

IBAAarau Kraftwerk AG

Obere Vorstadt 37
5001 Aarau



Beilage 6

Erneuerung Kraftwerk Aarau – Konzessions- und Bauprojekt –

Restwasserbericht (Gewässerschutzgesetz, GSchG, Art.31-35)

Gesuch vom
23. Oktober 2013

Ingenieurgemeinschaft KW Aarau

IM Engineering | **IUB** Engineering

ANL 
AG NATUR UND LANDSCHAFT



Bern / Locarno / Aarau, 23. Oktober 2013

Doku-Nr. 5259.06 RWB 2.0

Impressum

Bauherrschaft

IBAAarau Kraftwerk AG
Obere Vorstadt 37
5001 Aarau

Projektleitung
Hansjürg Tschannen

Autoren

IG KW Aarau

IUB Engineering AG, Bern

Dr. Peter Billeter
Manuel Zahno
Matthias Mende
Monika Boss

IM Maggia Engineering SA, Locarno

Urs Müller
Corinne Astori

ANL AG Natur und Landschaft, Aarau

Heiner Keller
Erwin Leupi
Viviane Uhlmann
Judith Maurer

Mitarbeit / Subakkordanten

Grundwasser
Dr. Heinrich Jäckli AG, Baden

Hansrudolf Pfister

Gewässerökologie und Fische
Aquatika GmbH, Wichtrach

Joachim Guthruf

Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Kommentar
1.0	31.03.2010	Gesuchsentwurf
1.1	22.10.2012	Gesuch zur Vorprüfung
2.0	23.10.2013	Gesuch (Auflage)

Inhalt

1	Einleitung	6
2	Beschreibung des Projekts	7
2.1	Technische Beschreibung der Anlage	7
2.2	Konzessionsverhältnisse	9
2.3	Neues Restwasserregime	11
2.3.1	Betrieb ab 2020	11
2.3.2	Bauphasen	12
2.4	Vorhandene Daten, Untersuchungen und Berechnungen	13
2.4.1	Querprofile in der Restwasserstrecke	13
2.4.2	Dotierversuche	14
3	Wirtschaftliche Grundlagen	15
3.1	Minderproduktion an Strom	15
3.2	Vergleiche der Restwasserstrecken Gösgen, Aarau, Rüchlig, Rupperswil-Auenstein	16
4	Umweltwissenschaftliche Grundlagen	18
4.1	Hydrologische, hydraulische und hydrogeologische Grundlagen	18
4.1.1	Hydrologie	18
4.1.2	Geschiebetransport	22
4.1.3	Einstau durch Kraftwerkbetrieb und durch Kraftwerk Rüchlig	23
4.1.4	Wasserqualität	23
4.1.5	Hydrogeologie und Grundwasser	24
4.1.6	Wassertemperatur	26
4.1.7	Landwirtschaftliche Bewässerung	30
4.2	Bedeutung der Gewässer als Lebensraum	31
4.2.1	Ökomorphologie	31
4.2.2	Pflanzen der Kiesflächen	32
4.2.3	Grünalgen und Wasserpflanzen	34
4.2.4	Fischlebensräume	34
5	Entwicklung der Restwasserstrecke	38
5.1	Allgemein	38
5.2	Wasserspiegellagen	39
5.3	Benetzte Fläche	41
5.4	Bauphase KW Aarau und HWS Olten – Aarau	43
6	Einfluss unterschiedlicher Wassermengen	44
6.1	Wasserspiegellagen und Wassertiefen	44
6.2	Strömungsgeschwindigkeiten	48
6.3	Einfluss Unterwasserkanal und unterliegende Kraftwerke	51
6.4	Benetzte Fläche (Veränderungen)	53
6.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	58
7	Einhaltung der Restwasserbestimmungen	59
7.1	Mindestrestwassermenge (Art. 31 GSchG)	59
7.2	Ausnahmen (Art. 32 GSchG)	59
7.3	Dokumentation für die Interessenabwägung (Art. 33 GSchG)	59
8	Literatur	62
9	Anhang	63
9.1	Lage der Querprofile und Strömungsgeschwindigkeiten	63
9.2	Ganglinien der Tagesmittelwerte 1975 – 2007 (ohne 2006)	64
9.3	Wassertemperaturmessungen vom 6.8.2013	65
9.4	Berechnete Wasserspiegellagen und Wassertiefen	68
9.5	Dotierversuche vom 21.09.2009	70

Abbildungen

Abbildung 2.1.1:	Übersicht über die Konzessionsstrecke des Kraftwerks Aarau und die verschiedenen Anlageteile (neue Konzession).....	7
Abbildung 2.2.1:	Wehr Schönenwerd mit Fischpass, Beginn der Restwasserstrecke und der Kanäle des Kraftwerks Aarau, Luftaufnahme 21.09.2009.	9
Abbildung 2.2.2:	Übersichtsplan und Längenprofil (mittlere Wasserspiegellinie) mit Kraftwerken und Zuflüssen der Aare zwischen Bielersee und Rhein.	10
Abbildung 2.3.1:	Restwasserregime ab 2020.....	11
Abbildung 2.4.1:	Lage der Querprofile in der Restwasserstrecke.....	13
Abbildung 2.4.2:	Messung Wasserspiegel bei der Kiesbank am rechten Ufer bei der Rennbahn bei 25 m ³ /s.....	14
Abbildung 3.2.1:	Situation Kraftwerke Gösgen, Aarau, Rüchlig und Rapperswil-Auenstein.	16
Abbildung 4.1.1:	Dauerkurven Aareabfluss in Aarau der Jahre 1975 bis 2012 und mittlere Jahresdauerkurven.....	18
Abbildung 4.1.2:	Monatsmittelwerte Aareabfluss anhand Tagesmittelwerte 1975 bis 2012.....	19
Abbildung 4.1.3:	Abfluss in der Restwasserstrecke von 1999 bis 2009 (Tagesmittelwerte).	19
Abbildung 4.1.4:	Unterschiedliche Abflussmengen in der Restwasserstrecke unterhalb des Dotierwehrs.	20
Abbildung 4.1.5:	Anzahl Tage pro Jahr mit Minimalabfluss und Dotierwassermenge.	21
Abbildung 4.1.6:	Pegel-Abfluss-Beziehung Kraftwerk Rüchlig.	23
Abbildung 4.1.7:	Grundwasserkarte (Mittelwasserstand) des Konzessionsgebiets. (.	24
Abbildung 4.1.8:	Bilanzierung des Ist-Zustandes bei Mittelwasser.....	25
Abbildung 4.1.9:	Wassertemperaturen im Oberwasserkanal, Einlauf Zentrale 2, Januar 2004 bis Januar 2012.....	27
Abbildung 4.1.10:	Wochenganglinie 2.8. – 8.8.2013, Messstelle Aare-Brugg des BAFU.	27
Abbildung 4.1.11:	Messungen in der Restwasserstrecke und sichtbare Grundwasseraustritte bei Niedrigwasser.....	28
Abbildung 4.1.12:	Messstandorte.....	29
Abbildung 4.2.1:	Ökomorphologie der Aare und der Fliessgewässer der Kantone SO und AG, sowie künstliche Abstürze und Bauwerke und für Fische teilweise passierbare raue Rampen.....	31
Abbildung 4.2.2:	Übersicht über die Restwasserstrecke des Kraftwerks Aarau mit den vorhandenen Uferstrukturen und den Uferbefischungen.	32
Abbildung 4.2.3:	Uferzonierung der Kiesbänke der alten Aare im Überschwemmungsbereich.	32
Abbildung 4.2.4:	Wasserrand. Pflanzen im Wasser.....	33
Abbildung 4.2.5:	Mehrfjährige Vegetation, Deckung > 40 %.	33
Abbildung 4.2.6:	Einjährige Vegetation, Deckung < 40 %.	33
Abbildung 4.2.7:	Fischlebensräume und Wanderhindernisse zwischen Winznau und Aarau.	36
Abbildung 4.2.8:	Beurteilung der Fischartengemeinschaft mittels Fischregionsindex FRI.	36
Abbildung 4.2.9:	Strukturbezug der Fischarten der Restwasserstrecke des Kraftwerks Aarau.	37
Abbildung 5.2.1:	Profilaufnahmen BAFU in der Restwasserstrecke.....	39

Abbildung 5.2.2:	Lage des Findlings am Prallhang	40
Abbildung 5.2.3:	Schwarzpappel unterhalb Wehr Schönenwerd	40
Abbildung 5.3.1:	Alte Aare unterhalb des Wehrs Schönenwerd, 1993.	41
Abbildung 5.3.2:	Alte Aare unterhalb des Wehrs, 2012.	41
Abbildung 5.3.3:	Luftbilder der Restwasserstrecke oberhalb des Einstaubereichs 1999 / 2009	42
Abbildung 6.1.1:	Gemessener Anstieg der Wasserspiegellagen bei 15, 20, 25 und 30 m ³ /s in Bezug auf die Wasserspiegellage bei 10 m ³ /s.....	45
Abbildung 6.1.2:	Dotierversuche vom 21.09.2009. Gemessener und berechneter Anstieg der Wasserspiegellagen bei 14, 20 und 24 m ³ /s in Bezug auf die Wasserspiegellage bei 10 m ³ /s.	46
Abbildung 6.1.3:	Dotierversuche vom 21.09.2009. Gemessener und berechneter Anstieg der Wasserspiegellagen bei verschiedenen Abflussgeschwindigkeiten in Bezug auf die Meereshöhe.....	47
Abbildung 6.2.1:	Mittlere Fliessgeschwindigkeit im alten Aarelauf beim ersten Dotierversuch mit $Q_{Aare} = 130 \text{ m}^3/\text{s}$	48
Abbildung 6.2.2:	Tiefengemittelte Fliessgeschwindigkeit Q_{347} ($Q_{Aare} = 140 \text{ m}^3/\text{s}$) während Niederwasser.	48
Abbildung 6.2.3:	Mittlere Fliessgeschwindigkeit im alten Aarelauf beim ersten Dotierversuch mit $Q_{Aare} = 420 \text{ m}^3/\text{s}$	49
Abbildung 6.2.4:	Tiefengemittelte Fliessgeschwindigkeit Q_{67} ($Q_{Aare} = 425 \text{ m}^3/\text{s}$) bei Hochwasser.....	49
Abbildung 6.2.5:	Gemessene und berechnete Geschwindigkeit.....	50
Abbildung 6.3.1:	Berechnete Wasserspiegellagen bei Niederwasser ($Q_{Aare} = 130 \text{ m}^3/\text{s}$) und für verschiedene Restwassermengen.....	51
Abbildung 6.3.2:	Berechnete Wasserspiegellagen bei mittlerem Aareabfluss ($Q_{Aare} = 300 \text{ m}^3/\text{s}$) und für verschiedene Restwassermengen..	51
Abbildung 6.3.3:	Berechnete Wasserspiegellagen bei einem Aareabfluss von 420 m ³ /s und für verschiedene Restwassermengen.....	52
Abbildung 6.3.4:	Fliessgeschwindigkeiten beim Zusammenfluss Restwasserstrecke - Unterwasserkanal. Aareabfluss 420 m ³ /s, Restwassermenge 25 m ³ /s	52
Abbildung 6.4.1:	Fotostandort 14: Ufergeröll linkes Ufer bei ca. km 41.200.....	53
Abbildung 6.4.2:	Fotostandort 10: Felsblock rechtes Ufer bei ca. km 40.500.....	54
Abbildung 6.4.3:	Kiesflächen in der Restwasserstrecke mit Aufteilung für die Auswertung.	55
Abbildung 6.4.4:	Vergleich des Zustands der Kiesbank 1 bei Dotierabfluss 15 m ³ /s und bei Dotierabfluss 25 m ³ /s	57

Tabellen

Tabelle 2.1.1:	Übersicht über die Aufwertungsmassnahmen	8
Tabelle 2.2.1:	Vergleich: Eckwerte bisher, Vorschlag Kantone und Gesuch für die neue Konzession.	9
Tabelle 2.3.1:	Abflussmengen und Fischaufstiegshilfen während der Bauzeit.....	12
Tabelle 3.1.1:	Mittlere Energieproduktion pro Jahr.	15
Tabelle 3.2.1:	Anlagenvergleich mit angrenzenden Kraftwerken.	17
Tabelle 4.1.1:	Restwasserstrecke Kraftwerk Aarau.	20
Tabelle 4.1.2:	Temperaturmesswerte	28
Tabelle 4.2.1:	Fischvorkommen ober- und unterhalb des Kraftwerks Aarau	35
Tabelle 6.4.1:	Änderung der benetzten Fläche der Kiesflächen in der Restwasserstrecke.	56

1 Einleitung

Der vorliegende Restwasserbericht ist Teil des „Berichts über die Umweltverträglichkeit, UVB Hauptuntersuchung“ für die Konzessionserneuerung des Kraftwerks Aarau. Er wurde nach der Wegleitung „Angemessene Restwassermengen - Wie können sie bestimmt werden?“ (Vollzug Umwelt, BAFU, 2000) erstellt.

„Wer einem Gewässer Wasser entnehmen will, unterbreitet der Behörde“, gemäss Gewässerschutzgesetz GSchG Art. 33 Abs. 4, „einen Bericht über“:

- a. die Auswirkungen unterschiedlich grosser Wasserentnahmen auf die Interessen an der Wasserentnahme, insbesondere auf die Herstellung von elektrischer Energie und deren Kosten;
- b. die voraussichtlichen Beeinträchtigungen der Interessen gegen eine Wasserentnahme und über mögliche Massnahmen zu deren Verhinderung.

Konkret sind gemäss dem Gewässerschutzgesetz GSchG die Restwassermenge (Art. 31 Abs. 1 u. 2), die Grundlagen für die Interessenabwägung (Art. 33) sowie die Begründung der vorgeschlagenen Restwassermenge darzulegen (Stellungnahmen BAFU, 22.07.2009).

Im Restwasserbericht macht der Gesuchsteller einen Vorschlag für (aus seiner Sicht) sinnvolle Dotierwassermengen.

Gemäss Stellungnahme AfU SO (02.05.2009) muss im Restwasserbericht die aus gewässerökologischer Sicht optimale Wassermenge dargestellt werden (inkl. gewässerökologisch erforderlicher Mindestwassermenge). Die erforderliche Mindestwassermenge ist demnach in einer Abwägung zwischen ökologischen und ökonomischen Aspekten nachvollziehbar zu bestimmen. Das AfU SO anerkennt, dass auf einzelne Abklärungen für den Restwasserbericht verzichtet werden kann, wenn nachvollziehbar dargestellt werden kann, dass Analogien zu anderen, bereits untersuchten Restwasserstrecken an der Aare bestehen.

Die zuständigen (kantonalen) Behörden legen die Dotierwassermengen und allenfalls weitere Massnahmen fest.

Die IBAAarau beantragt folgendes Restwasserregime:

- in den Monaten November bis Februar: 15 m³/s,
- in den Monaten März und April sowie September und Oktober: 20 m³/s,
- in den Monaten Mai bis August: 25 m³/s.

2 Beschreibung des Projekts

2.1 Technische Beschreibung der Anlage

Die detaillierte Beschreibung der heutigen und der zukünftigen Anlagen findet sich im Technischen Bericht zur Erneuerung des KW Aarau (Beilage 2). In Abbildung 2.1.1 ist die Konzessionsstrecke des KW Aarau, die Anlagenteile der neuen Konzession, die Oberwas-serkanäle 1 und 2 und die Restwasserstrecke dargestellt.

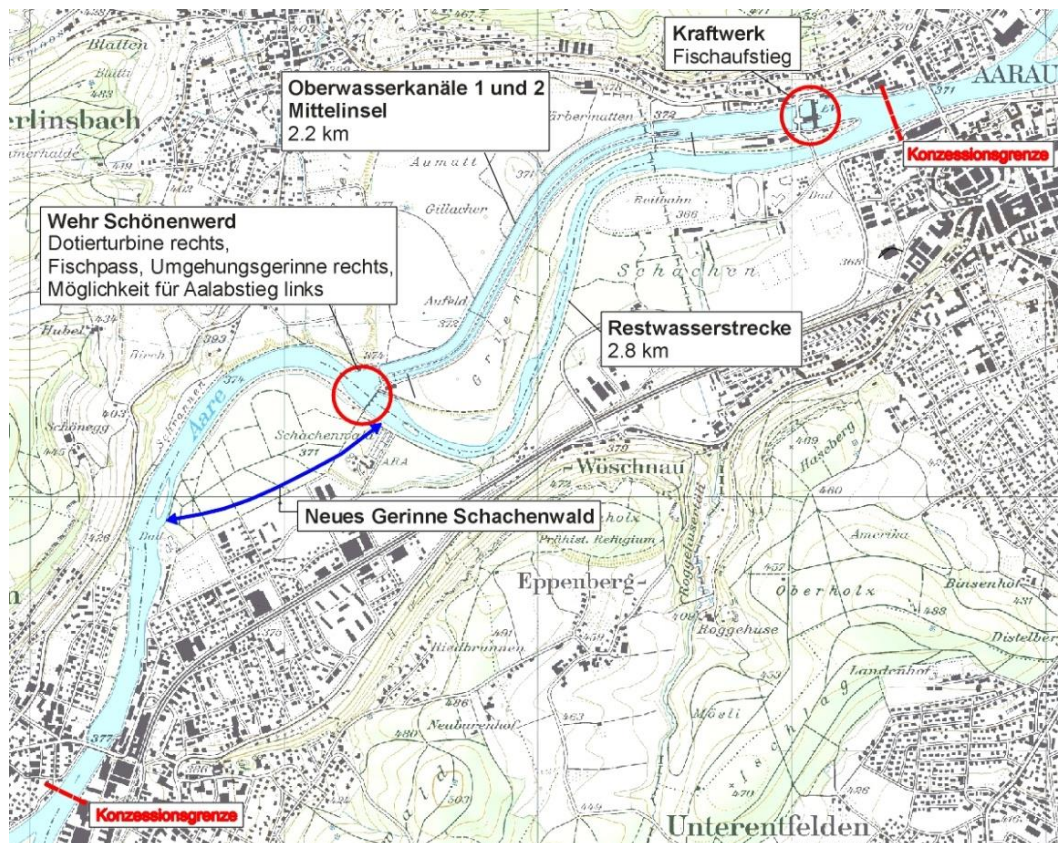


Abbildung 2.1.1: Übersicht über die Konzessionsstrecke des Kraftwerks Aarau und die verschiedenen Anlagenteile (neue Konzession). Die Restwasserstrecke wird von unten teilweise eingestaut.

Mit der Erneuerung des Kraftwerks Aarau sind Aufwertungsmassnahmen geplant, welche in Tabelle 2.1.1 aufgelistet sind. Übersichtsplan und Details sind im Technischen Bericht (Beilage 2) und in der Beilage zum Technischen Bericht (Beilage 3.11) beschrieben.

Tabelle 2.1.1: Übersicht über die Aufwertungsmassnahmen. U1 - U13: Massnahmen Umwelt; F1 - F12: Massnahmen Fischfauna, Wasserlebensräume; N1 - N11: Massnahmen Nutzung.

Schönen- werder Schachen	U1	Umgehungsgerinne Schönenwerder Schachen
	F1	Neuer Lebensraum für Fische und Amphibien
	N1	Attraktivitätssteigerung durch neues Gerinne
Restwasser- strecke	U2	Erhöhung Restwassermenge
Wehr Schönenwerd	F2	Anpassung Mündung Raugerinne-Beckenpass
	F3	Erneuerung Tosbecken, Reduzierung Verletzungsrisiko für Fische
	F4	Schwemmgutabzug mit Fischabstieg
	N12	Verbreiterung Wehrbrücke für Langsamverkehr
Einlauf Oberwasser- kanal	U4	Lenkungsbauwerk für Geschiebedurchgängigkeit
	F5	Sohlenschwelle mit Aalabzug
Grien	U5	Einzelbäume Grien
	U6	Extensivierung Landwirtschaft
	U7	Seitengewässer im Grien
	U8	Amphibienteich Grien
	N3	Attraktivitätssteigerung durch Bestockung
	N4	Extensivierung Landwirtschaft
	N5	Attraktivitätssteigerung
	N6	Attraktivitätssteigerung
Oberwasser- kanal	U9	Aufwertung Uferbereich mit Flachwasserzonen
	U13	Abflachung Ufer „Alte Badi“
	F6	NW-Rinne im OW-Kanal
	F7	Aufwertung Uferbereich mit Flachwasserzonen
	N8	Neue Bootsrampe
	N9	Neue Ausstiegshilfe für Schwimmer
Mitteldamm	U10	Naturgebiet (Biberspitz)
	N7	Neue Brücke zum Mitteldamm

2.2 Konzessionsverhältnisse

Aus dem Projekt resultieren folgende Eckwerte für die neue Konzession (Tabelle 2.2.1):

Tabelle 2.2.1: Vergleich: Eckwerte bisher, Vorschlag Kantone und Gesuch für die neue Konzession.

	Bisher	Gesuch
Nutzbare Wassermenge im Kraftwerk (Ausbauwassermenge)	394 m ³ /s	400 m ³ /s
Stauziel Wehr Schönenwerd	370.54 m ü.M.	370.60 m ü. M.
Dotierwassermenge Restwasserstrecke	10 m ³ /s konstant	15 – 20 – 25 m ³ /s

Im Rahmen der Übertragung des Wasserrechts (Konzession) von der Stadt Aarau an die Industriellen Betriebe Aarau (RRB 41, Aargau, 05.01.2000) wurde die minimale Restwassermenge entsprechend der gesetzlichen Bestimmungen von bisher 5 m³/s auf 10 m³/s erhöht. Die Realisierung erfolgte zusammen mit einer neuen Fischpassanlage beim Wehr (ab 31.12.2005). Die bestehenden Dotierzentralen beidseitig der Wehranlage und des Fischpasses dotieren den Aarelauf zurzeit mit einer Restwassermenge von rund 10 m³/s: linksufrige Dotierzentrale 1959: 5 m³/s; rechtsufrige Dotierzentrale Heberkraftwerk 2005: 4.4 m³/s; Fischpass rechtsufrig: 0.6 m³/s (Abbildung 2.2.1).



Abbildung 2.2.1: Wehr Schönenwerd mit Fischpass, Beginn der Restwasserstrecke und der Kanäle des Kraftwerks Aarau, Luftaufnahme 21.09.2009.
Im Zentrum das Wehr Schönenwerd mit linkem Wehrfeld, das für den Dotierversuch teilweise geöffnet ist. Vordergrund links: Einlauf in die beiden Kraftwerkkanäle. Links von der Brücke: Einlauf zur linksufrigen Dotierturbine. Rechts neben dem Wehr: Raugerinne-Beckenpass (Fischaufstiegshilfe). Beim Wehr: Dotierturbine. Im Hintergrund: ARA Schönenwerd.

Das Kanalkraftwerk Aarau nutzt das Gefälle der Aare zwischen den Kraftwerken Gösgen (SO) und Rüchlig (AG) (Abbildung 2.2.2).

Die Aare hat zwischen Gösgen und Brugg keine Strecken mehr, wo sie frei fließen kann:
Die Stauwurzel des Kraftwerks Aarau reicht bis zum Kraftwerk Gösgen.
Die Stauwurzel des Kraftwerks Rüchlig reicht bis zum Kraftwerk Aarau und in die Restwasserstrecke.

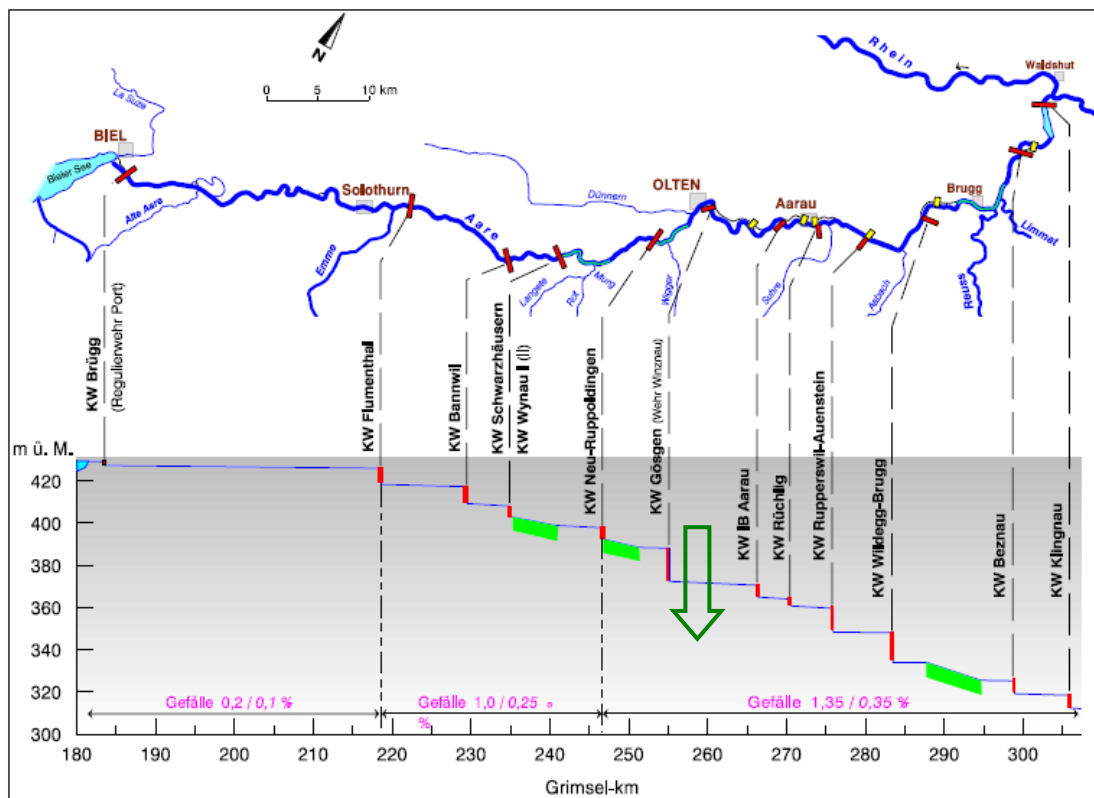


Abbildung 2.2.2: Übersichtsplan und Längenprofil (mittlere Wasserspiegellinie) mit Kraftwerken und Zuflüssen der Aare zwischen Bielersee und Rhein.
Die drei noch vorhandenen freien Fließwasserstrecken sind mit grüner Farbe hervorgehoben [3].

2.3 Neues Restwasserregime

Die Restwassermengen gemäss Gesuch beziehen sich auf die Zeit ab 2020 nach dem Abschluss der Erneuerung des Kraftwerks. Bis zum Beginn des Baus und während der verschiedenen Bauphasen gilt die aktuelle Konzession. Die Wassermengen in der Aare sind während dem Bau erhöht (Kap. 2.3.2).

2.3.1 Betrieb ab 2020

Für den Betrieb des KW Aarau wird von der IBAAarau Kraftwerk AG ein Restwasserregime ab dem Jahr 2020 vorgeschlagen, welches in Abbildung 2.3.1 dargestellt ist.

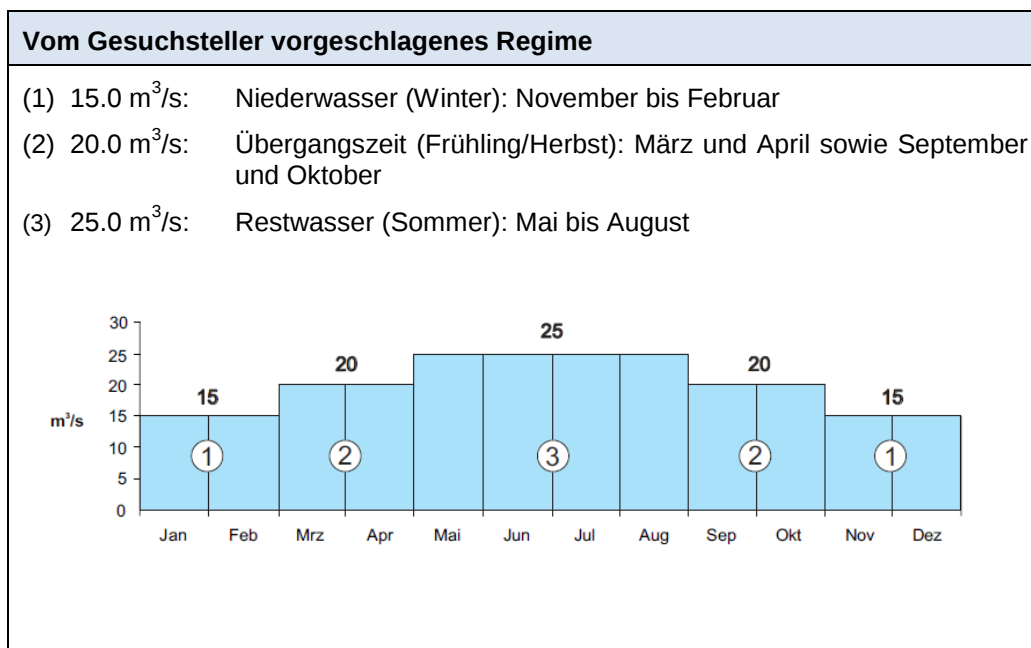


Abbildung 2.3.1: Restwasserregime ab 2020 nach dem Vorschlag des Gesuchstellers.

2.3.2 Bauphasen

Während des Umbaus der Zentrale 2 (voraussichtlich 2015 – 2018) fliesst zeitweise mehr Aarewasser in der Restwasserstrecke. Mit Ausnahme der Kanalabschaltung während 7 Monaten bleibt die Zentrale 1 während der Bauzeit in Betrieb. Die maximal turbinierbare Wassermenge wird von 394 m³/s auf 140 m³/s reduziert. Entsprechend nehmen die Anzahl Tage mit Wehrüberfall und die Abflussmenge in der Restwasserstrecke während der Bauphase zu. Die Tabelle 2.3.1 zeigt die zu erwartende Situation gemäss Bauprogramm.

Zudem werden 2016, 2017 und 2018 je ca. 3'000 m³ Kies zur Aktivierung des Geschiebetriebs in die Restwasserstrecke gebracht.

Tabelle 2.3.1: Abflussmengen und Fischaufstiegshilfen während der Bauzeit (gemäss Bauprogramm, grün = aktiv)

Dauer	Istzustand	9 Monate	7 Monate	18 Monate	Ab Neubau
KW-Betrieb	Zentrale 1 und Zentrale 2	Zentrale 1	Keine	Zentrale 1	Zentrale 1 und Zentrale 2
Kraftwerkkanäle	maximal 394 m ³ /s	maximal 140 m ³ /s	minimal (Niederwasserrinne)	maximal 140 m ³ /s	maximal 400 m ³ /s
Restwasserstrecke Minimal	10 m ³ /s	10 m ³ /s	Aareabfluss	10 m ³ /s	15/20/25 m ³ /s
Abfluss Restwasserstrecke	Aareabfluss - 394 m ³ /s	Aareabfluss - 140 m ³ /s	Aareabfluss	Aareabfluss - 140 m ³ /s	Aareabfluss - 400 m ³ /s
Fischaufstiegshilfen in Betrieb					
Zentrale rechts bestehend / neu					
Dotierturbine rechts bestehend					
Umgehungsgerinne Neu					
Zentrale links neu					

2.4 Vorhandene Daten, Untersuchungen und Berechnungen

2.4.1 Querprofile in der Restwasserstrecke

Der eingefügte Plan (Abbildung 2.4.1 und Anhang 9.1) zeigt die Lage der Querprofile in der Restwasserstrecke auf die in der Folge Bezug genommen wird.

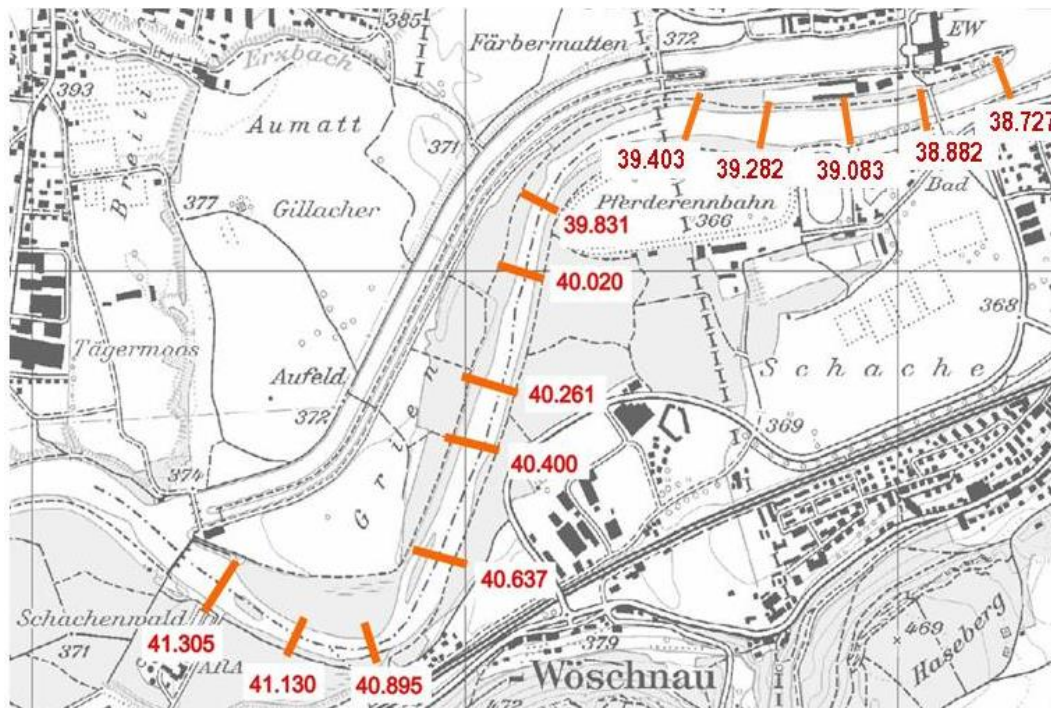


Abbildung 2.4.1: Lage der Querprofile in der Restwasserstrecke.

Gewonnene Daten und Berechnungen, sowie Grafiken finden sich in der Folge in diesem Bericht, im Technischen Bericht (Beilage 2) und in der Beilage zum Technischen Bericht (Beilage 3.11).

2.4.2 Dotierversuche

Dotierversuche wurden am 21.09.2009 und am 19.10.2009 durchgeführt (Abbildung 2.4.2). Wegen des trockenen Sommers blieb die Restwassermenge lange bei $10 \text{ m}^3/\text{s}$ konstant. Es bildete sich eine klar erkennliche Wasserlinie aus (Algenbewuchs).

Ausgehend von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (Istzustand) wurden durch Regulierung mit der Wehröffnung 15, 20, 25 und $30 \text{ m}^3/\text{s}$ durch die Restwasserstrecke abgelassen. Die Aare führte ca. $130 \text{ m}^3/\text{s}$ Wasser (Niederwasser).

Die Auswirkungen auf die Aare wurden mit Geschwindigkeitsmessungen, Wasserspiegellagen und Fotos dokumentiert und werden im Kapitel 6 weiter ausgeführt.



Abbildung 2.4.2: Messung Wasserspiegel bei der Kiesbank am rechten Ufer bei der Rennbahn bei $25 \text{ m}^3/\text{s}$.

Zusätzliche hydraulische Berechnungen und Modellierungen sind in der Beilage zum Technischen Bericht (Beilage 3.11) dargestellt. Ermittelt wurden Wasserspiegellagen und Strömungsgeschwindigkeiten für verschiedene Restwassermengen (10 bis $40 \text{ m}^3/\text{s}$) und Aareabflüsse (130 bis $760 \text{ m}^3/\text{s}$).

3 Wirtschaftliche Grundlagen

3.1 Minderproduktion an Strom

Beim bestehenden Restwasserregime ($10 \text{ m}^3/\text{s}$) werden mit dem erneuerten Kraftwerk 125.87 GWh Strom pro Jahr produziert. Das vorgeschlagene, saisonal variable Restwasserregime (Kapitel 2.3.1) führt zu einem beträchtlichen Stromverlust. Die Erhöhung des Restwasserregimes auf $15 \text{ m}^3/\text{s}$ hat einen Stromverlust von 0.445 GWh pro $5 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Jahr zur Folge (Tabelle 3.1.1).

Mit zunehmender Erhöhung der Restwassermenge wird der Stromverlust grösser. Die Kurve verläuft nicht linear. Tabelle 3.1.1 vermittelt einen Eindruck über die Zusammenhänge.

Tabelle 3.1.1: Mittlere Energieproduktion pro Jahr. Datengrundlage Tagesmittelwerte von Brugg und Murgenthal zwischen 1975 bis 2007 (ohne 2006).

	E/a MWh	Referenz konstant $10 \text{ m}^3/\text{s}$ RW $\Delta E/a$ MWh	E pro $5 \text{ m}^3/\text{s/a}$ GWh
konstant $10 \text{ m}^3/\text{s}$ RW	125'878.098	0.000	
konstant $15 \text{ m}^3/\text{s}$ RW	125'433.346	444.751	0.445
konstant $20 \text{ m}^3/\text{s}$ RW	124'948.459	929.638	0.485
konstant $25 \text{ m}^3/\text{s}$ RW	124'425.427	1'452.670	0.523
konstant $30 \text{ m}^3/\text{s}$ RW	123'863.544	2'014.553	0.562

Annahme: Bei Abflussmengen von über $760 \text{ m}^3/\text{s}$ in der Aare fällt die Energieproduktion durch das neue Dotierkraftwerk aus (z. B. wegen des Schwemholzes).

Für die Energieberechnung bei konstanten Restwassermengen entspricht die Ausbauwassermenge der jeweiligen Restwassermenge (10 bis $30 \text{ m}^3/\text{s}$) und korrespondiert mit der geplanten Auslegung der Dotierturbine.

Wenn anstelle des Regimes $15 - 20 - 25 \text{ m}^3/\text{s}$ (d.h. im Mittel $20 \text{ m}^3/\text{s}$) ganzjährig $40 \text{ m}^3/\text{s}$ abzugeben wären, beträgt der Energieverlust rund 2.5 GWh/a. Dies entspricht dem jährlichen Strombedarf von knapp 600 Haushaltungen, oder einem typischen, mittelgrossen KEV-Kraftwerk. Damit würde auch die gesamte Mehrproduktion infolge der Verbreiterung Oberwasserkanal (Rückbau Mittelinsel) wieder vernichtet.

3.2 Vergleiche der Restwasserstrecken Gösgen, Aarau, Rüchlig, Rupperswil-Auenstein

Im Rahmen der Konzessionserneuerung des Kraftwerks Aarau soll die hydraulische Situation von Ausleit- und Restwasserstrecken des Kraftwerks Aarau und der Ober- und Unterlieger-Kraftwerke untersucht werden (Abbildung 3.2.1). Ziel ist, die energiewirtschaftlichen Auswirkungen von erhöhten Restwassermengen bei den verschiedenen Anlagen am gleichen Flussabschnitt zu vergleichen. Bei den beiden Anlagen Wasserkraftwerk Gösgen und Kraftwerk Aarau sind zurzeit Konzessionsverfahren hängig. Das Kraftwerk Rüchlig hat im Rahmen der neuen Konzession eine neue Restwassermenge zu realisieren (ab ca. 2015). Das Kraftwerk Rupperswil-Auenstein hat 2010 eine neue Dotierzentrale in Betrieb genommen (Restwassermenge neu $15\text{m}^3/\text{s}$ bis $25\text{m}^3/\text{s}$).

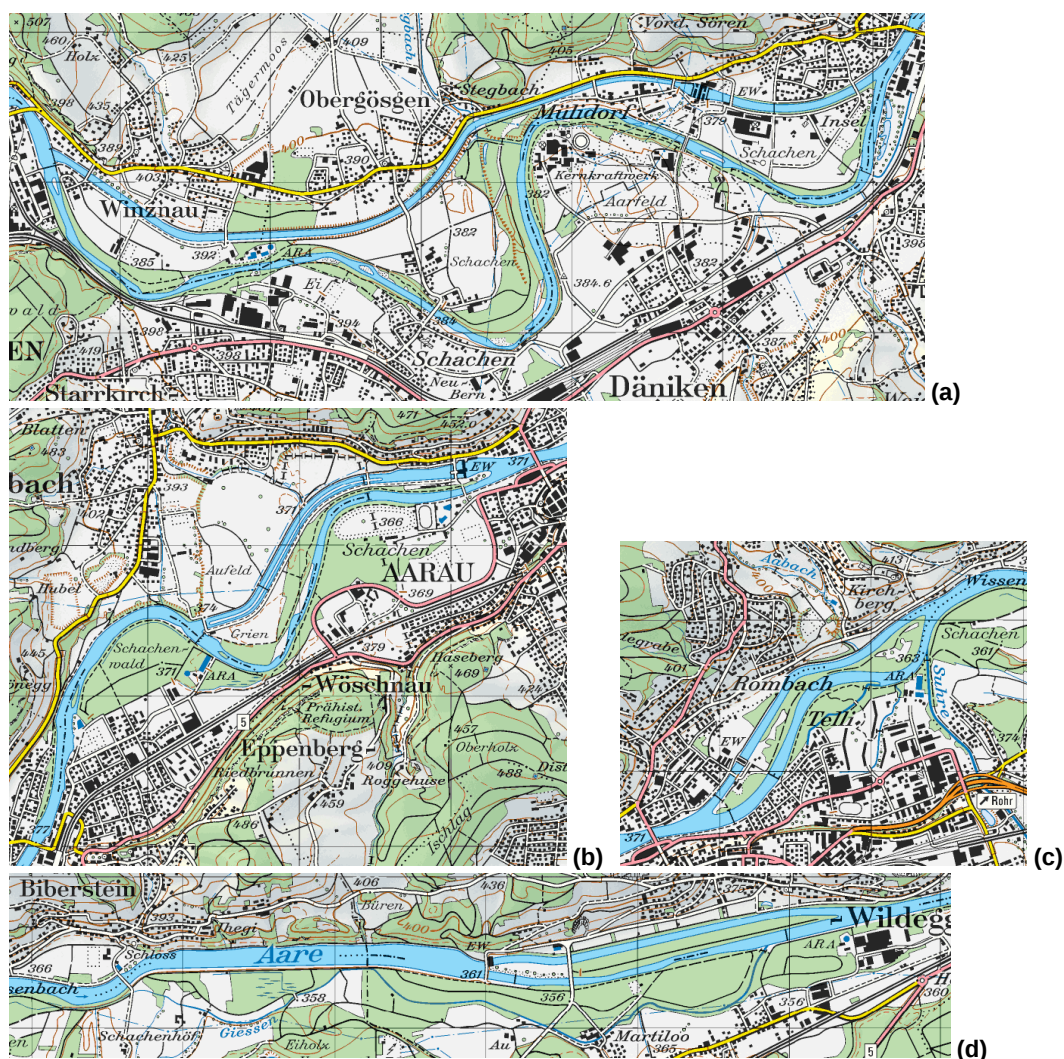


Abbildung 3.2.1: Situation der Kraftwerke Gösgen (a), Aarau (b), Rüchlig (c) und Rupperswil-Auenstein (d). Alle Kartenausschnitte im Massstab 1:50'000.

Wie aus den Situationen hervorgeht, sind die Anlagen Gösgen (a) und Aarau (b) typische Kanalkraftwerke mit einer Ausleitstrecke, mit welcher längere Fließstrecken des natürlichen Flussverlaufs abgeschnitten werden. Das Kraftwerk Rupperswil-Auenstein (d) hat ebenfalls die typische Form eines Ausleitkraftwerks, wobei hier eine Gefällestufe genutzt wird; d.h. es wird nicht die horizontale sondern die vertikale Linienführung begradigt, womit die Gefälledifferenz für die Produktion genutzt werden kann. Die Anlage Rüchlig (c) ist

ein typisches Industriekraftwerk, welches das vorhandene hydraulische Potenzial in der Nähe des Produktionsorts nutzte, indem vorgezeichnete Flussarme in einer Auenlandschaft in Kraftwerkskanäle umgebaut wurden.

Die drei Flusskraftwerke Aarau, Rüchlig und Rupperswil-Auenstein nutzen das Gefälle der Aare vollständig. Sie stauen auch die oberliegenden Restwasserstrecken ein. Die Minderproduktion an Strom ist im Wesentlichen von der nutzbaren Fallhöhe bei der Zentrale abhängig. Die Restwasserstrecken unterscheiden sich bezüglich ihrer Länge (Flie遥strecke) und der Grundwasseraustritte. Das Restwasser des Kraftwerks Rupperswil-Auenstein speist zusätzlich einen Aarearm im Auenschutzpark Aargau (Tabelle 3.2.1).

Tabelle 3.2.1: Anlagenvergleich mit angrenzenden Kraftwerken.

	WKW Gösgen	KW Aarau	KW Rüchlig	KW Rupperswil-Auenstein
Hauptfluss				
Länge Konzessionsstrecke	15.5 km	5.2 km	3.0 km	7.3 km
Länge Ausleitstrecke	6.5 km	2.4 km	2.2 km	2.5 km
davon OW Maschinenhaus	4.9 km	2.2 km	0.5 km	0 km
davon UW Maschinenhaus	1.6 km	0.2 km	1.7 km	2.5 km
Gefälle Ausleitstrecke	0.14 ‰	0.5 ‰	-	0.13 ‰
Besonderes	typisches Ausleitkraftwerk	Einstau Zentrale durch KW Rüchlig	Variabler OW-Stau, Einstau durch KRA	UW-Kanal gegenüber Aarebett rund 10 m abgesenkt
Austritt Grundwasser	In Restwasserstrecke und Unterwasserkanal	In Restwasserstrecke	In Unterwasserkanal	In Unterwasserkanal
Restwasser, Hochwasser				
Länge Restwasserstrecke	8.2 km	2.9 km	2.3 km	2.5 km
davon OW Wehr (Restwasser im Stauraum)	0 km	0 km	0.6 km	0 km
davon UW Wehr (Restwasserstrecke)	8.2 km	2.9 km	1.7 km	ca. 2.5 km
davon eingestaut	0.8 km	1.4 km	0.5 km	0.4 km
Mittleres Gefälle Restwasserstrecke	1.5 ‰	1.4 ‰	-	3.6 ‰ (mit Absturz)
Riffle-Strecke Restwasser	15	3	ca. 1	ca. 2
Energie, Gesamtproduktion				
Ausbauabfluss / Schluckvermögen (neuer Ausbaudurchfluss)	380 m³/s	394 (400) m³/s	380 / 420 m³/s	355 / 378 m³/s
Nutzbare Fallhöhe über Zentrale bei mittlerer Nutzmenge von 250 m³/s	15.4 m	6.4 m	4.0 m	11.7 m
Nutzbare Fallhöhe über das Wehr bei Dotierabfluss	5.5 m	4.4 m	3.85 m	8.0 m
Restwasser / Dotierwasser (Ist)	7.5 – 15 m³/s	10 m³/s	10 m³/s	15 – 25 m³/s
Restwasser / Dotierwasser (Zukunft)	10 - 20 m³/s	15 - 25 m³/s	15 - 25 m³/s	15 – 25 m³/s
Jahresverlust von 5 m³/s zus. Dotierabfluss während 280 Tagen ($\mu = 0.85$)	ca. 2.77 GWh	ca. 0.56 GWh	ca. 0.042 GWh	ca. 1.04 GWh

4 Umweltwissenschaftliche Grundlagen

4.1 Hydrologische, hydraulische und hydrogeologische Grundlagen

4.1.1 Hydrologie

Die Auswertung der Jahresganglinien in Abbildung 4.1.1 (zusätzliche Grundlage in Anhang 9.2) lassen folgende Schlüsse zu:

- Die jährlichen Schwankungen (Nass- und Trockenjahre) sind beträchtlich.
- Die mittleren Jahresganglinien über eine 10 Jahres-Periode (2003 – 2012) bzw. über die gesamte Periode (1975 – 2012) ändern sich relativ wenig. Interessanterweise war in der Periode 2003 - 2013 ein Anstieg der Hochwasserspitzen aber eine Abnahme der mittleren Abflüsse Q_{50} - Q_{100} zu beobachten.
- Der minimale Aare-Abfluss beträgt $Q_{\min, Aare} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$.

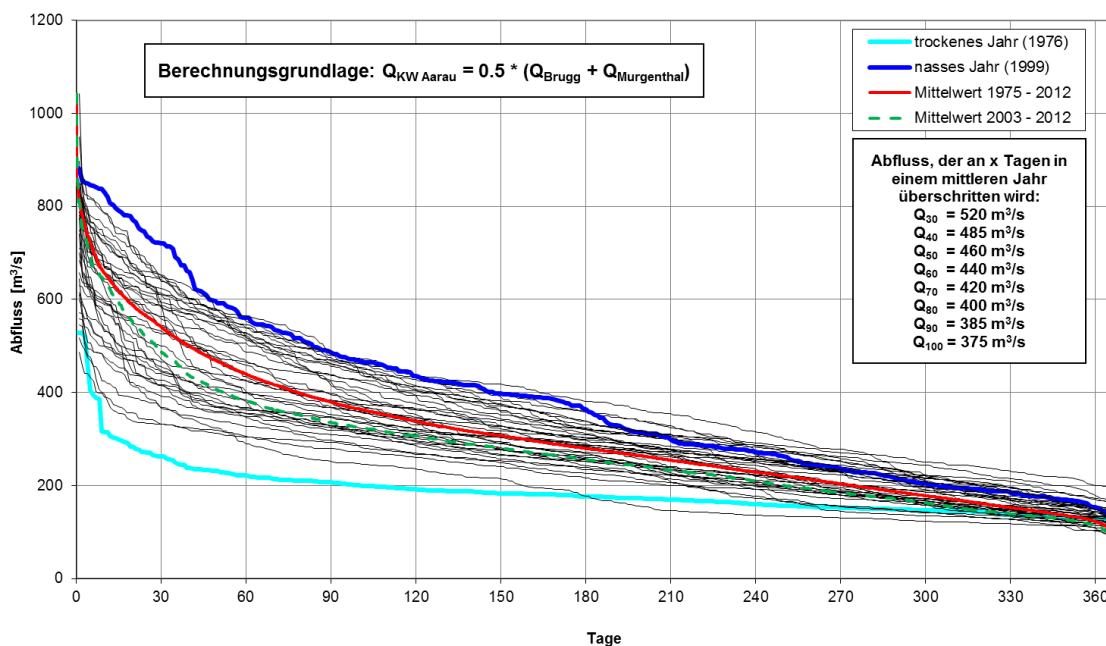


Abbildung 4.1.1: Dauerkurven Aareabfluss in Aarau der Jahre 1975 bis 2012 und mittlere Jahresdauerkurven.

Durch das Kraftwerk fließen heute maximal $394 \text{ m}^3/\text{s}$. Neu sind es $400 \text{ m}^3/\text{s}$. Ab diesem Wert erfolgt der Wehrüberfall. Die Zusammenstellung in Abbildung 4.1.2 dokumentiert, dass bei durchschnittlichen Abflüssen ein Wehrüberfall nur im Monat Juni zu erwarten ist.

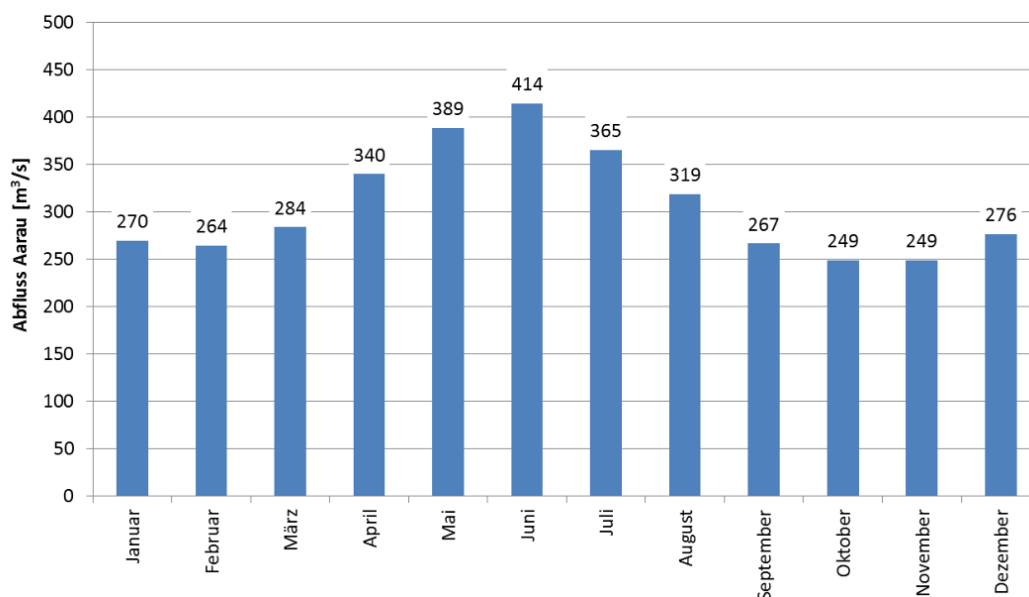


Abbildung 4.1.2: Monatsmittelwerte Aareabfluss anhand Tagesmittelwerte 1975 bis 2012.

Die Abbildung 4.1.3 zeigt den Abfluss in der Restwasserstrecke in den Jahren 1999 bis 2009. Die Hochwasserauswirkungen auf die Restwasserstrecke (Dynamik) treten in jährlich unterschiedlicher Häufigkeit und Stärke auf. Besonders die Jahre 1999, 2001 und 2005 bis 2007 wiesen starke Hochwasserereignisse auf. Sehr grosse Schwankungen der Wasserspiegel in der Restwasserstrecke, bei Hochwasser bis zu $400 \text{ m}^3/\text{s}$, können zu allen Jahreszeiten vorkommen. Im Vergleich dazu erscheint die „Hochwassersituation“ in der Restwasserstrecke infolge der totalen Kanalabschaltung im Oktober 2009 klein (Abbildung 4.1.3 und Abbildung 4.1.4).

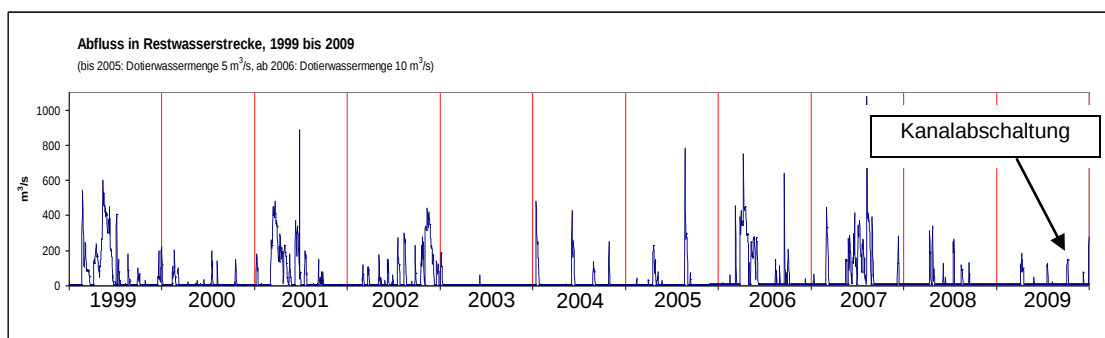


Abbildung 4.1.3: Abfluss in der Restwasserstrecke von 1999 bis 2009 (Tagesmittelwerte). Dotierwassermenge bis 2005: $5 \text{ m}^3/\text{s}$ und ab 2006: $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (Datenquelle: IBAarau Kraftwerk AG).



Abbildung 4.1.4: Unterschiedliche Abflussmengen in der Restwasserstrecke unterhalb des Dotierwehrs.
Links: Dotierwassermenge 10 m³/s, rechts: Hochwasser 2007.

Das Verhältnis der Anzahl Tage mit Minimalabfluss in der Restwasserstrecke zur Anzahl Tage mit höherem Abfluss zeigt jährlich grosse Unterschiede. Erhöhte Abflüsse fanden in acht Jahren während 10 - 50 Tagen (durchschnittlich 10 % der Tage im Jahr) statt und in den übrigen sechs Jahren während 100 - 160 Tagen (durchschnittlich 35 % der Tage im Jahr). Im Jahr 2012 führte die Restwasserstrecke an 101 Tagen mehr als 10m³/s, was zu Wehrüberfall führt. Das Jahr 2013 wird vermutlich ähnlich ausfallen (Tabelle 4.1.1 und Abbildung 4.1.5).

Tabelle 4.1.1: Restwasserstrecke Kraftwerk Aarau.
Anzahl Tage pro Jahr mit Wehrüberfall (bis 2005: 5 m³/s, ab 2006: 10 m³/s; *2013: Januar bis Juli).

Jahr	Anzahl Tage	
	Minimalabfluss 5 bzw. 10 m ³ /s	Dotierwassermenge > 5 bzw. 10 m ³ /s
1999	202	163
2000	316	50
2001	224	141
2002	239	126
2003	355	10
2004	328	38
2005	325	40
2006	264	101
2007	240	125
2008	324	42
2009	340	25
2010	317	48
2011	343	22
2012	265	101
2013*	119	93

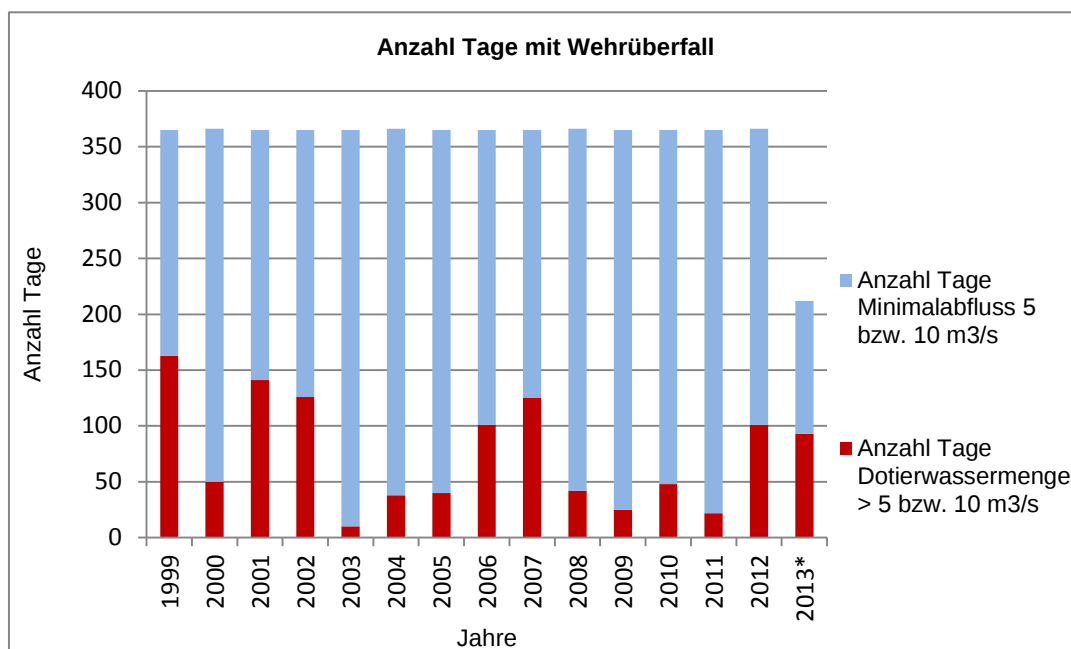


Abbildung 4.1.5: Anzahl Tage pro Jahr mit Minimalabfluss 5 m³/s bzw. 10 m³/s und Dotierwassermenge > 5 m³/s bzw. 10 m³/s, *2013: Januar bis Juli).

Die höheren Abflüsse in der Restwasserstrecke im Vergleich zu den Jahren 2008 bis 2011 (Wehrüberfall zwischen 22 und 48 Tagen pro Jahr) beschleunigten die morphologischen Veränderungen und verhinderten ein Aufkommen der Vegetation sowohl auf dem Kies, als auch im Wasser. Eine Sukzession der Auenentwicklung kann nicht stattfinden. Es braucht trockene Jahre, damit sich wieder eine Pioniervegetation auf den Kiesbänken entwickeln kann. Auffallend ist, dass in den Jahren 1999 – 2013 keine Jahre existieren, in denen Wehrüberfall während 50 – 100 Tagen stattfand.

4.1.2 Geschiebetransport

Durch den Bau von Stauwehren und die Inbetriebnahme von Wasserkraftwerken und Geschiebesammlern in den Zuflüssen wurde die Geschiebeführung der Aare von vormals jährlich 10'000 bis 20'000 m³/a auf wenige 100 m³/a reduziert oder vollständig unterbunden (Schälchli, Abegg & Hunzinger 2005). Infolgedessen wurden Kiesbänke erodiert, das Gerinne ausgeräumt, und in nicht gestauten Flussabschnitten war eine Erosionstendenz festzustellen. Die Deckschicht vergrößerte sich, die Sohle pflasterte sich ab und kolmatierte zunehmend. Diese Prozesse führten zu einer starken Beeinträchtigung der aquatischen und amphibischen Lebensraumverhältnisse.

Um der zunehmenden Kolmation und Verschlammung entgegenzuwirken, wurde ein neues Geschiebemanagementkonzept umgesetzt, das eine teilweise Rückgabe des entnommenen Geschiebes an ausgewählten Stellen vorsieht.

Geschiebe wird in einem Streckenabschnitt transportiert:

- wenn die Transportkapazität genügend gross ist und
- wenn Geschiebe von oben in den Abschnitt eingetragen wird oder durch Erosion im Streckenabschnitt mobilisiert werden kann.

Laut den Berechnungen setzt der Geschiebetransport in der Restwasserstrecke beim Kraftwerk Wildegg-Brugg zwischen 400 - 600 m³/s ein. Somit findet nur bei Hochwasser ein Geschiebetransport statt.

Im Vorprojekt sind im Bereich der Verzweigung in den Oberwasserkanal und oberhalb des Wehrs Massnahmen zur Strömungslenkung und Geschiebeabweisung vorgesehen (Buhnen/Leitwerke, Geschiebeabweiser). Im Rahmen der weiteren Projektierung wurden diese Massnahmen detaillierter untersucht und optimiert (Technischer Bericht, Kapitel 4.8.6.6).

Eine Quantifizierung des durchgeleiteten Geschiebes ist grundsätzlich nur dann möglich, wenn das Ausmass, die Art und der Umfang der im Oberwasser vorgenommenen Reaktivierung des Geschiebetriebs bekannt ist (Menge, Kornverteilung, Zugabestandorte etc.). Diese Angaben sind seitens der Kantone BE und SO nicht vorhanden. Im Weiteren sind die numerischen und experimentellen Prognoseinstrumente in der vorliegenden Strömungssituation und für diese Fragestellung noch wenig entwickelt bzw. wenig zuverlässig. Die beste Erfassung des durchgeleiteten Geschiebes geht über die Erfassung der Auflandungen im OW-Kanal. Es wird vorgeschlagen, die Kanalsole 2, 5 und 10 Jahre nach der KW-Erneuerung mittels Echolot zu erheben und damit die Funktionstüchtigkeit der Geschiebedurchleitung zu überprüfen.

4.1.3 Einstau durch Kraftwerkbetrieb und durch Kraftwerk Rüchlig

Das unterliegende Kraftwerk Rüchlig und der Auslauf des KW Aarau stauen die Restwasserstrecke ein. Das Kraftwerk Rüchlig hat ein variables Stauziel gemäss Abbildung 4.1.6.

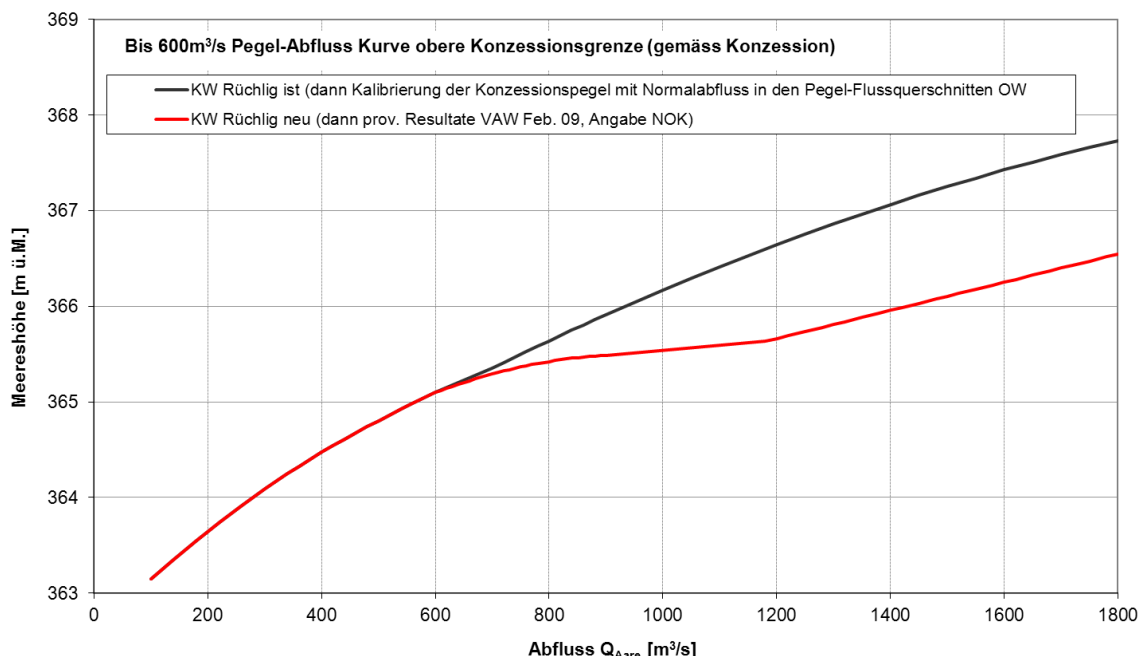


Abbildung 4.1.6: Pegel-Abfluss-Beziehung Kraftwerk Rüchlig.

Bei höheren Abflüssen staut das Kraftwerk Rüchlig die Aare höher auf. Damit bewegt sich die Stauwurzel flussaufwärts.

4.1.4 Wasserqualität

Im 2003 wurde die Wasserqualität der Aare vom Bielersee bis zum Rhein mit Hilfe von Kieselalgen biologisch beurteilt (Gewässerschutzfachstellen der Kantone Bern, Solothurn, Aargau, 2003). Die Kieselalgen entlang der Aare bestehen aus Arten, die zwar nährstoffreiche Fliessgewässer bevorzugen, aber keine starken organischen Belastungen ertragen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Mehrzahl der untersuchten Stellen die Zielvorgaben der Gewässerschutzverordnung (GSchV) knapp nicht erfüllen.

Die chemische Wasserqualität der Aare kann bei der Messstelle Aarau (im Oberwasserkanal vor Zentrale Kraftwerk Aarau) je nach betrachtetem Parameter als gut bis sehr gut bezeichnet werden.

Negativ auf die Wasserqualität im Gebiet wirkt sich die ARA Schönenwerd mit der Einleitung in den Kanal und der Hochwasserentlastung in die Aare aus. Im Oberwasserkanal 2 bei der "Alten Badi Aarau" beeinflusst ein Regenwasserüberlauf der Kanalisation die Wasserqualität in hygienischer Hinsicht. Dies stellt dort möglicherweise das Baden in Frage.

4.1.5 Hydrogeologie und Grundwasser

Das ganze Aaretal ist mit quartärem Schotter aufgefüllt und beherbergt den weitgehend zusammenhängenden Aaretal-Grundwasserstrom. Als Grundwasserstauer wirkt die Fels-oberfläche. Die Grundwassermächtigkeit erreicht in der tiefsten Talsohle 20 m und mehr und dünnt gegen die Talflanken aus. Auf beiden Talseiten finden sich anschliessend noch gewisse Schottervorkommen, die kein nutzbares Grundwasser mehr enthalten, aber trotzdem zum seitlichen Einzugsgebiet des Grundwasservorkommens gehören (Abbildung 4.1.7).

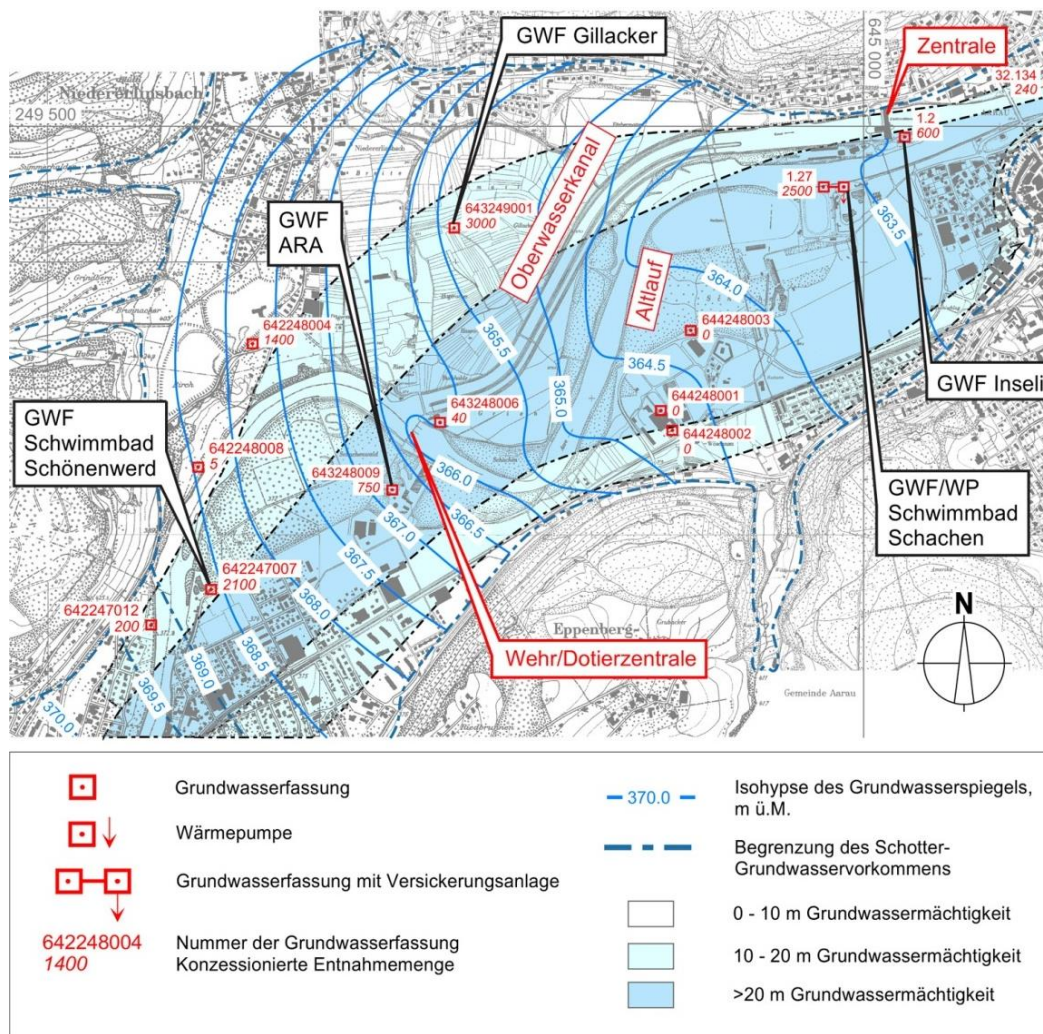


Abbildung 4.1.7: Grundwasserkarte (Mittelwasserstand) des Konzessionsgebiets.
(Kenntnis- und Interpretationsstand: UVB, Kapitel 6.5).

Wie aus dem Isohypsenplan des Grundwasserspiegels zu entnehmen ist, strömt das Grundwasser generell fast parallel zur Talachse von WSW gegen ENE, wobei das Gefälle zwischen Schönenwerd und dem Wehr des Kraftwerks Aarau ca. 3 ‰, unterhalb davon und bis Aarau ca. 1 ‰ beträgt.

Im Talabschnitt Schönenwerd bis Aarau, der für das vorliegende Projekt massgebend ist, schwankt der Grundwasserspiegel in der Grössenordnung von 3 m. Seine Lage wird weitgehend vom Pegel des Altlaufs (Restwasserstrecke) diktiert, da er als Vorfluter wirkt. Bis ins Gebiet nordöstlich von Schönenwerd liegen die Aare und das Grundwasser etwa auf gleicher Höhe. Bei rasch steigendem Aarewasser infiltriert dort einerseits Aarewasser ins Grundwasser; andererseits exfiltriert bei rasch sinkendem Aarestand Grundwasser in die Aare.

Der Wasserspiegel des Oberwasserkanals dagegen liegt einige Meter über dem Grundwasserspiegel. Der nicht künstlich abgedichtete Oberwasserkanal verliert als Folge seiner Hochlage Wasser und alimentiert so das Grundwasser. Das aus dem Oberwasserkanal ins Grundwasser übertretende Wasser exfiltriert aber nach Querung des Zwischengebiets Grien bereits nach kurzer Fließstrecke wieder in den Altlauf der Aare.

Die bedeutendste Exfiltration von Aarewasser erfolgt im Aarealtlauf, im Bereich Reitbahn mit 19 l/min Grundwasser pro Laufmeter Aare. Durchschnittlich exfiltrieren im Altlauf 15 l/min Grundwasser pro Laufmeter Aare. Die Infiltrationsleistung von Aarewasser im Oberwasserkanal oberhalb des Kraftwerks Aarau beträgt gemäss einem fürs Konzessionsgebiet erstellten, numerischen Grundwassermodell durchschnittlich ca. 9 l/min pro Laufmeter Aare. Die mengenmässig bedeutendste Infiltration von Aarewasser erfolgt unmittelbar im Bereich des Kraftwerks Aarau mit rund 14 l/min pro Laufmeter Aare (Abbildung 4.1.8 und UVB, Kapitel 6.5).

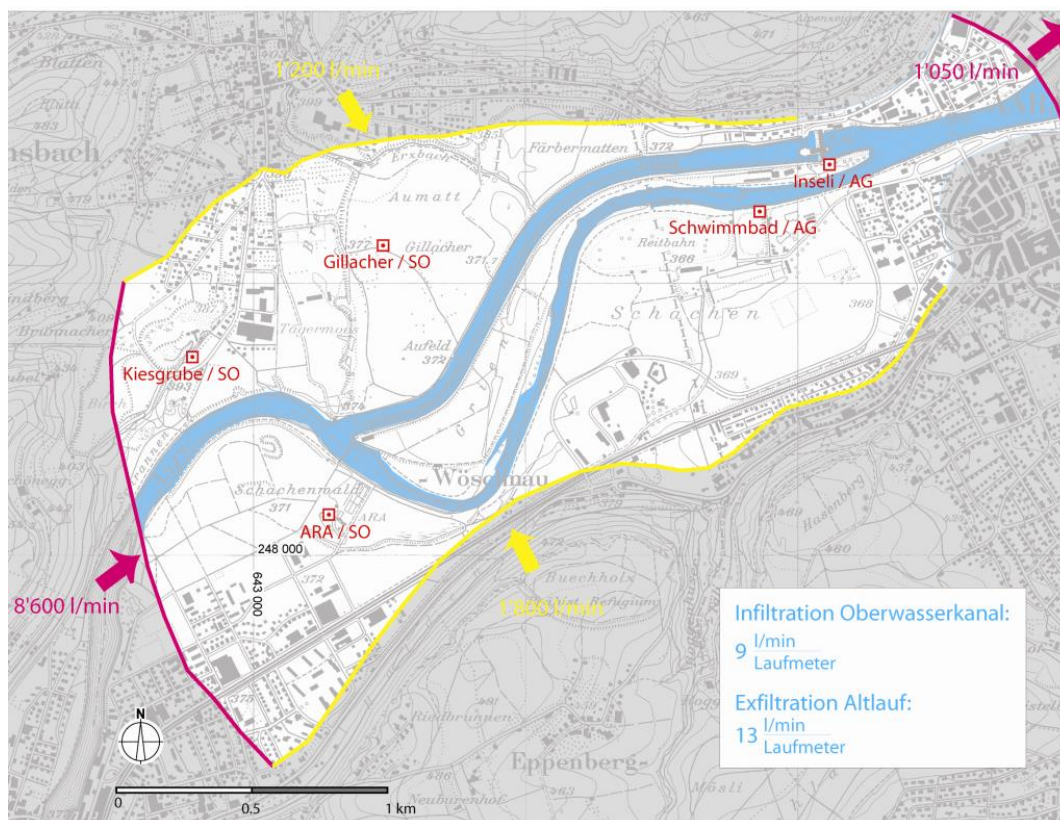


Abbildung 4.1.8: Bilanzierung des Ist-Zustandes bei Mittelwasser.

4.1.6 Wassertemperatur

4.1.6.1 Allgemeines

Der Wärmeeintrag in ein Fliessgewässer erfolgt vor allem durch die Sonneneinstrahlung (Tagesgang). In der Nacht kühlt sich ein Gewässer wieder ab. Auch Beschattung, Abflussmenge, Grundwassereintrag, Oberflächenwasserzufluss, Einleitungen, Fliessgeschwindigkeit und die Beschaffenheit des Sediments (Art des Untergrundes) beeinflussen die Wassertemperatur.

Die Thur hat in ihrem Unterlauf ähnliche Abflussverhältnisse wie die Restwasserstrecke des Kraftwerks Aarau. Modellierungen der Eawag an der Thur zeigen, dass die Erwärmungen bei sehr kleinem Abfluss in aufgeweiteten Gewässerabschnitten nicht zwingend höher ausfallen. Dieser Effekt ergibt sich weitgehend aus dem Gerinneprofil der Aufweitungen (Niederabflussrinne). Durch die Aufweitungen an der Thur wurden die Temperaturmaxima um 0.1 bis 0.2°C erhöht, wobei die Wirkung der Aufweitungen vom jeweiligen Wasserstand und von der Form des Querprofils abhing. Mit zunehmender Fliessdistanz nach der Aufweitung nahm die Temperaturerhöhung wieder ab.

In der Eawag-Studie wird deutlich darauf hingewiesen, dass Wassertemperaturen über den Flussquerschnitt nicht konstant sind. Mit sinkendem Abfluss nahmen die Temperaturvariationen zu. Gegenüber der Temperatur der Hauptströmung sind die Temperaturen an Stellen mit niedriger Wassertiefe und/oder mit verlangsamtem Wasseraustausch (Stillwasser) zum Teil um mehrere °C erhöht. Bei den Mündungen von Zuflüssen mit kühlerem Grundwasser können lokal gegenüber der Hauptströmung stark erniedrigte Temperaturen erreicht werden. Es wurden Temperaturdifferenzen im Querschnitt von bis zu 7°C beobachtet. Die Temperaturvariationen in den Restwasserstrecken an der Thur verhalten sich ähnlich wie in den anderen Abschnitten [6].

Im Fachbericht Gewässerökologie und Fische (Beilage 5.1 zum UVB) wird darauf hingewiesen, dass sich ein Gewässerabschnitt umso schneller erwärmt, je kleiner die Dotierwassermenge ist. Diese Aussage basiert auf Untersuchungen in der Emme. Dort wurde eine Abhängigkeit der Wassertemperatur zur Abflussmenge festgestellt [8].

Die Temperaturuntersuchungen in der Restwasserstrecke des Kraftwerks Gösgen [7] zeigen einen ausgeprägten Tagesgang mit tendenziell erhöhter Amplitude bei zunehmendem Abstand zum Wehr. Gleichzeitig stellten sie eine Erwärmung der Wassertemperatur je nach Lage, Beschattung, Strömung etc. von 0.1 bis 2.5°C fest. Die Wassertemperatur wurde am 17. August und 27. September 1996 an vier Standorten mit Temperaturloggern gemessen. Basierend auf einem Temperaturmodell, errechneten die Autoren des Berichts, dass bei einem Abfluss von 10m³/s die Erwärmung der Wassertemperatur im Tagesverlauf bis zum Ende der Restwasserstrecke (8.2 km), an heissen Sommertagen, bis zu 2.9°C betragen kann. Bei einem Abfluss von 20m³/s beträgt die Differenz nur noch 1.5°C. Ein Vergleich mit dem Temperaturverlauf in der Kanalstrecke wurde nicht gemacht.

4.1.6.2 Besonderheiten Restwasserstrecke KW Aarau

Die Restwasserstrecke des KW Aarau erstreckt sich vom Wehr Schönenwerd bis zum KW Aarau (2.8 km). Auf dieser Strecke wird die alte Aare stellenweise von Grundwasseraufstössen gespeist (Kapitel 4.1.5).

Die Strecke verfügt über beschattete Stellen wie auch über besonnte Kiesbänke. Der Flussquerschnitt ist auf der gesamten Länge variabel. Die Restwasserstrecke tieft sich tendenziell ein. Der Rückstau des KW Rüchlig und des Kraftwerkkanals wirken sich bis in die Restwasserstrecke aus. Die Anzahl Tage mit Wehrüberfall unterscheiden sich von Jahr zu Jahr stark (Kapitel 4.1.1).

4.1.6.3 Temperaturdaten

Die Wassertemperatur der Aare wird beim Kraftwerk Aarau gemessen. Sie schwankt mit der Jahres- und Tageszeit (Abbildung 4.1.9). In trockenen, heissen Jahren erwärmt sich das Wasser am meisten.

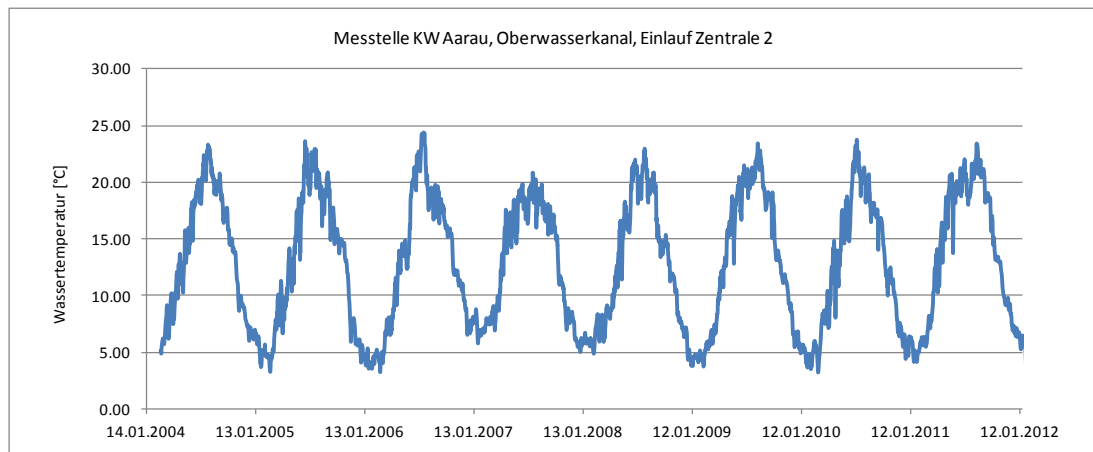


Abbildung 4.1.9: Wassertemperaturen im Oberwasserkanal, Einlauf Zentrale 2 (Messung alle 3 Stunden) vom Januar 2004 bis Januar 2012.

Bei der Messstelle Aare-Brugg des BAFU zeigt die Wassertemperatur das Maximum in der Nacht (Abbildung 4.1.10).

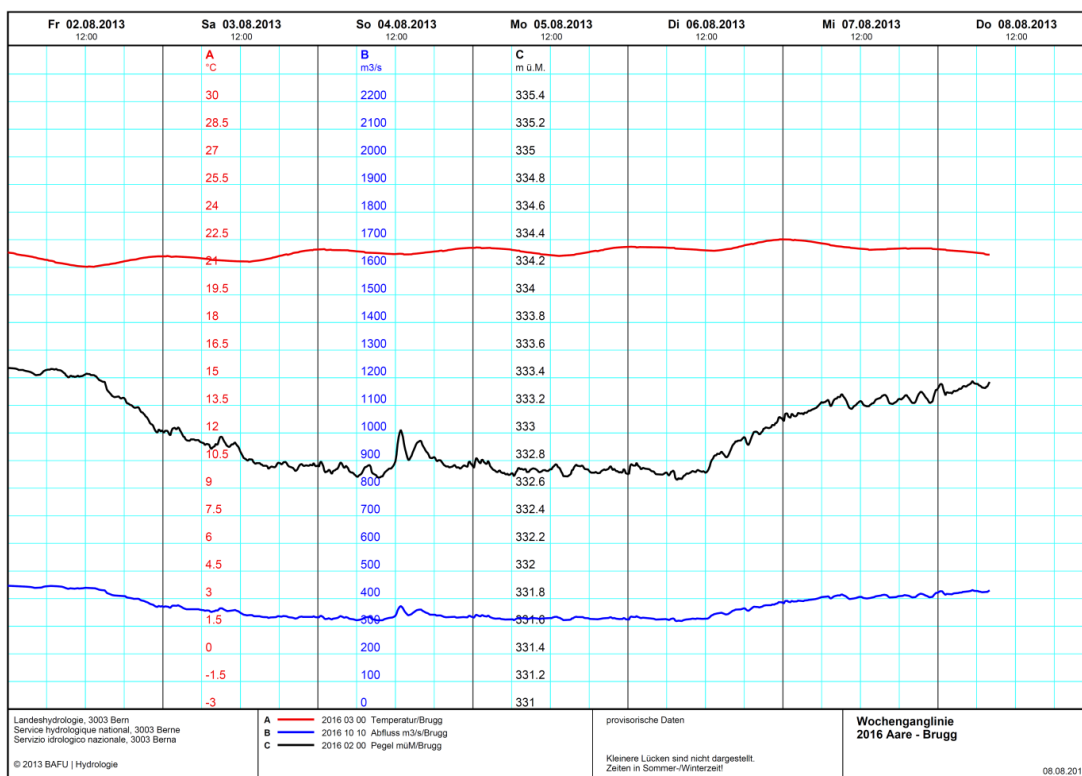


Abbildung 4.1.10: Wochenganglinie 2.8. – 8.8.2013, Messstelle Aare-Brugg des BAFU. Die Wassertemperatur ist als rote Linie gekennzeichnet (Datenquelle: www.hydrodaten.admin.ch, Abruf 8.8.2013).

4.1.6.4 Eigene Messungen

Zwischen dem 21. und 23. September 2009 wurden in der Aare im Oberwasserkanal, sowie in den aarenahen Grundwassermessstellen, Temperaturmessungen durchgeführt. In der Messstelle 09-5 wurde während rund 2 Monaten ausserdem die Temperatur mit einem Datenlogger aufgezeichnet (UVB, Kap. 6).

Ende September 2009 lag die Temperatur des Grundwassers stets im Bereich zwischen 14.5 und 15.5°C, bei einer gleichzeitigen Flusswasser-Temperatur von 17 - 18°C. Die Grundwassertemperaturen weisen bereits oberhalb des Wehrs im Bereich des Schönenwerder Schachens auf eine nennenswerte Infiltration von Flusswasser ins Grundwasser hin. Weiter tritt Grundwasser unterhalb des Wehrs bis zur Kettenbrücke in Aarau wieder in die Aare aus. Mit einer Erhöhung der Dotierwassermenge nimmt dieser Anteil an in- und exfiltrierendem Grundwasser ab (Abbildung 4.1.11).



Abbildung 4.1.11: Messungen in der Restwasserstrecke und sichtbare Grundwasseraustritte bei Niedrigwasser.

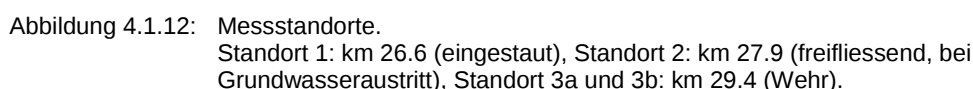
Am 18. August 2009 wurden Wassertemperaturmessungen in der Restwasserstrecke an drei verschiedenen Standorten durchgeführt (siehe Tabelle 4.1.2 und Abbildung 4.1.12).

Tabelle 4.1.2: Temperaturmesswerte (Messung vom 18.08.2009, ANL AG).

Messzeit	Standort 1	Standort 2	Standort 3a	Standort 3b
08.00 – 09.00	21.2	19.2	21.5	21.7
12.00 – 13.00	21.9	19.6	21.5	21.9
17.00 – 18.00	22.5	20.1	21.6	22.1

Die Temperaturmesswerte lassen sich mit dem Einfluss des Grundwassers und der Besonnung erklären. Grundwasser sorgt stellenweise für tiefere Wassertemperaturen (Standort 2, 3a, 3b). Die Erwärmung nimmt zu, wenn die Standorte von der Sonne beschienen werden.

Am 6.8.2013 wurden Wassertemperaturmessungen durchgeführt (Anhang 9.3). Die Lufttemperatur betrug an diesem Tag 26°C, die Dotierwassermenge 10 m³/s und der Aareabfluss lag bei ca. 300 m³/s.



- Das Einlaufblech ins Umgehungsgerinne der Dotierturbine erwärmt das Gerinne um 0.1°C. Bis zum Einlauf in die Aare kühlte sich das Umgehungsgerinne um 0.5°C ab.
- Unterhalb des Wehrs auf der linken Flussseite war die Wassertemperatur um 1.2°C kälter als oberhalb des Wehrs (21.3°C gegenüber 22.5°C).
- Die Temperatur des oberflächlich austretenden Grundwassers betrug 17.7°C (unterhalb des Wehrs) und 15.6°C (bei Querprofil 40.637, linke Seite).

- In einem flachen, leicht durchströmten Stillgewässer (bei Querprofil 40.637, linke Seite) wurden im Schatten 23.2°C und an der Sonne 26.9°C gemessen. Die Differenz lässt sich nur mit der Sonneneinstrahlung erklären.
- In der rasch fliessenden Aare (Querprofil 40.261) betrug der Unterschied der Wassertemperatur zwischen Ufer und Flussmitte 0.6°C (23.4 - 22.8°C). Offensichtlich heizt die Sonne das nahe Kies auf.
- Während der Temperaturmessungen von 11.15 Uhr bis 13.30 Uhr nahm die Wassertemperatur vom Wehr beim Kraftwerk im Kraftwerkkanal um 0.4°C (22.4 auf 22.8°C) und in der Restwasserstrecke beim Süffelsteg um 0.8°C zu (22.0 auf 22.8°C). Interessant ist, dass zu Messbeginn das Wasser im Kraftwerkkanal wärmer war als in der Restwasserstrecke.
- Die Besonnung und Uferbeschaffenheit beeinflussen die Wassertemperatur in Hitzezeiten sehr stark.
- Es zeigen sich grosse Temperaturdifferenzen sowohl zwischen sonnigen und schattigen Standorten wie auch von einem Flachufer gegen die Flussmitte.
- Konstante Wassertemperaturen über den Flussquerschnitt zeigen sich vor allem bei Kanalquerprofilen (Brücken). Wie die Eawag [6] fanden sich keine konstanten Wassertemperaturen über den Flussquerschnitt in der Restwasserstrecke.

Eine zusätzliche Beschattung, um die Erwärmung des Wassers zu reduzieren, ist aus verschiedenen Gründen nicht möglich. Beispielsweise verhindern zu hohe Abflüsse das Aufkommen der Vegetation (Kapitel 5.1).

Die Wassertemperaturen folgen einem abschnittweisen Tagesgang, der sich flussabwärts fortsetzt. Die Sommertemperatur der Aare erreicht in Brugg nachts die höchsten Werte.

Der Einfluss des Grundwassers ist messbar. Die Grundwasserstellen entsprechen dem Modell (Abbildung 4.1.7).

Die Untersuchungen und Berechnungen an der Thur [6] unterstützen die Feststellung in der Restwasserstrecke bzw. die Annahme, dass eine höhere Restwassermenge im Sommer nicht zwangsläufig zu tieferen Wassertemperaturen in der Restwasserstrecke führt.

Die Wassertemperaturverhältnisse in Auengebieten sind heterogen. Diese Heterogenität ergibt sich aus den unterschiedlichen Gewässertypen, die man in Auengebieten findet: Hauptarm, Seitengerinne, Grundwasser gespeiste Bäche, Altarme, Hinterwasser oder Tümpel. Sie zeigen alle unterschiedliche Temperaturregime. Eine Vielfalt der Gewässerlebensräume und damit einhergehend unterschiedliche Temperaturverhältnisse im Projektgebiet sind erwünscht.

Das Umgehungsgerinne im Schönenwerder Schachen durch den Wald, der Oberwasserkanal und die Restwasserstrecke bieten sehr unterschiedliche Gewässerlebensräume. Die Restwasserstrecke des Kraftwerks Aarau bietet mit den seichten, wärmeren Uferbereichen insbesondere Jungfischen einen geeigneten Lebensraum. Insbesondere die kiesigen Gewässerabschnitte bieten geeignete Laichplätze.

Gemäss den festgestellten Sachverhalten in der Restwasserstrecke, insbesondere dem Einfluss des Grundwassers, bringt eine Erhöhung der Restwassermenge an heissen Tagen keine nachweisbaren Vorteile.

4.1.7 Landwirtschaftliche Bewässerung

Im Bereich der Restwasserstrecke wird kein Wasser für die landwirtschaftliche Bewässerung entnommen.

4.2 Bedeutung der Gewässer als Lebensraum

Fische suchen je Lebensstadium verschiedene Strukturen in einem Gewässer auf (Habitatsansprüche). Jungfische halten sich in wärmeren Stellen in flachen Uferbereichen auf, grosse Fische in den tiefen und kühleren Stellen im Gewässer (erhöhte Sauerstoffkonzentration, Nahrung, Schutz vor Feinden).

Wird die natürliche Abflussmenge in einem Gewässer durch eine Wasserentnahme reduziert, verringert sich das Angebot an verfügbaren Strukturen. Der Lebensraum für Wassertiere wird reduziert. Zusätzlich verändern sich verschiedene Umweltparameter in der Restwasserstrecke, beispielsweise nimmt die Fließgeschwindigkeit an einzelnen Stellen ab, das Abflussregime unterliegt nicht mehr den natürlichen Schwankungen mit Hochwasserereignissen (Intensität, Häufigkeit).

Die Konstanz des Abflusses über lange Trockenzeiten hat einen negativen Einfluss auf die Ufervegetation. Es können sich statische Vegetationsgrenzen ausbilden. Die Unterschiede in den Lebensräumen (z.B. Bewuchs mit Wasserpflanzen) zwischen nassen und trockenen Jahren sind gross.

Das Kraftwerk Aarau liegt in einer Reihe von Kraftwerken an der Aare. Die Restwasserstrecke ist somit beeinflusst vom oberhalb und unterhalb liegenden Einstau der Kraftwerke Gösgen und Rüchlig (Kapitel 2.2 und 3.2). Die Strecken unterscheiden sich hinsichtlich Morphologie und Lebensraumangebot für Fische. Für die Restwasserstrecke des Kraftwerks Aarau bedeutet der Rückstau eine starke Beeinträchtigung (Strömungsgeschwindigkeit, Aufkommen von Wasserpflanzen in trockenen Jahren).

4.2.1 Ökomorphologie

Die Restwasserstrecke des KW Aarau ist zum grössten Teil in einem wenig beeinträchtigten Zustand (Abbildung 4.2.1). Lediglich auf einer kurzen Strecke unterhalb des Wehres Schönenwerd, wo zu den harten Uferverbauungen Kolkenschutzmassnahmen in der Sohle hinzukommen, wurde die Aare als "naturfremd künstlich" eingestuft.

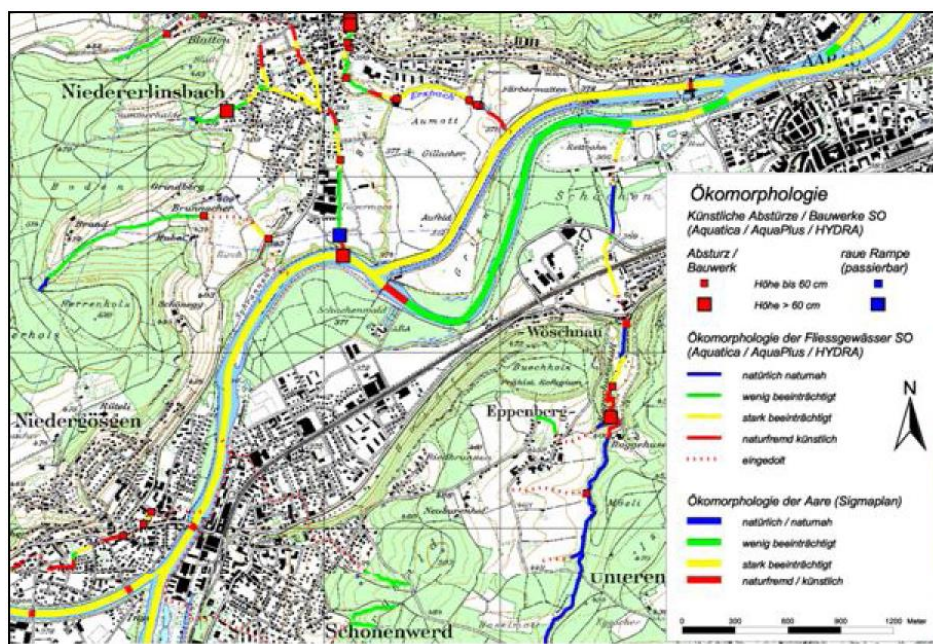


Abbildung 4.2.1: Ökomorphologie der Aare und der Fließgewässer der Kantone SO und AG, sowie künstliche Abstürze und Bauwerke und für Fische teilweise passierbare raue Rampen (Daten Sigmaplan und Aquatica / AquaPlus / HYDRA).

Die bestehenden Uferstrukturen und die Uferbefischung sind in Abbildung 4.2.2 dargestellt. Die Uferbeschaffenheit ist sehr unterschiedlich und geht vom Mauerwerk bis zum Naturufer.

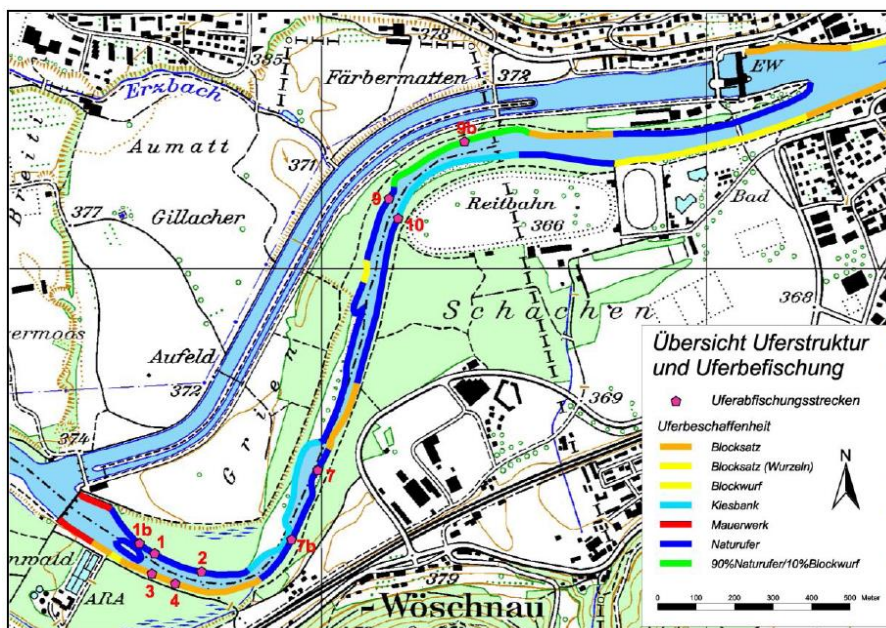


Abbildung 4.2.2: Übersicht über die Restwasserstrecke des Kraftwerks Aarau mit den vorhandenen Uferstrukturen und den Uferbefischungen (Rote Fünfecke).

4.2.2 Pflanzen der Kiesflächen

Das Terrain im Bereich der alten Aare ist ein Flusstal mit steilen Ufern, auf deren Terrassen Wald wächst. Im Gerinnebereich befinden sich einige Uferabschnitte mit Kiesflächen und eine Kiesinsel. Im tiefen Gewässerlauf finden sich nur im Staubereich Unterwasserpflanzen, sonst aber Algen auf den Steinen. Die flussbezogene und gewässerabhängige Vegetation beschränkt sich auf die periodisch überschwemmten Kiesflächen. Vom Wasser landeinwärts findet sich - in Abhängigkeit von der Überschwemmungshäufigkeit - eine Abfolge an wechselndem Untergrund und Pflanzengesellschaften (Ufervegetation) (Abbildung 4.2.3) [1].

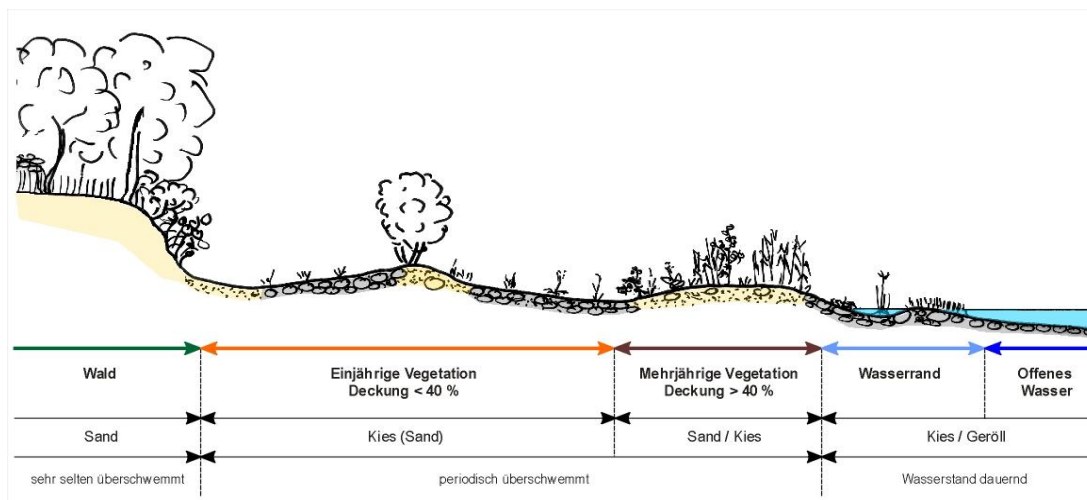


Abbildung 4.2.3: Uferzonierung der Kiesbänke der alten Aare im Überschwemmungsbereich.

Die Ufervegetation wurde im Projektgebiet im Jahr 2009 untersucht. Die Kiesbänke zeigten eine Abfolge von unterschiedlich bewachsenen Vegetationszonen. Am Wasserrand fanden sich Pflanzen im Wasser (Abbildung 4.2.4). Die mehrjährige Vegetation mit einem Deckungsgrad von über 40 % ist in Abbildung 4.2.5 gezeigt und die einjährige Vegetation mit einer Deckung kleiner als 40 % ist in Abbildung 4.2.6 ersichtlich.



Abbildung 4.2.4: Wasserrand. Pflanzen im Wasser.



Abbildung 4.2.5: Mehrjährige Vegetation, Deckung > 40 %.



Abbildung 4.2.6: Einjährige Vegetation, Deckung < 40 %.

4.2.3 Grünalgen und Wasserpflanzen

Aufwuchsalgen: Der stellenweise dichte Bewuchs aus fädigen Grünalgen zeigt, dass in trockenen Jahren Geschiebeumlagerungen fehlen, was abhängig vom Wehrüberfall ist [2].

Wasserpflanzen gedeihen nur in strömungsarmen Abschnitten in der Restwasserstrecke. Es kommen vor allem Wasserpest und Ähriges Tausendblatt vor.

Die geringe Fliessgeschwindigkeit (z. B. in der Staustrecke) führt zu Verschlammung und zur Reduktion von strömungstypischen Arten.

4.2.4 Fischlebensräume

In der Aare der Konzessionsstrecke kommen 31 Fischarten vor (Tabelle 4.2.1). Die Lebensbedingungen in der Aare unterscheiden sich stark, wie auch aus dem Fachbericht Gewässerökologie und Fische in der Beilage 5 zum UVB zu entnehmen ist [5]:

Kanalstrecke:	Geringes Gefälle, ausgeglichene Wasserführung und Strömungsgeschwindigkeit.
Oberhalb Wehr:	Ausgeglichene Wasserführung, hohe Strömungsgeschwindigkeit.
Restwasserstrecke:	Pool-Riffle-Verhältnisse, starke Wasserstandsschwankungen, starke Unterschiede in Strömungsgeschwindigkeit und Sohlensubstrat. Gleicht am ehesten der natürlichen Aare.
Unterhalb Kraftwerk:	Ausgeglichene Wasserführung. Bei der Kanalabschaltung im Oktober 2009 zeigte sich, dass die Kanäle fisch- und artenreicher sind als aufgrund ihrer Künstlichkeit angenommen werden musste.

Tabelle 4.2.1: Fischvorkommen ober- und unterhalb des Kraftwerks Aarau: Arten, Gefährdungsstatus und Fundstrecke [5].

	Gefährdungsstatus gemäss Kirchhofer et al. (2007)	① Untervasser Gösgen (Oberwasser IB Aarau)	① FAH IB Aarau Zentrale (Unterwasser IB Aarau)	② FAH Wehr Schönenwerd Restwasserstrecke IB Aarau	③ Kanalabfischung 2009 (Oberwasserkanäle IB Aarau)	④ Uferabfischung 2009 Restwasserstrecke IB Aarau	⑤ Bestandeserhebung 2001-03 Restwasserstrecke IB Aarau	⑥ Fischaufstieg Wehr 2007	⑦ Fischaufstieg Wehr 2009	Artenzahl
Artenzahl		29	25	26	20	13	21	25	23	31
Aal	verwundbar (3)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Alet	nicht gefährdet	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Äsche	verwundbar (3)	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Bachforelle	potenziell gefährdet (4)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bachneunauge	stark gefährdet (2)	1	0	0	1	1	1	0	1	1
Barbe	potenziell gefährdet (4)	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Bartgrundel	nicht gefährdet	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Blicke	potenziell gefährdet (4)	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Brachsmen	nicht gefährdet	1	1	1	0	0	0	1	1	1
Dorngrundel	verwundbar (3)	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Egli	nicht gefährdet	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Elritze	nicht gefährdet	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Felchen	potenziell gefährdet (4)	1	1	1	0	0	0	1	0	1
Groppe	potenziell gefährdet (4)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gründling	nicht gefährdet	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hasel	nicht gefährdet	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Hecht	nicht gefährdet	1	1	1	0	0	1	1	0	1
Karpfen	verwundbar (3)	1	1	1	0	0	1	1	0	1
Laube	nicht gefährdet	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Nase	vom Aussterben bedroht (1)	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Regenbogenforelle	zoogeografischer Neuling	1	1	1	0	0	0	1	0	1
Rotaugen	nicht gefährdet	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Rotfeder	nicht gefährdet	1	1	1	0	0	0	1	1	1
Schleie	nicht gefährdet	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Schneider	verwundbar (3)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sonnenbarsch	zoogeografischer Neuling	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Stichling	potenziell gefährdet (4)	1	0	0	1	1	0	0	0	1
Strömer	verwundbar (3)	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Trüsche	nicht gefährdet	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Wels	potenziell gefährdet (4)	0	1	1	1	0	0	1	0	1
Zander	zoogeografischer Neuling	1	1	1	1	0	0	0	1	1

Der Arten- und Individuenreichtum und das Vorkommen seltener Arten in den Kanälen hängen sicher damit zusammen, dass die lange Restwasserstrecke des oberliegenden Kraftwerks Gösgen (Abbildung 4.2.7) in direkter Verbindung zum Kraftwerk Aarau steht (Fischabstieg). Lediglich die Ballyschwelle in Schönenwerd stellt bei Niederwasser ein Wanderhindernis für aufsteigende Fische dar.

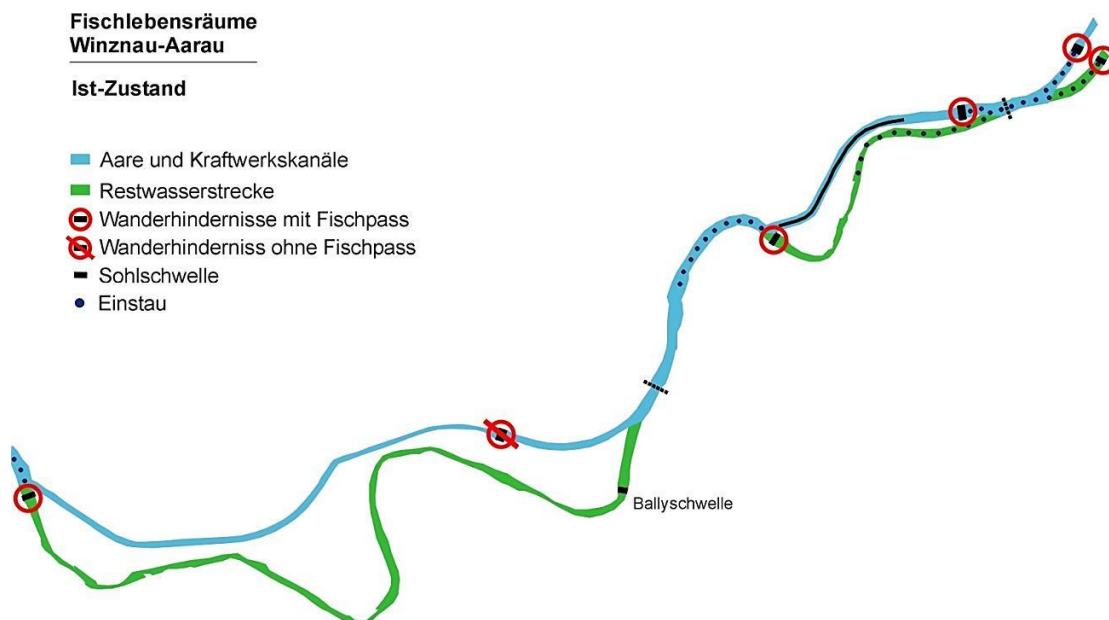


Abbildung 4.2.7: Fischlebensräume und Wanderhindernisse. Zusammenhängende Aarestrecke zwischen Winznau und Aarau.

Die Aare unterhalb der Emme-Mündung gehörte in ihrem ursprünglichen Zustand auf Grund ihrer Gefälleverhältnisse und Breite der Äschen-Region an. Der Fischregionsindex ist eine geeignete Grösse, um zu beurteilen, wie weit die heutige Fischfauna vom ursprünglichen Zustand entfernt ist (Abbildung 4.2.8) [5]:

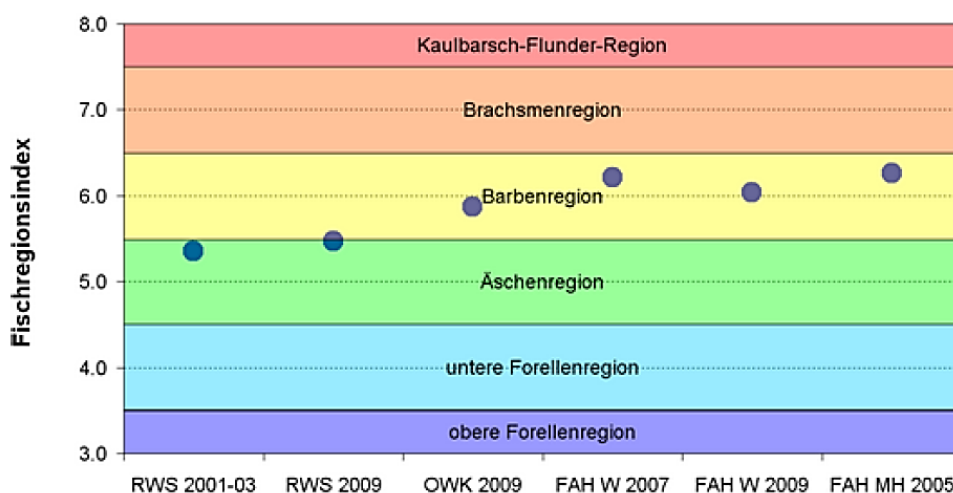


Abbildung 4.2.8: Beurteilung der Fischartengemeinschaft im Bereich KW Aarau anhand ihrer Zugehörigkeit zu einer oder mehreren Fischregionen mittels Fischregionsindex FRI.
RWS = Restwasserstrecke, OWK = Oberwasserkanal FAH W = Fischaufstiegshilfe Wehr FAH MH = FAH Maschinenhaus.

Aus dieser Beurteilung ist klar ersichtlich, dass die Mehrheit der ausgewerteten Datensätze die Gewässerstrecken als Barbenregion charakterisieren und damit die Beurteilung aufgrund von Gefälle und Breite bestätigen. Einzig die Restwasserstrecke, welche im Übergangsbereich zwischen Äschen- und Barbenregion liegt, weist Elemente der ursprünglichen Artengemeinschaft der Aare auf. Ein Hinweis auf das gewässerökologische Potenzial dieser Strecke.

Bezüglich des Fischregionsindex FRI sind in der Restwasserstrecke zwischen 2001 und 2009 keine wesentlichen Änderungen erkennbar. Wegen der höheren Anteile von Elritze und Bachforelle lag der FRI im Jahr 2001 klar im Bereich der Äschen-Region. Durch eine Optimierung des Restwasserregimes in Bezug auf die massgebenden Fischarten kann die Situation verbessert werden.

Die Mehrzahl der bei der Uferbefischung gefangenen Fischarten weist einen hohen Strukturbezug auf (Abbildung 4.2.9). Da aber die meisten dieser Arten nur durch Einzeltiere (Aal, Bachneunauge, Bachforelle) oder nur durch relativ wenige Individuen vertreten sind (Groppe, Dorngrundel, Stichling), macht der Anteil dieser Gruppe, nach der Individuenzahl beurteilt, nur rund 20 % aus. Der grösste Teil der vorkommenden Fische gehört zu den Arten mit geringem Strukturbezug wie Schmerle, Elritze und Barbe.

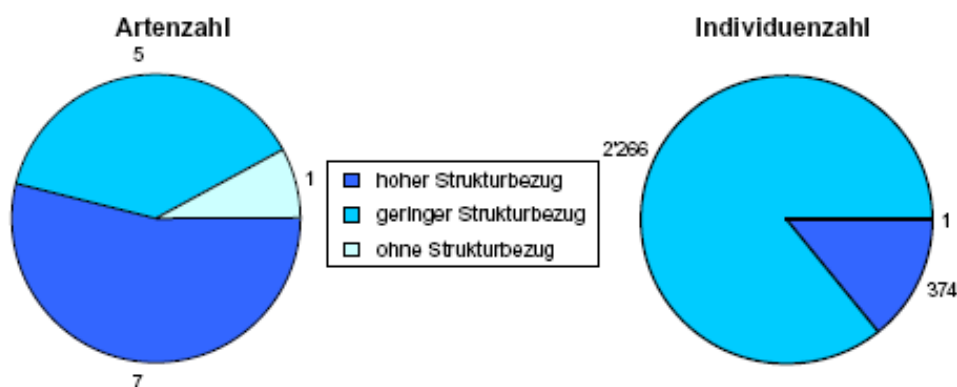


Abbildung 4.2.9: Strukturbezug der Fischarten der Restwasserstrecke des Kraftwerks Aarau. Links Artenzahl, rechts Individuenzahl.

4.2.4.1 Zielarten

Als Zielarten der Restwasserstrecke KW Aarau wurden, analog dem Restwasserbericht KW Gösigen und KW Rüchlig die Barbe und die Äsche definiert. Sowohl die Barbe als auch die Äsche kommen bereits heute in der Restwasserstrecke vor. Zählungen beim Fischpass zeigen, dass beide Arten Fischpässe nutzen.

Auf die Nase als Zielart wurde verzichtet. Da die Gründe für den Rückgang der Nase nicht bekannt sind und verschiedenste Faktoren ihr Vorkommen bestimmen. Wandermöglichkeiten sind vorhanden. Mit den Aufwertungsmassnahmen im Rahmen des Hochwasserschutzes und Revitalisierungsprojekts Aare Olten - Aarau entstehen neue Möglichkeiten (Kiesbänke), um die Vorkommen der Nase zu fördern [4].

5 Entwicklung der Restwasserstrecke

5.1 Allgemein

Beim Wehr Schönenwerd (km 26.600) teilt sich die Aare in die beiden Kraftwerkskanäle und in die Restwasserstrecke. Unterhalb des Kraftwerks Aarau (km 29.350) vereinen sich Kanal und Restwasser wieder. Die Länge der Restwasserstrecke beträgt 2.9 km. Das unterliegende Kraftwerk Rüchlig staut das Kraftwerk Aarau und die Restwasserstrecke ein. Der Einstau des Kraftwerks Aarau wirkt sich bis zum Kraftwerk Gösgen und zur Balyschwelle in der Restwasserstrecke aus. Die Dotierwassermenge liegt seit 2006 bei 10 m³/s.

Die Aare liegt in diesem Bereich in einer Schotterebene. Der Verlauf der Aare ohne menschlichen Einfluss verlagert sich und das Flussbett tieft sich ein. Beispielsweise sind Prallhänge eine Folge dieser Entwicklung. Durch Hochwasser werden zusätzlich Uferverbauungen weggespült. Seit hunderten von Jahren wird das Landschaftsbild dadurch verändert.

5.2 Wasserspiegellagen

Die frei fliessende Restwasserstrecke hat sich in den vergangenen 10 Jahren morphologisch sehr stark verändert, obwohl die Restwassermenge konstant (früher $5\text{m}^3/\text{s}$, ab 2006 $10\text{m}^3/\text{s}$) gehalten wurde (Kapitel. 4.1.2). Die alte Aare wird zunehmend einheitlicher. Die Stauwurzel des KW Rüchlig wird durch den etwas erhöhten Aufstau, bei erhöhten Abflüssen, tendenziell flussaufwärts verlagert.

Eindrücklich zeigt dies der Vergleich der Querprofile von 1999 und 2008 (BAFU) im grossen Flussrank der Aare (Abbildung 5.2.1): Der tiefe Graben wurde auf Kosten des Prallhangs nach rechts verschoben. Auf der linken Seite von 0 bis 40 m wurden benetzte Flächen mit Kies überschüttet.

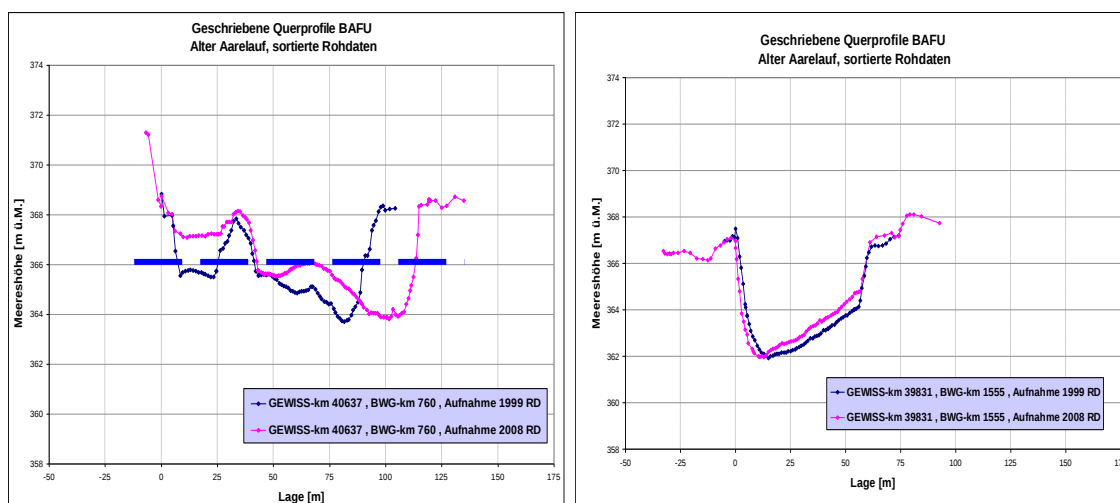


Abbildung 5.2.1: Profilaufnahmen BAFU (blau 1999, lila 2008). Links: Querprofil km 40.637 in der Restwasserstrecke frei fliessend. Rechts: Querprofil km 39.831 in der Restwasserstrecke im Einstaubereich. Blaue Linie: Minimalrestwasserhöhe ($10\text{m}^3/\text{s}$) schematisiert.

Weitere Grafiken zu den Wasserspiegellagen sind im Anhang 9.1 und 9.4 eingefügt.

Die Erosion unterhalb des Wehrs wird aufgrund des Geschiebedefizites weiter gehen. Über einen längeren Zeitraum betrachtet, wird sich damit das Längsgefälle in der Restwasserstrecke verändern und somit werden auch die frei fliessenden Strecken abnehmen. Für den Prozess der Erosion sind insbesondere die Anzahl Tage mit Wehrüberfall und die Hochwasserintensität massgebend. Die Höhe der Dotierwassermenge ist für die Seiten- und Sohlenerosion von untergeordneter Bedeutung.

Bilder vor Ort zeigen (Abbildung 5.2.2 und Abbildung 5.2.3), dass sich die Verlagerung des Prallhangs und die Erosion unterhalb des Wehrs zwischen 2009 und 2013 sehr stark auswirken. Dort wird immer mehr Geschiebe abtransportiert, was zu unterspülten Ufern und niedrigerem Wasserstand, was sich auf die Wasserspiegellagen auswirkt.



Abbildung 5.2.2: Lage des Findlings am Prallhang bei Querprofil 40.261 mit Restwassermenge $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Links: 21.09.2009. Rechts: 06.08.2013.



Abbildung 5.2.3: Schwarzpappel unterhalb Wehr Schönenwerd mit Restwassermenge $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Links: 21.09.2009. Rechts: 06.08.2013. Kies wurde abgetragen, die Baumwurzel unterspült. Der Wasserspiegel liegt deutlich tiefer.

5.3 Benetzte Fläche

Die Luftbilder (Abbildung 5.3.1 und Abbildung 5.3.2) zeigen die Situation um 1993 und im Jahr 2012. Deutlich erkennbar sind die morphologischen Veränderungen (Verlagerung nach rechts, starke Reduktion der benetzten Fläche). Zusätzlich erkennbar sind die flächenmässige Reduktion an Flachwasserzonen und Schnellen. Das Verhältnis von benetzter Fläche zu Kiesbänken blieb nicht ausgeglichen und verschob sich auch örtlich sehr stark.



Abbildung 5.3.1: Alte Aare unterhalb des Wehrs Schönenwerd (1993, Dotierwassermenge $5\text{m}^3/\text{s}$; Luftbild Google Earth).

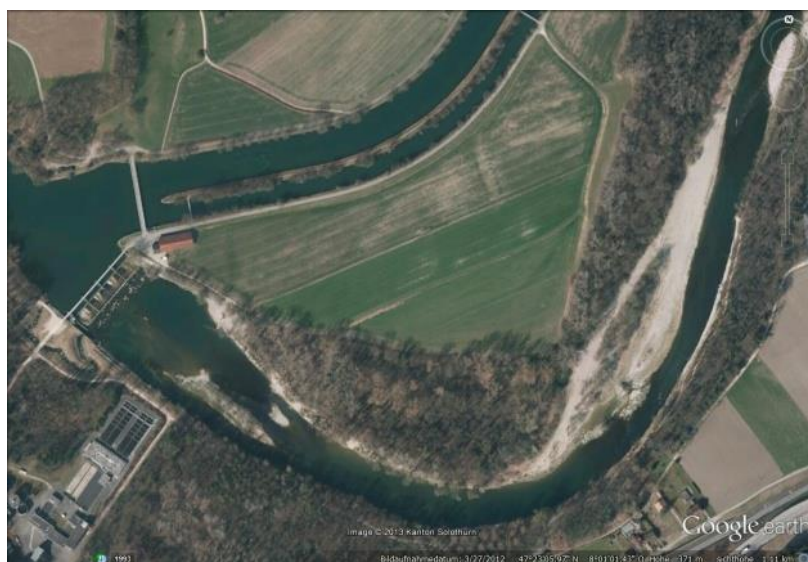


Abbildung 5.3.2: Alte Aare unterhalb des Wehrs Schönenwerd (2012, Dotierwassermenge $10\text{m}^3/\text{s}$; Luftbild Google Earth).

Die benetzte Fläche hat sich aufgrund der morphologischen Veränderungen stark verändert (Abbildung 5.3.3). Die Wasserfläche der Restwasserstrecke ist zwischen 1999 (Bild oben: $5 \text{ m}^3/\text{s}$) und 2009 (Bild unten: $10 \text{ m}^3/\text{s}$) gesamthaft geringer geworden, nur im Einstaubereich (A) ist sie gleich geblieben. Die benetzte Fläche ist nicht nur eine Funktion der Wassermenge.

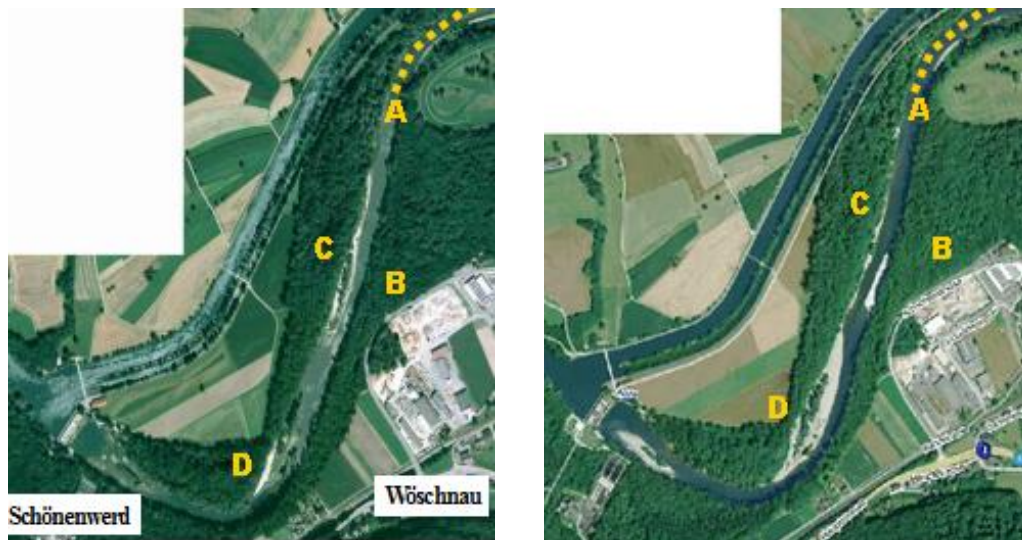


Abbildung 5.3.3: Luftbilder der Restwasserstrecke oberhalb des Einstaubereichs. Links: vor 1999. Rechts: 2009. Markante Verschiebungen im Gerinne mit Kiesinseln. Restwasser: bis 2005 $5 \text{ m}^3/\text{s}$, ab 2006 $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die untere Hälfte der Restwasserstrecke befindet sich im Einstaubereich (A) und zeigt eine stark verminderte morphologische Dynamik. Die Schüttung von 1999 zur Kiesrückgabe am rechten Ufer (B) wirkte sich auf das gegenüberliegende Ufer aus, und die grossen Kiesinselbereiche am linken Ufer wurden abgetragen (C). In der Zeit des Umbaus des Kraftwerks Ruppoldingen wurden in der Aare ausserordentlich hohe Mengen Geschiebe mobilisiert. Dieses wird längs der Aare transportiert und zeitweise abgelagert.

5.4 Bauphase KW Aarau und HWS Olten – Aarau

Der Betrieb des KW Aarau wird stufenweise organisiert (Kapitel 2). Die zeitweilige Reduktion des Betriebes führt zum Rückgang der maximal turbinierbaren Wassermenge von 394 m³/s auf 140 m³/s, was zur Zunahme der Anzahl Tage mit Wehrüberfall führt. Die Abflussmenge in der Alten Aare nimmt dementsprechend während der Bauphase zu.

Der bei den Aushubarbeiten anfallende Flusskies wird zur Geschiebereaktivierung und Gestaltung von Lebensräumen in die Restwasserstrecke eingebracht. Die Zugabe erfolgt abgestimmt auf das Regime der Aare und koordiniert mit dem Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt Aare, Olten - Aarau.

Die Kieszugabe in die alte Aare hat zur Folge, dass das Gerinne breiter wird und die Sohle angehoben wird. Die Verlagerung von Geschiebe im Gewässer unterliegt danach der Bewegung des Wassers und ermöglicht eine Gestaltung von Ufer und Flussbett. Neue Landschaftsentwicklungen sind durchaus möglich. Fauna und Flora können davon profitieren.

6 Einfluss unterschiedlicher Wassermengen

6.1 Wasserspiegellagen und Wassertiefen

Der Rückstau effekt des Kraftwerks Rüchlig reicht bei bereits relativ geringen Aareabflussmengen in die Restwasserstrecke KW Aarau. Bei $300 \text{ m}^3/\text{s}$ beispielsweise ist der Wasserspiegel (und die Wassertiefe) bei der Kantonsgrenze Solothurn/Aarau praktisch unabhängig von der Restwassermenge. Die Kantonsgrenze liegt zwischen den Querprofilen km 39.563 und 39.403.

- Bei einem Aareabfluss von $180 \text{ m}^3/\text{s}$ sind die Wasserspiegel unabhängig der Restwassermengen ab Querprofil GEWISS-km 39.083 flussabwärts praktisch identisch.
- Bei einem Aareabfluss von $300 \text{ m}^3/\text{s}$ sind die Wasserspiegel unabhängig der Restwassermengen ab Querprofil GEWISS -km 39.282 flussabwärts praktisch identisch. Ab Querprofil 39.831 ist der Einfluss gering (im cm-Bereich).
- Bei einem Aareabfluss von $420 \text{ m}^3/\text{s}$ sind die Wasserspiegel unabhängig der Restwassermengen ab Querprofil GEWISS -km 40.020 flussabwärts praktisch identisch.

Die Veränderungen der Wasserspiegellagen oder der mittleren Fliessgeschwindigkeit bei einer Erhöhung der Dotierwassermenge werden durch den Rückstau reduziert. Bei geringeren Aareabflüssen ($<180 \text{ m}^3/\text{s}$) verändert sich flussabwärts des Profils km 39.083 die Wasserspiegellage (und Wassertiefe) kaum noch; bei einem höheren Aareabfluss (ab $420 \text{ m}^3/\text{s}$) ab km 40.020. Somit erstreckt sich der Einflussbereich einer veränderten Dotierwassermenge fast ausschliesslich auf das Gebiet des Kantons Solothurn.

Die mittlere Fliessgeschwindigkeit nimmt bei den betrachteten Querprofilen km 40.400, km 39.831, km 39.403, km 39.282 und km 38.882 mit zunehmendem Aareabfluss aufgrund des Rückstaus auch bei einer erhöhten Dotierwassermenge ($10 \text{ m}^3/\text{s}$, $15 \text{ m}^3/\text{s}$, $20 \text{ m}^3/\text{s}$, $25 \text{ m}^3/\text{s}$, $30 \text{ m}^3/\text{s}$, $40 \text{ m}^3/\text{s}$) ab (siehe Kap. 4.1.4).

Die gemessenen Wasserspiegel erhöhen sich zwischen $10 \text{ m}^3/\text{s}$ und $25 \text{ m}^3/\text{s}$ um 1 bis 2 cm pro Kubikmeter Wasser (Abbildung 6.1.1).

Dotierversuche 21.09 / 19.10.2009: Differenz im WSP bzgl. 10m³/s übers Wehr

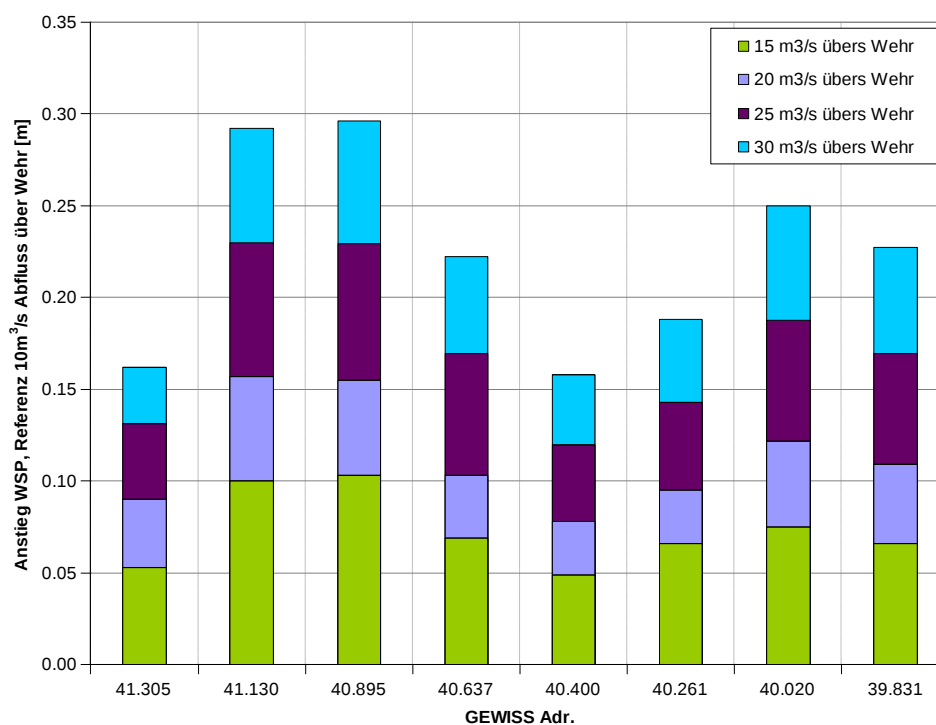


Abbildung 6.1.1: Gemessener Anstieg der Wasserspiegellagen bei 15, 20, 25 und 30 m³/s in Bezug auf die Wasserspiegellage bei 10 m³/s.
Die Lage [km] der Querprofile ist in Abbildung 2.4.1 dargestellt.

In Abbildung 6.1.1 wird die Differenz (bereinigte Daten) der Wasserspiegellagen bei 15, 20, 25 und 30 m³/s bezüglich 10 m³/s Restwasser dargestellt. Weitere Datengrundlagen sind in Anhang 9.1 und 9.4 dargestellt.

In Abbildung 6.1.2 wird die Differenz zur Wasserspiegellage bei 10 m³/s Restwasser aufgezeigt. Die Datengrundlage ist sowohl gemessen als auch berechnet.

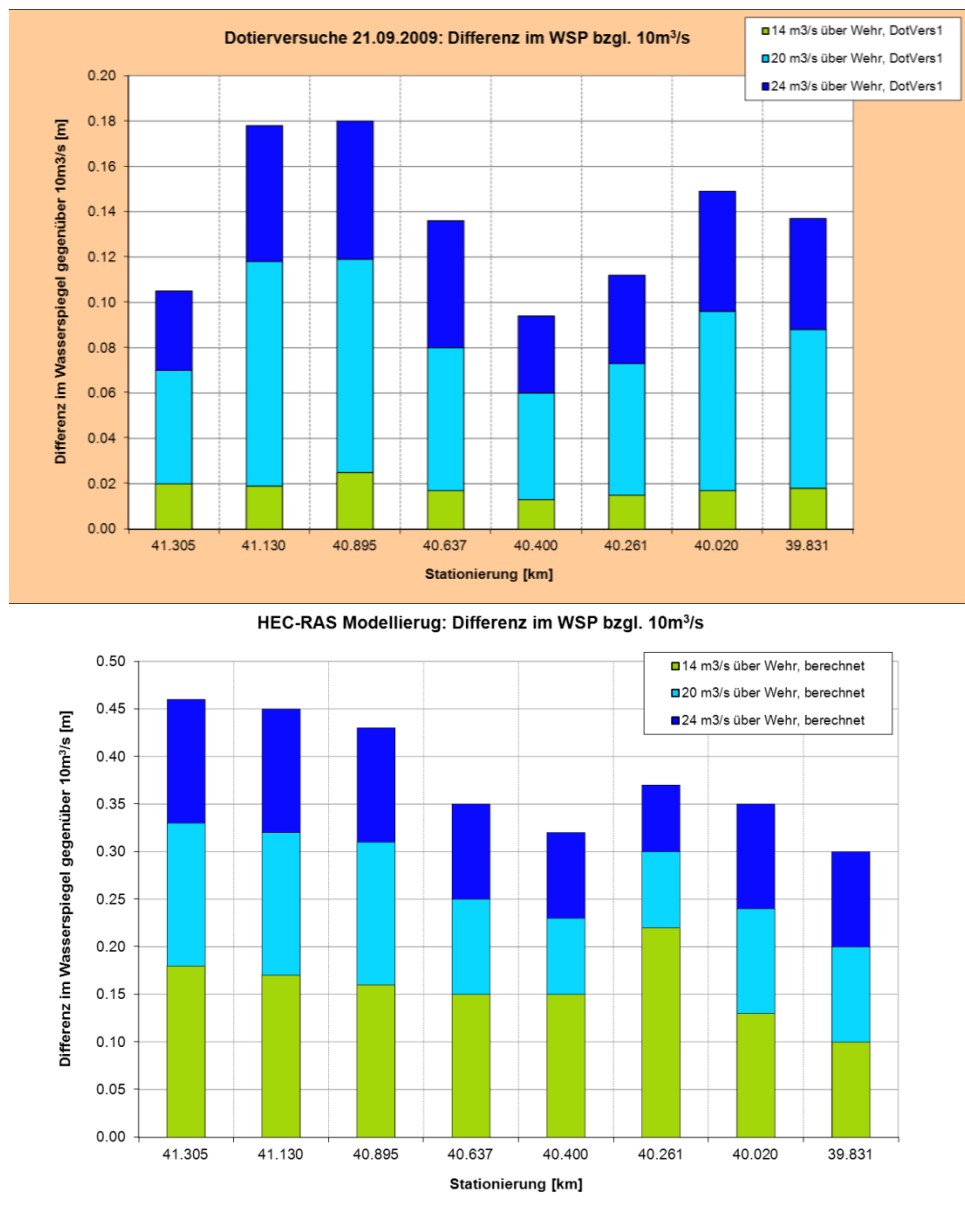


Abbildung 6.1.2: Dotierversuche vom 21.09.2009. Gemessener und berechneter Anstieg der Wasserspiegellagen bei 14, 20 und 24 m³/s in Bezug auf die Wasserspiegellage bei 10 m³/s. Die Lage [km] der Querprofile ist in Abbildung 2.4.1 dargestellt.

Die Differenzen der Messung bezüglich der Rechnung sind durch lokale Effekte bei den benetzten Flächen (WSP) beziehungsweise durch lokale Strömungsstrukturen (Geschwindigkeit) bedingt und damit auch eine Folge der begrenzten räumlichen Auflösung der Berechnung beziehungsweise der Modellgrundlage anhand der Querprofile. Der WSP-Anstieg ist pro 5 m³/s im Mittel bei ungefähr 5 - 10 cm je nach Ort und ohne Rückstau effekt. Für die Geschwindigkeiten sind lokale Abweichungen bis ca. 1000 % möglich gegenüber mittleren Geschwindigkeiten.

Die folgende Abbildung 6.1.3 vergleicht die gemessenen mit den gerechneten Wasserspiegellagen. Die Differenzen sind wiederum sichtbar zwischen den beiden Methoden und lassen sich wie zuvor erwähnt erklären. Die Wasserspiegellagen sind diesmal anhand der Meereshöhe aufgetragen. Die grössere Ansicht ist in Anhang 9.5 beigelegt.

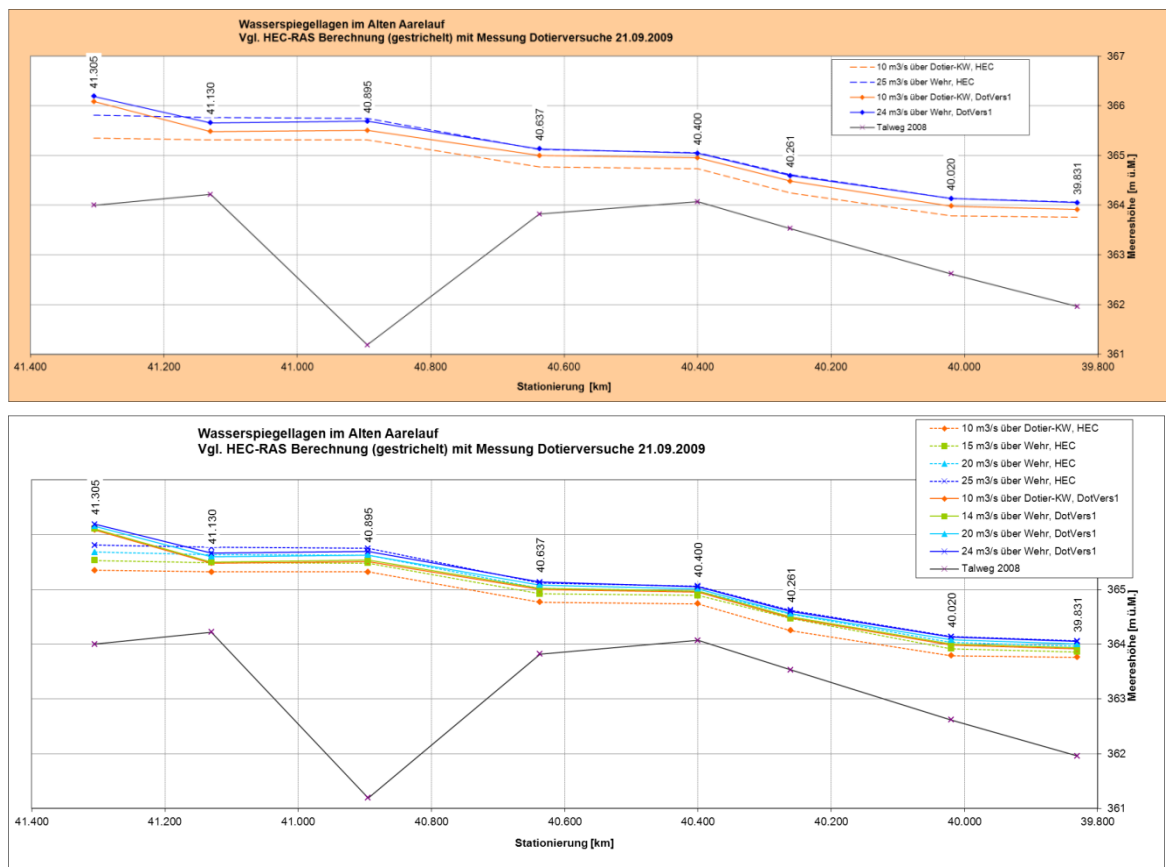


Abbildung 6.1.3: Dotierversuche vom 21.09.2009. Gemessener und berechneter Anstieg der Wasserspiegellagen bei verschiedenen Abflussgeschwindigkeiten in Bezug auf die Meereshöhe. Die Lage [km] der Querprofile ist in Abbildung 2.4.1 dargestellt.

6.2 Strömungsgeschwindigkeiten

Die Strömungsgeschwindigkeiten sind oberhalb des Wehrs Schönenwerd, in den Kanälen und unterhalb des Kraftwerks am höchsten (1 bis 2 m/s bei 400 m³/s Abfluss in der Aare). In der Restwasserstrecke sind die Strömungsgeschwindigkeiten im Durchschnitt geringer und variieren viel stärker (Pool- und Riffle-Situationen). In den Abbildungen 6.2.1 - 6.2.4 ist der Einfluss des Rückstaus in die Restwasserstrecke deutlich zu erkennen. Bei rund 400 m³/s Abfluss in der Aare sind die Strömungsgeschwindigkeiten im unteren Teil deutlich reduziert.

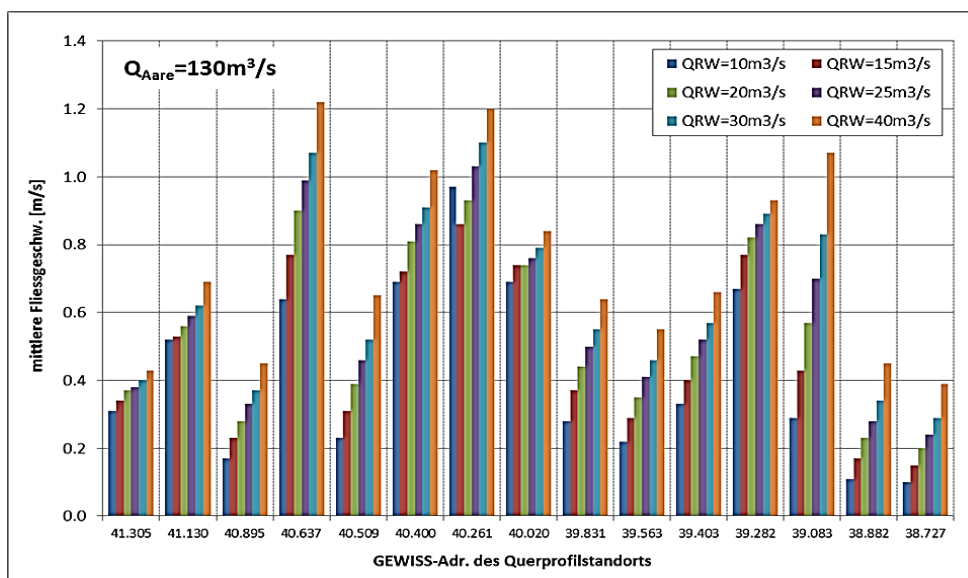


Abbildung 6.2.1: Mittlere Fließgeschwindigkeit im alten Aarelauf beim ersten Dotierversuch mit $Q_{Aare} = 130 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Lage [km] der Querprofile ist Abbildung 2.4.1 dargestellt.



Abbildung 6.2.2: Tiefengemittelte Fließgeschwindigkeit Q 347 ($Q_{Aare} = 140 \text{ m}^3/\text{s}$) während Niederwasser.

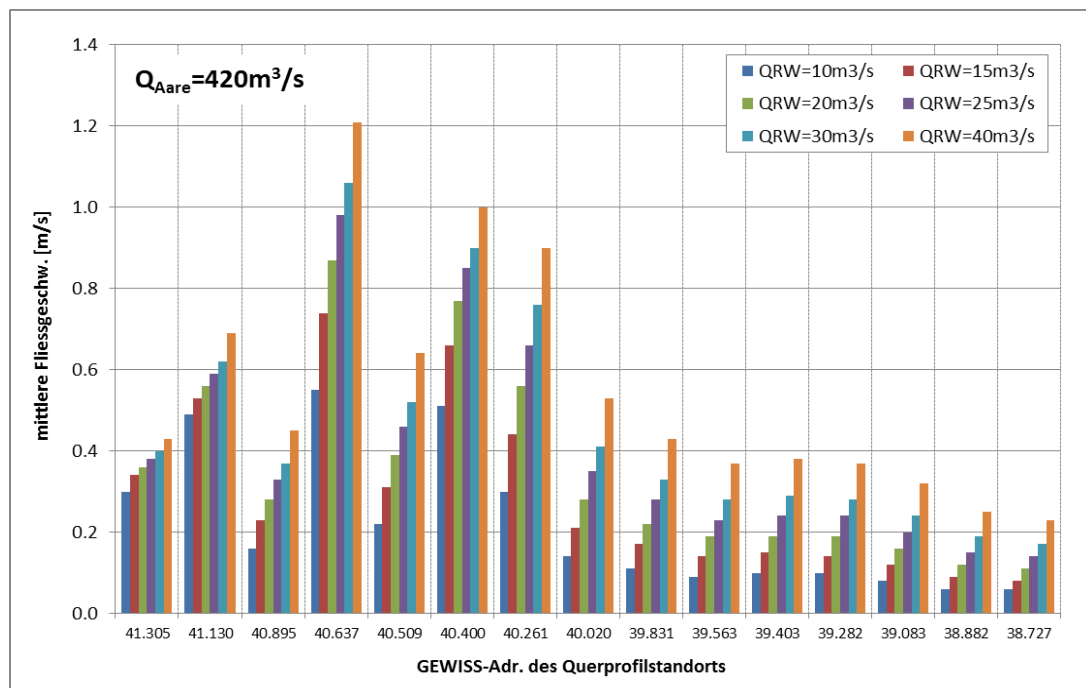


Abbildung 6.2.3: Mittlere Fließgeschwindigkeit im alten Aarelauf beim ersten Dotierversuch mit $Q_{Aare} = 420 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Lage [km] der Querprofile ist in Abbildung 2.4.1 dargestellt.

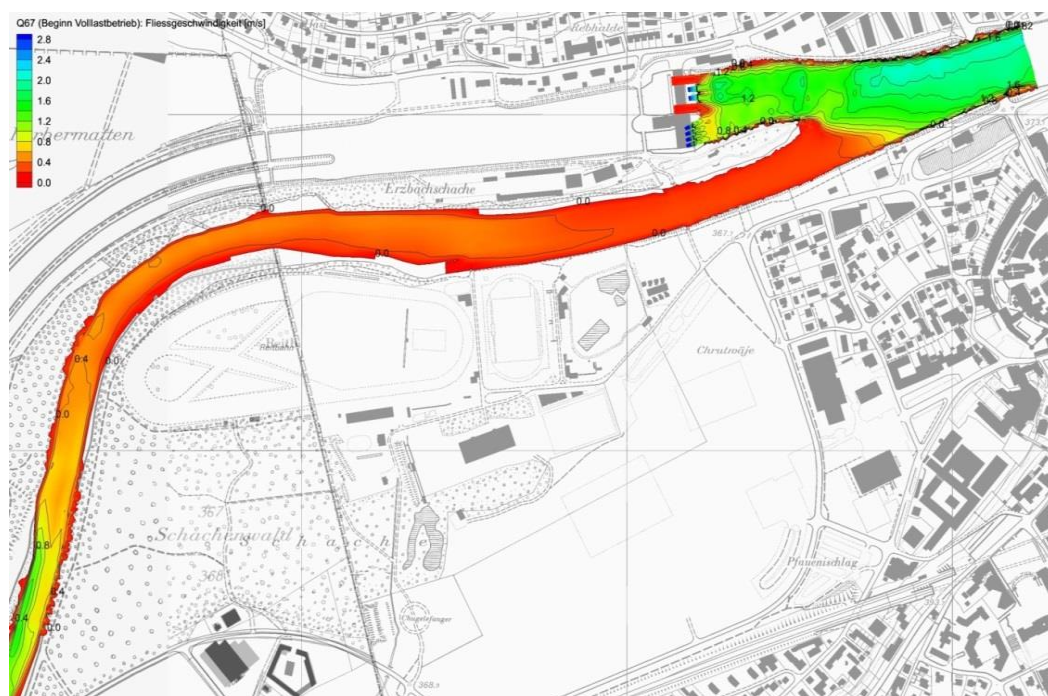


Abbildung 6.2.4: Tiefengemittelte Fließgeschwindigkeit Q_{67} ($Q_{Aare} = 425 \text{ m}^3/\text{s}$) bei Hochwasser.

In Abbildung 6.2.5 wird die gemessene und berechnete mittlere Geschwindigkeit in der Restwasserstrecke gezeigt. Die Differenzen zwischen Messung und Berechnung lassen sich ebenfalls durch die erwähnten Schwächen der Modellannahme erklären. Die grössere Ansicht ist in Anhang 9.5 beigelegt.

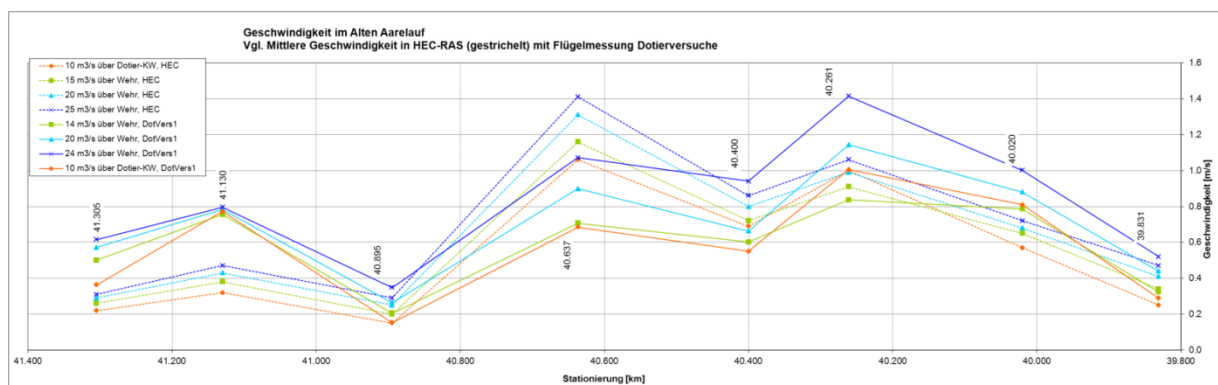


Abbildung 6.2.5: Gemessene und berechnete Geschwindigkeit. Die Lage [km] der Querprofile ist in Abbildung 2.4. dargestellt.

6.3 Einfluss Unterwasserkanal und unterliegende Kraftwerke

Die Stauwurzel schwankt zwischen der Kantonsgrenze (Niederwasser) bei Profil 39.403 und dem Profil 40.400. Der periodisch eingestaute Bereich ist in der Aare an der sandigen Sohle in der Aare gut zu erkennen. Auch bei Niederwasser sind die Flusskilometer 28.8 - 29.7 eingestaut. Mit zunehmendem Aareabfluss vergrössert sich der eingestaute Bereich bis 27.75 – 29.7 (bei 420 m³/s Abfluss in der Aare. Die frei fliessende Restwasserstrecke reduziert sich auf den Bereich 26.7 – 27.75 oder um einen Drittel der Gesamtlänge bis zur Konzessionsgrenze. In diesem Abschnitt werden die Wasserspiegellagen durch den Aareabfluss bestimmt. (Abbildung 6.3.1 bis Abbildung 6.3.3).

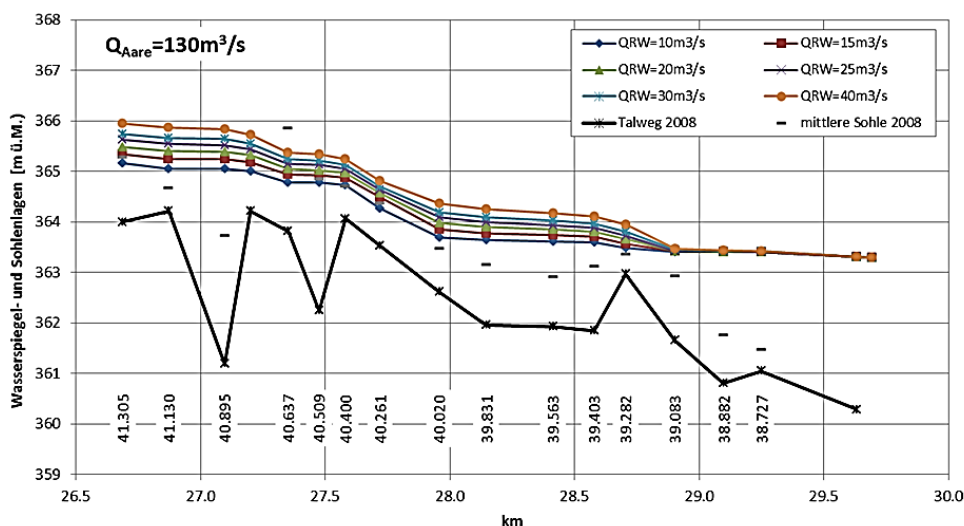


Abbildung 6.3.1: Berechnete Wasserspiegellagen bei Niederwasser ($Q_{Aare} = 130 \text{ m}^3/\text{s}$) und für verschiedene Restwassermengen. Schwarze Linie: Sohle Restwasserstrecke (vgl. Beilage 3.11 zum Technischen Bericht).

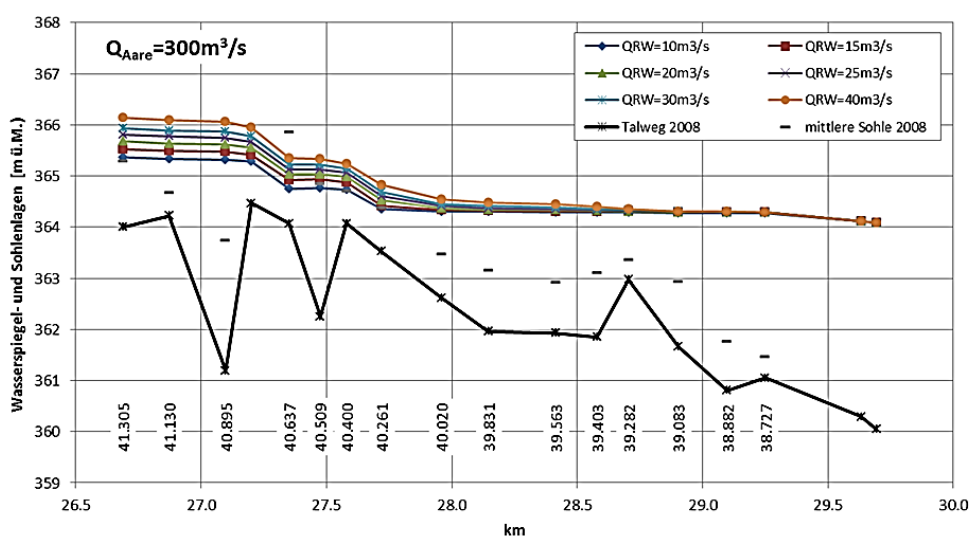


Abbildung 6.3.2: Berechnete Wasserspiegellagen bei mittlerem Aareabfluss ($Q_{Aare} = 300 \text{ m}^3/\text{s}$) und für verschiedene Restwassermengen. Schwarze Linie: Sohle Restwasserstrecke (vgl. Beilage 3.11 zum Technischen Bericht).

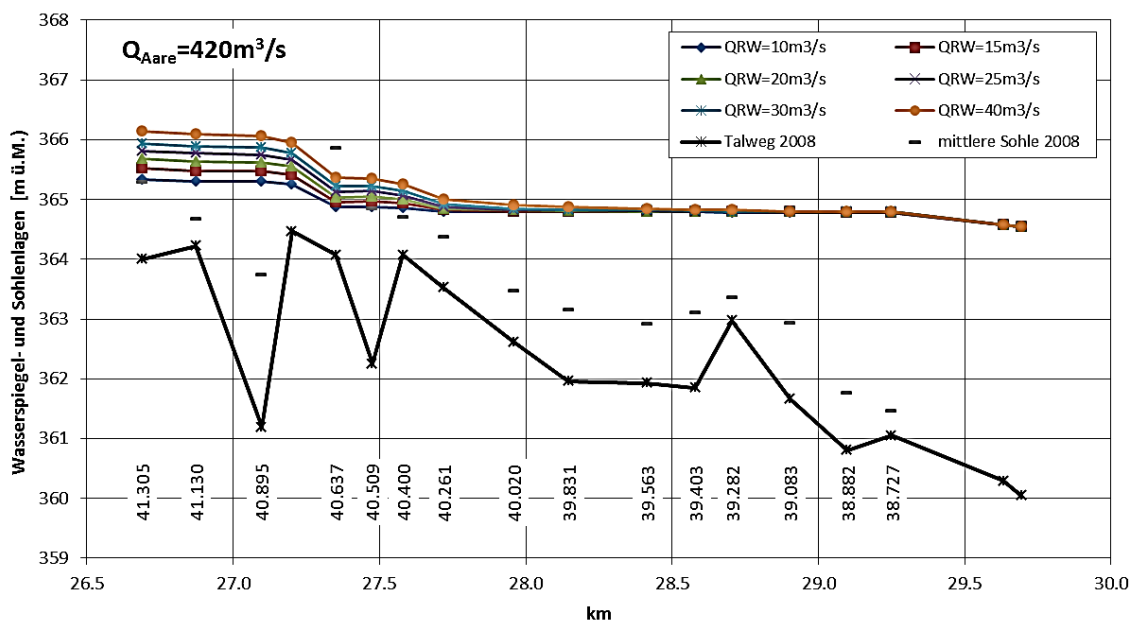


Abbildung 6.3.3: Berechnete Wasserspiegellagen bei einem Aareabfluss von $420 \text{ m}^3/\text{s}$ und für verschiedene Restwassermengen. Schwarze Linie: Sohle Restwasserstrecke (vgl. Beilage 3.11 zum Technischen Bericht).

Der Einstau beeinflusst den Strömungsverlauf zwischen Unterwasserkanal und Restwasserstrecke. Bei maximalem Einstau meist im Frühling/Sommer ($420 \text{ m}^3/\text{s}$ Aareabfluss) besteht eine deutlich sichtbare Differenz der Strömungsgeschwindigkeiten zwischen der Aare (Restwasserstrecke) und dem Unterwasserkanal (Abbildung 6.3.4).

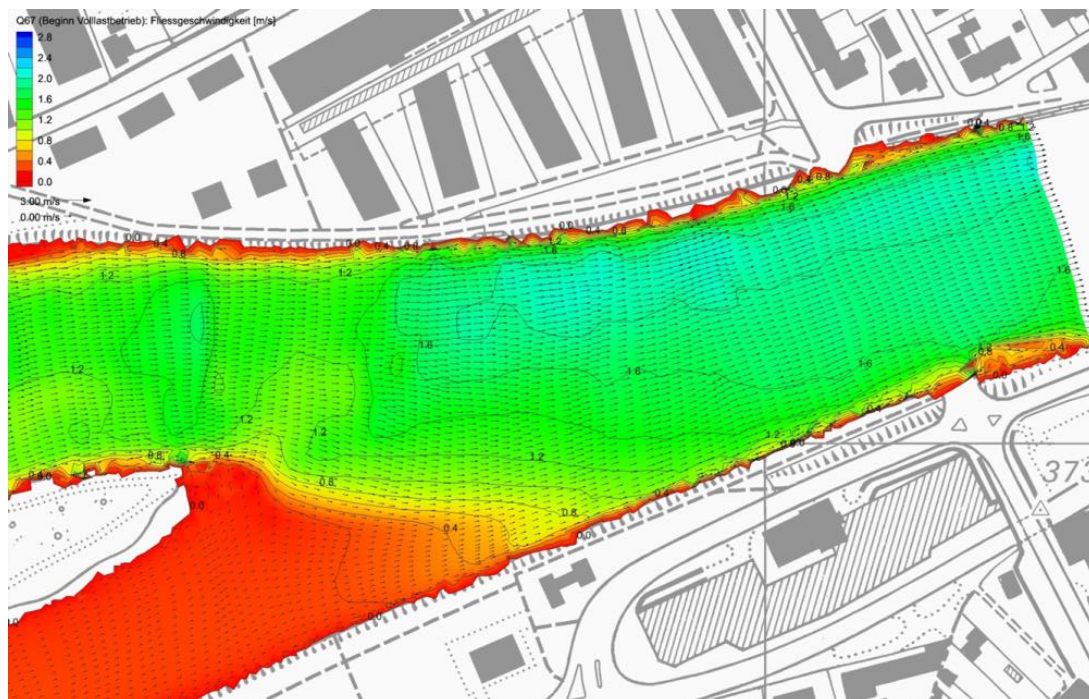
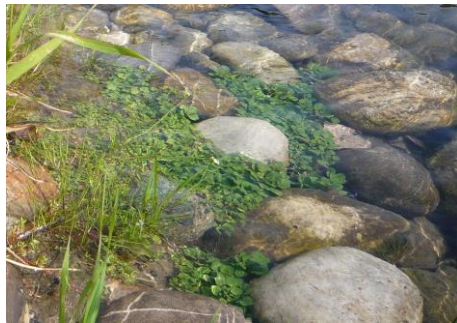


Abbildung 6.3.4: Fließgeschwindigkeiten beim Zusammenfluss Restwasserstrecke - Unterwasserkanal. Aareabfluss $420 \text{ m}^3/\text{s}$, Restwassermenge $25 \text{ m}^3/\text{s}$ (vgl. Beilage 3.11 zum Technischen Bericht).

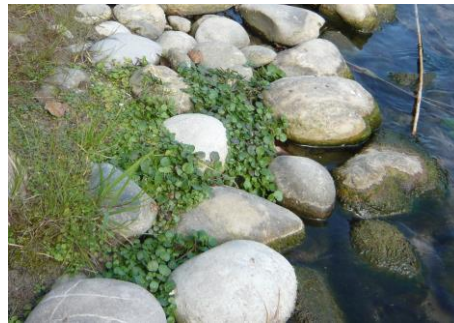
6.4 Benetzte Fläche (Veränderungen)

Während der Dotierversuche wurden Fotoaufnahmen von den verschiedenen Abflussmen-
gen gemacht (Abbildung 6.4.1 und 6.4.2).

Fotostandort 14



10 m³/s Dotierturbine, 21.09.2009



15 m³/s Wehr, 21.09.2009



20 m³/s Wehr, 21.09.2009



25 m³/s Wehr, 21.09.2009



30 m³/s Wehr, 19.10.2009

Abbildung 6.4.1: Fotostandort 14: Ufergeröll linkes Ufer bei ca. km 41.200. Die Lage [km] der Querprofile ist in Abbildung 2.4.1 dargestellt. Anstieg des Wasserspiegels um ca. 4 cm pro 5 m³/s mehr Restwasser.

Fotostandort 10



10 m³/s Dotierturbine, 21.09.2009



15 m³/s Wehr, 21.09.2009



20 m³/s Wehr, 21.09.2009



25 m³/s Wehr, 21.09.2009



30 m³/s Wehr, 19.10.2009

Abbildung 6.4.2: Fotostandort 10: Felsblock rechtes Ufer bei ca. km 40.500. Die Lage [km] der Querprofile ist in Abbildung 2.4.1 dargestellt. Anstieg des Wasserspiegels um ca. 4 cm pro 5 m³/s mehr Restwasser.

Um den Einfluss einer erhöhten Dotierwassermenge auf die benetzte Fläche im Restwasserkanal zu bestimmen, wurden während der Dotierversuche Messungen durchgeführt.

Für die Vermessung der Kiesflächen wurden im Abstand von rund 50 Metern dem Böschungsfuss (Waldrand) entlang an 12 Punkten Markierungen gesetzt. Davon wurde senkrecht zum Ufer mit einem Distometer die Distanz zwischen Markierung und Wasserrand bestimmt.

Vermessen wurden die Kiesbänke 1- 3. Die Angaben für die Kiesbank 4 wurden abgeschätzt (Abbildung 6.4.3). Die Kiesbank 1- 3 charakterisieren sich folgendermassen:

- Kiesbank 1: In der Mitte am vorderen Rand ein steilerer Bereich, gegen die Ränder abgeflacht.
- Kiesbank 2: Auf der gesamten Breite flach.
- Kiesbank 3: Sehr flach. Das Wasser überschwemmt hier bei $30 \text{ m}^3/\text{s}$ mehr als die Hälfte der Fläche.



Abbildung 6.4.3: Kiesflächen in der Restwasserstrecke mit Aufteilung für die Auswertung.

Für die Auswertung der verschiedenen Wasserstände wurden für die drei Kiesbänke die mittleren Verkürzungen der Distanzen vom Vermessungspunkt zum Wasser berechnet. Aufgrund von Luftbildern konnten die Ausdehnung der Kiesbänke bestimmt und die Veränderungen der Flächen abgeschätzt werden (Tabelle 6.4.1).

Tabelle 6.4.1: Änderung der benetzten Fläche der Kiesflächen in der Restwasserstrecke. Die Dotierwassermengen sind unterschiedlich. Die einzelnen Kiesflächen sind getrennt und gesamthaft aufgeführt. Für die Kiesbank 4 (Abbildung 6.4.3) wurden die Flächen geschätzt. Die Lage der Kiesbänke sind in Abbildung 6.4.3 eingezeichnet.

Kiesbank 1 - 14'655 m²	15 m ³ /s	20 m ³ /s	25 m ³ /s	30 m ³ /s
Verschiebung Wasserrand	0.30 m	0.70 m	1.25 m	1.85 m
Zunahme benetzte Fläche	159 m ²	371 m ²	663 m ²	981 m ²
Abnahme % Kiesflächen	1.08	2.53	4.52	6.69

Kiesbank 2 - 1'500 m²	15 m ³ /s	20 m ³ /s	25 m ³ /s	30 m ³ /s
Verschiebung Wasserrand	0.10 m	0.40 m	0.45 m	0.50 m
Zunahme benetzte Fläche	20 m ²	80 m ²	90 m ²	100 m ²
Abnahme % Kiesflächen	1.33	5.33	6.00	6.66

Kiesbank 3 - 440 m²	15 m ³ /s	20 m ³ /s	25 m ³ /s	30 m ³ /s
Verschiebung Wasserrand	0.40 m	2.00 m	3.40 m	4.80 m
Zunahme benetzte Fläche	20 m ²	100 m ²	170 m ²	240 m ²
Abnahme % Kiesflächen	4.54	22.72	38.60	54.54

Kiesbank 4 - 5'400 m²	15 m ³ /s	20 m ³ /s	25 m ³ /s	30 m ³ /s
Verschiebung Wasserrand	0.30 m	0.70 m	1.25 m	1.85 m
Zunahme benetzte Fläche	60 m ²	140 m ²	250 m ²	370 m ²
Abnahme % Kiesflächen	1.11	2.59	4.62	6.85

Alle Kiesbänke	15 m ³ /s	20 m ³ /s	25 m ³ /s	30 m ³ /s
Zunahme benetzte Fläche	259 m ²	691 m ²	1'173 m ²	1'691 m ²
Abnahme anteilmässig	1.18 %	3.14 %	5.33 %	7.68 %

Mit mehr Wasser in der Restwasserstrecke nimmt die benetzte Kiesfläche zu. Die Zunahme verläuft nicht linear, sondern ist von der Ausbildung der Ufer abhängig (Abbildung 6.4.4).

Abbildung 6.4.4: Vergleich des Zustands der Kiesbank 1 bei Dotierabfluss $15 \text{ m}^3/\text{s}$ (oben) und bei Dotierabfluss $25 \text{ m}^3/\text{s}$ (unten). Unterschiede sind nur bei sehr flachen Ufern zu sehen (z.B. links der einzeln stehenden Weide).



6.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Erhöhung der Restwassermenge (Bereich 10 – 30 m³/s) hat folgende Auswirkungen:

<u>Morphologie</u>	Die Morphologie und die Gewässerlebensräume in der Restwasserstrecke haben sich in den letzten Jahren unabhängig von der Restwassermenge stark verändert (Erosion). Die Unterschiede zwischen einem nassen Jahr mit hohen Wasserabflüssen zu einem trockenen Jahr sind sehr gross.
<u>Wasserspiegel</u>	Mit höherer Dotierung steigen die Wasserspiegel an. Wassertiefe und benetzte Fläche nehmen zu.
<u>Fliessgeschwindigkeit</u>	Mit höherer Dotierung nehmen die Fliessgeschwindigkeiten im Bereich der frei fliessenden Strecken zu. Im eingestauten Bereich sorgt ein steigender Aareabfluss bis zu 425m³/s in der Aare für eine Abnahme der Fliessgeschwindigkeiten. Diese Abnahme erfolgt unabhängig von den untersuchten Restwassermengen.
<u>Wassertemperatur</u>	Die Messungen der Wassertemperatur zeigen, dass der Einfluss der Beschattung, Besonnung, Tageszeit und Grundwasseraustritte einen grossen Einfluss auf das Messergebnis hat. Aufgrund der Grundwasseraustritte in der Restwasserstrecke sind Stellen mit kälterem und wärmerem Wasser vorhanden. Mit dem Projekt (Höherstau Oberwasser, Umgehungsgerinne Schönenwerder Schachen, Entfernung eines Teils der Mittelinsel, Schaffung einer Niederwasserrinne im Oberwasserkanal) wird sich die Menge des Grundwassers in der Restwasserstrecke erhöhen (vgl. UVB, Kap. 6.5). Es gibt keine Hinweise, wie eine höhere Dotierung zu Hitzezeiten die Erwärmung der Aare und in der Restwasserstrecke reduziert.
<u>Wasserqualität und Landschaft</u>	Die Auswirkungen auf die Wasserqualität und die Landschaft sind gering.
<u>Lebensräume</u>	Mit einer höheren Dotierung nimmt die Fläche der terrestrischen Ufervegetation ausserhalb des Waldes ab.
<u>Fische und Wasserlebensraum</u>	Mit einer höheren Dotierung verbessert sich die Situation (Tendenz) für die Fische und Wasserlebewesen (leicht höhere Fliessgeschwindigkeit und Wassertiefen).
<u>Stromproduktion</u>	Die Stromproduktion nimmt ab.

7 Einhaltung der Restwasserbestimmungen

7.1 Mindestrestwassermenge (Art. 31 GSchG)

Die Mindestrestwassermengen werden eingehalten bzw. überschritten.
Die Wasserqualität wird nicht verändert.
Die Grundwasserträger werden nicht beeinflusst.
Der Austausch von Flusswasser und Grundwasser ist gewährleistet.
Der Bodenwasserhaushalt in Wald und Landwirtschaft wird nicht verändert.
Das Restwasserregime ermöglicht die Erhaltung der vorhandenen Wasser- und Uferlebensräume.
Die freie Fischwanderung bleibt gewährleistet.

7.2 Ausnahmen (Art. 32 GSchG)

Es werden keine Ausnahmen beantragt.

7.3 Dokumentation für die Interessenabwägung (Art. 33 GSchG)

Argumente für eine Erhöhung der Restwassermenge über die Mindestmenge gemäss Art. 31 GSchG:

- a. Artenreichtum an Fischen, viele Arten der Roten Liste (Nase, Bachneunauge, Äsche, Schneider, Strömer, Dorngrundel, Karpfen, Aal).
- b. Der Reproduktionserfolg zahlreicher bedrohter Arten (Nase, Bachneunauge, Äsche, Schneider, Strömer) kann durch eine Erhöhung tendenziell gefördert werden.
- c. Der Ertragsreichtum kann durch eine Erhöhung ebenfalls tendenziell gefördert werden.

Es gilt zu beachten, dass für die Güte der Gewässerlebensräume nicht nur die Wassermenge, sondern mindestens so wichtig eine gute Strukturierung der Gewässer (auch bei Niederwasser) erhalten und wo nötig geschaffen werden kann.

Argumente gegen eine Erhöhung der Restwassermenge über die Mindestmenge gemäss Art. 31 GSchG:

- d. Die Stromproduktion nimmt um einen steigenden Betrag ab.

Die IBAAarau Kraftwerk AG beantragt ab Inkrafttreten der erneuerten Konzession für das Kraftwerk Aarau folgendes Restwasserregime (Kap. 2.3.1):

- e. in den Monaten November bis Februar: 15 m³/s,
- f. in den Monaten März und April sowie September und Oktober: 20 m³/s,
- g. in den Monaten Mai bis August: 25 m³/s.

Bei der Restwasserstrecke handelt es sich um den Teil der Aare im Bereich des Kraftwerks Aarau, der am meisten Gemeinsamkeiten mit der ursprünglichen Aare aufweist (km 41.305 - 40.200):

- h. natürliches Gefälle,

- i. Wasserstandsschwankungen,
- j. Geschiebeumlagerung.

Unterhalb von km 40.200 befindet sich die Restwasserstrecke im Einstaubereich:

- k. reduzierte Strömungsgeschwindigkeit,
- l. geringe Dynamik,
- m. Sandauflage auf der Sohle (äussere Kolmation),
- n. innere Kolmation abhängig vom Nachschub (im Moment günstige Verhältnisse dank früherer Hochwasser).

Im oberen Teil der Restwasserstrecke haben sich wegen der grossen Hochwasser (1999, 2005, 2007) starke Veränderungen ergeben. Wo die Aare in der Restwasserstrecke den Uferverbau weggespült hat, bildet sie heute ein markanter Prallhang aus und tieft sich weiter ein – genau wie seit 20'000 Jahren (vgl. UVB, Kap. 4.2.2). Im Prallhang hat sich das Gerinne um ca. 20 m Meter verschoben und eingetieft. Die ausgedehnten Kiesflächen im neu entstandenen Gleithang werden bei Niederwasser nicht mehr überströmt. Die kiesige Flusssohle ist wenig kolmatiert und bietet Fischen zurzeit gute Laichmöglichkeiten. An verschiedenen Stellen tritt Grundwasser aus. Untersuchungen und Fischpasszählungen zeigen, dass die typischen Fischarten vorhanden sind (Barben- und Äschen-Region). Im unteren Teil der Restwasserstrecke (Einstaustrecke) sind Arten- und Individuenzahl reduziert.

Auf eine Darstellung der Situation (Morphologie, CASIMIR Simulation) zum jetzigen Zeitpunkt wird verzichtet. Die Änderungen der Restwasserstrecke nach der Bauphase sowie durch das Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt Aare Olten – Aarau, führen zu grossen morphologischen Veränderungen. Ein Vergleich zur heutigen Situation wird nicht mehr möglich sein. Eine Simulation nach Abschluss der Bauarbeiten kann allenfalls Grundlagen liefern, die für eine Änderung des Restwasserregimes nach Abschluss der Bauarbeiten sprechen würde.

Die Dotierversuche zeigen:

- o. Geschiebeumlagerungen (Dynamik) finden nur bei Wehrüberfall (Hochwasser) statt.
- p. Die Erhöhung der Restwassermengen zwischen 10 und 30 m³/s hat auf den dauerhaft eingestauten Bereich und die langsam fliessenden Strecken wenig Einfluss: keine Verbesserung der Lebensbedingungen für kieslaichende Fischarten.
- q. Die Erhöhung der Restwassermengen zwischen 10 und 30 m³/s hat auf die Vegetation und deren Entwicklung keinen Einfluss.
- r. Die Einsickerung von Grundwasser (kühlere Wasserstellen) wird durch die verschiedenen Restwassermengen zwischen 10 und 30 m³/s nicht verändert. Bei höheren Wasserständen (Hochwasser) fliesst Flusswasser ins Grundwasser.

Durch die gegenüber dem aktuellen Regime (10 m³/s) generelle Erhöhung der Restwassermenge auf neu 15 - 20 - 25 m³/s (Winter – Frühling/Herbst – Sommer) geht der Betreiberin des Kraftwerks Aarau, Stroproduktion von jährlich 0.445 GWh pro 5 m³/s Erhöhung der Restwassermenge verlustig.

Der Einfluss der Restwassermenge aus gewässerökologischer Sicht und die ökonomischen Konsequenzen (Untersuchungen, Ergebnisse Dotierversuche, Analogien, Berechnungen) werden in diesem Restwasserbericht dargestellt.

Die Auswertung der vermessenen Querprofile (BAFU 1999, BAFU 2008, km 40.637, km 39.831) zeigen eine starke Veränderung des Flussbetts im Bereich der frei fliessenden

Strecke (Prallhang Wöschnau) und geringe Veränderungen im Einstaubereich des Kraftwerks Rüchlig.

Es ist zu erwarten, dass sich die bisher festgestellten Veränderungen während der Bauzeit des Kraftwerks Aarau (generell mehr Wasser in der Restwasserstrecke, jährliche Zugabe von Kies in die Restwasserstrecke) fortsetzen. Auf eine Analyse der Fliesstiefen (Untergrund, Wassertiefen, Strömungsgeschwindigkeiten) und auf die Berechnung von Präferenzen für einzelne Fischarten wurde verzichtet. Die Verhältnisse werden sich während der Bauzeit weiter verändern. Eine Abschätzung der Auswirkungen unterschiedlicher Restwassermengen aufgrund der heutigen Morphologie ist nicht aussagekräftig.

Die bei verschiedenen Wassermengen gemessene, benetzte Fläche (Wasserfläche) nimmt nicht linear mit der Wassermenge zu, sondern ist abhängig von der Neigung der Ufer. Im Bereich zwischen $10 \text{ m}^3/\text{s}$ und $15 \text{ m}^3/\text{s}$ ist die Zunahme der benetzten Fläche prozentual deutlich geringer als zwischen $15 \text{ m}^3/\text{s}$ und $20 \text{ m}^3/\text{s}$, bzw. $20 \text{ m}^3/\text{s}$ und $25 \text{ m}^3/\text{s}$ Wasser. Die Unterschiede sind zwischen $10 \text{ m}^3/\text{s}$ und $15 \text{ m}^3/\text{s}$ am geringsten.

Die Fliessgeschwindigkeiten in der Restwasserstrecke sind sehr unterschiedlich (je nach Lage der Schnellen und Pools). Die Erhöhung der Restwassermenge führt zu einer Erhöhung der Fliessgeschwindigkeiten im Bereich der Schnellen (3 - 4 Abschnitte). In den Pools und im Einstaubereich des Kraftwerks Rüchlig ist die Veränderung der Fliessgeschwindigkeit jedoch gering.

Die Verteilung von Schnellen und Pools wird durch die unterschiedlichen Restwassermengen nicht beeinflusst, weil bei Niederwasser praktisch kein Geschiebetrieb stattfindet.

Die Wasserspiegellagen erhöhen sich zwischen $10 \text{ m}^3/\text{s}$ und $25 \text{ m}^3/\text{s}$ (gemessen) lediglich um 1 bis 2 cm pro Kubikmeter Wasser. Die Wassertiefen ihrerseits sind nicht in erster Linie abhängig von der Wassermenge, sondern von der Gerinneausbildung und der Fliessgeschwindigkeit.

Positiv auf die Gewässerlebensräume in der Restwasserstrecke wirken sich dagegen die Austritte von Grundwasser in der Gewässersohle aus. Die Menge des Grundwassers wird durch den Höherstau im Oberwasser um 6 cm, die Entfernung eines Teils der Mittelinsel im Kanal, die Schaffung einer Niederwasserrinne und durch die Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen (Umgehungsgerinne Schönenwerder Schachen, Grundwasserteich Schönenwerd) dauerhaft erhöht.

Eine weitere Verbesserung der Lebensräume ist auch durch die geplante Anlage eines Nebengerinnes durch das Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt Aare Olten - Aarau des Kantons Solothurn zu erwarten: Zusätzliche Grundwasseraustritte, Strukturierung der Niederwasserrinne.

Aufgrund der Untersuchungen, der Analogien zu anderen Restwasserstrecken und aufgrund der angestrebten Erhöhung der Stromproduktion ist die IBAAarau der Meinung, dass das von ihr für die Wintermonate vorgeschlagene Restwasserregime allen relevanten rechtlichen Vorgaben entspricht und einer Interessenabwägung standhält.

Bereits mit der Erhöhung von heute $10 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $15 \text{ m}^3/\text{s}$ im Winter kann die zusätzliche Gerinnebreite des Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt Aare Olten - Aarau des Kantons Solothurn kompensiert werden. Der Anstieg der Restwassermenge auf $20 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Monaten März/April und September/Oktobre korrespondiert zudem mit der beginnenden Laichzeit der Äschen im Gebiet.

8 Literatur

- [1] Ufervegetation und Uferbereich nach NHG. Begriffserklärung. Naturwissenschaftliche Definition und Erläuterung der Begriffe gestützt auf die Artikel 18 Absatz 1^{bis} und Artikel 21 des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz (NHG).
- [2] Maurer Vinzenz, 2004: Koordinierte biologische Untersuchungen an Hochrhein und Aare 1999–2002, Zusammenfassender Kurzbericht. BUWAL, Schriftenreihe Umwelt Nr. 375.
- [3] Guthruf, J. (2006): Koordinierte Fischaufstiegskontrolle an den Aare-Kraftwerken zwischen Solothurn und der Mündung in den Rhein: Gutachten im Auftrag des Amtes für Umwelt des Kantons Solothurn, des Amtes für Wald, Jagd und Fischerei, BVU des Kantons Aargau und der Abt. Landschaft und Gewässer, BVU des Kantons Aargau.
- [4] Basler und Hofmann AG (2011): Leitbild Aare, Olten bis Aarau, ökologisches Leitbild für den unteren solothurnischen Aare-Abschnitt. Bericht im Auftrag des Amtes für Umwelt des Kantons Solothurn.
- [5] Guthruf, J. (2013): UVB Fachbericht Gewässerökologie und Fische. – Bericht Aquatica, Auftrag: Kraftwerk IBAAarau AG.
- [6] Frey, M., Schmid, M. und A. Wüest (2003): Einfluss von Aufweitungen auf das Temperaturregime der Thur. Eawag, Kastanienbaum.
- [7] Aquarius (2010): Konzessionserneuerung Kraftwerk Gösgen. Dortierregime Restwasserstrecke, Kurzbericht Fachbereich Fischerei und Gewässerökologie. Anhang 1, 13.10.2010.
- [8] Kirchhofer, A (2006): Fachbericht: Gewässerökologie und Fische, UVB 1. Stufe zum . Konzessionsprojekt 2006 des Kraftwerk Rüchlig. Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Baden.19.09.2006.

9 Anhang

9.1 Lage der Querprofile und Strömungsgeschwindigkeiten der Restwasserstrecke des KW Aarau

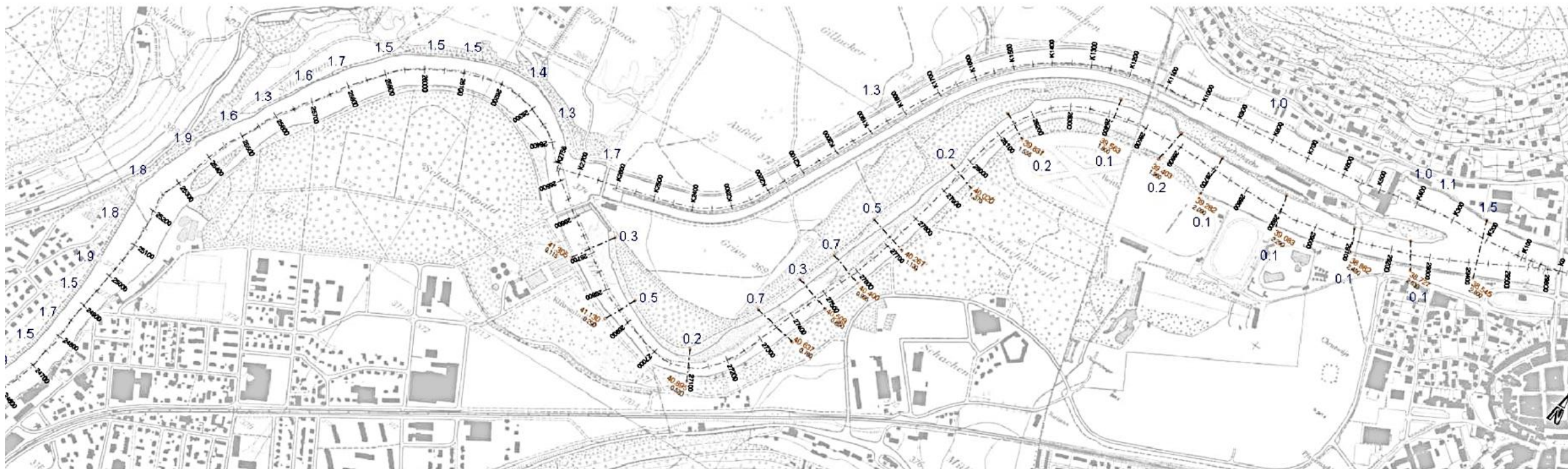
Strömungsgeschwindigkeiten (berechnet) in der Konzessionsstrecke des Kraftwerks IBAAarau

Es wurde von folgendem Abfluss ausgegangen:

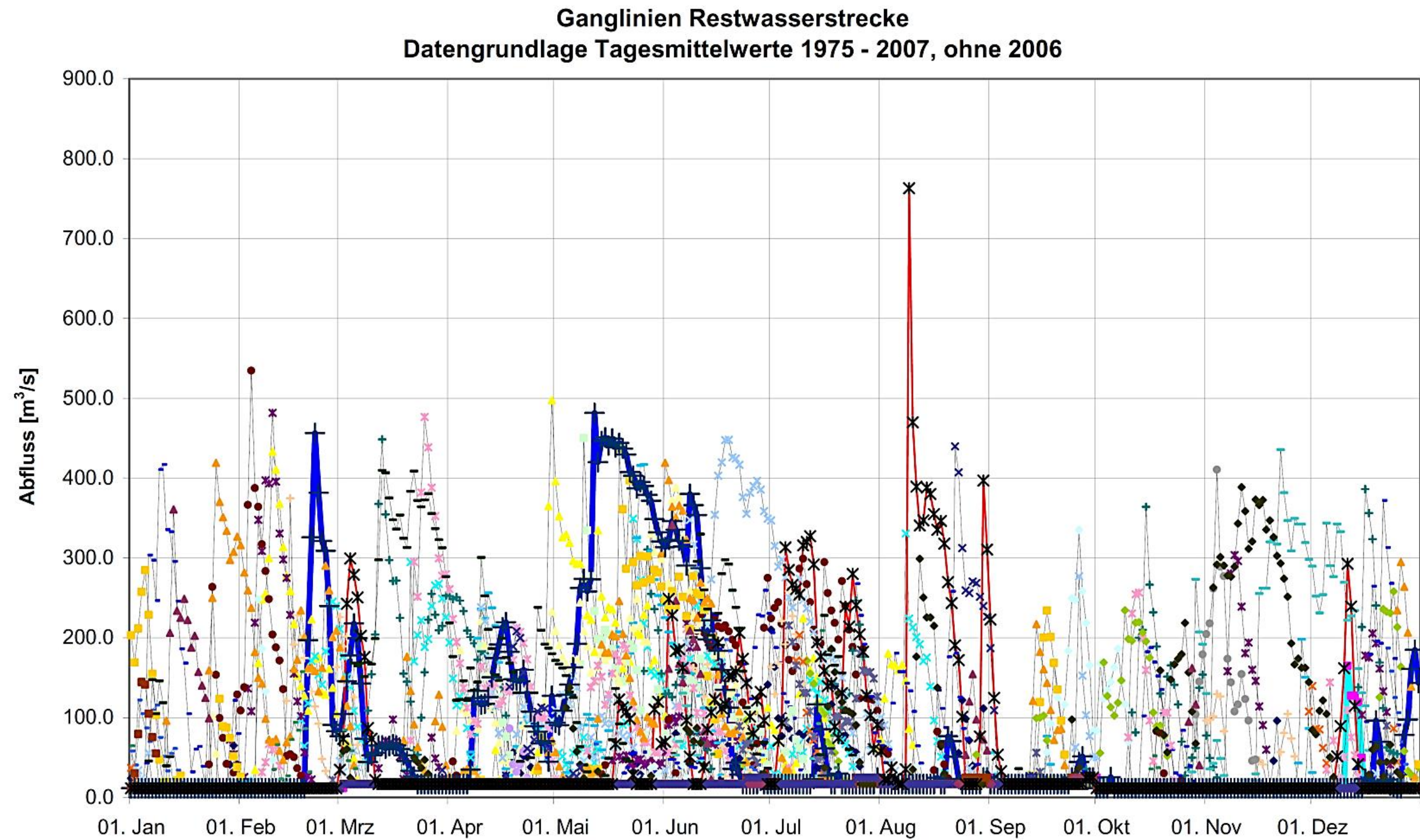
$Q_{\text{Aare}}: 415 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{\text{Oberwasserkanal}}: 400 \text{ m}^3/\text{s}$

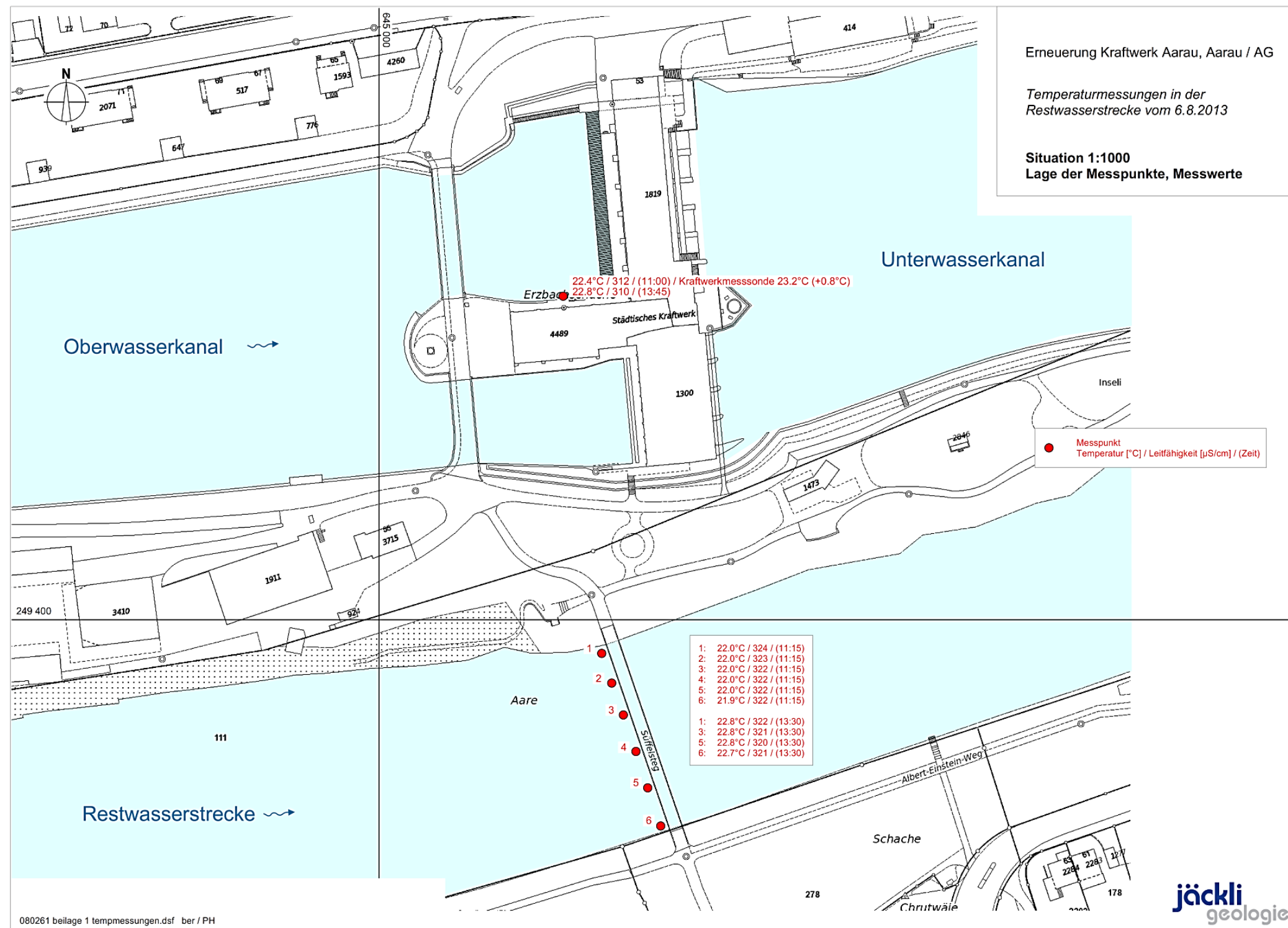
$Q_{\text{Restwasser}}: 15 \text{ m}^3/\text{s}$

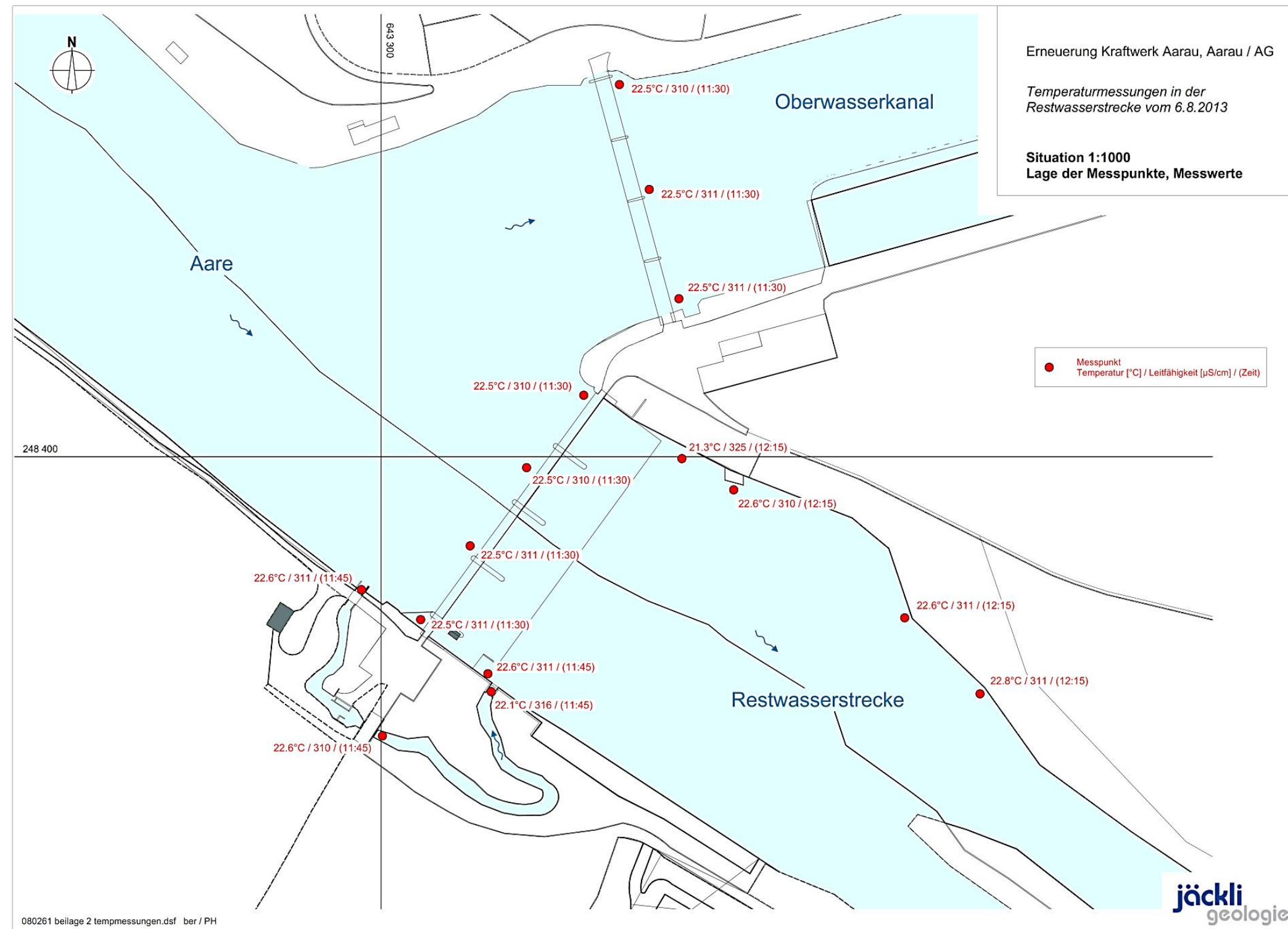


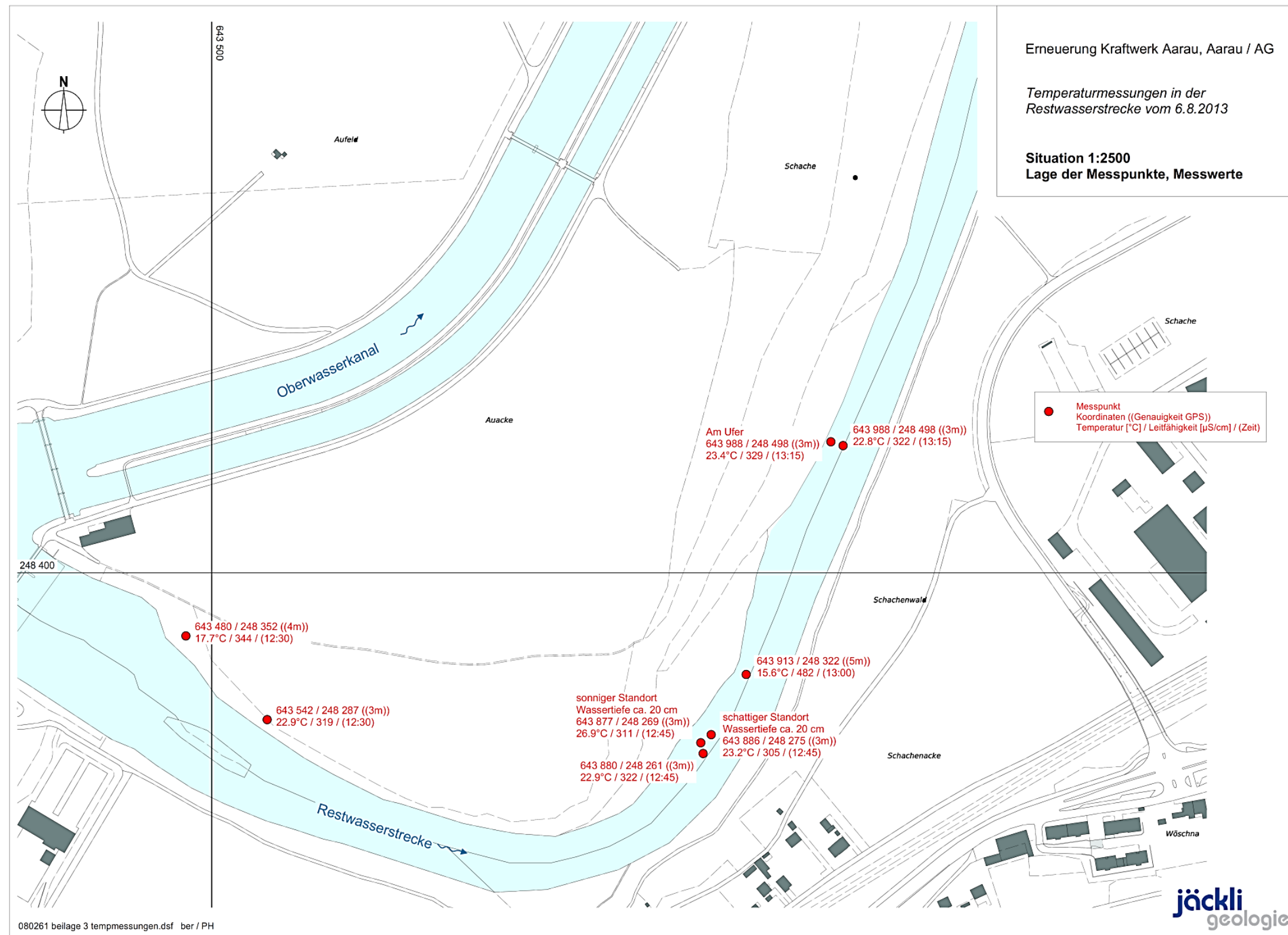
9.2 Ganglinien der Tagesmittelwerte 1975 – 2007 (ohne 2006) in der Restwasserstrecke des Kraftwerks Aarau.



9.3 Wassertemperaturmessungen vom 6.8.2013

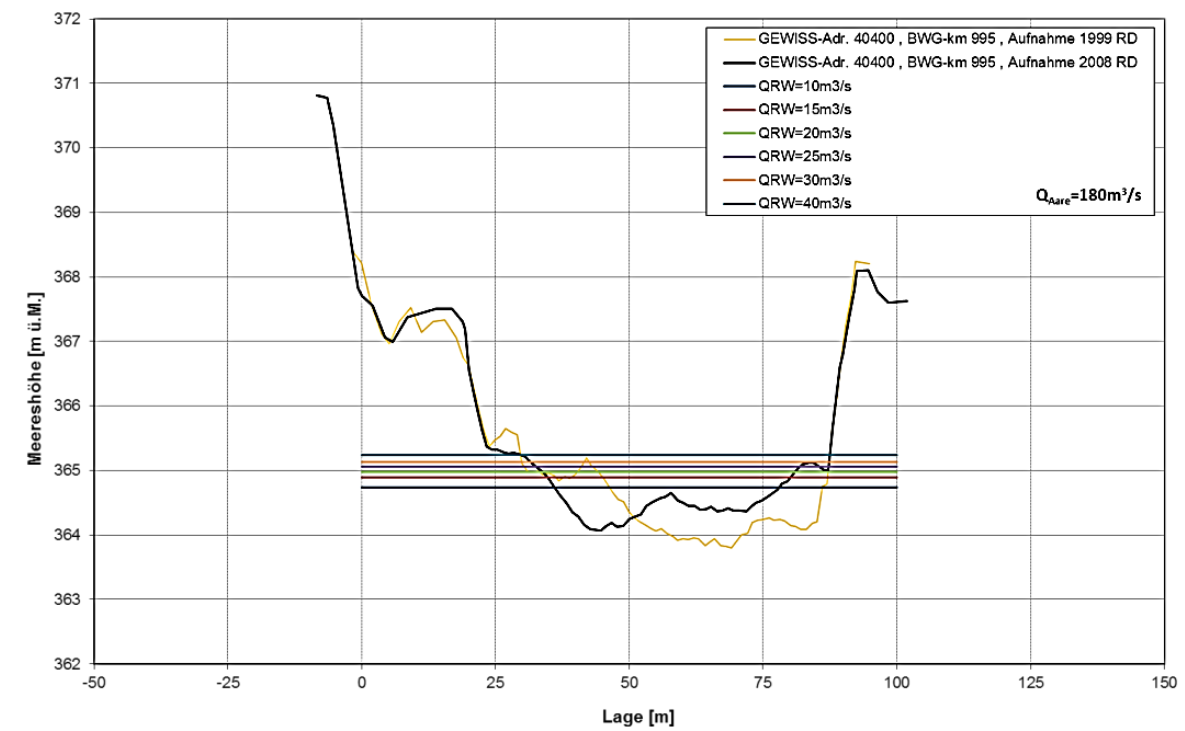
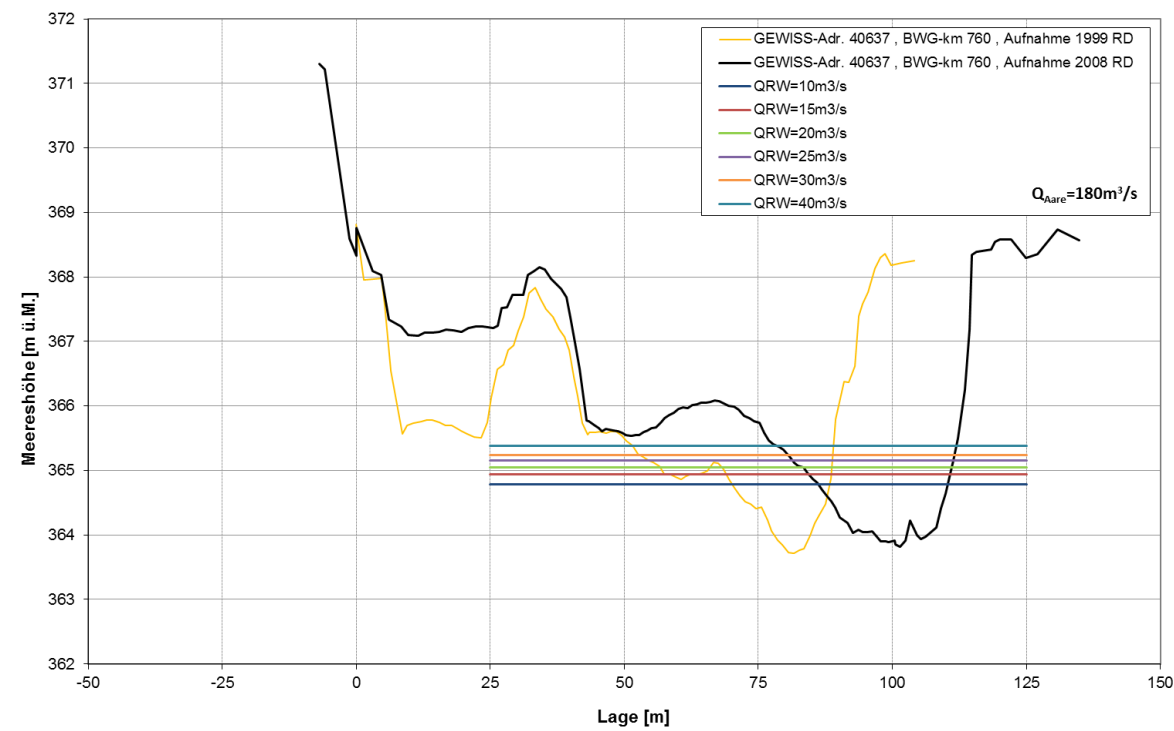
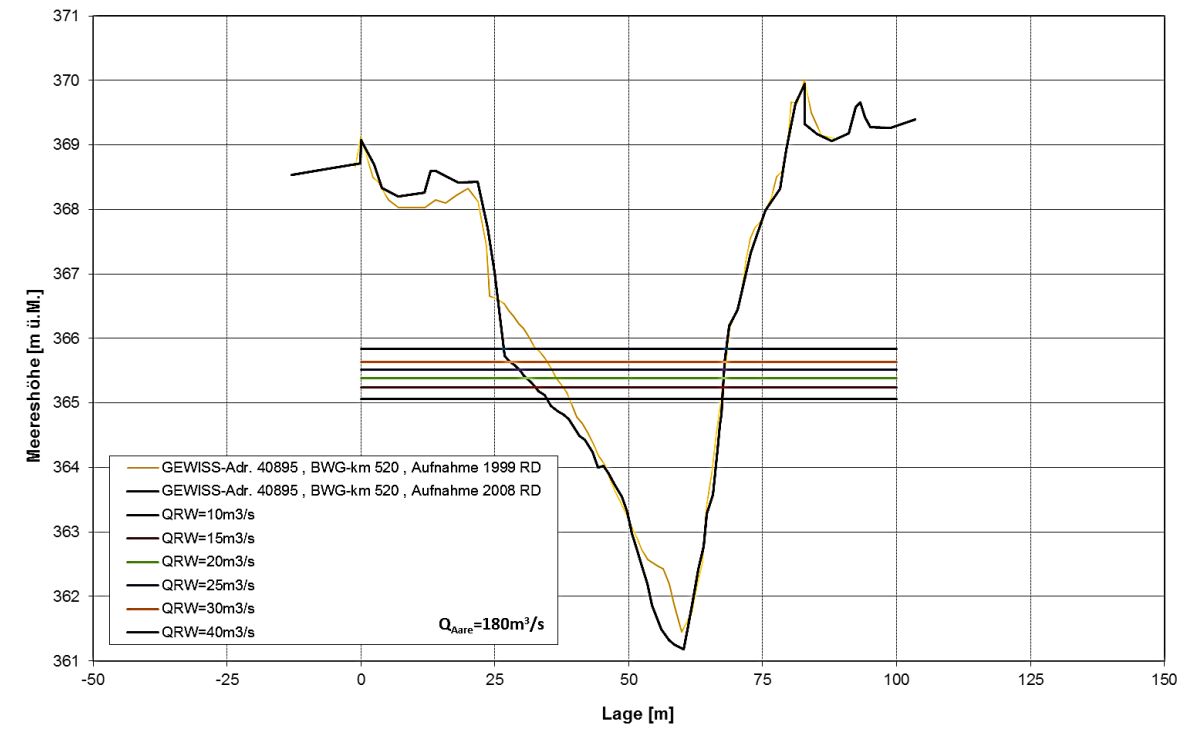
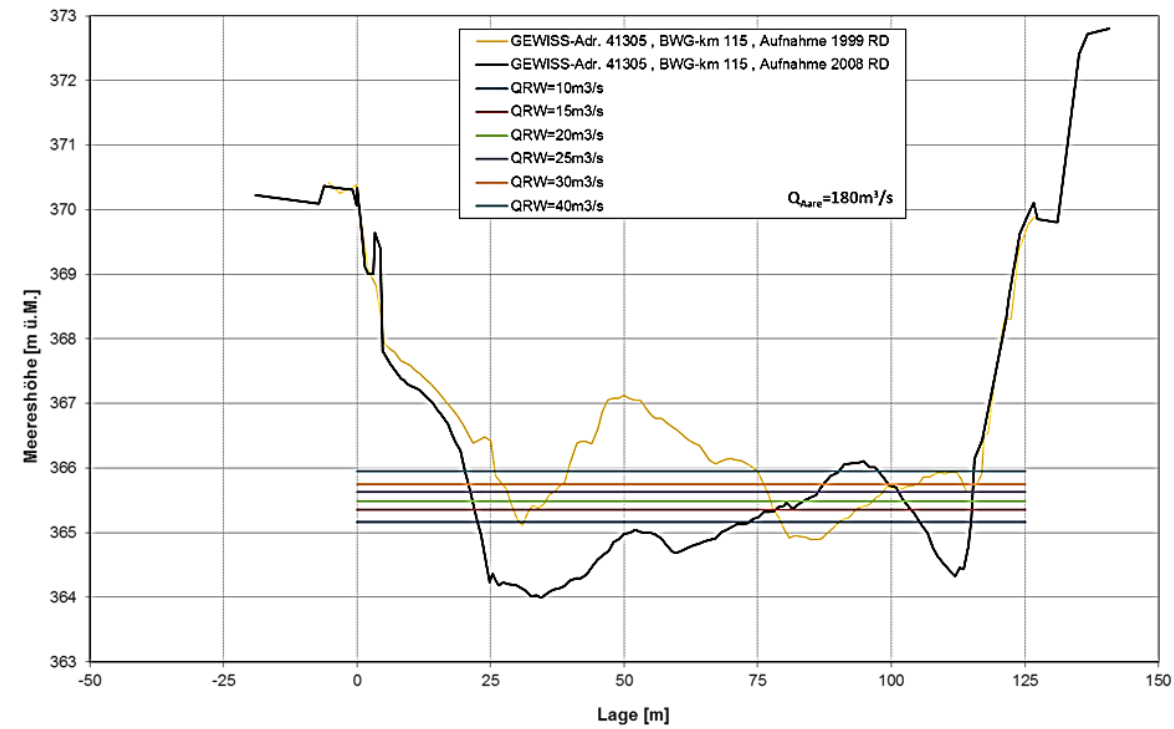


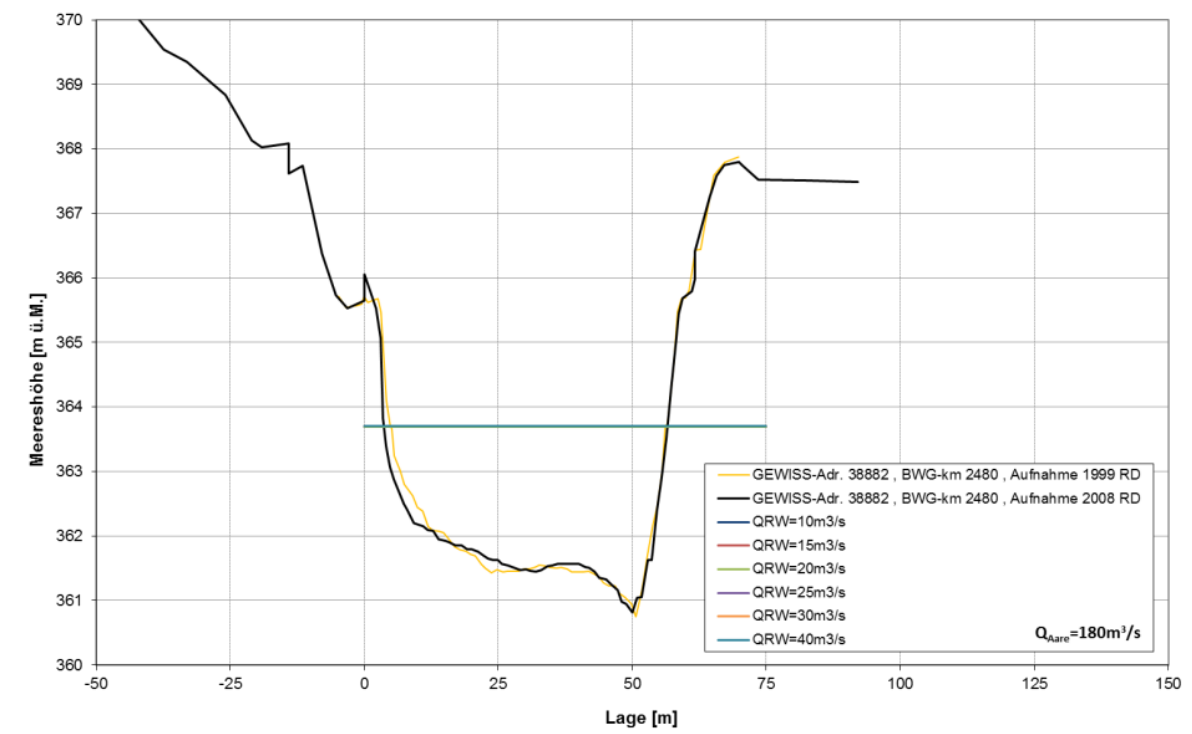
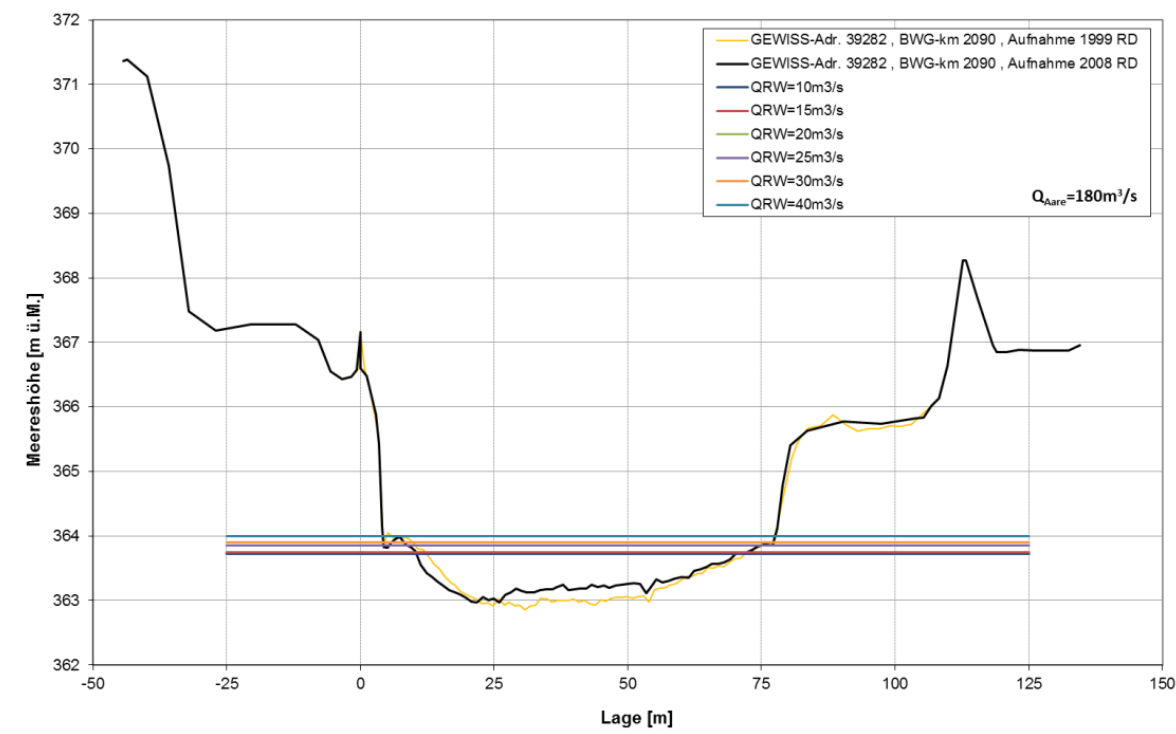
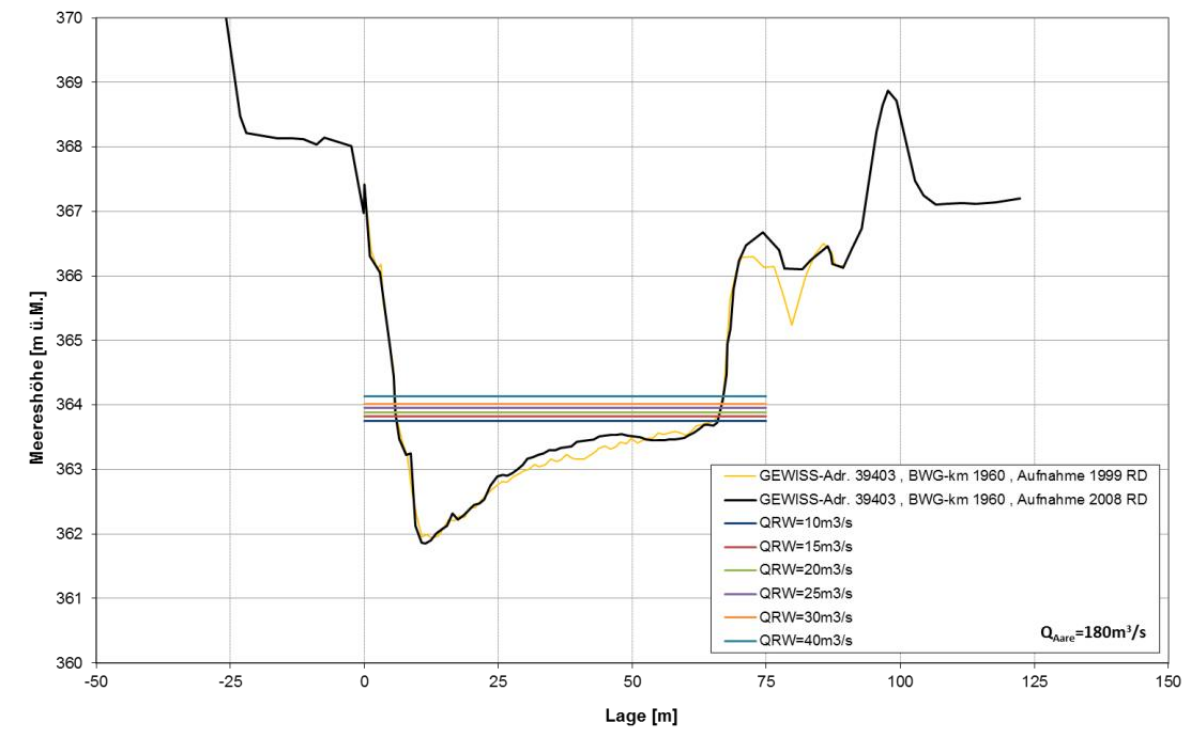
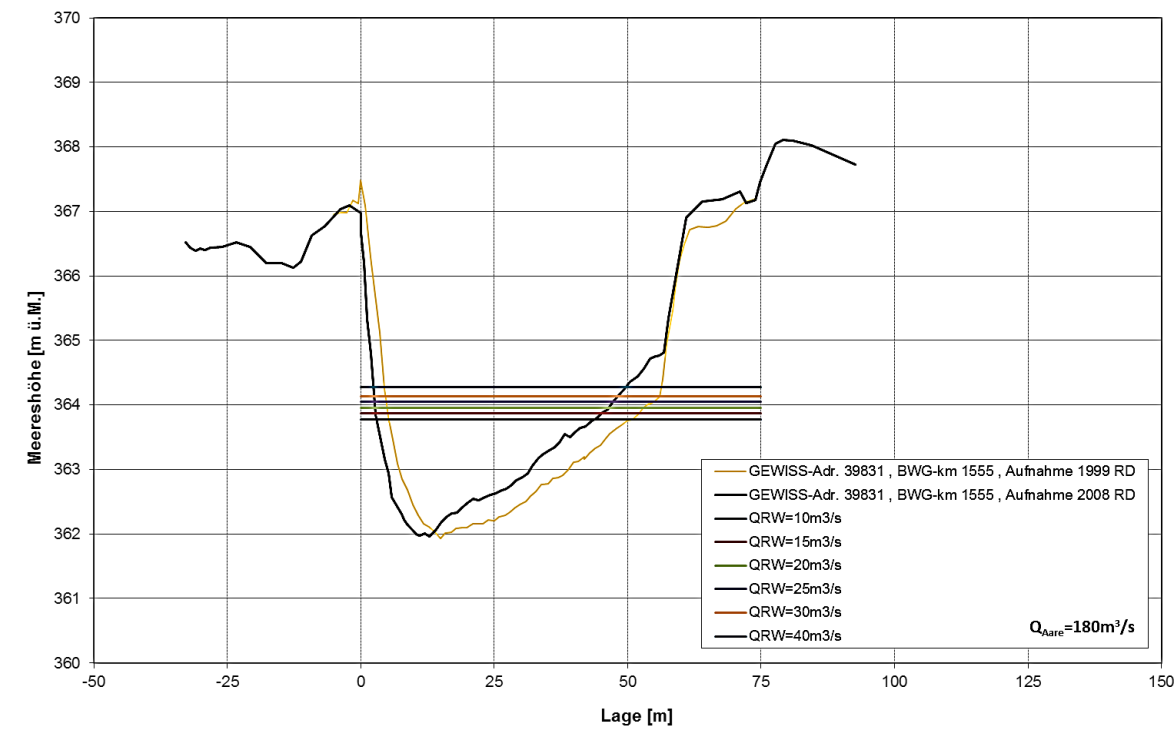




9.4 Berechnete Wasserspiegellagen und Wassertiefen

Auszug aus der Beilage 3.11 zum Technischen Bericht: Querprofile mit Wasserspiegellagen und Wassertiefen.





9.5 Dotierversuche vom 21.09.2009.

