

Anhang 1

Grundlagen

Grundlagen

- [1] Geschiebehaushalt Hochrhein. Schälchli, Abegg + Hunzinger, Universität Karlsruhe, Zürich und Karlsruhe, 5. Juli 2000.
- [2] Auenschutzpark Kanton Aargau, Geschiebehaushalt von Aare, Reuss, Limmat und Rhein. Schälchli & Abegg, Zürich, Januar 1997.
- [3] Reaktivierung des Geschiebehaushalts der Aare zwischen der Emme und dem Rhein. Schälchli & Abegg, Zürich, Mai 1996.
- [4] Renaturierung Rossgarten Gemeinde Schwaderloch. Schälchli & Abegg, Zürich, März 1996.
- [5] Geschiebehaushalt Thur und Einzugsgebiet. Arge FuThur, c/o Schälchli, Abegg + Hunzinger, Zürich, Juni 2005.
- [6] Geschiebehaushalt Töss. Flussbau AG, NDR Consulting GmbH, Zürich, 25. Oktober 2010.
- [7] Geschieberückgabe in den Rhein, Möglichkeiten von Geschieberückgaben im Rahmen der bevorstehenden Baggerung bei der Thurmundung. Schälchli, Abegg + Hunzinger, Zürich, 22. Juni 2006
- [8] Risikostudie Glatt, Greifensee - Rhein. Flussbau AG, Zürich, 19. Januar 2008.
- [9] Potenzial der ökologischen Verbesserung durch Reaktivierung des Geschiebes im Hochrhein. Ökon GmbH, Regensburg, Mai 2002.
- [10] Aktionsprogramm Rhein 2000, Reaktivierung des Geschiebehaushalts des Hochrheins. Grundlagenstudie. BUWAL, Bern, 1999.
- [11] Geschiebehaushaltsstudie Sihl – Limmat. Flussbau AG, 20. August 2010.
Reaktivierung des Geschiebehaushalts von Sihl und Limmat, Massnahmenkonzept (Entwurf). Flussbau AG, Zürich 15. März 2011.
- [12] Geschiebehaushalt Hochrhein, Aufnahme Istzustand, Kiesschüttungen Zurzach und Rietheim, Aufnahme Folgezustand 2005/06. Schälchli, Abegg + Hunzinger, WFN-Wasser, Fisch, Natur, Hydra AG, Zürich 31. August 2006.
- [13] Kraftwerk Eglisau-Glattfelden AG, Glattfelden, Umweltverträglichkeitsbericht 2. Stufe, Fachberichte 1A, 4, 4C (und weitere), März und Mai 2005.
- [14] Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt, Erneuerung der Konzession, Umweltverträglichkeitsbericht, diverse Fachberichte, Januar 2007.
- [15] RADAG, Rheinkraftwerke Albrück – Dogern AG, Neubau Wehrkraftwerk, UVB 2. Stufe, Fachbericht C.1. Fließregime und Feststofftransport. Universität Karlsruhe, Juni 2005.
- [16] RADAG, Rheinkraftwerke Albrück – Dogern AG, Neubau Wehrkraftwerk, UVB 2. Stufe, diverse Fachberichte.

- [17] RADAG, Rheinkraftwerke Albbbruck – Dogern AG, Neubau Wehrkraftwerk, Konzept Kieszugabe im Altrhein Ingenieurbüro Dr.-Ing. Rolf-Jürgen Gebler, Juni 2005.
- [18] Regierungspräsidium Baden-Württemberg, Naturnahe Gestaltung der Wutachmündung. RPF, Dienstsitz Bad Säckingen, kein Datum.
- [19] Analyse du transport des matériaux déposés par la Birse dans la retenue de Kembs. EDF, kein Datum.
- [20] Untersuchung von Geschiebetransport im Rheinbett, Teil 1: Massenberechnungen, Teil 2: Staukurvenberechnungen. Ingenieurbüro Günter PAUL, D-Rheinfelden-Beuggen, 6. Juni 2000.
- [21] REY, P. & E. MÜLLER 2007: EU-Wasserrahmenrichtlinie und Schweizer Wasser- und Gewässerschutzgesetzgebung, eine Gegenüberstellung. Bericht i.A. Bundesamt für Umwelt (BAFU): 92 S.
- [22] WFN 2011: Reaktivierung des Geschiebehaushaltes der Aare, fischökologische Untersuchungen – Erhebungen 2005 – 2011. Bericht i.A. Fischereiinspektorat des Kantons Bern: 17 S.
- [23] Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (WRRL). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften: 75 S.
- [24] Regierungspräsidium Freiburg 2009: Bewirtschaftungsplan Hochrhein (Baden-Württemberg) gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG), Stand: 26.11.2009 (Endversion). Umweltministerium Baden-Württemberg: 254 S.
- [25] SCHÄLCHLI, U., M. BREITENSTEIN & A. KIRCHHOFER 2010: Kiesschüttungen zur Reaktivierung des Geschiebehaushalts der Aare – die kieslaichenden Fische freut's. *Wasser Energie Luft* 102/3: 209-213.
- [26] KIRCHHOFER, A., M. BREITENSTEIN, W. DÖNNI & P. VOSER 2006: Die strömungsliebenden Fische in Wohnungsnot. *Umwelt Aargau* 33: 13-18.
- [27] KIRCHHOFER, A., M. BREITENSTEIN & B. ZAUGG 2007: Rote Liste der Fische und Rundmäuler der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. *Umwelt-Vollzug* Nr. 0734. 64 S.
- [28] WFN 2010: Förderung der litho-rheophilen Fischarten der Schweiz - Factsheets zu Biologie und Förderungsmassnahmen. Bericht i. A. Bundesamt für Umwelt, Bern: 52 S.
- [29] WFN & AquaPlus 2006: Förderung rheophiler Fischarten in Aare, Rhein und Zuflüssen - Defizitanalyse und Massnahmenvorschläge. Bericht i.A. Sektion Jagd und Fischerei des Kantons Aargau: 51 S.
- [30] WFN & M. Huber 2008: Die Äsche im Kanton Aargau. Bericht i.A. Sektion Jagd und Fischerei des Kantons Aargau: 29 S.
- [31] WFN 2011: Reaktivierung des Geschiebehaushaltes der Aare - Fischökologische Untersuchungen - Erhebungen 2005-2011. Bericht im Auftrag von Fischereiinspektorat des Kantons Bern und Amt für Umwelt des Kantons Solothurn: 17 S.

- [32] WFN 2007: Kiesbaggerung Thurspitz - Ökologisches Monitoring. Bericht i.A. Kraftwerk Eglisau-Glattfelden AG: 12 S.
- [33] KIRCHHOFFER, A., M. BREITENSTEIN 2003: Leitfaden Eidgenössische Berufsprüfung Fischereiaufseher. WFN & SVFA: 191 S.
- [34] GERSTER, S. 1991: Hochrhein-Fischfauna im Wandel der Zeit. IKSR: 28 S.
- [35] GERSTER, S. 1998: Hochrhein – Aufstiegskontrollen 1995/96; Vergleich mit früheren Erhebungen. BUWAL, Bern - Mitteilungen zur Fischerei 60: 5-101.
- [36] KIRCHHOFFER, A., M. BREITENSTEIN & J. GUTHRUF 2002: Äschenpopulationen von nationaler Bedeutung. BUWAL - Mitteilungen zur Fischerei 70.
- [37] WFN 2005: Kraftwerk Eglisau-Glattfelden - Umweltverträglichkeitsbericht 2. Stufe, Fachbericht 4D: Gewässerökologische Beurteilung der Varianten zur Geschiebereaktivierung. Bericht i.A. Kraftwerk Eglisau-Glattfelden AG: 37 S.
- [38] PERSAT & COPP 1990: Electric fishing and point abundance sampling for the ichthyology of large rivers. In: I.G.COWX (ed.): Developments in electric fishing. Fishing News Books, Oxford: 197-209.
- [39] Flussbau AG, WFN 2012: Sanierung Geschiebehaushalt, Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer, Entwurf Vernehmlassung i.A. Bundesamt für Umwelt (BAFU).
- [40] Karlsruher Institut für Technologie 2010: Aktualisierung des Hochwasserabfluss-Längsschnitts für den Hochrhein. Bericht i.A. Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg und Bundesamt für Umwelt.
- [41] Schälchli, Abegg + Hunzinger 2002; Innere Kolmation, Methoden zur Erkennung und Bewertung. Bericht i.A. Eawag.
- [42] Mürle U., Ortlepp J., Rey P. 2008: Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 2006/2007. Makroinvertebraten. Umwelt-Wissen Nr. 0822. Bundesamt für Umwelt, Bern. 104 S.
- [43] Bezzola G.R. 2003: Vorlesungsmanuskript Flussbau, Fassung WS 02/03. ETH, Professur für Wasserbau.
- [44] Schälchli U 1993: Die Kolmation von Fließgewässersohlen: Prozesse und Berechnungsgrundlagen. Mitteilung 124 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich.
- [45] Da Silva A.M.A.F 1991: Alternate Bars an Related Alluvial Processes. Thesis of Master of Science, Queen's University, Kingston Ontario, Canada.
- [46] ARGE Thurmündung 2000, Hochwasserschutz und Auenlandschaft Thurmündung, Anhang 15.3: Dokumentation der flussmorphologischen Berechnungen. AWEL 15.1.2002.
- [47] Dehus, P. 2005: Mindestabflüsse in Ausleitungsstrecken; Grundlagen, Ermittlung und Beispiele. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU), Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 97: 187 S

- [48] Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich (VAW)
1987: Innwasserfassung Pradella, Teil B: Bericht über die Verlandungs- und
Spülversuche im hydraulischen Modell. Im Auftrag der Engadiner Kraftwerke AG.

Anhang 2

Linienproben

Linienproben

Bezeichnung	Gewässer	km	dm	d90	Quelle
HE-1	Hemishoferbach	141.5	3.1	7.3	GHR
STKA	Rhein, St. Katharinental	132	5.1	11.6	
STKA	Rhein, St. Katharinental	132	5	12.7	
STKA	Rhein, St. Katharinental	132	5.3	17	
STKA	Rhein, St. Katharinental	132	2.6	6	
TH-1	Thur, Alten	105	2.4	5.6	GH-Thur/UVB-Eglisau
TH-2	Thur, Alten	105	2.2	4.4	GH-Thur/UVB-Eglisau
TH-3	Thur, Alten	105	2.2	4.9	GH-Thur/UVB-Eglisau
TH-4	Thur, Eggrank	105	2.2	5.6	GH-Thur/UVB-Eglisau
RH-1	Rhein, Thurmündung	105	2.4	5.7	
RH-2	Rhein, Thurmündung	105	2.2	4.6	
RH-3	Rhein, Thurmündung	105	1.6	3.7	
RH-4	Rhein, Thurmündung	104.5	1.7	3.2	
TOE-1	Töss, Tössegg	98.8	3.1	6.1	GHR
TOE-2	Töss, Blindensteg	98.8	2.3	4.9	GH-Töss
TOE-3	Töss, Freienstein	98.8	2.9	5.5	GH-Töss
GL-1	Glatt	90.9	2.9	6.5	GHR
TAE-1	Tägerbach	81.2	2.1	4.6	GHR
CH-1	Chrützlibach	78.5	1.8	3.7	GHR
RH-1	Rhein, Rheinheim	75	6.8	13.6	Monitoring HR
RH-2	Rhein, Rheinheim	75	3.7	9	Monitoring HR
RH-3	Rhein, Rheinheim	75	4.7	12.2	Monitoring HR
RH-4	Rhein, Rheinheim	75	5.6	11.3	Monitoring HR
KA-1	Rhein, Kadelburg	73	3.4	7	Monitoring HR
KA-2	Rhein, Kadelburg	73	3.5	7.7	Monitoring HR
KA-3	Rhein, Kadelburg	73	2.8	5.9	Monitoring HR
KA-4	Rhein, Kadelburg	73	3.4	7.2	Monitoring HR
KA-5	Rhein, Kadelburg	73	3.5	7.5	Monitoring HR
KA-6	Rhein, Kadelburg	73	2.6	5.7	Monitoring HR
KA-7	Rhein, Kadelburg	73	2.7	5.7	Monitoring HR
KA-8	Rhein, Kadelburg	73	2.9	6.3	Monitoring HR
RI-1	Rhein, Riethem	69	2.6	5.7	Monitoring HR
RI-2	Rhein, Riethem		2.5	5.2	Monitoring HR
RI-3	Rhein, Riethem		4.2	10	Monitoring HR
WU-1	Wutach, Tiengen	69.5	2	4	Monitoring HR
WU-2	Wutach, Tiengen	69.5	3.8	9.1	Monitoring HR
WU-3	Wutach, Tiengen	69.5	3.6	8.6	Monitoring HR

AA-1	Rhein-Aaremündung	67	3.3	7.5	GHR
AA-2	Rhein-Aaremündung	66.9	2.7	5.8	GHR
RADAG-1	Rhein, UW Wehr	61	4.4	12	GHR
RADAG-2	Rhein, UW Wehr	60.9	5.8	12.4	GHR
RADAG-3	Rhein, Rossgarten	59	3.8	9	GHR
ET-1	Etzgerbach	53.7	2.9	6.9	GHR
KA-1	Kaistnerbach	46.7	3	5.8	GHR
SI-1	Sissle, Sisseln	42.5	1.5	3.5	
SI-2	Sissle, Sisseln	42.5	2.3	5.4	
SI-3	Sissle, Sisseln	42.5	2	4.9	
SI-4	Sissle, Sisseln	42.5	3	7.1	
EG-1	Egolz, Augst-SBB-Brücke	14.6	1.4	2.7	Ergolzmündung
EG-2	Egolz, Augst-SBB-Brücke	14.6	1.5	3.5	
EG-3	Egolz, Augst-SBB-Brücke	14.6	1.3	2.6	
EG-4	Egolz, Augst-vor Strassenbr.	14.6	2.2	5.3	
EG-5	Egolz, Augst-vor Strassenbr.	14.6	2.5	5.6	
EG-6	Egolz, Augst-Stauwurzel	14.6	3.1	6	
BI-1	Birmündung	5.8	2.4	5.2	

Anhang 3

Bankflächen und Richtwerte für Geschiebefracht

Abschnitt Ellikon

Abschnitt Unterwasser KW Eglisau

Abschnitt KW Reckingen – Koblenzer Laufen

Abschnitt Koblenzer Laufen - Aaremündung

Abschnitt Stauhaltung Laufenburg

Abschnitt Unterwasser KW Säckingen – Stauwurzel KW Ryburg-Schwörstadt

Abschnitt Insel Rheinfelden

Abschnitt Stauwurzel KW Augst-Wyhlen

Abschnitt Stauwurzel KW Birsfelden

Abschnitt Ellikon

Kiesbank	A [m2]	V [m3]	Faktoren				Volumen [m3]
			Morph	GT	Trübung	Pot	
1	38'007	11'402	1	1	0.2	0.8	1'824
2	25'044	7'513	1	1	0.2	0.8	1'202
3a	22'830	6'849	1	1	0.2	0.8	1'096
3b	29'063	8'719	1	1	0.2	0.8	1'395
4	26'686	8'006	1	1	0.2	0.8	1'281
Geschiebefracht Mittel							1'360

Abschnitt Unterwasser KW Eglisau

Kiesbank	A [m2]	V [m3]	Faktoren				Volumen [m3]
			Morph	GT	Trübung	Pot	
1a	4'601	1'380	1	1	0.8	0.25	276
1b	3'659	1'098	1	1	0.8	0.25	220
Geschiebefracht Mittel							496

Abschnitt KW Reckingen – Koblenzer Laufen

Kiesbank	A [m2]	V [m3]	Faktoren				Volumen [m3]
			Morph	GT	Trübung	Pot	
1	14'162	4'249	1.5	1	0.8	1	5'098
2	6'390	1'917	1.5	1	0.8	1	2'300
3	17'610	5'283	1.5	1	0.8	1	6'339
4	9'310	2'793	1.5	1	0.8	1	3'351
5	41'525	12'458	1.5	1	0.8	1	14'949
6	14'301	4'290	1.5	1	0.8	1	5'148
7	19'266	5'780	1.5	1	0.8	1	6'936
8	20'061	6'018	1.5	1	0.8	1	7'222
9	21'718	6'515	1.5	1	0.8	1	7'818
10	43'438	13'031	1.5	1	0.8	1	15'638
11	7'378	2'213	1.5	1	0.8	1	2'656
Geschiebefracht Mittel							7'042

Abschnitt Koblenzer Laufen - Aarenmündung

Kiesbank	A [m2]	V [m3]	Faktoren				Volumen [m3]
			Morph	GT	Trübung	Pot	
1	29'000	8'700	1.2	1	0.8	1	8'352
2a	39'382	11'815	1.2	1	0.8	1	11'342
2b	5'600	1'680	1.2	1	0.8	1	1'613
3	12'980	3'894	1.5	1	0.8	1	4'673
4	35'082	10'525	1.5	1	0.8	1	12'630
5	35'000	10'500	1.5	1	0.8	1	12'600
Geschiebefracht Mittel							8'535

Abschnitt Stauhaltung Laufenburg

Kiesbank	A [m2]	V [m3]	Faktoren				Volumen [m3]
			Morph	GT	Trübung	Pot	
1	7'900	2'370	1	1.5	0.8	1	2'844
2	3'400	1'020	1	1.5	0.8	1	1'224
3	3'600	1'080	1	1.5	0.8	1	1'296
4	9'000	2'700	1	1.5	0.8	1	3'240
Geschiebefracht Mittel							2'151

Abschnitt Unterwasser KW Säckingen – Stauwurzel KW Ryburg-Schwörstadt

Kiesbank	A [m2]	V [m3]	Faktoren				Volumen [m3]
			Morph	GT	Trübung	Pot	
1	25'000	7'500	1	1	0.8	0.8	4'800
2	3'400	1'020	1	1	0.8	0.8	653
Geschiebefracht Mittel							2'726

Abschnitt Insel Rheinfelden

Kiesbank	A [m2]	V [m3]	Faktoren				Volumen [m3]
			Morph	GT	Trübung	Pot	
1	31'299	9'390	1	1	0.8	1	7'512
2	2'852	856	1	1	0.8	1	685
3	15'649	4'695	1.5	1	0.8	1	5'634
Geschiebefracht Mittel							4'610

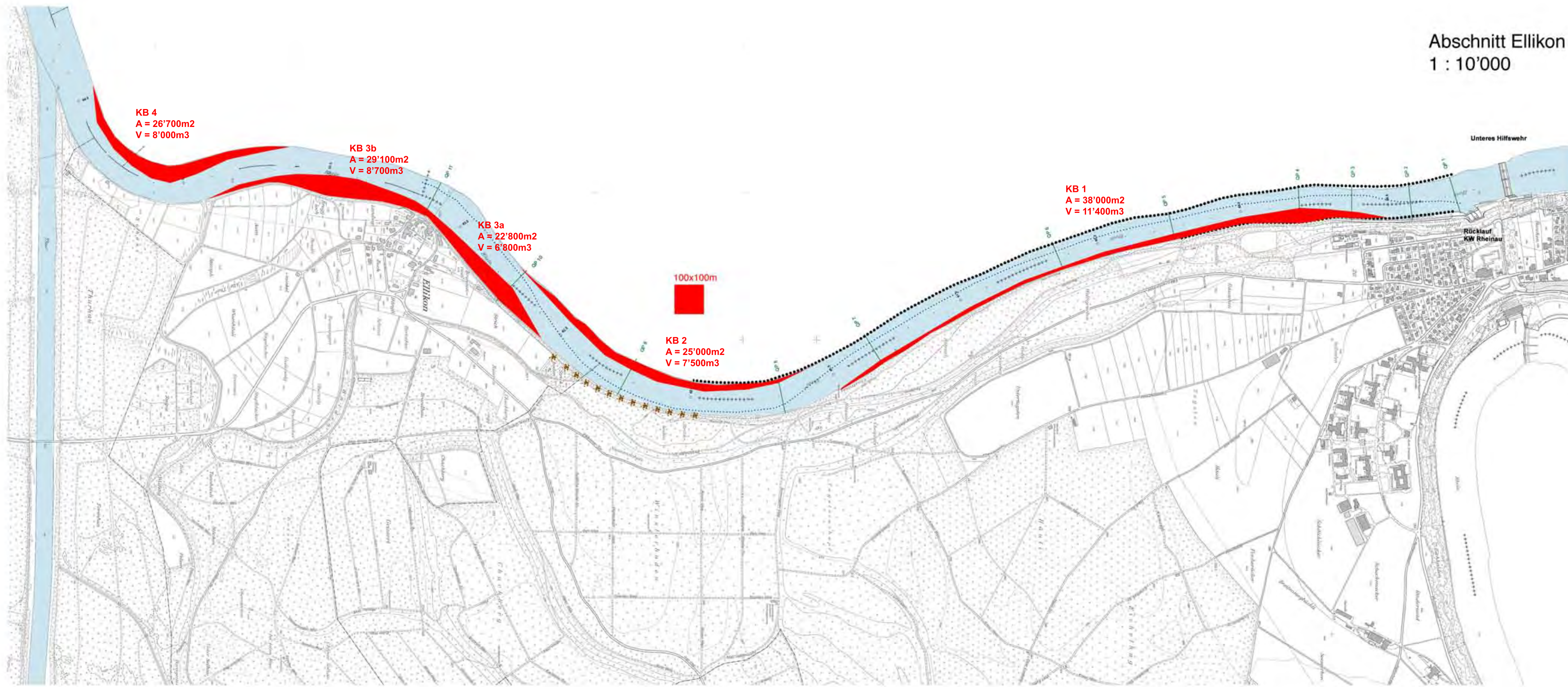
Abschnitt Stauwurzel KW Augst-Wyhlen

Kiesbank	A [m2]	V [m3]	Faktoren				Volumen [m3]
			Morph	GT	Trübung	Pot	
4	3'470	1'041	1	1	0.8	1	833
5	7'435	2'231	1	1	0.8	1	1'785
6	4'710	1'413	1	1	0.8	1	1'131
7	3'777	1'133	1	1	0.8	1	907
8	5'575	1'673	1	1	0.8	1	1'338
9	5'534	1'660	1	1	0.8	1	1'328
Geschiebefracht Mittel							1'220

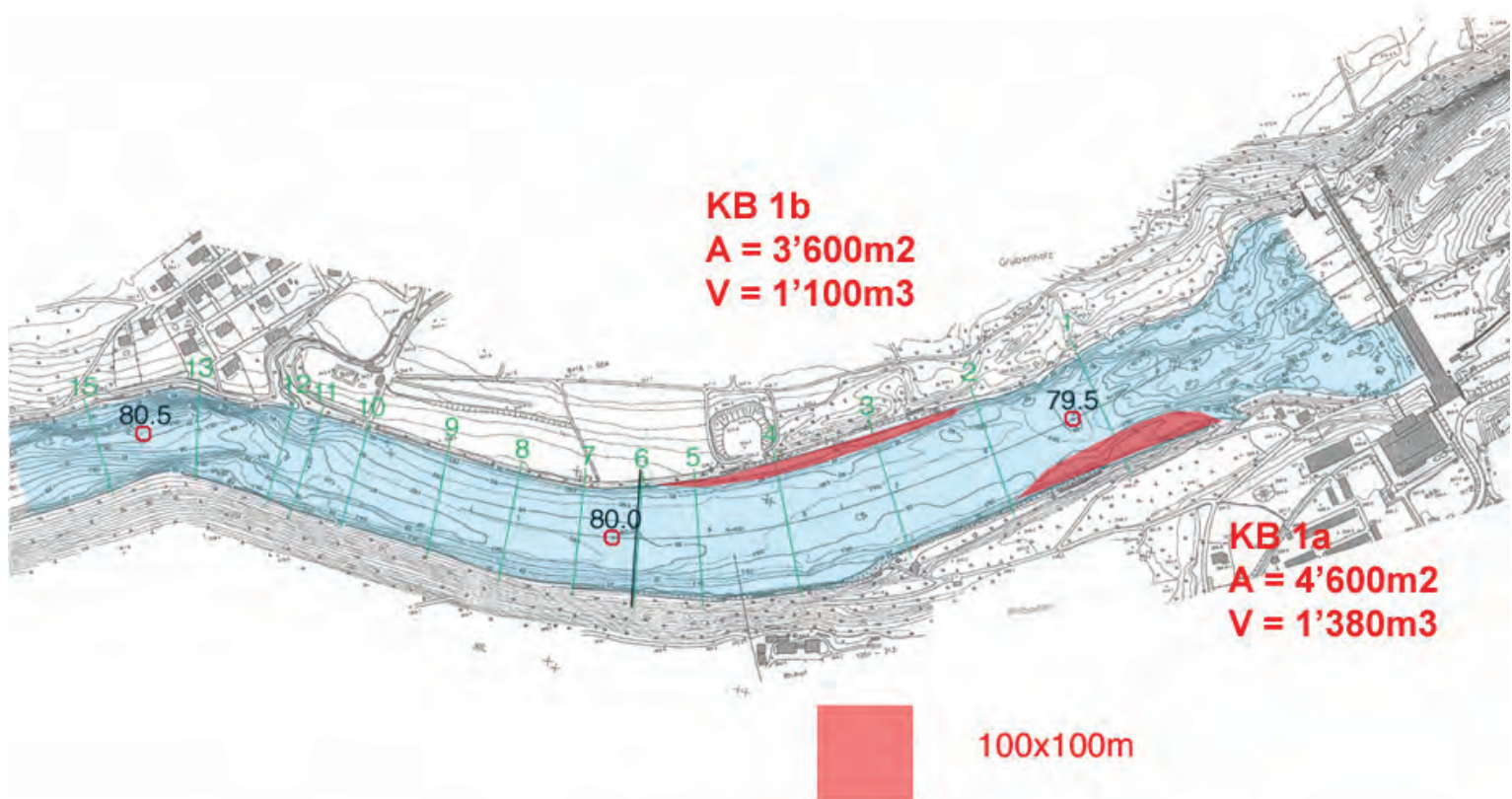
Abschnitt Stauwurzel KW Birsfelden

Kiesbank	A [m2]	V [m3]	Faktoren				Volumen [m3]
			Morph	GT	Trübung	Pot	
1	8'307	2'492	1	1	0.8	1	1'994
2	10'223	3'067	1	1	0.8	1	2'454
3	11'635	3'491	1	1	0.8	1	2'792
4	15'133	4'540	1	1	0.8	1	3'632
Geschiebefracht Mittel							2'718

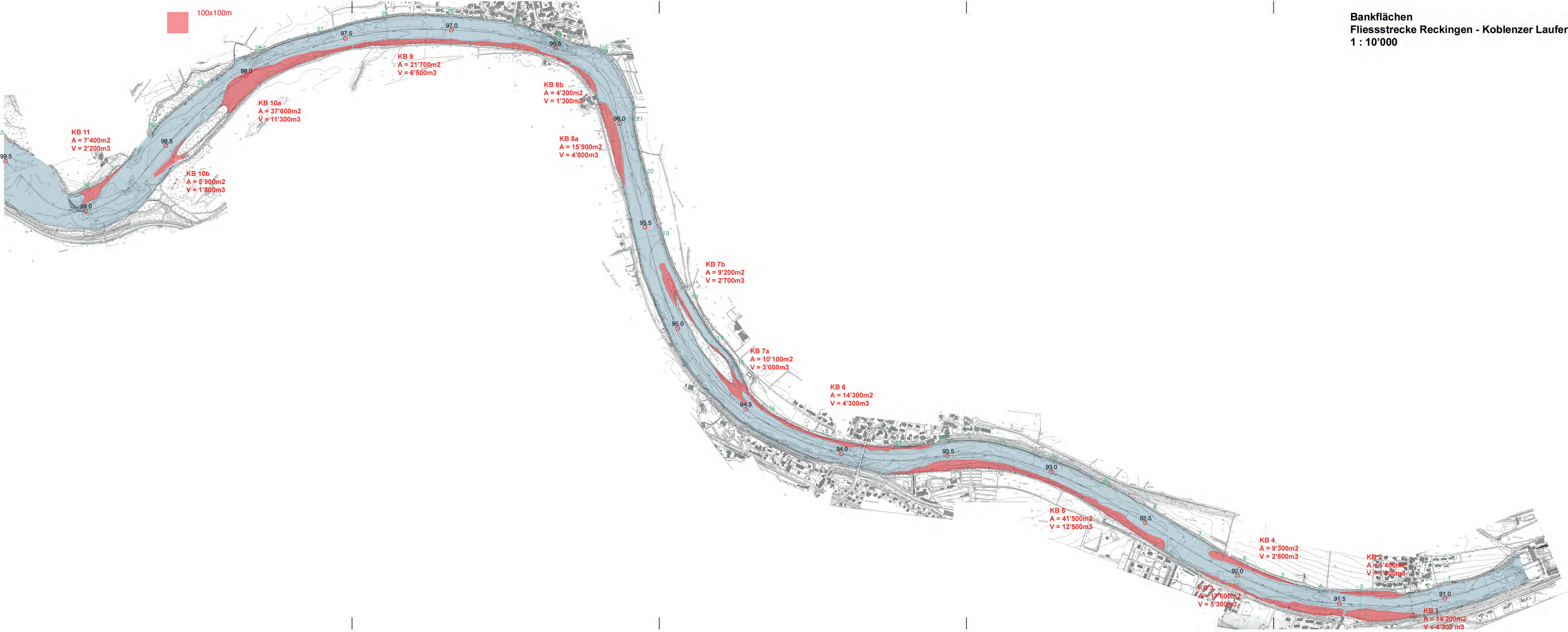
Abschnitt Ellikon
1 : 10'000



Bankflächen Unterwasser KW Eglisau 1 : 10'000



Bankflächen
Flie遝sstrecke Reckingen - Koblenzer Laufen
1 : 10'000

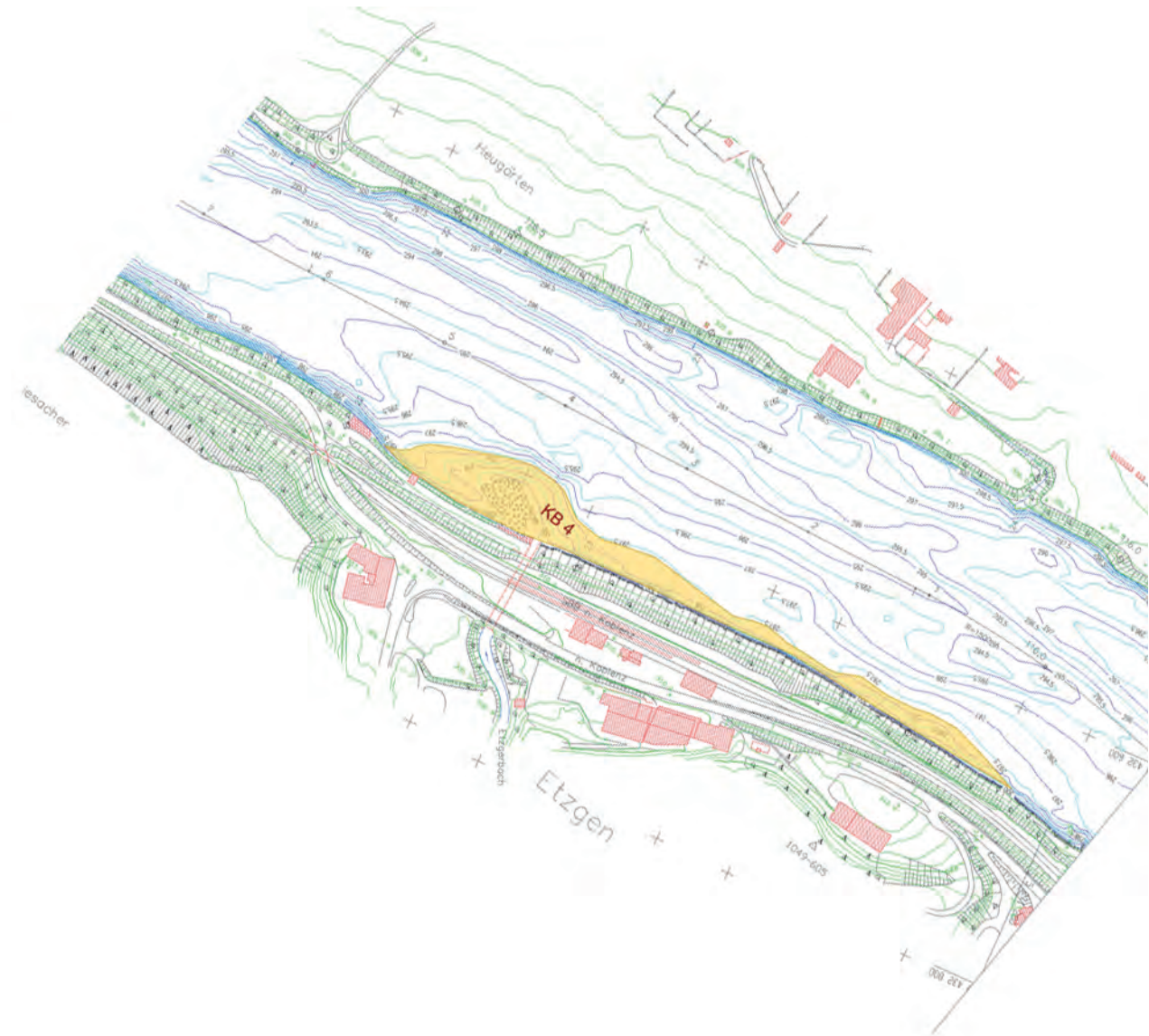
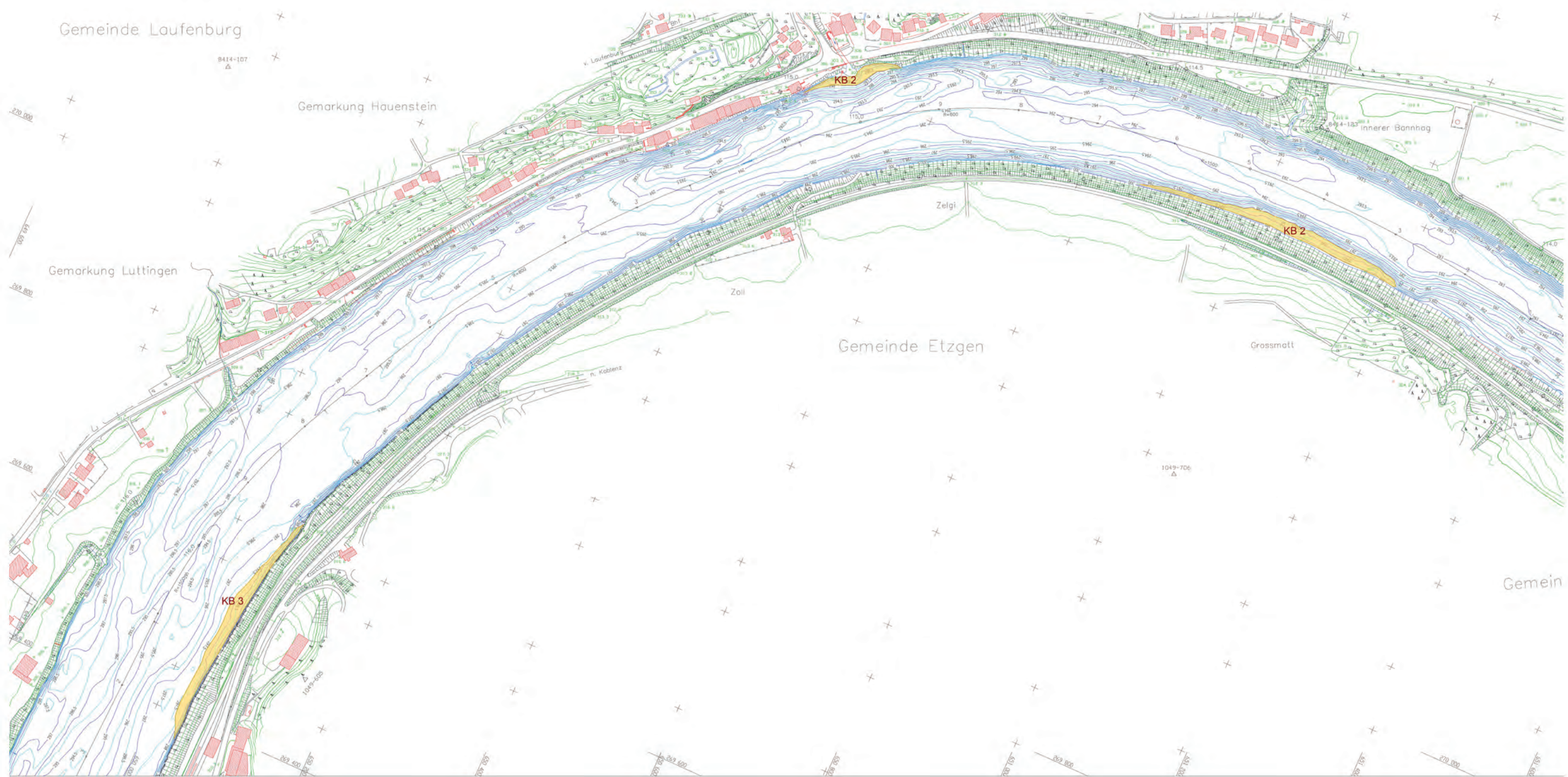


Abschnitt Koblenz
1:10'000

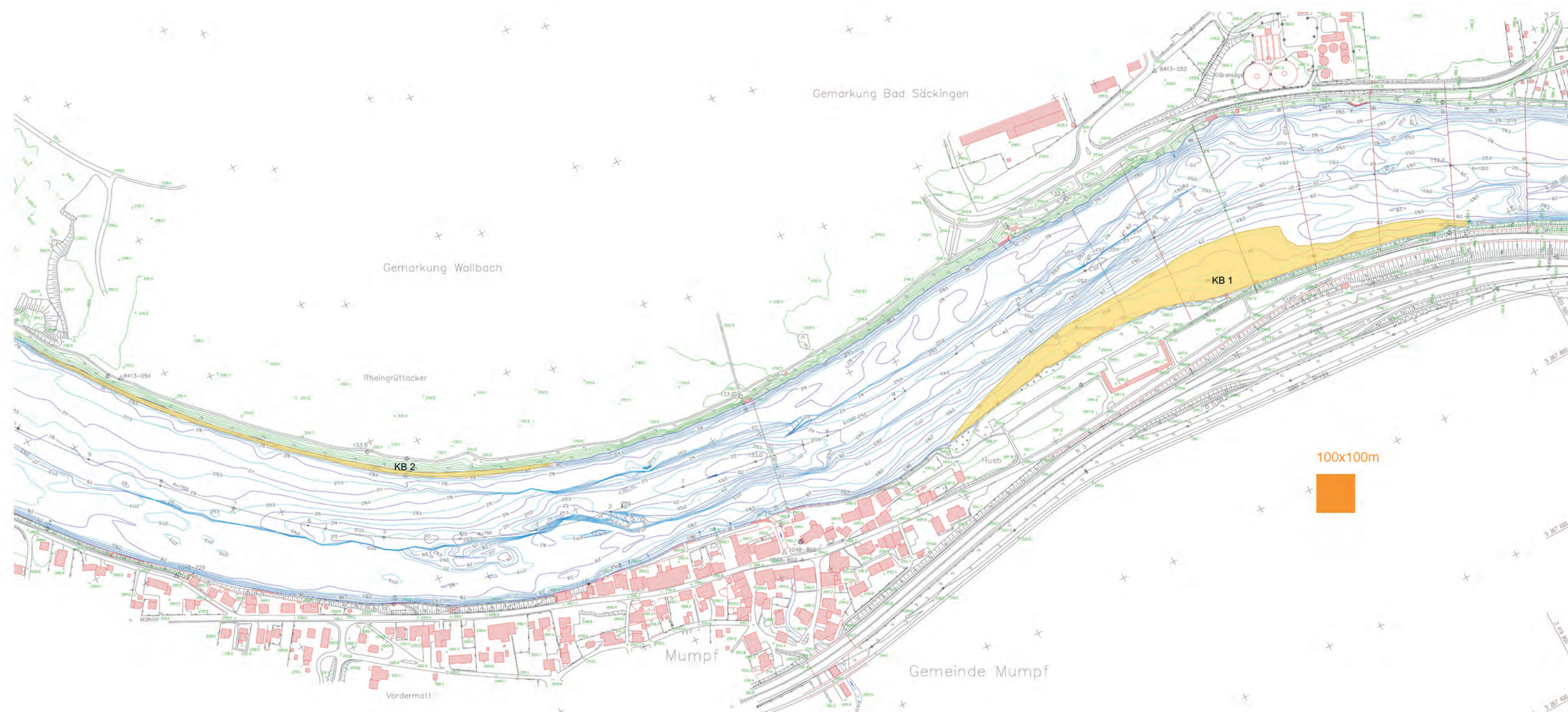
100x100m



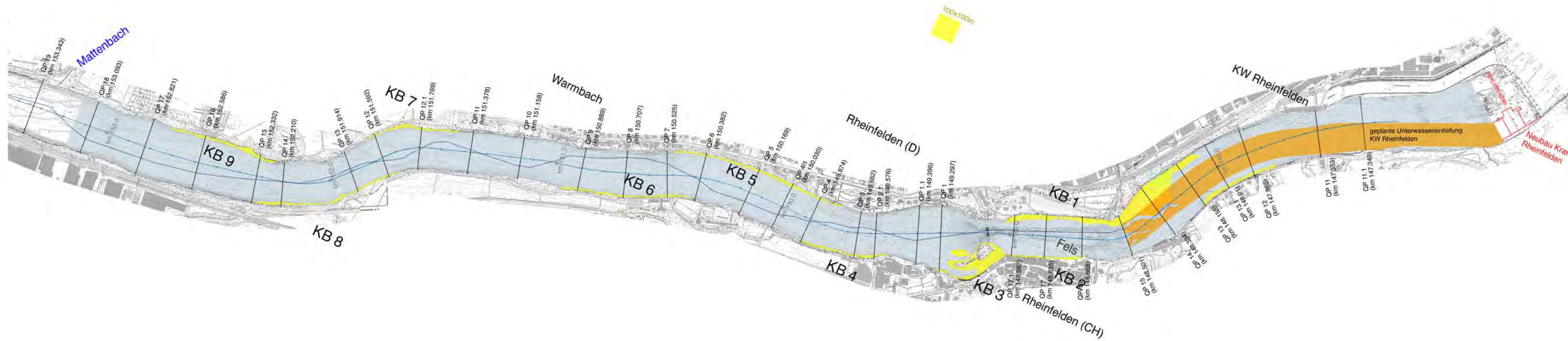
Abschnitt Laufenburg
1 : 10'000

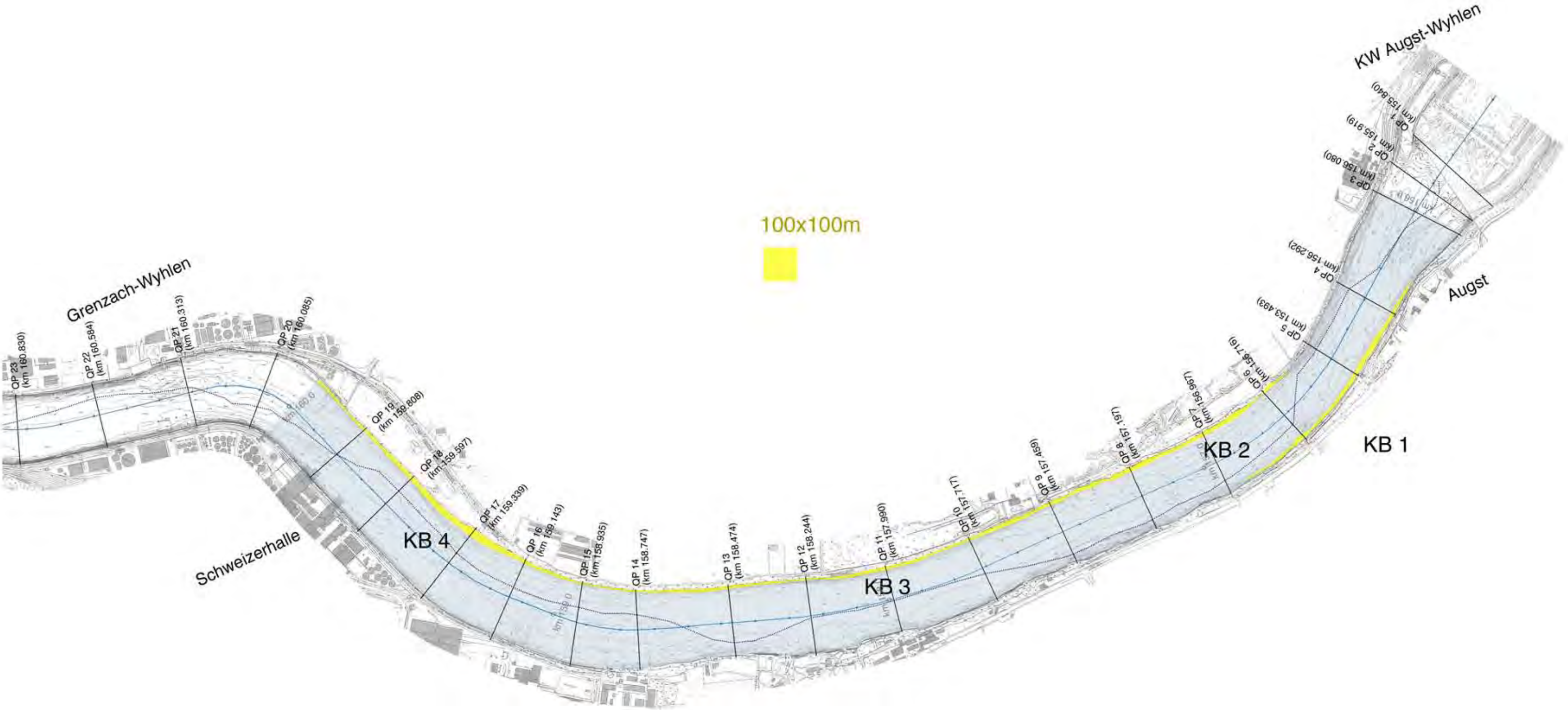


Stauwurzel KW Ryburg-Schwörstadt
1:10'000



Abschnitte Rheinfelden und
Stauwurzel KW Augst-Wyhlen
1:10'000





Anhang 4

Einfluss der Schüttungen bei Zurzach auf die
Reproduktion von kieslaichenden Fischarten

Kiesschüttungen Zurzach - Zusammenfassende Bewertung

Schüttvolumen und Umlagerungsprozesse

An beiden Zugabestellen hat sich das geschüttete Material etwa so, wie vorgesehen verhalten. Bei der Schüttstelle Zurzach wurde die Kiesbank anfänglich nur in geringem Umfang erodiert und das Material im Nahbereich der Schüttstelle in Form einer Geschiebefahne abgelagert. Die Abflusstiefe über dieser Geschiebefahne war während der Laichzeit der Äschen mit 1.7 – 2.5 m recht gross. Während dem Hochwasser vom August 2005 ($Q_{\max} = 1'250 \text{ m}^3/\text{s}$) wurde das Schüttmaterial bis in die vorgesehenen Flachwasserzone im Bereich der Barzmühle verlagert. Die Ablagerungsmächtigkeit war unterschiedlich, betrug in grossen Flächen jedoch nur wenige Zentimeter und war damit für das Anlegen von Laichgruben ungenügend. Trotzdem war ein verbesserter Laicherfolg nachweisbar (Kapitel 4.2). *Eine einmalige Zugabe von 1'000 m³ Schüttmaterial kann damit für den Nachweis des Reproduktionserfolges von kieslaichenden Fischarten als (knapp) genügend bezeichnet werden. Für eine nachhaltige Aufwertung der Fliessstrecke sind jedoch grössere Zugaben erforderlich, die regelmässig wiederholt werden müssen.*

Die Schüttung Rietheim erfolgte in einer für kieslaichende Fischarten günstigen Zone, womit das Schüttmaterial unmittelbar nach dem Einbringen als Laichsubstrat zur Verfügung stand. Die drei geschütteten Kiesbänke haben sich zwar während dem Hochwasser 2005 zu einer einzigen, langgezogenen Kiesbank verformt, das Schüttmaterial wurde aber nicht fortgeschwemmt sondern blieb im Bereich der Flachwasserzonen vor der Insel Rietheim liegen. Die Verformung während dem mittleren Hochwasser (HQ3) zeigt, dass Schüttungen in strömungsberuhigten Zonen länger stabil bleiben, sich aber bei grossen Hochwasserabflüssen zunehmend verformen und abgetragen werden können. Damit die Laichbedingungen nachhaltig verbessert werden können, müsste auch diese Schüttung periodisch wiederholt werden.

Einfluss auf die Fischfauna

Die fischereibiologischen Erhebungen zeigen, dass ein deutlicher Zusammenhang zwischen den Schüttungen und der Reproduktion der kieslaichenden Fischarten besteht. In den Bildern 1 und 2 ist der Zusammenhang zwischen der Veränderung der Kornverteilungen und den prozentualen Veränderungen der Äschenlarvendichte dargestellt (Bild 1: Veränderungen 2004-2005, Bild 2: Veränderungen 2004-2006).

Die Bilder zeigen, dass sich in der Zeit zwischen den Schüttungen (Oktober 2004) und den ersten Folgeaufnahmen (April/Mai 2005) die Kornverteilungen in den Teststrecken Rheinheim und Kadelburg nicht verändert haben (senkrechte Pfeile in Bild 1). In der als Referenz dienenden Teststrecke Rheinheim erfolgte kein Geschiebeeintrag und in der Teststrecke Kadelburg waren die durch die Schüttung Zurzach initialisierten Geschiebeumlagerungen nur geringfügig fortgeschritten. In beiden Strecken war ein Rückgang der Äschenlarvendichte um über 90 % festzustellen (abwärts gerichtete Pfeile in Bild 1). In der Teststrecke Rietheim hingegen stand das Schüttmaterial unmittelbar nach dem Einbringen als Laichsubstrat zur Verfügung. In dieser Strecke ist – einhergehend mit der

lokalen Verfeinerung des Substrates (Pfeile zeigen nach links) - eine Zunahme der Äschenlarvendichte um rund 20 % festzustellen (Pfeile aufwärts gerichtet).

In der Periode 2004 – 2006 (Bild 2) erfolgte in der Referenzstrecke Rheinheim tendenziell eine leichte Vergröberung des Substrates (Auswaschung von Feinkomponenten während dem Hochwasser vom August 2005, einzelne Pfeile nach rechts gerichtet) und eine Reduktion der Äschenlarvendichte von rund 60 % (Pfeile abwärts gerichtet). In den anderen beiden Teststrecken ergab sich eine teilweise (Teststrecke Kadelburg) bis grossflächige (Teststrecke Rietheim) Verfeinerung des Substrates (Pfeile nach links gerichtet) und einer Zunahme der Äschenlarvendichte von 20 – 60 % (Pfeile aufwärts gerichtet).

In beiden Perioden zeigte sich also eine deutliche Zunahme der Äschenlarvendichte in den Abschnitten, wo die Laichhabitate durch die Geschiebeschüttungen aufgewertet wurden, dies obwohl in der Referenzstrecke Rheinheim eine markante Abnahme der Dichten festzustellen war.

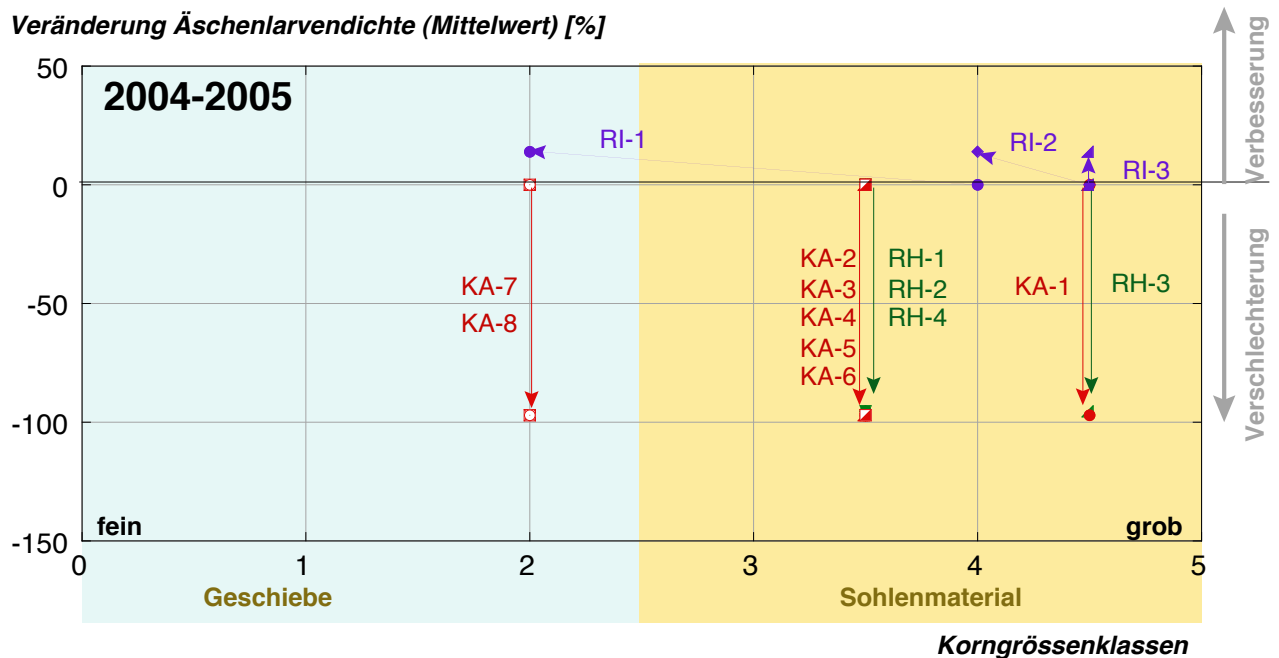


Bild 1 Zusammenhang zwischen der Veränderung der Korngrößen und der Veränderung der Äschenlarvendichten. RH-x: Linienproben Rheinheim, KA-x, Linienproben Kadelburg, RI-x: Linienproben Rietheim. Periode **2004 – 2005**. Nach links gerichtete Pfeile zeigen eine Verfeinerung des Substrates, nach oben gerichtete Pfeile eine Vergrößerung der Äschenlarvendichte.

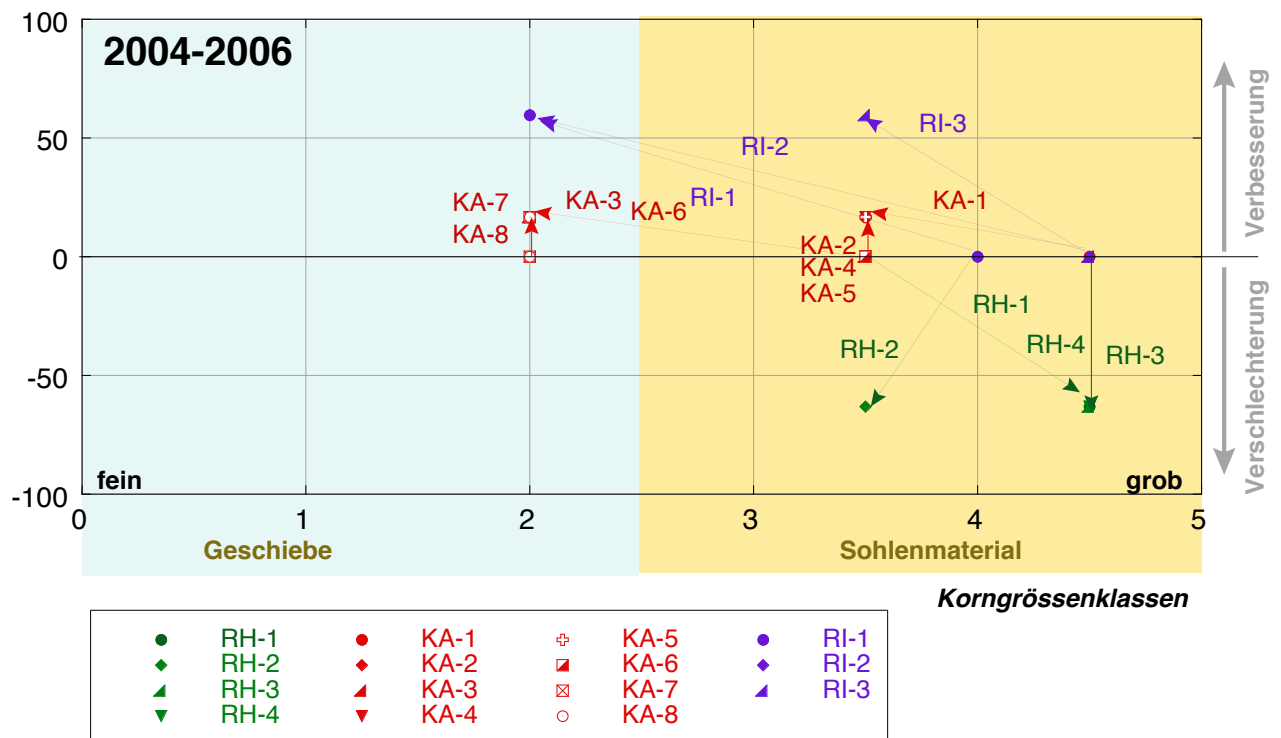
Veränderung Äschenlarvendichte (Mittelwert) [%]

Bild 2 Zusammenhang zwischen der Veränderung der Korngrößen und der Veränderung der Äschenlarvendichten. RH-x: Linienproben Rheinheim, KA-x, Linienproben Kadelburg, RI-x: Linienproben Rietheim. Periode **2004 – 2006**. Nach links gerichtete Pfeile zeigen eine Verfeinerung des Substrates, nach oben gerichtete Pfeile eine Vergrößerung der Äschenlarvendichte.

Noch deutlicher wird der Unterschied, wenn die Verhältnisse für die Periode 2005 – 2006 verglichen werden (Bild 3). In dieser Periode wurde das Material der Schüttstelle Zurzach durch das Hochwasser 2005 umgelagert und in der Teststrecke Kadelburg verteilt. In der Teststrecke Rietheim stand das geschüttete Material weiterhin als Laichsubstrat zur Verfügung. In der Referenzstrecke Rheinheim erfolgte eine Zunahme der Äschenlarvendichten um rund 700 %. In der Teststrecke Rietheim war die Zunahme mit 50 % gering, in der Teststrecke Kadelburg hingegen war eine Zunahme um 3'600 % festzustellen (mehr als das 5-fache der Zunahme in der Referenzstrecke Rheinheim).

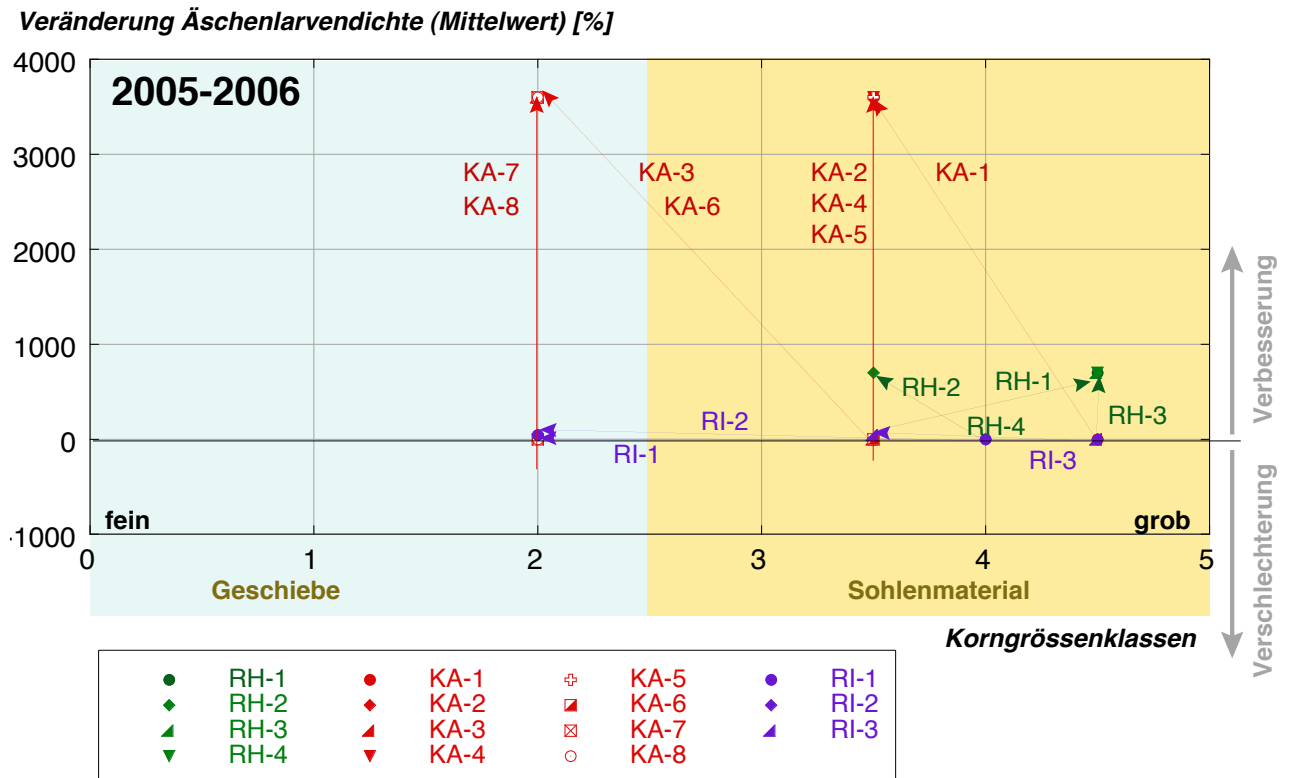


Bild 3 Zusammenhang zwischen der Veränderung der Korngrössen und der Veränderung der Äschenlarvendichten für die Periode **2005-2006**. Nach links gerichtete Pfeile zeigen eine Verfeinerung des Substrates, nach oben gerichtete Pfeile eine Vergrösserung der Äschenlarvendichte.

Einfluss auf das Benthos

Mit den durchgeführten Benthosaufnahmen konnte kein direkter Zusammenhang zwischen den Kiesschüttungen und der Benthosbiozönose nachgewiesen werden. Bei den ersten Aufnahmen des Folgezustandes (März 2005), nur 4 Monate nach den Schüttungen, wurde lediglich eine geringe Besiedlungsdichte vorgefunden. Dies wurde auf die noch instabile Lagerung der Schüttungen sowie auf mangelndes Nahrungsangebot zurückgeführt. In der zweiten Aufnahmen (2006) war zumindest bei der Schüttung Rietheim für den Hochrhein normale Besiedlungsdichten feststellbar. Eine Verschiebung zu seltenen und anspruchsvollen Arten konnte hingegen nicht nachgewiesen werden. Als mögliche Ursachen kann aufgeführt werden, dass nahe gelegene Besiedlungsreservoirs für spezialisierte Arten fehlen und die neuen Kiesflächen aufgrund ihrer geringen Ausdehnung nur schlecht zu finden sind.

Verschiedene Rahmenbedingungen (Stabilität der Sohle, Bewuchs, Hochwasser, beschränkte Mobilität des Benthos, lang dauernde Besiedlung mit neuen Arten) scheinen bei Kiesschüttungen im vorgenommenen Ausmass einen bedeutenden Einfluss zu haben.

Damit der Einfluss von Kiesschüttungen auf das Benthos nachgewiesen werden kann, sind Kiesschüttungen in grösserem Ausmass und ein längerfristig angelegtes Monitoring erforderlich.

Anhang 5

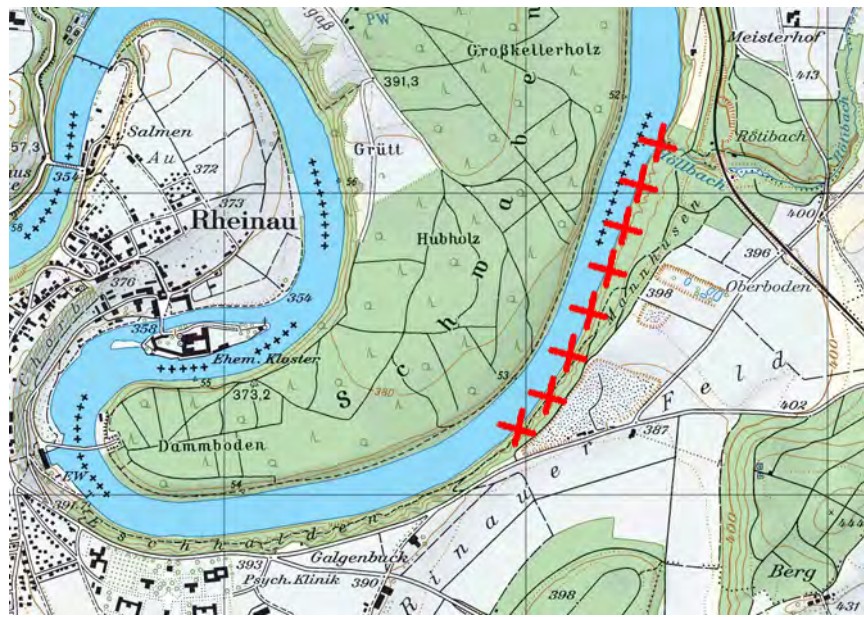
Massnahmenblätter (Geschiebezugaben und
Ufererosionen)

Massnahme	Nr.	1
Lage Vgl. Kartenausschnitt und Foto	Kanton: Gemeinde: Ort:	D / ZH Altenburg / Dachsen Linkes Rheinufer
Art	Stabile Kiesschüttung (einmalig)	☐
	Zu erodierende Kiesschüttung	☐
	Wiederkehrend, Intervall Jahre ca.	
	Transport ab Schüttstelle	
	Fördern der Ufererosion	☒
Zufahrt	Bestehend	☒
	Neu zu erstellen, Länge ca.	
Abmessungen	Länge (L)	800m
	Erosionen weiträumig zulassen, ev. Interventionslinie festlegen	
	Fläche (A)	4'000m2
Dynamik	Entlang dem Prallufer langsam fortschreitende Ufererosion (entsprechend Zürcher Ufer bei Ellikon). Die Massnahme führt zu einem geringen Geschiebeeintrag und Geschiebeumlagerungen bei Hochwasserabfluss und natürlichen Flussufern. Von den Erosionen ist ausschliesslich Wald betroffen.	
Hochwasserschutz	Keine Schutzdefizite zu erwarten,	☒
	Schutzdefizite möglich. Abschnitt:	☐
Betroffene Anlagen, Kraftwerke	Keine	
Kosten (grob geschätzt)	Einmalig Fr.	450'000
	Wiederkehrend für jede Schüttung Fr.	
Beurteilung	Bedeutung für Geschiebehaushalt gering, als Aufwertungsmassnahme sehr wirksam, kurzer Wirkungsbereich	
Priorität	(1, 2, 3)	2
Bezug zu anderen Projekten, Quellen		



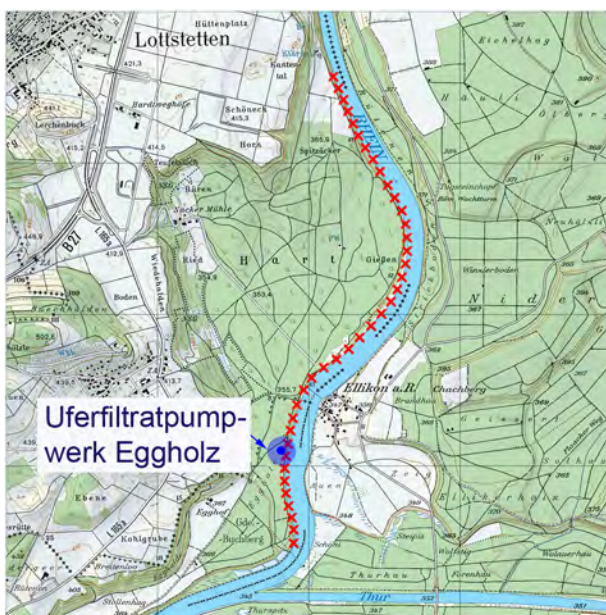
Kartenausschnitt. Massstab 1 : 25'000	
---------------------------------------	--

Massnahme	Nr.	2
Lage	Kanton:	ZH
Vgl. Kartenausschnitt und Foto	Gemeinde:	Rheinau
	Ort:	Linkes Rheinufer
Art	Stabile Kiesschüttung (einmalig)	☐
	Zu erodierende Kiesschüttung	☐
	Wiederkehrend, Intervall Jahre ca.	
	Transport ab Schüttstelle	
	Fördern der Ufererosion	☒
Zufahrt	Bestehend	☒
	Neu zu erstellen, Länge ca.	
Abmessungen	Länge (L)	900m
	Erosionen weiträumig zulassen, ev. Interventionslinie festlegen	
	Fläche (A)	4'500m2
Dynamik	Entlang dem Prallufer langsam fortschreitende Ufererosion (entsprechend Zürcher Ufer bei Ellikon). Die Massnahme führt zu einem geringen Geschiebeeintrag und Geschiebeumlagerungen bei Hochwasserabfluss und natürlichen Flussufern. Von den Erosionen ist ausschliesslich Wald betroffen.	
Hochwasserschutz	Keine Schutzdefizite zu erwarten,	☒
	Schutzdefizite möglich. Abschnitt:	☐
Betroffene Anlagen, Kraftwerke	Keine	
Kosten (grob geschätzt)	Einmalig Fr.	400'000
	Wiederkehrend für jede Schüttung Fr.	
Beurteilung	Bedeutung für Geschiebehaushalt gering, als Aufwertungsmassnahme wirksam, sehr kurzer Wirkungsbereich	
Priorität	(1, 2, 3)	3
Bezug zu anderen Projekten, Quellen		



Kartenausschnitt, Massstab 1 : 25'000

Massnahme	Nr.	4 und 5
Lage Vgl. Kartenausschnitt und Foto	Kanton: Gemeinde: Ort:	D / SH Lottstetten / Buchberg Rechtes Rheinufer
Art	Stabile Kiesschüttung (einmalig)	☐
	Zu erodierende Kiesschüttung	☐
	Wiederkehrend, Intervall Jahre ca.	
	Transport ab Schüttstelle	
	Fördern der Ufererosion	☒
Zufahrt	Bestehend	☒
	Neu zu erstellen, Länge ca.	
Abmessungen	Länge (L)	3'500m
	Erosionen weiträumig zulassen, ev. Interventionslinie festlegen	
	Fläche (A)	mehrere 10'000m ²
Dynamik	Entlang dem Prallufer langsam fortschreitende Ufererosion (entsprechend Zürcher Ufer). Die Massnahme führt zu einem geringen Geschiebeeintrag und Geschiebeumlagerungen bei Hochwasserabfluss und natürlichen Flussufern. Von den Erosionen ist ausschliesslich Wald betroffen.	
Hochwasserschutz	Keine Schutzdefizite zu erwarten,	☒
	Schutzdefizite möglich. Abschnitt:	☐
Betroffene Anlagen, Kraftwerke	Keine	
Kosten (grob geschätzt)	Einmalig Fr.	1'100'000
	Wiederkehrend für jede Schüttung Fr.	
Beurteilung	Bedeutung für Geschiebehaushalt eher gering (nur mittleres Aufwertungspotenzial), als Aufwertungs- und Strukturierungsmassnahme sehr wirksam	
Priorität	(1, 2, 3)	2
Bezug zu anderen Projekten, Quellen	WWF 100 Inseln	



Kartenausschnitt, Massstab 1 : 50'000



Rechtes Rheinufer mit Verbauungen

Massnahme	Nr.	6
Lage Vgl. Kartenausschnitt und Foto	Kanton: Gemeinde: Ort:	AG Rekingen Linkes Rheinufer flussaufwärts Mündung Chrüzlibach
Art	Stabile Kiesschüttung (einmalig)	☐
	Zu erodierende Kiesschüttung, (ev. 2 Bänke)	☒
	Wiederkehrend, Intervall Jahre ca.	2
	Transport ab Schüttstelle	Laufenburg (29.2km)
	Aufweitung oder Seitengerinne	☐
Zufahrt	Bestehend	☒
	Neu zu erstellen, Länge ca.	
Abmessungen	Breite (B)	7 + 10m
	Länge (L)	120 + 100m
	Fläche (A)	1'840m2
	Schütthöhe (H)	1.1m
	Schüttvolumen (V)	2'000m3
Schüttmaterial	dm ca. 2-3cm, dmax ca. 10cm	
Herkunft Schüttmaterial	1. Kieswerk 2. Kiesentnahmen Rhein Thurmündung	
Hochwasserschutz	Keine Schutzdefizite zu erwarten, Schutzdefizite möglich. Abschnitt:	☒ ☐
Betroffene Anlagen, Kraftwerke	Ev. UW-Spiegel KW Rekingen	
Kosten (grob geschätzt)	Einmalig Fr. Wiederkehrend für jede Schüttung Fr./a	30'000 80'000
Beurteilung	Aufwertbare Strecke lang, Mobilisierung gut, Zufahrt recht gut geeignet, nicht geeignet für grosse Schüttmengen	
Priorität	(1, 2, 3)	1
Bezug zu anderen Projekten, Quellen	WWF100 Inseln	
 		
Kartenausschnitt, Massstab 1 : 25'000		Blick flussabwärts

Massnahme	Nr.	7
Lage Vgl. Kartenausschnitt und Foto	Kanton: Gemeinde: Ort:	D Rheinheim Rechtes Rheinufer flussabwärts Reckingen
Art	Stabile Kiesschüttung (einmalig)	☐
	Zu erodierende Kiesschüttung	☒
	Wiederkehrend, Intervall Jahre ca.	2
	Transport ab Schüttstelle	Laufenburg (28.4km)
	Aufweitung oder Seitengerinne	☐
Zufahrt	Bestehend	☒
	Neu zu erstellen, Länge ca.	Rampe
Abmessungen	Breite (B)	15m
	Länge (L)	200m
	Fläche (A)	3'000m2
	Schütthöhe (H)	2m
	Schüttvolumen (V)	6'000m3
Schüttmaterial	dm ca. 2-3cm, dmax ca. 10cm	
Herkunft Schüttmaterial	1. Kieswerk 2. Kiesentnahmen Rhein Thurmündung	
Hochwasserschutz	Keine Schutzdefizite zu erwarten, Schutzdefizite möglich. Abschnitt:	☒ ☐
Betroffene Anlagen, Kraftwerke	Ev. UW-Spiegel KW Reckingen	
Kosten (grob geschätzt)	Einmalig Fr. Wiederkehrend für jede Schüttung Fr./a	200'000 240'000
Beurteilung	Aufwertbare Strecke lang, Mobilisierung mässig gut, Zufahrt gut (kurzer Abschnitt durch Siedlungsgebiet), geeignet für grosse Schüttmengen	
Priorität	(1, 2, 3)	1
Bezug zu anderen Projekten, Quellen	WWF100 Inseln	

	
Kartenausschnitt, Massstab 1 : 25'000	Blick flussaufwärts

Massnahme	Nr.	8
Lage Vgl. Kartenausschnitt und Foto	Kanton: Gemeinde: Ort:	AG Zurzach Linkes Rheinufer flussabwärts ARA
Art	Stabile Kiesschüttung (einmalig)	☐
	Zu erodierende Kiesschüttung	☒
	Wiederkehrend, Intervall Jahre ca.	3
	Transport ab Schüttstelle	Laufenburg (25.2km)
	Aufweitung oder Seitengerinne	☐
Zufahrt	Bestehend	☒
	Neu zu erstellen, Länge ca.	Rampe
Abmessungen	Breite (B)	15m
	Länge (L)	200m
	Fläche (A)	3'000m2
	Schütthöhe (H)	2.5m
	Schüttvolumen (V)	7'500m3
Schüttmaterial	dm ca. 2-3cm, dmax ca. 10cm	
Herkunft Schüttmaterial	1. Kieswerk 2. Kiesentnahmen Rhein Thurmündung	
Hochwasserschutz	Keine Schutzdefizite zu erwarten, Schutzdefizite möglich. Abschnitt:	☒ ☐
Betroffene Anlagen, Kraftwerke	Keine	
Kosten (grob geschätzt)	Einmalig Fr. Wiederkehrend für jede Schüttung Fr./a	150'000 200'000
Beurteilung	Profitierende Strecke lang, Mobilisierung sehr gut, Zufahrt gut, geeignet für grosse Schüttmengen	
Priorität	(1, 2, 3)	1
Bezug zu anderen Projekten, Quellen	WWF100 Inseln	
		
Kartenausschnitt, Massstab 1 : 25'000		Blick flussabwärts

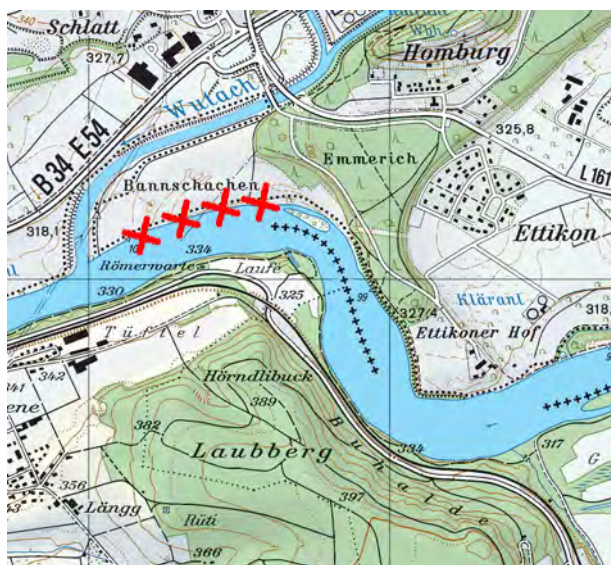
Massnahme	Nr.	9
Lage Vgl. Kartenausschnitt und Foto	Kanton: Gemeinde: Ort:	D Küssaberg Rechtes Rheinufer beim Bögleäcker
Art	Stabile Kiesschüttung (einmalig)	☐
	Zu erodierende Kiesschüttung	☒
	Wiederkehrend, Intervall Jahre ca.	3
	Transport ab Schüttstelle	Laufenburg (22.9km)
	Aufweitung oder Seitengerinne	☐
Zufahrt	Bestehend	☒
	Neu zu erstellen, Länge ca.	Rampe
Abmessungen	Breite (B)	20m
	Länge (L)	150m
	Fläche (A)	3'000m2
	Schütthöhe (H)	2m
	Schüttvolumen (V)	6'000m3
Schüttmaterial	dm ca. 3-4cm, dmax ca. 12cm	
Herkunft Schüttmaterial	1. Kieswerk 2. Kiesentnahmen Rhein Thurmündung	
Hochwasserschutz	Keine Schutzdefizite zu erwarten, Nachweis erforderlich	☒
	Schutzdefizite möglich. Abschnitt:	☐
Betroffene Anlagen, Kraftwerke	Keine	
Kosten (grob geschätzt)	Einmalig Fr.	150'000
	Wiederkehrend für jede Schüttung Fr./a	160'000
Beurteilung	Profitierende Strecke lang, Mobilisierung sehr gut, Zufahrt gut, geeignet für grosse Schüttmengen	
Priorität	(1, 2, 3)	1
Bezug zu anderen Projekten, Quellen	WWF100 Inseln	

	
Kartenausschnitt, Massstab 1 : 25'000	Blick flussabwärts

Massnahme	Nr.	10
Lage Vgl. Kartenausschnitt und Foto	Kanton: Gemeinde: Ort:	D Waldshut Rechtes Rheinufer, vor Wutachmündung
Art	Stabile Kiesschüttung (einmalig)	☐
	Zu erodierende Kiesschüttung	☐
	Wiederkehrend, Intervall Jahre ca.	
	Transport ab Schüttstelle	
	Aufweitung durch Entfernung des Uferschutzes	☒
Zufahrt	Bestehend	☒
	Neu zu erstellen, Länge ca.	
Abmessungen	Länge (L)	400m
	Erosionen zulassen, ev. Interventionslinie festlegen	
	Fläche (A)	ca. 4'000m2
Dynamik	Entlang dem leichten Prallufer sehr langsam fortschreitende Ufererosion. Die Massnahme führt zu einem natürlichen und gut strukturiertem Flusssufer, wo Geschiebe umgelagert werden kann. Mittelfristig muss ev. der Uferweg verlegt werden.	
Hochwasserschutz	Keine Schutzdefizite zu erwarten,	☒
	Schutzdefizite möglich. Abschnitt:	☐
Betroffene Anlagen, Kraftwerke	Keine	
Kosten (grob geschätzt)	Einmalig Fr.	175'000.-
	Wiederkehrend für jede Schüttung Fr.	
Beurteilung	Bedeutung für Geschiebehaushalt gering, als Aufwertungsmassnahme sehr wirksam, geringe Kosten	
Priorität	(1, 2, 3)	2
Bezug zu anderen Projekten, Quellen	WWF100 Inseln	

	
Kartenausschnitt, Massstab 1 : 50'000	Im Hintergrund sind die zu entfernenden Verbauungen zu sehen, Blick flussabwärts

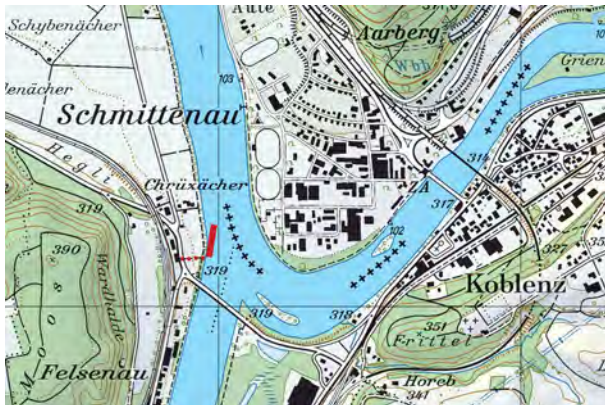
Massnahme	Nr.	11
Lage Vgl. Kartenausschnitt und Foto	Kanton: Gemeinde: Ort:	D Küssaberg Rechtes Rheinufer, Ettikon
Art	Stabile Kiesschüttung (einmalig)	☐
	Zu erodierende Kiesschüttung	☐
	Wiederkehrend, Intervall Jahre ca. Transport ab Schüttstelle	
	Aufweitung durch Entfernung des Uferschutzes	☒
Zufahrt	Bestehend	☒
	Neu zu erstellen, Länge ca.	
Abmessungen	Länge (L)	400m
	Erosionen zulassen, ev. Interventionslinie festlegen Fläche (A)	ca. 4'000m ²
Dynamik	Entlang dem leichten Prallufer sehr langsam fortschreitende Ufererosion. Die Massnahme führt zu einem natürlichen und gut strukturiertem Flusssufer, wo Geschiebe umgelagert werden kann. Mittelfristig muss ev. der Uferweg verlegt werden.	
Hochwasserschutz	Keine Schutzdefizite zu erwarten,	☒
	Schutzdefizite möglich. Abschnitt:	☐
Betroffene Anlagen, Kraftwerke	Keine	
Kosten (grob geschätzt)	Einmalig Fr.	285'000.-
	Wiederkehrend für jede Schüttung Fr.	
Beurteilung	Bedeutung für Geschiebehaushalt gering, als Aufwertungsmassnahme sehr wirksam, geringe Kosten	
Priorität	(1, 2, 3)	2
Bezug zu anderen Projekten, Quellen	Naturnahe Umgestaltung Wutachmündung	



Kartenausschnitt, Massstab 1 : 50'000

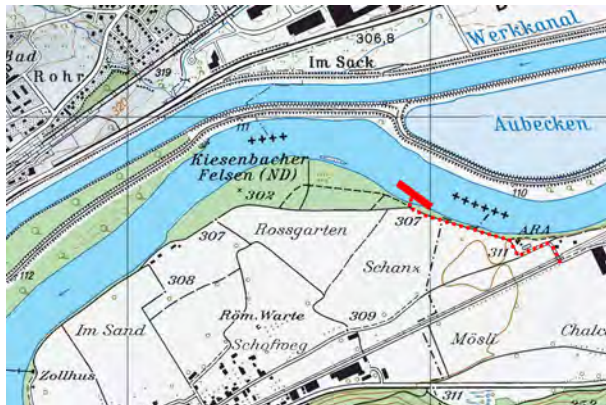
Orthofoto 2011 mit renaturierter Wutachmündung (orange umrandet)

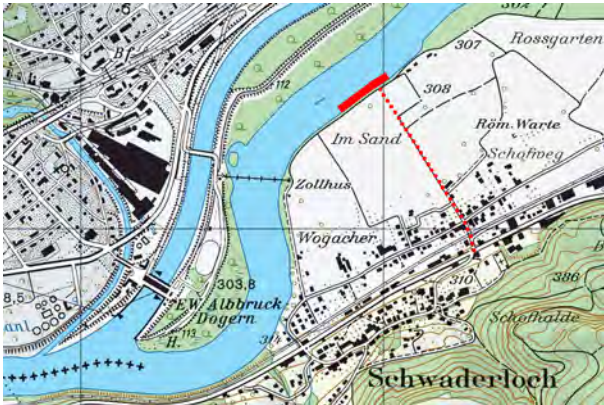
Massnahme	Nr.	12
Lage Vgl. Kartenausschnitt und Foto	Kanton: Gemeinde: Ort:	AG Leuggern Linkes Rheinufer beim Chrüzacher
Art	Stabile Kiesschüttung (einmalig)	☐
	Zu erodierende Kiesschüttung	☒
	Wiederkehrend, Intervall Jahre ca.	2
	Transport ab Schüttstelle	Laufenburg (17.7km)
	Aufweitung oder Seitengerinne	☐
Zufahrt	Bestehend	☒
	Neu zu erstellen, Länge ca.	Rampe
Abmessungen	Breite (B)	20m
	Länge (L)	100m
	Fläche (A)	2'000m2
	Schütthöhe (H)	1.5m
	Schüttvolumen (V)	3'000m3
Schüttmaterial	dm ca. 4cm, dmax ca. 12cm	
Herkunft Schüttmaterial	1. Kieswerk 2. Kiesentnahmen Rhein Thurmündung	
Hochwasserschutz	Keine Schutzdefizite zu erwarten	☒
	Schutzdefizite möglich. Abschnitt:	☐
Betroffene Anlagen, Kraftwerke	Keine	
Kosten (grob geschätzt)	Einmalig Fr.	20'000
	Wiederkehrend für jede Schüttung Fr. /a	80'000
Beurteilung	Profitierende Strecke lang, Mobilisierung sehr gut, Zufahrt gut, geeignet für grosse Schüttmengen, Aufwertung Erholung	
Priorität	(1, 2, 3)	2
Bezug zu anderen Projekten, Quellen		





Kartenausschnitt, Massstab 1 : 25'000	Blick flussabwärts
---------------------------------------	--------------------

Massnahme	Nr.	14
Lage Vgl. Kartenausschnitt und Foto	Kanton: Gemeinde: Ort:	AG Schwaderloch Linkes Rheinufer bei Schanz
Art	Stabile Kiesschüttung (einmalig)	☐
	Zu erodierende Kiesschüttung	☒
	Wiederkehrend, Intervall Jahre ca.	2
	Transport ab Schüttstelle	Laufenburg (10.3km)
	Aufweitung oder Seitengerinne	☐
Zufahrt	Bestehend	☒
	Neu zu erstellen, Länge ca.	Rampe
Abmessungen	Breite (B)	30m
	Länge (L)	200m
	Fläche (A)	6'000m2
	Schütthöhe (H)	1.5m
	Schüttvolumen (V)	9'000m3
Schüttmaterial	dm ca. 2-3cm, dmax ca. 10cm	
Herkunft Schüttmaterial	1. Kieswerk 2.	
Hochwasserschutz	Keine Schutzdefizite zu erwarten	☒
	Schutzdefizite möglich. Abschnitt:	☐
Betroffene Anlagen, Kraftwerke	Keine	
Kosten (grob geschätzt)	Einmalig Fr. Wiederkehrend für jede Schüttung Fr./a	40'000 360'000
Beurteilung	Profitierende Strecke eher kurz, Mobilisierung sehr gut, Zufahrt gut, kompensiert frühere Sohlenbaggerungen	
Priorität	(1, 2, 3)	1
Bezug zu anderen Projekten, Quellen	WWF 100 Inseln	
 		
Kartenausschnitt, Massstab 1 : 25'000		Blick flussabwärts

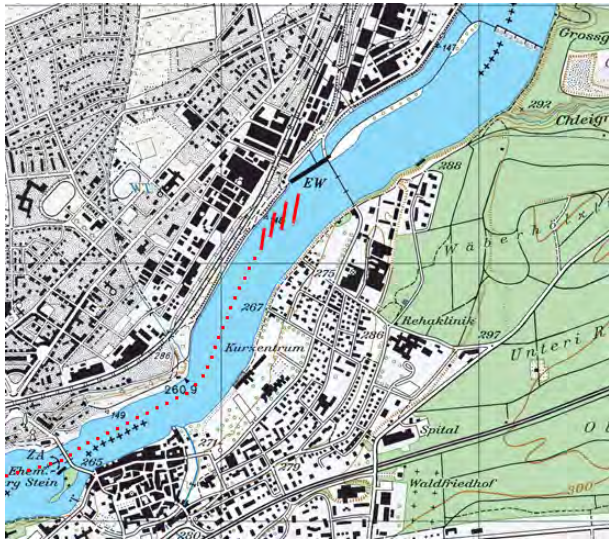
Massnahme	Nr.	15
Lage Vgl. Kartenausschnitt und Foto	Kanton: Gemeinde: Ort:	AG Schwaderloch Linkes Rheinufer Im Sand
Art	Stabile Kiesschüttung (einmalig)	☐
	Zu erodierende Kiesschüttung	☒
	Wiederkehrend, Intervall Jahre ca.	3
	Transport ab Schüttstelle	Laufenburg (9.0km)
	Aufweitung oder Seitengerinne	☐
Zufahrt	Bestehend	☒
	Neu zu erstellen, Länge ca.	Rampe
Abmessungen	Breite (B)	20m
	Länge (L)	200m
	Fläche (A)	4'000m ²
	Schütthöhe (H)	3m
	Schüttvolumen (V)	12'000m ³
Schüttmaterial	dm ca. 2-3cm, dmax ca. 10cm	
Herkunft Schüttmaterial	1. Kieswerk 2.	
Hochwasserschutz	Keine Schutzdefizite zu erwarten	☒
	Schutzdefizite möglich. Abschnitt:	☐
Betroffene Anlagen, Kraftwerke	Keine	
Kosten (grob geschätzt)	Einmalig Fr. Wiederkehrend für jede Schüttung Fr.	40'000 320'000
Beurteilung	Profitierende Strecke eher kurz, Mobilisierung gut, Zufahrt gut, Aufwertung Erholung	
Priorität	(1, 2, 3)	1
Bezug zu anderen Projekten, Quellen	WWF 100 Inseln	
 		
Kartenausschnitt, Massstab 1 : 25'000		Blick flussabwärts

Massnahme	Nr.	19
Lage Vgl. Kartenausschnitt und Foto	Kanton: Gemeinde: Ort:	AG Stein Rechtes Rheinufer
Art	Stabile Kiesschüttung (einmalig)	☐
	Zu erodierende Kiesschüttung	☒
	Wiederkehrend, Intervall Jahre ca.	3
	Transport ab Schüttstelle	Wallbach (5.5km)
	Aufweitung oder Seitengerinne	☐
Zufahrt	Bestehend	☒
	Neu zu erstellen, Länge ca.	auszubauen, 500m
Abmessungen	Breite (B)	6m
	Länge (L)	250m
	Fläche (A)	1'500m ²
	Schütthöhe (H)	3m
	Schüttvolumen (V)	4'500m ³
Schüttmaterial	dm ca. 2-3cm, dmax ca. 10cm	
Herkunft Schüttmaterial	1. Kieswerk 2.	
Hochwasserschutz	Keine Schutzdefizite zu erwarten	☒
	Schutzdefizite möglich. Abschnitt:	☐
Betroffene Anlagen, Kraftwerke	Keine	
Kosten (grob geschätzt)	Einmalig Fr.	100'000
	Wiederkehrend für jede Schüttung Fr.	240'000
Beurteilung	Profitierende Strecke eher kurz, Mobilisierung gut, Zufahrt muss ausgebaut werden	
Priorität	(1, 2, 3)	1
Bezug zu anderen Projekten, Quellen		





Kartenausschnitt, Massstab 1 : 25'000	Bestehende Zufahrtsmöglichkeit
---------------------------------------	--------------------------------

Massnahme	Nr.	24
Lage Vgl. Kartenausschnitt und Foto	Kanton: Gemeinde: Ort:	D Rheinfelden D Rechtes Rheinufer
Art	Stabile Kiesschüttung (einmalig)	☐
	Zu erodierende Kiesschüttung	☒
	Wiederkehrend, Intervall Jahre ca.	1
	Transport ab Schüttstelle	Rheinfelden (4.4km)
	Aufweitung oder Seitengerinne	☐
Zufahrt	Bestehend	☒
	Neu zu erstellen, Länge ca.	Rampe über steile Uferböschung
Abmessungen	Breite (B)	20m
	Länge (L)	200m
	Fläche (A)	4'000m ²
	Schütthöhe (H)	1m
	Schüttvolumen (V)	4'000m ³
Schüttmaterial	dm ca. 2-3cm, dmax ca. 10cm	
Herkunft Schüttmaterial	1. Kieswerk 2.	
Hochwasserschutz	Keine Schutzdefizite zu erwarten	☒
	Schutzdefizite möglich. Abschnitt:	☐
Betroffene Anlagen, Kraftwerke	Keine	
Kosten (grob geschätzt)	Einmalig Fr.	0
	Wiederkehrend für jede Schüttung Fr./a	320'000
Beurteilung	Profitierende Strecke eher kurz, Mobilisierung gut, Zufahrt erfolgt per Klappschute	
Priorität	(1, 2, 3)	1
Bezug zu anderen Projekten, Quellen	Der vorgeschlagene Bereich wurde 2011 nach der Fertigstellung der Rheineinfriedung von der Firma Degussa im Rahmen der Sanierung der Abwassereinfriedung neu mit Kies geschüttet. Die Entwicklung des Gebietes nach der Fertigstellung der Einstiegsrampe in das Umgehungsgewässer im Jahr 2012 ist vor der Planung der Massnahme zu berücksichtigen.	
 		
Kartenausschnitt, Massstab 1 : 25'000		KW Neu-Rheinfelden: Neuer Fischpass im alten OW-Kanal

Anhang 6

Geologie und Hydrogeologie

Geologischer Überblick

1.1 Geologie

Zwischen Stein am Rhein und Basel fliesst der Hochrhein und die seitlichen Zuflüsse durch die tektonischen Formationen gemäss Bild A1. Es sind dies

- die Mittelländische Molasse (Sedimente, in Bild A1 gelb),
- der Tafeljura (Sedimente, mittelblau) und
- das Schwarzwaldmassiv (Kristallin, rotbraun).

Aus geologischer Sicht lässt sich der Hochrhein in drei Abschnitte unterteilen:

Stein am Rhein - Schaffhausen (quartäre Ablagerungen)

Der Molassefels (Obere Süsswassermolasse, bestehend aus Nagelfluh, Sandstein und Mergel) wurde in diesem Abschnitt tiefgreifend von Gletschern erodiert und tritt nur noch vereinzelt im Bereich von Hügelketten an die Oberfläche. Die Talebene wird aus mächtigen Lockergesteinsablagerungen aufgebaut, deren vertikaler Aufbau generell aus Deckenschottern der Mindel-Günz-Vergletscherung (Alt-Pleistozän) und darüberliegenden Hoch- und Niederterrassenschottern der riss- und würmzeitlichen Vergletscherung (Jung- und Mittel-Pleistozän) besteht. Die Taloberfläche besteht hauptsächlich aus eher schlecht durchlässigem Moränenmaterial (kiesiger Lehm bis lehmiger Kies).

Der Rhein fliesst heute in einem stabilen Gerinne mit leicht gewundenem Verlauf, das sich in diese Ablagerungen eingetieft hat. Im ganzen Abschnitt reicht die Sohle nicht bis zum Molassefels.

Schaffhausen - Kaiserstuhl (Mittelländische Molasse)

Dieser Abschnitt wurde durch die Gletscher und randglazialen Abflüsse unregelmässig erodiert, wodurch sich übertiefte, heute mit Lockergestein (Hoch- und Niederterrassenschotter) aufgefüllte Abschnitte mit Schwellenzonen aus Festgestein abwechseln. Diese Felsschwellen (Bild A2), meistens aus der Unteren Süsswassermolasse bestehend¹, stabilisieren in längeren Abschnitten die Sohle des Hochrheins (z.B. Neuhausen, Rheinau, Rüdlingen bis Eglisau).

¹ Einzig im Abschnitt zwischen Schaffhausen und Laufen (beim Rheinfluss) bestehen die Felsschwellen aus Kalken der Jurazeit (Malm).

Legende

1 : 500'000

MOLASSE

aM	Aufgeschobene Molasse <i>Molasse charnée</i>	Subalpine Molasse <i>Molasse subalpine</i>
	Gefaltete Molasse <i>Molasse plissée</i>	
M	Mittelländische Molasse, Tertiär im Jura und im Oberrheingraben <i>Molasse du Plateau (Bassin molassique), Tertiaire du Jura et du fossé rhénan</i>	

JURA

TJ	Tafeljura und Vorberge des Oberrheingrabens <i>Jura tabulaire et collines bordières du fossé rhénan</i>
KJ	Kettenjura – Jura plissé

HERCYNISCHE MASSIVE

MASSIFS HERCINIENS

	Permokarbone Ergussgesteine <i>Roches effusives du Permo-Carbonifère</i>
	Devono-Karbon – Dévono-Carbonifère
	Kristalline Kerne: Vogesen – Vosges (Vo) <i>Noyaux cristallins: Schwarzwald – Forêt Noire</i>

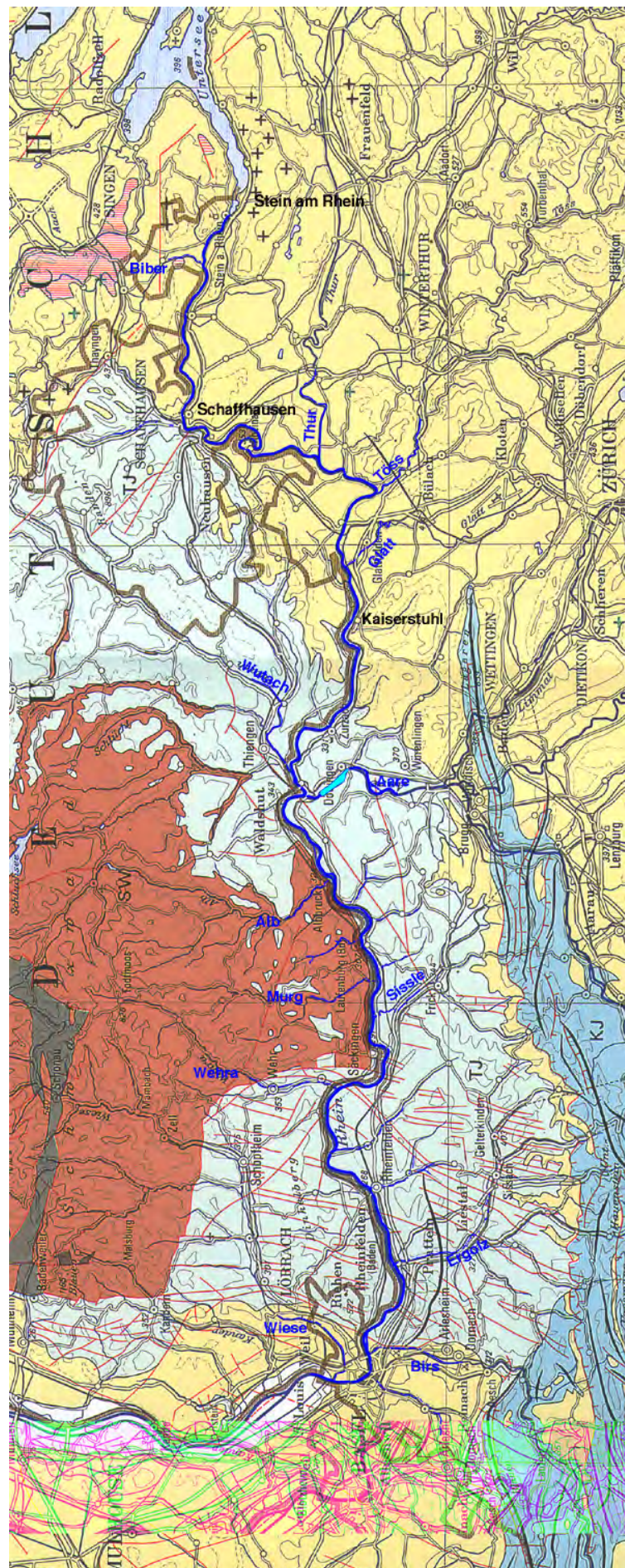


Bild A1

Geologische Übersicht des
Hochrheins. Ausschnitt aus der
Tektonischen Karte der Schweiz.

Bild A2

Schwelle aus Festgestein (Malmkalk) bei Flurlingen, erkennbar am gewellten Abfluss.

Ab Flurlingerbrücke, in Fließrichtung.



Der Rhein weist in diesem Abschnitt bei Schaffhausen, Rheinau und Buchberg (Tössegg, Bild A3) ausgeprägte Mäander auf. Erwähnenswert ist der Rheinfall, wo der Rhein über eine Kante in ein altes, bereits früher erodiertes Gerinne zurückfällt.

Kaiserstuhl - Basel (Mesozoikum des Tafeljura)

Bei Kaiserstuhl hat sich der Rhein in die Sedimente der Jurazeit eingeschnitten (Dogger, Malm, Bild A4) und verläuft in einem relativ engen Tal. Bei Mellikon weitet sich die Rheinebene, bestehend aus Hoch- und Niederterrassenschotter sowie jüngerem Rheinschotter auf. Im weiteren Verlauf bis nach Basel quert der Rhein wiederum zahlreiche Felsschwellen im ansonsten breiten mit Hoch- und Niederterrassenschotter bedeckten Talboden. Bei Koblenz /Waldshut und von Säckingen bis Basel handelt es sich um Schwellen der Trias (Buntsandstein und Muschelkalk). Zwischen Albbruck und Säckingen verläuft der Rhein entlang den rechtsufrigen kristallinen Gesteinen des prätriasischen Grundgebirges (Glimmerschiefer und Granitgneise). Bei Laufenburg bilden diese kristallinen Gesteine die heute eingestauten Laufen.

Die Alb, Murg und teilweise die Wehra und Wiese fließen in diesen eher erosionsresistenten kristallinen Gesteinsformationen. Dies im Gegensatz zu den übrigen Zuflüssen des Hochrheins, die vorwiegend in relativ leicht erodierbaren Sedimentgesteinen fließen.

Bild A3

Tief eingeschnittener Talmäander oberhalb der Tössegg.



Bild A4

Kalksteinaufschluss (Tafeljura) bei Rümikon..

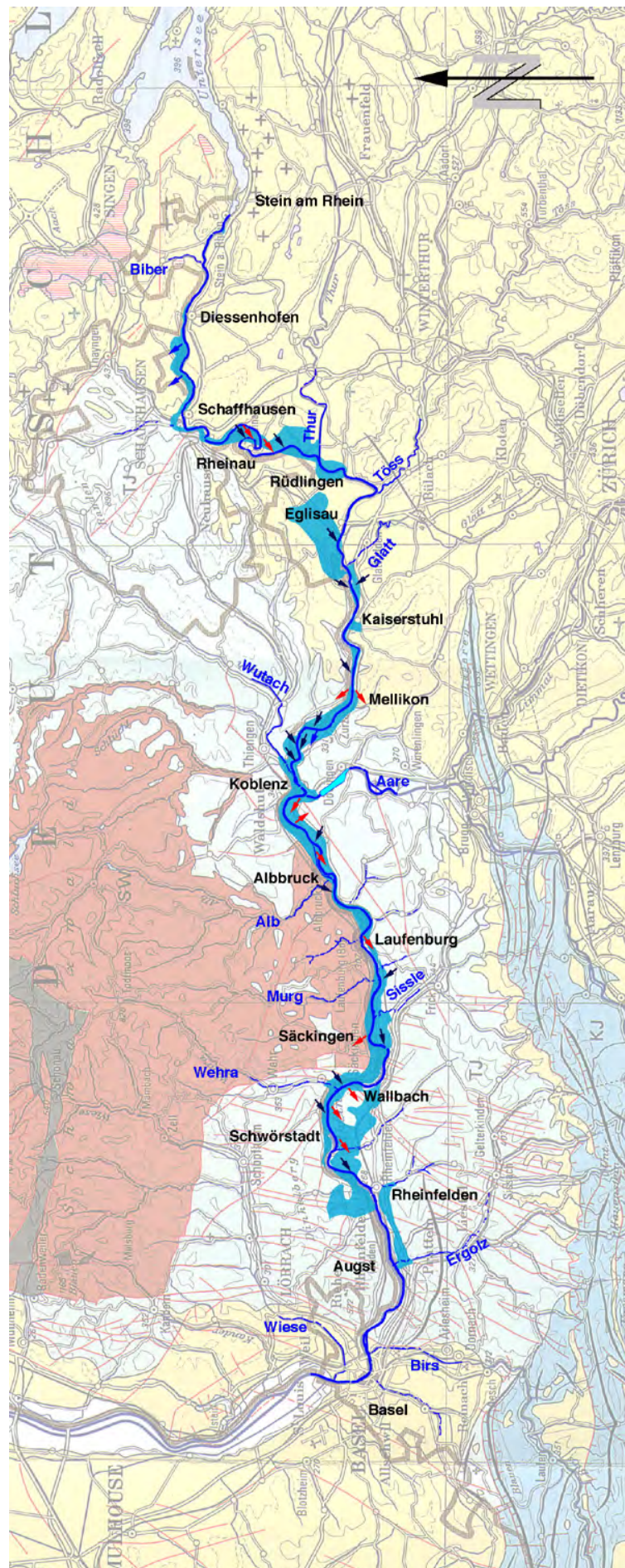


1.2 Hydrogeologie

In Bild A5 ist der ungespannte Grundwasserstrom zwischen Stein am Rhein und Augst dargestellt. Die Abschnitte mit Ex-, resp. Infiltration sind mit Pfeilen grob markiert. Als Grundlage diente die Hydrogeologische Karte der Schweiz, Massstab 1 : 100'000.

Legende**1 : 500'000****HYDROGEOLOGIE**

-  ungespanntes Grundwasser ohne Überdeckung
-  Rhein als Vorfluter für das Grundwasser
-  Rheininfiltration ins Grundwasser
-  Staustrecke mit erhöhter Flussinfiltration ins Grundwasser

**Bild A5**

Hydrogeologische Übersicht des Hochrheins. Hellblau ist das ungespannte Grundwasser zwischen Stein am Rhein und Augst eingezeichnet. Der gespannte Grundwasserkörper wurde aus Übersichtsgründen weggelassen.

Stein am Rhein - Schaffhausen

Zwischen Stein am Rhein und Diessenhofen besteht auf beiden Seiten des Rheins ein relativ geringes oberflächennahes Grundwasservorkommen. Lokal werden einzelne Quellen genutzt, welche an den Seitenhängen zwischen Deckenschotter und dem schlecht durchlässigen Mergel der Oberen Süsswassermolasse austreten. Ab Diessenhofen bis Schaffhausen erstrecken sich beidseits des Rheins die grundwasserführenden, gut durchlässigen Niederterrassenschotter die durch den Rhein (Infiltration) und Niederschläge gespeisen werden. Der Aquifer dehnt sich weit nach Norden und Süden aus, wird jedoch grösstenteils von undurchlässigem Moränenmaterial (kiesiger Lehm, lehmiger Kies) überlagert.

Schaffhausen - Kaiserstuhl

In den sehr durchlässigen Niederterrassenschottern und jungen Rheinschottern besteht ein weitläufiges Grundwasservorkommen. Ab Schaffhausen folgt der Grundwasserstrom dem alten, wieder aufgeschotterten Rheinbett und weitet sich rheinabwärts des Rheinfalls auf die gesamte Talbreite aus. Der Rhein infiltriert auf einem längeren Abschnitt in den Grundwasserkörper. Die Infiltration wird durch die Stauhaltung Rheinau verstärkt. In Bereichen mit Hochterrassenschottern (Relikte aus der Riss-Vergletscherung), der auf der schlecht durchlässigen Molasse liegt, bestehen grosse Quellschüttungen, die das Grundwasser zusätzlich speisen. Die Molasseschwelle zwischen Rüdlingen und Eglisau riegelt das grosse Grundwasservorkommen nach Süden ab und staut den Grundwasserspiegel auf. Damit die Oberfläche bei Rüdlingen wegen diesem Aufstau nicht überflutet wird, muss das Grundwasser abgepumpt werden.

Bei Eglisau quert der Rhein den grossflächigen Niederterrassen-Grundwasserstrom des Rafzerfelds, welcher nach Osten durch eine Moräne vom Rüdlinger Grundwasservorkommen abgetrennt ist. Das Grundwasser beider Rheinuferseiten exfiltriert in diesem Abschnitt in den Rhein.

Kaiserstuhl - Basel

Zwischen Kaiserstuhl und Mellikon verengt sich der Grundwasserstrom auf eine schmale Lockergesteins-Rinne, die auf beiden Talseiten durch Malmkalke flankiert wird. Im Bereich der aufgeweiteten Talsohle rheinabwärts von Mellikon wird der Rhein beidseitig von einem grösseren Grundwasserkörper begleitet. Der Grundwasserstrom unterquert bis nach Koblenz zweimal den Rhein, was zu abwechselnder Infiltration und Exfiltration führt.

Flussabwärts der Aaremündung wird das Grundwasser stark vom Kraftwerk Albruck-Dogern beeinflusst. Im Bereich der Stauhaltung infiltriert der Rhein ins Grundwasser, in der Restwasserstrecke wirkt der Rhein als Vorfluter.

Zwischen Albruck und Laufenburg befindet sich das Grundwasservorkommen vorwiegend entlang dem rechten Ufer und verlegt sich bei Laufenburg durch eine schottergefüllte Felsrinne wieder vermehrt auf die linke Rheinseite. In den Stauhaltungen der KW Laufenburg und Säckingen infiltriert Rheinwasser in den Grundwasserkörper, während auf den übrigen Strecken das Grundwasser in den Rhein zurückströmt.

Bei Wallbach teilt sich der Grundwasserstrom in eine südliche und eine nördliche, dem Rheinverlauf folgende Rinne auf. Auf der rechten Seite des Rheins exfiltriert das Grundwasser in den Rhein, durch das linke Rheinufer infiltriert der Rhein ins Grundwasser.

In der Stauhaltung des Kraftwerks Ryburg-Schwörstadt wird dem Grundwasser ebenfalls Rheinwasser zugeführt. Direkt oberhalb und unterhalb des Kraftwerks besteht wegen einer ca. 1 km langen Felsschwelle aus Muschelkalk keine direkte Verbindung zwischen Rhein und Grundwasser.

Rheinabwärts von Rheinfelden verläuft der Rhein in Felsformationen (Bild A6). Wo der Fels undurchlässig ist, tritt auf höherer Stufe vorkommendes Grundwasser als Schichtquelle an der Uferböschung aus. In Bereichen mit starker Klüftung versickert das Grundwasser im Fels.

Zwischen Augst und Basel existiert wiederum ein grossflächigeres Grundwasservorkommen im Schotter, welches mit dem Rhein hydraulisch verbunden ist².



Bild A6

Rheinufer aus Muschelkalk bei der Mündung des Dürrenbachs (Rheinfelden).

² Mangels genaueren Unterlagen ist der Grundwasserkörper dieses Abschnittes in Bild A5 nicht dargestellt.

Anhang 7

Geschiebemechanische Untersuchungen Stauhaltung
Kembs



**ANALYSE DU TRANSPORT DES MATERIAUX DEPOSES PAR LA BIRSE
DANS LA RETENUE DE KEMBS**

1. Contexte

Cette étude porte sur l'évaluation des possibilités de transport des sédiments déposés par la Birse entre sa confluence avec le Rhin et le barrage de Kembs pour les conditions d'exploitation réglementaires du barrage, régies par la consigne franco-suisse A7.2.

2. Rappel des consignes d'exploitation

2.1 Consigne d'exploitation actuelle

Le bief de Rhin est conduit actuellement selon les modalités suivantes (Loi A7.2) :

- Jusqu'à 2 800 m³/s, le barrage de Kembs doit maintenir une cote constante égale à 244.26 m NN à l'entrée du port de Bâle (limnimètre « Petit Huningue »).
- A partir de 2 800 m³/s, la navigation est interrompue et le point de réglage est reporté sur le limnimètre situé à l'amont du barrage.
 - Entre 2 800 et 3 300 m³/s, la cote de réglage en ce point est progressivement abaissée de 243.62 à 242.50 m NN ;
 - Entre 3 300 et 4 500 m³/s, la vitesse d'abaissement est modifiée afin d'aborder la zone de transition de 4 000 – 4 500 m³/s en ayant un remous plus faible. Le niveau passe progressivement de 242.50 à 241.75 m NN ;
 - Au-delà de 4 500 m³/s, le niveau du plan d'eau est maintenu constant et égal à 241.75 m NN tant que les vannes du barrage ne sont pas dénoyées (vannes complètement hors d'eau). Ce dénoyage intervient à partir d'un débit du Rhin supérieur à 5 500 m³/s.

2.2 Répartition du débit

La répartition du débit entre le canal usinier de Kembs et le barrage de Kembs est le suivant :

- Pour un débit du Rhin inférieur à 3 500 m³/s, le débit est entonné (excepté le débit réservé) vers le Grand Canal d'Alsace jusqu'à saturation de ce dernier à 1 400 m³/s. Au-delà de 1 400 m³/s, le complément de débit est déversé dans le Vieux Rhin.
- Entre 3 500 et 4 500 m³/s, le débit dérivé dans le Grand Canal d'Alsace est progressivement réduit de 1 400 à 1 200 m³/s.
- A partir de 4 500 m³/s, le débit dérivé dans le Grand Canal d'Alsace est constant et égal à 1 200 m³/s.

2.3 Manœuvre des vannes du barrage

Le barrage de Kembs est constitué de 5 passes équipées chacune de deux vannes : une vanne supérieure et une vanne inférieure.

Le mode opératoire d'ouverture de vannes du barrage lorsque le débit du Rhin dépasse le débit d'équipement de la centrale est le suivant :

- Pour des débits compris entre 1400 m³/s et 2800 m³/s, les vannes supérieures sont progressivement abaissées, jusqu'à venir recouvrir les vannes inférieures ;
- A partir de 2800 m³/s, les vannes inférieures et supérieures sont remontées simultanément ; le barrage devient alors transparent vis à vis du transport solide.

3. Méthodologie de l'étude

La méthodologie utilisée comporte trois étapes : (1) le calcul de la probabilité d'occurrence des débits dans le Rhin à l'amont de la retenue de Kembs à partir des chroniques de débits moyens journaliers disponibles à Bâle, (2) le calcul des écoulements pour différentes classes de débits à l'aide du logiciel hydraulique monodimensionnel MASCARET et (3) estimation de la capacité de transport solide à l'aide du logiciel MASCAPA.

4. Occurrences annuelles des débits

Les fréquences annuelles des débits de transport solide sont calculées à partir des débits moyens journaliers mesurés à Bâle (station Basel – Rheinhalle) entre 1905 et 2005, soit une période de 100 ans.

La figure 1 suivante présente la courbe des débits classés à la station de Bâle.



Figure 1 - Courbe des débits classés du Rhin à Bâle

Le tableau 1 suivant donne la fréquence des débits dans le Rhin pour différentes classes. La capacité de transport solide par charriage sera calculée pour chaque débit moyen.

Fréquence de non dépassement	Débit [m³/s]	Fréquence [j/an]	Débit moyen de la classe [m³/s]	Fréquence de la classe [j/an]
0.9999	4 040.00	0.04 (1j/30 ans)	4 857.67	0.04
0.9998	3 661.00	0.07 (1j/15 ans)	3 724.75	0.03
0.9997	3 601.00	0.11 (1j/10 ans)	3 617.00	0.04
0.9995	3 315.00	0.18 (1j/5 ans)	3 441.57	0.07
0.9990	3 085.00	0.37 (1j/3 ans)	3 172.44	0.18
0.9980	2 857.00	0.73	2 958.70	0.37
0.9970	2 729.00	1.10	2 790.17	0.37
0.9950	2 566.00	1.83	2 637.48	0.73
0.9900	2 349.00	3.65	2 434.50	1.83
0.9800	2 154.00	7.30	2 244.27	3.65
0.9700	2 043.00	10.96	2 095.20	3.65
0.9500	1 901.00	18.26	1 964.64	7.30
0.9000	1 696.00	36.52	1 786.92	18.26

Tableau 1 : Fréquence des débits pour différentes classes

5. Granulométrie des sédiments

La courbe granulométrique des sédiments déposés par la Birs à sa confluence avec le Rhin a été mesurée par tamisage ; elle a été fournie par le Canton de Bâle (cf. tableau 2 ci-dessous).

D _{moyen}	4.7 cm
D ₃₀	1.50 cm
D ₅₀	3.15 cm
D ₉₀	9.30 cm

Tableau 2 - granulométrie des sédiments déposés à la confluence Birs - Rhin

6. Calcul de l'hydraulique

6.1 Modèle utilisé

Les écoulements sont calculés à l'aide du système MASCARET 6.0 développé au Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement en collaboration avec le Centre d'Etudes Techniques Maritimes et Fluviales.

Le modèle hydraulique utilisé dans le cadre de cette étude est celui développé dans le cadre des études sur l'optimisation de la loi d'abaissement de Kembs. Ce modèle représente le bief comprenant le Rhin canalisé depuis la confluence du Rhin (PK 164.5) et de la Birs jusqu'au barrage de Kembs (PK 173.95), soit un tronçon de 9.45 km.

Pour cette étude, un soutirage représentant le débit dérivé vers le canal usinier de l'usine de Kembs est positionné entre les PK 173.6 et 173.8.

6.2 Géométrie

En ce qui concerne la bathymétrie utilisée, celle-ci provient de deux sources.

- Entre le PK 164.5 (droit de la confluence Rhin – Birse) et le PK 170.00 (port de Huningue), le modèle comporte 42 profils, d'espacement compris entre 100 et 200 m.
- Entre le PK 170.00 (Huningue) et le PK 173.8 (droit du canal usinier), le modèle comporte 39 profils espacés d'environ 100 m provenant des services de la navigation allemande (WSA Fribourg).
- Entre le PK 173.8 et la limité aval du modèle, le modèle comporte 3 profils.

6.3 Conditions aux limites

Pour le calcul des lignes d'eau en régime permanent, le débit dans le Rhin est imposé en condition limite à l'amont et une cote de surface libre en condition limite à l'aval du modèle (barrage de Kembs). Cette limite aval correspond à la loi d'abaissement de la retenue de Kembs (Loi A7.2) en vigueur (cf. tableau 2 et figure 2 ci-dessous).

Loi d'abaissement	
Débits (m ³ /s) à Bâle	Cotes (m NN) au PK 173.95
Jusqu'à 2 800	243.62
3 000	242.16
3 500	242.38
4 000	242.06
4 500	241.75
5 000	
5 500	
6 000	

Tableau 2 – Cotes de consigne au PK 173.95 (barrage)

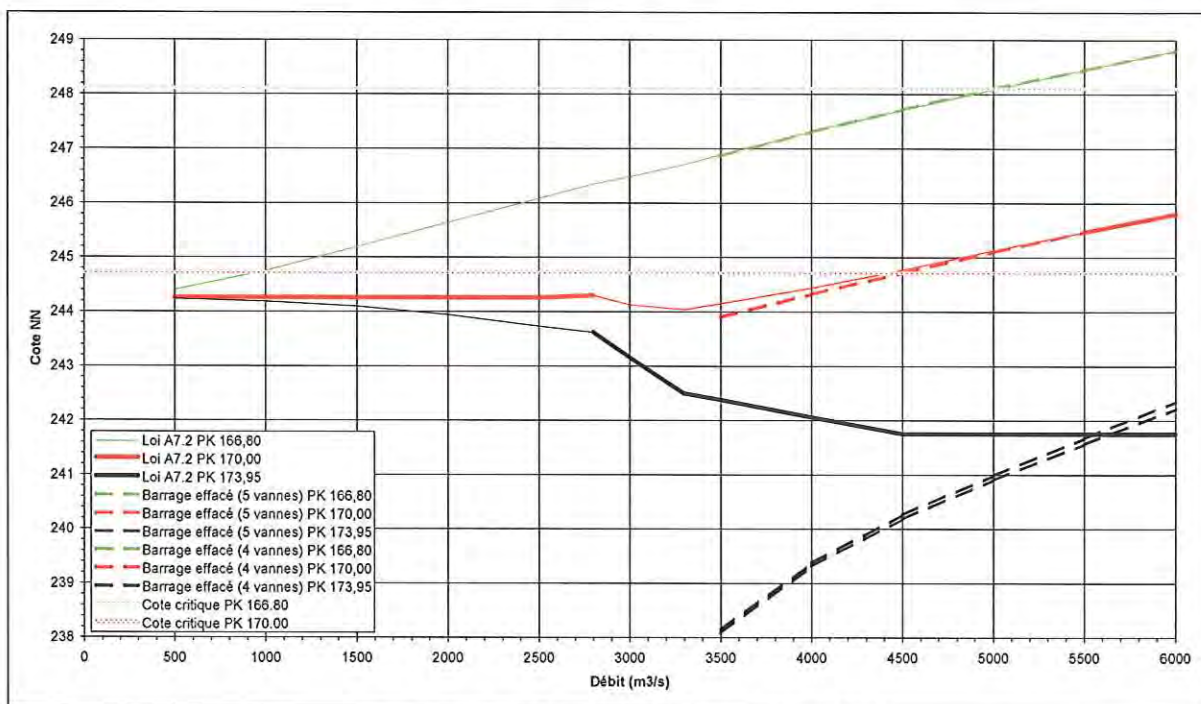


Fig. 2 - Courbe d'exploitation (loi A7.2)

6.4 Résultats

Pour cette étude, l'écoulement en régime permanent est calculé pour le débit moyen de chaque classe définie par la courbe des débits classés du Rhin (cf. tableau 1), soit les débits de 4857.67, 3724.75, 3617.00, 3441.57, 3172.44, 2958.70, 2790.17, 2095.20 et 1786.92 m³/s.

Les principaux paramètres utiles pour le calcul de la capacité de transport sont la largeur du miroir, le débit dans le lit mineur ainsi que la vitesse moyenne et le rayon hydraulique dans la section du lit mineur qui permettent d'estimer la pente de la ligne d'énergie. Les lignes d'eau qui ont servi au calage du modèle de crue ainsi que les principaux paramètres sont présentés dans les figures 3 à 5 suivantes.

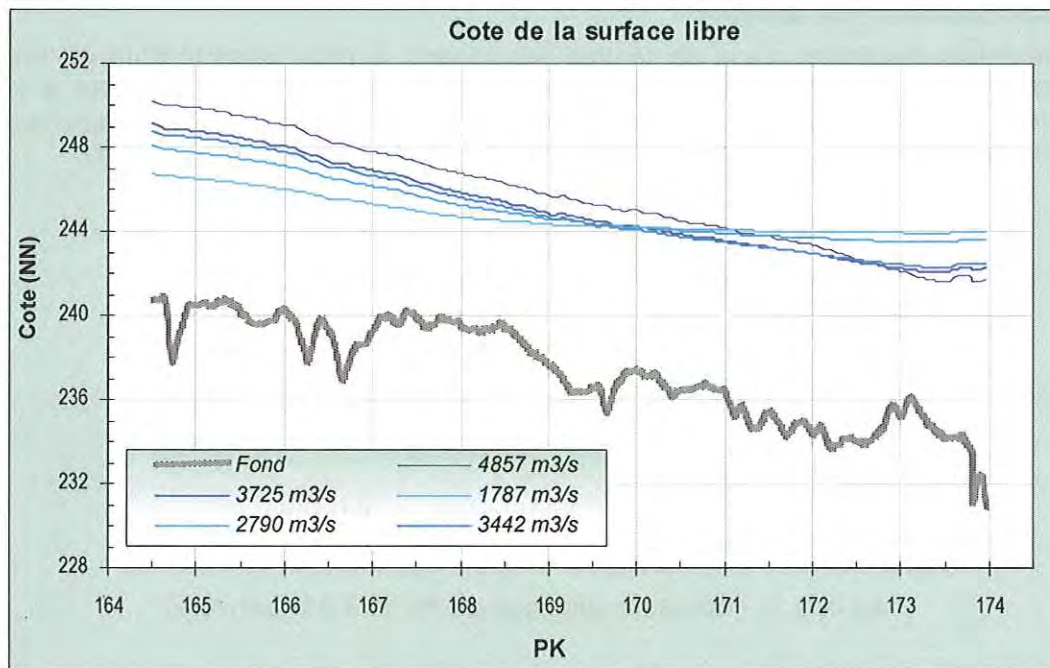


Fig. 3 – Ligne d'eau aux différents débits

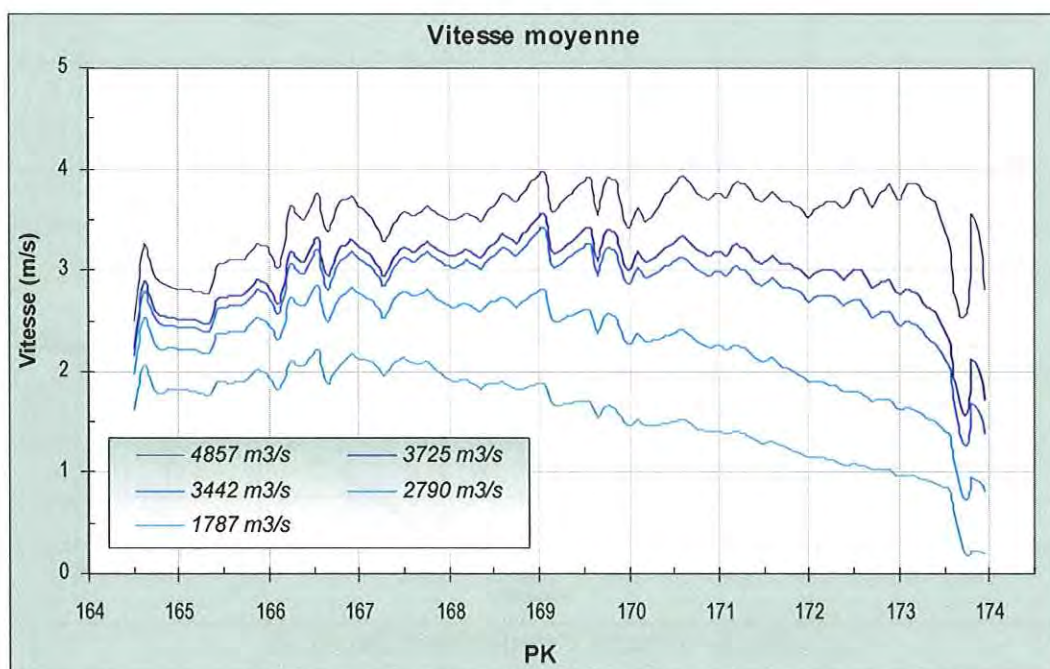


Fig. 4 – Vitesse moyenne de l'écoulement aux différents débits

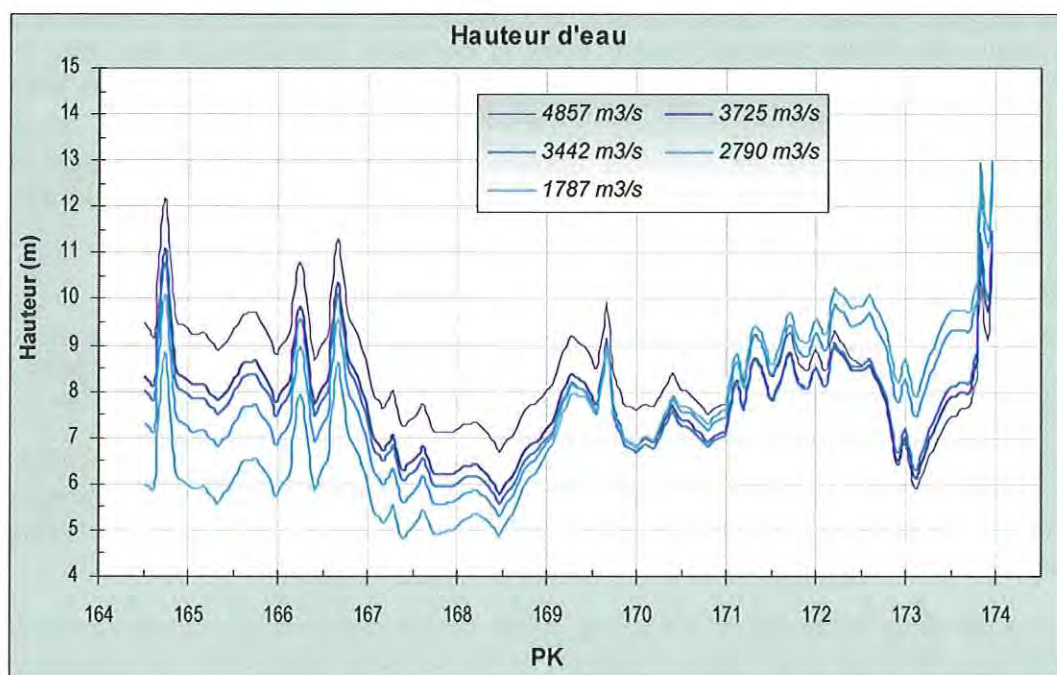


Fig. 5 – Hauteur d'eau de l'écoulement aux différents débits

7. Calcul de la capacité de transport

7.1 Le logiciel MASCAPA

Dans le cadre de cette étude, le logiciel MASCAPA a été utilisé. D'utilisation très simple, ce logiciel développé par J. P. Bouchard du Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement d'EDF permet d'estimer la capacité de transport solide le long d'un bief dont les caractéristiques hydrauliques ont été préalablement calculées à l'aide du modèle hydraulique MASCARET.

MASCAPA se présente sous la forme d'un classeur EXCEL et utilise des procédures macros. Il propose trois formules de transport solide par charriage, Meyer Peter, « Sogreah – Lefort (1995) » et « Lefort - 2005 ».

- ↳ La formule empirique de Meyer Peter (1948) est l'une des plus connues et est largement utilisée par la plupart des études sédimentaires. Elle permet d'évaluer le débit solide volumique par unité de largeur de rivière en fonction de l'écart entre la contrainte due à l'écoulement et une contrainte critique en dessous de laquelle le débit solide est nul (en pratique, la valeur utilisée est de 0.047). Cette formule considère le diamètre moyen comme représentatif de la granulométrie des sédiments et ne prend pas en compte l'effet de l'étendue granulométrique. Elle est calée pour des sédiments moyens à grossiers ($0.4 \text{ mm} < D_{50} < 29 \text{ mm}$). Les autres conditions de validité sont un écoulement uniforme, une pente comprise entre 0.4‰ et 25‰ et une hauteur d'eau allant de 10^{-2} à 1.2 mètres.
- ↳ La formule de Sogreah – Lefort (1991) s'applique principalement aux lits torrentiels rectilignes divaguants ou en tresse composés de graviers et de galets dont la largeur d'écoulement peut varier librement. Le débit solide est fonction de l'écart entre le débit liquide et le débit critique de début d'entraînement des matériaux. La formule tient compte de l'étendue granulométrique des sédiments. Son domaine d'application est une pente comprise entre 2‰ et 200‰, une granulométrie $> 1 \text{ mm}$ et un rapport débit liquide sur débit critique < 25 . Cette formule est à utiliser dans le cas de cours d'eau peu ou faiblement aménagés.

- ↳ Cette formule est récente et n'a pas encore fait l'objet de publication. Comme pour la formule Sogreah – Lefort (1991), le débit solide est estimé par rapport à un débit critique de début d'entraînement mais le domaine d'application est plus large. La formule est valable pour une granulométrie étendue allant des sables de diamètre > 0.1 mm aux galets et pour des pentes pouvant atteindre 200‰.

Pour cette étude, seuls les résultats obtenus par les formulations de Meyer Peter et Lefort 2005 sont présentés. En effet, comme il était prévisible, la formule Sogreah – Lefort n'est pas adaptée à ce secteur du Rhin.

7.2 Résultats

Le logiciel MASCAPA donne pour chaque section du cours d'eau le flux [exprimé en m^3/an] de matériaux solides susceptibles d'être charriés. Appliqué à la courbe des débits classés, ces résultats permettent d'estimer une capacité de transport moyenne annuelle.

Les figures 7 et 8 ci-après montrent pour les deux formules (Meyer-Peter et Lefort 2005), l'évolution de la capacité de transport des sédiments en fonction du débit transitant dans le Rhin. L'utilisation de ces deux formules permet d'évaluer la sensibilité des résultats à la modélisation retenue.

Bien que les deux formules de transport solide soient différentes dans leur principe, elles donnent des résultats tout à fait similaires, ce qui conforte l'approche mise en œuvre.

Les grandes lignes des résultats obtenus sont les suivantes :

- La capacité de transport à l'aval proche de la confluence Rhin – Birs est faible : elle est comprise, suivant la valeur du débit, entre moins de $100\text{m}^3/\text{an}$ et un peu plus de $1000\text{m}^3/\text{an}$;
- Pour des débits du Rhin inférieurs à une valeur comprise, suivant la formule employée, entre $2000\text{ m}^3/\text{s}$ (Lefort 2005) et $3000\text{m}^3/\text{s}$ (Meyer-Peter), le transport de sédiment est limité à une zone très proche de la confluence (jusqu'au PK 165,3 environ) et s'annule ensuite. Ce point est confirmé par l'analyse de l'historique des évolutions sédimentaires de la retenue, qui montre qu'il s'agit d'une zone d'atterrissement préférentielle ;
- Pour des débits de l'ordre de $3500\text{m}^3/\text{s}$ à $3700\text{m}^3/\text{s}$, la capacité de transport du Rhin reste faible, de l'ordre de $200\text{m}^3/\text{an}$ à $300\text{m}^3/\text{s}$, quelque soit la formule de transport employée ;
- Il faut un débit du Rhin supérieur à de l'ordre de $3500\text{m}^3/\text{s}$ à $3700\text{m}^3/\text{s}$ pour que les matériaux arrivent au niveau du barrage de Kembs.

8. Conclusion

Cette étude a permis la modélisation du transport des matériaux solides déposés à la confluence entre la Birs et le Rhin. Cette modélisation a été effectuée sur la base d'une simulation numérique basée sur : le modèle hydraulique développé pour établir la consigne d'exploitation du barrage dite A7.2, une mesure de la granulométrie des matériaux déposés par la Birs et un modèle de transport solide utilisant deux formules de transport.

Les résultats montrent que, pour une année moyenne, le transport par le Rhin des graviers déposés par la Birs est faible et ne permet pas à ces matériaux d'atteindre le barrage de Kembs.

Il faut un débit du Rhin supérieur à $3500\text{m}^3/\text{s}$ - $3700\text{m}^3/\text{s}$ pour que les matériaux arrivent au barrage. Pour ces valeurs de débit, la procédure d'ouverture du barrage implique que les vannes inférieures sont levées (cf. §2.3) : dans ces conditions, le barrage permet le transit des matériaux.

Cette étude établit en conséquence que le barrage de Kembs ne constitue pas un obstacle au transit vers l'aval des matériaux solides de type graveleux provenant de la confluence Birs – Rhin.

Par ailleurs, cette étude montre également qu'il n'est pas possible d'améliorer le transfert des sédiments graveleux vers l'aval dans le respect de la consigne internationale A7.2.

Capacité de transport par charriage (formule de Meyer Peter)

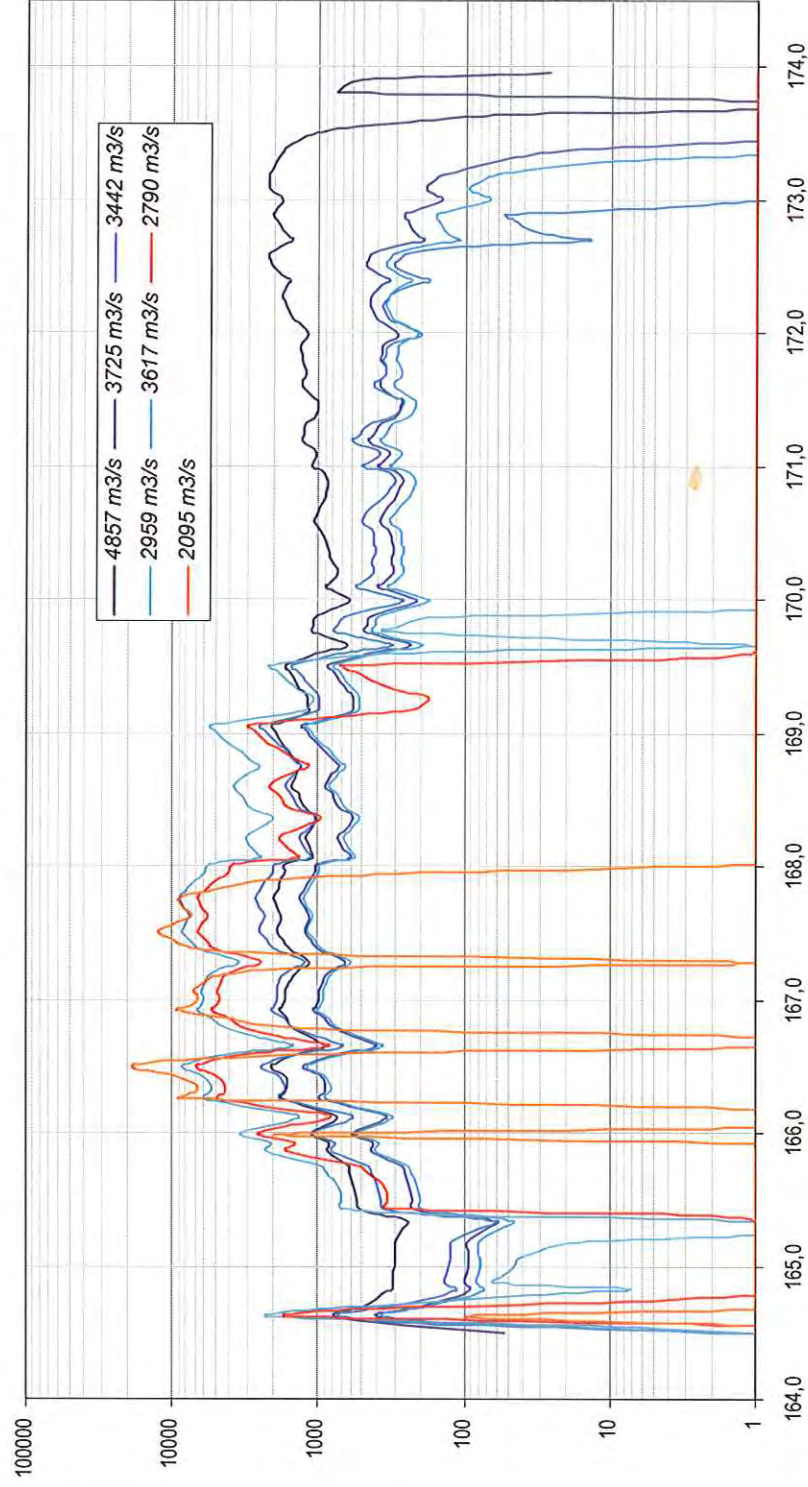


Fig. 6 – Capacité de transport du Rhin (en m^3/an) aux différents débits (formule de Meyer-Peter)

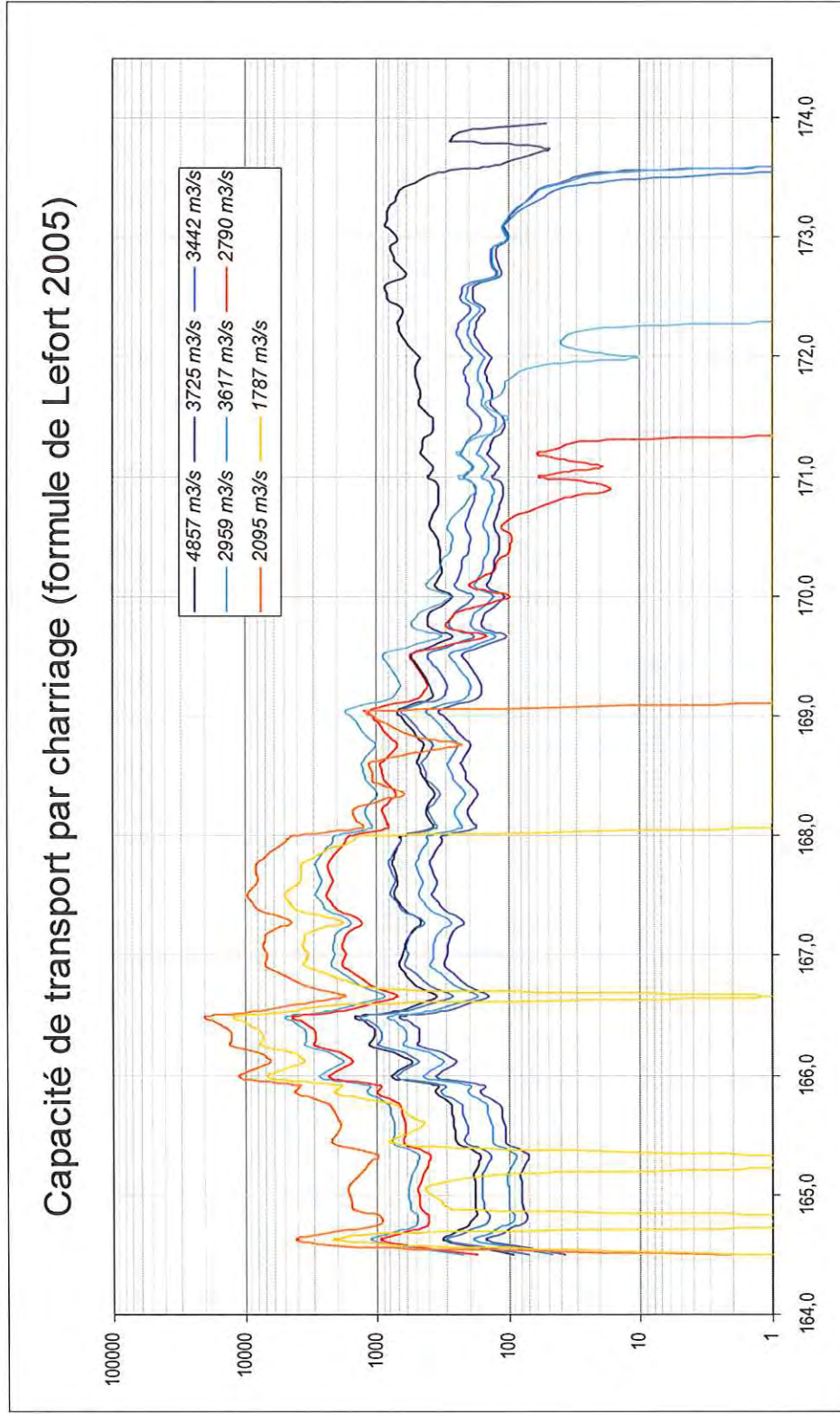


Fig. 7 – Capacité de transport du Rhin (en m³/an) aux différents débits (formule de Lefort 2005)

Anhang 8

Grobe Kostenschätzung

Grobe Kostenschätzung (Fall: Geschiebetransport in Stauhaltung Säckingen ist nur mit Absenkungen möglich (Angaben in sFr.)

Grau: relevant für die einzelnen Szenarien

Gelb: keine Kosten berücksichtigt

Nr.	Beschrieb	einmalige Kosten	jährliche Kosten (KW bei Absenkung ausser Betrieb)	jährliche Kosten (KW bei Absenkung in Betrieb, Ausnahme KRS)	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
1	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer bei Altenburg, km 50.1 – km 51.0	450'000	0	0				
2	Zulassen von Erosionen am linken Ufer bei Marthalen, km 54 – km 53.1	505'000	0	0				
3	Weitergabe von Geschiebeablagerungen in der tiefen Stauhaltung in die Restwasserstrecke (nur bei einer Sanierung sinnvoll) oder rheinabwärts der Wasserrückgabe.	0	0	0				
4	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer rheinabwärts von Balm, km 61 – km 62.3	745'000	0	0				
5	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer rheinabwärts von Ellikon, km 64.6 – km 64	340'000	0	0				
6	Geschiebezugabe im Unterwasser KW Reckingen, linkes Ufer rheinaufwärts der Chrützbachmündung (km 91.4).	30'000	80'000	80'000				
7	Geschiebezugabe im Unterwasser KW Reckingen, rechtes Ufer zwischen Reckingen und Rheinheim (km 91.7).	200'000	240'000	240'000				
8	Geschiebezugabe im oberen Abschnitt der Flieisstrecke Reckingen - Koblenz, linkes Ufer im Bereich der ARA Zurzach (km 95.5).	150'000	200'000	200'000				

9	Geschiebezugabe im unteren Abschnitt der Fliessstrecke Rekingen - Koblenz, rechtes Ufer, ca. 1km vor Koblenzer Laufen (km 97.8)	150'000	160'000	160'000				
10	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer bei Ettikon, km 98.9 – km 98.5	175'000	0	0				
11	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer rheinaufwärts der Wutachmündung, km 99.9 – km 100.4	285'000	0	0				
12	Geschiebezugabe Chrützächer im Bereich Aaremündung (km 103.1).	20'000	80'000	80'000				
13	Auffüllen der Baggerlöcher mit grobkörnigem Material in der Restwasserstrecke Albbruck-Dogern. Die Baggerlöcher befinden sich im Gleithangbereich am linken Ufer zwischen km 10.8 und km 11.5. Auffüllvolumen ca. 40'000m ³ .	2'430'000	0	0				
14	Geschiebezugabe Restwasserstrecke Albbruck-Dogern im Bereich Rossgarten (km 110.5).	40'000	360'000	360'000				
15	Geschiebezugabe Restwasserstrecke Albbruck-Dogern im Bereich Zollbrücke (km 112.1).	40'000	320'000	320'000				

16	Geschiebe aus den Massnahmen 6 – 13 wird (voraussichtlich mittelfristig) in die Stauhaltung des Kraftwerks Säkingen eingetragen und dort wegen dem beschränkten Transportvermögen abgelagert. Soll es zur Verhinderung von Einstauverlusten entnommen werden, kann es im Unterwasser des Kraftwerks wieder in den Rhein geschüttet werden. Mögliche Schüttstellen: Massnahme 18, 19 oder 20. Allenfalls muss ein Teil des Materials zwischengelagert werden.	0	0	0				
17	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Säkingen. Ob der Hochwasserschutz beeinträchtigt wird, oder die Ablagerungen bei grossen Hochwasserabflüssen ohnehin weiter in die tiefere Stauhaltung verlagert werden, kann nur mit entsprechenden Simulationsrechnungen versuchsweise festgestellt werden.	825'000	2'080'000	694'000				
18	Bereits praktizierte Zugabe des Geschiebes aus dem Sammler an der Sissle in Sisseln. Eine kantonale Dauerbewilligung liegt bis ins Jahr 2017 vor.	0	0	0				
19	Geschiebezugabe im Unterwasser des Kraftwerks Säkingen (km 131.0). Das Zugabematerial weist eine dem Thurgeschiebe ähnliche Kornverteilung auf und wird im linksufrigen Prallhang in Form einer langgezogenen Kiesbank geschüttet.	100'000	240'000	240'000				

20	Geschiebezugabe auf Höhe Mumpf über die steile rechte Uferböschung (km 132.5). Das Zugabematerial weist eine dem Thurgeschiebe ähnliche Kornverteilung auf und wird im Gleithang in Form einer langgezogenen Kiesbank geschüttet.	20'000	0	0				
23	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt. Bis anhin wurden relativ häufige Absenkungen untersucht (Stau bei Q9 abgesenkt). Geschiebezugabe im Unterwasser des Kraftwerks Rheinfelden (km 147.7). Zugabe des Geschiebes aus der eingestauten Mündungsstrecke der Ergolz.	2'550'000	3'060'000	3'060'000				
24	Geschiebezugabe im Unterwasser des Kraftwerks Rheinfelden (km 147.7).	0	320'000	320'000				
25	Zugabe des Geschiebes aus der eingestauten Mündungsstrecke der Ergolz.	150'000	0	0				
26	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Augst-Wyhlen. Bis anhin wurden relativ häufige Absenkungen untersucht (Stau bei Q9 abgesenkt).	3'000'000	2'150'000	715'000				
27	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Birsfelden	2'100'000	2'290'000	715'000				
28	Geschiebeweitergabe Birs	0	0	0				

Total einmalige Kosten	[Fr.]	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
Total jährliche Kosten (KW bei Stauabsenkung ausser Betrieb)	[Fr.]	3'400'000	5'830'000	14'305'000	14'035'000
Total jährliche Kosten (KW bei Stauabsenkung in Betrieb, ausser KRS)	[Fr.]	2'000'000	2'000'000	11'580'000	11'020'000
				7'184'000	6'624'000

Grobe Kostenschätzung (Fall: Geschiebetransport in Stauhaltung Säckingen ist ohne Absenkungen möglich)
(Angaben in sFr.)

Grau: relevant für die einzelnen Szenarien

Gelb: keine Kosten berücksichtigt

Grün: Kosten entfallen, falls beim KW Säckingen keine ten

Nr.	Beschrieb	einmalige Kosten	jährliche Kosten (KW bei Absenkung ausser Betrieb)	jährliche Kosten (KW bei Absenkung in Betrieb, Ausnahme KRS)	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
1	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer bei Altenburg, km 50.1 – km 51.0	450'000	0	0				
2	Zulassen von Erosionen am linken Ufer bei Marthalen, km 54 – km 53.1	505'000	0	0				
3	Weitergabe von Geschiebeablagerungen in der tiefen Stauhaltung in die Restwasserstrecke (nur bei einer Sanierung sinnvoll) oder rheinabwärts der Wasserrückgabe.	0	0	0				
4	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer rheinabwärts von Balm, km 61 – km 62.3	745'000	0	0				
5	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer rheinabwärts von Ellikon, km 64.6 – km 64	340'000	0	0				
6	Geschiebezugabe im Unterwasser KW Reckingen, linkes Ufer rheinaufwärts der Chrützbachmündung (km 91.4).	30'000	80'000	80'000				
7	Geschiebezugabe im Unterwasser KW Reckingen, rechtes Ufer zwischen Reckingen und Rheinheim (km 91.7).	200'000	240'000	240'000				
8	Geschiebezugabe im oberen Abschnitt der Fliessstrecke Reckingen - Koblenz, linkes Ufer im Bereich der ARA Zurzach (km 95.5).	150'000	200'000	200'000				

9	Geschiebezugabe im unteren Abschnitt der Fliessstrecke Rekingen - Koblenz, rechtes Ufer, ca. 1km vor Koblenzer Laufen (km 97.8)	150'000	160'000	160'000				
10	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer bei Ettikon, km 98.9 – km 98.5	175'000	0	0				
11	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer rheinaufwärts der Wutachmündung, km 99.9 – km 100.4	285'000	0	0				
12	Geschiebezugabe Chrützücher im Bereich Aaremündung (km 103.1).	20'000	80'000	80'000				
13	Auffüllen der Baggerlöcher mit grobkörnigem Material in der Restwasserstrecke Albbruck-Dogern. Die Baggerlöcher befinden sich im Gleithangbereich am linken Ufer zwischen km 10.8 und km 11.5. Auffüllvolumen ca. 40'000m ³ .	2'430'000	0	0				
14	Geschiebezugabe Restwasserstrecke Albbruck-Dogern im Bereich Rossgarten (km 110.5).	40'000	360'000	360'000				
15	Geschiebezugabe Restwasserstrecke Albbruck-Dogern im Bereich Zollbrücke (km 112.1).	40'000	320'000	320'000				

16	Geschiebe aus den Massnahmen 6 – 13 wird (voraussichtlich mittelfristig) in die Stauhaltung des Kraftwerks Säcking eingetragen und dort wegen dem beschränkten Transportvermögen abgelagert. Soll es zur Verhinderung von Einstauverlusten entnommen werden, kann es im Unterwasser des Kraftwerks wieder in den Rhein geschüttet werden. Mögliche Schüttstellen: Massnahme 18, 19 oder 20. Allenfalls muss ein Teil des Materials zwischengelagert werden.	0	0	0				
17	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Säcking. Ob der Hochwasserschutz beeinträchtigt wird, oder die Ablagerungen bei grossen Hochwasserabflüssen ohnehin weiter in die tiefere Stauhaltung verlagert werden, kann nur mit entsprechenden Simulationsrechnungen versuchsweise festgestellt werden.							
18	Bereits praktizierte Zugabe des Geschiebes aus dem Sammler an der Sissle in Sisseln. Eine kantonale Dauerbewilligung liegt bis ins Jahr 2017 vor.	0	0	0				
19	Geschiebezugabe im Unterwasser des Kraftwerks Säcking (km 131.0). Das Zugabematerial weist eine dem Thurgeschiebe ähnliche Kornverteilung auf und wird im linksufrigen Prallhang in Form einer langgezogenen Kiesbank geschüttet.							

20	Geschiebezugabe auf Höhe Mumpf über die steile rechte Uferböschung (km 132.5). Das Zugabematerial weist eine dem Thurgeschiebe ähnliche Kornverteilung auf und wird im Gleithang in Form einer langgezogenen Kiesbank geschüttet.		0	0				
23	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt. Bis anhin wurden relativ häufige Absenkungen untersucht (Stau bei Q9 abgesenkt). Geschiebezugabe im Unterwasser des Kraftwerks Rheinfelden (km 147.7). Zugabe des Geschiebes aus der eingestauten Mündungsstrecke der Ergolz.	2'550'000	3'060'000	3'060'000				
24	Geschiebezugabe im Unterwasser des Kraftwerks Rheinfelden (km 147.7).	0	320'000	320'000				
25	Zugabe des Geschiebes aus der eingestauten Mündungsstrecke der Ergolz.	150'000	0	0				
26	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Augst-Wyhlen. Bis anhin wurden relativ häufige Absenkungen untersucht (Stau bei Q9 abgesenkt).	3'000'000	2'150'000	715'000				
27	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Birsfelden	2'100'000	2'290'000	715'000				
28	Geschiebeweitergabe Birs	0	0	0				

		Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
Total einmalige Kosten	[Fr.]	3'280'000	5'710'000	13'360'000	13'210'000
Total jährliche Kosten (KW bei Stauabsenkung ausser Betrieb)	[Fr.]	1'760'000	1'760'000	9'260'000	8'940'000
Total jährliche Kosten (KW bei Stauabsenkung in Betrieb, ausser KRS)	[Fr.]			6'250'000	5'930'000

Einmalige Kosten (Angaben in sFr.)

Nr.	Beschrieb	Einheit	Ausmass	Zusatz	EP	Kosten	Quelle/Bemerkung
1	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer bei Altenburg, km 50.1 – km 51.0	m'	800	10000	550	450'000	Zusatz = Betrieb Ponton
2	Zulassen von Erosionen am linken Ufer bei Marthalen, km 54 – km 53.1	m'	900	10000	550	505'000	Zusatz = Betrieb Ponton
3	Weitergabe von Geschiebeablagerungen in der tiefen Stauhaltung in die Restwasserstrecke (nur bei einer Sanierung sinnvoll) oder rheinabwärts der Wasserrückgabe.	m3	500				Aufand Kraftwerk, keine Kosten berücksichtigt
4	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer rheinabwärts von Balm, km 61 – km 62.3	m'	1300	30000	550	745'000	Zusatz = Betrieb Ponton
5	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer rheinabwärts von Ellikon, km 64.6 – km 64	m'	600	10000	550	340'000	Zusatz = Betrieb Ponton
6	Geschiebezugabe im Unterwasser KW Reckingen, linkes Ufer rheinaufwärts der Chrützlibachmündung (km 91.4).	gl	1		30000	30'000	Erstellen Zufahrt
7	Geschiebezugabe im Unterwasser KW Reckingen, rechtes Ufer zwischen Reckingen und Rheinheim (km 91.7).	gl	1		200000	200'000	Erstellen Zufahrt
8	Geschiebezugabe im oberen Abschnitt der Flieisstrecke Rekingen - Koblenz, linkes Ufer im Bereich der ARA Zurzach (km 95.5).	gl	1		150000	150'000	Erstellen Zufahrt
9	Geschiebezugabe im unteren Abschnitt der Flieisstrecke Rekingen - Koblenz, rechtes Ufer, ca. 1km vor Koblenzer Laufen (km 97.8).	gl	1		150000	150'000	Erstellen Zufahrt
10	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer bei Ettikon, km 98.9 – km 98.5	m'	300	10000	550	175'000	Zusatz = Betrieb Ponton
11	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer rheinaufwärts der Wutachmündung, km 99.9 – km 100.4	m'	500	10000	550	285'000	Zusatz = Betrieb Ponton
12	Geschiebezugabe Chrützächer im Bereich Aaremündung (km 103.1).	gl	1		20000	20'000	Erstellen Zufahrt
13	Auffüllen der Baggerlöcher mit grobkörnigem Material in der Restwasserstrecke Albruck-Dogern. Die Baggerlöcher befinden sich im Gleithangbereich am linken Ufer zwischen km 10.8 und km 11.5. Auffüllvolumen ca. 40'000m ³ .	m3	40000	30000	60	2'430'000	Zusatz = prov. Baupisten
14	Geschiebezugabe Restwasserstrecke Albruck-Dogern im Bereich Rossgarten (km 110.5).	gl	1		40000	40'000	

15	Geschiebezugabe Restwasserstrecke Albruck-Dogern im Bereich Zollbrücke (km 112.1).	gl	1		40000	40'000	
16	Geschiebe aus den Massnahmen 6 – 13 wird (voraussichtlich mittelfristig) in die Stauhaltung des Kraftwerks Säkingen eingetragen und dort wegen dem beschränkten Transportvermögen abgelagert. Soll es zur Verhinderung von Einstauverlusten entnommen werden, kann es im Unterwasser des Kraftwerks wieder in den Rhein geschüttet werden. Mögliche Schüttstellen: Massnahme 18, 19 oder 20. Allenfalls muss ein Teil des Materials zwischengelagert werden.					0	Keine Kosten berücksichtigt
17	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Säkingen. Ob der Hochwasserschutz beeinträchtigt wird, oder die Ablagerungen bei grossen Hochwasserabflüssen ohnehin weiter in die tiefere Stauhaltung verlagert werden, kann nur mit entsprechenden Simulationsrechnungen vorausgesagt werden.	15000 pro Bootsplatz/Anlegestelle	55		15000	825'000	Anzahl Plätze aus Google Earth
18	Bereits praktizierte Zugabe des Geschiebes aus dem Sammler an der Sissle in Sisseln. Eine kantonale Dauerbewilligung liegt bis ins Jahr 2017 vor.					0	Aufand Kraftwerk, keine Kosten berücksichtigt
19	Geschiebezugabe im Unterwasser des Kraftwerks Säkingen (km 131.0). Das Zugabematerial weist eine dem Thurgeschiebe ähnliche Kornverteilung auf und wird im linksufrigen Prallhang in Form einer langgezogenen Kiesbank geschüttet.	gl	1		100000	100'000	Erstellen Zufahrt
20	Geschiebezugabe auf Höhe Mumpf über die steile rechte Uferböschung (km 132.5). Das Zugabematerial weist eine dem Thurgeschiebe ähnliche Kornverteilung auf und wird im Gleithang in Form einer langgezogenen Kiesbank geschüttet.	gl	1		20000	20'000	Alternative zu Nr. 19, dennoch 19 + 20 in KS berücksichtigt
23	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt. Bis anhin wurden relativ häufige Absenkungen untersucht (Stau bei Q9 abgesenkt). Geschiebezugabe im Unterwasser des Kraftwerks Rheinfelden (km 147.7). Zugabe des Geschiebes aus der eingestauten Mündungsstrecke der Ergolz.	15000 pro Bootsplatz/Anlegestelle	170		15000	2'550'000	Anzahl Plätze aus Google Earth
24	Geschiebezugabe im Unterwasser des Kraftwerks Rheinfelden (km 147.7).				60	0	Per Lastkahn
25	Zugabe des Geschiebes aus der eingestauten Mündungsstrecke der Ergolz.	gl	1		150000	150'000	Erstellen Zufahrt

26	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Augst-Wyhlen. Bis anhin wurden relativ häufige Absenkungen untersucht (Stau bei Q9 abgesenkt).	15000 pro Bootsplatz/ Anlegestelle	200		15000	3'000'000	Anzahl Plätze aus Google Earth
27	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Birsfelden	15000 pro Bootsplatz/ Anlegestelle	140		15000	2'100'000	Anzahl Plätze aus Google Earth
28	Geschiebeweitergabe Birs					0	Keine Kosten berücksichtigt, da ausserhalb Projektperimeter

Jährliche Kosten (Turbinen bei Stauabsenkung abgeschaltet)

Nr.	Beschrieb	Einheit	Ausmass	Zusatz	EP	Kosten	Quelle/Bemerkung
1	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer bei Altenburg, km 50.1 – km 51.0	m'			550	0	in einmaligen Kosten
2	Zulassen von Erosionen am linken Ufer bei Marthalen, km 54 – km 53.1	m'			550	0	in einmaligen Kosten
3	Weitergabe von Geschiebeablagerungen in der tiefen Stauhaltung in die Restwasserstrecke (nur bei einer Sanierung sinnvoll) oder rheinabwärts der Wasserrückgabe	m3	500				Aufwand Kraftwrk, keine Kosten berücksichtigt
4	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer rheinabwärts von Balm, km 61 – km 62.3	m'			550	0	in einmaligen Kosten
5	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer rheinabwärts von Ellikon, km 64.6 – km 64	m'			550	0	in einmaligen Kosten
6	Geschiebezugabe im Unterwasser KW Reckingen, linkes Ufer rheinaufwärts der Chrützbachmündung (km 91.4).	m3	1000		80	80'000	
7	Geschiebezugabe im Unterwasser KW Reckingen, rechtes Ufer zwischen Reckingen und Rheinheim (km 91.7).	m3	3000		80	240'000	
8	Geschiebezugabe im oberen Abschnitt der Flieisstrecke Rekingen - Koblenz, linkes Ufer im Bereich der ARA Zurzach (km 95.5).	m3	2500		80	200'000	
9	Geschiebezugabe im unteren Abschnitt der Flieisstrecke Rekingen - Koblenz, rechtes Ufer, ca. 1km vor Koblenzer Laufen (km 97.8).	m3	2000		80	160'000	
10	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer bei Ettikon, km 98.9 – km 98.5					0	in einmaligen Kosten
11	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer rheinaufwärts der Wutachmündung, km 99.9 – km 100.4					0	in einmaligen Kosten
12	Geschiebezugabe Chrützücher im Bereich Aaremündung (km 103.1).	m3	1000		80	80'000	

13	Auffüllen der Baggerlöcher mit grobkörnigem Material in der Restwasserstrecke Albbrock-Dogern. Die Baggerlöcher befinden sich im Gleithangbereich am linken Ufer zwischen km 10.8 und km 11.5. Auffüllvolumen ca. 40'000m ³	m3			60	0	in einmaligen Kosten
14	Geschiebezugabe Restwasserstrecke Albbrock-Dogern im Bereich Rossgarten (km 110.5).	m3	4500		80	360'000	
15	Geschiebezugabe Restwasserstrecke Albbrock-Dogern im Bereich Zollbrücke (km 112.1).	m3	4000		80	320'000	
16	Geschiebe aus den Massnahmen 6 – 13 wird (voraussichtlich mittelfristig) in die Stauhaltung des Kraftwerks Säkingen eingetragen und dort wegen dem beschränkten Transportvermögen abgelagert. Soll es zur Verhinderung von Einstauverlusten entnommen werden, kann es im Unterwasser des Kraftwerks wieder in den Rhein geschüttet werden. Mögliche Schüttstellen: Massnahme 18, 19 oder 20. Allenfalls muss ein Teil des Materials zwischengelagert werden.					0	keine Kosten berücksichtigt
17	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Säkingen. Ob der Hochwasserschutz beeinträchtigt wird, oder die Ablagerungen bei grossen Hochwasserabflüssen ohnehin weiter in die tiefere Stauhaltung verlagert werden, kann nur mit entsprechenden Simulationsrechnungen vorausgesagt werden.	6% der jährlichen Produktion 485GWh	29000000	50000	0.07	2'080'000	Zusatz = Kosten Rheinschiffahrt + Abgeltung Schwankungen 6% bei angenommener Abschaltung während Absenkung
18	Bereits praktizierte Zugabe des Geschiebes aus dem Sammler an der Sissle in Sisseln. Eine kantonale Dauerbewilligung liegt bis ins Jahr 2017 vor.					0	Aufwand Kraftwerk, keine Kosten berücksichtigt

19	Geschiebezugabe im Unterwasser des Kraftwerks Säcking (km 131.0). Das Zugabematerial weist eine dem Thurgeschiebe ähnliche Kornverteilung auf und wird im linksufrigen Prallhang in Form einer langgezogenen Kiesbank geschüttet	m3	3000		80	240'000	
20	Geschiebezugabe auf Höhe Mumpf über die steile rechte Uferböschung (km 132.5). Das Zugabematerial weist eine dem Thurgeschiebe ähnliche Kornverteilung auf und wird im Gleithang in Form einer langgezogenen Kiesbank geschüttet					0	Alternative zu Nr. 19
23	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt. Bis anhin wurden relativ häufige Absenkungen untersucht (Stau bei Q9 abgesenkt). Geschiebezugabe im Unterwasser des Kraftwerks Rheinfelden (km 147.7). Zugabe des Geschiebes aus der eingestauten Mündungsstrecke der Ergolz	6% der jährlichen Produktion 730GWh	43000000	50000	0.07	3'060'000	Zusatz = Kosten Rheinschifffahrt + Abgeltung Schwankungen 6% bei 3m Absenkung gem. Fachbericht C5
24	Geschiebezugabe im Unterwasser des Kraftwerks Rheinfelden (km 147.7).	m3	4000		80	320'000	
25	Zugabe des Geschiebes aus der eingestauten Mündungsstrecke der Ergolz .	m3	1500		0	0	Aufwand Kraftwerk, keine Kosten berücksichtigt
26	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Augst-Wyhlen. Bis anhin wurden relativ häufige Absenkungen untersucht (Stau bei Q9 abgesenkt).	6% der jährlichen Produktion 250 + 255GWh (Augst + Wyhlen)	30000000	50000	0.07	2'150'000	
27	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Birsfelden	6% der jährlichen Produktion 535GWh	32000000	50000	0.07	2'290'000	Zusatz = Kosten Rheinschifffahrt + Abgeltung Schwankungen 6% bei 3m Absenkung gem. Fachbericht C5
28	Geschiebeweitergabe Birs	m3	2500			0	Keine Kosten berücksichtigt, da ausserhalb Projektperimeter

Jährliche Kosten (Turbinen KW Säckingen, Augst-W. und Birsfelden in Betrieb)

Nr.	Beschrieb	Einheit	Ausmass	Zusatz	EP	Kosten	Quelle/Bemerkung
1	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer bei Altenburg, km 50.1 – km 51.0	m'			550	0	in einmaligen Kosten
2	Zulassen von Erosionen am linken Ufer bei Marthalen, km 54 – km 53.1	m'			550	0	in einmaligen Kosten
3	Weitergabe von Geschiebeablagerungen in der tiefen Stauhaltung in die Restwasserstrecke (nur bei einer Sanierung sinnvoll) oder rheinabwärts der Wasserrückgabe	m3	500				Aufwand Kraftwrk, keine Kosten berücksichtigt
4	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer rheinabwärts von Balm, km 61 – km 62.3	m'			550	0	in einmaligen Kosten
5	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer rheinabwärts von Ellikon, km 64.6 – km 64	m'			550	0	in einmaligen Kosten
6	Geschiebezugabe im Unterwasser KW Reckingen, linkes Ufer rheinaufwärts der Chrützbachmündung (km 91.4).	m3	1000		80	80'000	
7	Geschiebezugabe im Unterwasser KW Reckingen, rechtes Ufer zwischen Reckingen und Rheinheim (km 91.7).	m3	3000		80	240'000	
8	Geschiebezugabe im oberen Abschnitt der Flieisstrecke Rekingen - Koblenz, linkes Ufer im Bereich der ARA Zurzach (km 95.5).	m3	2500		80	200'000	
9	Geschiebezugabe im unteren Abschnitt der Flieisstrecke Rekingen - Koblenz, rechtes Ufer, ca. 1km vor Koblenzer Laufen (km 97.8).	m3	2000		80	160'000	
10	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer bei Ettikon, km 98.9 – km 98.5					0	in einmaligen Kosten
11	Zulassen von Erosionen am rechten Ufer rheinaufwärts der Wutachmündung, km 99.9 – km 100.4					0	in einmaligen Kosten
12	Geschiebezugabe Chrützächer im Bereich Aaremündung (km 103.1).	m3	1000		80	80'000	

13	Auffüllen der Baggerlöcher mit grobkörnigem Material in der Restwasserstrecke Albbrock-Dogern. Die Baggerlöcher befinden sich im Gleithangbereich am linken Ufer zwischen km 10.8 und km 11.5. Auffüllvolumen ca. 40'000m ³	m3			80	0	in einmaligen Kosten
14	Geschiebezugabe Restwasserstrecke Albbrock-Dogern im Bereich Rossgarten (km 110.5).	m3	4500		80	360'000	
15	Geschiebezugabe Restwasserstrecke Albbrock-Dogern im Bereich Zollbrücke (km 112.1).	m3	4000		80	320'000	
16	Geschiebe aus den Massnahmen 6 – 13 wird (voraussichtlich mittelfristig) in die Stauhaltung des Kraftwerks Säkingen eingetragen und dort wegen dem beschränkten Transportvermögen abgelagert. Soll es zur Verhinderung von Einstauverlusten entnommen werden, kann es im Unterwasser des Kraftwerks wieder in den Rhein geschüttet werden. Mögliche Schüttstellen: Massnahme 18, 19 oder 20. Allenfalls muss ein Teil des Materials zwischengelagert werden.					0	keine Kosten berücksichtigt
17	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Säkingen. Ob der Hochwasserschutz beeinträchtigt wird, oder die Ablagerungen bei grossen Hochwasserabflüssen ohnehin weiter in die tiefere Stauhaltung verlagert werden, kann nur mit entsprechenden Simulationsrechnungen vorausgesagt werden.	KWh	9200000	50000	0.07	694'000	$\Delta NQ = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta H$, $Q = 1450 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Delta H = 2 \text{ m}$, 2.4 Absenkungen/Jahr à 134h, gemäss Fachbericht C 5 UVB KRS $\Delta NQ = 28'450 \text{ kW}$, Produktionsverlust = $2.4 \cdot 134 \cdot 28'450 = 9.2 \text{ GWh}$
18	Bereits praktizierte Zugabe des Geschiebes aus dem Sammler an der Sissle in Sisseln. Eine kantonale Dauerbewilligung liegt bis ins Jahr 2017 vor.					0	Aufwand Kraftwerk, keine Kosten berücksichtigt

19	Geschiebezugabe im Unterwasser des Kraftwerks Säkingen (km 131.0). Das Zugabematerial weist eine dem Thurgeschiebe ähnliche Kornverteilung auf und wird im linksufrigen Prallhang in Form einer langgezogenen Kiesbank geschüttet	m3	3000		80	240'000	
20	Geschiebezugabe auf Höhe Mumpf über die steile rechte Uferböschung (km 132.5). Das Zugabematerial weist eine dem Thurgeschiebe ähnliche Kornverteilung auf und wird im Gleithang in Form einer langgezogenen Kiesbank geschüttet					0	Alternative zu Nr. 19
23	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt. Bis anhin wurden relativ häufige Absenkungen untersucht (Stau bei Q9 abgesenkt). Geschiebezugabe im Unterwasser des Kraftwerks Rheinfelden (km 147.7). Zugabe des Geschiebes aus der eingestauten Mündungsstrecke der Ergolz	6% der jährlichen Produktion 730GWh	43000000	50000	0.07	3'060'000	Zusatz = Kosten Rheinschifffahrt + Abgeltung Schwankungen 6% bei 3m Absenkung gem. Fachbericht C5
24	Geschiebezugabe im Unterwasser des Kraftwerks Rheinfelden (km 147.7).	m3	4000		80	320'000	
25	Zugabe des Geschiebes aus der eingestauten Mündungsstrecke der Ergolz .	m3	1500		0	0	Aufwand Kraftwerk, keine Kosten berücksichtigt
26	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Augst-Wyhlen. Bis anhin wurden relativ häufige Absenkungen untersucht (Stau bei Q9 abgesenkt).	KWh	9500000	50000	0.07	715'000	$\Delta NQ = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta H$, $Q = 1500 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Delta H = 2 \text{ m}$, 2.4 Absenkungen/Jahr à 134h, gemäss Fachbericht C 5 UVB KRS $\Delta NQ = 28'450 \text{ kW}$, Produktionsverlust = $2.4 \cdot 134 \cdot 29'430 = 9.5 \text{ GWh}$
27	Temporäre Stauabsenkungen Kraftwerk Birsfelden	KWh	9500000	50000	0.07	715'000	$\Delta NQ = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta H$, $Q = 1500 \text{ m}^3/\text{s}$, $\Delta H = 2 \text{ m}$, 2.4 Absenkungen/Jahr à 134h, gemäss Fachbericht C 5 UVB KRS $\Delta NQ = 28'450 \text{ kW}$, Produktionsverlust = $2.4 \cdot 134 \cdot 29'430 = 9.5 \text{ GWh}$
28	Geschiebeweitergabe Birs	m3	2500			0	Keine Kosten berücksichtigt, da ausserhalb Projektperimeter



Bern, 12.07.2012

Marktpreis gemäss Art. 3 f, Abs. 3 EnV

Massgebend für die Festlegung des KEV-Zuschlages auf Basis der mengengewichteten Preise gemäss SWISSIX Base und Berücksichtigung des Wechselkurses.

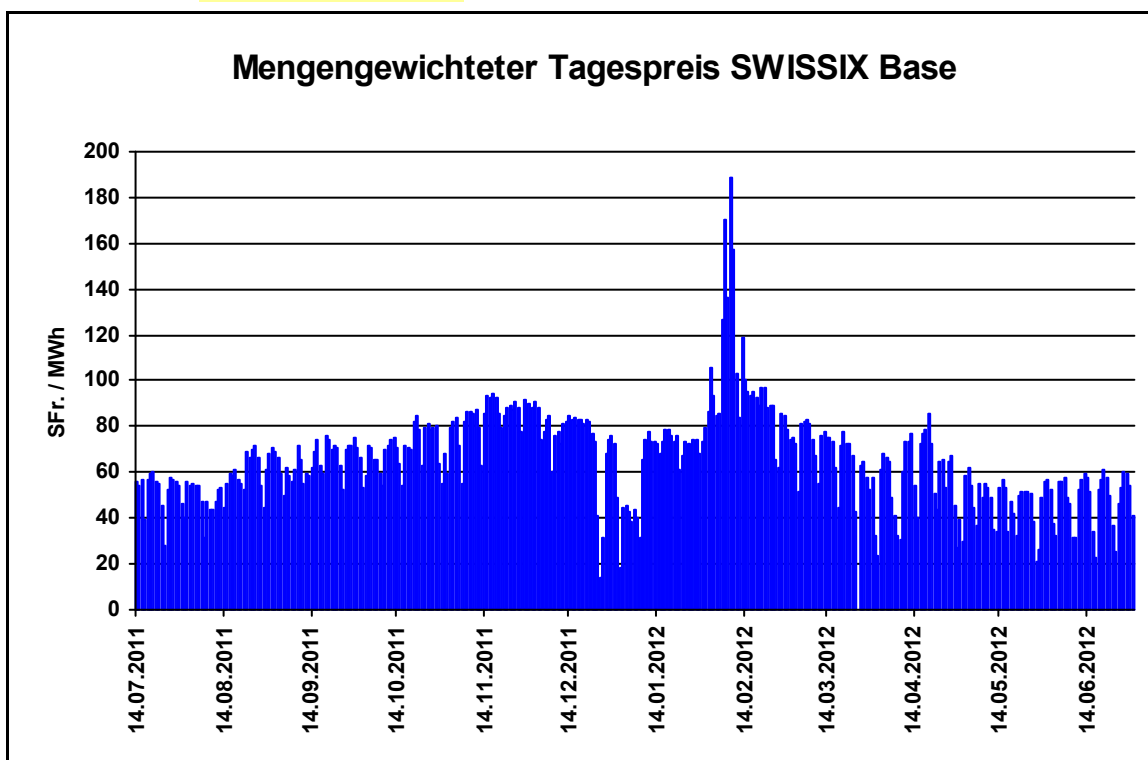
Mengengewichtete Quartalspreise

Quartal	Quartalspreis SFr. / MWh	Quartalsvolumen MWh	Anzahl Tage
2007/1	66.86	863'494	90
2007/2	55.81	1'069'236	91
2007/3	53.09	989'763	92
2007/4	133.12	1'407'358	92
2008/1	114.67	1'316'137	91
2008/2	112.73	1'606'827	91
2008/3	121.85	1'698'070	92
2008/4	130.82	1'535'040	92
2009/1	107.78	1'822'302	90
2009/2	48.32	1'964'474	91
2009/3	57.48	2'116'829	92
2009/4	79.00	2'103'758	92
2010/1	82.98	2'236'547	90
2010/2	62.08	2'305'646	91
2010/3	60.18	2'245'975	92
2010/4	79.21	2'536'480	92
2011/1	77.89	2'792'877	90
2011/2	69.50	2'935'292	91
2011/3	58.66	2'929'856	92
2011/4	75.69	3'402'774	92
2012/1	77.33	3'490'974	91
2012/2	50.15	4'593'303	91

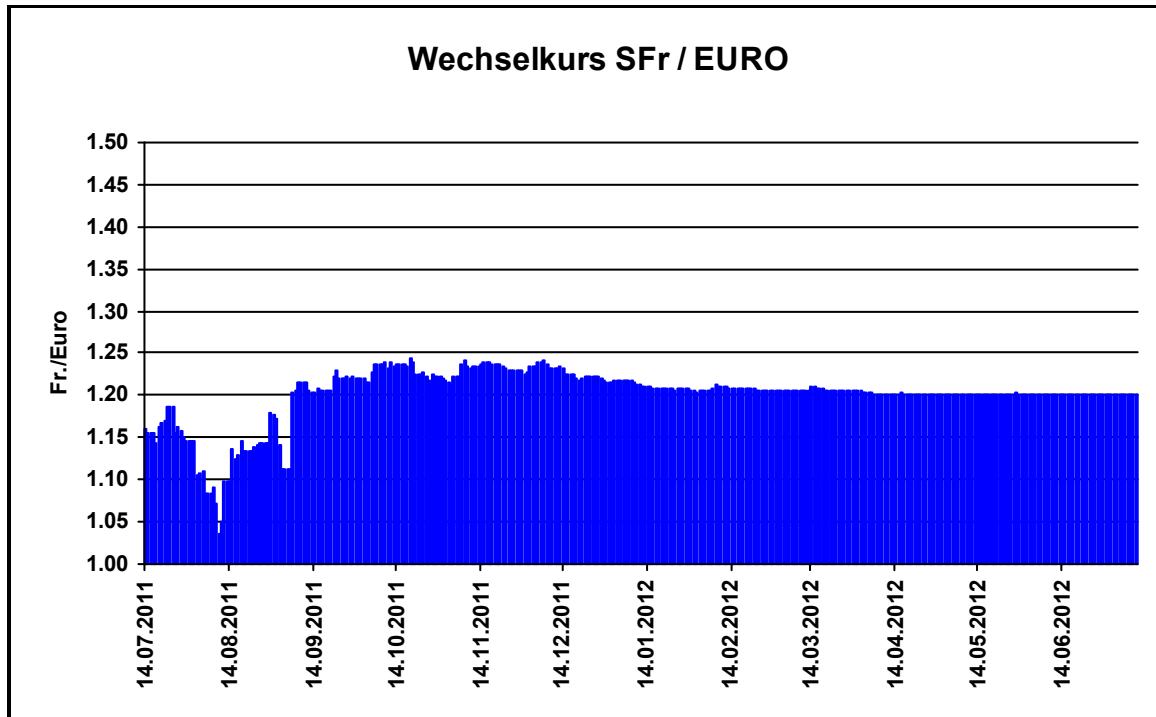


Mengengewichtete Jahrespreise

Jahr	Jahrespreis SFr./MWh	Jahresvolumen MWh	Anzahl Tage
2007	82.52	4'329'850	365
2008	120.17	6'156'075	366
2009	72.33	8'007'362	365
2010	71.29	9'324'648	365
2011	70.55	12'060'800	365
2012	61.89	8'084'277	182



Quelle: SNB und EEX



Quelle: SNB