ist davon auszugehen, dass sich mögliche Abkühlungseffekte mittlerweile reduziert haben. Die spätere direkte Abarbeitung des Murgabflusses > 1,6 m³/s über das Murgwerk wird diesen Effekt weiter verstärken. Letztlich wird im zukünftigen Betrieb der gesamte in Kirschbaumwasen ankommende Murgzufluss ins Ausgleichsbecken geleitet und dort eine temperatenausgleichende Wirkung erzielen. Dieser Effekt sollte sich entsprechend auch im Abfluss des Niederdruckwerks bemerkbar machen.

Tabelle 3: Laichzeit und -temperatur ausgewählter Fischarten der Murg (LFU BW 2005) sowie Mittelwerte der Wassertemperatur aus der Messkampagne 2020

Art	Zuordnung (DUSSLING 2006)	Laichzeit	Laich- temperatur	Monitoring Wassertemperatur 2020		
				07.04. - 10.05.2020	11.05. - 12.06.2020	13.06 - 17.07.2020
Barbe	Leitart	Mai-Juli	8-16	9,8	11,62	14,5
Döbel	Leitart	April-Juni	11-16			
Elritze	Begleitart	April-Aug.	11-15			
Hasel	Leitart	März-Mai	7-12			
Lachs	Begleitart	Nov-Febr.	0-12			
Nase	Leitart	März-Mai	8-16			

Der Abgleich der Ansprüche der Fische mit den gemittelten Messdaten aus 2020 (Tabelle 1) belegt, dass die für das Ablaichen und die Jungfischentwicklung angegebenen Literaturangaben grundsätzlich eingehalten werden können. Eine zeitliche Beeinflussung der Laichzeit ist demnach nicht zu erwarten.

Als mögliche Beeinträchtigung verbleibt jedoch die Wirkung der Absenkepeaks, da diese über das Ausmaß normaler Tag-Nachtschwankung hinausgehen. Der aktuelle Wissenstand zur Wirkung von raschen Abkühlungsvorgängen ist derzeit gering. Aus Vorsorgegründen muss diesem Aspekt dennoch Rechnung getragen werden, um entsprechende Restunsicherheiten ausräumen zu können.

Bei den unterhalb Forbach vorkommenden Arten der mittleren Murg handelt es sich um Kies- und Kieslückenlaicher. Deren Laich ist in unterschiedlichem Umfang mit Kies überdeckt, was die Temperaturänderungen zumindest für den Laich und frisch geschlüpfte Larven abpuffern könnte. Mit dem Freischwimmen suchen die frühen Larven in den flachen Wasserpässen Zuflucht. Genau in den Bereichen aber hat die Lufttemperatur eine große Ausgleichswirkung auf den Temperaturhaushalt des Wassers und puffert plötzliche Absenkungen der Wassertemperatur in gewissem Umfang ab.

Aufgrund des reproduzierenden Vorkommens von Schmerlenartigen und Cypriniden im Abschnitt unterhalb Forbach wird die potentielle Auswirkung der Absenkepeaks auf Fische vorläufig als nicht erheblich eingestuft.

Durch die Sicherung der Mindestwasserregelung für die Murg zwischen Kirschbaumwasen und Forbach und die Wiederherstellung der Längsdurchgängigkeit für Fische durch die beiden Fischlifte werden deutlich positive Auswirkungen auf die Fischlebensgemeinschaft der Murg erwartet.

Die dennoch verbleibenden Restunsicherheiten bezüglich der Auswirkungen des Turbinenbetriebs im Bestand und im zukünftigen Betrieb sollen durch ein geeignetes Monitoring überprüft werden.

6 Prognostizierte Auswirkung auf das Makrozoobenthon der Murg

Im aktuellen Entwurf des Bewirtschaftungsplans zur WRRL für die Murg (2020) wird der Zustand des Makrozoobenthons (MZB) mit „Gut“ bewertet. Erhebliche quantitative oder qualitative Defizite des MZB sind insoweit nicht zu erwarten.

Das BÜRO FÜR GEWÄSSERÖKOLOGIE (2015, 2017) hat für die Murg bis Forbach und die Murg ab Forbach jeweils eine Bewertung nach EG-WRRL für das MZB. In beiden Gutachten wurde zudem die jeweilige fischereiliche Ertragsfähigkeit der Murg ermittelt.

In diesen Gutachten wird das MZB der Murg oberhalb und unterhalb Forbach als „sehr artenreich“ mit einem „hohen bis sehr hohen Anteil gewässertypspezifischer MZB-Arten“ eingestuft. Die bezüglich der Wasserqualität anspruchsvollen Gruppen der Eintags- und Steinfliegen konnten in „sehr großer Artenzahl“ nachgewiesen werden. Folgerichtig wird das MZB nahezu durchgängig mit gut oder besser bewertet. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Temperaturschwankungen der Vergangenheit unerheblich waren, weil ansonsten ein entsprechender Artenfehlbetrag zu beobachten sein müsste.

Von der Quelle bis zur Mündung nimmt die Toleranz des MZB gegenüber Temperaturschwankungen zu. Dies betrifft in erster Linie die Toleranz gegenüber zusätzlicher Erwärmung. Inwieweit das MZB auf kurzfristige Erwärmung oder Abkühlung reagiert, ist hingegen unbekannt.

Ein signifikanter Rückgang der MZB-Abundanz in der Probestelle Forbach ist ebenfalls nicht erkennbar. Vielmehr bewegt sich die Dichte im Bereich der oberhalb Kirschbaumwasen ermittelten Werte. Da vor 2019 noch keine Restwasserregelung für Kirschbaumwasen (1,6 m³/s) getroffen war, ist zudem davon auszugehen, dass sich mögliche Beeinträchtigungen mittlerweile weiter reduziert haben. Die zukünftige direkte Abarbeitung des Murgabflusses > 1,6 m³/s mit Einleitung in das Ausgleichsbecken wird diesen Effekt weiter verstärken. Letztlich wird im zukünftigen Betrieb der gesamte in Kirschbaumwasen ankommende Murgabfluss in das Ausgleichsbecken weitergeleitet und dort eine temperatenausgleichende Wirkung erzielen. Dieser Effekt sollte sich folgerichtig auch im Abfluss des Niederdruckwerks bemerkbar machen.

Tabelle 4: Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Gutachten des Büros für Gewässerökologie, (2015, 2017).

Probestellen in Fließrichtung	Ökologische Zustandsklasse (Mittelwert aus 3 Proben)	Frischgewichte der Nährtiere (g/m ²)	fischereiliche Ertragsfähig- keit (kg/ha/a)
oh. Röt	1,66	23,69	46,3
oh. Hutzenbach	1,66	15,87	37,6
uh. Hutzenbach	1,66	22,71	42,3
Schönmünzach	2	21,45	37
Forbach	2	19,13	65,4
uh Langenbrand	1,66	20,41	30,3
uh. Gernsbach	2	22,58	22
bei Oberndorf	2,66	30,92	54,7

Die fischereiliche Ertragsfähigkeit wurde hingegen als defizitär eingestuft. Die Ertragsfähigkeit nach Aquarius (ZAUGG & PEDROLI 1995, VUILLE 1997) errechnet sich auf der Grundlage der Faktoren

- Temperatur
- Raum (ökomorphologische Gewässerbewertung nach WERTH (1987))
- Abfluss (Restwasser)
- Fischereibiologische Zonierung
- Bonität (Nährtierbestand)

Die Unterschiede im mittleren Abschnitt der Murg sind in Bezug auf die Temperatur und die Bonität (Dichte der Nährtiere) sehr gering und im erwartbaren Bereich. Die Defizite in der Ertragseinschätzung ergeben sich aus den Faktoren Raum und Abfluss. Insbesondere auf die teilweise erheblichen Defizite in der Gewässermorphologie verweisen die Bearbeiter an mehreren Stellen. Es ist insoweit nicht das Futterangebot und damit die Abundanz der Fischnährtiere für die geringe Ertragsfähigkeit verantwortlich, sondern die vorhandenen gewässermorphologischen Defizite und die Störungen im Abflussverhalten (Ausleitungsstrecken). Für die Ausleitung Kirschbaumwassers ist zu erwarten, dass sich aufgrund der seit 2019 gültigen Restwasserregelung die MZB-Dichte in der Ausleitungsstrecke signifikant erhöht hat, was auch Auswirkungen auf die Abundanzen des MZB in der Murg unterhalb Forbach haben kann.

Das MZB der Murg wird aktuell als „sehr artenreich“ mit einem „hohen bis sehr hohen Anteil gewässertypspezifischer MZB-Arten“ eingestuft. Die bezüglich der Wasserqualität anspruchsvollen Gruppen der Eintags- und Steinfliegen konnten in „sehr großer Artenzahl“ nachgewiesen werden. Die Murg weist keine Artenfehlbetrag in Bezug auf das MZB aus (BÜRO FÜR GEWÄSSERÖKOLOGIE (2015, 2017)).

Die ermittelten Frisch-gewichte der Fischnährtiere in den untersuchten Abschnitten der Murg betrugen zwischen 19 und 31 g/m² und sind nach ZAUGG & PEDROLI (1995) im unteren Bereich der mittel-produktiven Gewässern anzusiedeln. In Kombination mit der Gewässergüteklasse im Bereich der Güteklassen I bis I-II, entspricht dies der zu erwartenden Biomassedichte.

HARTMANN (2019) und BÜRO FÜR GEWÄSSERÖKOLOGIE (2015, 2017) begründen die relativ geringe fischereiliche Ertragsfähigkeit der Murg mit Defiziten bei der Gewässerstrukturgüte und dem Abflussverhalten. Zudem hat die fortschreitende

Reduzierung der Eutrophierung seit den 80er Jahren auch an der Murg zu einer Reduzierung der fischereilichen Ertragsfähigkeit geführt.

Mögliche zusätzliche Temperaturbelastungen erreichen mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht die Bedeutung der gegenwärtig bereits bestehenden Belastungen, eine daraus resultierende Verschlechterung der MZB-Lebensgemeinschaft ist nicht zu erwarten.

Die dennoch verbleibenden Restunsicherheiten bezüglich der Auswirkungen des Turbinenbetriebs im Bestand und im zukünftigen Betrieb sollen durch ein geeignetes Monitoring überprüft werden.

7 Grundsätzliche Untersuchung alternativer technischer Lösungen

Parallel zur Untersuchung und Bewertung von IUS und damit vor Bekanntgabe der Ergebnisse wurden bereits technische Möglichkeiten untersucht, die den Temperatureinfluss auf die Murg minimieren sollen.

Als technische Möglichkeit wurde die Abtrennung des PSW-Betriebes vom Ausgleichsbecken Murg untersucht, um eine Beeinflussung grundsätzlich auszuschließen. Weitere Überlegungen zur Temperaturbeeinflussung wie beispielsweise eine höhenvariable Entnahme von Wasser aus der Schwarzenbachtalsperre wurden aufgrund unüberwindbarer technischer Hindernisse wieder verworfen.

Technisch kann die Abtrennung theoretisch in Form eines Rohr-in-Rohr-Systems erfolgen, d.h. die Unterwasserableitung ins Ausgleichsbecken erfolgt in einem Rohr, das im Hauptstollen des Kavernenwasserspeichers verlegt wird. Siehe hierzu die in der Anlage beigefügten Unterlagen. Aus folgenden Gründen ist diese Lösung aus Sicht der EnBW nicht realisierbar:

- Unverändert muss gemäß geltenden Wasserrechten Wasser aus der Schwarzenbachtalsperre der Murg zugeführt werden. Diese Regelung gilt im Bestand und wird in der Zukunft nicht geändert. Eine dauerhafte Absperrung des SBTS-Wassers und damit der Temperaturbeeinflussung der Murg durch das Wasser der Talsperre ist somit nicht möglich.
- Die technische Lösung mittels Rohr-in-Rohr verursacht erhebliche Investitionen.. Darüber hinaus mindert das Rohr-in-Rohr-System den Wirkungsgrad und damit dauerhaft die erneuerbare Erzeugung der Anlage.

8 Monitoring

Zur Reduzierung von Restunsicherheiten und aus Gründen der Beweissicherung soll ab Frühjahr 2021 sowie 2 Jahre nach Inbetriebnahme ein ökologisches Monitoring durchgeführt werden.

Bestandsaufnahmen und temperaturorientierte Auswertungen der Wassertemperatur, der Fische und des Makrozoobenthons vor und nach Durchführung des Planvorhabens ermöglichen dabei die objektive Überprüfung der getätigten Aussagen.

Die Fischereibehörde des RP Karlsruhe und das IUS haben zu diesem Monitoring einen gemeinsamen Vorschlag erarbeitet.

Ziel ist es, den Status Quo der Auswirkungen des gegenwärtigen Betriebs mit den Auswirkungen nach Umsetzung des Neubauprojektes vergleichend bewerten zu können.

Temperatur

Die Status Quo-Erfassung der Temperatur 2021 hat mittlerweile begonnen und wird über insgesamt 18 Monate durchgeführt werden. In dieser Zeit wird die Temperatur an 10 verschiedenen Stellen durch Logger erfasst (bis ca. 9 km flussabwärts der Einleitung; Fließdauer ca. 5 Stunden). An jeder Messtelle wird ein Logger in der fließenden Welle und ein weiterer Logger mit ca. 10 cm Kiesüberdeckung ausgebracht. Die Verlängerung auf 18 Monate trägt dem Umstand Rechnung, dass in 2021 kein echter Sommer mit lang anhaltender Wärmephase und geringen Abflüssen zu verzeichnen war.

Das Temperaturmonitoring im zukünftigen Pumpspeicherbetrieb soll nach Beginn des Regelbetriebs ebenfalls über 12 Monate an den gleichen Lokalitäten durchgeführt werden.

1. Vollwasserstrecke o.h. KBW (Referenz 1)
2. Ausleitungsstrecke unmittelbar vor Einlauf in Ausgleichsbecken (Referenz 2)
3. Auslauf Kraftwerksbetrieb in Ausgleichsbecken (Impact)
4. Abgabe Niederdruckwehr (Kanal) = Maximaleinfluss (Einfluss 1)
5. Vollwasserstrecke Forbach u.h. historischer Brücke (Einfluss 2)
6. Ausleitungsstrecke Breitwies, Langenbrand (Einfluss 3)
7. Ausleitungsstrecke Schlechttau, Breitwies (Einfluss 4)
8. Ausleitungsstrecke Erlenmühle, Weisenbach (Einfluss 5)
9. Murgabwärts Auslauf Fa. Smurfit Kappa Baden-Karton, Hilpertsau (Einfluss 6)
10. Murgabwärts Auslauf Fa. M&M, Obertsrot (Einfluss 7)

Makrozoobenthon

Das Makrozoobenthon wird an sechs Probestellen beprobt. Neben der Bewertung nach WRRL soll die Grundlage der aktuellen fischereilichen Ertragsfähigkeit der Murg ermittelt werden (Quantitative Erhebung und Bewertung nach Aquarius). Die Probestellen sind wie folgt lokalisiert.

1. Murg oberhalb Schön Münzsch (Vollwasser) = Referenz 1
2. Murg unterhalb Schön Münzsch (Vollwasser) = Referenz 2

3. Murg in Forbach (Vollwasser)
4. Murg bei Wolfsheck (Ausleitung)
5. Murg bei Breitwies (Ausleitung)
6. Murg bei Weisenbach (Ausleitung)

Die morphologische Vergleichbarkeit der Probestellen wird durch eine einmalige Erfassung und Dokumentation der morphologischen Mesostrukturen gewährleistet.

Unter Berücksichtigung möglicher Anpassungsprozesse der Organismen an den zukünftigen Betrieb sollten die biologischen Untersuchungen frühestens zwei Jahre nach Beginn des Regelbetriebs des PSW durchgeführt werden.

Fische

Die Fische werden an den gleichen sechs Probestellen beprobt. Neben dem Artenspektrum inkl. der separaten Ausweisung der Jungfische (0+) wird mit Hilfe von Gewicht und Länge der Korpulenzfaktor (Ernährungszustand) ausgewählter Fischarten (vor allem Bachforelle und Döbel) ermittelt.

Zusätzlich soll an allen Probestellen eine Exposition von Salmonideneiern (Lachs oder Bachforelle) ins Kieslückensystem erfolgen, um die Entwicklung der sehr frühen und damit besonders empfindlichen Entwicklungsstadien der Salmoniden zu dokumentieren.

Da die Längsdurchgängigkeit der Murg noch nicht wieder hergestellt ist, erfolgt vor Durchführung des Monitorings eine zweimalige Besatzaktion mit Schneidern (*Alburnoides bipunctatus*) aus dem Unterlauf der Murg in einen geeigneten Abschnitt oberhalb Kirschbaumwasen und unterhalb Forbach. Der Schneider wird in diesem Zusammenhang als Modellorganismus verstanden. Er steht stellvertretend für die Cypriniden des Cyprinidengeprägten Mischtyps unterhalb Forbach und gehört bereits weit oberhalb Kirschbaumwasen zu den Referenzarten der Murg. Durch die Degradation und Gewässerbelastung der Vergangenheit war die Art in der Murg ausgestorben und wurde vor einigen Jahren in der unteren Murg erneut angesiedelt. Diese Ansiedlung war erfolgreich, so dass aus der neu begründeten Population Tiere entnommen und in die Obere Murg verbracht werden können. Durch diese Umsiedlung wird einerseits ein Beitrag zur Wiederherstellung der Referenzzönose geleistet. Darüber hinaus wird aber in den Monitoringsstrecken eine geeignete Fischart mit mittleren Ansprüchen an die Temperatur angesiedelt, mit deren Hilfe überprüft werden kann, inwieweit sich auch anspruchsvollere Cypriniden wieder in der Murg fortpflanzen und als Population etablieren können.

Unter Berücksichtigung möglicher Anpassungsprozesse der Organismen an den zukünftigen Betrieb sollten die biologischen Untersuchungen frühestens zwei Jahre nach Beginn des Regelbetriebs des PSW durchgeführt werden.

9 Auswertung und Ausblick

Das erste, vor Änderung des Abflussregimes durchzuführende Monitoring von Temperatur, Fischen und Makrozoobenthon dient der Aufnahme der Ausgangssituation. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die bestehende Artengemeinschaft alle Belastungen der Vergangenheit und Gegenwart widerspiegelt.

Erst mit dem zweiten Monitoringdurchgang werden ggf. Veränderungen sichtbar werden. Diese bedürfen jedoch zwingend einer gutachterlichen Auswertung und Interpretation, die geeignet ist, mögliche kausale Begründungen für die Veränderungen aufzudecken. Fische reagieren schnell auf morphologische Veränderungen des Lebensraumes und/oder der hydraulischen oder limnochemischen Rahmenbedingungen. Dabei bildet ihre Reaktion stets die Summe aller Veränderungen ab. Diese können unterschiedliche Wirkungen haben und sich gegenseitig verstärken, abschwächen oder ganz/teilweise aufheben.

Sollte sich im Ergebnis eine Verschlechterung der Situation der Fischfauna in qualitativer oder quantitativer Hinsicht ergeben, die auf den veränderten PSW-Betrieb zurückzuführen ist, können diese durch geeignete Kompensationsmaßnahmen ausgeglichen werden. Vorrangig in Frage kommen hierfür gewässerstrukturverbessernde Maßnahmen, Beiträge zur Wiederherstellung der Längsdurchgängigkeit oder Fischbesatz.

Zur vorläufigen Stützung der bereits derzeit als defizitär eingestuften Fischartengemeinschaft wird vorgeschlagen, dass der Antragsteller der Fischereibehörde einen jährlichen Beitrag in Höhe von 10.000 € zur Verfügung stellt.

Diese Mittel sollen zweckgebunden dazu verwendet werden, die Fischbestände der Murg zu fördern. Die Mittel sollten ab Plangenehmigung bis zur Vorlage des abschließenden Monitoringberichtes gezahlt werden.

DUßLING, U. (2005): Fischfaunistische Referenzen für die Fließgewässerbewertung nach WRRL in Baden-Württemberg. - Abschlussbericht im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz, Institut für Seenforschung, Langenargen.
<https://repository.publisso.de/resource/fri:2993722-1/data>

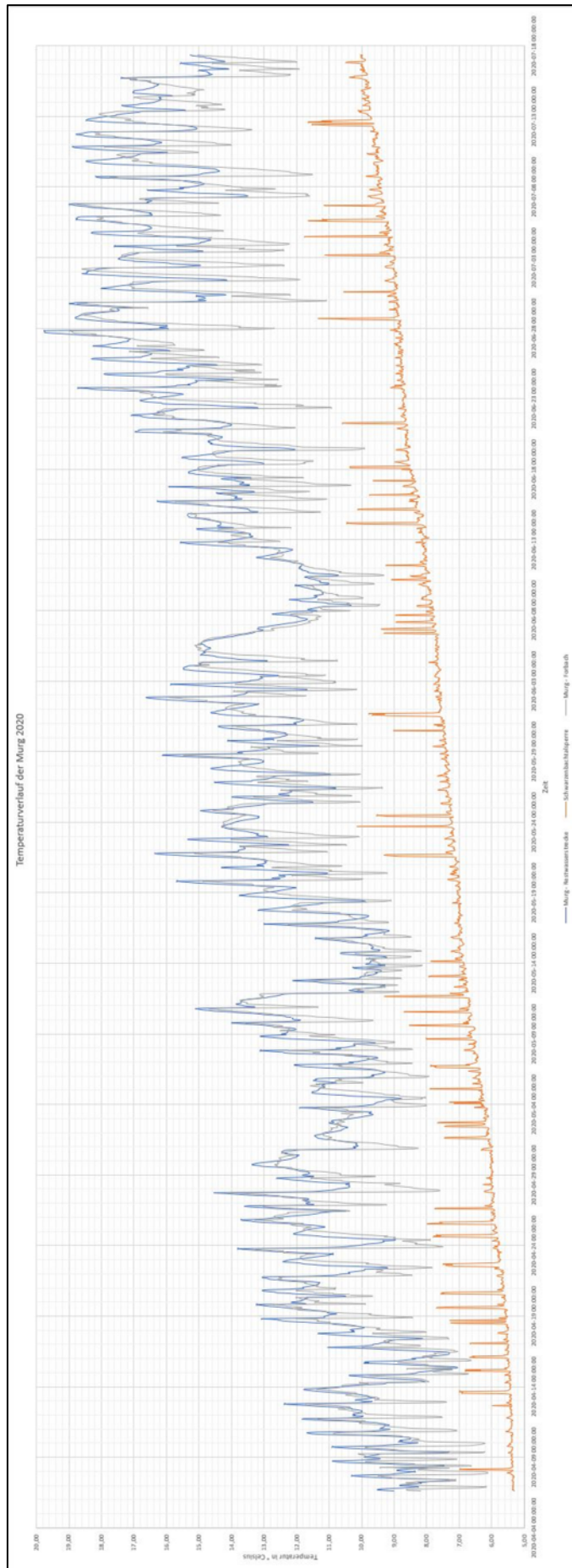
BÜRO für GEWÄSSERÖKOLOGIE (2015): Ermittlung des fischereilichen Ertragspotentials und Fließgewässerbewertung nach EG-WRRL an der Murg zwischen Oberndorf und Forbach. - Abschlussbericht im Auftrag des Landesfischereiverbandes Baden e.V. unveröffentlicht.

BÜRO für GEWÄSSERÖKOLOGIE (2017): Ermittlung des fischereilichen Ertragspotentials und Fließgewässerbewertung nach EG-WRRL an der Murg zwischen Schönmünzach und Baiersbronn - Abschlussbericht im Auftrag des Landesfischereiverbandes Baden e.V. unveröffentlicht.

HARTMANN, F. (2019): Fischereilicher Hegeplan Untere (Rastätter) Murg, RP Karlsruhe, 81 S.

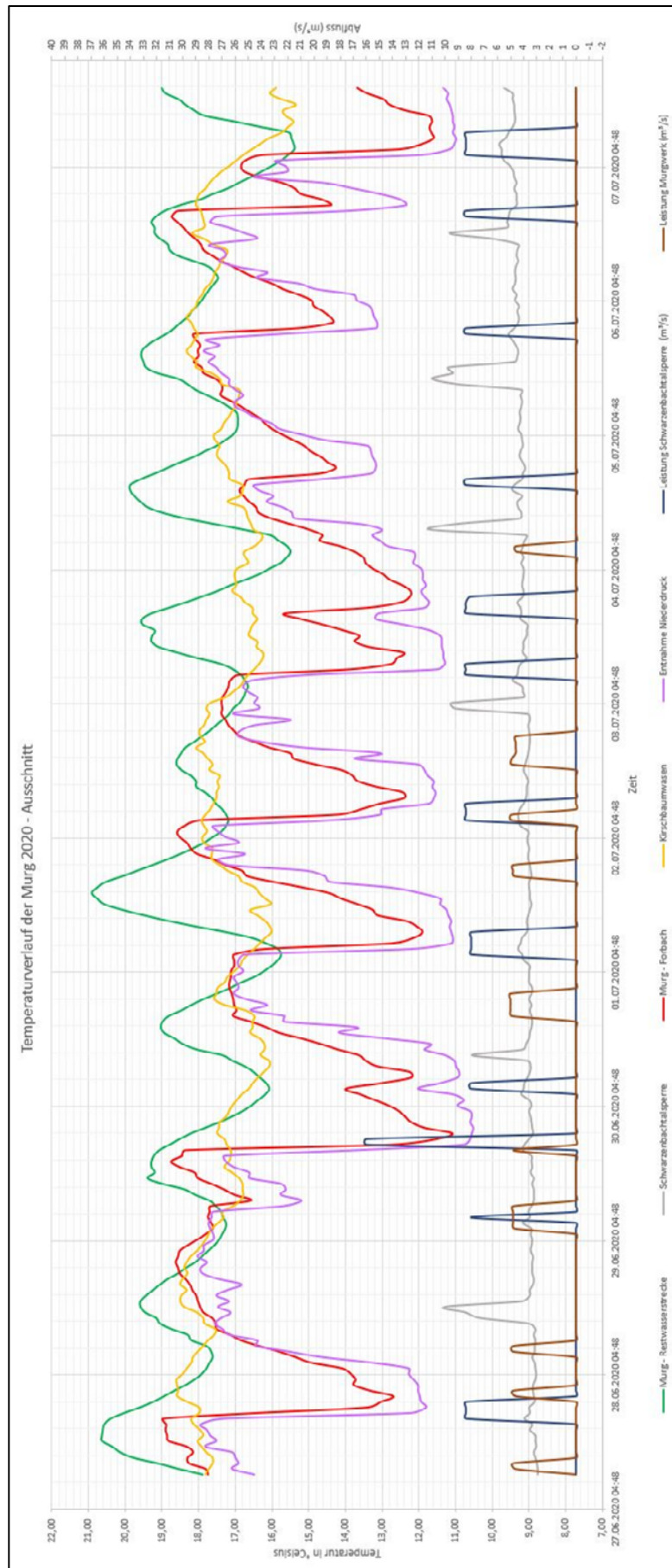
WERTH, W. (1987): Ökomorphologische Gewässerbeurteilungen in Oberösterreich (Gewässerzustandskartierungen). - Oesterreichische Wasserwirtschaft 39(5/6): 122-128.

ZAUGG, B. & PEDROLI, J.-C. (1995): Fließgewässer des Kantons Bern, Erarbeiten einer Methode zur Ermittlung des fischereilichen Ertragsvermögens. - Gutachten Aquarius, Auftrag: Fischereiinspektorat des Kantons Bern: 63 S.



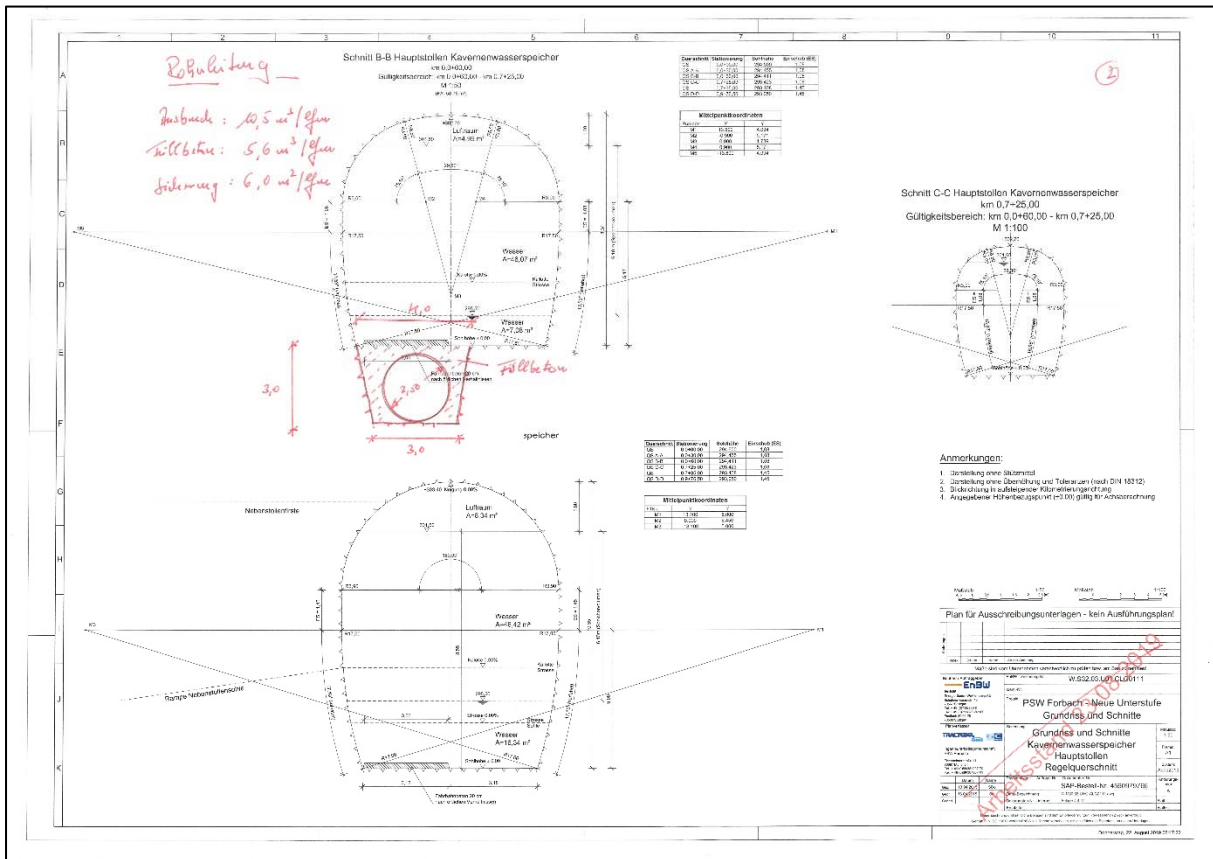
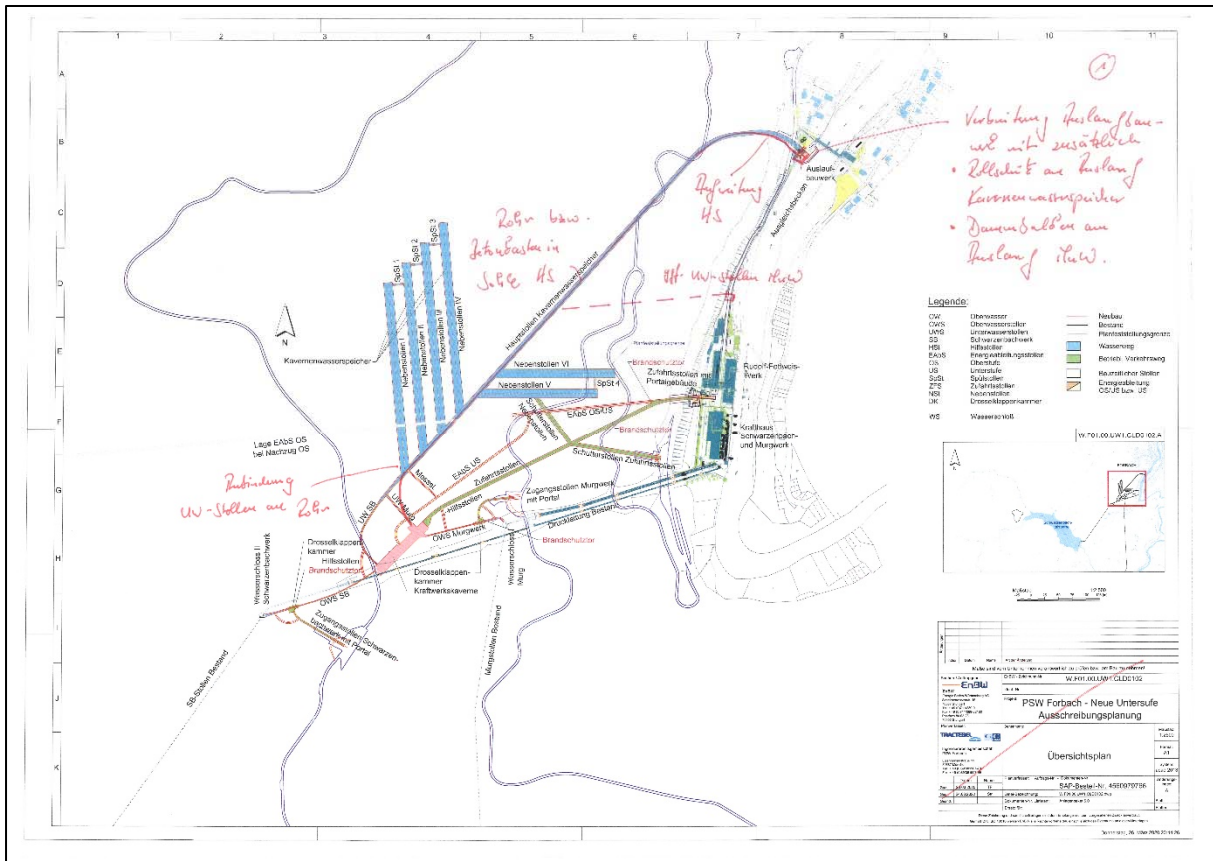
Anhang 1

Übersicht der Temperaturentwicklung in der Murg und der Schwarzenbachtsperre zwischen dem 7.4. und 17.7.2020



Anhang 2

Temperaturmonitoring Murg, pessimaler Ausschnitt des sommerlichen Zeitraums 27.06.-07.07.2020. Neben den durch IUS gewonnenen Daten werden auch noch Messergebnisse der EnBW, die in der freifließenden Murg oberhalb Kirschbaumwasen gewonnen wurden, verwendet. Da dort nur zweimal täglich aufgezeichnet wurde (12 und 24 Uhr), wurden auch die IUS Daten entsprechend angepasst.



Konzept separater Unterwasserweg für Murgwerk

Veranlassung:

Möglichkeit der Abtrennung des Ausgleichsbeckens vom Kavernenwasserspeicher in den Sommermonaten aus folgenden Gründen

- Kein Hochpumpen von Wasser aus der Murg in die Schwarzenbachtalsperre (SBT) zur Vermeidung der Blaualgenbildung in SBT
- Kein Einleiten von kaltem Wasser aus SBT in die Murg wegen möglicher Auswirkungen auf Fische

Lösungsansatz:

Trennung des Wasserwegs MuW vom Kavernenwasserspeicher (temporär oder dauerhaft).

Separater UW-Stollen MuW ist schwer realisierbar, wegen Querung Schutterstollen, Energieableitungstollen und der Nebentollen V und VI (vgl. Anlage 1), ggf. Abzweig eines separaten Stollens vom Hauptstollen nach Nebentollen VI (hier nicht untersucht).

Rohr in Rohrlösung, d.h. Unterwasserableitung ins Ausgleichsbecken in einem Rohr, das im Hauptstollen des Kavernenwasserspeichers verlegt wird (vgl. Anlage 2).

Alternativ: Herstellung eines Betonkastens als Unterwasserweg MuW anstelle des Rohres (vgl. Anlage 3)

Ausbauwassermenge Murgwerk (kleine Variante 1): $Q = 15,5 \text{ m}^3/\text{s}$, Durchmesser UW-Stollen = 2,90 m, Länge Rohrleitung ca. 1010 – 0030 = 980 m zwischen Zulaufbauwerk und Auslaufbauwerk plus UW-Stollen MuW bis Zulaufbauwerk

Reibungsverluste im Stahlrohr (Rauigkeit = 0,5 mm), kontinuierlich

- 1,29 m bei $D = 2,90 \text{ m}$
- 2,77 m bei $D = 2,50 \text{ m}$
- 4,26 m bei $D = 2,30 \text{ m}$

Gewählt vorläufig: $D = 2,50 \text{ m}$, Fläche $4,90 \text{ m}^2$, $v = 3,2 \text{ m/s}$, hydraulischer Verlust (kontinuierlich) $2,50 \text{ m} / 145 \text{ m}$ (Bruttofallhöhe) = $0,017 = 1,7 \%$

Reduzierung der Energieerzeugung durch zusätzliche hydraulische Verluste im Unterwasserweg **MuW, Mehrerzeugung bestehendes MuW – neues MuW Var. 1 = 11,2 %**, d.h. ggf. wird 10 % Schwelle aufgrund der zusätzlichen hydraulischen Verluste nicht mehr erreicht.

Alternative Betonkasten:

2,5 x 2,5 m Betonkasten, Fläche $6,25 \text{ m}^2$, $V = 2,5 \text{ m/s}$, Rauigkeit 2.0 mm, kontinuierlicher Verlust im Betonkasten 2,06 m

Erforderliche Maßnahmen:

- Einleitung UW-Stollen MuW in Zulaufbauwerk
- Anschluss Stahlrohrleitung DN 2500 (*alternativ: Betonkasten*) an UW-Stollen MuW im Zulaufbauwerk
- Ausbruch und Sicherung eines Grabens im Hauptstollen, Länge 980 m
- Einbau Rohrleitung DN 2500 und Hinterfüllung in Graben Hauptstollen, Länge 980 m
Alternativ: Einbau des Betonkastens im Graben
- Aufweitung Hauptstollen im Übergang zu Auslaufbauwerk
- Verbreiterung Auslaufbauwerk und Auslaufkanal um ca. 5,0 m zur Anordnung eines separaten Auslaufes für das MuW (vgl. Anlage 4 bis 6)
- Dammbalkenverschluss, Breite ca. 4,0 m für Auslauf MuW
- Rollschütz (zus. zu Dammbalken) für Auslauf Kavernenwasserspeicher, Breite 7,7 m
- Umplanung (Genehmigungs- und Ausschreibungsplanung)

Kostenschätzung:

Mehrkosten Stahlrohrleitung ca. 7,83 Mio. Euro (vgl. Anlage 7)

Mehrkosten Betonkasten ca. 6,35 Mio. Euro (vgl. Anlage 8)

IAF, Ac, 26.10.2020

Anlagen

- 1) Übersichtslageplan
- 2) Rohrleitung in Graben Hauptstollen
- 3) Betontrapezkasten in Graben Hauptstollen
- 4) Draufsicht Auslaufbauwerk
- 5) Querschnitt Auslaufbauwerk
- 6) Längsschnitt Auslaufbauwerk
- 7) Kostenschätzung Stahlrohr DN 2500
- 8) Kostenschätzung Betonkasten