Tiefbauamt
des Kantons Bern
Oberingenieurkreis IV
Dunantstrasse 13
3400 Burgdorf

Amt für Umwelt
Abteilung Wasserbau
Werkhofstrasse 5
4509 Solothurn

Departement Bau, Verkehr
und Umwelt
Entfelderstrasse 22
5001 Aarau

Aare Bielersee - Rhein
Sanierungsplanung Geschiebehaushalt
Schlussbericht



Zürich, den 7. November 2014

Flussbau AG SAH
dipl. Ing ETH/SIA flussbau.ch
Holbeinstr. 34, CH-8008 Zürich, Tel. 044 251 51 74, Fax 044 251 51 78, sah.zh@flussbau.ch

Inhalt

1 Zusammenfassung 1
2 Einleitung 4
2.1 Aufgabenstellung 4
2.2 Ziele 4
2.3 Koordination mit weiteren Planungen 5
2.4 Definition Geschiebe und Feinsediment 6
2.5 Grundlagen 6
2.6 Vorgehen 8
2.7 Unterschiedene Zustände 10
2.8 Abflüsse 10
2.9 Vorgehen Beurteilung Geschiebedurchgängigkeit Kraftwerke 11
2.10 Auswirkungen auf den Hochwasserschutz und den Grundwasserhaushalt 13
3 Übersicht 14
3.1 Einzugsgebiet und Gewässernetz 14
3.2 Lithologie 16
3.3 Anlagen 17
3.4 Gewässerabschnitte 17
3.5 Aare-Kilometrierung 19
4 Zuflüsse 22
4.1 Bärenbach 22
4.2 Wildbach 22
4.3 Chesselbach / Verenabach 23
4.4 Emme 23
4.5 Siggern 24
4.6 Russbach (Oesch) 25
4.7 Brüggbach / Mooskanal 25
4.8 Dorfbach Oberbipp 26
4.9 Önz 26
4.10 Murg (inkl. Langete und Rot) 27
4.11 Pfaffnern 28
4.12 Wigger 28
4.13 Dünnern 29
4.14 Trimbacher Dorfbach 30
4.15 Stegbach 31
4.16 Grödermattbach 31
4.17 Erzbach 31
4.18 Aabach Küttigen 32
4.19 Suhre / Wyna 32
4.20 Aabach / Bünz 33

4.21 Talbach 34
4.22 Reuss 34
4.23 Limmat 35
4.24 Kumetbach (Schmittenbach) 36
4.25 Aempach 36
4.26 Bruggbach 37
4.27 Surb 37
4.28 Leuggernbach 38
5 Anlagen 39
5.1 Kraftwerk Flumenthal 39
5.2 Kraftwerk Bannwil 43
5.3 Kraftwerke Wynau / Schwarzhäusern 47
5.4 Kraftwerk Ruppoldingen 50
5.5 Kraftwerk Gösgen 54
5.6 Kraftwerk Aarau 57
5.7 Kraftwerk Rüchlig 60
5.8 Kraftwerk Rupperswil-Auenstein 63
5.9 Kraftwerk Wildegg-Brugg 66
5.10 Kraftwerk Beznau 72
5.11 Kraftwerk Klingnau 75
5.12 Gewässerverbauungen 78
5.13 Massgebende Eingriffe 80
6 Morphologie Aare 83
6.1 Berücksichtigte Zustände 83
6.2 Morphologische Veränderungen ausgewählter Abschnitte 83
7 Erforderliche Geschiebefracht 97
7.1 Vorgehen 97
7.2 Natürlicher und naturnaher Zustand 99
7.3 Zustand vor 1970 101
7.4 Istzustand und revitalisierter Zustand 102
7.5 Kiesschüttungen Deitingen und Aarwangen 103
7.5.1 Anlass 103
7.5.2 Kiesschüttung Deitingen 103
7.5.3 Kiesschüttungen Risigrube Aarwangen 105
7.6 Zulässige Geschiebefracht aus Sicht Hochwasserschutz 108
7.6.1 Anforderungen 108
7.6.2 Restwasserstrecke KW Gösgen 111
7.7 Vorschlag erforderliche Geschiebefracht 115
8 Längenprofil Geschiebefracht und wesentlich beeinträchtigte Strecken 117
9 Anlagen mit wesentlicher Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts 122

10 Ökologisches Potenzial 125
11 Massnahmen 128
11.1 Anforderungen 128
11.2 Massnahme G01: Kiesschüttung Deitingen 129
11.3 Massnahme G02: Kiesschüttung Aarwangen 130
11.4 Massnahme G03: Absenken Oberwasserpegel KW Ruppoldingen 132
11.5 Massnahme G04: Kiesschüttung Olten 133
11.6 Massnahme G05: Kiesschüttung Aarau 135
11.7 Massnahme G06: Kiesschüttung Wildischachen 136
11.8 Massnahme G07: Dachwehr KW Wildegg-Brugg 137
11.9 Massnahme G08: Umdeponieren Kies KW Beznau 138
11.10 Massnahme G09: Absenken Oberwasserpegel KW Klingnau 139
11.11 Massnahme G10: Kiesschüttung Koblenz 140
11.12 Zusammenfassung Massnahmen 142
12 Massnahmenplanung und Längenprofil Geschiebefracht 145
13 Synergien mit Revitalisierungsplanung 150
14 Zusatzuntersuchungen 153

Pläne

1 Aare Solothurn – Wildegg. Gewässernetz, Anlagen, Massnahmen. Massstab 1 : 50'000.

2 Aare Aarau - Koblenz. Gewässernetz, Anlagen, Massnahmen. Massstab 1 : 50'000.

1 Zusammenfassung

Ausgangslage

Per 1. Januar 2011 traten verschiedene Änderungen des Bundesgesetzes über den Gewässerschutz (GSchG, SR 814.20) in Kraft, welche die Verbesserung des Zustandes der Oberflächengewässer zum Ziel haben. Unter anderem beinhaltet das GSchG neu auch eine Vorgabe, wonach der Geschiebehaushalt eines Gewässers durch Anlagen (Wasserkraftwerke, Geschiebesammler, etc.) nicht soweit verändert werden darf, dass die einheimischen Tiere und Pflanzen, deren Lebensräume, der Grundwasserhaushalt und der Hochwasserschutz wesentlich beeinträchtigt werden. Art. 83a GSchG verpflichtet die Inhaber der betreffenden Anlagen bis Ende 2030 geeignete Sanierungsmassnahmen zu treffen. Art. 83b GSchG beauftragt die Kantone, die strategische Planung für die auf ihrem Kantonsgebiet liegenden Anlagen vorzunehmen und bis Ende 2014 dem Bund zur Stellungnahme einzureichen.

Der vorliegende Schlussbericht Sanierungsplanung Geschiebehaushalt betrifft die Aare zwischen dem Bielersee und dem Rhein und damit Anlagen auf dem Gebiet der Kantone Bern, Solothurn und Aargau.

Der Schlussbericht ist dem BAFU bis am 31.12.2014 zur Stellungnahme einzureichen. Er bildet, unter Berücksichtigung der Stellungnahme durch den Bund, die Grundlage für das weitere Vorgehen (vertiefende Abklärungen, Erlass von Sanierungsverfügungen).

Geschiebehaushalt im natürlichen Zustand

Im natürlichen Zustand war der Geschiebehaushalt geprägt durch den dominanten Eintrag der Emme sowie diejenigen aus Wigger, Reuss und Limmat. Das Geschiebe wurde in den mäandrierenden bis verzweigten Flussabschnitten umgelagert, bildete teils grosse Bänke und Inseln und wurde bei Koblenz in den Rhein transportiert.

Anthropogene Veränderungen des Geschiebehaushalts

Der Geschiebehaushalt der Aare wurde insbesondere durch folgende Anlagen schrittweise verändert und zunehmend beeinträchtigt:

1935 KW Klingnau: Das Aaregeschiebe wird in der Stauhaltung abgelagert und erreicht nicht mehr den Rhein.

1935 KW Wettingen: Das Geschiebe der Limmat wird in der Stauhaltung abgelagert und erreicht nicht mehr die Aare.

1970 Bau des Geschiebesammlers an der Emmemündung

und des KW Flumenthal. Alles Emmegeschiebe wird der Aare entzogen.

1970 KW Bannwil: Durch die Stauhaltung und die abgetiefte Unterwasserstrecke kann kein Geschiebe transportiert werden.

1975 KW Bremgarten-Zufikon. Das Geschiebe der Reuss wird in der Stauhaltung abgelagert, wodurch der Geschiebeeintrag in die Aare stark abnimmt.

1981 - 2000 Der Grossteil des Geschiebes der Wigger wird bei Dagmersellen und beim Delta entnommen.

2000 KW Ruppoldingen. Infolge des Höherstaus wird alles Geschiebe in der Stauhaltung abgelagert und kein Geschiebe flussabwärts transportiert.

Geschiebehaushalt im Istzustand

Die ausgedehnten Kiesentnahmen, die verhinderte Geschiebezufuhr durch Kraftwerke an Zuflüssen sowie Unterbrüche der Geschiebekontinuität in der Aare durch Kraftwerke führten zu einer Ausräumung des Gerinnes, der Erosion von Inseln sowie einer Vergröberung, Abpflästerung und Kolmation der Sohle.

Die Geschiebefracht ist sehr gering und abschnittweise praktisch vernachlässigbar. Es wird generell nur ein Bruchteil der Fracht im natürlichen Zustand transportiert.

Die erfolgten Kiesschüttungen bei Aarwangen und in reduziertem Mass bei Deitingen führen zu einer Reaktivierung des Geschiebetriebs in Teilabschnitten.

Anlagen und wesentliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts

Damit der Geschiebehaushalt der Aare saniert werden kann, sind Massnahmen an den Zuflüssen (Reuss, Limmat, andere) sowie bei den KW Flumethal, Bannwil, Ruppoldingen, Wildegg-Brugg, Beznau und Klingnau, erforderlich:

Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts

Es werden folgende 10 Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts der Aare vorgeschlagen:

G01 Kiesschüttung Deitingen
G02 Kiesschüttung Aarwangen
G03 Absenken OW-Pegel KW Ruppoldingen bei Hochwaserabfluss
G01 Kiesschüttung Olten
G01 Kiesschüttung Aarau
G01 Kiesschüttung Wildischachen
G01 Rückbau Dachwehr KW Wildegg-Brugg
G08 Kiesrückgabe im UW des Stauwehrs Beznau (wie bisher)

G09 Absenken OW-Pegel KW Klingnau bei Hochwaser-abfluss
G10 Kiesschüttungen UW KW Klingnau

Je nach dem, welche Massnahmen machbar sind, kommen unterschiedliche Massnahmenkombinationen zur Anwendung. Die Machbarkeit einzelner Massnahmen ist zu prüfen.

Neben den Massnahmen an der Aare ist zu gewährleiten, dass der Geschiebehaushalt der Zuflüsse saniert und damit der Geschiebeeintrag in die Aare erhöht wird.

Geschiebehaushalt im sanierten Zustand

Im sanierten Zustand wird in allen Abschnitten mit ausreichender Transportkapazität der Geschiebehaushalt soweit saniert, dass die erforderliche Geschiebefracht erreicht oder überschritten wird. Ausnahmen bilden die Abschnitte zwischen dem KW Flumenthal und der Stauhaltung Bannwil sowie zwischen dem KW Klingnau und dem Rhein, in denen wegen der kurzen profitierenden Strecke eine reduzierte Fracht akzeptiert wird.

2 Einleitung

2.1 Aufgabenstellung

Mit dem per 1. Januar 2011 revidierten Gewässerschutzgesetz werden die Kantone verpflichtet, den Einfluss von Anlagen auf den Geschiebehaushalt der Gewässer zu untersuchen. Dabei darf nach Art. 43a der Geschiebehaushalt eines Gewässers nicht soweit verändert werden, dass die einheimischen Tiere und Pflanzen, deren Lebensräume, der Grundwasserhaushalt und der Hochwasserschutz wesentlich beeinträchtigt werden. Die Inhaber bestehender Wasserkraftwerke und anderer Anlagen sind verpflichtet, innert 20 Jahren nach Inkrafttreten dieser Bestimmung die geeigneten Sanierungsmassnahmen nach den Vorgaben von Art. 43a zu treffen (Art. 83a GSchG).

Nach Art. 42a der Gewässerschutzverordnung (GSchV) liegt eine wesentliche Beeinträchtigung der einheimischen Tiere und Pflanzen sowie von deren Lebensräumen durch einen veränderten Geschiebehaushalt vor, wenn Anlagen wie Wasserkraftwerke, Kiesentnahmen, Geschiebesammler oder Gewässerverbauungen die morphologischen Strukturen oder die morphologische Dynamik des Gewässers nachteilig verändern.

Der vorliegende Bericht betrifft die Sanierungsplanung des Geschiebehaushalts der Aare zwischen dem Bielersee und dem Rhein im Auftrag der Kantone Bern, Solothurn und Aargau.

2.2 Ziele

Gemäss Gewässerschutzverordnung sind mit dem Schlussbericht folgende Ziele zu erreichen:

a. Bezeichnung der Gewässerabschnitte, bei denen die einheimischen Tiere und Pflanzen sowie deren Lebensräume, der Grundwasserhaushalt oder der Hochwasserschutz durch einen veränderten Geschiebehaushalt wesentlich beeinträchtigt sind.

b. Beurteilung des ökologischen Potenzials der wesentlich beeinträchtigten Gewässerabschnitte und des Grads der Beeinträchtigung.

c. Erstellen einer Liste aller Wasserkraftwerke an den wesentlich beeinträchtigten Gewässerabschnitten sowie der übrigen Anlagen, welche die wesentliche Beeinträchtigung nach Buchstabe a verursachen.

d. Erstellen einer Liste der Anlagen, deren Inhaber voraussichtlich Sanierungsmassnahmen treffen müssen, mit Angaben über die Machbarkeit von Sanierungsmassnahmen und über die Abstimmung dieser Massnahmen im Einzugsgebiet.

e. Angabe von Fristen (Planung, Umsetzung), sowie Sonderregelungen für Anlagen, bei denen eine Notwendigkeit zur Sanierung noch nicht definitiv festgelegt werden konnte.

2.3 Koordination mit weiteren Planungen

Sanierungsplanung Geschiebehaushalt Zuflüsse

Die Sanierungsplanung Geschiebehaushalt Aare berücksichtigt die Sanierungsplanungen in den Zuflüssen soweit Angaben zur Verfügung standen. Für die zukünftige Geschiebefracht, den Vergleich mit der erforderlichen Geschiebefracht sowie die Massnahmenplanung der Anlagen an der Aare werden die Geschiebeeinträge aus den Zuflüssen im sanierten Zustand berücksichtigt.

Revitalisierungsplanung Kantone Bern, Solothurn, Aargau

Die Revitalisierungsvorhaben der drei Kantone an der Aare werden aufgeführt und Synergien mit der Sanierungsplanung Geschiebehaushalt aufgezeigt.

Sanierung Schwall und Sunk

An der Aare besteht kein Schwallbetrieb.

Sanierung Fischwanderung

Mit den Sanierungsmassnahmen Geschiebehaushalt wird der Lebensraum der aquatischen Fauna aufgewertet und insbesondere die Reproduktionsmöglichkeit von Kieslaichern in Abschnitten, wo sich lockere Bänke bilden, verbessert. Die Massnahmen zur Verbesserung der Fischwanderung gewährleisten, dass die Fische diese aufgewerteten Lebensräume erreichen können.

Hochwasserschutz

Die Zusammenhänge zwischen der Sanierungsplanung Geschiebehaushalt und dem Hochwasserschutz werden prozessorientiert aufgezeigt und an Abschnitten, wo unerwünschte Auswirkungen auf den Hochwasserschutz nicht ausgeschlossen werden können, werden Zusatzabklärungen vorgeschlagen.

Hochwasserschutzprojekte werden soweit bekannt berücksichtigt. Das Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt Aare Olten – Aarau stellt eine Randbedingung bezüglich der maximal zulässigen Geschiebefracht in der Aare (resp. in der Restwasserstrecke des KW Gösgen) dar.

Förderung erneuerbarer Energien

Die Produktion von erneuerbarem Strom ist mit Blick auf die derzeitigen energie- und klimapolitischen Ziele eines der vordringlichen öffentlichen Interessen (EnG Art. 1). Massnahmen bei den Wasserkraftwerken sind in der Regel nicht ohne eine gewisse Einbusse bei der Stromproduktion zu realisieren. Bei der Realisierung von Massnahmen ist daher darauf zu achten, dass solche Einbussen möglichst gering ausfallen.

2.4 Definition Geschiebe und Feinsediment

Geschiebe bezeichnet den Anteil der Feststoffe, welcher durch den Abfluss rollend, gleitend oder springend über die Flusssohle flussabwärts transportiert wird (Korngrössen ≥ ca. 2mm).

Feinsedimente betreffen den Anteil der Feststoffe, welcher in der fliessenden Welle in Schweb flussabwärts transportiert wird (Korngrössen < ca. 2mm).

Kiesbänke in Flüssen und Bächen bestehen durchschnittlich zu 80 - 90% aus Kies und Steinen (Geschiebe) und zu 10 - 20% aus Sand, Silt und Ton (Feinsedimente).

2.5 Grundlagen

Für die Erarbeitung des Zwischenberichts wurden folgende Grundlagen berücksichtigt:

/1/ Sanierung Geschiebehaushalt. Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer (2012). Bundesamt für Umwelt BAFU.

/2/ Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt Aare, Olten – Aarau (2011). IG HWS Niederamt, c/o IUB Ingenieur-Unternehmung AG, Bern. Im Auftrag des Amts für Umwelt des Kantons Solothurn.

/3/ Kraftwerk Ruppoldingen. Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts (9.12.2011). Flussbau AG SAH, Zürich. Im Auftrag der Alpiq Hydro Aare AG, Boningen.

/4/ Reaktivierung des Geschiebehaushalts der Aare zwischen der Emme und dem Rhein (Mai 1996). Schälchli & Abegg, Zürich. Im Auftrag des Baudepartements des Kantons Solothurn, des Bau-, Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartements des Kantons Bern und des Baudepartements des Kantons Aargau.

/5/ Aare Bielersee – Aarau. Hochwasserspiegel und Überflutungsflächen (20.9.2004). Schälchli, Abegg + Hunzinger, Zürich. Im Auftrag des Amts für Umwelt des Kantons Solothurn.

/6/ Geschiebetransport Stauhaltung Bannwil (14.1.1999). Schälchli & Abegg, Zürich. Im Auftrag des Wasser- und Energiewirtschaftsamts des Kantons Bern und des Amts für Wasserwirtschaft des Kantons Solothurn.

/7/ Kiesbank Risi bei Aarwangen. Dimensionierung und Auswirkungen der Kiesbankerosion auf die Sohlenlage und den Wasserspiegel der Aare zwischen Bannwil und Wynau (Juni 2001). Schälchli, Abegg + Hunzinger, Zürich. Im Auftrag des Amts für Umwelt des Kantons Solothurn.

/8/ Kraftwerk Wynau. Geschiebehaushalt im Istzustand und mit Stollenkraftwerk (29.9.2009). Flussbau AG SAH, Zürich. Im Auftrag der onyx Energie Mittelland, Langenthal.

/9/ Reaktivierung Geschiebehaushalt Aare. Kiesschüttung Aarwangen. Erfolgskontrolle Morphologie 2011. (15.8.2011). Flussbau AG SAH, Zürich. Im Auftrag des Fischereiinspektorats des Kantons Bern.

/10/ Aaregebiet von den Quellen der Orbe bis zum Rhein. Die Flächeninhalte (1920). Eidgenössisches Departement des Innern. Veröffentlichungen des Amts für Wasserwirtschaft.

/11/ Bundesamt für Umwelt. Geschiebedatenbank SOLID.

/12/ Kanton Solothurn, Amt für Umwelt (08/2013): Zwischenbericht Sanierung Geschiebehaushalt.

/13/ Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Landschaft und Gewässer (24.12.2013): Sanierung Geschiebehaushalt, Strategische Planung. Zwischenbericht zu Aare, Reuss, Limmat und Rhein und ihrer Seitengewässer.

/14/ Hydrologisches Jahrbuch der Landeshydrologie.

/15/ Hydrologisches Jahrbuch des Kantons Aargau.

/16/ Hydrologie Aare. Murgenthal – Koblenz, Hochwasserabflüsse (5.9.2008). Flussbau AG SAH, Zürich. Im Auftrag des Departements Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau.

/17/ Geschiebehaushaltsstudie Wigger (30.6.2014). Flussbau AG SAH, Zürich. Im Auftrag des Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartements des Kantons Luzern und des Departements Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau.

/18/ Geschiebehaushalt Einzugsgebiet Sihl – Limmat. Sanierungsbericht (15.12.2011). Flussbau AG SAH, Zürich. Im Auftrag der Kantone SZ, ZG, ZH, AG.

/19/ Reaktivierung des Geschiebehaushalts der Aare. Fischökologische Untersuchungen – Erhebungen 2005 – 2011 (Dezember 2011). Wasser Fisch Natur, Gümmenen. Im Auftrag des Fischereiinspektorats des Kantons Bern und des Amts für Umwelt des Kantons Solothurn.

/20/ Reaktivierung Geschiebehaushalt Aare. Kiesschüttungen Deitingen und Aarwangen. Erfolgskontrolle Morphologie 2008 und geplante Erneuerung der Kiesschüttungen 2009 (5.1.2009). Flussbau AG SAH, Zürich. Im Auftrag des Fischereiinspektorats des Kantons Bern.

/21/ Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt Aare, Olten – Aarau (Vorprüfung 28.1.2011). IG HWS Niederamt, c/o IUB Ingenieur-Unternehmung AG, Bern. Im Auftrag des Kantons Solothurn.

/22/ Masterplan. Massnahmen zur Geschiebereaktivierung im Hochrhein (März 2013). Flussbau AG, Zürich und WFN – Wasser Fisch Natur, Gümmenen. Im Auftrag des Bundesamts für Energie (CH) und des Regierungspräsidiums Freiburg (D).

/23/ Sanierung Geschiebehaushalt gestützt auf GSchG und GSchV, Kanton Aargau. Auswirkungen von Flusskraftwerken mit fehlender Geschiebedurchgängigkeit auf den Grundwasserhaushalt – Generelle Beurteilung (29.11.2013). Jäckli Geologie. Im Auftrag des Departements Bau, Verkehr und Umwelt, Kanton Aargau.

2.6 Vorgehen

Für die Projektbearbeitung wurde folgendes Vorgehen gewählt. Es richtet sich inhaltlich nach der Vollzugshilfe des BAFU /1/

Übersicht
(Kapitel 3)

- Erfassen des Gewässernetzes und der Teileinzugsgebiete.
- Übersicht der Lithologie des geschieberelevanten Einzugsgebiets. Die Lithologie ist einer der massgebenden Einflussgrössen des Geschiebeaufkommens (GA) und bestimmt im Wesentlichen den Abriebkoeffizienten des Geschiebes.
- Übersicht der Anlagen an der Aare.
- Unterteilung der Aare in charakteristische Abschnitte.

Zuflüsse
(Kapitel 4)

- Erheben aller verfügbaren Daten der Zuflüsse und dabei insbesondere der Geschiebeeinträge in die Aare im Referenzzustand (vgl. Kap. 2.7), im Istzustand sowie bei Sanierung des Geschiebehaushalts.
- Herleiten von fehlenden Angaben an Zuflüssen.
- Begehung der Mündungen in die Aare.

Anlagen
(Kapitel 5)

- Beschaffen und Auswerten der erforderlichen Grundlagen.
- Hydraulische Berechnungen in den Stauhaltungen für verschiedene Hochwasserabflüsse. Auswertung, ab welchem Abfluss im Talweg Geschiebe durch die Stauhaltung transportiert werden kann (Abflüsse vgl. Kap. 2.8).
- Beurteilung der Anlagen, ob sie zu einer wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts führen.
- Beurteilung der Gewässerverbauungen bezüglich Auswirkungen auf den Geschiebehaushalt.

Morphologie Aare
(Kapitel 6)

Beschrieb der Morphologie der Aare im natürlichen und im naturnahen Zustand, im Zustand vor 1970 sowie im Istzustand.

Erforderliche Geschiebefracht
(Kapitel 7)

- Herleiten der erforderlichen Geschiebefracht verschiedener Zustände der Aare, sodass keine wesentliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts vorliegt. Dabei werden der morphologische Ansatz gemäss /1/ sowie die Erfahrungen mit den bisher ausgeführten Kiesschüttungen an der Aare berücksichtigt.
- Ermittlung der bezüglich Hochwasserschutz zulässigen Geschiebefracht in der Restwasserstrecke des KW Gösgen unter Berücksichtigung des geplanten Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojektes.

- Synthese und Vorschlag der erforderlichen Geschiebefracht im Längenprofil.

Längenprofil Geschiebefracht
(Kapitel 8)

- Erstellen eines Längenprofils der Geschiebefracht im Referenzzustand, im Istzustand sowie mit der erforderlichen Geschiebefracht.
- Beurteilung des Grads der Beeinträchtigung und Bezeichnen der wesentlich beeinträchtigten Aareabschnitte.

Anlagen mit wesentlicher Beeinträchtigung
(Kapitel 9)

- Auflisten der Anlagen, die zu einer wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts führen.

Ökologisches Potenzial
(Kapitel 10)

- Darstellen des ökologischen Potenzials gemäss Revitalisierungsplanungen der drei Kantone.
- Aufzeigen, in welchen Abschnitten sich ein grosses ökologisches Potenzial mit Aareabschnitten deckt, in welchen die Morphologie stark von der Sanierungsplanung Geschiebehaushalt profitiert.

Massnahmen Sanierung Geschiebehaushalt
(Kapitel 11)

- Definieren der Anforderungen an die Sanierungsmassnahmen.
- Herleiten von zielorientierten Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts.
- Abschätzen der Kosten und des Nutzens sowie der Verhältnismässigkeit.

  Die Kosten sind gemäss BAFU für eine Laufzeit von 40 Jahren abzuschätzen. In Anlehnung an andere Sanierungsplanungen, welche die Flussbau AG erarbeitete, wurden folgende Kostenkategorien festgelegt:

gering:	< 100'000 Fr.	(< 2'500 Fr./a)
mittel:	100'000 – 1'000'000 Fr.	(2'500 – 25'000 Fr./a)
gross:	> 1'000'000 Fr.	(> 25'000 Fr./a)

  Zur Beurteilung des Nutzens wird der Beitrag der Massnahme zum Erreichen der erforderlichen Geschiebefracht sowie die Länge der profitierenden Strecke berücksichtigt.

  Die Verhältnismässigkeit ist ein Resultat des Kosten-Nutzen-Verhältnisses und wird mit ja oder nein bewertet.
- Beurteilen der Machbarkeit der Massnahmen, definieren der Priorität, Angaben zu den Fristen sowie zum weiteren Vorgehen.

Längenprofil Geschiebefracht mit Massnahmen
(Kapitel 12)

- Darstellung des Längenprofils der Geschiebefracht mit Umsetzung der vorgeschlagenen Sanierungsmassnahmen.
- Vergleich mit der erforderlichen Geschiebefracht gemäss Kapitel 7.

Synergien mit Revitalisierungsplanung *(Kapitel 13)*

- Auflisten der geplanten Revitalisierungsmassnahmen der drei Kantone.
- Aufzeigen und begründen, welche Synergien zwischen den Massnahmen der Revitalisierungsplanung und der Sanierungsplanung Geschiebehaushalt bestehen.

Zusatzuntersuchungen *(Kapitel 14)*

- Auflisten von Zusatzuntersuchungen, die zur Abklärung der Machbarkeit oder im Zusammenhang mit der Massnahmenplanung durchgeführt werden sollten.

2.7 Unterschiedene Zustände

Bezüglich Geschiebehaushalt werden folgende Zustände unterschieden:

Natürlicher Zustand Zustand ohne anthropogene Eingriffe.

Referenzzustand Zustand ohne Anlagen wie Geschiebesammler, Kiesentnahmen, Wasserkraftwerke, Schwemmholzrechen, Hochwasserrückhaltebecken und Ähnlichem aber mit Wildbach- und Gewässerverbauungen.

Zustand vor 1970 Zustand vor dem Bau des Geschiebesammlers an der Emmemündung sowie der KW Flumenthal und Bannwil, als alles Emmegeschiebe die Aare erreichte und bis in die Stauhaltung des KW Klingnau transportiert wurde.

Istzustand Aktueller Zustand (Durchschnittswerte aufgrund der Entwicklung der letzten Jahrzehnte).

Sanierter Zustand Zustand bei Umsetzung der geplanten Sanierungsmassnahmen nach Erreichen eines dynamischen Gleichgewichtszustandes.

2.8 Abflüsse

Der Aareabfluss wird an den Messstationen Murgenthal, Brugg und Untersiggenthal-Stilli durch die Landeshydrologie gemessen. Zur Beurteilung der Geschiebedurchgängigkeit der Anlagen werden die Abflüsse und Wiederkehrperioden gemäss Tabelle 2.1 berücksichtigt (aus /5/, /14/, /15/ und /16/). Für die Aare zwischen Olten und Aarau wird das aufgerundete Mittel der Messstationen Murgenthal und Brugg berrücksichtigt[1].

[1] Der mittlere Abfluss von Wigger und Dünnern entspricht ziemlich genau dem mittleren Abfluss von Suhre und Aabach. Wegen der Retentionswirkung der Seen an Suhre und Aabach dürfte der Zufluss von Wigger und Dünnern im Hochwasserfall grösser sein.

Tabelle 2.1 Charakteristische Aareabflüsse in [m^3/s] bei den Abflussmessstationen sowie in der Zwischenstrecke Wigger- bis Suhremündung. In Klammern sind die den Stationen zugeordneten Aareabschnitte angegeben.

Abfluss	Murgenthal (Emme – Wigger)	(Wigger – Suhre)	Brugg (Suhre – Reuss)	Stilli (Reuss – Rhein)
Q55	420	440	460	830
Q18	540	570	585	1046
Q9	600	630	652	1160
Q1	750	800	840	1495
HQ5	860	940	990	1800
HQ10	940	1020	1100	2000
HQ30	1100	1200	1300	2300
HQ100	1250	1380	1500	2600

2.9 Vorgehen Beurteilung Geschiebedurchgängigkeit Kraftwerke

Zur Beurteilung der Geschiebedurchgängigkeit der Stauhaltungen und der Stauwehre wird wie folgt vorgegangen:

1) Bei Verfügbarkeit einer Geschiebestudie mit morphologischen Modellberechnungen werden die Berechnugsresultate ausgewertet und interpretiert. Die Studien erlauben zuverlässige Aussagen betreffend des erforderlichen Grenzabflusses, so dass Geschiebe durchtransportiert wird sowie auch betreffend der transportierbaren Frachten und der Dauer bis zum Erreichen eines dynamischen Gleichgewichtszustandes. Geschiebestudien sind in den Stauhaltungen der Kraftwerke Bannwil, Wynau und Ruppoldingen verfügbar.

2) Staukurvenberechnungen und Ermittlung der dimensionslosen Sohlenschubspannung (Theta) im Längenprofil für verschiedene Abflüsse und massgebende Korndurchmesser dm. Die Resultate erlauben eine grobe Aussage, ab welchem Abfluss Geschiebe durch die Stauhaltung transportiert werden kann. Aussagen über transportierbare Frachten und Sohlenauflandungen in den Stauhaltungen sind nicht möglich. Entsprechende Berechnungen werden in allen Stauhaltungen durchgeführt.

3) Beurteilen, ob, ab welchem Abfluss und wie häufig das durch die Stauhaltung transportierte Geschiebe durch das Stauwehr (angehobene Schützen, abgesenkte Klappen) flussabwärts transportiert werden kann.

Der **Grad der Beeinträchtigung** des Geschiebehaushalts wird anhand der Abstufung gemäss Tabelle 2.2 bewertet. Die Abstufung unterscheidet ausgeräumte Stauhaltungen und solche im dynamischen Gleichgewichtszustand (nicht ausgeräumt). Bei **ausgeräumten Stauhaltungen** kann das Geschiebe anfänglich erst bei vergleichsweise grossen Hochwasserabflüssen flussabwärts transportiert werden. Bei einer Reaktivierung des Geschiebehaushalts wird anfänglich viel Geschiebe in der Stauhaltung abgelagert, womit das Geschiebe zunehmend bei kleineren Hochwasserabflüssen durch die Stauhaltung transportiert werden kann. Mit der Zeit wird ein **dynamischer Gleichgewichtszustand** erreicht, wobei über mehrere Jahre betrachtet, alles vom Oberwasser zugeführte Geschiebe durch die Stauhaltung flussabwärts transportiert wird. In der Regel wird bei grossen Hochwasser-

abflüssen überproportional viel Geschiebe und bei kleinen Hochwasserereignissen weniger Geschiebe als zugeführt wird, flussabwärts transportiert.

Die Stauhaltungen an der Aare sind alle mehr oder weniger stark ausgeräumt.

Eine **wesentliche Beeinträchtigung** des Geschiebehaushalts resultiert bei mittlerer bis sehr starker Beeinträchtigung.

Tabelle 2.2 wurde für die Aare hergeleitet und kann nicht ungeprüft auf andere Fliessgewässer übertragen werden.

Tabelle 2.2 Grad der Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts durch Stauhaltungen anhand des Grenzabflusses, ab welchem im Talweg Geschiebe flussabwärts transportiert werden kann. Angaben für ausgeräumte Stauhaltungen und Stauhaltungen, die sich bezüglich Geschiebetransport im langjährigen Gleichgewicht befinden. GT: Geschiebetransport.

Grad der Beeinträchtigung	**keine**	**gering**	**mittel**	**stark**	**sehr stark**
GT durch ausgeräumte Stauhaltung	bei Q < Q3	Q3 – **HQ5**	> HQ5	≥ HQ20	≥ HQ50
GT durch Stauhaltung im Gleichgewicht	bei Q < Q9	Q9 – **Q1**	> Q1	≥ HQ5	≥ HQ20

Keine Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts besteht, wenn das Geschiebe (im Gleichgewichtszustand) an durchschnittlich ≥ 9 Tagen pro Jahr durch die Stauhaltung und das Stauwehr flussabwärts transportiert werden kann. Unter diesen Verhältnissen wird das Geschiebe ohne bedeutenden Rückhalt weiter transportiert. Bei ausgeräumter Stauhaltung liegt der Grenzwert bei einem Q3.

Eine **geringe Beeinträchtigung** des Geschiebebhaushalts besteht, wenn das Geschiebe (im Gleichgewichtszustand) mindestens an durchschnittlich 1 Tag (Q1) pro Jahr durch die Stauhaltung flussabwärts transportiert werden kann. Dabei wird das in der Zwischenzeit in der Stauhaltung abgelagerte Geschiebe schubweise durch das Stauwehr flussabwärts transportiert. Die Beeinträchtigung ist nicht wesentlich, weil jedes Jahr Geschiebe flussabwärts weiter transportiert wird[2]. Bei ausgeräumter Stauhaltung liegt der Grenzwert bei Q ≤ HQ5.

Eine **mittlere Beeinträchtigung** des Geschiebehaushalts besteht, wenn das Geschiebe (im Gleichgewichtszustand) erst bei Abflüssen > Q1 (und < HQ5) durch die Stauhaltung flussabwärts transportiert wird. Dabei kann es zu einem Unterbruch der Geschiebeführung von mehreren Jahren kommen, was als wesentliche Beeinträchtigung zu werten ist. Bei ausgeräumter Stauhaltung liegt der Grenzwert bei einem HQ5.

Wird Geschiebe (im Gleichgewichtszustand) erst bei Abflüssen ≥ HQ5 (und < HQ20) durch die Stauhaltung transportiert, so wird der Geschiebehaushalt **stark beeinträchtigt**. Bei ausgeräumter Stauhaltung liegt der Grenzwert bei einem HQ20. Der Geschiebehaushalt ist wesentlich beeinträchtigt.

[2] In ausgeprägten Trockenjahren kann es vorkommen, dass kein Geschiebe weiter transportiert wird.

Wird Geschiebe (im Gleichgewichtszustand) erst bei Abflüssen ≥ HQ20 durch die Stauhaltung transportiert, so wird der Geschiebehaushalt **sehr stark beeinträchtigt**. Bei ausgeräumter Stauhaltung liegt der Grenzwert bei einem HQ50. Der Geschiebehaushalt ist wesentlich beeinträchtigt.

Zusätzlich werden **weitere Kriterien** berücksichtigt:

- Abschätzen der Dauer bis zum Erreichen eines dynamischen Gleichgewichts bezüglich transportierter Geschiebefracht. Die Abschätzung erfolgt aufgrund der Abschnittslänge der Stauhaltung mit ungenügendem Geschiebetransport sowie der Geschiebezufuhr.
- Beurteilen, ob vor dem Bau des Geschiebesammlers an der Emmemündung (1970) das Geschiebe durch die Stauhaltung transportiert wurde.

2.10 Auswirkungen auf den Hochwasserschutz und den Grundwasserhaushalt

Die Auswirkungen des veränderten Geschiebehaushalts auf den Hochwasserschutz und den Grundwasserhaushalt werden summarisch wie folgt beurteilt:

Hochwasserschutz

Das ausgeprägte Geschiebedefizit führt in den freien Fliessstrecken und den Restwasserstrecken zu einer Ausräumung des Gerinnes und lokalen Sohlenerosionen. Dadurch können Uferverbauungen und Fundamente unterspült und beschädigt werden.

Nach grossen Hochwasserereignissen wurden bedeutende Schäden jeweils saniert. Solange kein grösseres Hochwasser als dasjenige von 2007 auftritt, sind keine nennenswerten Schäden infolge verändertem Geschiebehaushalt zu erwarten.

Grundwasserhaushalt
Vgl. auch /23/

Das ausgeprägte Geschiebedefizit führt in den freien Fliessstrecken und den Restwasserstrecken zu einer Ausräumung des Gerinnes und lokalen Sohlenerosionen. Dadurch kann es zu einer leichten Absenkung des Grundwasserspiegels kommen.

Gemäss Angaben der zuständigen Fachstellen der drei Kantone sind entlang der Projektstrecke keine negativen Auswirkungen des veränderten Geschiebehaushalts auf den Grundwasserhaushalt bekannt.

3 Übersicht

3.1 Einzugsgebiet und Gewässernetz

In Bild 3.1 ist das Einzugsgebiet der Aare zwischen dem Bielersee und dem Rhein mit dem Gewässernetz und den Teileinzugsgebieten dargestellt.

Das Einzugsgebiet umfasst 9'474km^2 (Ausfluss Bielersee 8'305km^2 und bei der Mündung in den Rhein 17'779km^2 /10/). Der Grossteil des Einzugsgebiets entwässert den Alpennordhang und das angrenzende Mittelland und nur ein kleiner Teil des Einzugsgebiets liegt im nördlich angrenzenden Jura.

Die Aare fliesst vom Bielersee in östlicher Richtung bis zur Reussmündung und anschliessend nach Norden bis zum Rhein, wobei sie im Wesentlichen die Gewässer gemäss Tabelle 3.1 aufnimmt. In der Tabelle sind zudem die Flächen der Teileinzugsgebiete (geschiebe-relevant und gesamt) angegeben.

Tabelle 3.1 Wesentliche und in der Studie berücksichtigte Zuflüsse in Fliessrichtung mit Aarekilometer und Fläche des Einzugsgebiets.

Kilometer	Gewässer	Fläche Einzugsgebiet geschieberelevant und (gesamt) [km^2]
97.60	Bärenbach	1.9
97.43	Wildbach	7.4
93.60	Verenabach	10.1
91.70	Emme	983.
88.33	Siggern	24.6
87.45	Russbach (Oesch)	103.
83.45	Brüggbach / Mooskanal	7.0
83.14	Dorfbach Oberbipp	7.0
79.24	Önz	74.
68.30	Murg	199.
60.28	Pfaffnern	45.
59.90	Wigger	380.
55.63	Dünnern	197.
54.56	Trimbacher Dorfbach	11.9
47.26	Stegbach	21.9
44.80	Grödermattbach	6.5
39.80	Erzbach	12.5
36.28	Aabach Küttigen	9.1
36.00	Suhre / Wyna	(371) 294.
28.18	Aabach / Bünz	(301) 163.
24.26	Talbach	14.1
15.70	Reuss	(3425) 941.
14.45	Limmat	(2416) 560.
11.49	Kumetbach	32.
10.89	Aempach	3.5
7.98	Bruggbach	3.1
5.30	Surb	67.
1.00	Leuggernbach	10.8

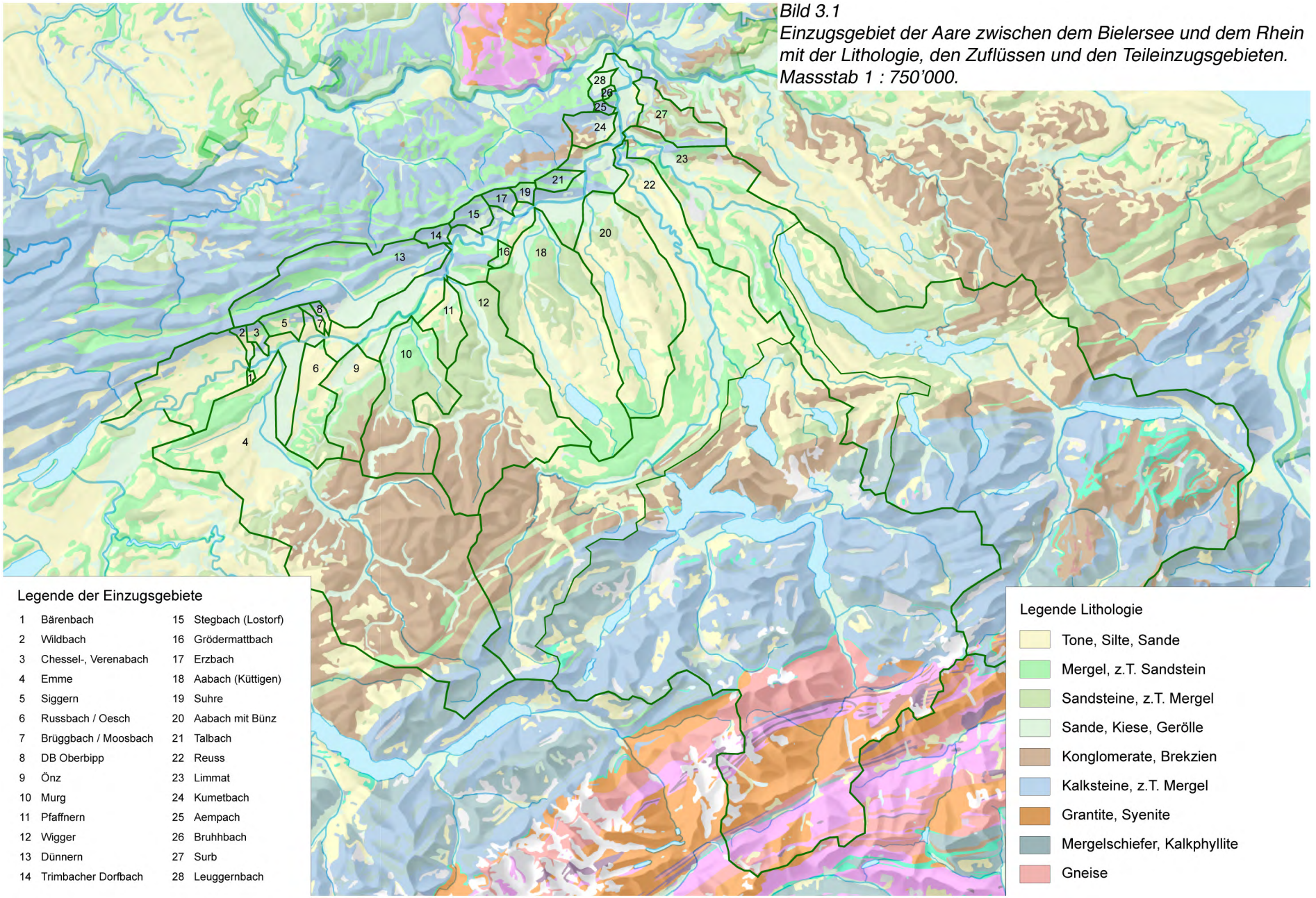


Bild 3.1
Einzugsgebiet der Aare zwischen dem Bielersee und dem Rhein mit der Lithologie, den Zuflüssen und den Teileinzugsgebieten. Massstab 1 : 750'000.

Die bedeutendsten Zuflüsse sind die Emme, die Reuss, die Limmat, die Wigger, die Suhre, die Murg, die Dünnern und der Aabach (Reihenfolge entsprechend der Grösse des geschieberelevanten Einzugsgebiets).

Vor der 1. Juragewässerkorrektion floss die Aare von Aarberg nach Büren, wobei alles Geschiebe (Zwischeneinzugsgebiet ab Thunersee) abgelagert wurde. Zwischen dem Bielersee und Solothurn besteht die Aaresohle aus Sand, mit dem sich zum Teil ausgeprägte Dünen formen. Dementsprechend wird in der vorliegenden Studie die Aare ab Solothurn betrachtet.

Zielgewässer ist die Aare zwischen Solothurn und dem Rhein.

3.2 Lithologie

Die Lithologie hat einen massgebenden Einfluss auf des Geschiebeaufkommen eines Einzugsgebiets. In der vorliegenden Studie werden die in Bild 3.1 aufgeführten Gesteine und Sedimente unterschieden. Im geschieberelevanten Einzugsgebiet der Aare kommen vorwiegend die in Tabelle 3.2 angegebenen Gesteine vor. Angegeben ist zudem der sehr generelle Einfluss auf die Geschiebelieferung ohne Berücksichtigung weiterer Faktoren sowie eine grobe Beurteilung der Gesteine bezüglich Abrieb bei Transport als Geschiebe.

Einzugsgebiete mit **Konglomeraten** (Nagelfluh) führen zu einem mittleren bis grossen Geschiebeaufkommen. Viele Geschiebeanteile weisen einen eher kleinen Abriebkoeffizienten auf, womit sie für eine lange Fliessstrecke relevant sind.

Kalksteine und **Kalkphyllite** führen zu einem kleinen bis mittleren Geschiebeaufkommen mit kleinem Abriebkoeffizienten. Das Geschiebe ist für eine lange Fliessstrecke bedeutend.

Mergelschiefer, Mergel und **Sandsteine** können zu einem mittleren bis grossen grossen Geschiebeaufkommen führen, deren Komponenten zerfallen aber meist rasch und weisen einen grossen Abriebkoeffizienten auf. Diese Geschiebeanteile sind demnach weniger bedeutend für lange Fliessstrecken.

Lockergesteine (Gerölle, Schotterterrassen, Moränen) können ebenfalls zu einem grossen Geschiebeaufkommen führen. Im Untersuchungsgebiet befinden sich Lockergesteine aber oft in den Talebenen oder abseits des Einflussbereichs der Gewässer, so dass diese eine eher untergeordnete Bedeutung haben.

Tabelle 3.2 Ausgewählte Gesteine, deren Bedeutung für die Geschiebelieferung und Abriebkoeffizient.

Gestein	Geschiebelieferung	Abriebkoeffizient
Konglomerat	mittel - gross	klein - mittel
Kalke	klein bis mittel	klein
Sandsteine	mittel - gross	mittel - gross
Mergelschiefer, Mergel,	mittel - gross	gross
Lockergesteine	mittel - gross	stark variabel

3.3 Anlagen

An der Aare bestehen die 12 Wasserkraftwerke gemäss Tabelle 3.3. Davon sind 6 Flusskraftwerke und 6 Ausleitkraftwerke. Die Kraftwerke sind in Kapitel 5 detailliert beschrieben.

Im vorliegenden Bericht nicht berücksichtigt wird das Kraftwerk Brügg am Ausfluss des Bielersees, der von Natur aus geschiebelos ist. Damit hat die Anlage keinen Einfluss auf den Geschiebehaushalt.

Das Kraftwerk Flumenthal und der Geschiebesammler an der Emmemündung sind Teil der II. Juragewässerkorrektion, die eine Erhöhung der Abflusskapazität und den verbesserten Schutz vor Hochwasser zum Ziel hatte. Betreffend Unterlieger wurde die Murgenthaler Bedingung definiert, welche besagt, dass in der Aare bei Murgenthal ein Abfluss von 850m^3/s nicht überschritten werden soll.

Tabelle 3.3 Wasserkraftwerke an der Aare, aufgelistet in Fliessrichtung und Angabe des Kraftwerktyps.

Nr.	Wasserkraftwerk	Typ
0	Brügg	Flusskraftwerk
1	Flumenthal	Flusskraftwerk
2	Bannwil	Flusskraftwerk
3	Wynau-Schwarzhäusern	Flusskraftwerk
4	Ruppoldingen	Flusskraftwerk
5	Gösgen	Ausleitkraftwerk
6	Aarau	Ausleitkraftwerk
7	Rüchlig	Ausleitkraftwerk
8	Rupperswil-Auenstein	Ausleitkraftwerk
9	Wildegg-Brugg	Ausleitkraftwerk
10	Beznau	Ausleitkraftwerk
11	Klingnau	Flusskraftwerk

Die Aareufer sind zum Grossteil gegen Erosion mit Blöcken (Blocksatz, Blockwurf) oder Betonplatten gesichert. Es bestehen nur wenige unverbaute Uferabschnitte.

Das Längenprofil der Aare wird durch die Stauwehre der Wasserkraftwerke, zusätzliche Hilfswehre oder Schwellen sowie lokale Felsaufschlüsse fixiert. In den Zwischenstrecken sind Sohlenveränderungen in geringem Masse möglich, wobei in den vergangenen Jahrzehnten infolge des stark reduzierten Geschiebetriebs vorwiegend Eintiefungen erfolgten.

3.4 Gewässerabschnitte

Einteilung

Bild 3.2 zeigt einen Überblick der Aare mit den Wasserkraftwerken, den Konzessionsgrenzen sowie einer Einteilung in Stauhaltungen, Unterwasserstrecken (oft abgetieft), Restwasserstrecken und freie Fliessstrecken.

Dementsprechend gliedert sich die Aare zwischen dem KW

Flumenthal und dem Rhein (84km) in 44.7km Staustrecken (53%), 7.8km Unterwasserstrecken (9%), 20.9km Restwasserstrecken (25%) und 10.6km freie Fliessstrecken (13%).

Für die gewässertypische Morphologie von Bedeutung sind Gewässerabschnitte, wo

- das Geschiebe regelmässig umgelagert werden kann,
- Kiesablagerungen nicht mit Feinsedimenten überdeckt werden (keine äussere Kolmation),
- die Kiesablagerungen bei Niederwasser nicht trocken fallen und in nicht zu grosser Wassertiefe liegen.

Unter diesen Verhältnissen sind die Ablagerungen für die Reproduktion von Kieslaichern nutzbar.

Staustrecken (Oberwasser OW)

Bei den Staustrecken kann man grob davon ausgehen, dass die obersten 10 – 20% für die gewässertypische Fauna noch nutzbar sind. Tiefer im Stauraum entspricht der Lebensraum nicht mehr demjenigen der frei fliessenden Aare. Der Anteil, resp. die nutzbare Gewässerstrecke, ist aber von Kraftwerk zu Kraftwerk verschieden und stark von den lokalen Verhältnissen abhängig.

Unterwasserstrecken (Unterwasser UW)

Bei den Unterwasserstrecken sind diejenigen Abschnitte für die gewässertypische Fauna von Bedeutung, wo Geschiebe transportiert werden kann. Bei Unterwasserstrecken, die stark abgesenkt wurden (Baggerstrecken), ist dies oft nicht mehr der Fall.

Restwasserstrecken (RW)

Die Restwasserstrecken können von der gewässertypischen Fauna zum Grossteil genutzt werden. Ungünstig ist zu werten, dass sich Geschiebe häufig in bei Niederwasserabfluss trocken fallenden Bereichen ablagert und eher wenig Tiefstellen für grosse Fische bestehen. Zudem wird der unterste Abschnitt vom Unterwasser (hoher Wasserstand) eingestaut, was zu Feinsedimentablagerungen auf der Kiessohle führt.

Freie Fliessstrecken

In freien Fliessstrecken sind die Strömungsverhältnisse nicht oder nur wenig beeinflusst, so dass Geschiebeablagerungen entsprechend den unbeeinflussten Verhältnissen nutzbar sind.

Für Sanierungsplanung Geschiebehaushalt massgebende Strecken

In Bild 3.3 sind die Aareabschnitte angegeben, wo die Sanierung des Geschiebehaushalts zu einer wesentlichen Aufwertung des Lebensraums der gewässertypischen Fauna führen kann. Die Karte zeigt, dass bis zum Kraftwerk Ruppoldingen nur wenig geeignete Gewässerabschnitte bestehen und die Unterwasserstrecke des KW Wynau von zentraler Bedeutung ist. Zwischen dem KW Ruppoldingen und Olten besteht eine weitere, bezüglich Geschiebeablagerungen nutzbare Strecke. Hier wirkt sich der Rückstau des Stauwehrs Winznau nur schwach bis flussaufwärts von Olten aus.

Zwischen Winznau und Brugg bestehen ausgedehnte Restwasserstrecken, wo Geschiebeab- und umlagerungen von grosser Bedeutung sind. Das Wasserschloss (Brugg – Limmatmündung/Stilli) ist neben der Unterwasserstrecke des KW Wynau die einzige bedeutende unbeeinflusste Fliessstrecke der Aare und gleichzeitig Zusammenflussbereich der drei grössten Mittellandflüsse. Weiter flussabwärts bestehen nur noch kurze Aareabschnitte, die einen gewässertypischen Lebensraum bieten können.

*Für die gewässertypische Fauna **nicht** geeignete Strecken*

Geht man davon aus, dass 50% der Unterwasserstrecken und 80% der Restwasserstrecken durch die kieslaichenden Fische potenziell nutzbar sind, so resultiert eine Strecke von rund 37km, resp. 44% der Aare zwischen Flumenthal und dem Rhein. Die anderen Aareabschnitte (47km, resp. 56%) sind bezüglich Strömungsverhältnisse so stark verändert, dass sich auch mit Sanierung des Geschiebehaushalts keine naturnahe Morphologie entwickeln kann, die von Kieslaichern erfolgreich für die Reproduktion genutzt werden kann.

3.5 Aare-Kilometrierung

An der Aare bestehen mehrere Kilometrierungen in oder gegen die Fliessrichtung.

Die Kilometrierung des Bafu (GEWISS-Adresse) beginnt bei der Mündung in den Rhein. Ebenfalls an der Rheinmündung beginnt die Aargauer-Kilometrierung, aber mit anderem Nullpunkt und leicht unterschiedlicher Achse (Zwischendistanzen).

Die Berner Kilometrierung beginnt im Berner Oberland und wurde von den Kraftwerken Flumenthal, Bannwil, Wynau und Ruppoldingen benutzt.

In der Stauhaltung des KW Gösgen besteht eine eigene Kilometrierung.

Ab Stauwehr Winznau besteht eine in Fliessrichtung durchgehende Kilometrierung bis zum Rhein (AG Kilometrierung flussab). Diese gilt in allen Konzessionsstrecken bis zum KW Klingnau.

Im Bericht wird, wenn nicht anders vermerkt, die Kilometrierung des Bafu verwendet (entsprechend Plänen 1 und 2). In Kapitel 4 (Kraftwerke) wird in den Längenprofilen die lokale Kilometrierung verwendet.

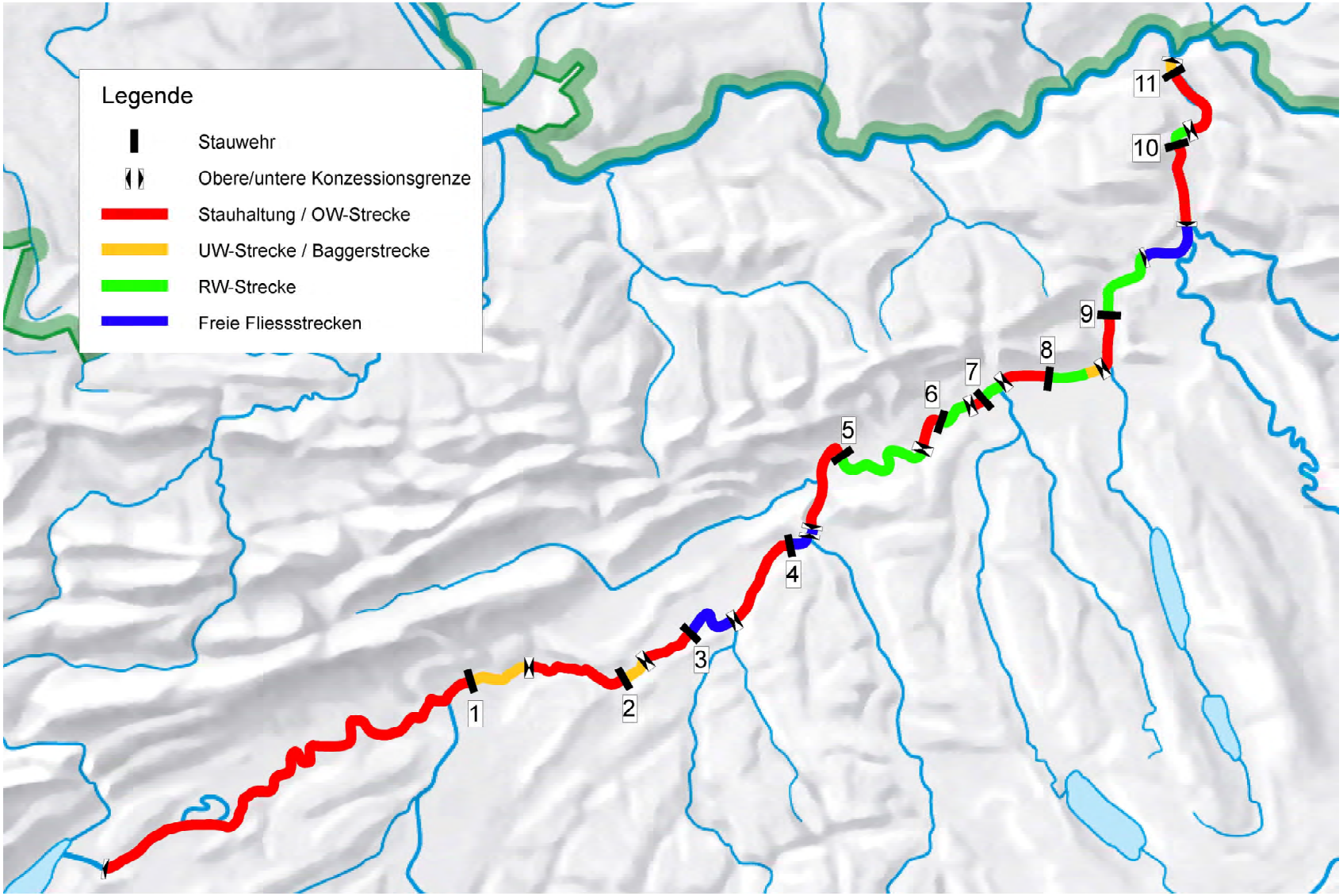


Bild 3.2 *Übersicht Aare mit den 11 Wasserkraftwerken, den Konzessionsgrenzen sowie der Einteilung in Staustrecken, Unterwasserstrecken, Restwasserstrecken und freie Fliessstrecken. Massstab 1 : 400'000. Nummerierung Kraftwerke entsprechend Tabelle 3.3.*

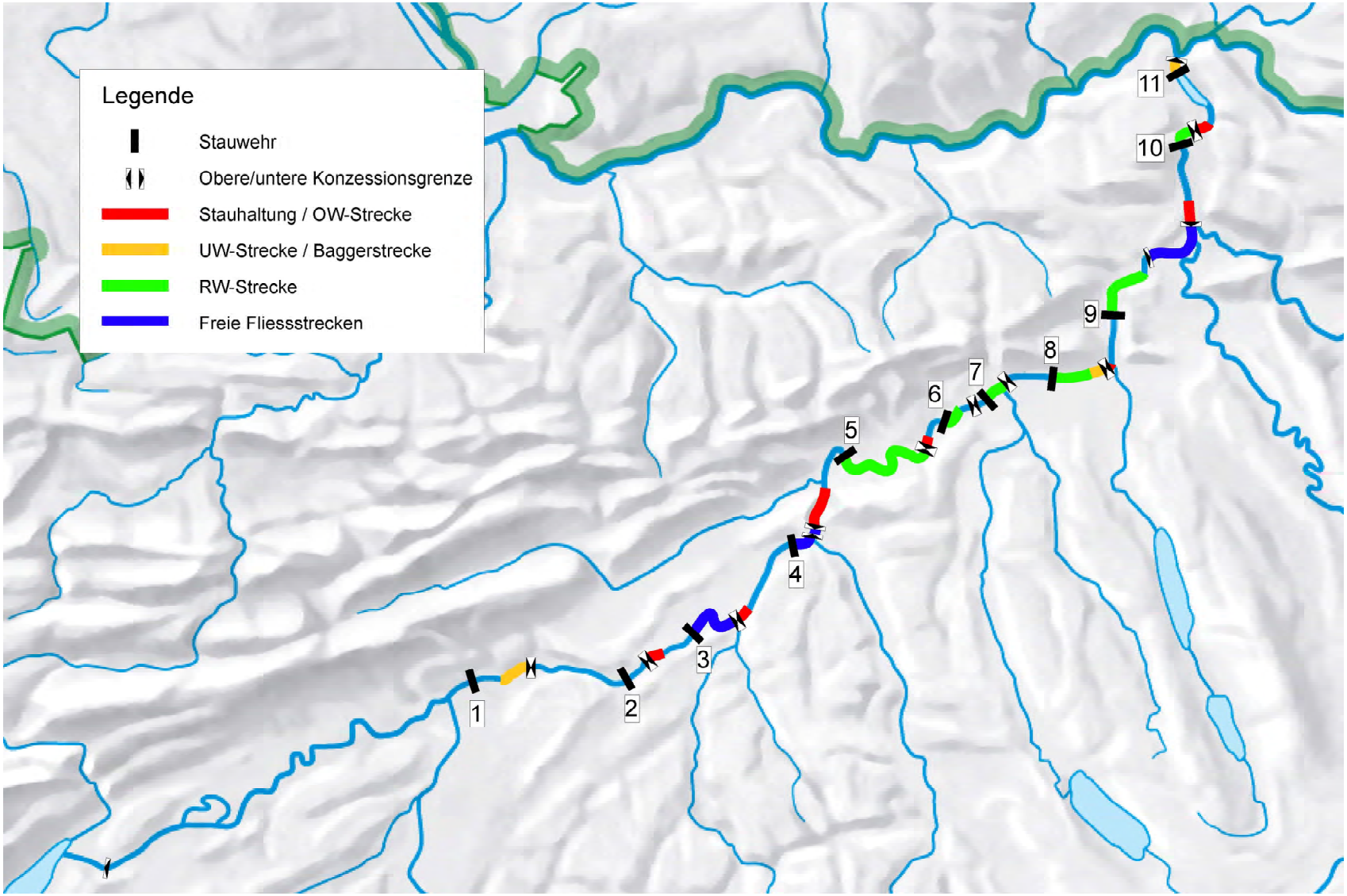


Bild 3.3 *Übersicht Aare mit den Gewässerabschnitten, wo die Sanierung des Geschiebehaushalts zu einer bedeutenden Aufwertung der Morphologie und des aquatischen Lebensraums führt. Massstab 1 : 400'000.*

4 Zuflüsse

Nachfolgend sind alle Aarezuflüsse gemäss Tabelle 3.1 beschrieben. Angegeben sind insbesondere die Geschiebezufuhr in die Aare im natürlichen Zustand, im Istzustand sowie im Zustand mit Sanierung Geschiebehaushalt.

Bild 3.1 zeigt die Einzugsgebiete und auf den Plänen 1 und 2 sind die Mündungen mit Aare-km (GEWISS-Adresse Bafu) ersichtlich.

4.1 Bärenbach

Einzugsgebiet	Total	1.9km^2
Mündung in Aare	Lüsslingen - Nennigkofen	km97.60
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Flaches Einzugsgebiet mit kleinem Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Mergel, Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Keine bekannt	
Geschiebezufuhr in Aare (Schätzung aufgrund spez. GA anderer EZG)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	5m^3/a 5m^3/a 5m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	2.5m^3/km^2/a

4.2 Wildbach

Einzugsgebiet	Total	7.4km^2
Mündung in Aare	Solothurn	km97.43
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Steiles oberes Einzugsgebiet am Weissenstein / Vorberg. Anschliessend abnehmendes Gefälle und sehr flache Mündungsstrecke Kleines bis mittleres Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Kalk und Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Geschiebesammler, alles Geschiebe wird entnommen	
Kiesentnahmen aus Geschiebesammler	Ø 1945 – 1988 /4/ (Geschiebeaufkommen durch Holzschlag gefördert) Angabe AfU SO	250m^3/a 100m^3/a
Geschiebezufuhr in Aare (Kt. SO)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	100m^3/a 0m^3/a 0m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	14m^3/km^2/a

4.3 Chesselbach / Verenabach

Einzugsgebiet	Total	10.1km^2
Mündung in Aare	Solothurn	km93.6
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Steiles oberes Einzugsgebiet am Weissenstein / Vorberg. Anschliessend abnehmendes Gefälle und mässig flache Mündungsstrecke Kleines bis mittleres Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Kalk, Mergel und Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	4 Geschiebesammler (Volumen tot. 80m^3)	
Geschiebezufuhr in Aare (Kt. SO, Begehung)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	100m^3/a 20m^3/a 20m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	10m^3/km^2/a

Bild 4.1

Mündung Verenabach in Aare mit kleinem Delta.

11.2.2014



4.4 Emme

Einzugsgebiet	Total	983km^2
Mündung in Aare	Zuchwil/Luterbach	km91.7
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Grosses Einzugsgebiet mit stark verästeltem Gewässersystem. Grosses spezifisches Geschiebeaufkommen und ehemals grösster Geschiebelieferant der Aare	
Geologie EZG	Oberes, steiles EZG: Kalk, Kalkphyllite und Mergelschiefer ca. 80km^2 (8% des EZG), Konglomerate (Nagelfluh) ca. 550km^2 (55% des EZG) Übriges, hügeliges bis flaches EZG: Sandsteine, Mergel, Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Viele Bachverbauungen (Sperrentreppen) und Geschiebesammler Die Wasserkraftwerke sind für Geschiebe durchgängig	

Kiesentnahmen aus dem Geschiebesammler an der Emmemündung	Ø 1946 - 2012 Ø 1993 - 2012 Gemäss SanPl GH BE	15’000m^3/a 20’800m^3/a 16’000m^3/a
	In den letzten 2 Jahrzehnten wurde infolge Häufung grosser Hochwasserereignisse mehr Geschiebe im Sammler abgelagert als im langjährigen Mittel	
Geschiebezufuhr in Aare (diverse Quellen)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	15'000 – 20’000m^3/a 0m^3/a 0m^3/a
Korndurchmesser Geschiebe bei Mündung in Aare	dm d90 dmax	3.5cm 8.5cm 15cm
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	16m^3/km^2/a

4.5 Siggern

Einzugsgebiet	Total	24.6km^2
Mündung in Aare	Flumenthal	km60.28
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Steiles oberes Einzugsgebiet entlang dem Jura Kleines bis mittleres Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Kalk, Mergel, Sandstein, Gerölle, Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Kiesentnahmen hinter Sperren am Dorfbach Attiswil, BE (10 – 20m^3/a)	
Ehemalige Kiesentnahmen aus Sammler an der Mündung	Gemäss /4/, 1981 – 1990 Ø Entnahmen Anteil Feinsedimente nicht bekannt	350m^3/a
Geschiebezufuhr in Aare (aus /4/, Begehung)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	300m^3/a 250m^3/a 250m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	12m^3/km^2/a

Bild 4.2

Mündungsdelta Siggern.

11.2.2014



4.6 Russbach (Oesch)

Einzugsgebiet	Total	103km^2
Mündung in Aare	Deitingen (Wangen a.A.)	km87.45
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Flaches Einzugsgebiet mit sehr kleinem Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Sandstein, Mergel, Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Nicht untersucht	
Geschiebezufuhr in Aare (/4/, Begehung)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	100m^3/a 50m^3/a 50m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	1.0m^3/km^2/a

Bild 4.3

Geschiebeablagerungen an der Mündung des Russbachs.

11.2.2014



4.7 Brüggbach / Mooskanal

Einzugsgebiet	Total	7.0km^2
Mündung in Aare	Wangen a.A.	km83.45
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Steiles und schmales oberes Einzugsgebiet im Jura Kleines Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Kalk, Mergel, Gerölle, Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Geschiebesammler (Sperren). Alles Material wird entnommen	
Geschiebezufuhr in Aare (Schätzung aufgrund spez. GA anderer EZG)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	28m^3/a 0m^3/a 0m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	4m^3/km^2/a

4.8 Dorfbach Oberbipp

Einzugsgebiet	Total Geschiebesammler	7.0km^2 2.34km^2
Mündung in Aare	Wiedlisbach	km83.14
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Steiles und schmales oberes Einzugsgebiet im Jura Kleines Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Kalk, Mergel, Gerölle, Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Geschiebesammler (Volumen ca. 500m^3) Kleiner Geschiebesaammler vor der Mündungsstrecke (Volumen ca. 20m^3) wird regelmässig geleert. Der Geschiebehaushalts des Dorfbachs sollte saniert werden	
Geschiebezufuhr Geschiebesammler /11/	Natürlicher Zustand Istzustand	25m^3/a 25m^3/a
Geschiebezufuhr in Aare (11)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	30m^3/a 0m^3/a 5m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Geschiebesammler	11m^3/km^2/a
	Mündung	4.3m^3/km^2/a

Bild 4.4

Dorfbach Oberbipp. Geschiebesammler vor der Mündungsstrecke. Blick flussabwärts.

11.2.2014



4.9 Önz

Einzugsgebiet	Total	74km^2
Mündung in Aare	Graben	km60.28
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Flaches Einzugsgebiet mit sehr kleinem Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Konglomerate, Sandstein, Lockergesteine, wenig Mergel	
Wesentliche Anlagen im EZG	Geschiebesammler bei Wynigen und oberer Chasten Ø Entnahme 1983 – 94 Nur ein kleiner Teil des Geschiebeaufkommens im oberen Einzugsgebiet kann durch die Flachstrecke nach Riedtwil transportiert werden	290m^3/a

Geschiebezufuhr in Aare (Sanierungsplanung GH BE)	Natürlicher Zustand Istzustand (keine Ablagerungen sichtbar) Mit Sanierung Geschiebehaushalt	155m^3/a 15m^3/a 80m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	2m^3/km^2/a

4.10 Murg (inkl. Langete und Rot)

Einzugsgebiet	Total	199km^2
Mündung in Aare	Wynau/Murgenthal	km68.3
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Langete: Oberes hügeliges und flaches unteres Einzugsgebiet Rot: Flaches Einzugsgebiet Kleines bis mittleres Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Langete: Konglomerate, Sandstein, Mergel Rot: Sandstein, Mergel	
Wesentliche Anlagen im EZG	Langete: Hochwasserentlastungsstollen Rot: Wenige kleine Geschiebesammler	
	Der Kies, der beim Einlaufbauwerk des Hochwasserentlastungsstollens entnommen wird, wird zur Hälfte im Unterwasser in die Langete und zur Hälfte in die Rot geschüttet	
Geschiebezufuhr in Aare (Sanierungsplanung GH BE)	Natürlicher Zustand (Langete 370, Rot 80) Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	450m^3/a 420m^3/a 420m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	2.1m^3/km^2/a

Bild 4.5

Mündung Murg in Aare mit Geschiebeablagerungen.

14.3.2011



4.11 Pfaffnern

Einzugsgebiet	Total	45km^2
Mündung in Aare	Rothrist	km60.28
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Flaches Einzugsgebiet mit kleinem Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Sandstein, Mergel, Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Kanton Luzern: Geschiebesammler und Hochwasserrückhaltebecken Pfaffnau Kanton Aargau: Es bestehen keine Anlagen, welche die Geschiebeführung wesentlich beeinträchtigen	
Geschiebezufuhr in Aare (Schätzung aufgrund spez. GA anderer EZG)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	45m^3/a 35m^3/a 35m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	1m^3/km^2/a

Bild 4.6

Mündung Pfaffnern in Aare mit Geschiebeablagerungen

9.3.2014



4.12 Wigger

Einzugsgebiet	Total	394km^2
Mündung in Aare	Rothrist/Aarburg	km59.9
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Das EZG erstreckt sich vom Napf nach Norden bis zur Aare. Wesentliche Geschiebelieferanten sind die Luthern und die Wigger (Enzi- und Buchwigger).	
Geologie EZG	Oberes, steiles EZG: Nagelfluh, ca. 130km^2 (1/3 des EZG) Übriges, hügeliges bis flaches EZG: Sandsteine, Mergel, Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Kanton Luzern: Kiesentnahmen am Änzibach (300m^3/a) und Rückhalt am Längebach (190m^3/a). Wigger Dagmersellen: Kiesentnahmen 1981 – ca. 2000 (Ø 2'000m^3/a) Wiggerdelta: Kiesentnahmen 1973 – 1983 (Ø 1'730m^3/a), sowie nach dem HW2007 ca. 4'000m^3 Alle Kraftwerke sind für Geschiebe durchgängig	

Geschiebezufuhr in Aare (17)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	2’900m^3/a -> 2’700m^3/a 2'700m^3/a
	Seit der Einstellung der Kiesentnahmen bei Dagmersellen und beim Delta hat die Geschiebezufuhr in die Aare wieder deutlich zugenommen und dürfte nahezu 2’700m^3/a erreichen.	
Korndurchmesser Geschiebe bei Mündung in Aare	dm d90 dmax	2.5cm (2.3-2.8) 6.0cm (5.5–6.7) ca. 12cm
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	7.4m^3/km^2/a



Bild 4.7 Mündung Wigger in Aare mit Delta. 9.3.2014.

4.13 Dünnern

Einzugsgebiet	Total	197km^2
Mündung in Aare	Olten	km55.63
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Grösstes Einzugsgebiet im Jura mit mittlerem Geschiebeaufkommen und flachem Unterlauf mit kleiner Geschiebetransportkapazität ab Oensingen	
Geologie EZG	Kalk, Mergel, Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Geschiebesammler am Mümliswilerbach, Augstbach, Steinenbach, Dünnern, Cholersbach und weitere	
	Das gesamte Geschiebeaufkommen liegt in der Grössenordnung von 1’600m^3/a. Davon konnte im natürlichen Zustand nur ein kleiner Teil bis in die Aare transportiert werden	
Geschiebezufuhr in Aare (/12/)	Natürlicher Zustand (keine Berechnungen) Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt Es fehlt ein Geschiebebewirtschaftungskonzept (keine Angaben Kt. SO)	200 - 500m^3/a max. 50m^3/a ?m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Gesamtes Geschiebeaufkommen Mündung	8m^3/km^2/a 1.8m^3/km^2/a

Bild 4.8

Mündung Dünnern in Aare ohne Geschiebeablagerungen.

9.3.2014



4.14 Trimbacher Dorfbach

Einzugsgebiet	Total	11.9km^2
Mündung in Aare	Trimbach	km54.56
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Zerfurchtes, eher steiles Einzugsgebiet mit kleinem bis mittlerem Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Vorwiegend Kalkstein, wenig Mergel	
Wesentliche Anlagen im EZG	Kleiner Geschiebesammler an Seitenbach (Rütelibach). Ein wesentlicher Teil des Geschiebes (kantiger Kies) wird entnommen	
Geschiebezufuhr in Aare (/12/)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	140m^3/a 50m^3/a 50m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	12m^3/km^2/a

Bild 4.9

Mündung Trimbacher Dorfbach in Aare mit Geschiebeablagerungen.

9.3.2014



4.15 Stegbach

Einzugsgebiet	Total	21.9km^2
Mündung in Aare	Obergösgen	km47.26
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Oberes mässig steiles Einzugsgebiet im Jura, anschliessend eher flach. Eher kleines Geschiebeaufkommen.	
Geologie EZG	Vorwiegend Kalkstein, wenig Mergel und Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Mehrere Geschiebesammler am Lostorferbach, 1 Sammler am Stüsslingerbach, Entnahmen Mündungsstrecke	
Geschiebezufuhr in Aare (/12/)	Natürlicher Zustand	90m^3/a
	Istzustand	0m^3/a
	Mit Sanierung Geschiebehaushalt	0m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	4m^3/km^2/a

4.16 Grödermattbach

Einzugsgebiet	Total	6.5km^2
Mündung in Aare	Gretzenbach	km44.8
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Flaches Einzugsgebiet mit sehr kleinem Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Mergel, Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Keine Anlagen bekannt	
Geschiebezufuhr in Aare (Schätzung aufgrund spez. GA anderer EZG)	Natürlicher Zustand	5m^3/a
	Istzustand	5m^3/a
	Mit Sanierung Geschiebehaushalt	5m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	1m^3/km^2/a

4.17 Erzbach

Einzugsgebiet	Total	12.5km^2
Mündung in Aare	Erlinsbach	km39.8
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Oberes mässig steiles Einzugsgebiet im Jura, anschliessend eher flach. Eher kleines Geschiebeaufkommen.	
Geologie EZG	Vorwiegend Kalkstein	
Wesentliche Anlagen im EZG	Geschiebesammler vor der Mündung in den Oberwasserkanal des KW Aarau	
Geschiebezufuhr in Aare (/4/, /12/)	Natürlicher Zustand	35m^3/a
	Istzustand	15m^3/a
	Mit Sanierung Geschiebehaushalt	15m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	3m^3/km^2/a

4.18 Aabach Küttigen

Einzugsgebiet	Total	9.1km^2
Mündung in Aare	Küttigen	km36.28
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Mässig steiles Einzugsgebiet mit eher kleinem spezifischem Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Kalkstein, Mergel, Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Geschiebesammler unmittelbar vor Mündung in Aare wird regelmässig geleert!	
Geschiebezufuhr in Aare (Schätzung aufgrund spez. GA anderer EZG)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	50m^3/a 0m^3/a 50m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	5.5m^3/km^2/a

Bild 4.10

Mündung Aabach Küttigen in Aare ohne nennenswerte Geschiebeablagerungen.

9.3.2014



4.19 Suhre / Wyna

Einzugsgebiet	Total (mit Sempachersee: 371)	294km^2
Mündung in Aare	Aarau, Rohr	km36.0
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Hügeliges bis flaches Einzugsgebiet mit sehr kleinem spezifischem Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Sandstein, Mergel, Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Kanton Luzern: Mehrere Geschiebesammler an den Zuflüssen der Suhre Kanton Aargau: Mehrere Geschiebesammler im Einzugsgebiet der Wyna	
Geschiebezufuhr in Aare (/13/)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	350m^3/a 170m^3/a 330m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung (bez. geschieberel. EZG)	1.2m^3/km^2/a

Bild 4.11

Mündung Suhre in Aare mit flacher Geschiebezunge am rechten Ufer.

9.3.2014



4.20 Aabach / Bünz

Einzugsgebiet	Total	(mit Seen 301) 163km^2
Mündung in Aare	Wildegg	km28.18
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Hügeliges bis flaches Einzugsgebiet mit sehr kleinem spezifischem Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Lockergesteine, Sandstein	
Wesentliche Anlagen im EZG	Kanton Aargau: Mehrere Geschiebesammler und Hochwasserrückhaltebecken	
Geschiebezufuhr in Aare (/13/)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	165m^3/a 25m^3/a 150m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	1.0m^3/km^2/a

Bild 4.12

Mündung Aabach in Aare mit wenig Geschiebeablagerungen.

9.3.2014



4.21 Talbach

Einzugsgebiet	Total	14.1km^2
Mündung in Aare	Schinznach Dorf	km24.26
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Eher flaches Einzugsgebiet mit kleinem spezifischem Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Kalkstein, Mergel	
Wesentliche Anlagen im EZG	Geschiebesammler (aller Kies wird entnommen)	
Geschiebezufuhr in Aare (/13/)	Natürlicher Zustand	50m^3/a
	Istzustand	0m^3/a
	Mit Sanierung Geschiebehaushalt	50m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	3.5m^3/km^2/a

4.22 Reuss

Einzugsgebiet	Total	(inkl. EZG Seen 3425) 941km^2
Mündung in Aare	Windisch / Turgi	km15.7
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Alpines bis flaches Einzugsgebiet mit mittlerem spezifischem Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG geschieberelevant	Kalksteine, Mergelschiefer, Kalkphyllite, Konglomerate, Mergel, Lockergesteine, wenig Sandstein	
Wesentliche Anlagen im EZG	Kanton Luzern: Diverse Geschiebesammler (insbes. Reuss-zopf) Kanton Aargau: Kraftwerk Bremgarten Zufikon (nicht Geschiebe durchgängig)	
Geschiebezufuhr in Aare (/13/)	Natürlicher Zustand	6'700m^3/a
	Istzustand	200m^3/a
	Mit Sanierung Geschiebehaushalt	4'000m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	7.1m^3/km^2/a

Bild 4.13

Mündung Reuss (von vorne) in Aare (von links) mit künstlicher Schüttung von grobem Sohlenmaterial.

9.3.2014



4.23 Limmat

Einzugsgebiet	Total	(inkl. EZG Seen 2'400) 560km^2
Mündung in Aare	Turgi / Untersiggenthal	km14.45
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Voralpines bis flaches Einzugsgebiet mit kleinem spezifischem Geschiebeaufkommen Massgebend ist das Geschiebeaufkommen der Alp (im natürlichen Zustand ca 3'500m^3/a), wobei vor allem die orografisch rechtsseitigen Wildbäche viel Geschiebe liefern. Am Erlentobel betreibt die WSL eine Geschiebemessstation. Weit weniger Geschiebe liefern die Sihl ab Sihlsee, die Biber, die linksseitigen Tobelbäche im Sihltal sowie die Reppisch.	
Geologie EZG geschieberelevant (ohne EZG Sihlsee)	EZG Alp (ca. 10km^2): Kalk, Lockergesteine, Flysch, Nagelfluh Übriges Einzugsgebiet vor allem Mergel, etwas Nagelfluh und Sandstein	
Wesentliche Anlagen im EZG	Mehrere Geschiebesammler im EZG der Alp Sihlsee mit Etzelwerk Kiesentnahmen KW Feusisberg KW Wettingen: Kein Durchtransport möglich KW Kappelerhof: Kein Durchtransport möglich	
Geschiebezufuhr in Aare (/13/, /18/)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	1'900m^3/a 50m^3/a 850m^3/a
Spez. GF nat. Zustand (Fracht / geschieberelevantes EZG)	Alp Einsiedeln (3'500/46.4) Sihl Zürich (2'650/336) Limmat Turgi (1'900/560)	75m^3/km^2/a 7.9m^3/km^2/a 3.4m^3/km^2/a



Bild 4.14

Mündung der Limmat (Restwasserstrecke KW Stroppel) in die Aare.

5.11.2007.

4.24 Kumetbach (Schmittenbach)

Einzugsgebiet	Total	32km^2
Mündung in Aare	Villigen	km11.49
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Hügeliges Einzugsgebiet mit kleinem spezifischem Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Kalksteine, Konglomerate, Sandsteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Keine	
Geschiebezufuhr in Aare (/13/)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	90m^3/a 90m^3/a 90m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	3m^3/km^2/a

Bild 4.15

Mündung Kumetbach in Aare mit Geschiebeablagerungen.

9.3.2014



4.25 Aempach

Einzugsgebiet	Total	3.5km^2
Mündung in Aare	Villigen	km10.89
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Hügeliges Einzugsgebiet mit kleinem spezifischem Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Kalksteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Keine	
Geschiebezufuhr in Aare (/13/)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	15m^3/a 15m^3/a 15m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	4.5m^3/km^2/a

Bild 4.16

Mündung Aempach in Aare mit Delta.

9.3.2014



4.26 Bruggbach

Einzugsgebiet	Total	3.1km^2
Mündung in Aare	Böttstein	km7.98
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Alpines bis flaches Einzugsgebiet mit mittlerem spezifischem Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Kalksteine, Mergel	
Wesentliche Anlagen im EZG	Keine	
Geschiebezufuhr in Aare (/13/)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	15m^3/a 15m^3/a 15m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	5m^3/km^2/a

4.27 Surb

Einzugsgebiet	Total	67km^2
Mündung in Aare	Döttingen	km5.3
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Hügeliges bis flaches Einzugsgebiet mit sehr kleinem spezifischen Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG	Kalksteine, Konglomerate, Sandsteine, Lockergesteine	
Wesentliche Anlagen im EZG	Kanton Zürich: Mehrere kleine Sammler Kanton Aargau: Geschiebesammler, Hochwasserrückhaltebecken	
Geschiebezufuhr in Aare (/13/)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	100m^3/a 60m^3/a 75m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	1.5m^3/km^2/a

Bild 4.17

Mündung Surb in Aare mit wenig Geschiebeablagerungen.

26.11.2013



4.28 Leuggernbach

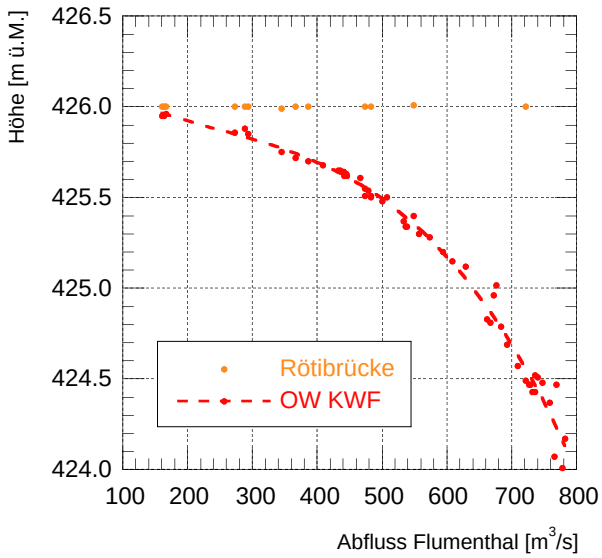
Einzugsgebiet	Total	10.8km^2
Mündung in Aare	Leuggern	km1.0
Charakterisierung EZG bezüglich Geschiebe	Hügeliges bis flaches Einzugsgebiet mit kleinem spezifischen Geschiebeaufkommen	
Geologie EZG geschieberelevant	Lockergesteine, wenig Kalkstein und Mergel	
Wesentliche Anlagen im EZG	Geschiebesammler, alles Material wird entnommen	
Geschiebezufuhr in Aare (/13/)	Natürlicher Zustand Istzustand Mit Sanierung Geschiebehaushalt	35m^3/a 0m^3/a 0m^3/a
Spez. GF nat. Zustand	Mündung	3.2m^3/km^2/a

5 Anlagen

5.1 Kraftwerk Flumenthal



Bild 5.1 Aare zwischen der Emmemündung (links) und dem Kraftwerk Flumenthal (rechts). Kraftwerk mit Stauwehr (rechtsufrig) und Maschinenhaus (linksufrig).

Betreiber	Alpiq
Typ *Inbetriebnahme* *Letzte Erneuerung*	Flusskraftwerk 1970 2009
Lage *Konzessionsstrecke*	Bafu km89.876 Bafu km123.395 bis km85.395 (total 38km)
Stauwehr	3 Wehrfelder Segmentklappenschützen Anheben Schützen ab 550m^3/s (ca. Q18) OK Wehrschwelle 417.00m ü.M.
Pegel-Abfluss-Beziehung Rötibrücke und Oberwasser KW Flumenthal	

Maschinenhaus	Ausbauabfluss 386m^3/s Fallhöhe 6.2 – 8.5m
Baggerung Unterwasserstrecke	Bis 5m Tiefe
Konzessionspegel vgl. Bild vorhergehende Seite	Rötibrücke Solothurn 426.00m ü.M. Der Oberwasserspiegel beim Wehr wird bei Hochwasserabfluss soweit abgesenkt, sodass der Konzessionspegel eingehalten werden kann
Neuste Querprofilvermessung	2009
Längenprofil *Bild 5.2* *Kilometrierung BE*	Das Längenprofil der Sohle zeigt einen praktisch horizontalen Verlauf zwischen Solothurn (km212) und km215. Hier besteht die Sohle aus Sand und Feinkies. Der grosse Geschiebeeintrag der Emme führte zu einer höheren Sohlenlage und flussabwärts zu einem grösseren Gefälle von knapp 1‰. Die Vermessungen von 1973, 1983 und 2000 zeigen, dass die Sohle um einen Mittelwert schwankt und die Stauhaltung nicht verlandet. Dies deutet darauf hin, dass zwischen der Emme und dem Stauwehr nur wenig Feinsedimente abgelagert sind. Die Schwellenkrone des Stauwehrs Flumenthal befindet sich mit 417.0m ü.M. deutlich tiefer als die Aaresohle flussaufwärts und im Unterwasser wurde die Sohle bis auf eine Höhe von 414.0m ü.M. ausgebaggert.
Längenprofil dimensionslose Sohlenschubspannung in der Stauhaltung *vgl. Bilder 5.3 und 5.4*	Bild 5.3 zeigt, dass ab einem Abfluss von 750m^3/s (Q1) Geschiebe mit einem dm um 2.5cm ab Emmemündung flussabwärts durch das Wehr transportiert werden kann. Emmegeschiebe (dm=3.5cm) kann etwa bei einem Abfluss von 840m^3/s (ca. HQ4) durch die Stauhaltung transportiert werden (Bild 5.4).
Dimensionslose Sohlenschubspannung im Unterwasser *vgl. Bilder 5.7 und 5.8*	In der abgetieften Unterwasserstrecke kann Geschiebe mit einem dm = 2.5cm ab einem HQ30 (1'100m^3/s), resp. mit dm = 3.5cm ab ca. HQ100, flussabwärts weiter transportiert werden.
Beurteilung Geschiebedurchgängigkeit	Die Stauhaltung ist für Geschiebe mit dm = 2.5cm durchgängig. Für gröberes Emmegeschiebe mit dm = 3.5cm ist bei kleinen Hochwasserabflüssen mit einem Rückhalt und bei Abflüssen ab ca. HQ5 von einem schubweisen Durchtransport auszugehen. Dementsprechend führt die Stauhaltung zu einer kleinen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts. Wesentlich ungünstiger sind die Transportverhältnisse im Unterwasser des Stauwehrs. Damit Geschiebe durch die abgetiefte Unterwasserstrecke transportiert werden kann, sind Abflüsse um HQ30 – HQ100 erforderlich. Würde Geschiebe durch die Stauhaltung transportiert, so käme es im Unterwasser zu erheblichen Sohlenauflandungen auf einer Strecke von ca. 800m. Dadurch würde der Unterwasserspiegel des Kraftwerks um mehrere Dezimeter bis 1m angehoben, was zu einer bedeutenden Reduktion der Fallhöhe und der Stromproduktion führen würde.

Grad der Beeinträchtigung	Stark
Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt	Morphologie: Ja Hochwasserschutz: Nein Grundwasserhaushalt: Nein
Massnahme Vgl. Kapitel 11.2	Morphologie: Kiesschüttung Deitingen (Massnahme G01)

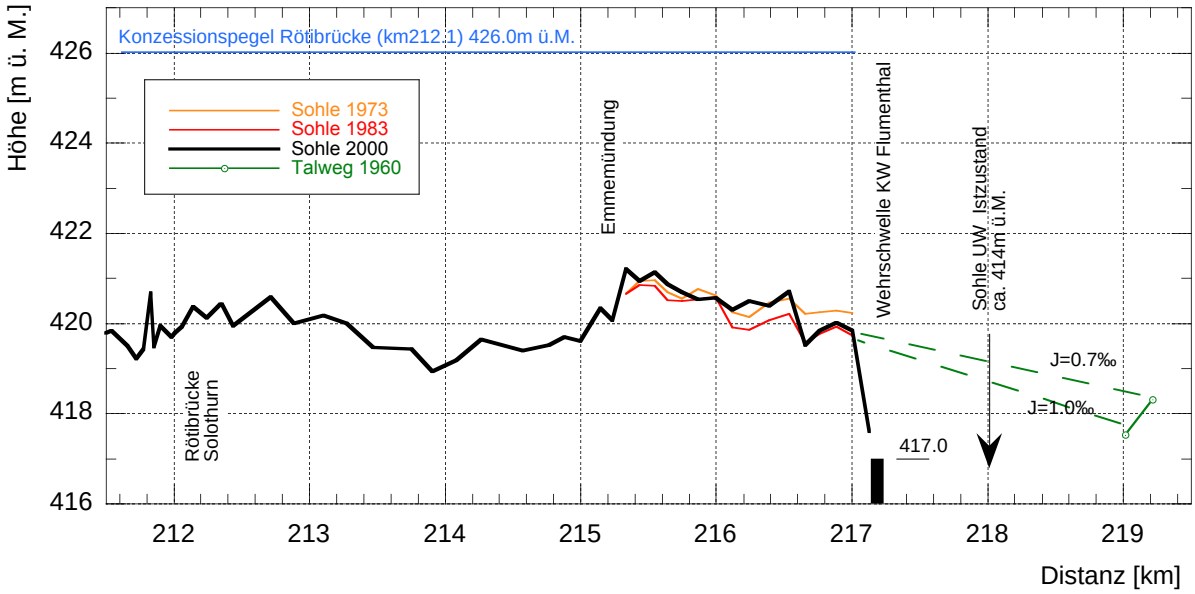


Bild 5.2 *Längenprofil Stauhaltung KW Flumenthal mit dem Verlauf der mittleren Sohle der Vermessungen von 1973, 1983 und 2000, dem Konzessionspegel sowie dem ungefähren Verlauf der Aaresohle vor dem Bau des KW Flumenthal mit einem Längsgefälle von 0.7 – 1.0‰.*

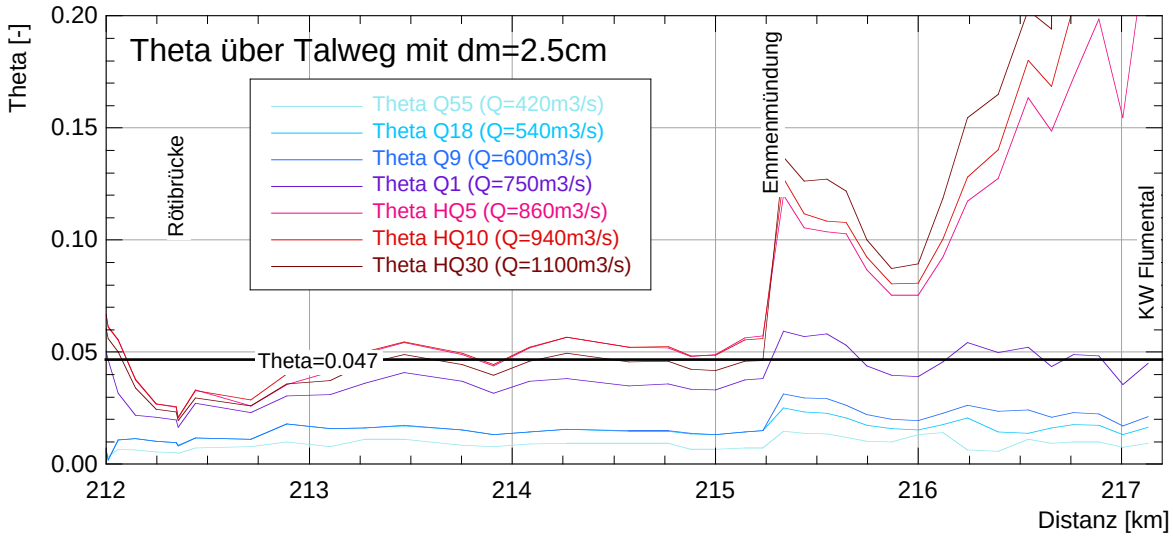


Bild 5.3 *Längenprofil Stauhaltung KW Flumenthal mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlschubspannung Theta im Talweg für verschiedene Abflüsse bei einem mittleren Korndurchmesser des Geschiebes von **2.5cm**.*

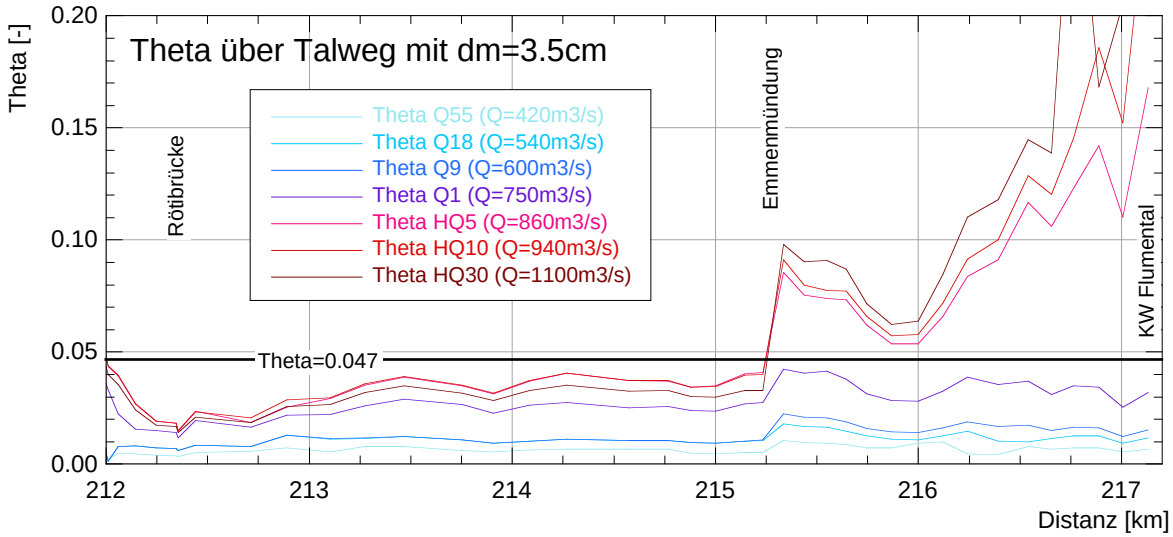


*Bild 5.4 Längenprofil Stauhaltung KW Flumenthal mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlschubspannung Theta im Talweg für verschiedene Abflüsse bei einem mittleren Korndurchmesser des Geschiebes von **3.5cm**.*

5.2 Kraftwerk Bannwil

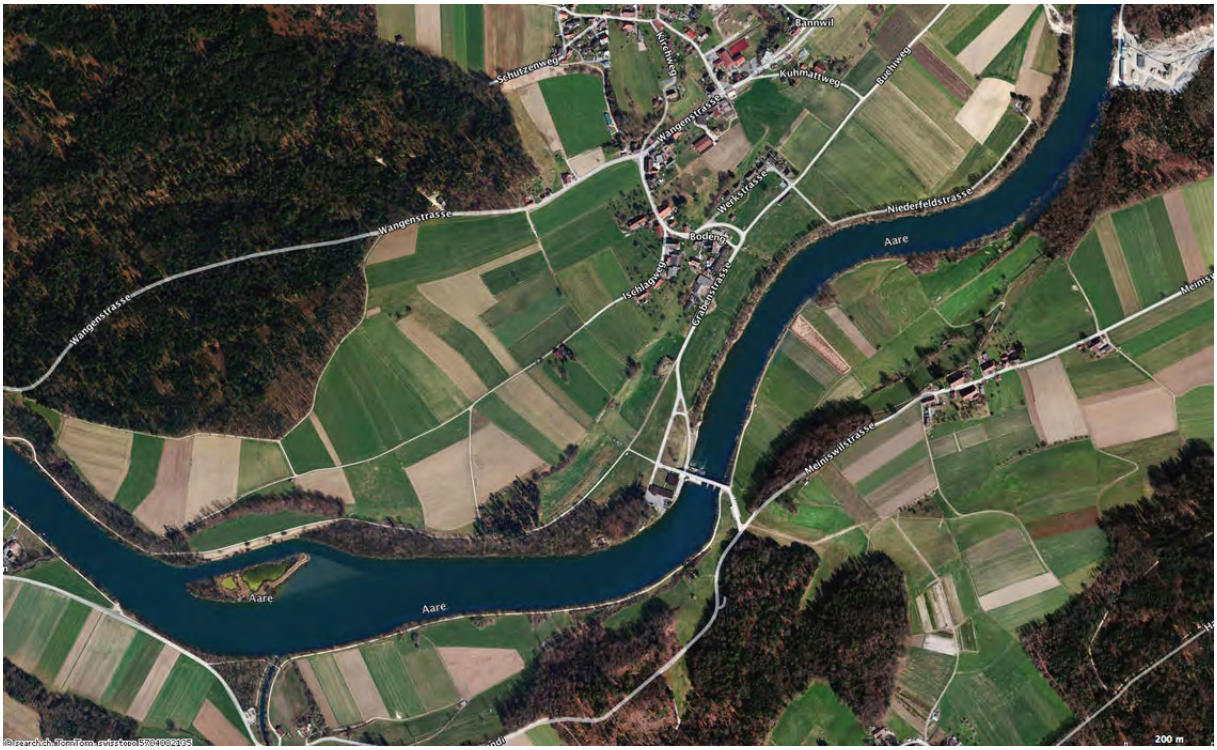
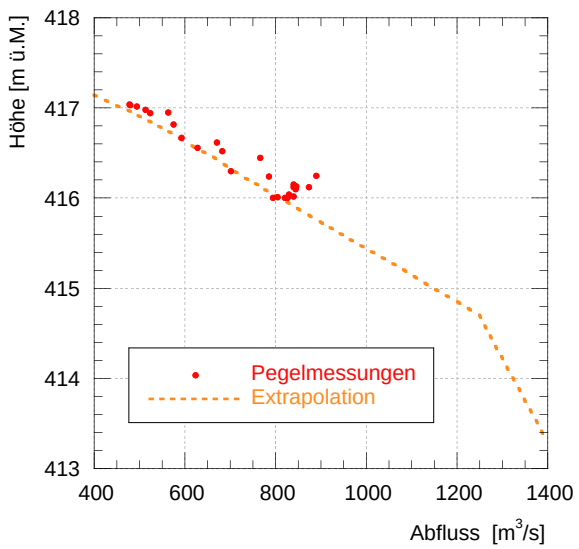


Bild 5.5 Kraftwerk Bannwil, Stauhaltung mit Insel Vogelraupfi und Unterwasserstrecke bis zur Risigrube (oben rechts).

Betreiber	BKW AG
Typ *Inbetriebnahme*	Flusskraftwerk 1970 Letzte Erneuerung 1998-2000
Lage *Konzessionsstrecke*	Bafu km78.16 (BE km228.789) Bafu km85.389 (BE km221.560) bis km76.149 (230.800), total 9.2km
Stauwehr	3 Wehrfelder Segmentklappenschützen Anheben Schützen ab 450m^3/s (< Q18) OK Wehrschwelle 409.40m ü.M.
Maschinenhaus	Ausbauabfluss 450m^3/s Fallhöhe 8.0m
Baggerung Unterwasserstrecke	Bafu km78.15 (BE km228.8) – km76.95 (230.0) Aushub um bis 2.5m
Konzessionspegel *vgl. Bild nächste Seite*	Holzbrücke Wangen an der Aare 417.30m ü.M. Der Oberwasserspiegel beim Wehr wird bei Hochwasserabfluss soweit abgesenkt, sodass der Konzessionspegel eingehalten werden kann.
Neuste Querprofilvermessung	2011

Pegel-Abfluss-Beziehung Oberwasser KW Bannwil	
Längenprofil *Bild 5.6* *BE Kilometrierung*	Das Längenprofil der Stauhaltung zeigt ein gleichmässiges, sehr kleines Sohlengefälle von 0.5‰. Die hohe Sohlenlage bei km228 ist auf die lokal grosse Gerinnebreite zurückzuführen.
Resultate Studie 1999 aus /6/	Für die Planung der Kiesschüttung bei Deitingen wurde untersucht, ob Geschiebe durch die Stauhaltung Bannwil transportiert werden kann. Das Modell berücksichtigte keine Feinsedimentablagerungen, sondern ging davon aus, dass die bestehende Sohle aus Kies besteht (optimistische Annahme). Alle untersuchten Szenarien gehen von einer durchschnittlichen Geschiebezufuhr von 2'000m^3/a und einem mittleren Korndurchmesser von 1.7cm aus (ausgesiebtes Emmegeschiebe, optimal für Äschen als Laichsubstrat). Die Modellberechnungen zeigen, dass bei Beibehaltung des aktuellen Wehrbetriebs das Geschiebe nach 20 Jahren nur bis vor Wangen transportiert würde. Bei einer zusätzlichen Absenkung des Oberwasserspiegels ab 600m^3/s um rund 1m würde nach 50 Jahren etwas Geschiebe durch das Stauwehr flussabwärts transportiert (HW-Schutz bei Wangen gewährleistet). Die in dieser Periode zugeführte Geschiebefracht würde 100'000m^3 erreichen. Geht man davon aus, dass auch ein Teil der in der Stauhaltung abgelagerten Feinsedimente (> 100'000m^3) ersetzt werden müsste, so würde die Dauer bis zum Weitertransport des Geschiebes noch deutlich verlängert. Damit Geschiebe kurz- bis mittelfristig durch die Stauhaltung transportiert werden könnte, müsste der Oberwasserspiegel bei Hochwasserabfluss um zusätzlich ca. 2m abgesenkt werden.
*Längenprofil dimensionslose Sohlenschubspannung in der **Stauhaltung*** *Bilder 5.7 und 5.8*	Flussabwärts von Wangen a.A. ist ein Abfluss zwischen HQ10 und HQ30 erforderlich, damit im Talweg der Geschiebetrieb für eine Mischung mit dm = 2.5cm einsetzt. Bei dm = 3.5cm sind Abflüsse > HQ30 = 1'100m^3/s erforderllich. Diese Angaben sind als optimistisch zu werten, da der Ersatz von Feinsedimenten durch Geschiebe nicht berücksichtigt ist. Zudem dürften die transportierbaren Frachten bei Abflüssen, wo der Geschiebetrieb im Talweg einsetzt, noch klein sein.

Längenprofil dimensionslose Sohlenschubspannung ***im Unterwasser des KW*** *Bild 5.11*	In der abgetieften Unterwasserstrecke ist ein Abfluss um HQ20 erforderlich, damit im Talweg Geschiebe mit dm = 2.5cm transportiert werden kann. Würde Geschiebe vom Oberwasser zugeführt, käme es zu Sohlenauflandungen, wodurch die Fallhöhe und damit die Stromproduktion reduziert würden.
Beurteilung Geschiebedurchgängigkeit	Bei aktuellem Wehrbetrieb ist die Geschiebedurchgängigkeit langfristig nicht gegeben. Die rund 8km lange Stauhaltung verfügt über ausgedehnte Feinsedimente und keine Geschiebeablagerungen (Inbetriebnahme erst nach Erstellung des Emmegschiebesammlers). Daher wäre zur Gewährleistung des Geschiebetriebs durch die Stauhaltung ein nahezu freier Durchfluss durch das Wehr erforderlich, wobei die abgelagerten Feinsedimente erodiert würden (Trübeschwälle) und die Uferböschungen destabilisiert werden könnten. Dementsprechend wäre eine Absenkung des Staupegels bis zur Geschiebedurchgängigkeit mit massiven Auswirkungen auf den Betrieb des Kraftwerks und das Unterwasser verbunden. Zudem würde Geschiebe, welches durch das Stauwehr transportiert würde, in der abgetieften Unterwasserstrecke abgelagert mit Folgen für die Stromproduktion.
Grad der Beeinträchtigung	Stark
Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt	Morphologie: Ja Hochwasserschutz: Nein Grundwasserhaushalt: Nein
Massnahme Vgl. Kapitel 11.3	Morphologie: Kiesschüttung Aarwangen (Massnahme G02)

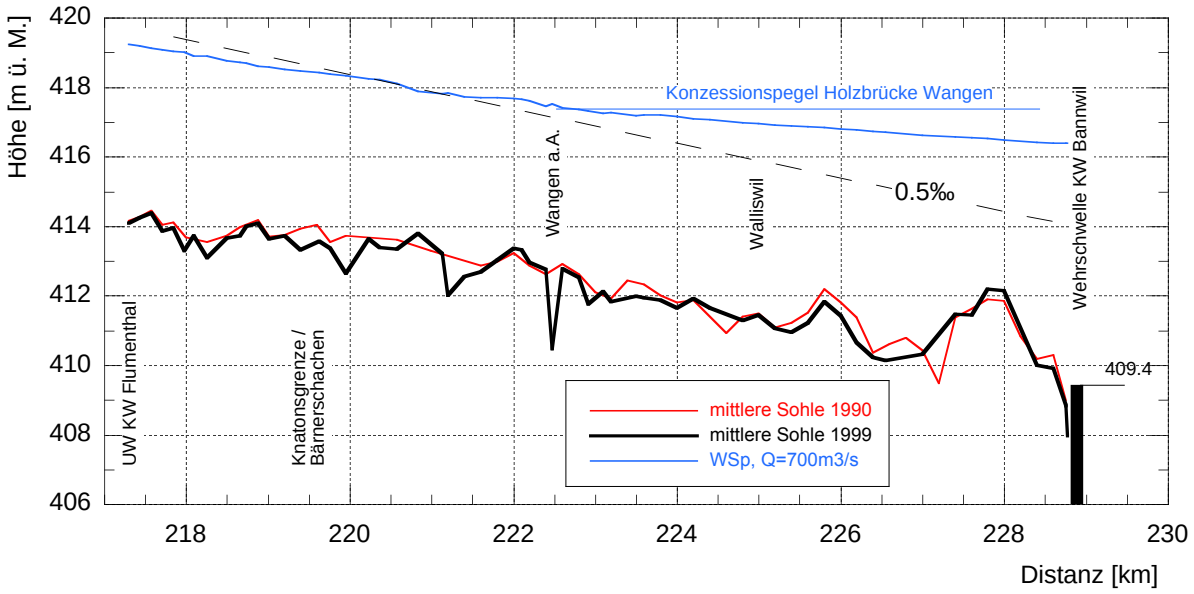


Bild 5.6 *Längenprofil Stauwehr Flumenthal bis Stauwehr Bannwil mit dem Verlauf der mittleren Sohle der Vermessungen von 1990 und 1999, dem Konzessionspegel sowie dem mittleren Sohlengefälle von 0.5‰.*

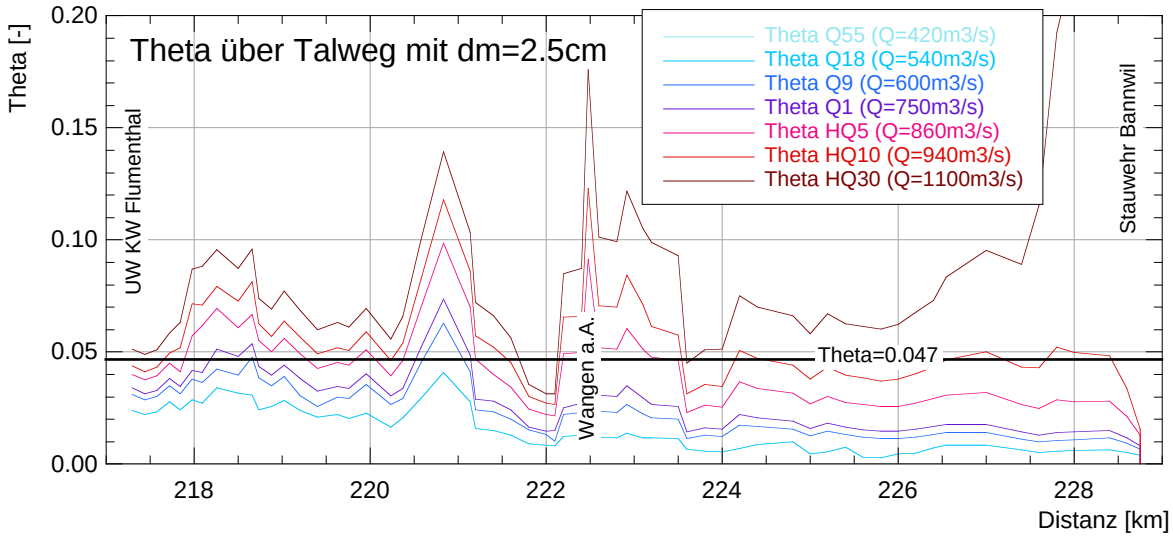


*Bild 5.7 Längenprofil Stauwehr Flumenthal bis Stauwehr Bannwil mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlschubspannung Theta im Talweg für verschiedene Abflüsse bei einem mittleren Korndurchmesser des Geschiebes von **2.5cm**.*

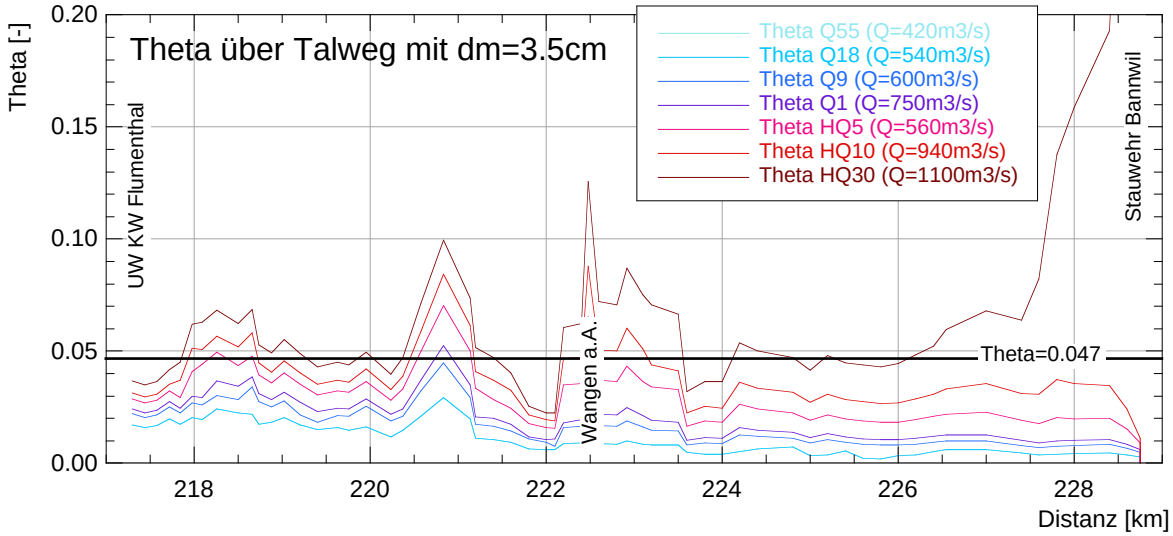


*Bild 5.8 Längenprofil Stauwehr Flumenthal bis Stauwehr Bannwil mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlschubspannung Theta im Talweg für verschiedene Abflüsse bei einem mittleren Korndurchmesser des Geschiebes von **3.5cm**.*

5.3 Kraftwerke Wynau / Schwarzhäusern



Bild 5.9 Stauwehr mit Kraftwerk Wynau (rechtsufrig) und KW Schwarzhäusern (linksufrig). Fliessrichtung von links nach rechts.

Betreiber	onyx Energie Mittelland
Typ *Baujahr*	Flusskraftwerk 1896 Letzte Erneuerung 1996
Lage *Konzessionsstrecke*	Bafu km72.55 (BE km234.4) Bafu km76.149 (BE km230.8) bis km68.25 (238.7), total 7.9km
Stauwehr	4 Wehrfelder Segmentklappenschützen Anheben Schützen ab 550m^3/s (ca. Q18) OK Wehrschwelle 401.50m ü.M.
Maschinenhaus	Ausbauabfluss 480m^3/s Fallhöhe 5.0m
Baggerung Unterwasserstrecke	Ja, Ausmass eher gering
Konzessionspegel	Beim Wehr 408.08m ü.M.
Neuste Querprofilvermessung	2011
Längenprofil *Bild 5.10*	Das Längenprofil der Stauhaltung zeigt ab Risigrube ein durchschnittliches Sohlengefälle von 0.7‰ (ab Aarwangen eher grösser). Die hohe Sohlenlage vor dem Stauwehr ist auf die lokal grosse Gerinnebreite zurückzuführen.
Längenprofil dimensionslose Sohlenschubspannung /7/, /9/ *Bild 5.11*	Das Längenprofil der Sohlenschubspannung zeigt, dass bei einem Abfluss, der jährlich an einem Tag erreicht oder überschritten wird (Q1) im Talweg Geschiebe mit einem mittleren Korndurchmesser von 2.5cm transportiert werden kann (Grundlage Querprofile 2002, also vor den erfolgten Kies-

	schüttungen bei Aarwangen). Kurz vor dem Wehr wird der kritische Theta-Wert unterschritten. Die Querprofilvermessung im Oberwasser des Kraftwerks nach den Kiesbankschüttungen von 2005 und 2010 zeigen in diesem Bereich bedeutende Geschiebeablagerungen (2008 Auflandungen bis 2m, 2011 wieder zum Grossteil erodiert). Diese Beobachtungen bestätigen die Berechnungsresultate, wonach es im Oberwasser zu Umlagerungen und einem schubweisen Weitertransport, aber zu keinem bedeutenden Geschieberückhalt kommt.
Beurteilung Geschiebedurchgängigkeit	Die Anlage war vor den erfolgten Kiesschüttungen ca. ab einem HQ2 Geschiebe durchgängig. Heute (nach geringen Kiesablagerungen im Oberwasser des Stauwehrs) ab ca. einem Q1. Dies passt zum Umstand, dass das Kraftwerk vor dem Bau des Geschiebesammlers an der Emmemündung mit identischem Oberwasserspiegel betrieben und damals alles Geschiebe flussabwärts weiter transportiert wurde.
Geschiebetransport im Unterwasser /8/	Im Unterwasser beginnt der Geschiebetrieb im Talweg bereits bei Abflüssen > 500m^3/s. Die leichte Ausbaggerung der Unterwasserstrecke führt zu keinem unerwünschten Geschiebe-rückhalt.
Grad der Beeinträchtigung	Gering
Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt	Morphologie: Nein Hochwasserschutz: Nein Grundwasserhaushalt: Nein
Massnahme	Keine

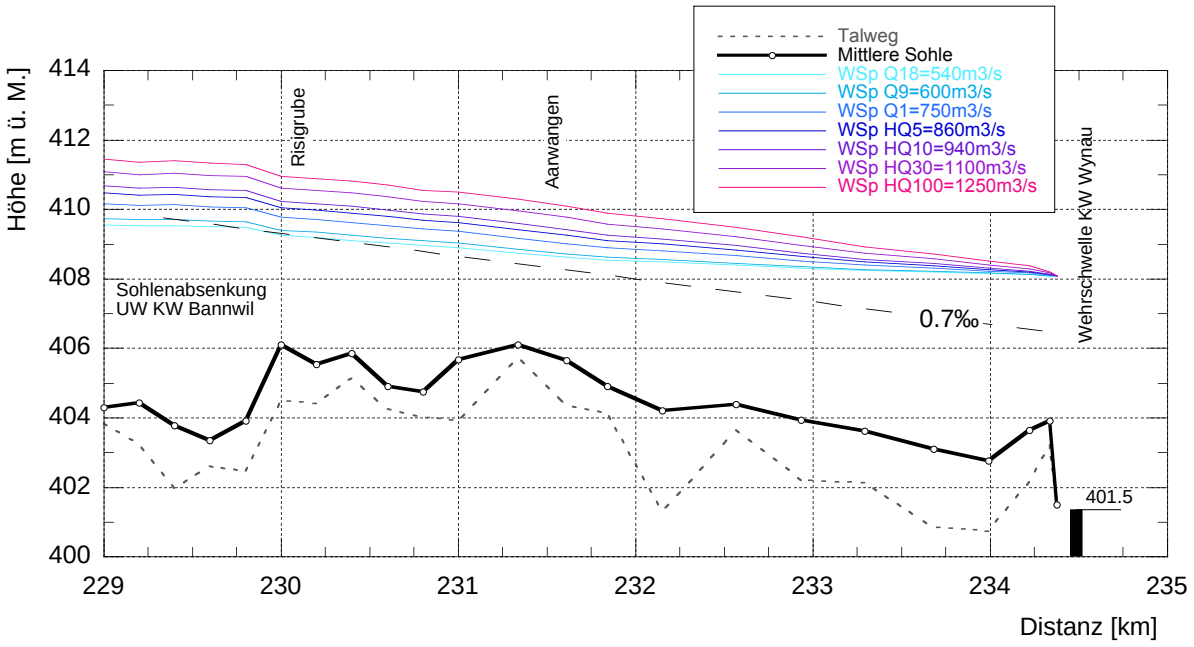


Bild 5.10 Längenprofil Stauhaltung KW Wynau mit dem Verlauf des Talwegs, der mittleren Sohle und dem Wasserspiegel für Abflüsse von 600 und 940m^3/s sowie dem mittleren Sohlengefälle von 0.7‰.

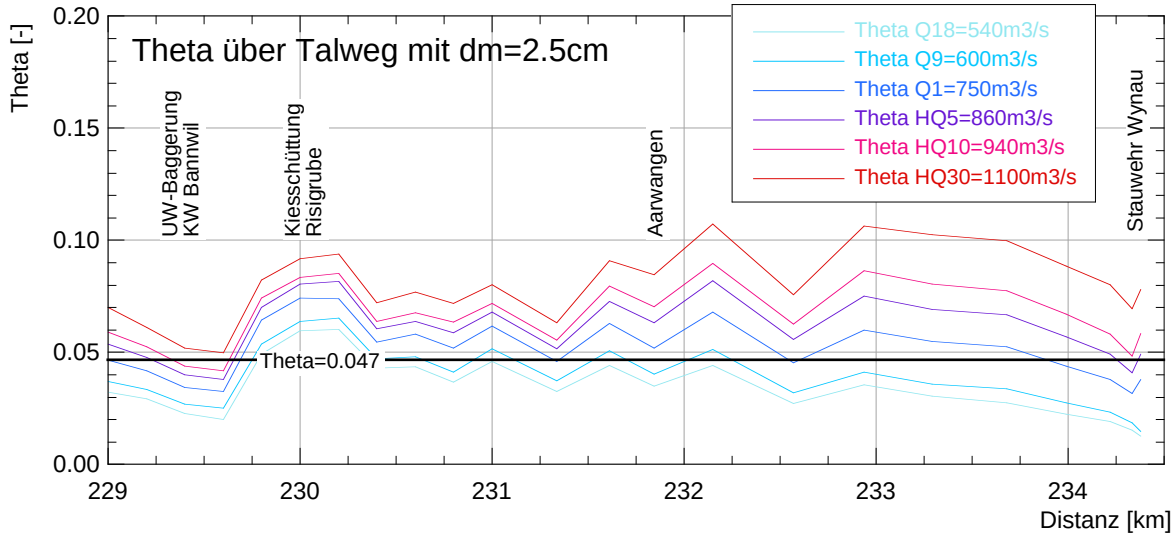


Bild 5.11 Längenprofil Stauhaltung KW Wynau mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von 2.5cm. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.

5.4 Kraftwerk Ruppoldingen

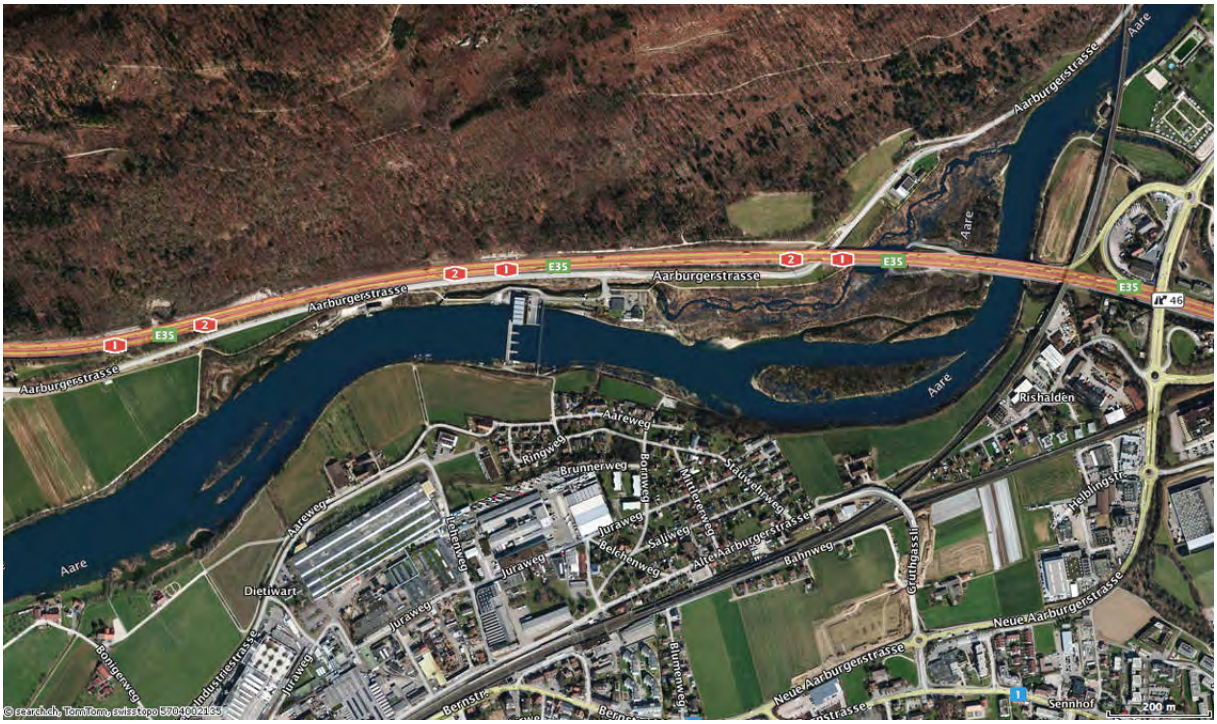
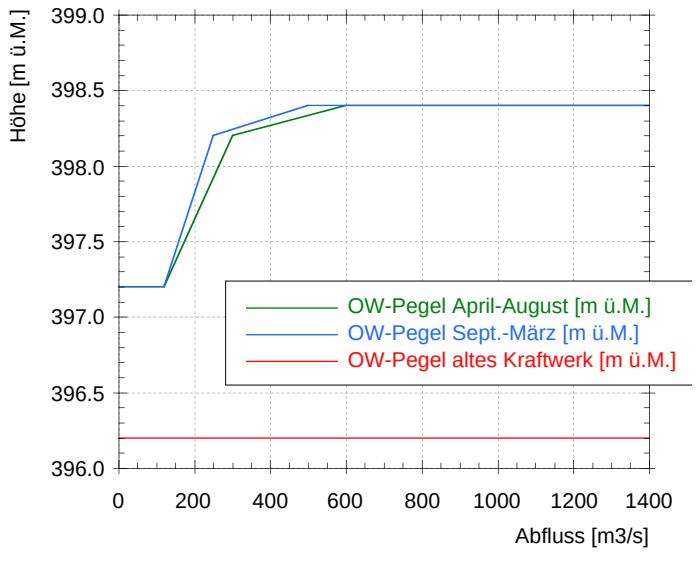


Bild 5.12 Kraftwerk Ruppoldingen (Bildmitte) mit Umgehungsgewässer und grosser Insel (Ruppoldingen-Rothrist) sowie Boniger Inseln (links). Fliessrichtung von links nach rechts.

Betreiber	Alpiq
Typ *Erste Anlage* *Neues Kraftwerk*	Flusskraftwerk 1896 2000
Lage *Konzessionsstrecke*	Bafu km61.359 Bafu km68.258 bis km59.861 (total 8.4km)
Stauwehr	4 Wehrfelder Segmentklappenschützen Anheben Schützen ab 650m^3/s (ca. Q5) OK Wehrschwelle 391.20m ü.M.
Konzessionspegel: *Pegel-Abfluss-Beziehung Oberwasser KW Ruppoldingen*	

Maschinenhaus	Ausbauabfluss 475m^3/s Fallhöhe 4.0 – 6.5m
Baggerung UW-Strecke	Ja, geringer Einfluss auf Geschiebetransport
Neuste QP-VErmessung	2009
Längenprofil *Bilder 5.13 und 5.14* *BE Kilometrierung*	Bild 5.13 zeigt den Verlauf des Wasserspiegels für Abflüsse von Qm=280m^3/s und Q9=600m^3/s bei Oberwasserpegeln von 398.4m ü.M., 397.2m ü.M. sowie 396.2m ü.M. (OW Pegel altes Kraftwerk). Bild 5.14 zeigt den Verlauf des Wasserspiegels verschiedener Abflüsse bei einem massgebenden Oberwasserpegel von 398.4m ü.M. Das durchschnittliche Sohlengefälle beträgt 0.9‰. Der Vergleich mit dem Verlauf der Wasserspiegel zeigt den Einfluss der Stauhaltung.
Längenprofil dimensionslose Sohlenschubspannung *Bild 5.15*	Damit Geschiebe mit dm=2.5cm durch die Stauhaltung transportiert werden kann, sind Abflüsse > HQ30 (1'100m^3/s) erforderlich. Während dem seltenen Hochwasser vom August 2007 (Qmax=1'260m^3/s) konnte im Bereich des Talwegs etwas Geschiebe durch die Stauhaltung transportiert werden. Die Fracht war aber klein.
Untersuchte Szenarien in /3/	Im Auftrag der Alpiq Hydro AG wurden verschiedene Szenarien mit Variation folgender Parameter untersucht: • Oberwasserspiegel • Grenzabfluss betreffend Absenkung OW-Pegel • Mittlerer Korndurchmesser Geschiebe • Kiesschüttungen in die Stauhaltung Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden (Annahmen: Absenkung OW-Pegel zwischen 600 und 700m^3/s, dm=2.2cm, Geschiebezufuhr 2'500m^3/a): Bei einem OW-Pegel von 398.4m ü.M. (Wehrreglement Istzustand) wird alles Geschiebe bis km243 abgelagert und langfristig kann kein Geschiebe durch das Wehr transportiert werden. Bei einem OW-Pegel von 397.4m ü.M. (Absenkung um 1m) kann Geschiebe bis 700m vor das Stauwehr transportiert werden. Durch das Stauwehr wird innerhalb von 23 Jahren kein Geschiebe transportiert. Bei einem OW-Pegel von 396.9m ü.M. (Absenkung um 1.5m) wird innerhalb von 23 Jahren etwa 25% des zugeführten Geschiebes durch das Stauwehr transportiert. In weiteren 23 Jahren werden 60% des Geschiebes flussabwärts weiter transportiert. Bei einem OW-Pegel von 396.2m ü.M. (OW-Pegel altes KW) wird anfänglich infolge Bankbildung etwas Geschiebe in der Stauhaltung abgelagert und anschliessend alles zugeführte Geschiebe weiter transportiert.
Betrieb Umgehungsgewässer	Das Umgehungsgewässer weist im Bereich des Maschinenhauses ein Gerinne mit Rampe und ein Kanal mit Drehtor auf. Die Krone der Rampe befindet sich auf 397.0m ü.M. und die Sohle des Kanals auf 396.0m ü.M. Dies bedeutet, dass das Umgehungsgewässer bei einem Oberwasserpegel von ≤ 396.0m ü.M. trocken fällt.
	Gemäss Konzession ist im Umgehungsgewässer während der Laichzeit (März – Juni) ein Abfluss von 4.3m^3/s zu gewährleisten. In den übrigen Monaten kann auch weniger Wasser dotiert werden.

	Damit ein Abfluss von 4.3m^3/s dotiert werden kann, darf der OW-Pegel 397.1m ü.M. nicht unterschreiten (Abfluss durch Kanal mit geöffnetem Drehtor). Bei einem OW-Pegel von 396.9m ü.M. (Absenkung um 1.5m gegenüber Maximalpegel und 0.3m gegenüber Minimalpegel Konzession) können noch 2.8m^3/s dotiert werden (Abfluss durch Kanal mit geöffnetem Drehtor).
Beurteilung Geschiebedurchgängigkeit	Mit dem aktuellen Wehrreglement mit hohem Wasserspiegel während der Hochwasserperiode kann langfristig kein Geschiebe durch die Stauhaltung transportiert werden. Damit mittelfristig Geschiebe durch die Stauhaltung transportiert werden kann, ist der Oberwasserpegel bei Abflüssen ab 600 – 700m^3/s um 1.5m auf eine Höhe von 396.9m ü.M. abzusenken. Unter diesen Verhältnissen können maximal 2.8m^3/s im Umgehungsgewässer abfliessen, was während der Laichzeit gemäss Konzession nicht ausreichend ist (höherer Abfluss z.B. durch Umbau Rampe oder Pumpbetrieb gewährleisten). Eine Änderung des Wehrreglements dürfte nur durch eine Anpassung der Konzession möglich sein.
Grad der Beeinträchtigung	Sehr stark
Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt	Morphologie: Ja Hochwasserschutz: Nein Grundwasserhaushalt: Nein
Massnahmen *Vgl. Kapitel 11.4 – 11.6*	Morphologie: Absenken Oberwasserspiegel (Massnahme G03) Kiesschüttung Olten (Massnahme G04) Kiesschüttung Aarau (Massnahme G05)

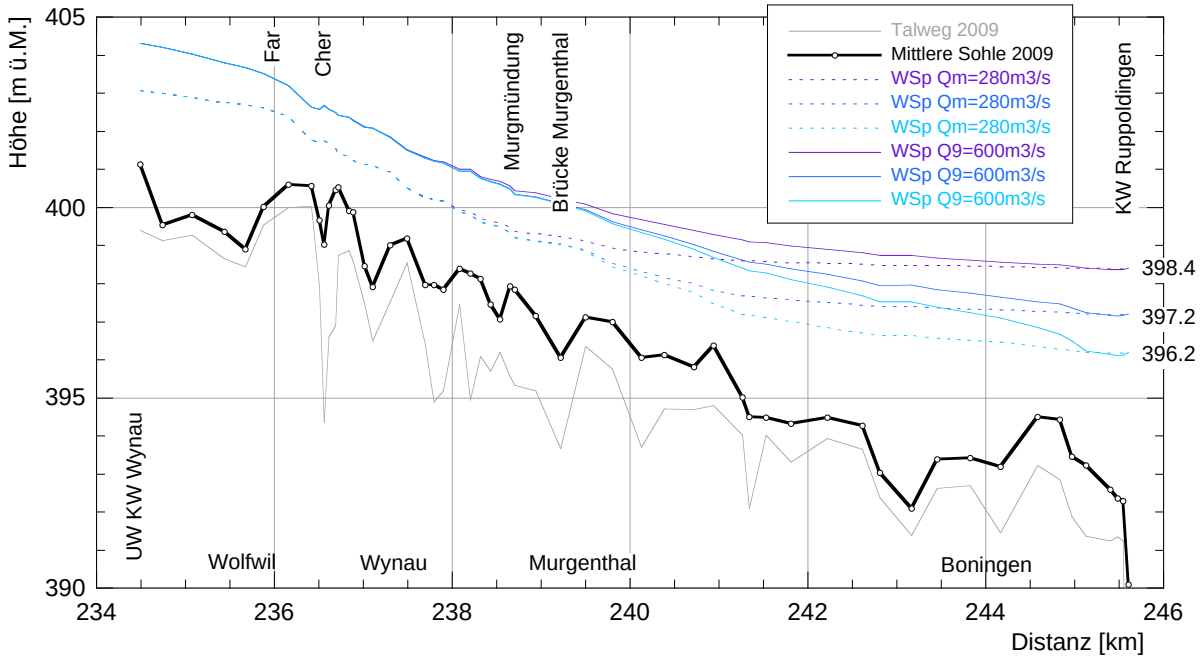


Bild 5.13 Längenprofil Stauwehr Wynau bis Stauwehr Ruppoldingen mit dem Verlauf der mittleren Sohle, des Talwegs und des Wasserspiegels für Abflüsse von 280 und 600m^3/s für verschiedene Oberwasserpegel.

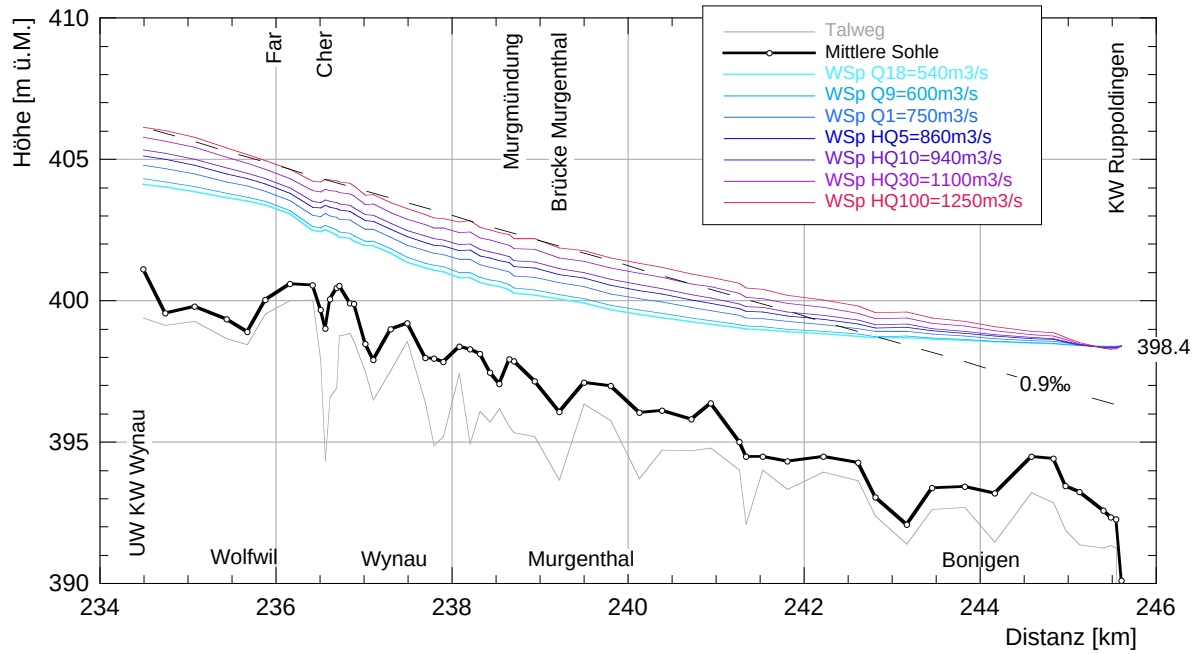


Bild 5.14 Längenprofil Stauwehr Wynau bis Stauwehr Ruppoldingen mit dem Verlauf der mittleren Sohle, des Talwegs und des Wasserspiegels für verschiedene Abflüsse beim massgebenden Oberwasserpegel von 398.40m ü.M. sowie dem mittleren Sohlengefälle von 0.9‰.

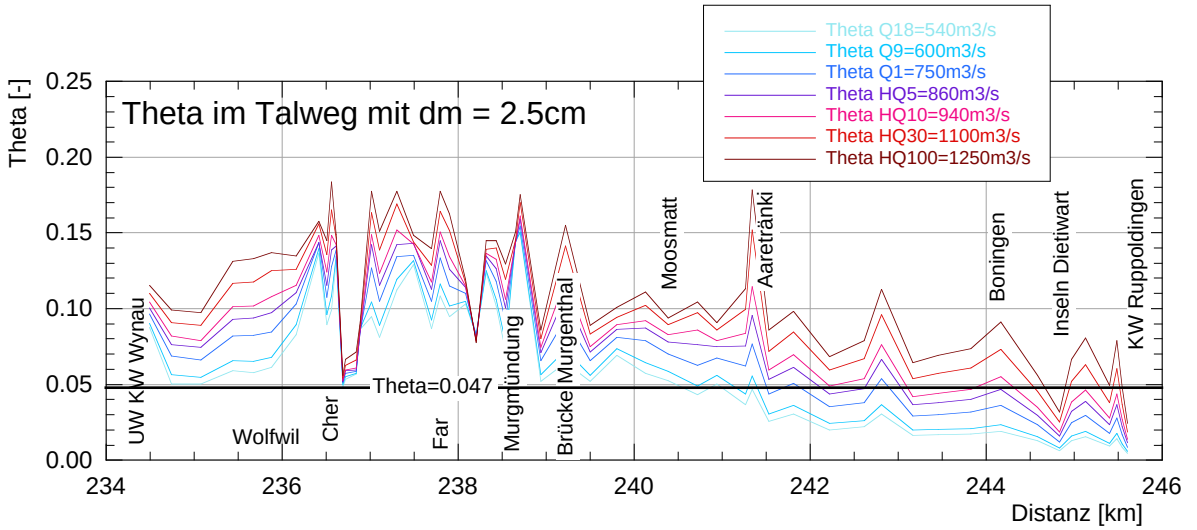


Bild 5.15 Längenprofil Stauwehr Wynau bis Stauwehr Ruppoldingen mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von 2.5cm. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.

5.5 Kraftwerk Gösgen



Bild 5.16 Stauwehr Winznau (in Bildmitte) mit Oberwasserkanal (links nach oben abzweigend) und der Restwasserstrecke mit Bänken.

Betreiber	Alpiq
Typ *Baujahr* *Letzte Erneuerung*	Ausleitkraftwerk 1917 2009
Lage *Konzessionsstrecke*	Bafu km46.062 Bafu km59.177 bis km44.277 (total 14.9km)
Stauwehr bestehend	4 Wehrfelder (im 5. Wehrfeld besteht ein Dotierkraftwerk) Ober-/Unterschützen Anheben Schützen ab 750m^3/s (ca. Q3) OK Wehrschwelle 381.44 - 381.94m ü.M.
Stauwehr geplant	5 Wehrfelder Ober-/Unterschützen Anheben Schützen ab 650m^3/s (ca. Q9) OK Wehrschwelle 381.44 - 381.94m ü.M.
Maschinenhaus	Ausbauabfluss 380m^3/s Fallhöhe 13.1 - 17.0m
Baggerung Unterwasserstrecke	Nur UW-Kanal
Konzessionspegel	OW Stauwehr 388.14m ü.M.
Neuste Querprofilvermessung	2008
Längenprofil *Bild 5.17* *Lokale Kilometrierung*	Das Längenprofil zeigt ein ziemlich gleichmässiges Gefälle von 0.8‰ mit tiefen Kolken bei der Waage Aarburg, vor Olten und vor dem Stauwehr Winznau (Kurvenkolk scharfe Rechtskrümmung).

	Die Einstauwirkung des Wehrs ist bei Hochwasserabfluss nicht mehr vorhanden.
Längenprofil dimensionslose Sohlenschubspannung Bilder 5.18 und 5.19	Geschiebe mit einem dm=3.5cm kann im Talweg ab Abflüssen um 650m^3/s (an ca. 6 Tagen im Jahr) durch die Stauhaltung transportiert werden. Zwischen Aarburg und Olten setzt der Geschiebetransport im Talweg bereits bei Abflüssen < 400m^3/s ein und die Transportkapazität ist vergleichsweise gross. Geschiebe mit einem dm=2.5cm kann im Talweg ab Abflüssen um 570m^3/s (an ca. 18 Tagen im Jahr) durch die Stauhaltung transportiert werden.
Beurteilung Geschiebedurchgängigkeit	Mit dem bestehenden Wehr wird bei Abflüssen zwischen 650 und 750m^3/s Geschiebe im tieferen Staubereich abgelagert und beim Anheben der Schützen ab 750m^3/s schubweise durch das Wehr in die Restwasserstrecke transportiert. Mit der geplanten Wehrerneuerung werden die Schützen bereits bei einem Abfluss von 650m^3/s angehoben, womit ein relativ kontinuierlicher Geschiebedurchgang ermöglicht wird.
Grad der Beeinträchtigung	Keine
Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt	Morphologie: Nein Hochwasserschutz: Nein Grundwasserhaushalt: Nein
Massnahme	Keine

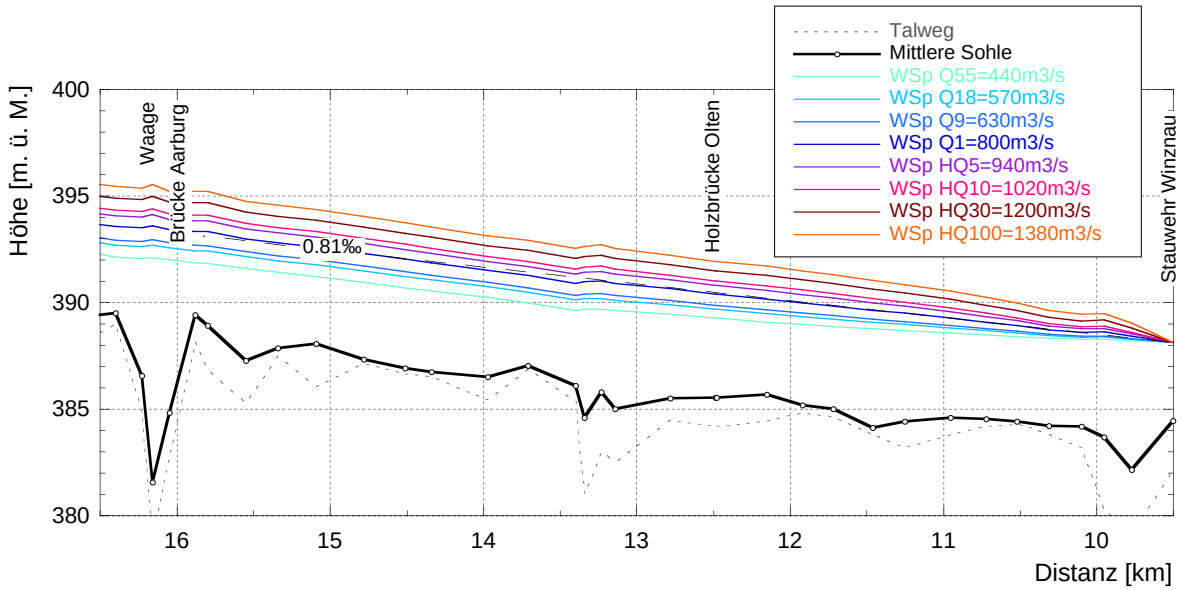


Bild 5.17 Längenprofil Aare zwischen Aarburg und dem Stauwehr Winznau mit dem Verlauf des Talwegs und der mittleren Sohle sowie des Wasserspiegels verschiedener Abflüsse und dem durchschnittlichen Sohlengefälle. Abfluss HQ100 vor und nach Dünnern.

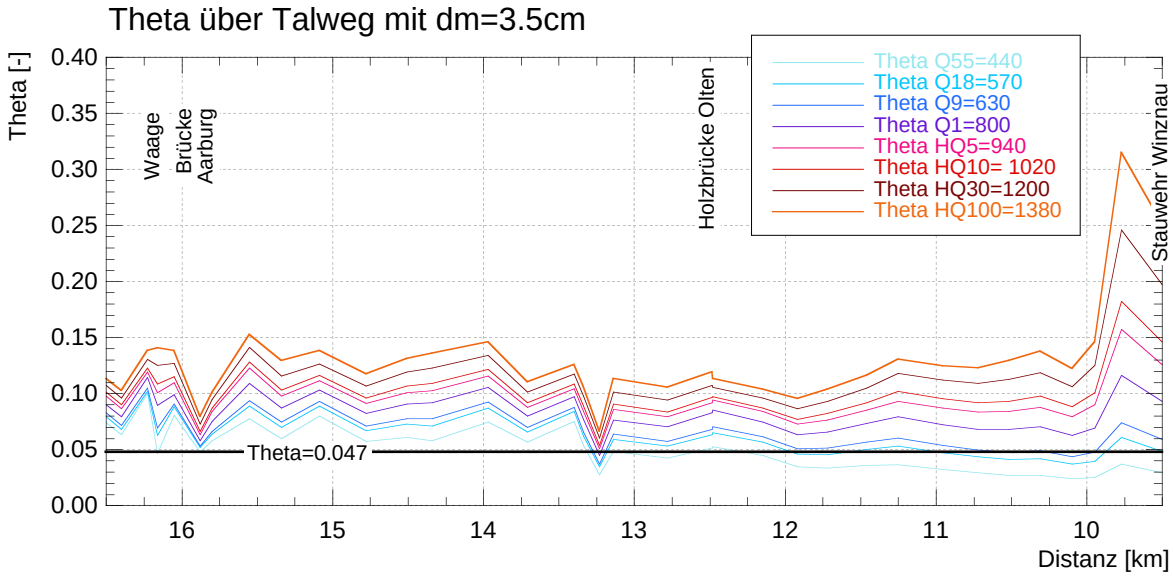


*Bild 5.18 Längenprofil Aare zwischen Aarburg und dem Stauwehr Winznau mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **3.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.*

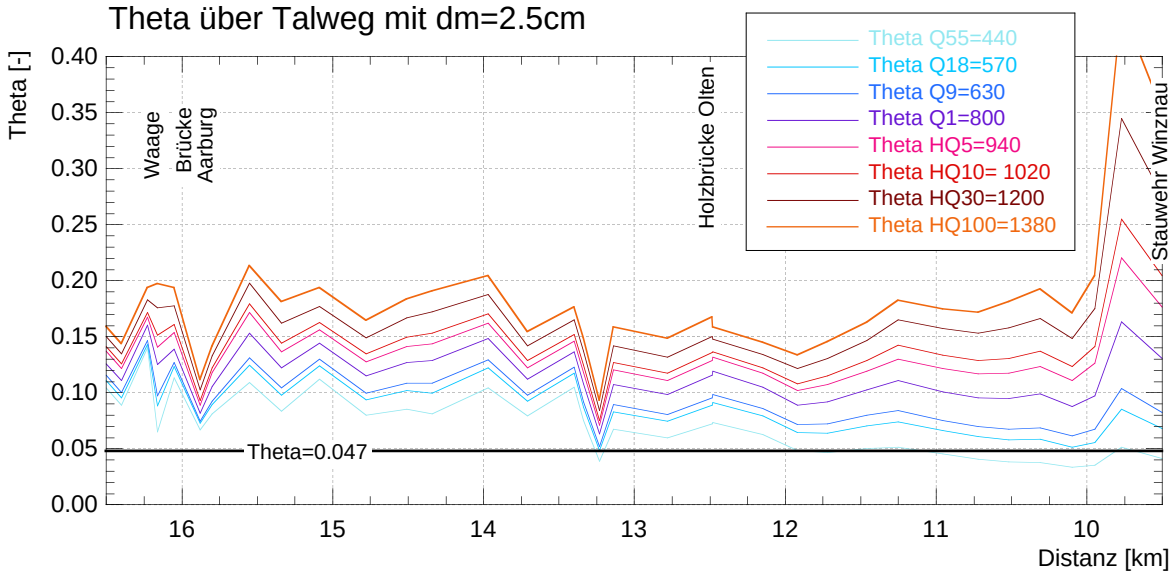


*Bild 5.19 Längenprofil Aare zwischen Aarburg und dem Stauwehr Winznau mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **2.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.*

5.6 Kraftwerk Aarau



Bild 5.20 Stauwehr Kraftwerk Aarau mit Oberwasserkanal (links nach oben abzweigend) und der Restwasserstrecke mit Bänken.

Betreiber	IBA
Typ *Baujahr* *Nächste Erneuerung*	Ausleitkraftwerk 1893 / 1964 2015 - 2019
Lage Stauwehr *Konzessionsstrecke*	Bafu km41.40 Bafu km44.10 bis km38.50 (total 5.234km)
Stauwehr	4 Wehrfelder Segmentschützen Anheben Schützen ab 394m^3/s (2019 ab 400m^3/s < Q55) OK Wehrschwelle 367.8m ü.M.
Maschinenhaus	Ausbauabfluss 394m^3/s (neues KW 400m^3/s) Fallhöhe 5.6m
Baggerung Unterwasserstrecke	Nein
Konzessionspegel	OW Stauwehr 370.54m ü.M.
Neuste Querprofilvermessung	2007
Längenprofil *Bild 5.21* *AG Kilometrierung flussab*	Das Längenprofil zeigt ein ziemlich gleichmässiges Gefälle von 1.35‰ sowie den Fixpunkt bei der Bally-Schwelle. Die Einstauwirkung des Wehrs ist bei Hochwasserabfluss kaum mehr vorhanden.
Längenprofil dimensionslose Sohlenschubspannung *Bilder 5.22 und 5.23*	Geschiebe mit einem dm=3.5cm kann im Talweg ab Abflüssen um 600m^3/s (an ca. 9 Tagen im Jahr) durch die Stauhaltung transportiert werden. Feineres Geschiebe (dm = 2.5cm) wird bereits bei kleineren Abflüssen durchtransportiert. In der Restwasserstrecke des KW Gösgen kann bereits ab einem Abfluss von 160m^3/s (Q18) Geschiebe transportiert werden.

Beurteilung Geschiebedurchgängigkeit	Durch die Stauhaltung und das Stauwehr des KW Aarau kann bereits bei regelmässig wiederkehrenden Hochwasserabflüssen Geschiebe flussabwärts in die Restwasserstrecke transportiert werden.
Grad der Beeinträchtigung	Keine
Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt	Morphologie: Nein Hochwasserschutz: Nein Grundwasserhaushalt: Nein
Massnahme	Keine

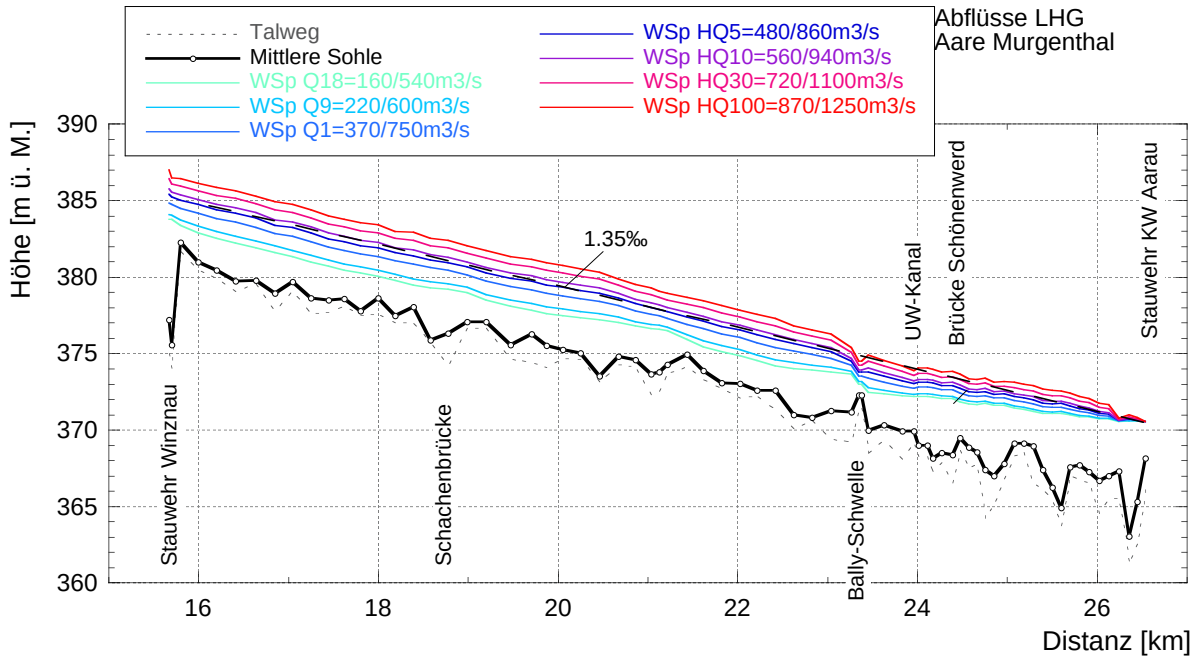


Bild 5.21 Längenprofil Restwasserstrecke KW Gösgen und Stauhaltung KW Aarau mit dem Verlauf des Talwegs und der mittleren Sohle sowie des Wasserspiegels verschiedener Abflüsse. Angegebene Abflüsse mit und ohne Durchfluss KW Gösgen.

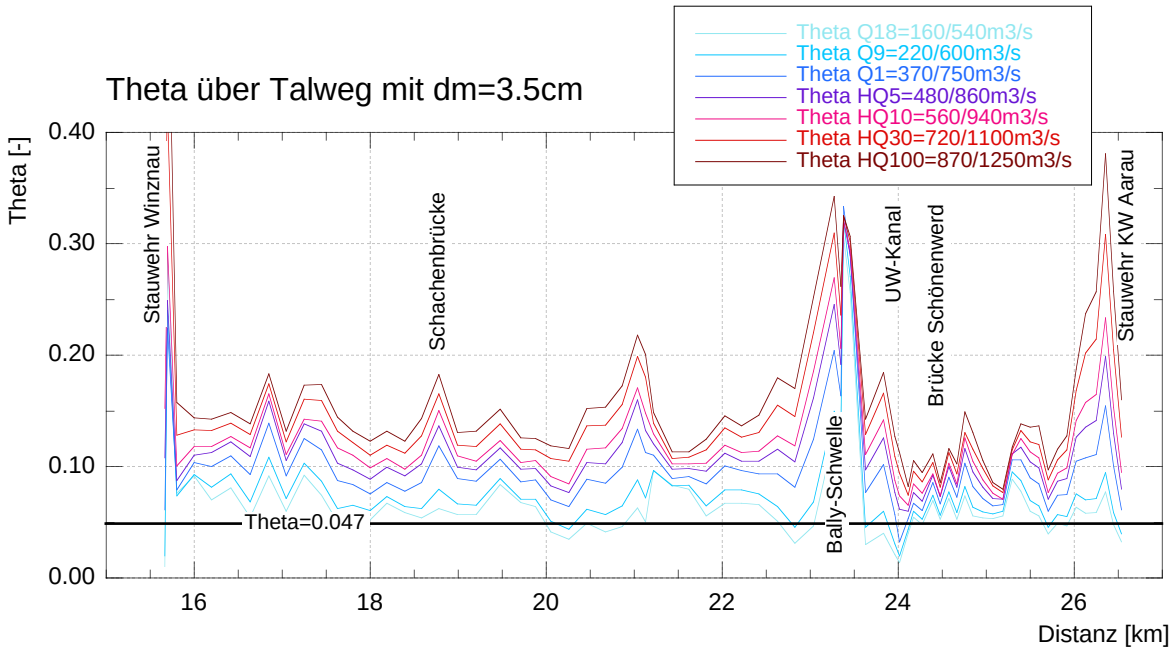


*Bild 5.22 Längenprofil Restwasserstrecke KW Gösgen und Stauhaltung KW Aarau mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **3.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.*

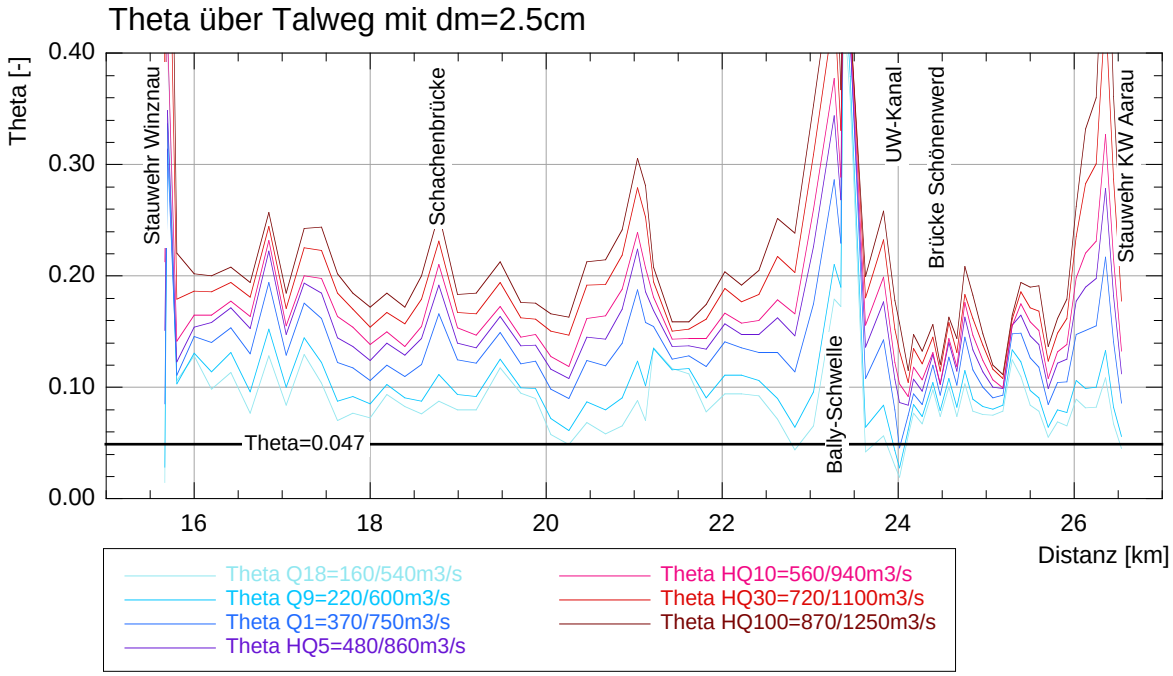
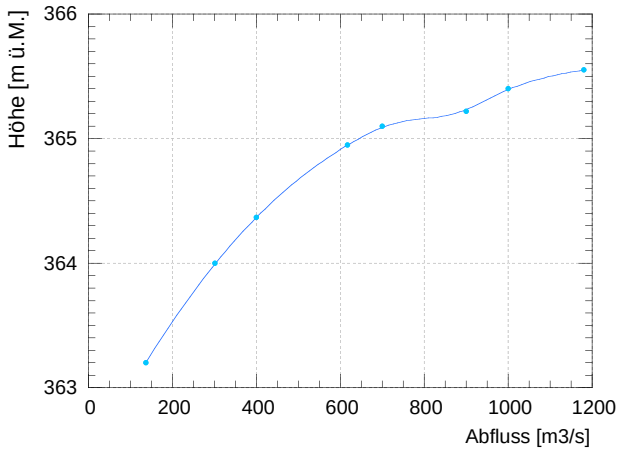


*Bild 5.23 Längenprofil Restwasserstrecke KW Gösgen und Stauhaltung KW Aarau mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **2.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.*

5.7 Kraftwerk Rüchlig



Bild 5.24 Stauwehr Rüchlig (rechts unten) in Restwasserstrecke sowie Kraftwerk im Kanal. Links aussen ist das Kraftwerk Aarau und rechts daneben die Kettenbrücke zu sehen. Fliessrichtung von links nach rechts.

Betreiber	Axpo
Typ *Baujahr* *Erneuerung*	Ausleitkraftwerk 1929, 1963 2015
Lage Stauwehr *Konzessionsstrecke*	Bafu km37.40 Bafu km38.56 bis km35.65 (total 2.9km)
Stauwehr	5 Wehrfelder Tafelschützen mit Klappen Anheben Schützen ab 500m^3/s (< Q18) OK Wehrschwelle 360.50m ü.M.
Maschinenhaus	Ausbauabfluss 360m^3/s Dotierturbine 40m^3/s Fallhöhe 3.0 – 3.3m
Baggerung UW-Strecke	Nein
Konzessionspegel km29.735 (ca. 200m flussaufwärts Kettenbrücke)	
Neuste QP-Vermessung	2006

Längenprofil *Bild 5.25*	Die Wasserspiegelberechnungen wurden anhand der zwei verfügbaren Pegel geeicht. Die Resultate sind nahe dem Stauwehr Rüchlig etwas unsicher (keine verfügbaren Oberwasserspiegel). Auf die Beurteilung der Geschiebedurchgängigkeit hat dies keinen signifikanten Einfluss. Das Längenprofil der Sohle ist geprägt von den Kurvenkolken der Restwasserstrecke des KW Aarau und der stark variablen Gerinnebreite. Der Verlauf des Wasserspiegels zeigt im Zustromkanal zum KW Rüchlig einen deutlichen Einstau, der bei grossen Abflüssen infolge Staupegelabsenkung reduziert wird.
Längenprofil dimensionslose Sohlenschubspannung *Bilder 5.26 und 5.27*	Geschiebe mit einem dm=3.5cm kann im Talweg ab Abflüssen um 800m^3/s (ca. Q1) durch die Stauhaltung transportiert werden. In der Restwasserstrecke des KW Aarau und in der Zwischenstrecke mit gesamtem Aareabfluss kann Geschiebe bereits ab Abflüssen von 500 – 700m^3/s transportiert werden. Geschiebe mit einem dm=2.5cm kann ab einem Abfluss von ca. 700m^3/s (ca. Q6) durch die Stauhaltung des KW Rüchlig flussabwärts transportiert werden.
Beurteilung Geschiebedurchgängigkeit	Bei kleinen Hochwasserereignissen wird Geschiebe in der Stauhaltung abgelagert und bei erhöhtem Hochwasserabfluss (ab 700 – 800m^3/s) schubweise durch das Wehr flussabwärts transportiert. Zudem kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein kleiner Teil des Geschiebes in den Oberwasserkanal transportiert und dort abgelagert wird.
Grad der Beeinträchtigung	Gering
Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt	Morphologie: Nein Hochwasserschutz: Nein Grundwasserhaushalt: Nein
Massnahme	Keine

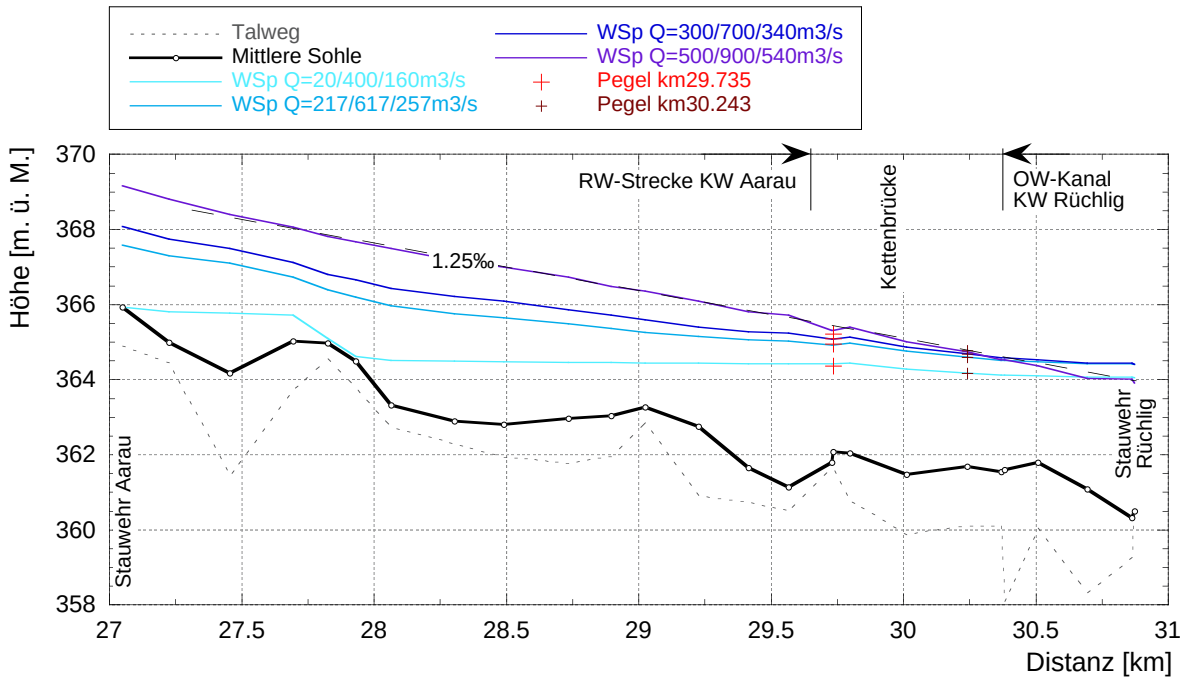


Bild 5.25 Längenprofil Aare zwischen dem Stauwehr Aarau und dem Stauwehr Rüchlig mit dem Verlauf des Talwegs und der mittleren Sohle sowie des Wasserspiegels verschiedener Abflüsse und den verfügbaren Pegeln. Abflussangaben: RW-Strecke KW Aarau, gesamte Aare, Zufluss Stauwehr KW Rüchlig.

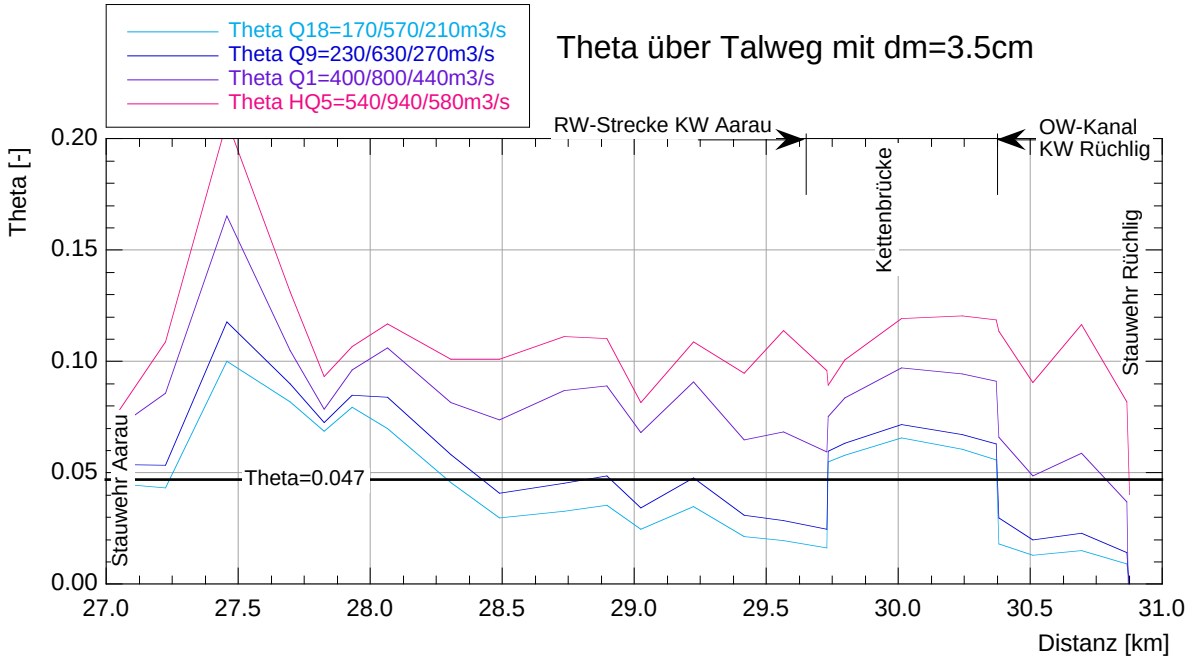


*Bild 5.26 Längenprofil Aare zwischen dem Stauwehr Aarau und dem Stauwehr Rüchlig mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **3.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden. Die sprunghaften Schubspannungs-änderungen (Q18 – Q1) sind auf die unterschiedlichen Abflüsse in der Aare und in den Restwasserstrecken zurück zu führen.*

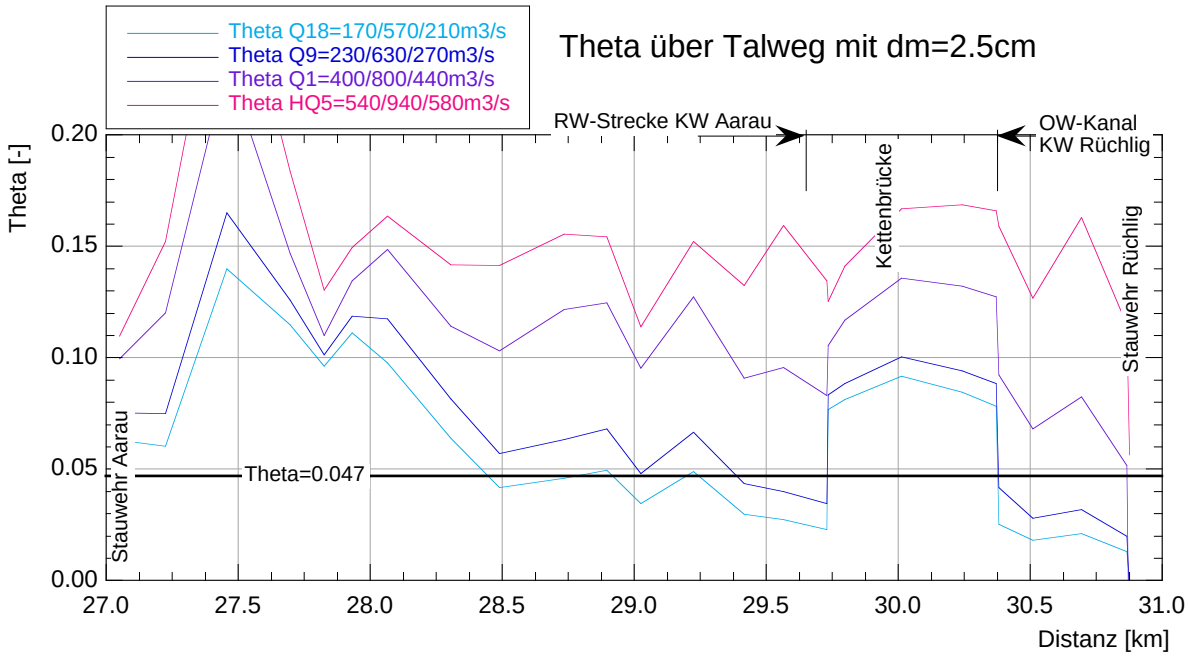


*Bild 5.27 Längenprofil Aare zwischen dem Stauwehr Aarau und dem Stauwehr Rüchlig mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **2.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden. Die sprunghaften Schubspannungs-änderungen (Q18 – Q1) sind auf die unterschiedlichen Abflüsse in der Aare und in den Restwasserstrecken zurück zu führen.*

5.8 Kraftwerk Rupperswil-Auenstein

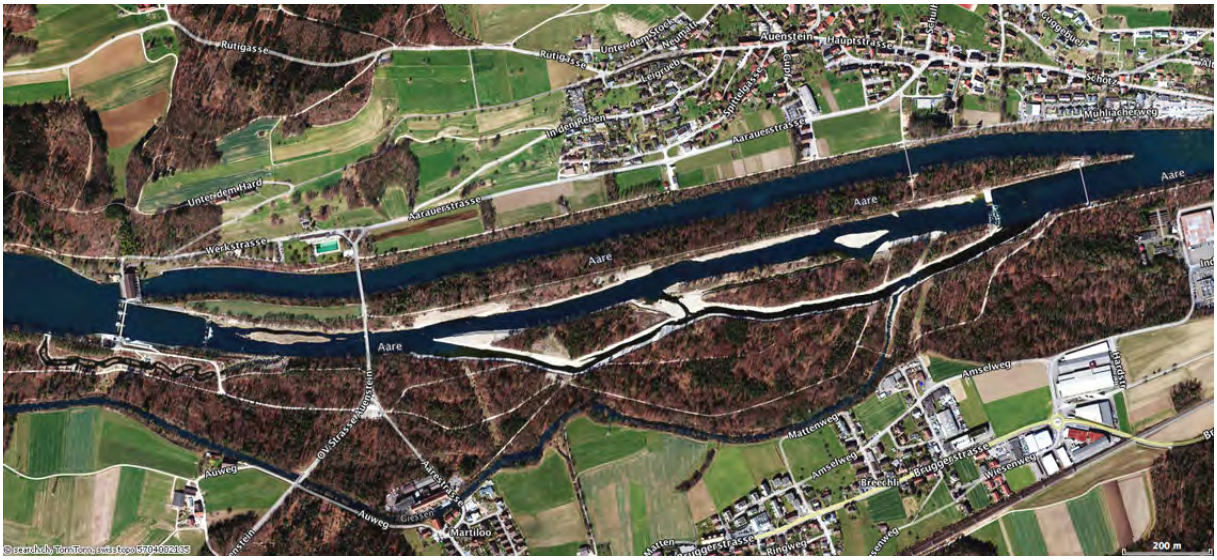


Bild 5.28 Kraftwerk Rupperswil-Auenstein (Inks aussen) mit revitalisierter Restwasserstrecke (unten) und Unterwasserkanal (oben).

Betreiber	Axpo
Typ *Baujahr* *Nächste Erneuerung*	Ausleitkraftwerk 1945, 1989 In Planung
Lage *Konzessionsstrecke*	Bafu km31.90 Bafu km35.65 bis km28.36 (total 7.3km)
Stauwehr	3 Wehrfelder Segmentklappen Anheben Schützen ab 830m^3/s (ca. Q1) OK Wehrschwelle 351.60m ü.M.
Maschinenhaus	Ausbauabfluss 492m^3/s Fallhöhe 11.2m
Baggerung UW-Strecke	Nein
Konzessionspegel	OW Stauwehr 359.60m ü.M.
Neuste QP-Vermessung	2006
Längenprofil *Bild 5.29* *AG Kilometrierung flussab*	Das Längenprofil der Sohle zeigt ein ziemlich gleichmässiges Gefälle von 0.9‰. Die Einstauwirkung des Wehrs nimmt mit zunehmendem Abfluss ab.
Längenprofil dimensionslose Sohlenschubspannung *Bilder 5.30 und 5.31*	Geschiebe mit einem dm=3.5cm kann im Talweg ab Abflüssen um ca. 1'200m^3/s (ca. HQ20) durch die Stauhaltung transportiert werden. Geschiebe mit einem dm=2.5cm kann ab einem Abfluss von 990m^3/s (HQ5) durch die Stauhaltung transportiert werden. Bei einem Q1=840m^3/s kann Geschiebe bis 500m vor das Stauwehr transportiert werden.
Beurteilung Geschiebedurchgängigkeit	Die Stauhaltung des Kraftwerks Rupperswil-Auenstein ist mässig Geschiebe durchgängig. Bei einer Sanierung des Geschiebehaushalts der Aare ist davon auszugehen, dass in den ersten paar Jahren ein Teil des Geschiebes zurückge-

	halten und mit fortschreitender Sohlenanhebung im tieferen Staubereich zunehmend mehr Geschiebe durch das Wehr transportiert wird. Dies entspricht dem Umstand, dass in den vergangenen Jahrzehnten Geschiebeablagerungen infolge fehlender (oder sehr geringer) Geschiebezufuhr ausgeräumt wurden (insbesondere Hochwasser 2007). Diese Ablagerungen müssen sich zuerst wieder bilden, bevor das zugeführte Geschiebe vollumfänglich flussabwärts transportiert werden kann. Als eher ungünstig zu bewerten ist, dass die Wehrschützen erst ab einem Abfluss um Q1 angehoben werden.
Fazit	Die Anlage ist anfänglich nur teilweise Geschiebe durchgängig. Aufgrund der Erfahrung mit dem KW Wynau ist davon auszugehen, dass bereits nach wenigen Jahren das Geschiebe mehrheitlich durch die Anlage transportiert werden kann. Die Dauer bis zur vollständigen Geschiebedurchgängigkeit ist von der Geschiebefracht abhängig und kann anhand morphologischer Modellberechnungen ermittelt werden. Der Geschiebehaushalt wird wenig beeinträchtigt. Es wird empfohlen das Wehrreglement so anzupassen, dass die Wehrschützen bereits ab einem Q9 angehoben werden (im Rahmen der anstehenden Neukonzessionierung).
Grad der Beeinträchtigung	Gering
Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt	Morphologie: Nein Hochwasserschutz: Nein Grundwasserhaushalt: Nein
Massnahme	Keine

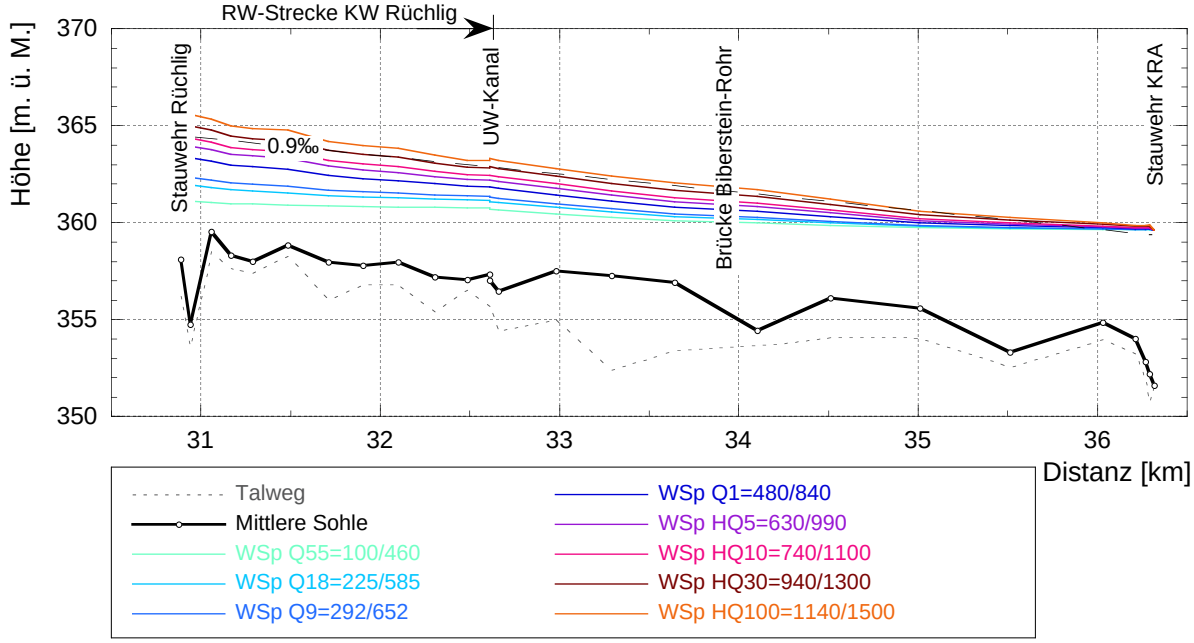


Bild 5.29 Längenprofil Aare Stauwehr Rüchlig bis Stauwehr Rupperswil-Auenstein mit dem Verlauf des Talwegs und der mittleren Sohle sowie des Wasserspiegels verschiedener Abflüsse. Angegebene Abflüsse: Restwasserstrecke KW Rüchlig und gesamter Aareabfluss.

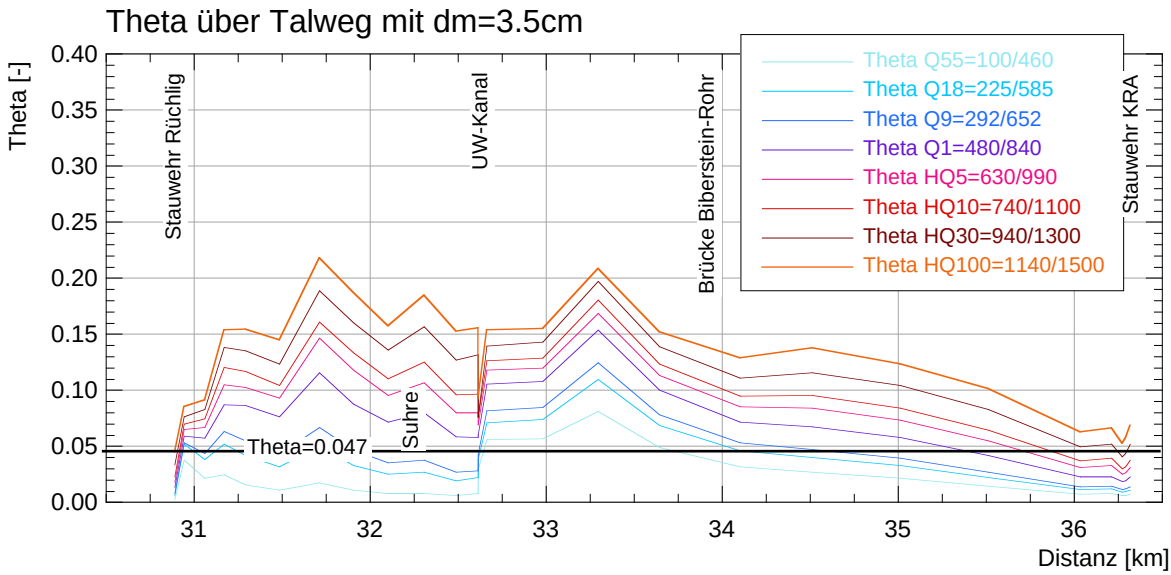


*Bild 5.30 Längenprofil Aare Stauwehr Rüchlig bis Stauwehr Rupperswil-Auenstein mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **3.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.*

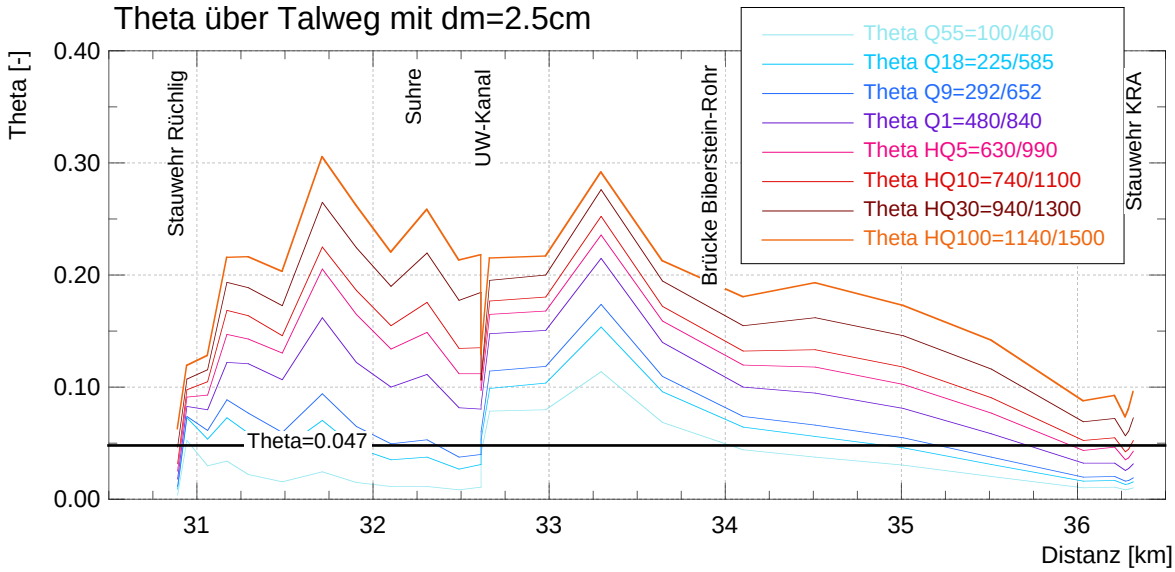


*Bild 5.31 Längenprofil Aare Stauwehr Rüchlig bis Stauwehr Rupperswil-Auenstein mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **2.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.*

5.9 Kraftwerk Wildegg-Brugg



Bild 5.32 Stauwehr Wildegg-Brugg (unten links) mit Oberwasserkanal (oben) und Restwasserstrecke mit Hilfswehr (rechts unten).

Betreiber	Axpo
Typ *Baujahr* *Letzte Erneuerung*	Ausleitkraftwerk 1953 -
Lage Stauwehr *Konzessionsstrecke*	Bafu km24.30 Bafu km28.36 bis km19.0 (total 9.35km)
Stauwehr	4 Wehrfelder Segmentklappen Anheben Schützen ab 470m^3/s (ca. Q55) OK Wehrschwelle 340.35m ü.M.
Maschinenhaus	Ausbauabfluss 410m^3/s Fallhöhe 14.1m
Baggerung UW-Strecke	Nein
Konzessionspegel	OW Stauwehr 348.00m ü.M.
Neuste QP-Vermessung	2006/2007
Längenprofil *Bild 5.33* *AG Kilometrierung flussab*	Das Längenprofil gliedert sich in die Restwasserstrecke des KW Rupperswil-Auenstein mit dem Aareabsturz sowie die flache Strecke ab Mündung UW-Kanal bis zum Stauwehr Wildegg-Brugg. Der Aareabschnitt wird geprägt durch die zunehmende Gerinnebreite, die zum praktisch horizontalen Verlauf des Sohlen-Längenprofils führt. Das durchschnittliche Gefälle liegt in der Grössenordnung von 0.8‰. Bild 5.33 zeigt den resultierenden Rückstau flussaufwärts des Stauwehrs.
Längenprofil dimensionslose Sohlenschubspannung *Bilder 5.34 und 5.35*	Geschiebe mit einem dm=3.5cm kann im Talweg ab Abflüssen um 1'300m^3/s (HQ30) durch die Stauhaltung transportiert werden. Geschiebe mit einem dm=2.5cm kann ab einem Abfluss von ca. 1'050m^3/s (HQ5 – HQ10) durch die Stauhaltung transportiert werden.

Beurteilung Geschiebedurchgängigkeit	Die Stauhaltung des Kraftwerks Wildegg-Brugg ist mässig Geschiebe durchgängig. Bei einer Sanierung des Geschiebehaushalts der Aare ist davon auszugehen, dass in den ersten paar Jahren ein wesentlicher Teil des Geschiebes zurückgehalten und anschliessend zunehmend mehr Geschiebe flussabwärts transportiert wird. Dies entspricht dem Umstand, dass in den vergangenen Jahrzehnten Geschiebeablagerungen infolge fehlender (oder sehr geringer) Geschiebezufuhr ausgeräumt wurden (insbesondere Hochwasser 2007). Diese Ablagerungen müssen sich zuerst wieder bilden, bevor das zugeführte Geschiebe wieder vollumfänglich flussabwärts transportiert werden kann.
Fazit	Die Anlage ist anfänglich schlecht Geschiebe durchgängig. Aufgrund der Erfahrungen mit dem KW Wynau ist davon auszugehen, dass nach einer Sanierung des Geschiebehaushalts die Durchgängigkeit nach 10 Jahren zum Grossteil erfüllt sein dürfte. Die Dauer bis zur vollständigen Geschiebedurchgängigkeit ist von der Geschiebefracht abhängig und kann anhand morphologischer Modellberechnungen ermittelt werden. Der Geschiebehaushalt wird anfänglich stark beeinträchtigt. Aufgrund der zu erwartenden zeitlichen Entwicklung und weil das Geschiebe vor dem Bau des Geschiebesammlers an der Emmemündung nachweislich durch das Stauwehr transportiert wurde, führt die Anlage mittelfristig zu keiner wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts.
Grad der Beeinträchtigung ***Anlageteil Stauwehr***	Kurz- bis mittelfristig: Mittel Langfristig: Gering
Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt	Morphologie: Mittelfristig ja; langfristig nein Hochwasserschutz: Nein Grundwasserhaushalt: Nein
Massnahme vgl. Kapitel 11.7	Kiesschüttung Wildischachen (Massnahme G06)

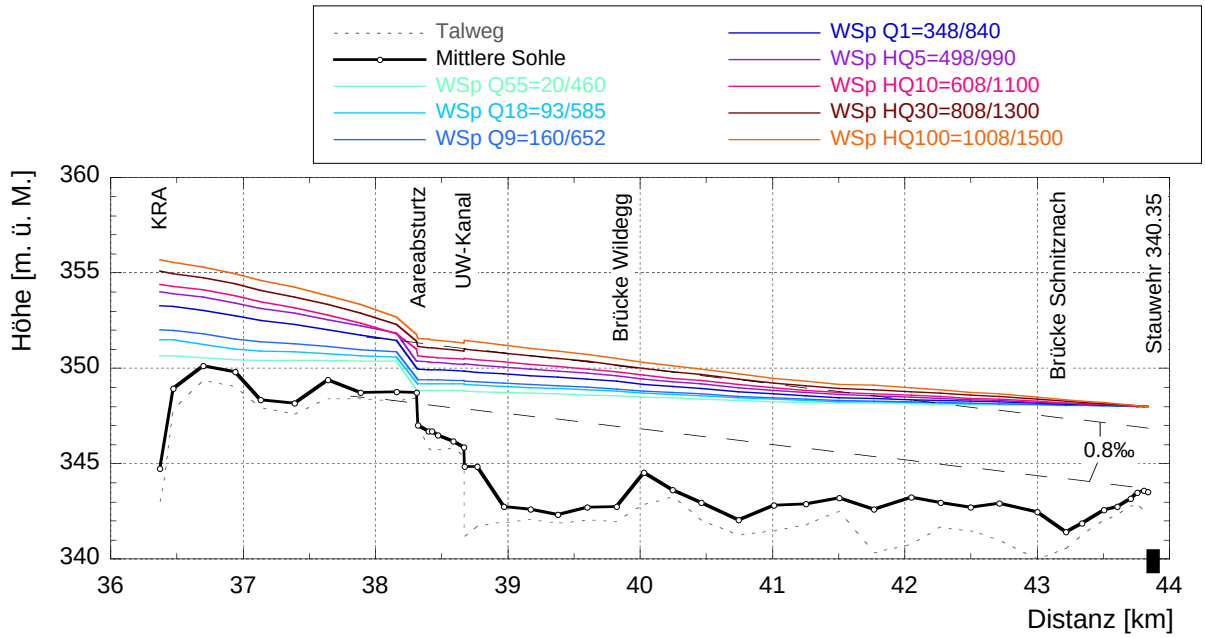


Bild 5.33 Längenprofil Aare vom Stauwehr Rupperswil-Auenstein (KRA) bis zum Stauwehr Wildegg-Brugg mit dem Verlauf des Talwegs und der mittleren Sohle sowie des Wasserspiegels für verschiedene Abflüsse. Angegebene Abflüsse: Restwasserstrecke KRA / gesamter Aareabfluss.

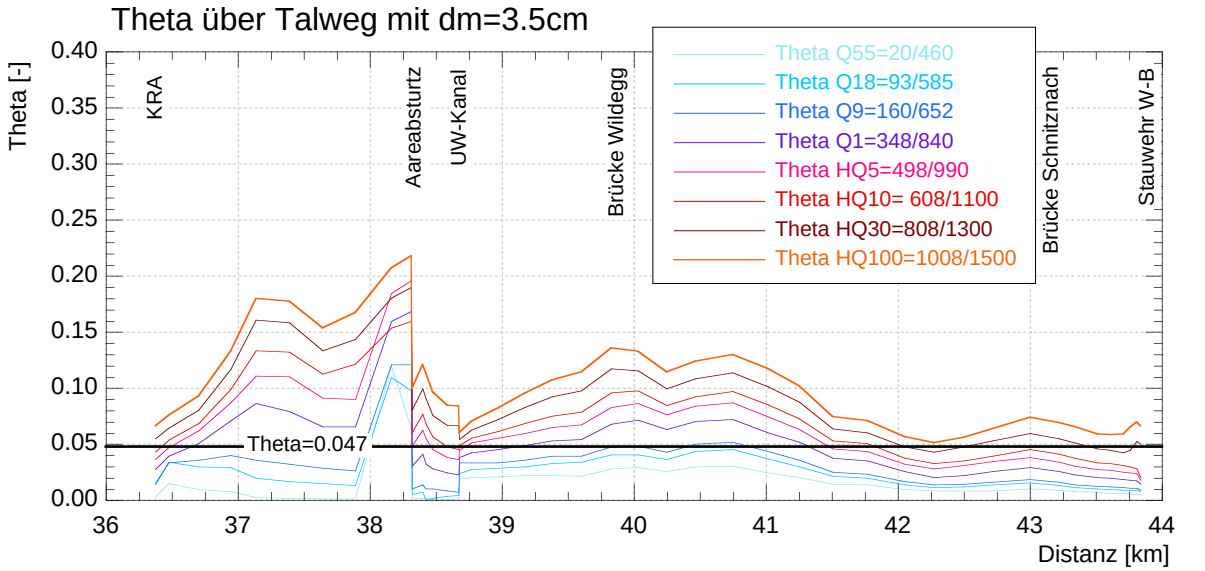


*Bild 5.34 Längenprofil Aare vom Stauwehr Rupperswil-Auenstein (KRA) bis zum Stauwehr Wildegg-Brugg mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **3.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.*

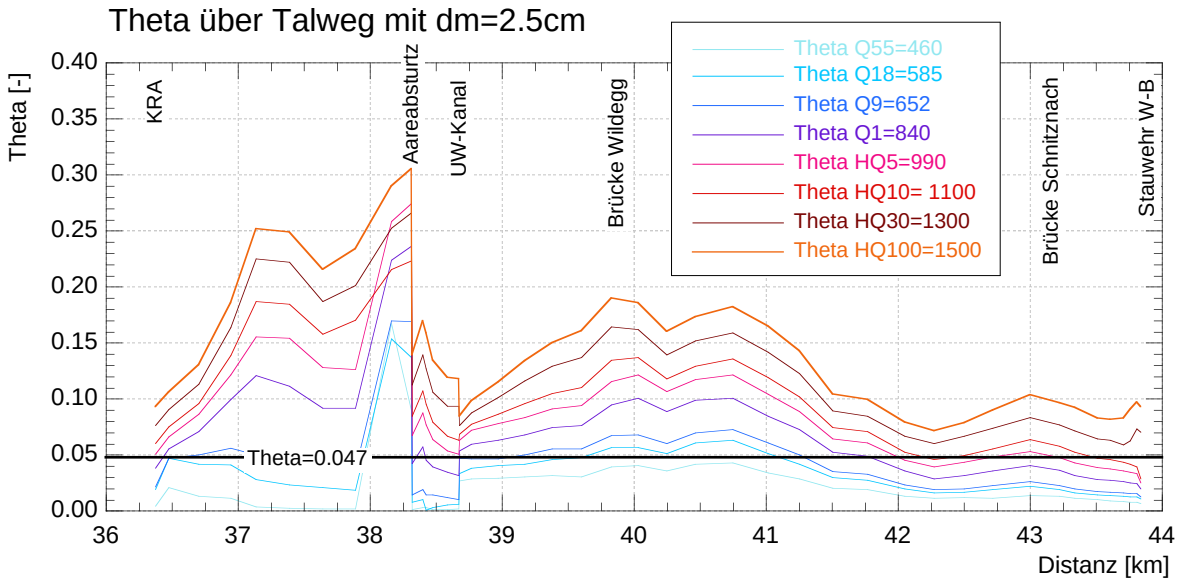


*Bild 5.35 Längenprofil Aare vom Stauwehr Rupperswil-Auenstein (KRA) bis zum Stauwehr Wildegg-Brugg mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **2.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.*

Restwasserstrecke KW Wildegg-Brugg *Längenprofil Bild 5.36* *AG Kilometrierung flussab*	Die Restwasserstrecke des KW Wildegg-Brugg wird durch das Hilfswehr bei Schinznach Bad und das Dachwehr kurz vor dem Rückfluss des Unterwasserkanals dreigeteilt. Der oberste Abschnitt wird durch das Hilfswehr eingestaut (Pegel 340.70m ü.M.). Das Dachwehr, das nicht mehr reguliert werden kann, ist auf einer Höhe von 334.68m ü.M. fixiert. Das Dachwehr führt zu einem Rückstau im Oberwasser. Flussabwärts der Mündung des Unterwasserkanals verengt sich das Gerinne zur Felsstrecke von Brugg hin und entsprechend tiefer liegt die Sohle.
Längenprofil dimensionslose Sohlenschubspannung Bilder 5.37 und 5.38	Geschiebe mit einem dm=3.5cm kann im Talweg ab Abflüssen um 430m^3/s (Q1) bis km47.9, resp. bis 700m vor das Dachwehr, transportiert werden. Bei Beibehaltung des Dachwehrs müsste, damit Geschiebe flusabwärts über das Dachwehr transportiert werden kann, die Sohle zuerst (beschränkt) auflanden. Dies könnte die Hochwassersicherheit beeinträchtigen. Geschiebe mit einem dm=2.5cm kann ab einem Abfluss von ca. 430m^3/s (Q1) durch Restwasserstrecke transportiert werden. Die transportierbare Fracht ist aber flussaufwärts des Dachwehrs klein (bei ansteigendem Abfluss kaum zunehmende Schubspannung). Die sich zum Teil kreuzenden Linien bei Abflüssen von HQ5 bis HQ100 sind auf eine unterschiedliche Benetzung von Teilgerinnen und der Vorländer mit unterschiedlichen Rauigkeiten zurück zu führen. Dieser Modelleffekt hat keinen Einfluss auf die Beurteilung der Geschiebedurchgängigkeit.

	Die ungenügenden Schubspannungen flussabwärts des Dachwehrs sind im Wesentlichen auf den Kolk und grosse Profilbreiten (bei Mündung UW-Kanal) zurückzuführen und haben wegen der kurzen Strecke keinen bedeutenden Einfluss auf den Geschiebehaushalt.
Beurteilung Geschiebedurchgängigkeit ***Anlageteil Dachwehr***	Der Staubereich des Dachwehrs ist schlecht Geschiebe durchgängig.
Grad der Beeinträchtigung	Kurz- bis mittelfristig: Mittel Langfristig: Nein
Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt	Morphologie: Ja Hochwasserschutz: Nein Grundwasserhaushalt: Nein
Massnahme vgl. Kapitel 11.8	Rückbau Dachwehr KW Wildegg-Brugg (Massnahme G07)

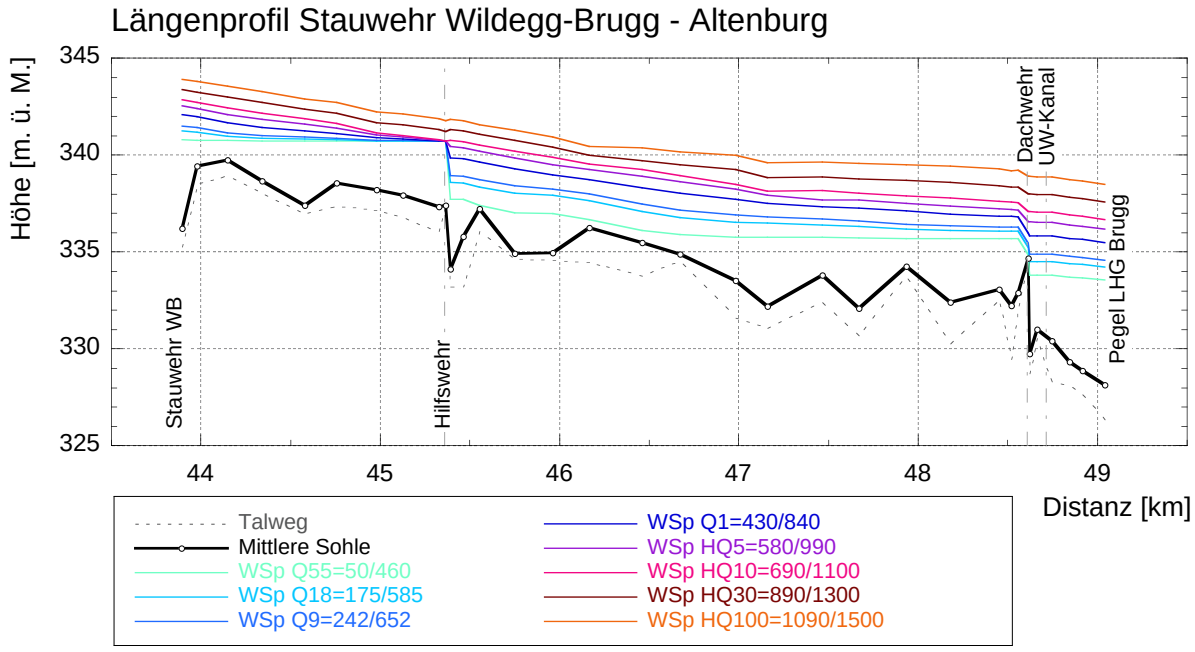


Bild 5.36 Längenprofil Aare vom Stauwehr Wildegg-Brugg bis Altenburg (Abflussmessstation LHG) mit dem Verlauf des Talwegs und der mittleren Sohle sowie des Wasserspiegels für verschiedene Abflüsse. Angegebene Abflüsse: Restwasserstrecke KW WB / gesamter Aareabfluss.

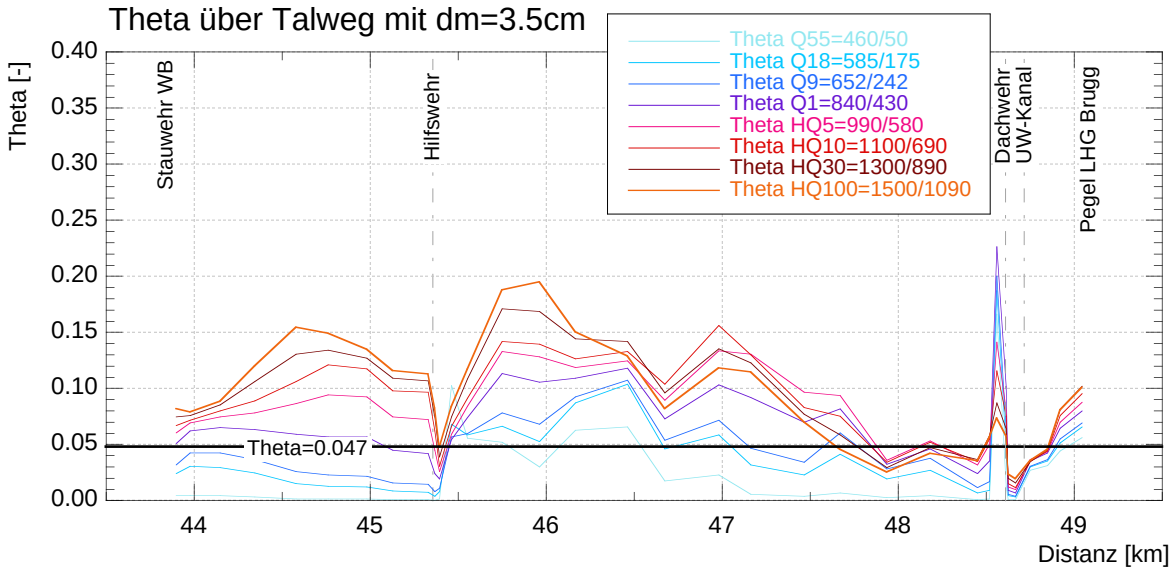


*Bild 5.37 Längenprofil Aare vom Stauwehr Wildegg-Brugg bis Altenburg (Abflussmessstation LHG) mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **3.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.*

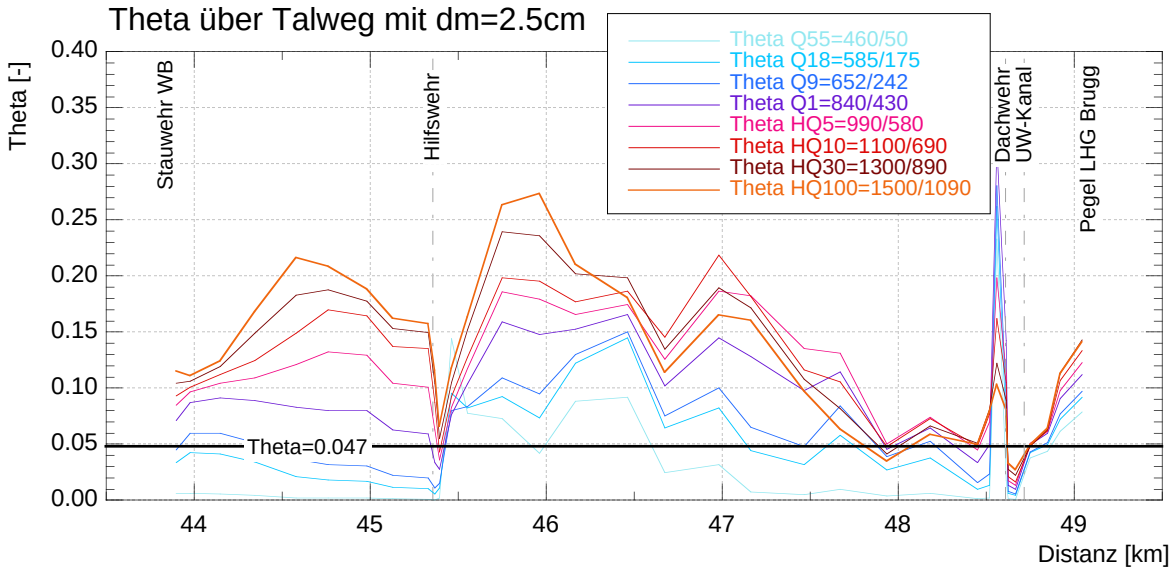


*Bild 5.38 Längenprofil Aare vom Stauwehr Wildegg-Brugg bis Altenburg (Abflussmessstation LHG) mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **2.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.*

5.10 Kraftwerk Beznau

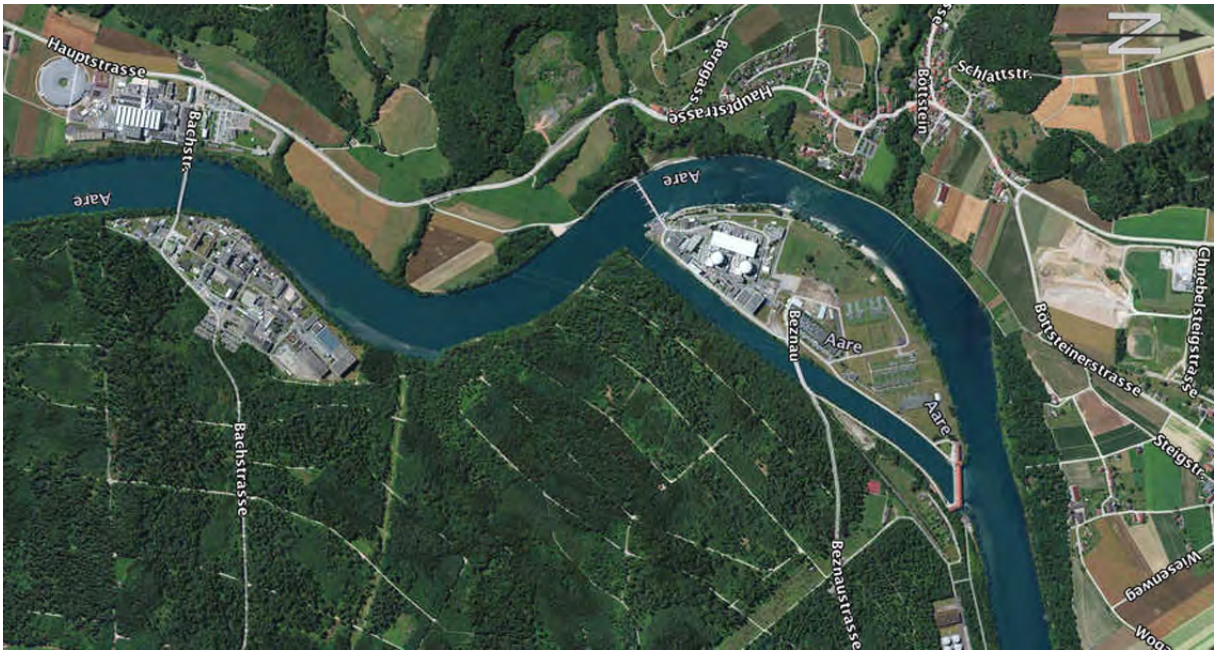


Bild 5.39 Stauwehr Beznau (obere Bildmitte) mit anschliessender Restwasserstrecke, Oberwasserkanal und Kraftwerk (unten rechts). Fliessrichtung von links nach rechts.

Betreiber	Axpo
Typ *Baujahr* *Letzte Erneuerung*	Ausleitkraftwerk 1902, 1927 -
Lage Stauwehr *Konzessionsstrecke*	Bafu km8.710 Bafu km14.45 bis km7.1 (total 14.5km)
Stauwehr	5 Wehrfelder Segmentklappen Anheben Schützen ab 908m^3/s (< Q18) OK Wehrschwelle 318.95m ü.M.
Maschinenhaus	Ausbauabfluss Haupt-KW im Kanal 418m^3/s Fallhöhe 6.14m
Baggerung Unterwasserstrecke	Nein
Konzessionspegel	OW Stauwehr 325.25m ü.M.
Neuste Querprofilvermessung	Keine Angaben
Längenprofil *Bild 5.40* *AG Kilometrierung flussab*	Das Längenprofil zeigt ein ziemlich gleichmässiges Sohlengefälle von 0.8‰. Das Wasserspiegelgefälle nimmt mit zunehmendem Abfluss zu und bei grossen Hochwasserabflüssen ist keine Einstauwirkung mehr festzustellen.
Längenprofil dimensionslose Sohlenschubspannung *Bilder 5.41 und 5.42*	Geschiebe mit einem dm=3.5cm kann im Talweg ab Abflüssen um 1'200m^3/s (an ca. 6 Tagen im Jahr) durch die Stauhaltung transportiert werden. Geschiebe mit einem dm=2.5cm kann bereits ab einem Q9 durch die Stauhaltung transportiert werden.

Beurteilung Geschiebedurchgängigkeit	Bereits bei kleinen Hochwasserabflüssen (Q9 – Q6) kann Geschiebe durch die Stauhaltung des KW Beznau transportiert werden.
Kiesentnahmen aus Oberwasserkanal	Ein Teil des Geschiebes wird in den Oberwasserkanal des Kraftwerks transportiert, wo es abgelagert wird. Der Kies muss aus betrieblichen Gründen entnommen werden. Erfolgte Entnahme Winter 2002/03 10'000m^3 Geplante Entnahme Winter 2015/16 geschätzt 6'500m^3 Der 2002/03 entnommene Kies wurde in die Restwasserstrecke geschüttet.
Grad der Beeinträchtigung	Durch Stauhaltung und Stauwehr: Gering Durch Kiesentnahmen aus Oberwasserkanal: Mittelfristig mittel; langfristig (mit erhöhter Geschiebezufuhr infolge saniertem Geschiebehaushalt) eher gering[3]
Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt	Morphologie: Bezüglich Stauwehr: Nein Bezügich Kiesentnahme aus OW-Kanal: Mittelfristig ja; langfristig eher nein[3] Hochwasserschutz: Nein Grundwasserhaushalt: Nein
Massnahme vgl. Kapitel 11.9	Der aus dem Oberwasserkanal entnommene Kies ist (wie bisher) an geeigneter Stelle in die Restwasserstrecke zu schütten (Massnahme G08).

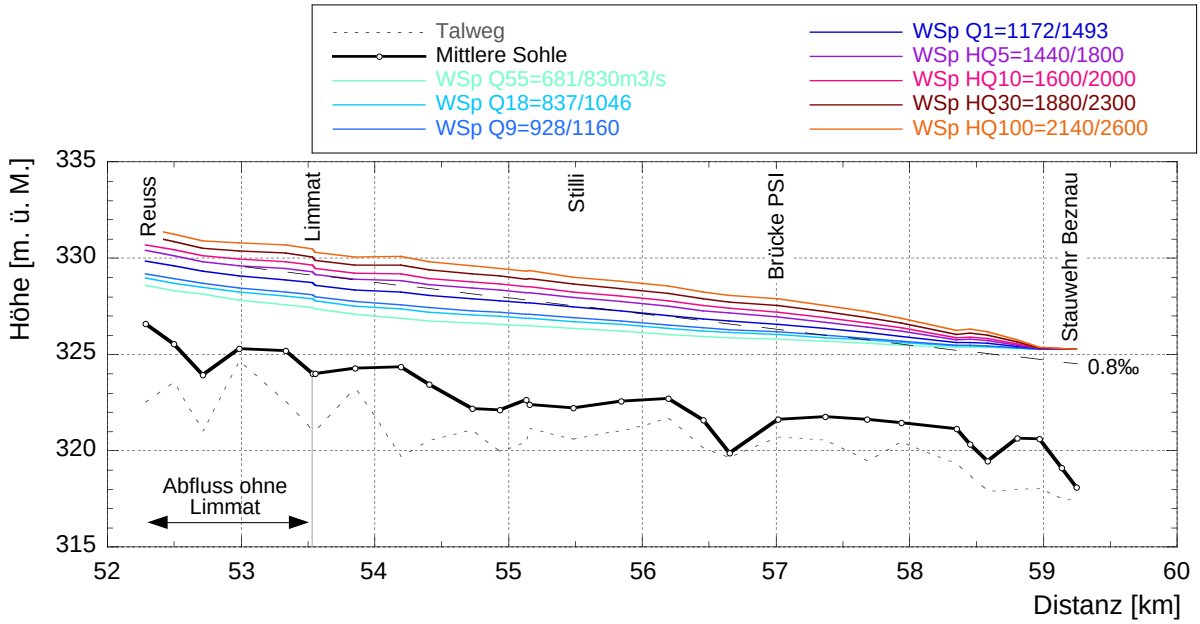


Bild 5.40 Längenprofil Reussmündung bis Stauwehr Beznau mit dem Verlauf des Talwegs und der mittleren Sohle sowie des Wasserspiegels verschiedener Abflüsse. Angegebene Abflüsse: Vor und nach Limmat.

[3] Keine abschliessende Beurteilung möglich.

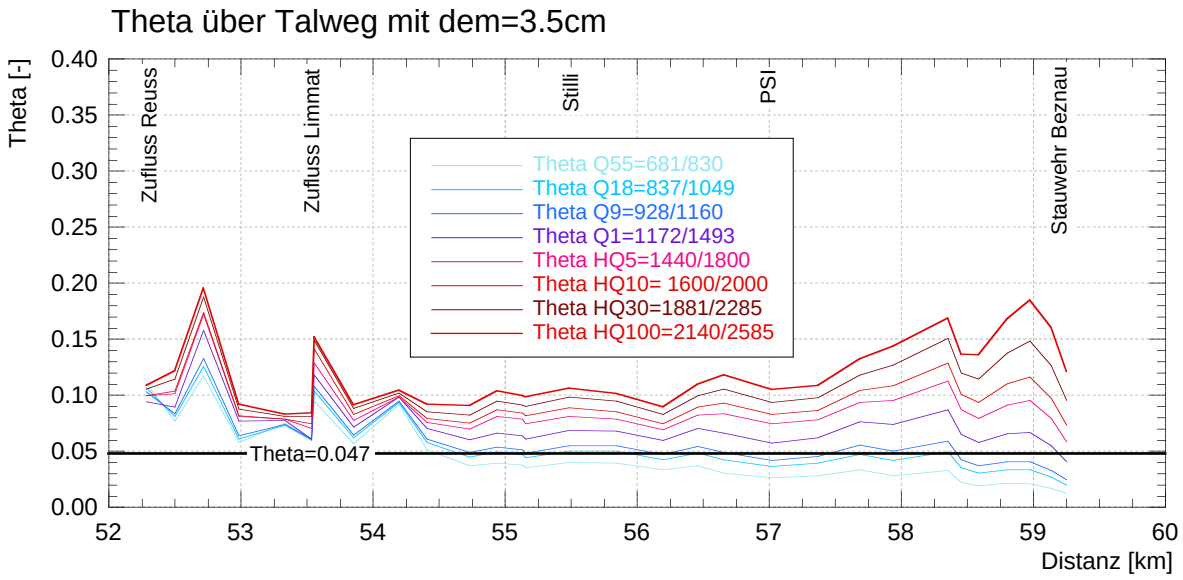


*Bild 5.41 Längenprofil Reussmündung bis Stauwehr Beznau mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **3.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.*

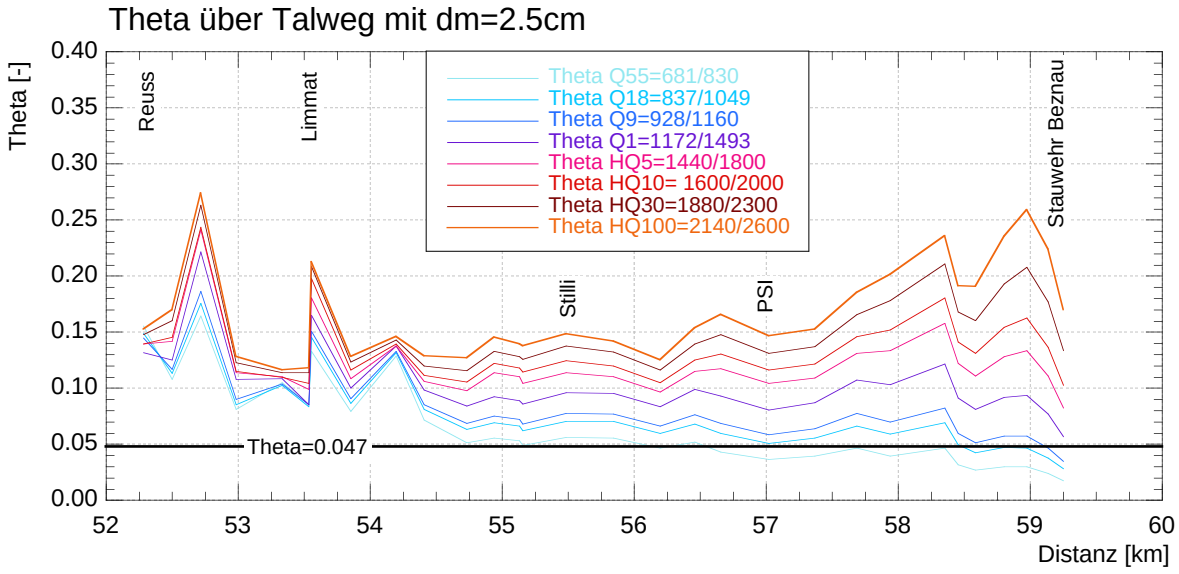


*Bild 5.42 Längenprofil Reussmündung bis Stauwehr Beznau mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **2.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.*

5.11 Kraftwerk Klingnau


Aare
Aare
Aare

Beurteilung Geschiebedurchgängigkeit	Das zugeführte Geschiebe wird bei kleinen und mittleren Hochwasserereignissen vollumfänglich in der Stauhaltung abgelagert. Erst bei grossen Hochwasserabflüssen (Wiederkehrperiode ≥ 30 Jahre) kann etwas Geschiebe aareabwärts transportiert werden. Das Stauwehr ist erst bei Abflüssen > HQ8 Geschiebe durchgängig (Anheben Schützen).
Fazit	Die Anlage ist mittel- bis langfristig kaum Geschiebe durchgängig. Erst nach weit fortgeschrittener Sohlenauflandung in der Stauhaltung kann regelmässig Geschiebe flussabwärts transportiert werden. Um abzuklären, ob eine entsprechende Sohlenauflandung toleriert werden kann, sind morphologische Modellberechnungen durchzuführen. Der Geschiebehaushalt wird durch die Anlage wesentlich beeinträchtigt.
Grad der Beeinträchtigung	Sehr stark
Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt	Morphologie: Ja Hochwasserschutz: Nein Grundwasserhaushalt: Nein
Massnahmen Vgl. Kapitel 11.10 – 11.11	Morphologie: Absenken Oberwasserspiegel (Massnahme G09) Kiesschüttung Koblenz (Massnahme G10)

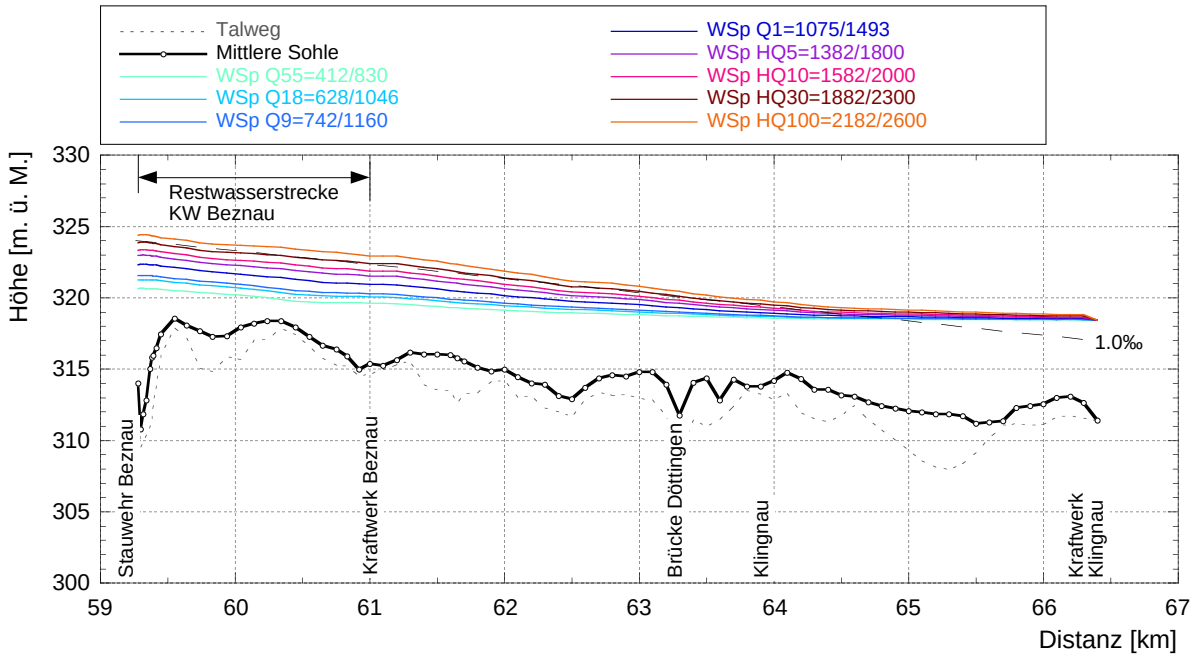


Bild 5.44 Längenprofil Aare vom Stauwehr Beznau zum Stauwehr Klingnau mit dem Verlauf des Talwegs und der mittleren Sohle sowie des Wasserspiegels verschiedener Abflüsse. Angegebene Abflüsse: Restwasserstrecke KW Beznau und gesamter Abfluss.

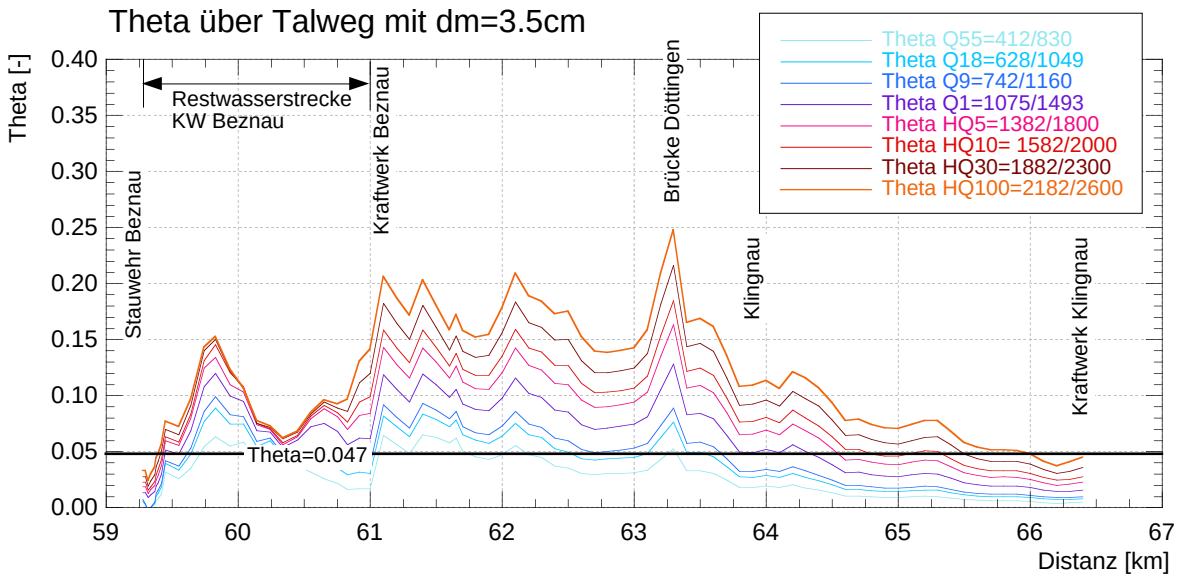


*Bild 5.45 Längenprofil Aare vom Stauwehr Beznau zum Stauwehr Klingnau mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **3.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.*

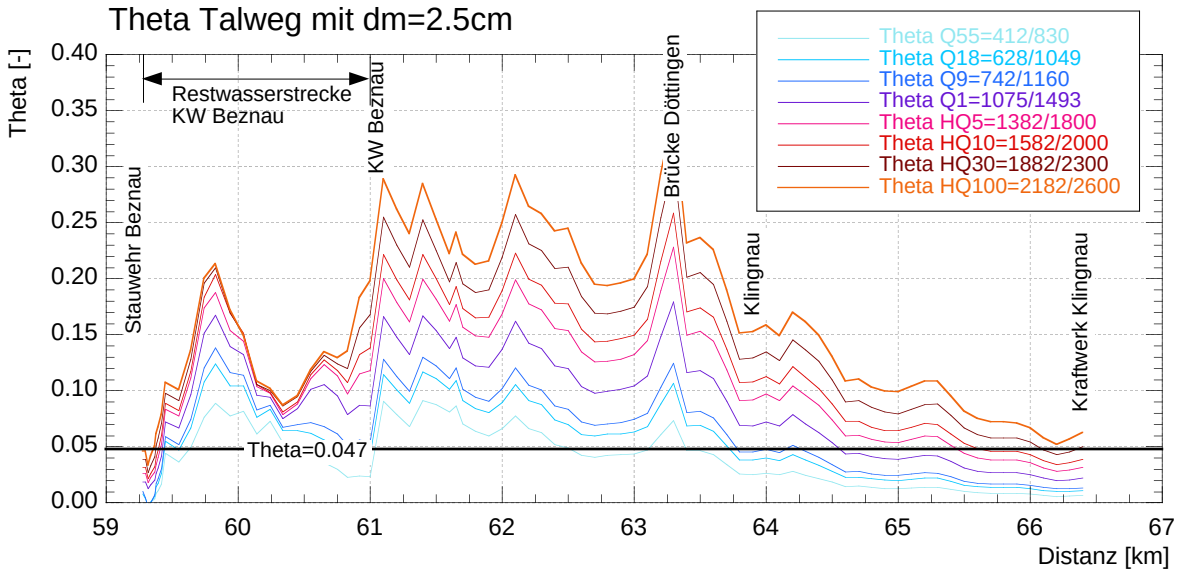


*Bild 5.46 Längenprofil Aare vom Stauwehr Beznau zum Stauwehr Klingnau mit dem Verlauf der dimensionslosen Sohlenschubspannung im Talweg bei verschiedenen Abflüssen und einem mittleren Korndurchmesser von **2.5cm**. Erreicht Theta einen Wert > 0.047, so kann Geschiebe transportiert werden.*

5.12 Gewässerverbauungen

Gewässerverbauungen können dann zu einer Verringerung der Geschiebefracht führen, wenn sie Erosionen an Ufern und Sohle verhindern, die zu signifikanten Geschiebeeinträgen führen würden.

Uferverbauungen

Uferverbauungen führen dann zu einer Reduktion der Geschiebefracht, falls ohne Verbauungen am erodierenden Ufer mehr Geschiebe mobilisiert, als am Gegenufer abgelagert wird. Dies ist in der Regel dann der Fall, wenn die erodierende Uferböschung bedeutend höher als das Gegenufer ist und das anstehende Material aus Schotter, Kies oder verwittertem Fels besteht.

An der Aare sind praktisch alle Ufer, die erodieren könnten, mit Verbauungen gesichert. Ausnahmen bilden zum Beispiel das Wolfwiler Ufer beim Cher (Molassefels, Bild 5.47) sowie das rechte Ufer bei Wöschnau (erodierende Schotterterrasse, Bild 5.48). Die in diesen Abschnitten eingetragenen Geschiebemengen sind wegen der kurzen Strecken klein.

Im natürlichen Zustand kann der Geschiebeeintrag infolge Ufererosion wie folgt abgeschätzt werden:

Ø Uferverlagerung in 100 Jahren	5m
Durchschnittliche Böschungshöhe	5m
Gesamtlänge aller erodierenden Ufer (10% einseitig)	9km
Anteil Geschiebe	ca. 2/3
Ø Geschiebeeintrag	ca. 1'500m^3/a

Dieses Volumen liegt in der Grössenordnung von 10% der natürlichen Geschiebefracht der Aare (mit Verbauungen).



Bild 5.47 Abbruch von verwittertem Molassefels am Wolfwiler Prallufer. 20.2.2008.



Bild 5.48 Erodierende Schotterterrasse bei Wöschnau. Blick flussabwärts. 15.8.2013.

Sohlensicherungen

Im natürlichen Zustand wurde die Sohle in wenigen Abschnitten durch Felsaufschlüsse fixiert. Bekannt sind die Fixpunkte bei Wynau – Murgenthal, Aarburg – Olten, Gösgen, Altenburg-Brugg und im Rhein bei Laufenburg (ev. bestehen weitere Felsaufschlüsse). Inwiefern die Stauwehre auf Fels erstellt wurden, wurde nicht abgeklärt.

In den Zwischenstrecken besteht oder bestand die Sohle aus vergleichsweise grobem Schotter mit maximalen Korndurchmessern von 20 – 30cm. Darüber wurden Kiesbänke aus feinerem Material umgelagert. Diese Zwischenstrecken befanden sich bei der vorherrschenden Geschiebefracht in einem dynamischen Gleichgewicht oder im Zustand latenter Erosion (kleines Geschiebedefizit, wegen grober Sohle aber keine Eintiefung).

Geht man davon aus, dass sich die Sohle jährlich um 1mm eintieft (resp. um 1m in 1000 Jahren) und sich die Sohle parallel eintieft, so werden auf einer Strecke von 90km Länge und einer Sohlenbreite von 100m pro Jahr 9'000m^3 Material mobilisiert. Bei einem Feinanteil von 50% resultiert ein Volumen von 4'500m^3/a. Selbst wenn die Erosionsrate von 1mm/a vielleicht zu hoch ist, zeigt diese grobe Abschätzung, dass in sehr grossen Gewässersystemen die Sohlenerosion einen signifikanten Einfluss auf die Geschiebefracht haben kann.

Durch den Kraftwerkbau wurde diese sehr langsam fortschreitende Eintiefungstendenz verhindert. Dadurch dürfte die Geschiebefracht der Aare um insgesamt ein paar 1'000m^3/a reduziert worden sein.

Fazit

Die Geschiebefracht der Aare wird durch die Uferverbauungen und die Sohlschwellen (Stauwehre) um schätzungsweise mehrere 1'000m^3/a reduziert. Die Reduktion liegt in der Grössenordnung von 20 – 40% (der Geschiebefracht mit Verbauungen).

Ein Rückbau der Uferverbauungen entlang der Prallhänge ist aus Hochwasserschutzgründen (Siedlungen, Infrastrukturanlagen) meist nicht möglich.

Künstliche Sohlensicherungen betreffen vor allem Schwellen von Kraftwerksanlagen, die nicht rückgebaut werden können.

Grad der Beeinträchtigung

Bei einer Reduktion der natürlichen Geschiebefracht um Ø 30% ist die verbleibende Geschiebefracht noch deutlich grösser als die erforderliche Geschiebefracht gemäss Kapitel 7.7. Die Gewässerverbauungen führen zu einer **geringen Beeinträchtigung** des Geschiebehaushalts.

Wesentliche Beeinträchtigung

Die Gewässerverbauungen führen zu keiner wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts.

5.13 Massgebende Eingriffe

Kraftwerke und bedeutendste Geschiebeeinträge

In Bild 5.49 ist der Ausbau der Wasserkraft der Aare in einem Diagramm mit Längs- und Zeitachse dargestellt. Eingezeichnet ist zudem der Geschiebeeintrag der bedeutendsten Geschiebezubringer.

Die Grafik visualisiert

- den Bau der Wasserkraftwerke (schwarze Quadrate),
- die Veränderung der Strömungsverhältnisse in den Stauhaltungen und den abgetieften Unterwasserstrecken,
- die Veränderung der Abflussverhältnisse in den Restwasserstrecken,
- Anlagen, welche die Geschiebedurchgängigkeit unterbrechen und zu einer wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts führen (rote Balken),
- den Geschiebeeintrag und dessen Veränderung der Zuflüsse Emme, Wigger, Reuss und Limmat,
- die Abnahme der bezüglich Abfluss- und Strömungsverhältnisse unbeeinflussten Aareabschnitte mit der Zeit (hellblaue Fläche).

Bedeutendste Eingriffe bezüglich Geschiebehaushalt

Folgende Anlagen führten zu den bedeutendsten Veränderungen des Geschiebehaushalts der Aare:

1935

Bau des **Kraftwerks Klingnau**:
Alles Aaregeschiebe wird in der Stauhaltung abgelagert. Kein Geschiebe wird in das Unterwasser und den Rhein transportiert (Differenz ca. 15'000m^3/a).

Bau des **Kraftwerks Wettingen**:
Aus der Limmat wird mittelfristig kein Geschiebe mehr in die Aare transportiert (Differenz ca. 1'900m^3/a)

1970

Bau des **Geschiebesammlers an der Emmemündung** sowie der **Kraftwerke Flumenthal** und **Bannwil**:
Alles Emmegeschiebe wird entnommen und der Aare rund 16'000m^3/a Geschiebe entzogen. Es setzt ein langsam flussabwärts fortschreitender Ausräumungsprozess ein, wobei alle Kiesbänke zunehmend erodiert werden und nur die grobe abgepflästerte Deckschicht übrig bleibt.

1972 - 2000

Kiesentnahmen an der **Wigger**mündung sowie bei Dagmersellen:
Der Geschiebeeintrag der Wigger wird zeitweise vollständig unterbunden (Differenz ca. 2'700m^3/a).

1975	Bau des **Kraftwerks Bremgarten-Zufikon**: Die Geschiebezufuhr aus der Reuss nimmt stark ab und beschränkt sich auf die Mobilisierung von Sohlenmaterial (Differenz ca. 6'000m^3/a).
2000	Bau des **Kraftwerks Ruppoldingen**: Durch den angehobenen Aarestau kann kein Geschiebe transportiert werden. Das vom Oberwasser zugeführte Geschiebe wird in der Stauhaltung abgelagert.
1893 - 1953	Die **übrigen Wasserkraftwerke** an der Aare führten zu einem zeitlich beschränkten Rückhalt des Geschiebes, dessen Dauer von der Grösse der Stauhaltung abhängig war. Kurz- bis mittelfristig konnte das Geschiebe durch die Stauhaltungen und die Stauwehre flussabwärts transportiert werden.
Mittelalter - heute	Die **Gewässerverbauungen** reduzieren den Geschiebeeintrag um einige 1'000m^3/a.

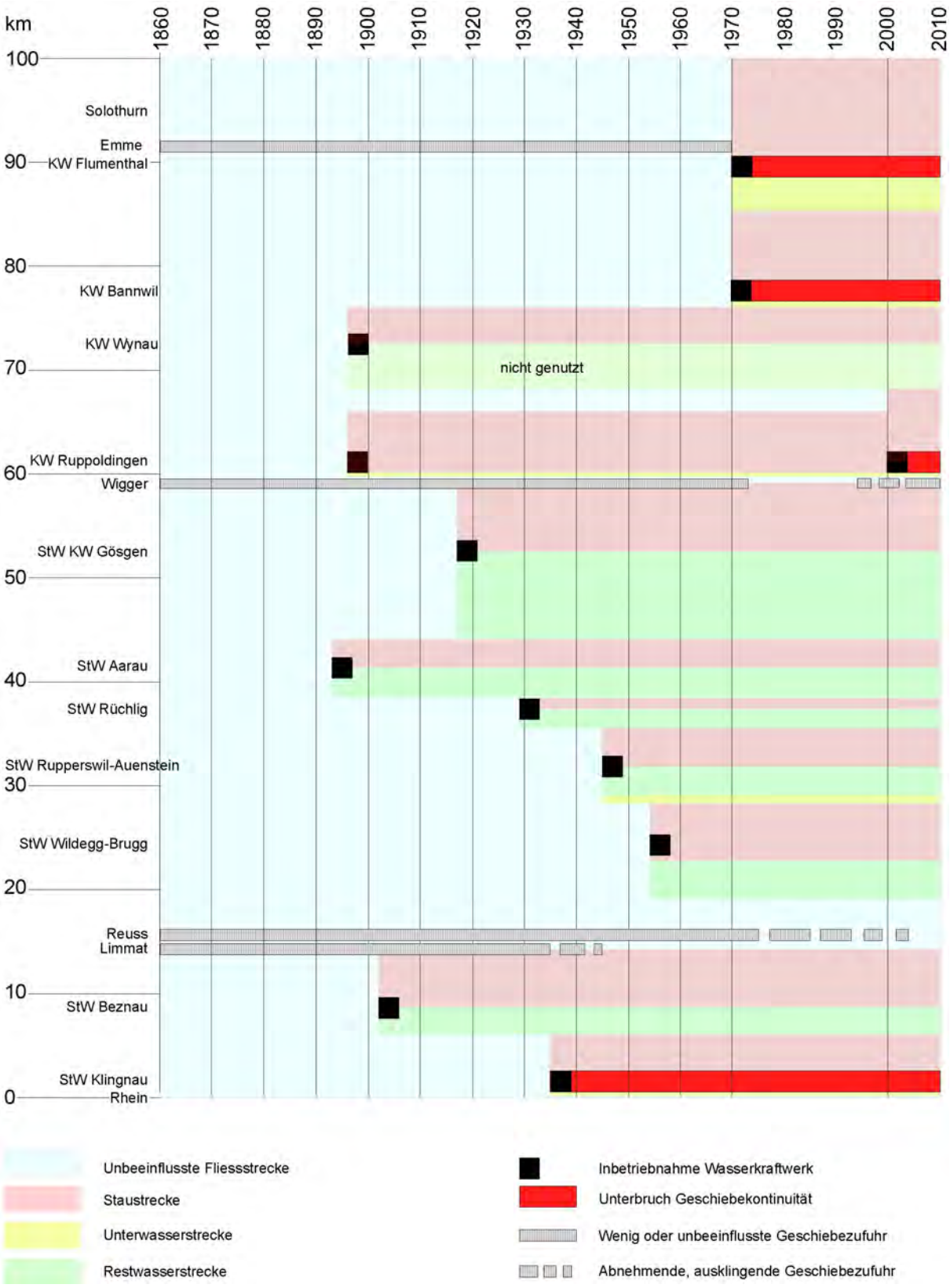


Bild 5.49 Anlagenbau und Veränderung der unbeeinflussten Fliessstrecke in Staustrecken, Unterwasser- und Restwasserstrecken in Raum (Längenprofil) und Zeit. Angegeben ist zudem der (ungestörte) Verlauf und die Abnahme der Geschiebeeinträge der bedeutendsten Geschiebelieferanten (Emme, Wigger, Reuss, Limmat).

6 Morphologie Aare

6.1 Berücksichtigte Zustände

Natürlicher Zustand

Der natürliche Zustand der Aare wird durch die Michaelis-Karte angenähert. Dies, obschon bereits Anfang des 19. Jahrhunderts viele Fliessgewässer durch Verbauungen leicht eingeengt und in ihrer Dynamik eingeschränkt waren. Die Michaelis-Karte beschränkt sich auf den Kanton Aargau. Im Solothurner und Berner Abschnitt sind die Auswirkungen der wasserbaulichen Massnahmen (ohne Kraftwerke) auf die Morphologie wegen der von Natur aus eingeschränkten Gewässerbreite der Talmäander weitaus geringer.

Naturnaher Zustand

Der naturnahe Zustand ohne grosse Wasserkraftwerke wird durch die Siegfried-Karte repräsentiert. Mit der Begradigung der Aare bei Rupperswil wird die erste Aarekorrektion dokumentiert.

Zustand vor 1970

Bis zum Bau des Geschiebesammlers an der Emmemündung und der KW Flumenthal und Bannwil 1970 zeigte die Aare bis Klingnau einen wenig gestörten Geschiebehaushalt (vgl. Kapitel 5). Der Zustand vor 1970 wird durch Luftbilder der Landestopographie dokumentiert.

Istzustand

Der Istzustand wird durch die Landeskarte, Luftbilder und Begehungen dokumentiert.

Revitalisierter Zustand (Kapitel 13)

Der revitalisierte Zustand berücksichtigt die kantonalen Planungen der kommenden 20 Jahre.

6.2 Morphologische Veränderungen ausgewählter Abschnitte

Nachfolgend wird die morphologische Entwicklung ausgewählter Abschnitte vom natürlichen Zustand bis zum Istzustand beschrieben.

Abschnitt Emmemündung - Flumenthal

Die Siegfried-Karte zeigt die bereits begradigte Emme und den leicht pendelnden Lauf der Aare. Die Gerinnebreite variierte zwischen 75m und 125m.

Das Luftbild von 1954 (Bild 6.1) zeigt eine Aare mit bedeutender Breitenvariabilität, Inseln (natürlich und künstlich), Kieswerk an der Emmemündung und Wasserkraftnutzung. Ein Grossteil des Emmegeschiebes wurde aareabwärts transportiert mit regelmässiger Umlagerung. Der Zusammenflussbereich der zwei stark unterschiedlichen Gewässer war ein ökomorphologischer „hot spot“.

Heute wird im Geschiebesammler an der Emmemündung alles Geschiebe entnommen und die Aare wird durch das KW Flumenthal eingestaut.



Bild 6.1 Aare zwischen Emmemündung (unten links) bis Flumenthal (oben rechts), 14.10.1954. Bundesamt für Landestopographie.

Abschnitt Wolfwil/Wynau – Aarburg
Bilder 6.2 und 6.3.

Der Abschnitt zeichnet sich aus durch die markante Rechtskrümmung bei Wolfwil mit anstehender Molasse, welche Sohle und Ufer zwischen Wynau und Murgenthal lokal befestigt sowie den annähernd gestreckten Verlauf von Murgenthal bis Boningen.

Der anstehende Fels sowie die angrenzenden groben Schotterterrassen führten zur Entwicklung von Talmäandern mit nur sehr langsam fortschreitender morphologischer Entwicklung.

Die Gerinnebreite variiert zwischen 60 und 190m.

Die nach 1970 stark abnehmende bis praktisch fehlende Geschiebezuführ äusserte sich in der Erosion der Solothurner Insel (Wolfwil), einer Absenkung des Wasserspiegels und demzufolge in einer Ausdehnung der rechtsufrigen Berner Insel. Eine bedeutende Eintiefung des Hauptgerinnes ist wegen der anstehenden Molasse nicht möglich.

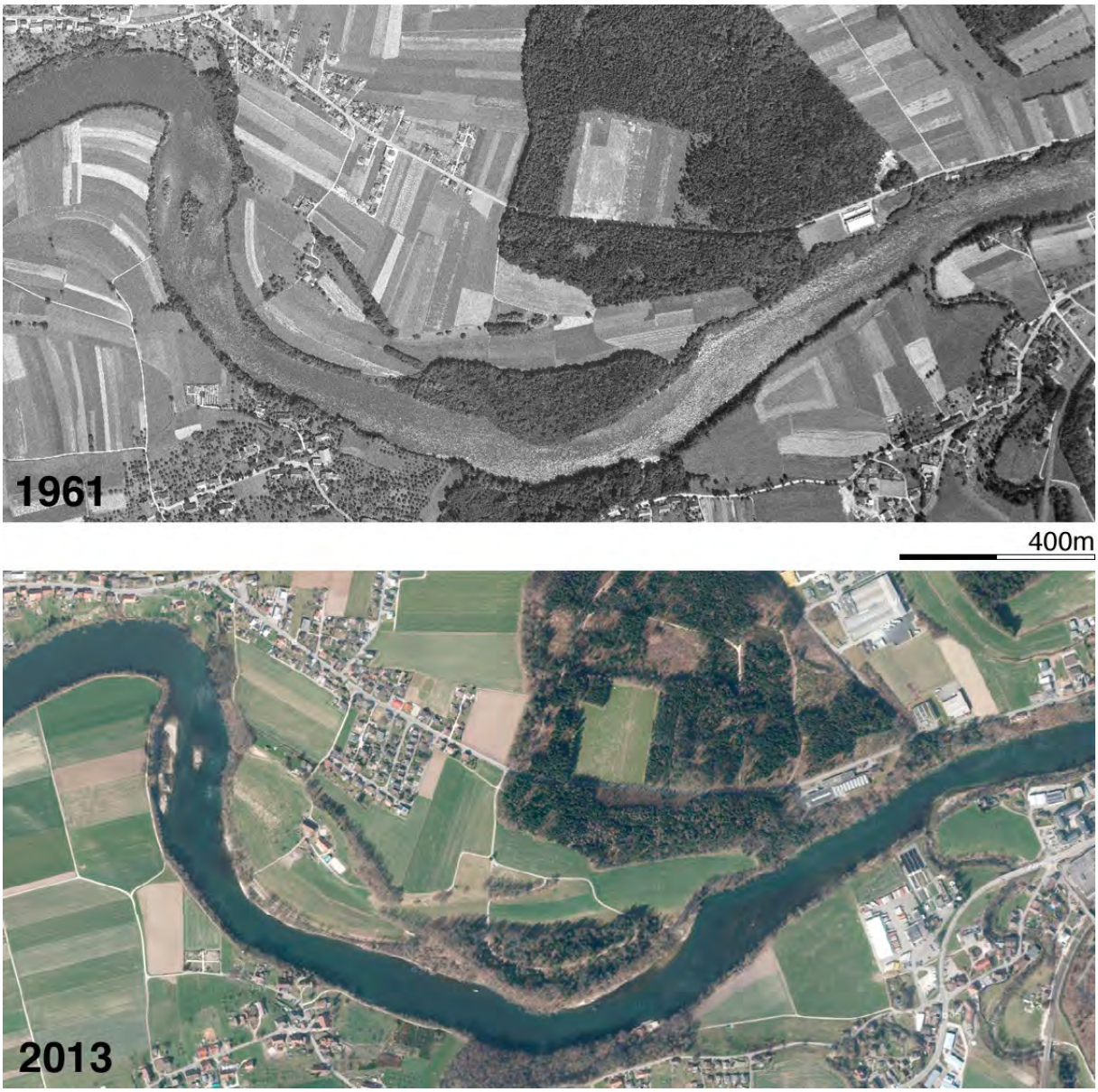


Bild 6.2 Aare Wolfwil – Wynau – Murgenthal am 17.6.1961 (Bundesamt für Landestopographie) und 2013. Gut ersichtlich sind die zwei Inseln flussabwärts des Chers.

Nach den erfolgten Kiesschüttungen bei Aarwangen und der Reaktivierung der Geschiebezufuhr hat sich bei der ehemaligen Solothurner Insel eine neue Kiesbank gebildet (vgl. Bild 6.2 unten, kleine Bank nach dem Cher auf Höhe der Berner Insel).

Das Erscheinungsbild von natürlichem Zustand und Istzustand ist sehr ähnlich. Unterschiede sind bei den Inseln Wolfwil / Wynau sowie infolge der Aufschüttung der Boniger Inseln (km62) im Zusammenhang mit dem Neubau des KW Ruppoldingen festzustellen. Bei Bonigen und Ruppoldingen bestanden bereits im natürlichen Zustand grosse Inseln (Bild 6.3).

Bei Aarburg entstand vor der Engstelle die „Waage“, wo das Wasser eine langsam im Uhrzeigersinn rotierende Walze bildet, so dass das Wasser am rechten Ufer flussaufwärts strömt. Die „Waage“ bestand sowohl mit unbeeinflusster (vor 1970) als auch bei praktisch fehlender Geschiebefracht. Die Sanierung des Geschiebehaushalts hat keinen Einfluss auf diese flussmorphologische Besonderheit.

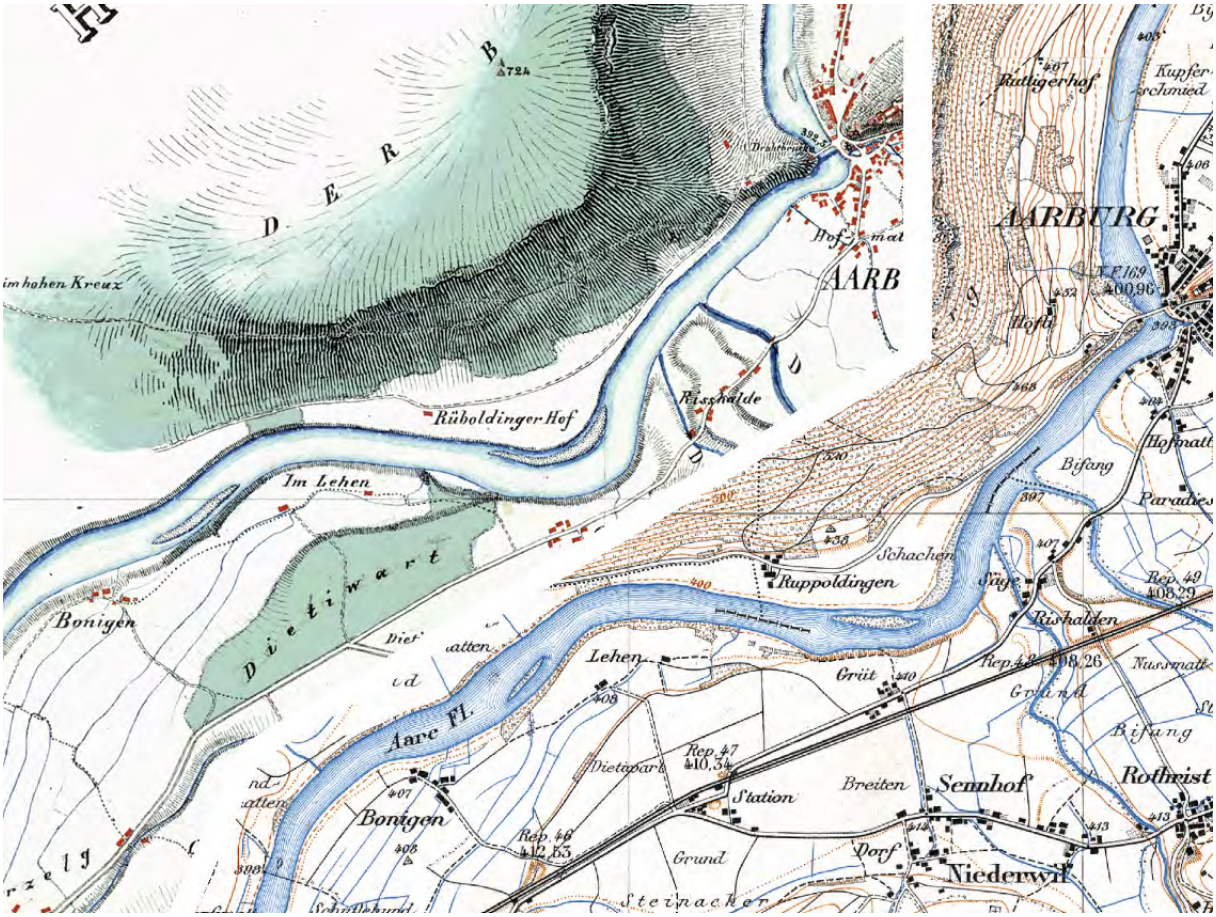


Bild 6.3 *Aare Bonigen – Aarburg gemäss Michaelis-Karte (oben links) und Siegfried-Karte (unten rechts). Massstab 1 : 25'000. Gut ersichtlich sind die Boniger und Ruppoldinger Insel sowie die Insel flussabwärts Aarburg (nur Michaelis-Karte).*

Abschnitt Olten – Schönenwerd
Bild 6.4

Im natürlichen Zustand zeigte die Aare einen stark mäandrierenden Lauf mit lokalen Verzweigungen (bis 3 Teilgerinne), welche grosse Inseln umschlossen. Die Gerinnebreite variierte zwischen 85 und 200m, inkl. Inseln bis 340m (Siegfried-Karte). Die Dynamik bestand in einer langsamen Migration der Mäander sowie Veränderungen von Inseln und Kiesbänken in Abhängigkeit der Hochwasserabfolge.

Der Bau des Ausleitkraftwerks Olten-Gösgen (heute: Wasserkraftwerk Gösgen) reduziert die Abflüsse in der Restwasserstrecke um bis zu 380m^3/s. In einigen Abschnitten sind regelmässige Kiesentnahmen dokumentiert. Diese lassen

darauf schliessen, dass das zugeführte Geschiebe nicht mehr vollständig durch die Restwasserstrecke flussabwärts weiter transportiert werden konnte.

Nach 1970 nahm die Geschiebezufuhr ab und der Geschiebeüberschuss wechselte zu einem Geschiebedefizit, wodurch zwischen den bestehenden Fixpunkten Sohleneintiefungen ausgelöst wurden.

Die Veränderung des Abflussregimes, die stark reduzierte Geschiebeführung und die Verbauung der Prallufer führten zu einer Abschwächung des lokal verzweigten Charakters.

Heute variiert die Gerinnebreite zwischen 30 und 80m, was verglichen mit dem naturnahen Zustand mehr als eine Halbierung bedeutet (Abnahme um 60%).

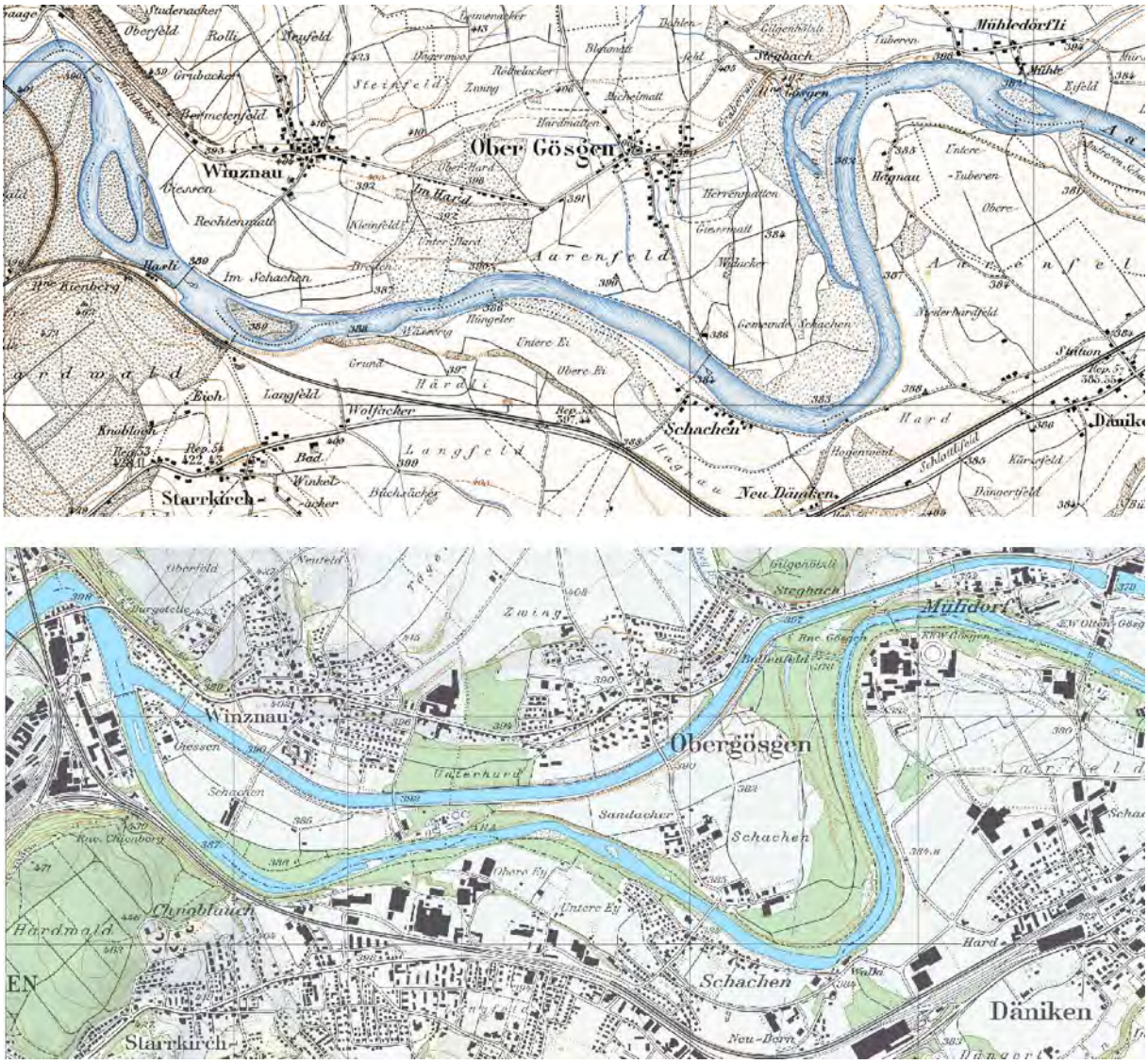


Bild 6.4 Aare Winznau - Däniken gemäss Siegfried-Karte (oben) und Landeskarte (unten). Gut ersichtlich sind die Melioration der Seitengerinne und die Abnahme der Gerinnebreite. Massstab ca. 1 : 31'000.

Abschnitt Aarau – Wildegg
Bilder 6.5 und 6.6

Die Aare zeigte auf der Michaelis- und der Siegfried-Karte einen verzweigten Lauf mit einem bis drei Teilgerinnen, die Kiesinseln bis grosse bewachsene Inseln umflossen.

Bei Biberstein bestand ein stark verzweigtes, dynamisches System mit einem Hauptgerinne mit grossen Kiesinseln und Seitengerinnen, die grosse bewachsene Inseln umflossen. Beim Zusammenfluss der Teilgerinne wurde viel Kies ab- und umgelagert (kleine Bänke auf Michaelis-Karte). Die Morphologie zeugt von einem bedeutenden und regelmässigen Geschiebetrieb. Bei Rohr mündete ein Giessensystem in die Aare.

Die Gerinnebreite variierte zwischen 70 und 250m und bei Biberstein inkl. Inseln über 400m.

Ausgehend des 19. Jahrhunderts wurde die Aare zwischen Rohr und Wildegg kanalisiert und 1945 das Ausleitkraftwerk Rupperswi-Auenstein in Betrieb genommen.

1961 waren in der Restwasserstrecke alternierende Kiesbänke vorhanden und unterhalb des Aareabsturzes prägten ebenfalls Kiesbänke die Morphologie.

Mit nach 1970 abnehmender Geschiebeführung wurde das Gerinne ausgeräumt und es blieben nur grobe, abgepflästerte Flachbänke übrig, die zunehmend bewachsen wurden.

Das Anlegen eines Seitengerinnes sowie einer Bucht mit Kiesinsel im Hauptgerinne (2010 – 2012) führten zu einer grossen Aufwertung der Morphologie, wegen der geringen Geschiebezufuhr aber zu keiner Neubildung von Bänken.

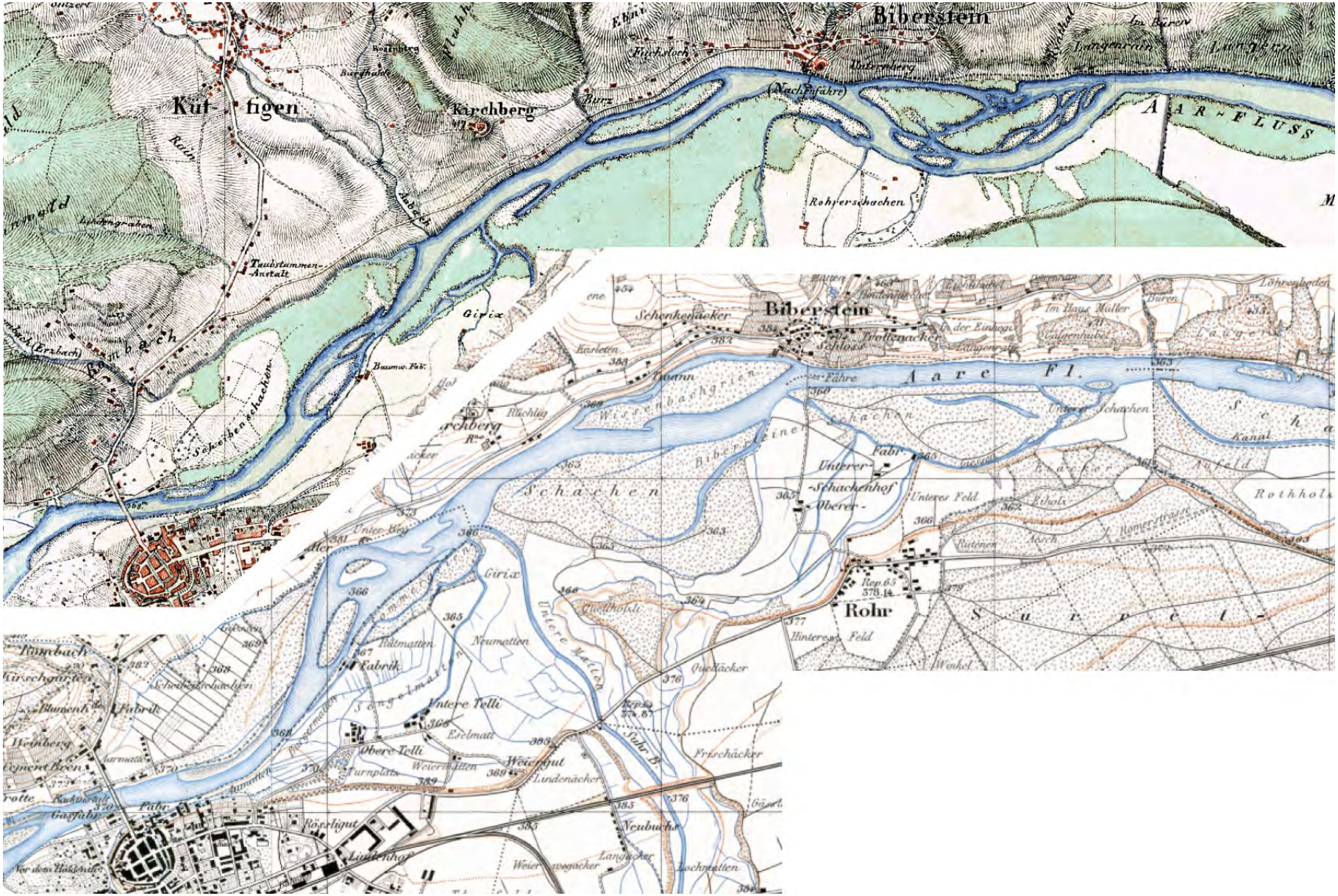


Bild 6.5 *Aare zwischen Aarau und Biberstein gemäss Michaeliskarte mit verzweigter Morphologie und gemäss Siegfriedkarte mit erster Korrektion bei Biberstein. Massstab 1 : 25'000.*

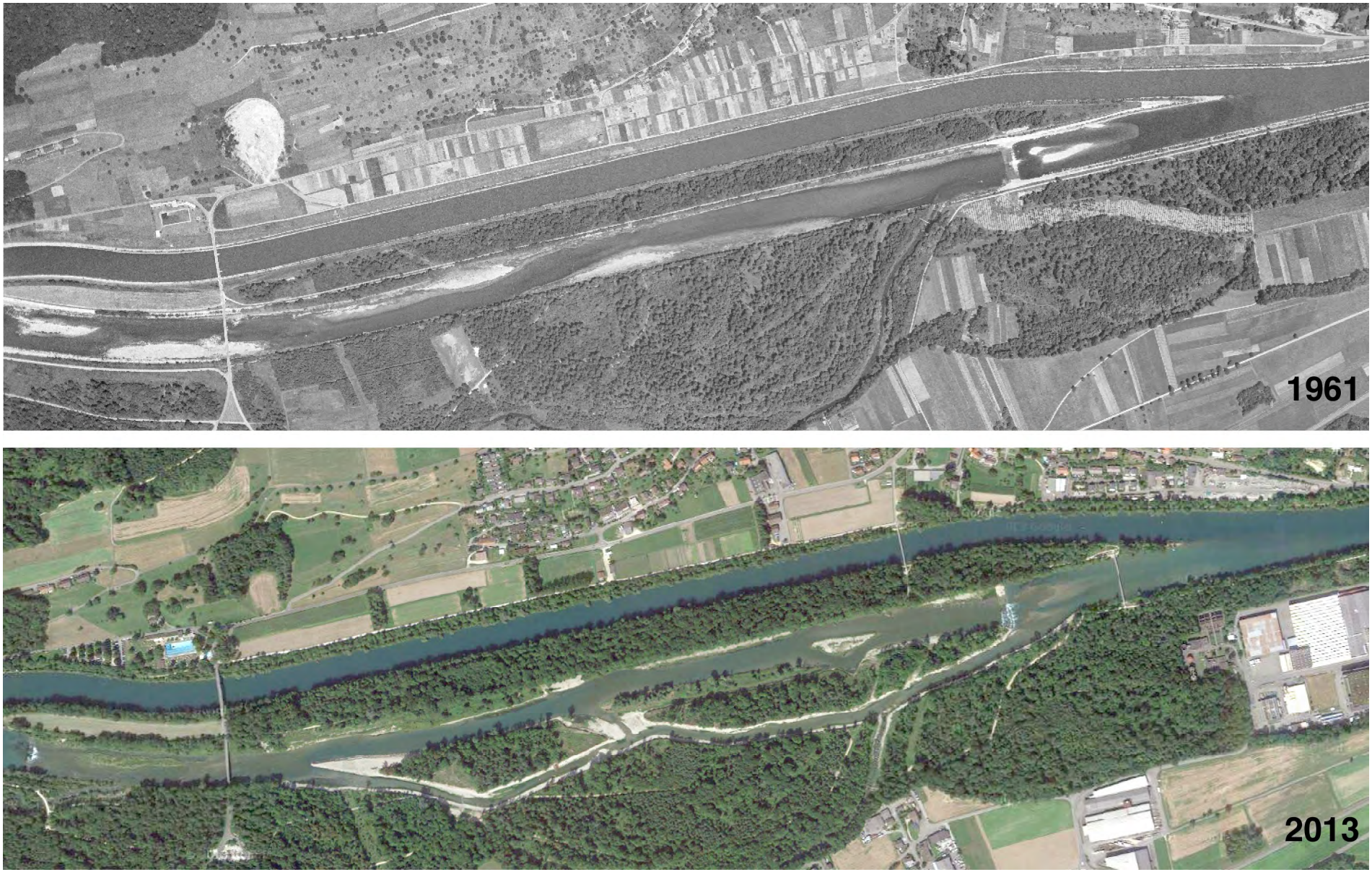


Bild 6.6 Aare bei Rupperswil – Auenstein mit der Restwasserstrecke (unteres Gerinne) und dem Unterwasserkanal des Kraftwerks (oberes Gerinne) 1961 (Landestopographie) und 2013 mit dem neu erstellten Seitengerinne.

Abschnitt Wildegg – Brugg
Bilder 6.7 und 6.8

Zwischen Wildegg und Schinznach zeigte die Aare einen verzweigten Lauf mit bis zu 4 Teilgerinnen, grossen, teils bewachsenen Inseln, Bänken, Nebengerinnen und Altarmen. Zwischen Wildegg und Holderbank beanspruchte die Aare mit 450m mehr als die Hälfte des Talbodens.

Zwischen Schinznach und Altenburg (Brugg) pendelte die Aare quer über die Talebene und bildete lokal ausgeprägte Verzweigungsmuster mit einer Vielzahl von Kiesinseln. Die spezielle Morphologie ist auf den Auf- und Rückstau der Aare durch die Felsklamm von Altenburg – Brugg bei Hochwasserabfluss zurückzuführen, wo die Gerinnebreite lokal auf 20m reduziert ist.

Im Abschnitt Wildegg – Altenburg variierte die Gerinnebreite im naturnahen Zustand zwischen 80 und 400m.

Mit der Kanalisierung und dem Bau des Ausleitkraftwerks Wildegg-Brugg wurde die Aare stark eingeengt und in der Restwasserstrecke durch das Hilfswehr und das Dachwehr eingestaut. Die verbleibende Fliessstrecke beschränkt sich auf den Abschnitt beim Wildischachen.

In den 60er Jahren zeigte dieser Abschnitt einen noch teilweise verzweigten Lauf mit Inseln und Bänken bei einer Gerinnebreite von 50 – 140m.

Heute hat sich infolge des praktisch fehlenden Geschiebetriebs das Hauptgerinne eingetieft und die Seitengerinne sind verbuscht und aufgelandet oder sind nur wegen periodischem Unterhalt nicht ganz zugewachsen. Die Eintiefungstendenz wurde durch den Längsverbau entlang den Prallhängen begünstigt. Die Gerinnebreite variiert zwischen 30 und 60m.

Im Wildischachen präsentieren sich die Auswirkungen des stark reduzierten Geschiebetriebs bezüglich Morphologie am deutlichsten.

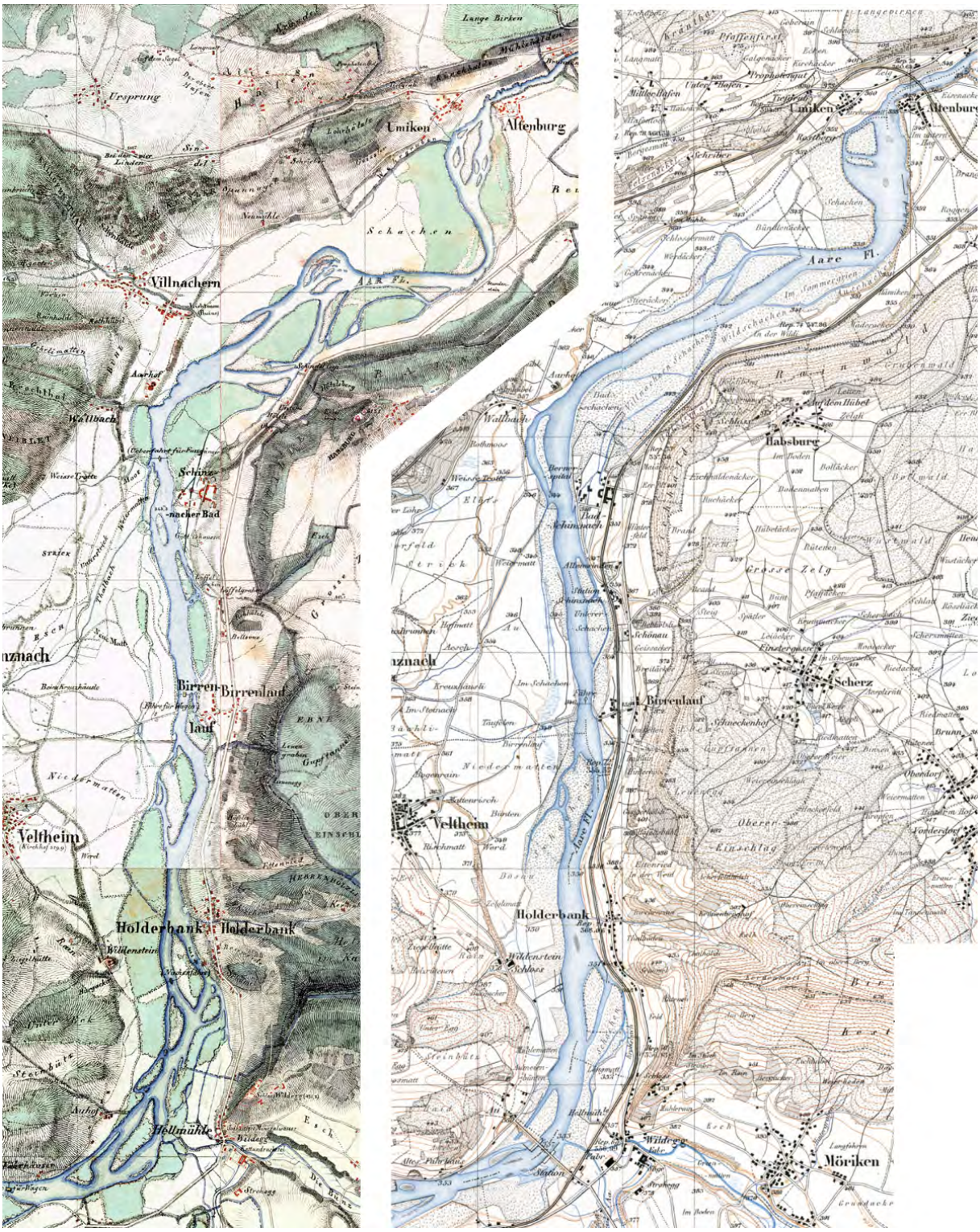


Bild 6.7 Aare zwischen Wildegg und Altenburg gemäss Michaelis- und Siegfriedkarte. Massstab 1 : 40'000.

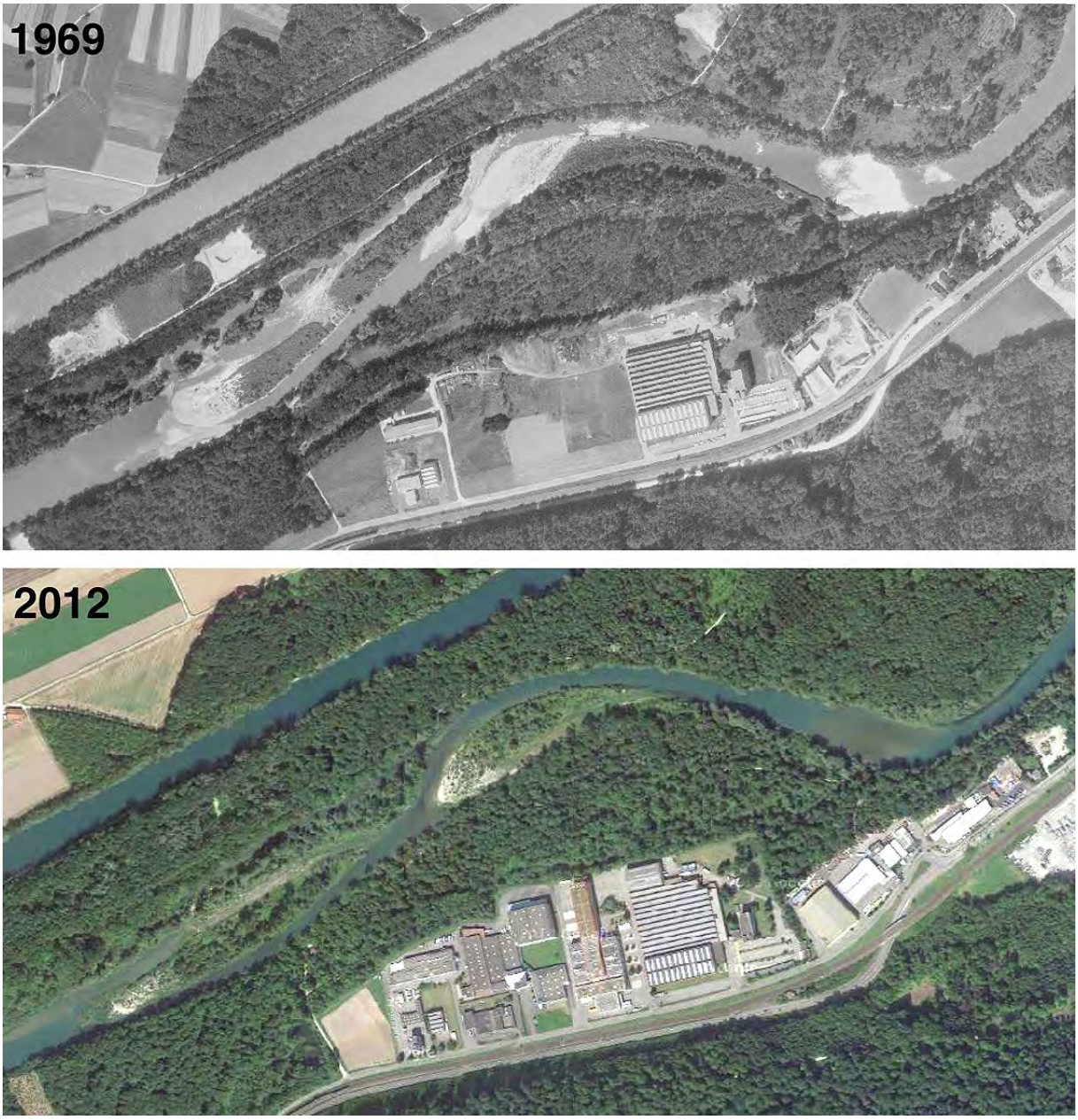


Bild 6.8 *Aare beim Wildischachen Brugg 1969 (Landestopographie) und 2012. Unterwasserkanal oben und Restwasserstrecke unten; Fliessrichtung von links nach rechts.*

Abschnitt Windisch – Stilli (Wasserschloss)
Bild 6.9

Zwischen Windisch und Stilli zeigte die naturnahe Aare einen annähernd gestreckten Lauf mit grosser Breitenvariabilität und mehreren grossen, teilweise bewachsenen Inseln. Bereits Ende des 19. Jahrhunderts wurden die linksseitigen Nebengerinne beim Wasserschloss trocken gelegt und das rechte Seitengerinne der Limmatmündung (Stroppel-Insel) zum Kraftwerkkanal umgenutzt.

Vor dem Zusammenfluss mit der Reuss bildete sich in Gerinnemitte eine neue Kiesinsel. Die Gerinnebreite variierte zwischen 130 und 250m.



Bild 6.9 Aare zwischen Windisch und Villigen gemäss Michaelis- und Siegfriedkarte mit der Reuss- und Limmatmündung sowie den Inseln und Kiesbänken. Massstab 1 : 25'000.

Seit Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Aare bei Windisch eingeengt, bei der Mündung von Aare und Reuss entstand eine grosse bewachsene Insel, die mit abnehmender Geschiebeführung zwischen 1985 und 2000 vollständig erodierte, auf der linken Seite (Brugger Schachen) wurde ein neues Seitengerinne angelegt und entlang dem Windischer Ufer ein kleines Nebengerinne reaktiviert.

Aufgrund der stark reduzierten Geschiebezufuhr wurde das Gerinne ausgeräumt und die Aare hat sich leicht eingetieft. Eine bedeutende Sohleneintiefung ist wegen dem Aufstau des KW Beznau, das den Wasserspiegel bis Stilli beeinflusst, sowie Felsaufschlüssen bei Lauffohr, nicht möglich.

Insgesamt präsentiert sich das Wasserschloss als Flussabschnitt mit naturnaher Linienführung, wenig beeinflusstem Abflussregime aber ausgeräumtem Gerinne infolge stark beeinträchtigtem Geschiebehaushalt.

Im Jahr 2011 wurden durch das Militär die Schifffahrtsrinnen ausgetieft und beim Zusammenfluss von Aare und Reuss als grosse Bank geschüttet (ca. 23'000m^3).

Abschnitt Böttstein – Rhein
Bild 6.10

Im natürlichen Zustand zeigte die Aare zwischen Böttstein und dem Rhein einen verzweigten Lauf mit 1 bis 4 Teilgerinnen. Bei Böttstein bestanden bewachsene Inseln und bei Klingnau teilte sich die Aare in zwei etwa gleich grosse Gerinne mit Inseln und Bänken auf. Zwischen den zwei Hauptflüssen bestand eine grosse bewaldete und landwirtschaftlich genutzte Insel, die Umberau.

Vor dem Zusammenfluss mit dem Rhein prallte die Aare an den linksufrig anstehenden Fels (Ziegelhütte) und bildete im Mündungsbereich mehrere Inseln.

Die Gerinnebreite variierte zwischen 120 und 400m. Bei den Inseln erreichte der Flussraum eine Breite von 800m.

Zur Verbesserung des Hochwasserschutzes wurde die Aare 1913 kanalisiert. Mit dem Bau des Flusskraftwerks Klingnau (1935) wurden die Dämme erhöht, im Bereich des Kraftwerks ergänzt und die Sohle im Unterwasser abgetieft. Die Stauhaltung erreicht eine Breite von bis zu 530m. Alles vom Oberwasser zugeführte Geschiebe wird in der Stauhaltung abgelagert. Dementsprechend ist die Unterwasserstrecke bis zum Rhein geschiebelos.

Im Unterwasser des Kraftwerks sind noch heute die Auengebiete Grien und Giriz vorhanden.

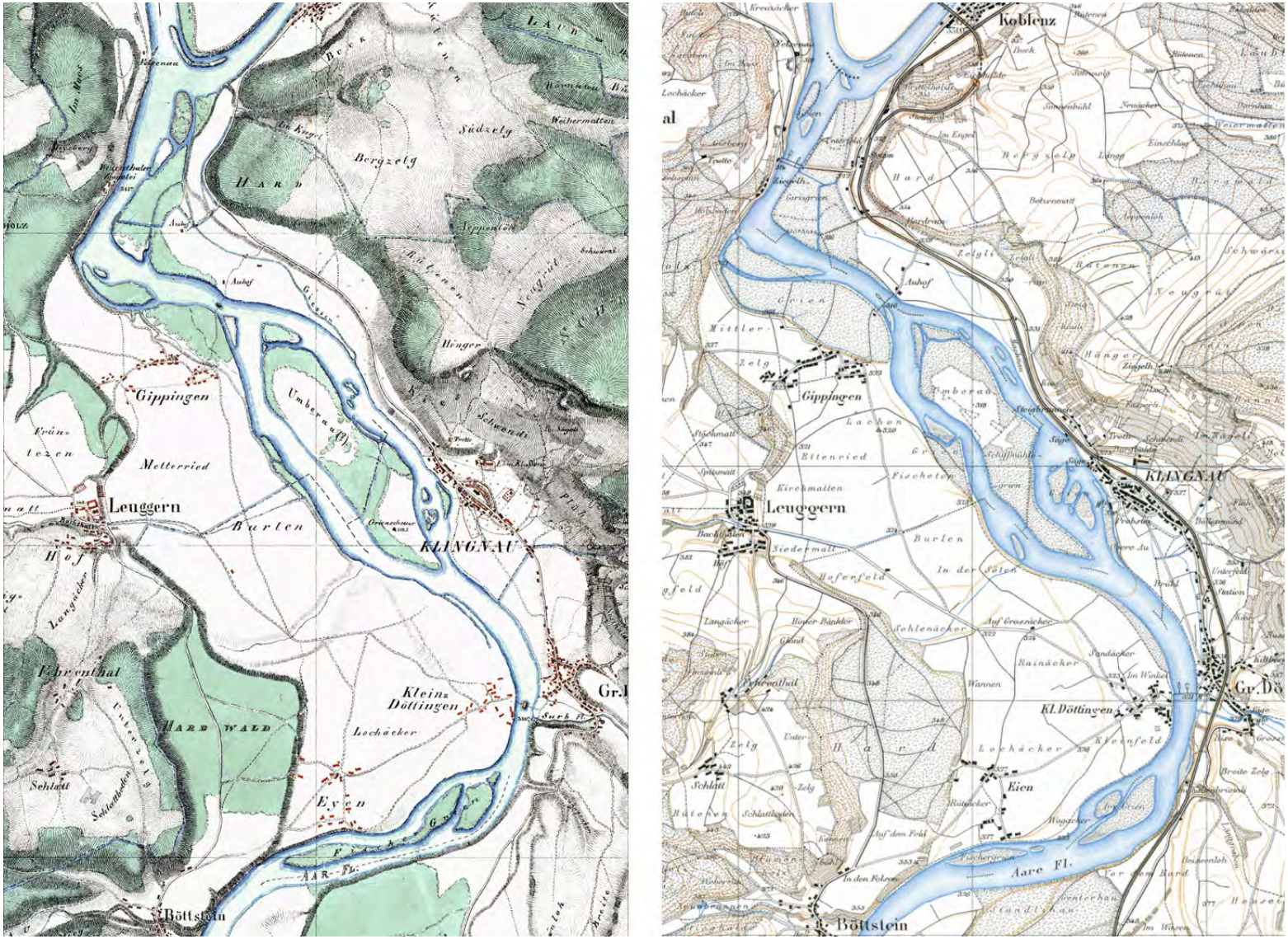


Bild 6.10 Aare zwischen Böttstein und dem Rhein gemäss Michaelis- und Siegfriedkarte. Massstab 1 : 40'000.

7 Erforderliche Geschiebefracht

7.1 Vorgehen

Anforderungen

Gemäss Art. 42a GSchV liegt eine wesentliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts durch Anlagen vor, wenn die morphologischen Strukturen und die morphologische Dynamik nachteilig verändert werden. Dies bedeutet, dass sich in natürlichen oder naturnahen Gewässern (Gewässer ohne räumliche Einschränkungen durch Verbauungen) sich ähnliche Strukturen entwickeln und regelmässig erneuern können müssen wie bei unbeeinflusstem Geschiebehaushalt.

Der Geschiebehaushalt darf zudem nicht soweit verändert werden, dass der Grundwasserhaushalt und der Hochwasserschutz wesentlich beeinträchtigt werden.

Bezüglich Hochwasserschutz bedeutet dies, dass keine Sohlenerosionen verursacht werden, welche Bauwerke gefährden und keine Sohlenauflandungen ausgelöst werden, welche den Hochwasserschutz beeinträchtigen.

Beim Grundwasser sind die Anforderungen ähnlich. Das heisst, infolge des veränderten Geschiebehaushalts darf der Niederwasserspiegel des Grundwassers nicht wesentlich abgesenkt und der Höchststand nicht wesentlich angehoben werden.

Einschränkungen

Die Aare ist ein Fliessgewässer, das durch Kanalisierung, Kraftwerke und andere Anlagen gegenüber dem natürlichen Zustand stark verändert wurde (vgl. Kap. 5 und 6). Eine Renaturierung, das heisst, eine Wiederherstellung des natürlichen Zustandes ist, wenn überhaupt, nur noch in einzelnen, kurzen Abschnitten möglich.

Daher ist eine Sanierung des Geschiebehaushalts, die sich am natürlichen Zustand (Morphologie und Geschiebefracht) orientiert, kaum sinnvoll. Die Bestimmung der erforderlichen Geschiebefracht richtet sich daher an den verbliebenen *naturnahen* Abschnitten sowie an den gemäss Revitalisierungsplanung aufzuwertenden Flussstrecken.

Anforderung Morphologie

Der morphologische Ansatz zur Bestimmung der erforderlichen Geschiebefracht ist in der strategischen Planung beschrieben. Demnach muss die oberste Schicht der Kiesbänke jährlich erneuert werden, damit gewährleistet ist, dass die Bänke nicht kolmatieren und lockeres Substrat anstehend ist. In Anlehnung an die Tiefe von Laichgruben ist eine Schichtstärke von 0.3m nötig und ausreichend.

Zur Bestimmung der erforderlichen Geschiebefracht werden alle Kiesbänke kartiert und planimetriert, deren durchschnittliche Ausdehnung (Fläche) bestimmt und anschliessend mit der Schichtstärke (0.3m) multipliziert. Das resultierende Volumen wird anschliessend mit den Korrekturfaktoren (M) Morphologie, TK (Transportkapazität) und T (Trübung) multipliziert (vgl. /1/).

Der Ansatz Morphologie liefert eine Grössenordnung bezüglich der aus morphologischer Sicht erforderlichen Geschiebeführung. Je länger die Strecke und je mehr Kiesbänke kartiert werden, desto zuverlässiger werden die Durchschnittswerte. Weil aber der kartierte Zustand eine Momentaufnahme und durch die Hochwassergeschichte geprägt ist, kann der gesuchte Wert auch +/- 20 - 30% vom ermittelten Wert abweichen.

Anforderung Hochwasserschutz

Die Transportkapazität wird in den Stauhaltungen und den Restwasserstrecken der Kraftwerke gegenüber dem unbeeinflussten Zustand reduziert.

In den **Stauhaltungen** sind die Transportverhältnisse stark von der Disposition und der Grösse des Kraftwerks abhängig. Wird bei grossen Flusskraftwerken alles Geschiebe in der Stauhaltung abgelagert, so kann dies mittel- bis langfristig zu bedeutenden Sohlenauflandungen und einer Beeinträchtigung des Hochwasserschutzes führen. Diese Entwicklung ist durch Geschiebebewirtschaftung oder Staupegelabsenkungen zu verhindern.

In **Restwasserstrecken** kann infolge der reduzierten Hochwasserabflüsse weniger Geschiebe transportiert werden. Die veränderten Abflüsse führen dazu, dass das Gewässer seitlich einwächst, wodurch der Abfluss konzentriert und die reduzierte Transportkapazität teilweise kompensiert wird. In den Restwasserstrecken hat sich in den vergangenen Jahrzehnten die Sohle infolge des stark reduzierten Geschiebetriebs eingetieft und verzweigte Gerinne haben sich zu einem Einzelgerinne entwickelt. Daher kann eine Anhebung der Sohle infolge Reaktivierung des Geschiebehaushalts auf das Niveau vor 1970 (vgl. Kap. 6) nicht als Beeinträchtigung des Hochwasserschutzes gewertet werden. Gehen die Auflandungen aber über die Referenzsohle von 1970 hinaus, so wird die transportierbare Geschiebefracht in den Restwasserstrecken limitierend betreffend zulässiger Geschiebefracht.

Durchgeführte Untersuchungen

Für die vorliegende Studie wurden folgende Abklärungen betreffend die erforderliche Geschiebefracht durchgeführt:

Kapitel 7.2 Morphologischer Ansatz für den natürlichen Zustand[4] anhand der Michaelis-Karte (Kanton Aargau) sowie für den naturnahen Zustand anhand der Siegfried-Karte (Erstausgabe).

Kapitel 7.3 Morphologischer Ansatz für den Zustand vor 1970 anhand von Luftbildern.

Kapitel 7.4 Morphologischer Ansatz für den Istzustand und den revitalisierten Zustand in ausgewählten Flussabschnitten.

Kapitel 7.5 Zusammenfassung und Auswertung der Erfolgskontrolle der Kiesschüttungen Aare-Deitingen und Aare-Aarwangen. Folgerungen betreffend die erforderliche Geschiebefracht.

Kapitel 7.6 Berechnung der maximal zulässigen Geschiebefracht in der Restwasserstrecke des KW Gösgen.

Kapitel 7.7 Synthese der durchgeführten Untersuchungen und Vorschlag der erforderlichen Geschiebefracht in der Aare zwischen Solothurn und dem Rhein.

7.2 Natürlicher und naturnaher Zustand

Die erforderliche Geschiebefracht im natürlichen Zustand wurde anhand der Michaelis-Karte (1837-43) und diejenige im naturnahen Zustand anhand der Erstausgabe der Siegfried-Karte (ca. 1880) ermittelt. Die zwei Karten zeigen bereits grosse morphologische Unterschiede, so zum Beispiel im Abschnitt Biberstein - Auenstein, wo in der Zwischenzeit mit der Kanalisierung begonnen wurde (Bild 6.5).

In Tabelle 7.1 sind die resultierenden erforderlichen Geschiebefrachten angegeben.

Die Korrekturfaktoren wurden wie folgt eingestellt:

Morphologie (M):	Gemäss Tabelle 6.1
Transportkapazität (TK):	1.0
Trübung (T):	0.75

[4] Ältere, nicht massstäbliche Karten zeigen in der Regel, dass die Fliessgewässer in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts bereits lokal verbaut waren und die Morphologie gegenüber dem natürlichen Zustand bereits leicht eingeschränkt war. Für die vorliegende Untersuchung hat dies keinen wesentlichen Einfluss.

Tabelle 7.1 Erforderliche Geschiebefracht im natürlichen und naturnahen Zustand bei Anwendung des morphologischen Ansatzes.

Abschnitt	Michaelis-Karte Natürlicher Zustand		Siegfried-Karte Naturnaher Zustand	
	M-Faktor	**GF [m^3/a]**	M-Faktor	**GF [m^3/a]**
Emme - Murgenthal	keine Karte	**-**	1.5	**3'250**
Murgenthal - Aarburg	1.5	**3'250**	1.5	**2'700**
Olten - Schönenwerd	keine Karte	**-**	1.75	**6'850**
Aarau - Wildegg	2.0	**8'750**	2.0	**8'000**
Wildegg - Brugg	2.5	**14'750**	2.0	**8'250**
Reuss - Rhein	2.0	**7'300**	2.0	**6'950**

Resultate natürlicher Zustand (Michaelis-Karte)

Die Auswertung der Michaelis-Karte ergibt erforderliche Geschiebefrachten von 3'250m^3/a bis 14'750m^3/s. Die grossen Unterschiede sind auf die verschiedenen Morphologien zurückzuführen.

Im Abschnitt zwischen Murgenthal und Aarburg mit Talmäandern wären entsprechend dem Ansatz 3'250m^3/a Geschiebe erforderlich, um Kiesbänke ähnlich dem natürlichen Zustand entstehen zu lassen.

Demgegenüber wären im Abschnitt Wildegg – Brugg knapp 15'000m^3/a Geschiebe erforderlich, damit die grossen Kiesbänke im stark verzweigten Abschnitt jährlich erneuert werden könnten.

Zwischen Aarau und Wildegg sowie ab Wasserschloss liegt die erforderliche Geschiebefracht bei rund 8'000m^3/a.

Resultate naturnaher Zustand (Siegfried-Karte)

Gemäss Siegfried-Karte wären zwischen der Emme und Aarburg rund 3'000m^3/a Geschiebe erforderlich, zwischen Olten und Schönenwerd 6'800m^3/a, zwischen Aarau und Brugg rund 8'000m^3/a und zwischen dem Wasserschloss und dem Rhein ca. 7'000m^3/a, damit die Kiesbänke jährlich erneuert werden könnten.

Vergleich

Im Abschnitt Murgenthal – Aarburg ist die Abnahme der erforderlichen Geschiebefracht (von Michaelis- zu Siegfriedkarte) auf eine Teilung und daher Verkleinerung der Kiesbänke zurückzuführen, die Fracht liegt aber im Genauigkeitsbereich von +/-20%.

Im Abschnitt Aarau - Wildegg wurden (auf Michaelis- und Siegfriedkarte) nicht dieselben Streckenlängen kartiert, weil auf der Siegfried-Karte die Bänke infolge der in Ausführung begriffenen Kanalisierung nicht repräsentativ sind. Die zwei Frachten sind aber vergleichbar.

Im Abschnitt Wildegg – Brugg ist die grosse Abnahme der

ermittelten Fracht auf den reduzierten Verzweigungscharakter und ein Einwachsen der Kiesbänke zurückzuführen.

Im Abschnitt Reuss – Rhein sind die ermittelten Frachten vergleichbar.

7.3 Zustand vor 1970

Anwendung morphologischer Ansatz

Vor 1970 war der Geschiebehaushalt der Aare bis Klingnau noch wenig beeinträchtigt. Anhand von Luftbildern der Landestopographie wurde in ausgewählten Strecken der morphologische Ansatz angewendet und die erforderliche Geschiebefracht ermittelt. Die Resultate sind in Tabelle 7.2 zusammengefasst.

Restwasserstrecke KW Gösgen

Die ermittelte Fracht beträgt 3'250m^3/a. Die gegenüber dem naturnahen Zustand etwa halbierte Fracht ist auf eine Einengung des Gerinnes zurückzuführen.

Restwasserstrecke KW Aarau

Die ermittelte Fracht ist mit 3'200m^3/a praktisch identisch mit derjenigen in der Restwasserstrecke des KW Gösgen.

Restwasserstrecke KW Rupperswil-Auenstein

Die durchschnittliche Fläche der kartierten Kiesbänke ist praktisch identisch mit derjenigen in den Restwasserstrecken der KW Gösgen und Aarau. Wegen dem grösseren Morphologie-Faktor resultiert eine leicht grössere Fracht von 3'700m^3/a. Die ermittelte Fracht ist wegen der geringen Anzahl kartierter Bänke aber wenig fundiert.

Im heute revitalisierten Zustand dürfte die erforderliche Geschiebefracht grösser sein.

Restwasserstrecke KW Wildegg-Brugg

Die ermittelte erforderliche Geschiebefracht ist vergleichbar mit derjenigen in der Restwasserstrecke des KW Rupperswil-Auenstein. Die ermittelte Fracht ist wegen der geringen Anzahl kartierter Bänke aber wenig fundiert.

*Tabelle 7.2 Erforderliche Geschiebefracht im **Zustand vor 1970** bei Anwendung des morphologischen Ansatzes.*

Abschnitt	Morphologie-Faktor	Erforderliche Geschiebefracht [m^3/a]
Winznau – Gösgen 1954 (14 Kiesbänke)	1.75	**3'250**
Wöschnau 1954 (7 Kiesbänke)	1.75	**3'200**
Rupperswil 1961 (5 Kiesbänke)	2.0	**3'700**
Wildegg-Brugg (5 Kiesbänke)	2.0	**3'800**

7.4 Istzustand und revitalisierter Zustand

Anwendung morphologischer Ansatz

Im Istzustand kann der morphologische Ansatz nur beschränkt angewendet werden:

Die Stauhaltungen werden geprägt durch kleine Fliessgeschwindigkeiten mit der Ablagerung von Schwebstoffen auf der Sohle und einer beschränkten Geschiebetransportkapazität bei Hochwasserabfluss. Mit zunehmender Verlandung gleicht sich die Transportkapazität der Geschiebefracht an und das Geschiebe wird bei bedeutendem Hochwasserabfluss schubweise durch das Stauwehr flussabwärts weiter transportiert. Die Morphologie in der Stauhaltung entspricht aber nicht derjenigen in einer freien Fliessstrecke und die Geschiebeablagerungen können infolge von Schwebstoffablagerungen nicht als Laichplätze genutzt werden.

In den nicht kanalisierten Restwasserstrecken können Kiesbänke kartiert werden. Im Istzustand repräsentieren diese Bänke aber einen Zustand mit Geschiebedefizit, weshalb die erforderliche Geschiebefracht tendenziell unterschätzt wird.

Das Verfahren wurde in folgenden Strecken angewandt:

- Olten – Schönenwerd (Restwasserstrecke KW Gösgen)
- Villnachern (Restwasserstrecke KW Wildegg-Brugg)
- Wasserschloss

Im Abschnitt Olten – Schönenwerd wurde zudem der revitalisierte Zustand kartiert /2/.

Resultate Istzustand Tabelle 7.3

In den Restwasserstrecken der Kraftwerke Gösgen und Wildegg-Brugg resultieren erforderliche Geschiebefrachten von 2'600 – knapp 3’000m^3/a. Die Frachten sind aus oben erwähnten Gründen als zu tief einzustufen.

Beim Wasserschloss resultiert eine erforderliche Geschiebefracht von 5’100m^3/a. Diese ist deutlich kleiner als im naturnahen Zustand, was zumindest teilweise auf die verkürzte Untersuchungsstrecke (keine Kartierung im ursprünglich breiten und verzweigten Abschnitt bei Klingnau) zurückzuführen ist.

Tabelle 7.3 Erforderliche Geschiebefracht im Istzustand und im revitalisierten Zustand bei Anwendung des morphologischen Ansatzes.

Abschnitt	Landeskarte Istzustand		Projektplan revitalisierter Zustand	
	M-Faktor	**GF [m^3/a]**	M-Faktor	**GF [m^3/a]**
Olten - Schönenwerd	1.75	**2’600**	1.75	**3’050**
Villnachern	2.0	**2’950**	-	**-**
Brugg - Stilli	2.0	**5’100**	-	**-**

Resultat revitalisierter Zustand

Im Abschnitt Olten – Schönenwerd wurde auf Basis des Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojektes, bei dem Aufweitungen und das Anlegen von Seitengerinnen geplant sind, eine erforderliche Geschiebefracht von 3'050m^3/a abgeschätzt. Diese liegt um gut 400m^3/a höher als die ermittelte Fracht im Istzustand. Weil die Kartierung auf Projektplänen und nicht auf effektiv vorhandenen Bänken beruht, ist die abgeschätzte Fracht wenig fundiert.

7.5 Kiesschüttungen Deitingen und Aarwangen

7.5.1 Anlass

Zur Reaktivierung des Geschiebehaushalts der Aare wurden im Unterwasser des KW Flumenthal bei Deitingen und im Unterwasser des KW Bannwil bei der Risigrube Kiesschüttungen vorgenommen. Die Schüttungen und das flussabwärts verlagerte Geschiebe sollen als Laichstandorte dienen und die Reproduktion von Äschen und anderen Kieslaichern ermöglichen. Im Kanton Solothurn sollten damit auch Sohleneintiefungen abgeschwächt werden. Die Schüttungen wurden durch eine morphologische und fischbiologische Erfolgskontrolle begleitet.

Fischbiologische Erfolgskontrolle /19/

Die fischbiologische Erfolgskontrolle erfasste den Fortpflanzungserfolg der Äschen, das Artenspektrum und 0+Fische.

Der Fortpflanzungserfolg der Äschen kann anhand von Zählungen frisch geschlüpfter Äschenlarven untersucht werden. Um die natürlichen Schwankungen infolge unterschiedlicher Randbedingungen (z.B. Abflussverhältnisse) zu eliminieren, wurden die festgestellten Äschenlarvendichten pro 100m Uferlänge durch den entsprechenden Wert der (gemittelten) Referenzstrecken dividiert.

7.5.2 Kiesschüttung Deitingen

Bei der A1-Raststätte bei Deitingen wurde bisher eine Kiesschüttung vorgenommen:

Kiesschüttung 1 /20/

Januar 2005
Schüttvolumen 12'000m^3
Schüttmaterial:
Kern: Aus Geschiebesammler Emmemündung, nicht ausgesiebt
Erodierbarer Bereich entlang der Aussenböschung:
Ausgesiebtes Material mit folgenden Durchmessern
dm = 2.0cm; dmax = 6cm

Erosion

Die Erosion der Kiesbank wurde 2006 und 2008 anhand von Vermessungen bestimmt. Zwischen 2005 und 2008 wurden insgesamt 2'400m^3 Kies erodiert. Eine weiter fortschreitende Erosion ist nur bei sehr seltenen Hochwasserereignissen möglich. Für die Periode von 2005 bis 2011 resultiert eine **durchschnittliche Geschiebefracht von 400m^3/a**.

Ab- und Umlagerung

Das entlang der Kiesbank erodierte Geschiebe wurde bis 1 km flussabwärts transportiert und an morphologisch bevorzugten Stellen abgelagert.

Resultate Fortpflanzungserfolg Äschen /19/

Die Untersuchungsstrecken sind in Plan 1 und die relativen Äschenlarvendichten an den beprobten Standorten für die Erfolgskontrollen 2005 – 2011 (ohne 2010) in Bild 7.1 dargestellt. Die Erfolgskontrolle 2005 erfolgte nach der Kiesschüttung.

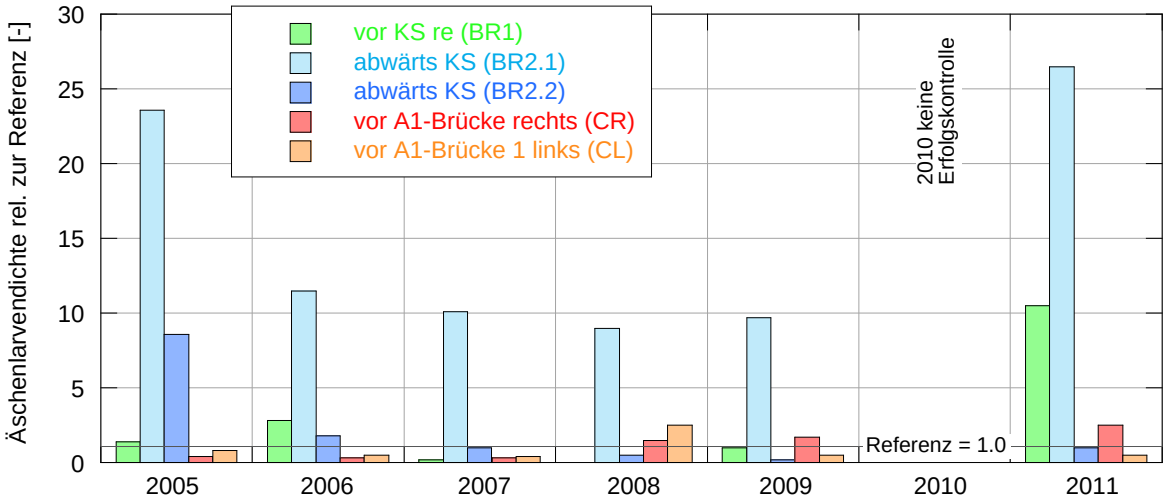


Bild 7.1 Kiesschüttung Deitingen. Resultate der Äschenlarvenkartierungen 2005 – 2011. Angegeben ist die Äschenlarvendichte im Verhältnis zu derjenigen in den Referenzstrecken.

Die Untersuchungensresultate können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Kiesschüttung Deitingen wurde von den Äschen bereits im ersten Jahr nach der Schüttung als Laichplatz angenommen (Standorte BR2.1 und BR2.2) Der Fortpflanzungserfolg war gross, vor allem in der Strecke direkt unterhalb der Kiesschüttung wurden seit 2005 immer sehr hohe Äschenlarvendichten festgestellt (Maximum 146 Äschenlarven/100m).
- Vor der A1-Brücke (Standort CR) ist ab 2008 eine leichte Zunahme der Äschenlarvendichte feststellbar, die even-

tuell auf die Verlagerung von Geschiebe während des grossen Hochwasserereignisses vom August 2007 in diesen Bereich zurückzuführen ist. Demgegenüber ist beim Standort BR2.2 eine Abnahme der Äschenlarvendichte feststellbar, die mit einer Ausräumung von Geschiebeablagerungen zusammenhängen kann.

- Beim neu gebildeten Kiesdelta der Russbachmündung (Standort BR1) entstanden neue Laichplätze und 2011 wurden in dieser Strecke höhere Äschenlarvendichten festgestellt.

Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Kiesschüttung selbst zu einer grossen Zunahme des Laicherfolgs führte (Faktor 10).

Die Umlagerung von Geschiebe hat verzögert und nur in bescheidenem Mass zu einer Erhöhung des Laicherfolgs geführt (Faktor 2). Dies dürfte auf die kleine Geschiebefracht und die demzufolge nur sehr geringmächtigen Geschiebeablagerungen zurückzuführen sein.

7.5.3 Kiesschüttungen Risigrube Aarwangen

Unmittelbar flussaufwärts der Risigrube wurden bisher drei Kiesschüttungen vorgenommen (dritte Kiesschüttung im September 2013):

Kiesschüttung 1
/9/, /20/

November 2005
Schüttvolumen 10'750m^3
Ausgesiebtes Material mit folgenden Durchmessern
dm 1.8cm
dmax 5cm

Kiesschüttung 2

Januar 2010
Schüttvolumen 9'600m^3
Ausgesiebtes Material mit folgenden Durchmessern
dm 2.5cm
dmax 5cm

Erosion

Bild 7.2 (Diagramm oben) zeigt den Verlauf des Kiesbankvolumens und des erodierten Kiesvolumens in Funktion der Zeit. Dementsprechend wurde vor allem in den Jahren 2006 und 2010 Kies erodiert. Die Abflussganglinie ist in Bild 6.3 dargestellt.

Insgesamt wurden bis 2011 18'000m^3 Kies erodiert, wodurch bis 2011 eine **durchschnitliche Geschiebefracht von ca. 3'300m^3/a** resultiert. Betrachtet man die Periode bis zur Drittschüttung, so resultiert eine **durchschnittliche Geschiebefracht von 2'250m^3/a**.

Ab- und Umlagerung

Das untere Diagramm von Bild 7.2 zeigt die Zunahme der Fläche mit lockeren Geschiebeablagerungen in der Teststrecke Wynau-Wolfwil sowie vor Murgenthal (nur Kartierung 2011). Der Verlauf zeigt, dass die bei Niederwasser nutzbare Kiesfläche verglichen mit dem erodierten Kiesvolumen verzögert zunahm und 2011 etwa doppelt so gross war wie im Frühjahr 2008. Dementsprechend hat die zweite Kiesschüttung nochmals zu einer bedeutenden Vergrösserung der benetzten Kiesflächen geführt.

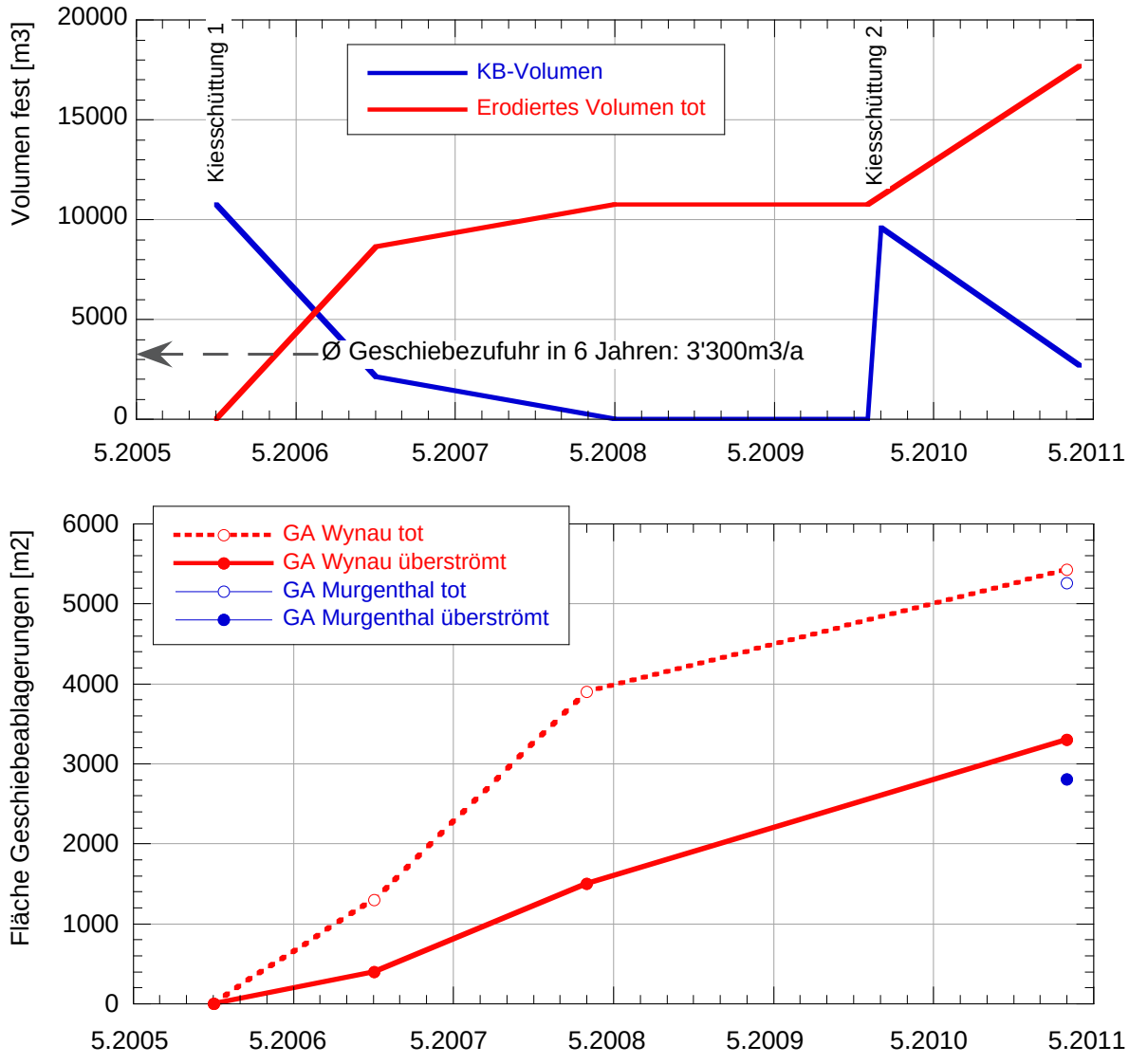


Bild 7.2 Kiesschüttungen Risi mit dem Verlauf des Kiesbankvolumens und des erodierten Kiesvolumens (Diagramm oben) sowie des in den Teststrecken Wynau und Murgenthal abgelagerten Geschiebes (Diagramm unten) von der Erstschüttung bis 2011. Bei den Geschiebeablagerungen wird unterschieden zwischen der bei Niederwasserabfluss überströmten Fläche (als Laichsubstrat nutzbar) und der Gesamtfläche.

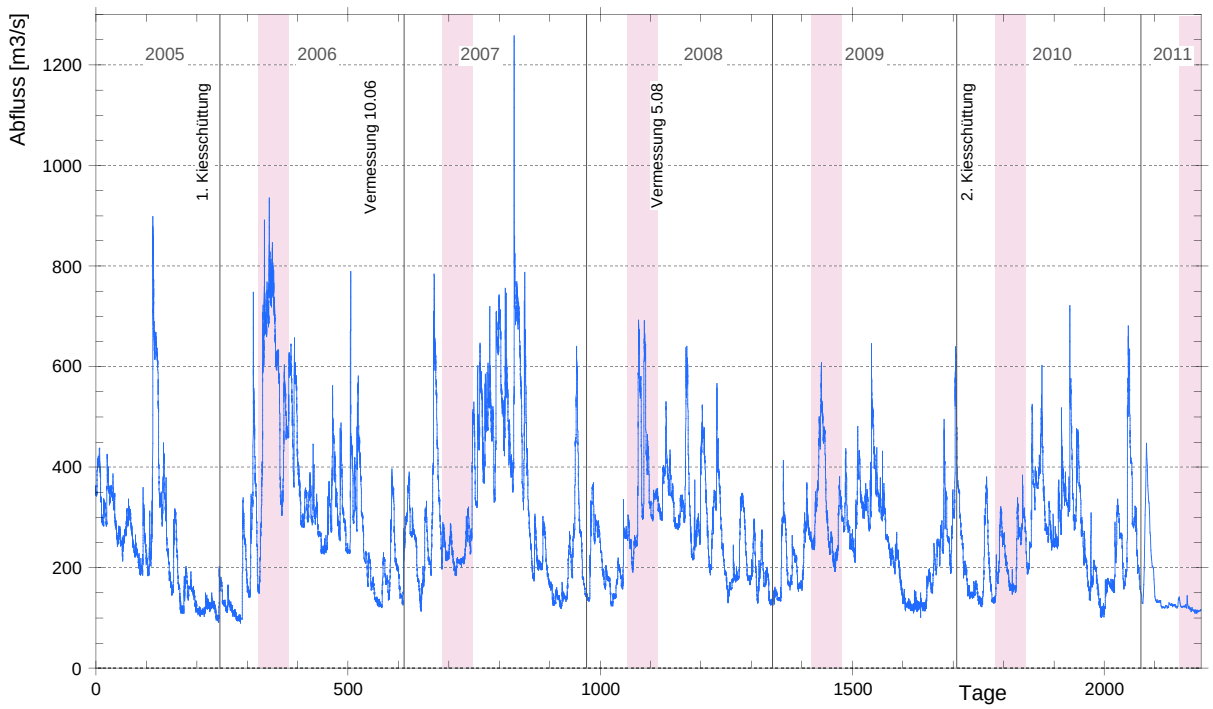


Bild 7.3 Abflussganglinie Aare Murgenthal von Januar 2005 bis April 2011 mit den erfolgten Kiesschüttungen, den Vermessungen und der Periode der Eientwicklung von Äschen (rot hinterlegte Bereiche, ca. Mitte März – Ende April).

Resultate Fortpflanzungserfolg Äschen /19/

Die Untersuchungsstrecken sind in Plan 1 und die relativen Äschenlarvendichten an den beprobten Standorten für die Erfolgskontrollen 2005 – 2011 (ohne 2010) in Bild 7.4 dargestellt. Die Erfolgskontrolle 2005 erfolgte *vor* der Erstschüttung im November.

Die Untersuchungensresultate können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Erstschüttung wurde 2006 während Frühlingshochwassern praktisch vollständig erodiert und der Fortpflanzungserfolg war kaum feststellbar (mobiles Geschiebe).
- Unterhalb der Schüttung und vor Aarwangen wurden 2007 – 2009 erhöhte Äschenlarvendichten nachgewiesen (bis Faktor 7 gegenüber Referenzstrecke).
- In der Teststrecke Wolfwil-Wynau wurden erstmals 2007 nennenswert Äschenlarven gefunden. 2009 erfolgte ein leichter Anstieg und 2011 wurden grosse Äschenlarvendichten (157/100m) erfasst, was einem Faktor 78 gegenüber der Referenzstrecke entspricht.

Fazit

Die Kiesschüttung wurde jeweils rasch erodiert und diente daher nur sehr beschränkt als Laichplatz.

In der Stauwurzel (vor Brücke Aarwangen) ist eine mässige Zunahme des Fortpflanzungserfolgs nachweisbar. Es ist mög-

lich, dass die Laichstandorte durch feine Schwebstoffablagerungen beeinträchtigt werden.

In der breiten und morphologisch vielfältigen Teststrecke von Wolfwil-Wynau konnte verzögert und nach der Entwicklung von lockeren und überströmten Kiesflächen ein sehr guter Fortpflanzungserfolg der Äschen nachgewiesen werden.

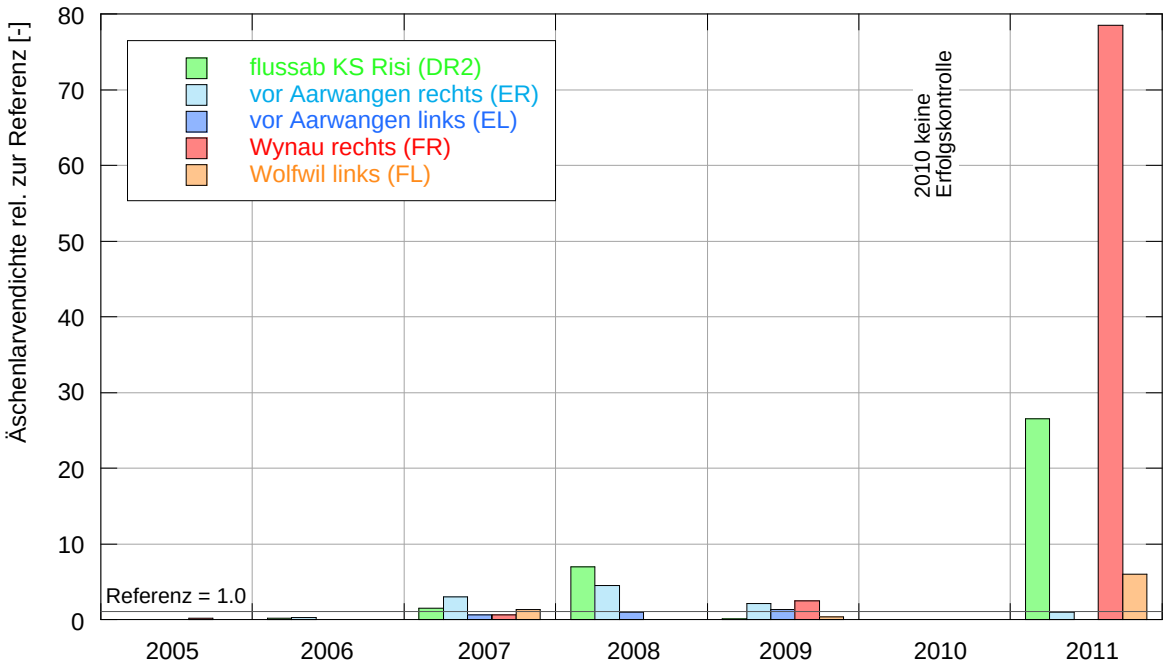


Bild 7.4 Kiesschüttung Risi Aarwangen. Resultate der Äschenlarvenkartierungen 2005 – 2011. Angegeben ist die Äschenlarvendichte im Verhältnis zu derjenigen in den Referenzstrecken.

7.6 Zulässige Geschiebefracht aus Sicht Hochwasserschutz

7.6.1 Anforderungen

Gesetzliche Vorgaben

Gemäss Gewässerschutzgesetz darf der Hochwasserschutz durch den Geschiebetrieb nicht beeinträchtigt werden. Generell bedeutet dies, dass die Geschiebeführung eines Fliessgewässers in einem Bereich liegen soll, wo weder unerwünschte Erosionen noch Auflandungen auftreten.

Unter Auflandungen sind Sohlenanhebungen zu verstehen, die zu einer Anhebung des Hochwasserspiegels führen. Dabei sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Eine Gerinneaufweitung führt in der Regel infolge des hydraulischen Versatzes[5] zur Bankbildung. Diese (erwünschten) Bänke, die oft schon als Auflandung interpretiert werden, führen zu keiner Anhebung des Hochwasserspiegels.
- Als Referenzzustand ist ein bezüglich Geschiebehaushalt unbeeinflusster oder ein dynamischer Gleichgewichtszustand zu betrachten. Bei infolge Geschiebedefizit ausgeräumten Gerinnen liegt der Hochwasserspiegel „zu tief“ und darf bezüglich Hochwasserschutz nicht als massgebend betrachtet werden.

Limitierende Aareabschnitte:

Im unbeeinflussten Zustand wurden von der Aare durchschnittlich rund 15’000m^3/a Geschiebe flussabwärts transportiert. Einige Flussabschnitte befanden sich in einem dynamischen Gleichgewichtszustand (z.B. Aare Wildegg – Brugg), in anderen hätte wahrscheinlich noch mehr Geschiebe transportiert werden können (Strecken mit Talmäandern und Felsaufschlüssen).

Duch den Bau der Wasserkraftwerke wurde die Geschiebetransportkapazität in den Stauhaltungen und den Restwasserstrecken reduziert.

Stauhaltungen

Vor dem Bau des Geschiebesammlers an der Emmemündung wurde in den Stauhaltungen solange Geschiebe abgelagert, bis das resultierende grössere Gefälle ausreichte, um die zugeführte Geschiebefracht vollumfänglich flussabwärts zu transportieren. Dieser Prozess war in allen vor 1970 erstellten Kraftwerken mit Ausnahme des KW Klingnau abgeschlossen.

Dies bedeutet, dass bei einer Sanierung des Geschiebehaushalts die Flussohle eher tiefer als diese Referenzsohle zu liegen kommt. Falls infolge Sanierung dennoch Hochwasserschutzdefizite zu erwarten sind (z.B. weil die Schutzziele oder die Bemessungsabflüsse gegenüber 1970 erhöht wurden), so wäre der Hochwasserschutz entsprechend auszubauen (und nicht die Geschiebefracht zu reduzieren).

Entsprechende Hochwasserschutznachweise können in einzelnen Stauhaltungen erforderlich werden (vgl. Kapitel 14).

Restwasserstrecken

In den Restwasserstrecken kann infolge des reduzierten Abflusses weniger Geschiebe als im unbeeinflussten Zustand

---

[5] Bei einer Aufweitung ergibt sich infolge der grösseren Gerinnebreite eine kleinere Abflusstiefe und eine kleinere Fliessgeschwindigkeit (als in der nicht aufgeweiteten Strecke). Ausgehend von der Energiehöhe im Unterwasser der Aufweitung resultiert am unteren Ende der Aufweitung eine höhere Sohlenlage. Inwieweit sich dieser Sohlenversatz flussaufwärts auswirkt, ist von der Geschiebefracht abhängig.

transportiert werden. Es ist möglich, dass dies vor dem Bau des Geschiebesammlers an der Emmemündung zu Sohlenauflandungen führte, die den Hochwasserschutz beeinträchtigten (z.B. wurde in der Restwasserstrecke des KW Gösgen bis in die 60er Jahre periodisch Kies entnommen).

Der Bau des Geschiebesammlers an der Emmemündung (sowie weiterer Massnahmen) führte zu einem Geschiebedefizit, welches in den Restwasserstrecken zu einer Ausräumung und lokalen Sohlenerosionen sowie einem seitlichen Einwachsen des Gerinnes führte. Bei einer Sanierung des Geschiebehaushalts wird es zu einer gewissen Neubildung von Bänken kommen, was den Hochwasserspiegel gegenüber dem ausgeräumten Istzustand beschränkt anhebt. Werden zudem diese Restwasserstrecken revitalisiert, das heisst aufgeweitet oder ein verzweigter Zustand wieder hergestellt, so nimmt die Geschiebetransportkapazität weiter ab, was zu zusätzlichen Sohlenauflandungen führen kann.

Bezüglich dieser Prozesse können die Restwasserstrecken wie folgt grob beurteilt werden:

KW Gösgen Lange Restwasserstrecke. Das Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt mit geplanten Aufweitungen und Seitengerinnen steht kurz vor der Ausführung. Die Anforderungen an den Hochwasserschutz können für die Geschiebefracht limitierend sein. Die maximal zulässige Geschiebefracht wird durch morphologische Modellberechnungen abgeschätzt (Kapitel 7.6.2).

KW Aarau Kurze Restwasserstrecke. Das Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt mit geplanten Aufweitungen und Seitengerinnen steht kurz vor der Ausführung. Die Transportkapazität ist grösser als in den limitierenden Abschnitten der Restwasserstrecke des KW Gösgen. Bei Berücksichtigung der Anforderungen in der Restwasserstrecke des KW Gösgen sind in der Restwasserstrecke des KW Aarau keine unerwünschten Auflandungen zu erwarten.

KW Rüchlig Kurze Restwasserstrecke. Es wurden keine Transportberechnungen durchgeführt. Die Verhältnisse dürften aber vergleichbar mit denjenigen beim KW Aarau sein.

KW Rupperswil-Auenstein Eher kurze Restwasserstrecke mit Endschwelle und Seitengerinne. Im Zusammenhang mit der Projektierung der Revitalisierung wurde nicht abgeklärt, wieviel Geschiebe durch die neu verzweigte Restwasserstrecke transportiert werden kann.

Falls unerwünschte Auflandungen eintreten, könnte die Endschwelle zusätzlich abgesenkt werden.

KW Wildegg-Brugg

Lange, ausgeräumte und seitlich eingewachsene Restwasserstrecke mit Hilfswehr und Dachwehr.

Bei einer Sanierung des Geschiebehaushalts kommt es flussaufwärts des Dachwehrs zu beschränkten Sohlenauflandungen (Kapitel 5.9). Im Bereich Wildischachen (nicht gestauter Abschnitt) bilden sich beschränkt Bänke. Eine bedeutende Bankbildung ist wegen des eingetieften Gerinnes und den bestehenden Uferverbauungen nicht zu erwarten (ungünstig bezüglich Morphologie). Insgesamt ist gegenüber dem Istzustand von einer leichten Anhebung des Hochwasserspiegels auszugehen.

Bei einer Revitalisierung der Restwasserstrecke mit Entfernung von Uferverbauungen und Gerinneaufweitungen ist der Hochwasserschutz mit zu berücksichtigen.

KW Beznau

Kurze Restwasserstrecke. Weil das Kraftwerk schon lange vor dem Bau des Geschiebesammlers an der Emmemündung erstellt wurde und im oberen Abschnitt der Restwasserstrecke mit Ausnahme des KKW (mit sehr hohem Schutzziel) keine gefährdeten Objekte bestehen, sind unerwünschte Auswirkungen auf den Hochwasserschutz nicht zu erwarten.

7.6.2 Restwasserstrecke KW Gösgen

Durchgeführte Berechnungen

In der Restwasserstrecke des KW Gösgen wurden für das Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt /21/ mit aufgeweitetem Gerinne morphologische Modellberechnungen durchgeführt. Die Berechnungen erfolgten für eine Periode von 20 Jahren (Periode 1987 – 2006) und in der Restwasserstrecke wurde der Abfluss um 380m^3/s reduziert.

Die Berechnungen wurden für folgende durchschnittliche Geschiebefrachten (GF) und mittleren Korndurchmesser des Geschiebes dm durchgeführt:

GF: 1’500, 3’000, 4’500, 6’000, 9’000m^3/a

dm: 2.5, 3.0cm

Ein dm = 3.0cm dürfte etwa den unbeeinflussten Verhältnissen (mit Emmegeschiebe) entsprechen. Ein dm = 2.5cm repräsentiert etwa das Wiggergeschiebe.

In den Bildern 7.5 und 7.6 sind die resultierenden Sohlendifferenzen im Längenprofil dargestellt.

Die Bilder 7.7 und 7.8 zeigen die Wasserspiegeldifferenzen bei einem HQ100 zwischen der Prognose nach 20 Jahren und dem Ausgangszustand (ohne Sohlenveränderungen).

Berechnungen mit dm = 3.0cm

Das Längenprofil der Sohlendifferenzen zeigt für zunehmende Frachten deutlich ansteigende Sohlenauflandungen. Bei Frachten bis 3'000m^3/a sind erst in einzelnen Profilen Sohlenanhebungen festzustellen, die auf Bankbildung und einen Ausgleich des technischen Längenprofils zurückzuführen sind. Bei weiter ansteigender Fracht sind von km19 bis km21 in praktisch allen Profilen Sohlenanhebungen festzustellen.

Die Sohlenanhebungen führen mit zunehmender Geschiebefracht zu einem kontinuierlichen Anstieg des Hochwasserspiegels. Als massgebend wird der Wasserspiegelanstieg bei der Schachenbrücke betrachtet (grösstes Schadenpotenzial). Eine Fracht von 3'000m^3/a wird mit einem Anstieg von ca. 4cm (HQ100) als unproblematisch beurteilt. Demgegenüber dürfte eine Anhebung um 10cm (bei einer Geschiebezufuhr von 6'000m^3/a) kaum mehr tolerierbar sein.

Berechnungen mit dm = 2.5cm

Das feinere Geschiebe führt zu deutlich geringeren Sohlenauflandungen. Selbst bei einer Geschiebefracht von 9'000m^3/a sind keine ausgedehnten Sohlenanhebungen festzustellen.

Der Hochwasserspiegel wird bei der Schachenbrücke um 2 bis 6cm angehoben. Bei einer Fracht von 6'000m^3/a ist die Anhebung des Hochwasserspiegels kleiner als beim Szenario GZ=3'000m^3/a mit dm=3.0cm.

Fazit

Die aus Hochwasserschutzgründen zulässige Geschiebefracht ist massgebend von der Korngrössenverteilung abhängig. Für die zwei untersuchten mittleren Korndurchmesser resultiert eine Fracht von 3'000m^3/a bis 6'000m^3/a, die bezüglich Sohlenauflandungen und Hochwasserschutz unproblematisch ist.

Die Kornverteilung des Geschiebes im sanierten Zustand setzt sich zusammen aus dem Wiggergeschiebe, allfälligen Kiesschüttungen oder Material, das durch die Stauhaltung des KW Ruppoldingen transportiert wird. Die mittleren Korndurchmesser all dieser Mischungen dürfte eher unter 2.5cm liegen (Kapitel 12, Bild 12.2). Aus diesen Gründen liegt die **zulässige Fracht** eher **im Bereich von 6'000m^3/a**.

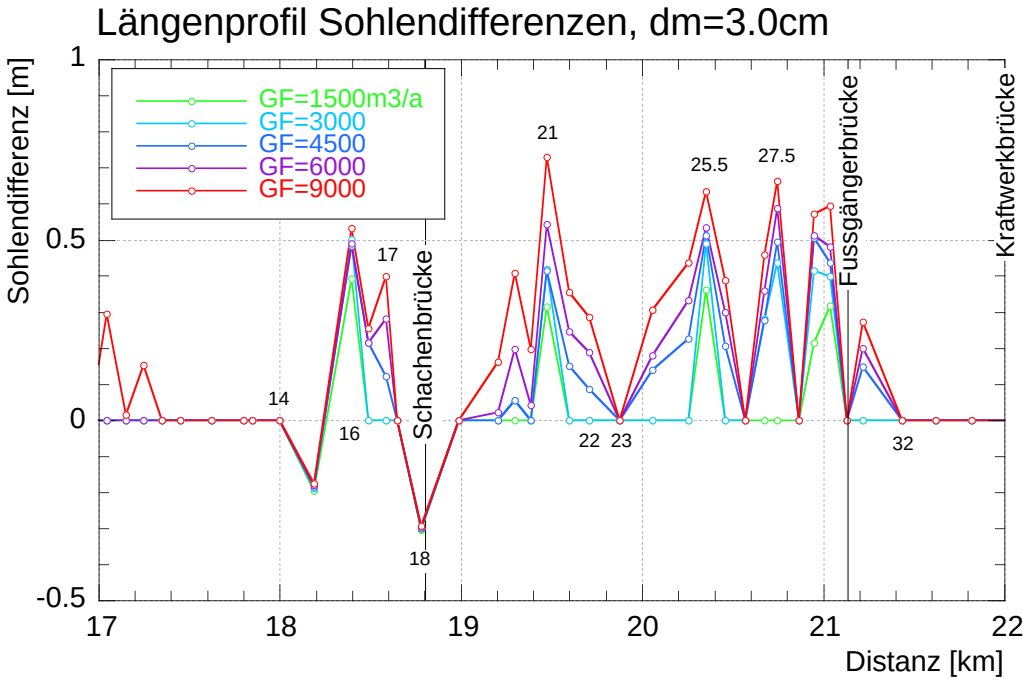


Bild 7.5 *Längenprofil Restwasserstrecke KW Gösgen (Ausschnitt Dulliken – Gösgen) mit den am Ende der Berechnungsperiode von 20 Jahren ermittelten Sohlendifferenzen für einen mittleren Korndurchmesser **dm = 3.0cm** und verschiedene Geschiebefrachten.*

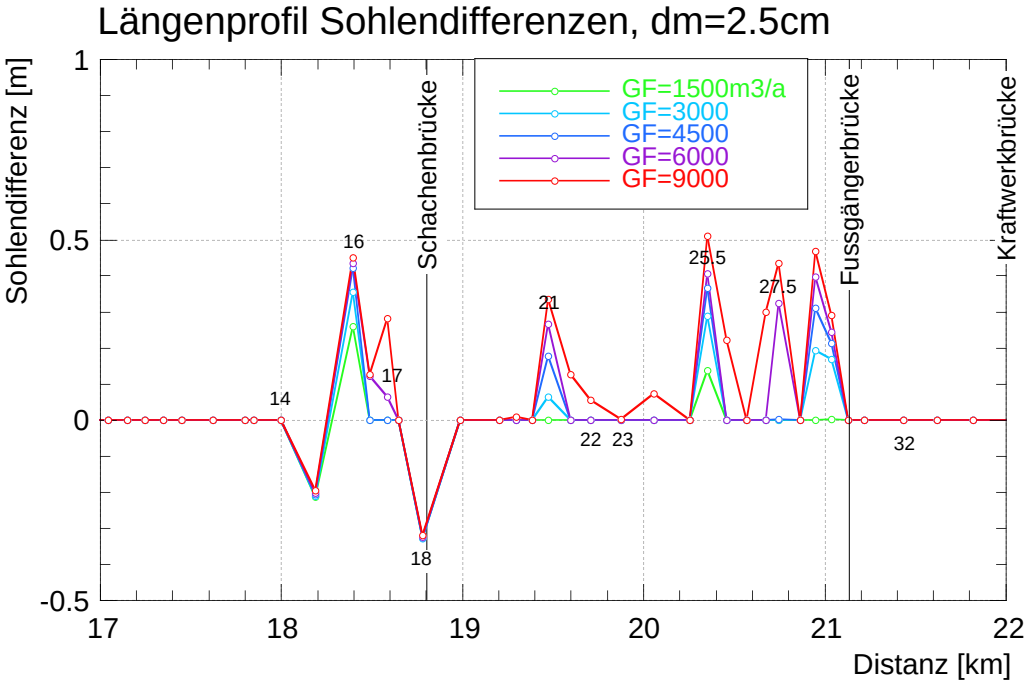


Bild 7.6 *Längenprofil Restwasserstrecke KW Gösgen (Ausschnitt Dulliken – Gösgen) mit den am Ende der Berechnungsperiode von 20 Jahren ermittelten Sohlendifferenzen für einen mittleren Korndurchmesser **dm = 2.5cm** und verschiedene Geschiebefrachten.*

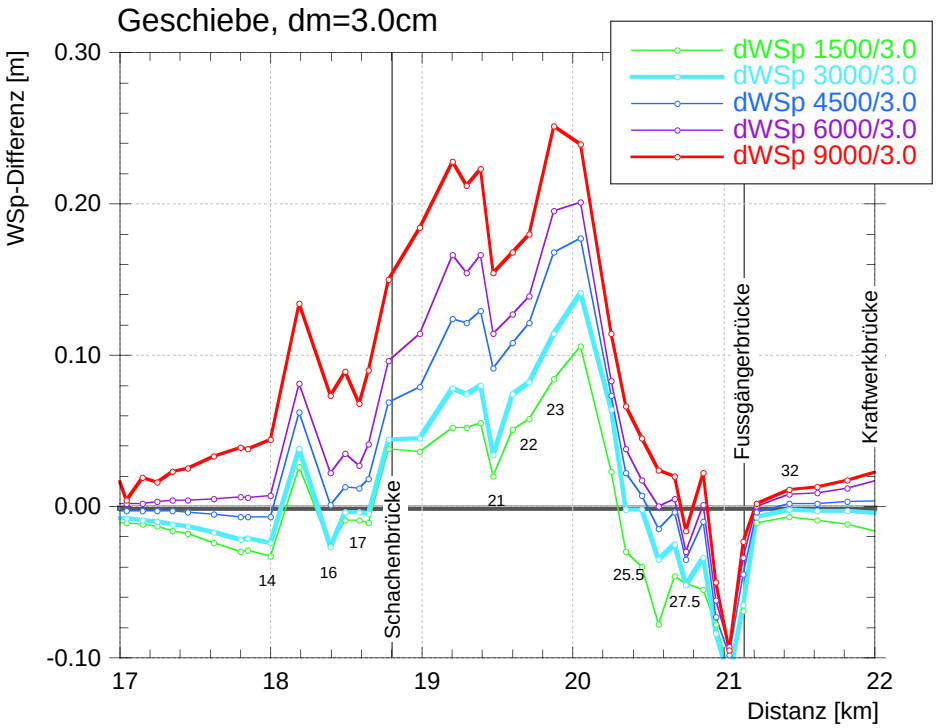


Bild 7.7 Längenprofil Restwasserstrecke KW Gösgen (Ausschnitt Dulliken – Gösgen). Anhebung des Hochwasserspiegels (HQ100 ohne KW-Durchfluss) unter Berücksichtigung der berechneten Sohlenauflandungen gemäss Bild 7.5.

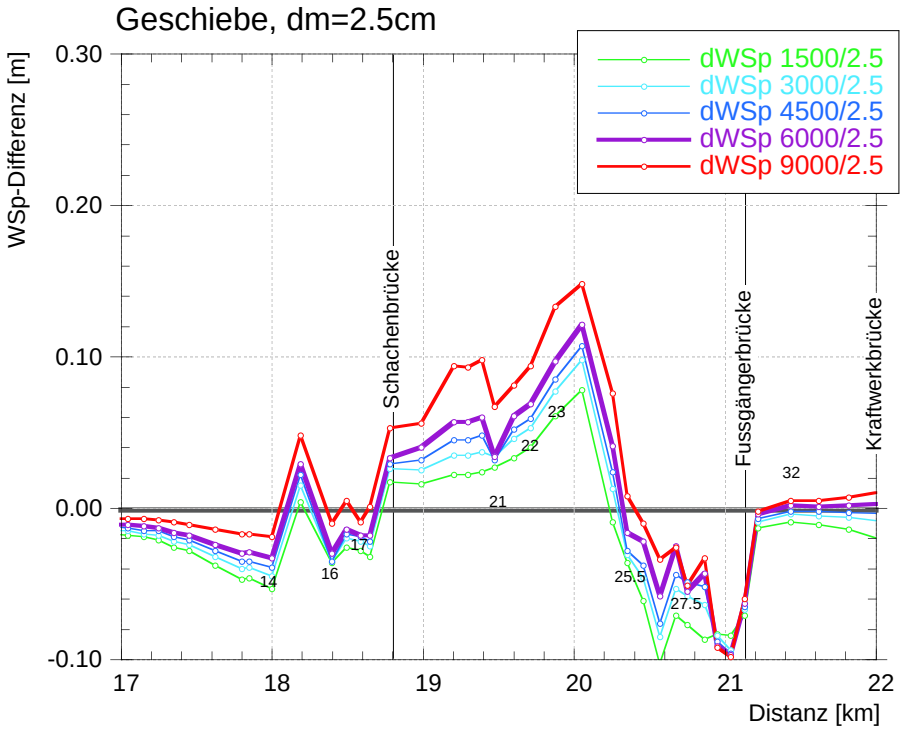


Bild 7.8 Längenprofil Restwasserstrecke KW Gösgen (Ausschnitt Dulliken – Gösgen). Anhebung des Hochwasserspiegels (HQ100 ohne KW-Durchfluss) unter Berücksichtigung der berechneten Sohlenauflandungen gemäss Bild 7.6.

7.7 Vorschlag erforderliche Geschiebefracht

Nachfolgend wird auf Basis der in den Kapiteln 7.2 – 7.6 durchgeführten Abklärungen für grössere zusammenhängende Aareabschnitte ein *Bereich* betreffend die erforderliche Geschiebefracht hergeleitet und begründet (Tabelle 7.4).

Der grössere Wert des angegebenen Bereichs stellt die aufgrund der Abklärungen im betreffenden Aareabschnitt maximal erforderliche (oder zulässige) Geschiebefracht dar. Der kleinere Wert zeigt eine untere Grenze an, die sich im Abschnitt infolge Abrieb minimal einstellen darf. Dementsprechend sollte sich die effektiv transportierte Geschiebefracht im angegebenen Schwankungsbereich bewegen.

Emmemündung bis Aarburg Erforderliche Geschiebefracht 2'500 – 4’000m^3/a

Die Fracht entspricht dem morphologischen Ansatz im naturnahen Zustand. Zudem zeigt die Erfolgskontrolle der erfolgten Kiesschüttungen Risi-Aarwangen einen guten bis sehr guten Fortpflanzungserfolg der Äschen in der frei fliessenden Strecke von Wynau-Wolfwil (Nachweis noch nicht erhärtet).

Aarburg bis Aarau Erforderliche Geschiebefracht 3'200 – 5’000m^3/a

Die minimale Fracht orientiert sich am morphologischen Ansatz für den Zustand vor 1970 sowie für den revitalisierten Zustand in den Restwasserstrecken der KW Gösgen und Aarau.

Die obere Grenze orientiert sich an der bezüglich Hochwasserschutz zulässigen Geschiebefracht von ca. 6’000m^3/a (für dm = 2.5cm, mit Sicherheitszuschlag).

Aarau bis Brugg Erforderliche Geschiebefracht 3’800 – 5’800m^3/a

Die minimale Fracht orientiert sich am morphologischen Ansatz für den Zustand vor 1970 in der Restwasserstrecken der KW Rupperswil-Auenstein und Wildegg-Brugg.

Die obere Grenze wurde entsprechend dem Schwankungsbereich der Strecke Aarburg – Aarau sowie unter Berücksichtigung des Abriebs angehoben.

Die gegenüber der Strecke Aarburg – Aarau erhöhte Geschiebefracht begründet sich in der stärker verzweigten Morphologie (im unbeeinflussten Zustand).

Brugg bis Rhein Erforderliche Geschiebefracht 6’000 - 8’000m^3/a

Die Fracht orientiert sich am morphologischen Ansatz für den natürlichen und naturnahen Zustand (ca. 7’000m^3/a).

Tabelle 7.4 Vorschlag betreffend die erforderliche Geschiebefracht in 4 Aareabschnitten zwischen der Emmemündung und dem Rhein.

Aareabschnitt	Erforderliche Geschiebefracht [m^3/a]
Emmemündung - Wigger	2'500 – 4’000
Wigger - Aarau	3'200 – 5’000
Aarau - Reuss	3’800 – 5’800
Reuss - Rhein	6'000 – 8’000

8 Längenprofil Geschiebefracht und wesentlich beeinträchtigte Strecken

Vorgehen

In Bild 8.1 ist das Längenprofil der Geschiebefracht im Referenzzustand und im Istzustand dargestellt. Zudem ist die Bandbreite der erforderlichen Geschiebefracht gemäss Kapitel 7.7 angegeben.

Der Referenzzustand betrifft die Verhältnisse ohne Anlagen wie Kraftwerke und Geschiebesammler aber mit Wildbach- und Gewässerverbauungen (vgl. Kap. 2.7). Im natürlichen Zustand war die Geschiebefracht tendenziell grösser als im Referenzzustand (Kapitel 5.12).

Das Längenprofil wird dargestellt unter Annahme eines dynamischen Gleichgewichts (über längere Periode betrachtet keine Sohlenveränderungen) sowie eines für die Geschiebeeinträge individuellen Abriebs mit Sternbergkoeffizienten zwischen 0.01 und 0.02.

Referenzzustand

Im Referenzzustand war der Geschiebehaushalt geprägt durch die Geschiebezufuhr der Emme, der Wigger, der Reuss und der Limmat, wobei der Eintrag aus der Emme stark dominierte. Die übrigen Zuflüsse trugen nur wenig zur Geschiebefracht der Aare bei (Unterschied zwischen ausgezogener und gestrichelter blauer Linie in Bild 8.1).

Von der Emmemündung bis Rothrist nahm die Geschiebefracht von 16'000m^3/a auf 12'000m^3/a ab, von der Wiggermündung bis Brugg von 15'000m^3/a auf 10'000m^3/a und vom Wasserschloss bis zum Rhein von 18'000m^3/a auf 16'000m^3/a (gerundete Werte).

Istzustand

Der Istzustand ist dargestellt unter der Annahme, dass ein Gleichgewichtszustand erreicht ist, also das von der Wigger eingetragene Geschiebe ablagerungsfrei bis in die Stauhaltung Klingnau transportiert wird. Weil die Kiesentnahmen bei Dagmersellen erst 2000 eingestellt wurden und in den ausgeräumten Gewässern (Wigger und Aare) sich zuerst wieder Bänke bilden müssen und in den Stauhaltungen die Sohle bis zu einem bestimmten Grad auflanden muss, ist dieses Gleichgewicht heute noch nicht erreicht. Unter Berücksichtigung der aktuellen Geschiebeeinträge dürfte es noch mehrere Jahrzehnte dauern, bis ein dynamisches Gleichgewicht erreicht ist.

Die Aare zeigt generell eine geringe Geschiebefracht zwischen 0 und 2'700m^3/a.

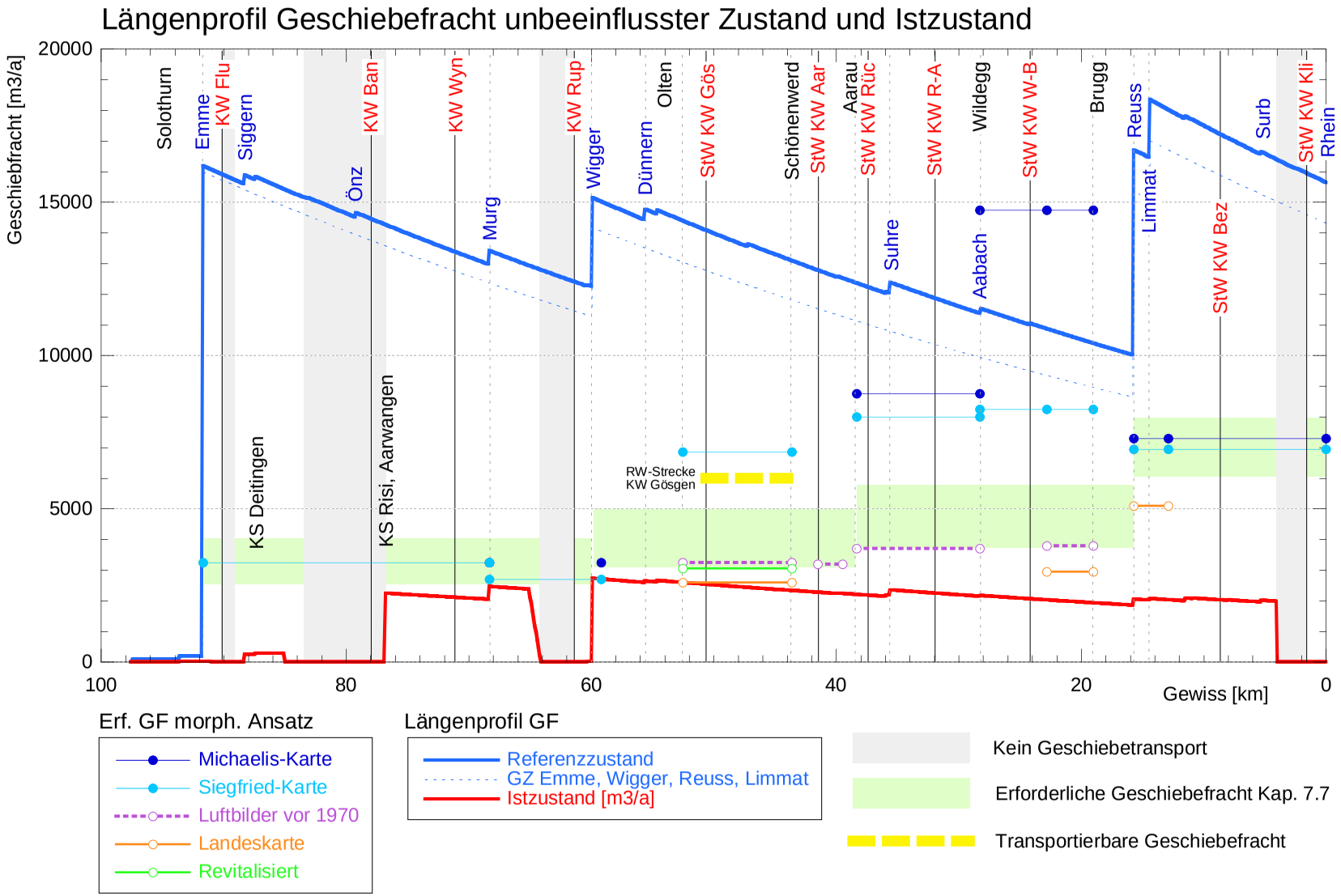


Bild 8.1 Längenprofil Aare mit Geschiebefracht im Referenzzustand und im Istzustand sowie erforderliche Geschiebefracht (GF) gemäss morphologischem Ansatz anhand diverser Grundlagen und empfohlene erforderliche Geschiebefracht gemäss Kap. 7.7 (grüne Flächen).

Zwischen der Siggernmündung und Wangen a.A. beträgt die Geschiebefracht rund 350m^3/a, ab der Kiesschüttung Risi bis in den Staubereich des KW Ruppoldingen 2'100 – 2’500m^3/a und zwischen der Wiggermündung und dem KW Klingnau 2'700 – 2’000m^3/a.

Grad der Beeinträchtigung Bild 8.2

Der Grad der Beeinträchtigung wird nach folgender Abstufung bewertet:

Nicht beeinträchtigt: Keine oder nur sehr geringe Reduktion der Geschiebefracht gegenüber dem Referenzzustand.

Wenig beeinträchtigt: Erforderliche Geschiebefracht wird erreicht oder überschritten.

Mittel beeinträchtigt: Erforderliche Geschiebefracht wird wenig unterschritten.

Stark beeinträchtigt: Erforderliche Geschiebefracht wird deutlich unterschritten.

Sehr stark beeinträchtigt: Keine oder sehr geringe Geschiebefracht verglichen mit dem Referenzzustand.

Dementsprechend ist die Morphologie der Aare bezüglich Geschiebehaushalt wie folgt beeinträchtigt:

Emme – Kiesschüttung Aarwangen: Sehr stark
(Infolge des Geschiebesammlers an der Emmemündung praktisch keine Geschiebeführung)

Kiesschüttung Aarwangen bis Murgenthal: Mittel - stark
(Verbesserung infolge Kiesschüttung Aarwangen; vor Murgenthal abnehmende Geschiebefracht, da noch kein Gleichgewichtszustand erreicht sowie zunehmender Ablagerung im Stauwurzelbereich des KW Ruppoldingen)

Stauhaltung Ruppoldingen bis Wiggermündung: Sehr stark
(alles Geschiebe wird in der Stauhaltung des KW Ruppoldingen abgelagert; keine Geschiebeführung)

Wiggermündung bis Stau KW Aarau: Mittel
(Verbesserung infolge Geschiebeeintrag aus Wigger)

Stau KW Aarau – Suhre: Stark
(noch kein Gleichgewichtszustand erreicht; reduzierte Geschiebefracht infolge Abrieb)

Stau KW Rupperswil – Auenstein bis Rhein: Sehr stark
(kein Gleichgewichtszustand; reduzierte Geschiebefracht infolge Abrieb; Ablagerung in Stauhaltung KW Rupperswil-Auenstein; stark reduzierter Eintrag aus Reuss; fehlender Eintrag aus Limmat)

Wesentlich beeinträchtigte Strecken
Bild 8.2

Im Istzustand beträgt die Geschiebefracht auf der gesamten Strecke ab Emmemündung weniger als 20% der Fracht im Referenzzustand. Zudem ist die Geschiebefracht durchgehend kleiner als die gemäss Kapitel 7.7 erforderliche Geschiebefracht. Dementsprechend ist **der Geschiebehaushalt der gesamten Aare ab Emmemündung bezüglich Morphologie als wesentlich beeinträchtigt** einzustufen.

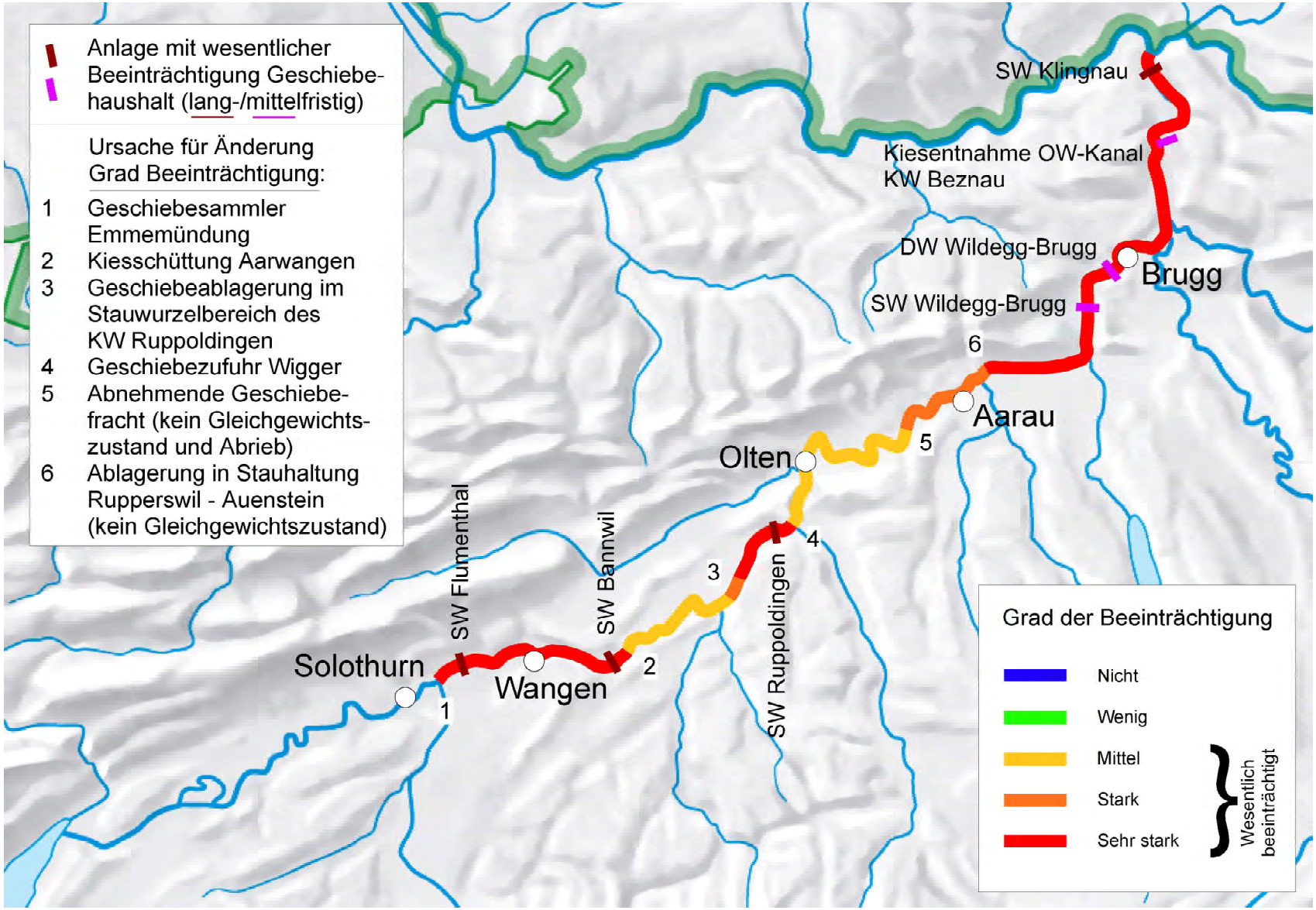


Bild 8.2 *Aare Solothurn bis Rhein: Grad der Beeinträchtigung der Morphologie infolge verändertem Geschiebehaushalt, Anlagen, die zu einer wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts führen sowie wesentlich beeinträchtigte Strecken. SW: Stauwehr; DW: Dachwehr. Massstab 1 : 400'000.*

9 Anlagen mit wesentlicher Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts

In Tabelle 9.1 sind alle Anlagen an der Aare bezüglich einer Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts (entsprechend Kapitel 5) bewertet und angegeben, ob eine Sanierungsmassnahme erforderlich ist.

Anlagen mit wesentlicher Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts:
(vgl. Bild 8.2 sowie Pläne 1 und 2)

Stauwehr KW Flumenthal Geschiebe kann beschränkt durch die Stauhaltung und erst ab einem HQ30 durch die abgetiefte Unterwasserstrecke transportiert werden. Bei einer Reaktivierung des Geschiebehaushalts müsste die abgesenkte Unterwasserstrecke zuerst massiv auflanden, bevor Geschiebe weiter flussabwärts transportiert werden könnte. Entsprechende Auflandungen würden zu bedeutenden Stromeinbussen führen. Daher ist eine zusätzliche Absenkung des Oberwasserspiegels bei Hochwasserabfluss nicht sinnvoll.

Stauwehr KW Bannwil Geschiebe kann erst ab einem HQ30 durch die Stauhaltung und ab einem HQ20 durch die abgetiefte Unterwasserstrecke transportiert werden. Dementsprechend wird der Geschiebehaushalt für Jahrzehnte vollständig unterbrochen.

Eine zusätzliche Staupegelabsenkung bei Hochwasserabfluss ist nicht sinnvoll.

Stauwehr KW Ruppoldingen Geschiebe kann erst ab einem HQ30 durch die Stauhaltung transportiert werden. Dementsprechend wird der Geschiebehaushalt für Jahrzehnte vollständig unterbrochen oder stark reduziert.

Stauwehr KW Klingnau Geschiebe kann erst ab einem HQ30 durch die Stauhaltung transportiert werden. Die Schützen werden erst ab einem Abfluss > 1'900m^3/s angehoben (ca. HQ8). Dementsprechend wird der Geschiebehaushalt für Jahrzehnte vollständig unterbrochen oder stark reduziert.

Anlagen mit wesentlicher, aber zeitlich beschränkter Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts:

Stauwehr KW Wildegg-Brugg Die Stauhaltung ist schlecht Geschiebe durchgängig und es kommt zu einem bedeutenden Geschieberückhalt *während mehreren Jahren*. Mit zunehmender Geschiebeablagerung in der Stauhaltung werden die Transportverhältnisse verbessert und der Geschiebetransport durch die Stauhaltung wird bei kleineren Hochwasserabflüssen möglich. Bis zum Erreichen eines ausreichenden Geschiebetransports durch die Stauhal-

tung wird die Auswirkung der Anlage auf den Geschiebehaushalt als wesentlich beurteilt.

Dachwehr KW Wildegg-Brugg

Das fixierte Dachwehr führt zu einem Einstau des Abflusses und einer Ablagerung des zugeführten Geschiebes (bis HQ100 für dm = 3.5cm). Damit Geschiebe flussabwärts transportiert werden könnte, müsste die Sohle im Oberwasser beschränkt auflanden, was die Hochwassersicherheit beeinträchtigen könnte.

KW Beznau Kiesentnahme aus Oberwasserkanal

Die Kiesentnahmen führen zu einer zusätzlichen Reduktion der ohnehin sehr geringen Geschiebefracht der Aare.

Nach Umsetzung der Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts wird ab der Reussmündung die erforderliche Geschiebefracht überschritten (vgl. Bild 12.1). Dabei wird auch mehr Geschiebe in den Oberwasserkanal geleitet (als im Istzustand). Ob die damit verbundene Reduktion der Geschiebefracht zu einer wesentlichen Beeinträchtigung führt, kann nicht abschliessend beurteilt werden.

Anlage mit zeitlich beschränktem Geschieberückhalt, aber ohne wesentliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts:

KW Rupperswil-Auenstein

Bei einer Sanierung des Geschiebehaushalts wird in den ersten paar Jahren ein bedeutender Teil des Geschiebes in der Stauhaltung abgelagert. Aufgrund eines Vergleichs mit der erfolgten Kiesschüttung Aarwangen und den Transportverhältnissen in der Stauhaltung des KW Wynau, ist davon auszugehen, dass durch die Stauhaltung des KW Rupperswil-Auenstein nach ca. 5 Jahren ein Grossteil des zugeführten Geschiebes flussabwärts weiter transportiert werden kann. Aus diesem Grund wird die Auswirkung der Anlage auf den Geschiebehaushalt als nicht wesentlich beurteilt.

Als ungünstig zu werten ist die Anhebung der Wehrschützen erst ab einem Q1 (knapp keine wesentliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts).

Anlagen ohne wesentliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts:

KW Wynau	Durchtransport Geschiebe bei Q ≥ Q1
KW Gösgen	Durchtransport Geschiebe bei Q ≥ Q9
KW Aarau	Durchtransport Geschiebe bei Q ≥ Q9
KW Rüchlig	Durchtransport Geschiebe bei Q ≥ Q6
KW Beznau Anlageteil Stauwehr	Durchtransport Geschiebe bei Q ≥ Q9

Tabelle 9.1 Anlagen an der Aare mit Beurteilung der Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts und Massnahmenentscheid.

Anlagenteil / Betreiber	Grad der Beeinträchtigung	Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt bez. Morphologie	Strecke mit wesentlicher Beeinträchtigung	Massnahme ja / nein
Stauwehr KW Flumenthal / Alpiq	Stark	Ja	Bis Stauhaltung KW Bannwil	Ja
Stauwehr KW Bannwil / BKW AG	Stark	Ja	Bis Stauhaltung KW Ruppoldingen	Ja
Stauwehr KW Wynau / onyx Energie Mittelland	Gering	Nein	-	Nein
Stauwehr KW Ruppoldingen / Alpiq	Sehr stark	Ja	Bis Stauhaltung KW Klingnau	Ja
Stauwehr KW Gösgen / Alpiq	Keine	Nein	-	Nein
Stauwehr KW Aarau / IBA	Keine	Nein	-	Nein
Stauwehr KW Rüchlig / Axpo	Gering	Nein	-	Nein
Stauwehr KW Rupperswil-Auenstein / Axpo	Gering	Nein	-	Nein
Stauwehr KW Wildegg-Brugg / Axpo	Mittelfristig: mittel Langfristig: Gering	Mittelfristig: ja Langfristig: nein	Bis Stauhaltung KW Klingnau	Ja
Hilfswehr KW Wildegg-Brugg / Axpo	Gering	Nein	-	Nein
Dachwehr KW Wildegg-Brugg / Axpo	Mittel	Ja	Bis Stauhaltung KW Klingnau	Ja
Stauwehr KW Beznau / Axpo	Gering (Kiesentnahmen nicht beurteilt)	Nein	-	Nein (Kiesentnahmen: ja)
Kiesentnahmen OW-Kanal KW Beznau / Axpo	Mittel	Ja	Bis Stauhaltung KW Klingnau	Ja, entsprechend bisheriger Praxis
Stauwehr KW Klingnau / AWAG	Sehr stark	Ja	Bis Rhein	Ja

10 Ökologisches Potenzial

Das ökologische Potenzial wurde von den kantonalen Revitalisierungsplanungen übernommen und ist aus Bild 10.1 ersichtlich[6]. Es wird zwischen grossem, mittlerem und kleinem Potenzial unterschieden.

In Bild 10.1 ebenfalls eingezeichnet sind die Abschnitte, in welchen die Morphologie und die morphologische Dynamik von einer Sanierung des Geschiebehaushalts stark profitieren (gemäss Bild 3.3).

Ökologisches Potenzial

Abschnitte mit **grossem ökologischem Potenzial** bestehen in folgenden Abschnitten (kurze Abschnitte mit abweichender Bewertung vernachlässigt):

Brügg bis Büren
Solothurn bis Attisholz
Aarwangen bis Murgenthal (ohne Solothurn)
Rothrist bis Olten (nur Bewertung Aargau)
Aarau bis Holderbank
Restwasserstrecke des KW Wildegg-Brugg
Wasserschloss
Restwasserstrecke KW Beznau
Unterwasserstrecke KW Klingnau

Ein **mittleres oder kleines ökologisches Potenzial** besteht in folgenden Abschnitten:

Büren bis Bellach
Flumenthal bis Aarwangen
Murgenthal bis Olten (Rothrist –Olten nur Bewertung Solothurn)
Olten bis Aarau
Untere Abschnitte der Stauhaltungen der KW Wildegg-Brugg, Beznau und Klingnau
Weitere kurze Abschnitte zwischen Rupperswil und Döttingen mit starken Einschränkungen.

Ökologisches Potenzial und Sanierungsplanung Geschiebehaushalt

Die Sanierung des Geschiebehaushalts ist vor allem in denjenigen Abschnitten von grosser Bedeutung, wo das ökologische Potenzial gross ist und die Morphologie und die morphologische Dynamik stark von einer Geschiebesanierung profitieren.

Gemäss Bild 10.1 sind dies folgende Flussabschnitte (rote Strecken, die blau hinterlegt sind):

---

6 Abschnitte mit sehr feiner Unterteilung sind vereinfacht dargestellt.

- KW Wynau – Murgenthal
- Rothrist – Olten
- Restwasserstrecken der KW Rüchlig, Rupperswil-Auenstein, Wildegg-Brugg
- Brugg bis Stilli (Wasserschloss)
- Restwasserstrecke KW Beznau
- KW Klingnau – Rhein

Dementsprechend befinden sich die Mehrzahl der Abschnitte, in welchen die Sanierung des Geschiebehaushalts von grosser Bedeutung ist, im Kanton Aargau.

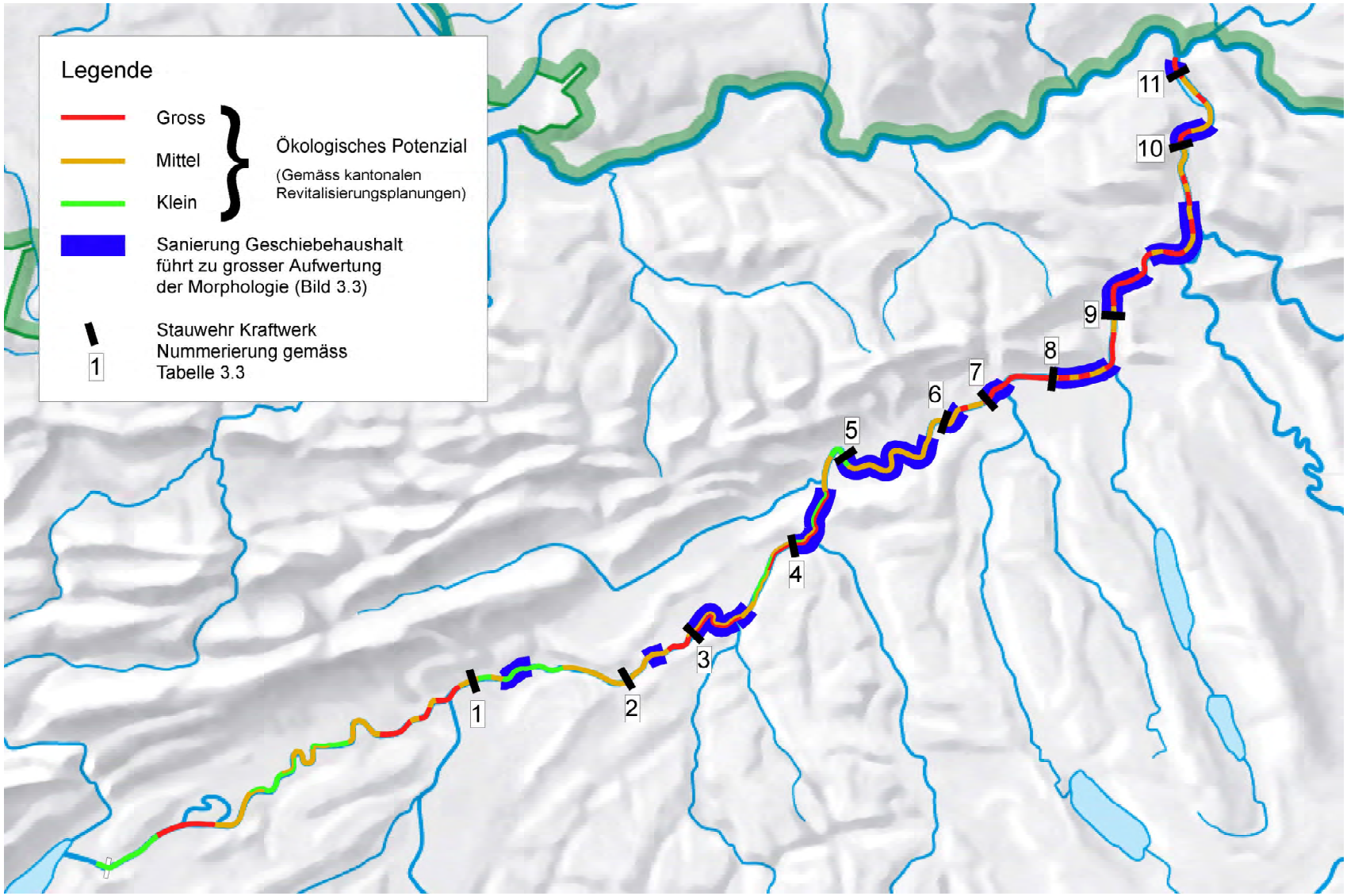


Bild 10.1 *Ökologisches Potenzial der Aare gemäss kantonalen Revitalisierungsplanungen sowie den Strecken, in welchen die Morphologie von der Sanierung des Geschiebehaushalts stark profitiert. Eingezeichnet sind zudem die Stauwehre der Kraftwerke. Massstab 1 : 400'000.*

11 Massnahmen

11.1 Anforderungen

An die Sanierung des Geschiebehaushalts bestehen folgende Anforderungen:

Erforderliche Geschiebefracht

Es sind Massnahmen zu treffen, so dass die erforderliche Geschiebefracht gemäss Kapitel 7.7 erreicht wird.

Verhältnismässigkeit

Die Massnahmen müssen verhältnismässig sein.

Hochwasserschutz

Der Hochwasserschutz darf nicht beeinträchtigt werden oder ist durch Begleitmassnahmen zu gewährleisten.

Grundwasserhaushalt

Der Grundwasserhaushalt darf nicht beeinträchtigt werden.

Mögliche Massnahmen

Massnahmen sind in nachfolgender Priorität (soweit verhältnismässig) zu berücksichtigen:

1. *Massnahmen an den Zuflüssen*

Die Sanierung des Geschiebehaushalts der Zuflüsse erhöht die Geschiebefracht der Aare.

2. *Massnahmen an den Stauwehren*

Gemäss Gewässerschutzverordnung ist bei Wasserkraftwerken das Geschiebe soweit möglich durch die Anlage zu leiten (Art. 42c, Abs.2, GSchV). Dementsprechend sind Massnahmen zur Verbesserung der Geschiebedurchgängigkeit anderen Massnahmen (z.B. Kiesschüttungen) soweit möglich und verhältnismässig vorzuziehen.

3. *Kiesschüttungen*

Durch Kiesschüttungen, die bei Hochwasserabfluss erodiert werden, kann die Geschiebefracht erhöht werden. Der Standort und die Zusammensetzung des Schüttmaterials sind zu bestimmen.

Die Herkunft des Schüttmaterials sollte sich nach folgenden Kriterien richten:

- Nach Möglichkeit aus Geschiebesammlern
- Möglichst kurze Transportwege

3.1 *Verwertung von Kies aus dem Emme-Geschiebesammler*

Ein Grossteil der fehlenden Geschiebefracht in der Aare wird im Emme-Geschiebesammler vor der Mündung in die Aare abgelagert. Der im Geschiebesammler abgelagerte Kies gehört grundsätzlich dem Staat (Kanton Solothurn).

Die Alpiq als Betreiberin des KW Flumenthal ist per Konzession verpflichtet, den Geschiebesammler zu bewirtschaften, bzw. zu entleeren. Mit dieser Aufgabe beauftragt ist ein lokales Kiesunternehmen.

Dieser Kies, der natürlicherweise in die Aare transportiert würde, kann wahrscheinlich kostengünstig für Kiesschüttungen verwendet werden, da eventuell nur Kosten für die Entnahme, das Aussieben, den Transport sowie die Schüttung

des Materials anfallen.

Mit dem Emmekies könnten die Kiesschüttungen bei Deitingen, Aarwangen und Olten (Massnahmen G01, G02, G04) ausgeführt werden. Es ist abzuschätzen, ab welcher Distanz der Transport unwirtschaftlich ist und der Kies von Vorteil aus einer Kiesgrube bezogen wird.

4. Entfernen von Uferverbauungen

Durch die Entfernung von Uferverbauungen kann bei seitlich anstehenden mächtigen Schotterterrassen der Geschiebeeintrag durch Seitenerosion erhöht werden. An der Aare sind keine Uferabschnitte vorhanden, wo entsprechende Schotterterrassen vorhanden sind, deren Erosion zugelassen werden könnte und somit zu einer bedeutenden Erhöhung der Geschiebefracht führen würde.

Erfolgskontrolle und zukünftige Anpassung der Geschiebefracht

Die Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts sind durch eine Erfolgskontrolle (Morphologie, Biologie, Hochwasserschutz) zu begleiten, aufgrund derer die Geschiebefracht allenfalls anzupassen ist.

In den nachfolgenden Kapiteln sind die Massnahmen beschrieben und deren Lage ist aus den Plänen 1 und 2 ersichtlich.

11.2 Massnahme G01: Kiesschüttung Deitingen

Lage	km87.3 Rechtes Ufer bei A1-Raststätte Deitingen Zufahrt vorhanden
Massnahme	Aareseitige Ergänzung der bestehenden Restbank durch periodische Kiesschüttung. Infolge Erosion der Schüttung wird im Unterwasser die Geschiebefracht erhöht. Ø Geschiebezufuhr 1'000m^3/a Schüttvolumen 3'000 – 4'000m^3 Schüttperiode 3 - 4 Jahre
Begründung	Mit der Massnahme wird der Geschiebehaushalt im unteren Abschnitt der Unterwasserstrecke des KW Flumenthal reaktiviert. Wegen der kurzen profitierenden Strecke wird aus Gründen der Verhältnismässigkeit eine gegenüber der erforderlichen Fracht reduzierte Geschiebefracht akzeptiert. Die Fracht ist etwa 3 Mal so gross als diejenige infolge der erfolgten Kiesschüttung von 2005.
Wirkung	Anfänglich dient vor allem die Schüttung selbst als Laichstandort. Mittelfristig bilden sich im Unterwasser in morphologisch geeigneten Bereichen Kiesablagerungen, die ebenfalls als Laichstandorte genutzt werden können.
Profitierende Strecke	Kiesschüttung bis vor Wangen a.A. (ca. km85.5) Länge 1.8km

Zusammensetzung Schüttmaterial	Eher fein (vergleichsweise geringe Schleppkraft, kurze Transportdistanz) dmax ca. 6cm dm 1.7 – 2.0cm
Herkunft Material	1. Priorität: Ausgesiebter Kies aus Geschiebesammler Emmemündung 2. Priorität: Geeignete Mischung aus Kiesgrube
Hochwasserschutz	Gemäss /6/ wird das Geschiebe bis km 222.0 transportiert, wo es langfristig (Zeithorizont 50 Jahre) infolge der grossen Gerinnebreite zu beschränkten Auflandungen (Bankbildung) kommt. Dadurch wird der Hochwasserspiegel um weniger als 1dm angehoben.
Auswirkungen auf den Unterwasserspiegel des KW Flumenthal	Bei maximaler Ausdehnung der Schüttung wird der Unterwasserspiegel des KW Flumenthal um weniger als 1cm (Abflüsse < 300m^3/s) bis ca. 5cm (Abfluss ≥ 600m^3/s) angehoben. Nach einsetzender Erosion reduzieren sich diese Werte (aus /6/).
Kosten	Für 1'000m^3 Kies: Fr. 30'000 Über 40 Jahre: Fr. 1'200'000 (hohe Kosten)
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	Alpiq Ja
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Hoch / Mittel (hoher Anteil an Geschiebefracht, kurze profitierende Strecke) Ja
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Nachgewiesen / Gut Grad Beeinträchtigung: sehr stark Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): mittel Verhältnismässigkeit: Ja Keine nennenswerte negative Auswirkungen (UW KW Flumenthal, Hochwasserschutz, Grundwasser)
Priorität	1
Fristen	Planung 2015 Umsetzung ab 2016
Weiteres Vorgehen	Festsetzen und Verfügen der Massnahme Massnahme planen, bewilligen und umsetzen

11.3 Massnahme G02: Kiesschüttung Aarwangen

Lage	km76.8 Rechtes Ufer vor Kiesgrube Risi Zufahrt vorhanden
Massnahme	Schütten einer grossen Kiesinsel. Infolge Erosion der Schüttung wird der Aare Geschiebe zugeführt. Ø Geschiebezufuhr 3'300m^3/a Schüttvolumen 10'000m^3 Schüttperiode 3 Jahre
Begründung	Sanierung des Geschiebehaushalts der Aare zwischen Aarwangen und Murgenthal. Die durchschnittliche Schüttmenge entspricht der erforderlichen Geschiebefracht.

Wirkung	Die Schüttung wird wegen der hohen Schleppkraft erfahrungsgemäss rasch erodiert. Die Geschiebeablagerungen und Bänke, die sich infolge der bisherigen Schüttungen gebildet haben, werden erneuert und tendenziell leicht vergrössert. Diese Kiesablagerungen können, sofern sie nicht durch Schwebstoffablagerungen beeinträchtigt werden, als Laichstandorte genutzt werden.
Profitierende Strecke	Kiesschüttung bis Stauhaltung KW Ruppoldingen. (ca. km66) Länge 11km
Zusammensetzung Schüttmaterial	Leicht feiner als Wiggergeschiebe dmax ca. 6cm dm 2.0 – 2.5cm
Herkunft Material	1. Priorität: Ausgesiebter Kies aus Geschiebesammler Emmemündung 2. Priorität: Geeignete Mischung aus Kiesgrube
Hochwasserschutz	Das Geschiebe wird ohne Auswirkungen auf den Hochwasserschutz bis in die Stauhaltung des KW Ruppoldingen transportiert. Hier lagert sich das Geschiebe im Stauwurzelbereich ab, der sich infolge des variablen Stauziels verschiebt. Dadurch können bei NW-Abfluss Bänke sichtbar werden. Ob diese Ablagerungen langfrisig zu einer unzulässigen Anhebung des Hochwasserspiegels führen, wurde nicht untersucht.
Auswirkungen auf den Unterwasserspiegel des KW Bannwil	Bei maximaler Ausdehnung der Kiesbank wird der Unterwasserspiegel des KW Bannwil um < 2cm (Abflüsse < 300m^3/s) bis ca. 5cm (Abfluss ≥ 600m^3/s) angehoben. Nach einsetzender Erosion reduzieren sich diese Werte (aus /7/). Weil die Kiesschüttung erfahrungsgemäss rasch erodiert, sind die Auswirkungen auf das Unterwasser des KW Bannwil vernachlässigbar.
Kosten	Für 3'300m^3 Kies: Fr. 110'000 Über 40 Jahre: Fr. 4'400'000 (hohe Kosten)
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	BKW AG Ja
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Hoch / Gross (100% Anteil an Geschiebefracht, mittellange profitierende Strecke) Ja
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Nachgewiesen / Gut Grad Beeinträchtigung: sehr stark Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Ja Keine nennenswerte negative Auswirkungen (UW KW Flumenthal, Hochwasserschutz, Grundwasser)
Priorität	1
Fristen	Planung 2015 Umsetzung ab 2016
Weiteres Vorgehen	Festsetzen und Verfügen der Massnahme Massnahme planen, bewilligen und umsetzen

11.4 Massnahme G03: Absenken Oberwasserpegel KW Ruppoldingen

Lage	km61.36
Massnahme	Absenken des Oberwasserspiegels um 1.5m auf 396.90m ü.M. bei Abflüssen ab 600m^3/s.
Begründung	Mittel- bis langfristige Realisierung der Geschiebekontinuität durch die Anlage mit entsprechender Reduktion der im Unterwasser erforderlichen Kiesschüttungen (Massnahmen 4 und 5).
Wirkung	Durch das Absenken des Oberwasserpegels wird das Geschiebe tiefer in die Stauhaltung und bei gegenüber dem Istzustand kleineren Hochwasserabflüssen durch das Stauwehr transportiert. Ein Teil des Geschiebes (anfänglich mehr oder weniger alles, dann zunehmend weniger) wird in der Stauhaltung abgelagert. Unter Annahme einer Geschiebezufuhr von gut 3'000m^3/a dürften in den ersten 20 Jahren 35'000 – 40'000m^3 Geschiebe abgelagert werden, was 58 – 67% des zugeführten Materials entspricht. Nach 15 – 20 Jahren dürfte rund 1/3 des zugeführten Geschiebes durch das Stauwehr transportiert werden. Ein Gleichgewicht wird nach 30 – 40 Jahren erreicht sein. Die Dauer bis zum Durchtransport ist weniger vom Umsetzzeitpunkt der Oberwasserpegelabsenkung sondern vielmehr vom in die Stauhaltung eingetragenen Geschiebevolumen abhängig. Beispielsweise hat die Anpassung des Wehrreglements nach erst 10 Jahren keinen Einfluss auf den Zeitpunkt des Durchtransports, weil das Geschiebe nach Anpassung des Wehrreglements bei Hochwasser relativ rasch tiefer in die Stauhaltung verlagert wird. Ein signifikanter Durchtransport ist aber erst nach Umsetzung der Staupegelabsenkung möglich.
Profitierende Strecke	Stauhaltung KW Ruppoldingen bis KW Klingnau. (ca. km4.0) Länge ca. 60km
Hochwasserschutz	Im Stauwurzelbereich werden Sohlenanhebungen und ein langfristig allfällig beeinträchtigter Hochwasserschutz verhindert. Das Geschiebe wird (zusammen mit dem Wiggergeschiebe) ohne Auflandungen, welche den Hochwasserschutz signifikant beeinträchtigen, durch die Stauhaltung und die Restwasserstrecke des KW Gösgen flussabwärts transportiert.
Auswirkungen auf die Unterwasserstrecke	Die Auswirkungen auf die leicht abgetiefte Unterwasserstrecke wurden bisher nicht untersucht.
Auswirkungen auf das Umgehungsgewässer	Bei einer Staupegelabsenkung um 1.5m fliessen im Umgehungsgewässer noch maximal 2.8m^3/s ab. Während der Laichzeit (März – Juni) kann damit der geforderte Abfluss von 4.3m^3/s (ohne zusätzlichen Pumpbetrieb oder baulichen Massnahmen) nicht eingehalten werden.
Wirkung bei reduzierter Absenkung	Bei einer reduzierten Absenkung des Oberwasserpegels um 1.2m auf die aktuell untere Grenze des Konzessionspegels müssen in der Stauhaltung 70'000 - 80'000m^3 mehr Geschiebe abgelagert werden, damit in der Stauhaltung dieselben Transportverhältnisse wie bei einer Absenkung um 1.5m erreicht werden. Bei einer Geschiebezufuhr von 3'000m^3/a verzögert sich dadurch der Durchtransport um ca. 25 Jahre.

Kosten	Die Kosten können zurzeit nicht abgeschätzt werden. Es wird empfohlen, die Absenkung des Oberwasserspiegels bei Hochwasserabfluss mit einem generellen Höherstau im Winter zu kombinieren. Dadurch können die Stromeinbussen kompensiert werden und es resultieren geringe bis mittlere Kosten.
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	Alpiq Ja (eine Kompensation mit einer Mehrproduktion infolge Höherstau im Winterhalbjahr ist anzustreben)
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Noch offen / Gross (Beitrag an Geschiebefracht > 50%, sehr lange profitierende Strecke) Noch offen
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Unsicher / Noch offen Grad Beeinträchtigung: sehr stark Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Noch offen Diverse offene Punkte (vgl. weiteres Vorgehen)
Priorität	1 (Zusatzabklärungen)
Fristen	Zusatzabklärungen 2015 - 2017 Massnahmenentscheid 2018
Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen (zuständig: Alpiq): • Räumliche Abstimmung mit Naturschutz / Auenschutz • Auswirkungen auf Umgehungsgerinne und erforderliche Massnahmen • Uferstabilität • Auswirkungen auf Unterwasser • Machbarkeit Kombination mit Höherstau im Winter • Eventuell weitere Massnahmenentscheid

11.5 Massnahme G04: Kiesschüttung Olten

Lage	km58.8 Linkes Ufer zwischen Höfli und Ruttigen Ab Ruttigerstrasse ist eine Baupiste ans Ufer zu erstellen.
Massnahme	Schütten einer Kiesbank. Infolge Erosion der Schüttung wird die Geschiebefracht der Aare erhöht. Ø Geschiebezufuhr 1'500m^3/a Schüttvolumen 4'500m^3 Schüttperiode 3 Jahre
Begründung	Ergänzen des Geschiebeeintrags der Zuflüsse ab KW Ruppoldingen (insbes. aus der Wigger) auf die erforderliche Fracht zur Sanierung des Geschiebehaushalts bis Aarau.
Wirkung	Die Schüttung befindet sich entlang einem leichten Prallhang mit hohen Schleppkräften (Bild 6.18) und wird daher gut erodiert. Anschliessend wird das Material an morphologisch günstigen Bereichen ab- und umgelagert. Die Massnahme ist solange umzusetzen, bis Massnahme 3 umgesetzt ist und ca. 1/3 des vom OW zugeführten Geschiebes durch das Stauwehr Ruppoldingen flussabwärts transportiert wird.

Profitierende Strecke	Kiesschüttung bis Stauhaltung KW Klingnau. (ca. km4.0) Länge 53km
Zusammensetzung Schüttmaterial	Leicht feiner als Wiggergeschiebe dmax ca. 6cm dm 2.0 – 2.5cm
Herkunft Material	1. Priorität: Ausgesiebter Kies aus Geschiebesammler Emmemündung 2. Priorität: Geeignete Mischung aus Kiesgrube
Hochwasserschutz	Das Geschiebe wird ohne Auflandungen, welche den Hochwasserschutz signifikant beeinträchtigen, durch die Stauhaltung und die Restwasserstrecke des KW Gösgen flussabwärts transportiert. Erfahrungsgemäss dürfte die Schüttung bei grossen Hochwasserereignissen (> HQ30) vor Eintreten der Abflussspitze weitgehend erodiert sein, so dass im Oberwasser unerwünschte Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel ausgeschlossen werden können. Die Durchführung eines entsprechenden Nachweises wird empfohlen.
Auswirkungen auf UW KW Ruppoldingen und Waage Aarburg	Die Anhebung des Wasserspiegels infolge der Kiesschüttung ist im Unterwasser des KW Ruppoldingen nicht spürbar. Die Kiesschüttung hat keinen Einfluss auf die Waage.
Kosten	Für 1’500m^3 Kies: Fr. 65'000 Über 40 Jahre: Fr. 2’600'000 (hohe Kosten)
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	Alpiq Ja
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Hoch / Gross (mittlerer Anteil an Geschiebefracht (> 30%), sehr lange profitierende Strecke) Ja
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Wahrscheinlich / Gut Grad Beeinträchtigung: sehr stark Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Ja Wahrscheinlich keine nennenswerte negative Auswirkungen (UW KW Ruppoldingen, Hochwasserschutz, Grundwasser)
Priorität	1
Fristen	Zusatzabklärungen und Planung 2014/15 Festsetzen und Verfügen der Massnahme 2015 Umsetzung ab 2016/17
Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen: • Flussbauliche Nachweise (HWS, Erosion Kiesschüttung) Festsetzen und Verfügen der Massnahme Massnahme planen, bewilligen und umsetzen

11.6 Massnahme G05: Kiesschüttung Aarau

Lage	km36.4 Linkes Ufer in der Restwasserstrecke des KW Rüchlig Zufahrt über Zurlindeninsel
Massnahme	Schütten einer Kiesbank. Infolge Erosion der Schüttung wird die Geschiebefracht der Aare erhöht. Ø Geschiebezufuhr 1'500m^3/a Schüttvolumen 4'500m^3 Schüttperiode 3 Jahre
Begründung	Anheben der Geschiebeführung auf die erforderliche Fracht und Sanierung des Geschiebehaushalts bis zur Reuss.
Wirkung	Die Schüttung befindet sich entlang einem Prallhang und wird daher gut erodiert. Anschliessend wird das Material an morphologisch günstigen Bereichen ab- und umgelagert. Falls Massnahme 3 umgesetzt ist und ca. 1/2 des vom OW zugeführten Geschiebes durch das Stauwehr Ruppoldingen flussabwärts transportiert wird, kann die Ø Geschiebezufuhr auf 1'000m^3/a reduziert werden.
Profitierende Strecke	Kiesschüttung bis Stauhaltung KW Klingnau. (ca. km4.0) Länge 32km
Zusammensetzung Schüttmaterial	Wie Wiggergeschiebe dmax ca. 8cm dm 2.5cm
Herkunft Material	Noch offen
Hochwasserschutz	In den Stauwurzelbereichen der Kraftwerke Rupperswil-Auenstein und Wildegg-Brugg sind geringe Sohlenanhebungen zu erwarten. Inwieweit dadurch der Hochwasserspiegel angehoben wird, wurde nicht untersucht. Erfahrungsgemäss dürfte die Schüttung bei grossen Hochwasserereignissen (> HQ30) vor Eintreten der Abflussspitze weitgehend erodiert sein, so dass im Oberwasser unerwünschte Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel ausgeschlossen werden können. Die Durchführung eines entsprechenden Nachweises wird empfohlen.
Auswirkungen auf den Unterwasserspiegel des Dotierkraftwerks beim Stauwehr Rüchlig	Die Anhebung des Wasserspiegels infolge der Kiesschüttung wurde nicht untersucht.
Kosten	Für 1'500m^3 Kies: Fr. 85'000 Über 40 Jahre: Fr. 3'400'000 (hohe Kosten)
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	Alpiq, mit vertraglicher Abmachung mit Axpo Ja
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Hoch / Gross (mittlerer Anteil an Geschiebefracht (> 30%), lange profitierende Strecke) Ja
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Wahrscheinlich / Gut Grad Beeinträchtigung: sehr stark Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Ja Wahrscheinlich keine nennenswerte negative Auswirkungen (UW KW Rüchlig, Hochwasserschutz, Grundwasser, Aue)
Priorität	1

Fristen	Zusatzabklärungen und Planung 2015 Festsetzen und Verfügen der Massnahme 2015 Umsetzung ab 2016/17
Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen: • Räumliche Abstimmung mit Auenschutz • Flussbauliche Nachweise (HWS, Erosion Kiesschüttung, Dotierkraftwerk Stauwehr Rüchlig) • Zufahrt (Privatbesitz) Festsetzen und Verfügen der Massnahme Massnahme planen, bewilligen und umsetzen

11.7 Massnahme G06: Kiesschüttung Wildischachen

Lage	Z.B. km22.3 (genauer abzuklären) Rechtes Ufer in der Restwasserstrecke des KW Wildegg-Brugg, flussabwärts Hilfswehr Zufahrt vorhanden
Massnahme	Schütten einer Kiesbank, die zunehmend erodiert wird Ø Geschiebezufuhr 2'500m^3/a Schüttvolumen z.B. 5'000m^3 Schüttperiode 2 Jahre Dauer der Massnahme 10 - 20 Jahre
Begründung	Mit der Massnahme wird das zeitlich befristete Geschiebedefizit infolge Rückhalt in den Stauhaltungen der KW Rupperswil-Auenstein und Wildegg-Brugg reduziert.
Wirkung	Die Schüttung wird bei Hochwasserabfluss zunehmend erodiert und das Geschiebe in der Restwasserstrecke ab- und umgelagert, wodurch geeignete Laichhabitate entstehen.
Profitierende Strecke	Kiesschüttung bis Stauhaltung KW Klingnau (ca. km4.0) Länge ca. 18km
Zusammensetzung Schüttmaterial	Noch zu bestimmen
Herkunft Material	Noch offen
Hochwasserschutz	Infolge Bankbildung ist von einer geringen Anhebung des Hochwasserspiegels auszugehen. Die Anhebung ist kleiner als bei Erreichen eines neuen dynamischen Gleichgewichtszustandes mit der erforderlichen Geschiebefracht. Es wird empfohlen, die Auswirkugen auf den Hochwasserschutz abzuklären.
Kosten	Für 2'500m^3 Kies: Fr. 140'000 Über **15** Jahre: Fr. 2'100'000 (hohe Kosten)
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	Axpo. Begründung: Ohne Stauwehr Wildegg-Brugg würde das Geschiebe ungehindert flussabwärts weiter transportiert. Der Geschieberückhalt ist auf die Stauhaltung zurück zu führen. Ja
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Hoch / Gross (grosser Anteil an Geschiebefracht (30 - 100%), lange profitierende Strecke) Ja

Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Wahrscheinlich / Gut Grad Beeinträchtigung: mittel Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Ja Wahrscheinlich keine nennenswerte negative Auswirkungen (Hochwasserschutz, Grundwasser, Aue)
Priorität	1
Fristen	Zusatzabklärungen und Planung 2015 Festsetzen und Verfügen der Massnahme 2015/16 Umsetzung ab 2016/17
Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen: • Räumliche Abstimmung mit Auenschutz • Flussbauliche Nachweise (HWS, Erosion Kiesschüttung, Grundwasser) • Abklärung, ob die Umsetzung der Massnahme vor dem Rückbau des Dachwehrs machbar ist (Hochwasserschutz). Aufgrund des aktuellen Kenntnisstandes ist kurz- bis mittelfristig keine Beeinträchtigung des Hochwasserschutzes zu erwarten (stark ausgeräumtes Gerinne, Bankbildung in Zwischenstrecke, vergleichsweise geringe Fracht). Festsetzen und Verfügen der Massnahme Massnahme planen, bewilligen und umsetzen

11.8 Massnahme G07: Dachwehr KW Wildegg-Brugg

Lage	km19.5
Massnahme	Rückbau des Dachwehrs
Begründung	Das Dachwehr, das nicht mehr benötigt wird, führt zu einem zeitlich beschränkten Geschieberückhalt im Oberwasser und beeinträchtigt die Strömungsverhältnisse im Oberwasser.
Wirkung	In der aufgehobenen Staustrecke können geeignete Laichhabitate entstehen. Das Geschiebe kann ungehindert flussabwärts transportiert werden (Geschiebekontinuität gewährleistet). Die Vernetzung (flussauf- und abwärts) wird sicher gestellt.
Profitierende Strecke	Ca. km21.0 – km19.5 (1.5km Stauhaltung) sowie Unterwasser bis Stauwurzel KW Klingnau, ca. km5.0 Länge total 16km
Hochwasserschutz	Flussaufwärts des Dachwehrs kann der Hochwasserspiegel abgesenkt und der Hochwasserschutz verbessert werden.
Kosten	Noch offen
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	Axpo Eher nein
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Noch offen / Mittel (mittellange profitierende Strecke) Ja

Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Wahrscheinlich / Gut Grad Beeinträchtigung: mittel Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Ja Wahrscheinlich keine nennenswerte negative Auswirkungen (Hochwasserschutz, Grundwasser, Aue)
Priorität	1
Fristen	Zusatzabklärungen und Planung 2015/16 Festsetzen und Verfügen der Massnahme 2016 Umsetzung 2017
Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen: • Räumliche Abstimmung mit Auenschutz • Flussbauliche Nachweise (HWS, Grundwasser) Festsetzen und Verfügen der Massnahme Massnahme planen, bewilligen und umsetzen

11.9 Massnahme G08: Umdeponieren Kies KW Beznau

Lage	Km8.71
Massnahme	Falls aus dem Oberwasserkanal Kies entnommen werden muss, ist dieser im Unterwasser des Stauwehrs an geeigneter Stelle in die Restwasserstrecke zu schütten (entsprechend bisheriger Praxis). Nach Sanierung des Geschiebehaushalts mit erhöhter Geschiebefracht wird mehr Geschiebe in den Oberwasserkanal eingetragen, so dass sich das Entnahmeintervall erhöhen wird.
Begründung	Grundsätzlich soll Kies, der bei einer Anlage aus betrieblichen Gründen entnommen werden muss, wieder dem Gewässer zurückgegeben werden. Eine Abfuhr oder eine kommerzielle Nutzung sollte nur bei einer Beeinträchtigung des Hochwasserschutzes oder einem anderen übergeordneten öffentlichen Interesse zugelassen werden. Würde eine Entnahme toleriert, so könnte der Geschiebehaushalt bei jeder Anlage und damit in Fliessrichtung zunehmend beeinträchtigt werden.
Wirkung	Das Geschiebe wird in der Aare ab- und umgelagert und bildet wertvolle Strukturen mit lockerem Substrat.
Profitierende Strecke	Ca. km8.5 – km5.0 Länge total 3.5km
Hochwasserschutz	Mit der Sanierung des Geschiebehaushalts wird die Geschiebefracht der Aare stark erhöht. Die Gesamtfracht beträgt aber immer noch deutlich weniger, als vor dem Bau der Kraftwerke Flumenthal und Bremgarten-Zufikon (Reuss). Zu diesem Zeitpunkt war das Kraftwerk Beznau schon lange in Betrieb. Daher sind signifikante Sohlenauflandungen unwahrscheinlich. Allfällige Auswirkungen auf die Sohlenlage und den Hochwasserspiegel könnten anhand morphologischer Modellberechnungen ermittelt werden.

Kosten	Keine Angaben (abhängig vom zu entfernenden Kiesvolumen).
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	Axpo Eher nein
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Nicht bekannt / Mittel (eher kleiner Anteil an Geschiebefracht, eher kurze profitierende Strecke) Ja
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Nachgewiesen / Gut Grad Beeinträchtigung durch Entnahme und Rückgabe: Gering Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Ja Wahrscheinlich keine nennenswerte negative Auswirkungen (Hochwasserschutz, Grundwasser)
Priorität	1
Fristen	Entnahmen und Rückgaben in Absprache mit Kanton.
Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen: • Flussbauliche Nachweise in Restwasserstrecke unter Berücksichtigung eines sanierten Geschiebehaushalts (Transportkapazität, HWS, Grundwasser) Geplante Entnahme und Rückgabe (2015/16) umsetzen (vgl. Kap. 5.10)

11.10 Massnahme G09: Absenken Oberwasserpegel KW Klingnau

Lage	km1.56
Massnahme	Absenken des Oberwasserspiegels bei Hochwasserabfluss, sodass im Stauwurzelbereich unerwünschte Auflandungen vermieden und Geschiebe mittel- bis langfristig durch das Stauwehr flussabwärts transportiert werden kann. Die Schützen sind bereits bei kleineren Hochwasserabflüssen anzuheben (ca. Q3 oder früher).
Begründung	Gemäss GSchV soll das Geschiebe bevorzugt durch die Anlage transportiert werden. Bei konstantem Oberwasserspiegel ist mittel- bis langfristig von einer unzulässigen Anhebung des Hochwasserspiegels im Stauwurzelbereich auszugehen. Dies kann mit der Massnahme verhindert werden.
Wirkung	Auf die Kiesschüttungen im Unterwasser des Kraftwerks (Massnahme G10) kann mittel- bis langfristig verzichtet und die Strecke bis zum Rhein kann stärker aufgewertet werden.
Profitierende Strecke	Km1.56 – km0.0 sowie Rhein bis Stauhaltung KW Säckingen.
Hochwasserschutz	In der Stauhaltung kann der Hochwasserschutz langfristig gewährleistet werden. Es ist abzuklären, ob und inwieweit der sanierte Geschiebehaushalt zu Sohlenanhebungen im Unterwasser und zu einer Beeinträchtigung des Hochwasserschutzes führen würde.
Flachwasserzone Stauhaltung	Die Absenkung des Oberwasserspiegels hat die Auswirkungen auf die Flachwasserzonen der Stauhaltung zu berücksichtigen. Die Machbarkeit der Massnahme ist durch Modellberechnungen zu untersuchen.

Unterwasserstrecke KW Klingnau	Es ist abzuklären, ob und inwieweit der sanierte Geschiebehaushalt zu Sohlenanhebungen im Unterwasser und zu einer Anhebung des Unterwasserspiegels des KW Klingnau führen würde.
Kosten	Noch offen
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	Axpo Ja
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Noch offen / Gross (Gesamte Geschiebefracht bis Rhein, lange profitierende Strecke bis UW KW Laufenburg) / Noch offen
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Noch offen / Noch offen Grad Beeinträchtigung: sehr stark Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: noch offen
Priorität	1 (Zusatzabklärungen)
Fristen	Zusatzabklärungen in Bearbeitung (Neukonzessionierung)
Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen im Rahmen der anstehenden Neukonzessionierung: • Erforderliche Absenkung OW-Pegel • Auswirkungen auf Flachwasserzone Stauhaltung • Auswirkungen auf die leicht abgetiefte Unterwasserstrecke und den UW-Spiegel • Sohlenauflandungen und Hochwasserschutz ohne Staupegelabsenkung (Referenzszenario)

11.11 Massnahme G10: Kiesschüttung Koblenz

Lage	km1.4, km0.95, km0.55 Gerinnemitte und rechte Gerinnehälfte Zugabe mittels Pontonflossen oder dgl.
Massnahme	Schütten von 2 - 3 Kiesinseln, die langsam erodiert werden. Ø Geschiebezufuhr 2'000m^3/a Schüttvolumen z.B. 4'000m^3 Schüttperiode 2 Jahre Die Massnahme ist mit der Sanierungsplanung Geschiebehaushalt Hochrhein abzustimmen /22/.
Begründung	Mit der Massnahme wird der Geschiebehaushalt zwischen dem KW Klingnau und dem Rhein reaktiviert. Wegen der kurzen profitierenden Strecke wird aus Gründen der Verhältnismässigkeit eine reduzierte Geschiebefracht toleriert. Die Fracht entspricht etwa 1/3 der erforderlichen Fracht gemäss Kapitel 7.7.
Wirkung	Die Schüttungen dienen vor allem selbst als Laichstandort. Durch Erosion der Bänke wird Geschiebe dominant in der rechten Gerinnehälfte transportiert, wodurch hier die Sohle leicht angehoben wird und sich neue geeignete Laichstandorte bilden können. Anschliessend wird das Geschiebe in den Rhein transportiert und die Geschiebefracht entsprechend erhöht.
Profitierende Strecke	Kiesschüttung bis Stauhaltung KW Säckingen Länge ca. 32km

Zusammensetzung Schüttmaterial	Noch zu bestimmen
Herkunft Material	Möglichkeiten: Kies aus dem Stauwurzelbereich Thurgeschiebe Geeignete Mischung aus Kiesgrube
Hochwasserschutz	Aufgrund der Kiesschüttungen sind keine Auswirkungen auf den Hochwasserschutz zu erwarten. Die Auswirkungen auf die Sohlenlage des Rheins und den Hochwasserspiegel in der Stauhaltung des KW Albbruck-Dogern sind zusammen mit den Auswirkungen der Sanierung des Geschiebehaushalts des Hochrheins abzuklären.
Auswirkungen auf den Unterwasserspiegel des KW Klingnau	Die Anhebung des Unterwasserspiegels infolge der Kiesschüttungen ist zu untersuchen und die Anzahl und Grösse der Schüttungen darauf abzustimmen.
Kosten	Für 2'000m^3 Kies: Fr. 120'000 Über 40 Jahre: Fr. 4'800'000 (hohe Kosten)
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	AWAG Ja
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Hoch / Gross (Gesamte Geschiebefracht bis Rhein, lange profitierende Strecke) Ja
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Wahrscheinlich / Gut Grad Beeinträchtigung: sehr stark (Aare) Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Ja
Priorität	1
Fristen	Zusatzabklärungen und Planung 2015 Festsetzen und Verfügen der Massnahme 2015/16 Umsetzung ab 2016/17
Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen: • Räumliche Abstimmung mit Auenschutz • Zufahrt • Flussbauliche Nachweise (Hochwasserschutz, Erosion Kiesschüttungen, Anhebung UW-Spiegel KW Klingnau und Energieproduktion) Festsetzen und Verfügen der Massnahme Massnahme planen, bewilligen und umsetzen

11.12 Zusammenfassung Massnahmen

In Tabelle 11.1 sind für alle Anlagen, die zu einer wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts führen, die vorgeschlagenen Massnahmen mit den Kosten, dem Nutzen, der Verhältnismässigkeit, der Machbarkeit, der Umsetzbarkeit, der Priorität, den Fristen und dem weiteren Vorgehen aufgeführt. Die Angaben entsprechen denjenigen der Kapitel 11.2 bis 11.11.

Die **Machbarkeit** (Klassierung: nachgewiesen, wahrscheinlich, unsicher, noch offen) wurde aufgrund folgender Kriterien beurteilt:

- Technische Machbarkeit
- Kompatibilität mit Konzessionen
- Hochwasserschutz (auch Uferstabilität)
- Räumliche Abgrenzung (insbesondere Auen- und Naturschutz)

Die **Umsetzbarkeit** (Klassierung: gut, mittel, schlecht, noch offen) wurde aufgrund folgender Kriterien beurteilt:

- Grad der Beeinträchtigung
- Ökol. Potenzial
- Verhältnismässigkeit
- Hochwasserschutz
- Energiepolitische Ziele
- Räumliche Abstimmung

Die **Priorität** wurde aufgrund folgender Kriterien beurteilt:

- Wirkung
- Umsetzbarkeit
- Machbarkeit

Alle vorgeschlagenen Massnahmen liefern einen Beitrag, den Geschiebehaushalt der Aare abschnittsweise zu sanieren. Bei den Massnahmen G03 und G09 kann die Machbarkeit zurzeit nicht nachgewiesen werden. Zudem würden diese Massnahmen erst nach einer gewissen Zeit voll zur Wirkung kommen. Daher werden für diese Anlagen die Massnahmen G04 und G10 vorgeschlagen, die zumindest für eine Übergangszeit zur Umsetzung kommen sollten. Die Massnahmen G03 und G09 würden die Geschiebekontinuität ermöglichen und damit viele LKW-Transporte vermeiden, was im Sinne GSchV Art. 42c ist.

Tabelle 11.1 Anlagen mit Massnahmen, Kosten, Nutzen, Verhältnismässigkeit, Machbarkeit, Umsetzbarkeit, Priorität, Fristen und weiterem Vorgehen.
***Teil 1: KW Flumenthal – KW Ruppoldingen**.*

Anlage / Anlagenteil / Betreiber	**Massnahme**	**Kosten** (niedrig-mittel-hoch) / **Nutzen** (klein-mittel-gross) / **Verhältnismässigkeit** (ja - nein)	**Machbarkeit / Umsetzbarkeit**	**Priorität** (1, 2, 3)	**Fristen**	**Weiteres Vorgehen**
KW Flumenthal / Stauwehr / Alpiq	Nr. **G01** Kiesschüttung entlang rechtem Aareufer bei Deitingen	Hoch (Fr. 30'000/a)/ Mittel (kurze Strecke 1.8km) / Ja (u.a. geeigneter Äschenstandort)	Nachgewiesen / Gut	2	Planung 2015 Umsetzung ab 2016	Keine Zusatzabklärungen erforderlich Festsetzen, Verfügen, Planen und Ausführen der Massnahme
KW Bannwil/ Stauwehr / BKW AG	Nr. **G02** Kiesschüttung entlang rechtem Aareufer bei der Risigrube, Aarwangen	Hoch (Fr. 110'000/a)/ Gross (lange Strecke 11km) Ja	Nachgewiesen / Gut	1	Planung 2015 Umsetzung 2016 / 17 (letzte Schüttung Winter 2013/14 ca. 10'000m3)	Keine Zusatzabklärungen erforderlich Festsetzen, Verfügen, Planen und Ausführen der Massnahme
KW Ruppoldingen/ Stauwehr / Alpiq	Nr. **G03** Absenken OW-Spiegel KW Ruppoldingen um 1.5m ab Q = 600m^3/s	Noch offen / Gross (sehr lange Strecke, ca. 60km) / Noch offen	Unsicher / Noch offen	2 (1 bez. Zusatz-abklärungen)	Zusatzabklärungen 2016 Massnahmenentscheid 2017	Zusatzabklärungen (Alpiq)
KW Ruppoldingen/ Stauwehr / Alpiq	Nr. **G04** Kiesschüttung entlang linkem Aareufer vor Olten	Hoch (Fr. 65'000/a)/ Gross (sehr lange Strecke 53km) Ja	Wahrscheinlich / Gut	1	Zusatzabklärungen und Planung 2015 Umsetzung ab 2016/17	Zusatzabklärungen; Festsetzen, Verfügen, Planen und Ausführen der Massnahme
KW Ruppoldingen/ Stauwehr / Alpiq	Nr. **G05** Kiesschüttung entlang linkem Aareufer ab Zurlindeninsel	Hoch (Fr. 85'000/a)/ Gross (lange Strecke 32km) Ja	Wahrscheinlich / Gut	1	Zusatzabklärungen und Planung 2015 Umsetzung ab 2016/17	Zusatzabklärungen; Festsetzen, Verfügen, Planen und Ausführen der Massnahme

Tabelle 11.1 Anlagen mit Massnahmen, Kosten, Nutzen, Verhältnismässigkeit, Machbarkeit, Umsetzbarkeit, Priorität, Fristen und weiterem Vorgehen.
***Teil 2: KW Wildegg-Brugg – KW Klingnau**.*

Anlage / Anlagenteil / Betreiber	**Massnahme**	**Kosten** (niedrig-mittel-hoch) / **Nutzen** (klein-mittel-gross) / **Verhältnismässigkeit** (ja - nein)	**Machbarkeit** (nachgewiesen, wahrscheinlich, unsicher, noch offen)	**Priorität** (1, 2, 3)	**Fristen**	**Weiteres Vorgehen**
KW Wildegg-Brugg/ Stauwehr / Axpo	Nr. **G06** Kiesschüttung entlang rechtem Aareufer im UW Hilfswehr	Hoch (Fr. 140'000/a)/ Gross (lange Strecke 18km) Ja	Wahrscheinlich / Gut	1	Zusatzabklärungen und Planung 2015 Umsetzung ab 2016/17	Zusatzabklärungen; Festsetzen, Verfügen, Planen und Ausführen der Massnahme
KW Wildegg-Brugg/ Dachwehr / Axpo	Nr. **G07** Rückbau oder Absenken Dachwehr	Noch offen / Mittel (lange Strecke 16km) Ja	Wahrscheinlich / Gut	1	Zusatzabklärungen und Planung 2015/16 Umsetzung ab 2017	Zusatzabklärungen; Festsetzen, Verfügen, Planen und Ausführen der Massnahme
KW Beznau / Stauwehr / Axpo	Nr. **G08** Kies, der aus dem Oberwasserkanal entnommen werden muss, ist in die Restwasserstrecke zu schütten (wie bisher)	Nicht bekannt / Mittel (eher kurze Strecke 3.5km) / Ja	Nachgewiesen / Gut	1	Umsetzung in Absprache mit Kanton	Ev. Nachweis transportierbare Geschiebefracht in Restwasserstrecke (bei saniertem Geschiebehaushalt)
KW Klingnau / Stauwehr / Axpo	Nr. **G09** Absenken Oberwasserspiegel KW Klingnau	Noch offen / Gross / Noch offen	Noch offen / Noch offen	2 (1 bez. Zusatzabklärungen)	Zusatzabklärungen in Bearbeitung (Konzessionserneuerung)	Zusatzabklärungen (Axpo)
KW Klingnau / Stauwehr / Axpo	Nr. **G10** Kiesschüttungen im Unterwasser	Hoch (Fr. 120'000/a)/ Gross (sehr lange Strecke 32km) Ja	Wahrscheinlich Gut	2	Zusatzabklärungen und Planung 2015 Umsetzung ab 2016/17	Zusatzabklärungen; Festsetzen, Verfügen, Planen und Ausführen der Massnahme

12 Massnahmenplanung und Längenprofil Geschiebefracht

In Bild 12.1 ist das Längenprofil der Geschiebefracht der Aare bei Umsetzung der Massnahmen gemäss Kapitel 11 sowie die erforderliche Geschiebefracht gemäss Kapitel 7.7 dargestellt.

Zum Vergleich angegeben sind die Geschiebefrachten im Referenzzustand und im Istzustand.

Alle Linien zeigen die durchschnittlichen Frachten nach Erreichen eines dynamischen Gleichgewichtszustandes. In Abhängigkeit der zu erwartenden Bankbildung und der Streckenlänge dauert es unterschiedlich lange, bis dieser Zustand erreicht ist.

Minimalanforderungen Sanierung Geschiebehaushalt

Die **hellgrüne Linie** zeigt die resultierende Geschiebefracht bei Umsetzung der Massnahmen G01, G02, G04, G05 und G10.

Mit **Massnahme G01** wird der Geschiebehaushalt bis Wangen a.A. saniert. Wegen der kurzen Strecke wird aus Gründen der Verhältnismässigkeit eine gegenüber der erforderlichen Geschiebefracht reduzierte Geschiebeführung akzeptiert. Es ist von einer langsam fortschreitenden Aufwertung der Morphologie auszugehen (Dauer bis Gleichgewichtszustand erreicht 10 – 20 Jahre).

Mit **Massnahme G02** wird der Geschiebehaushalt bis flussabwärts von Murgenthal saniert. Die erforderliche Geschiebefracht wird auf der gesamten Strecke erreicht. Die infolge Abrieb abnehmende Fracht wird durch den Eintrag der Murg kompensiert. Der Gleichgewichtszustand wird wegen der bisher regelmässig erfolgten Schüttungen nach wenigen Jahren erreicht.

Mit **Massnahme G04** wird der Geschiebehaushalt nach dem bedeutenden Geschiebeeintrag der Wigger auf das erforderliche Niveau von gut 4'000m^3/a angehoben. Damit wird gewährleistet, dass die Geschiebefracht bis Aarau nicht unter 3'200m^3/a sinkt (erforderliche Geschiebefracht). Weil von der Wigger bereits heute wieder bedeutend Geschiebe in die Aare transportiert wird, dürfte bis Aarau nach 5 – 10 Jahren ein neuer Gleichgewichtszustand erreicht werden.

Mit **Massnahme G05** wird der Geschiebehaushalt bis zum Wasserschloss saniert, wobei die Geschiebefracht von 3'450m^3/a auf 4'950m^3/a erhöht wird. Bis zum Wasserschloss nimmt die Fracht infolge Abrieb auf 4'200m^3/a ab. Die erforderliche Geschiebefracht wird auf der gesamten Strecke erreicht. Die leicht grössere Geschiebefracht als bei Olten

berücksichtigt die potenziell stärker verzweigte Morphologie (in den Restwasserstrecken). Wegen dem stark ausgeräumten Gerinne und der aktuell sehr kleinen Geschiebeführung wird es ca. 20 Jahre dauern, bis ein neues Gleichgewicht erreicht wird.

Zwischen dem Wasserschloss und der Stauhaltung des KW Klingnau wird infolge des Eintrags aus Reuss und Limmat die erforderliche Geschiebefracht überschritten.

Mit **Massnahme G10** wird der Geschiebehaushalt zwischen dem KW Klingnau und dem Rhein saniert. Wegen der kurzen Strecke wird aus Gründen der Verhältnismässigkeit eine gegenüber der erforderlichen Geschiebefracht reduzierte Geschiebeführung akzeptiert.

Sanierung beschleunigen

Mit **Massnahme G06** kann die Dauer bis zum Erreichen der erforderlichen Geschiebefracht in der Restwasserstrecke des KW Wildegg-Brugg sowie flussabwärts bis zum Wasserschloss verkürzt werden. Dabei wird das Geschiebedefizit durch Kiesschüttungen im Unterwasser des Hilfswehrs reduziert. Die Dauer der Massnahme beträgt 10 – 20 Jahre und ist durch eine Erfolgskontrolle zu begleiten.

Durchgängigkeit Kraftwerke wieder herstellen

Um die Geschiebedurchgängigkeit zu verbessern, sind an den Anlagen KW Ruppoldingen, Dachwehr Wildegg-Brugg und KW Klingnau nachfolgende Massnahmen zu prüfen und falls machbar umzusetzen:

Stauwehr Ruppoldingen

Mit **Massnahme G03** wird der Staupegel des KW Ruppoldingen bei Hochwasserabfluss um 1.5m abgesenkt, so dass innerhalb von 15 – 20 Jahren ausreichend Geschiebe durch das Stauwehr flussabwärts transportiert wird und damit auf die Kiesschüttung bei Olten verzichtet werden kann.

Dabei ist die Dauer bis zum Durchtransport weniger vom Zeitpunkt der Absenkung als vielmehr von der Geschiebezufuhr aus dem Oberwasser (resp. der Umsetzung von Massnahme G02) abhängig. Falls Massnahme G02 ab 2016 umgesetzt wird (3 Jahre nach der letzten Schüttung vom September 2013) und beispielsweise der Oberwassrspiegel ab 2020 entsprechend abgesenkt wird, dürfte ab 2030 ausreichend Geschiebe durch das Stauwehr transportiert werden.

Mit Massnahme G03 steigt die Geschiebefracht ab Wiggermündung auf 5’600m^3/a an (Bild 12.1, dunkelgrün gestrichelte Linie). **Damit entfällt Massnahme G04**. Diese Fracht kann ohne Beeinträchtigung des Hochwasserschutzes durch die Restwassserstrecke des KW Gösgen transportiert werden. Bis Aarau nimmt die Fracht auf 4’400m^3/a ab. Damit anschliessend die erforderliche Fracht bis zum Wasserschloss

erreicht wird, sind bei der Kiesschüttung Aarau (**Massnahme G05**) noch Ø 1'000m^3/a Kies zu schütten (Reduktion um 500m^3/a).

Dachwehr Wildegg-Brugg

Massnahme G07 betrifft die Wiederherstellung der ungestörten Geschiebedurchgängigkeit beim Dachwehr Wildegg-Brugg durch Rückbau. Gleichzeitig kann im Oberwasser der Rückstau aufgehoben, die freie Fliessstrecke verlängert, die Fischwanderung verbessert und der Hochwasserspiegel abgesenkt werden.

KW Beznau

Massnahme G08 betrifft die Rückgabe von Kies, der aus dem Oberwasserkanal entnommen wird, im Unterwasser des Stauwehrs (entsprechend bisheriger Praxis). Dadurch kann gewährleistet werden, dass in der Restwasserstrecke die erforderliche Geschiebefracht erreicht wird.

Stauwehr Klingnau

Massnahme G09 betrifft das Absenken des Oberwasserspiegels, so dass das Geschiebe mittel- bis langfristig durch das Stauwehr flussabwärts transportiert werden kann. Bei Umsetzung von Massnahme G09 können in der Stauhaltung Sohlenanhebungen, welche den Hochwasserschutz gefährden, verhindert werden und auf Massnahme G10 (Schüttungen im Unterwasser des Kraftwerks) kann verzichtet werden.

Die Machbarkeit der Massnahme ist zu prüfen.

Empfehlungen

Für die Sanierung des Geschiebehaushalts der Aare wird folgendes Vorgehen empfohlen:

(1) Kurzfristige Umsetzung der Massnahmen G01, G02, G04, G05, G06, G07, G08 und G10. Mit den Massnahmen kann der Geschiebehaushalt der Aare saniert werden.

(2) Machbarkeit und Bewilligungsfähigkeit von Massnahme G03 abklären. Eventuell mit einer Anhebung des Oberwasserspiegels bei kleinen Abflüssen (Winterhalbjahr) kombinieren. Massnahme G03 nach Möglichkeit unbedingt umsetzen (stark reduzierte Schüttungen im Unterwasser mit weniger LKW-Fahrten, langfristig keine Hochwasserschutzprobleme in der Stauhaltung).

(3) Machbarkeit von Massnahme G09 (Absenken Oberwasserpegel KW Klingnau) abklären. Falls möglich, Massnahme mittelfristig umsetzen (im Rahmen der Neukonzessionierung). Falls Massnahme G09 umgesetzt werden kann, entfällt Massnahme G10.

Alle Massnahmen sind soweit erforderlich bezüglich Machbarkeit und Auswirkungen im Detail zu prüfen (vgl. Kapitel 14).

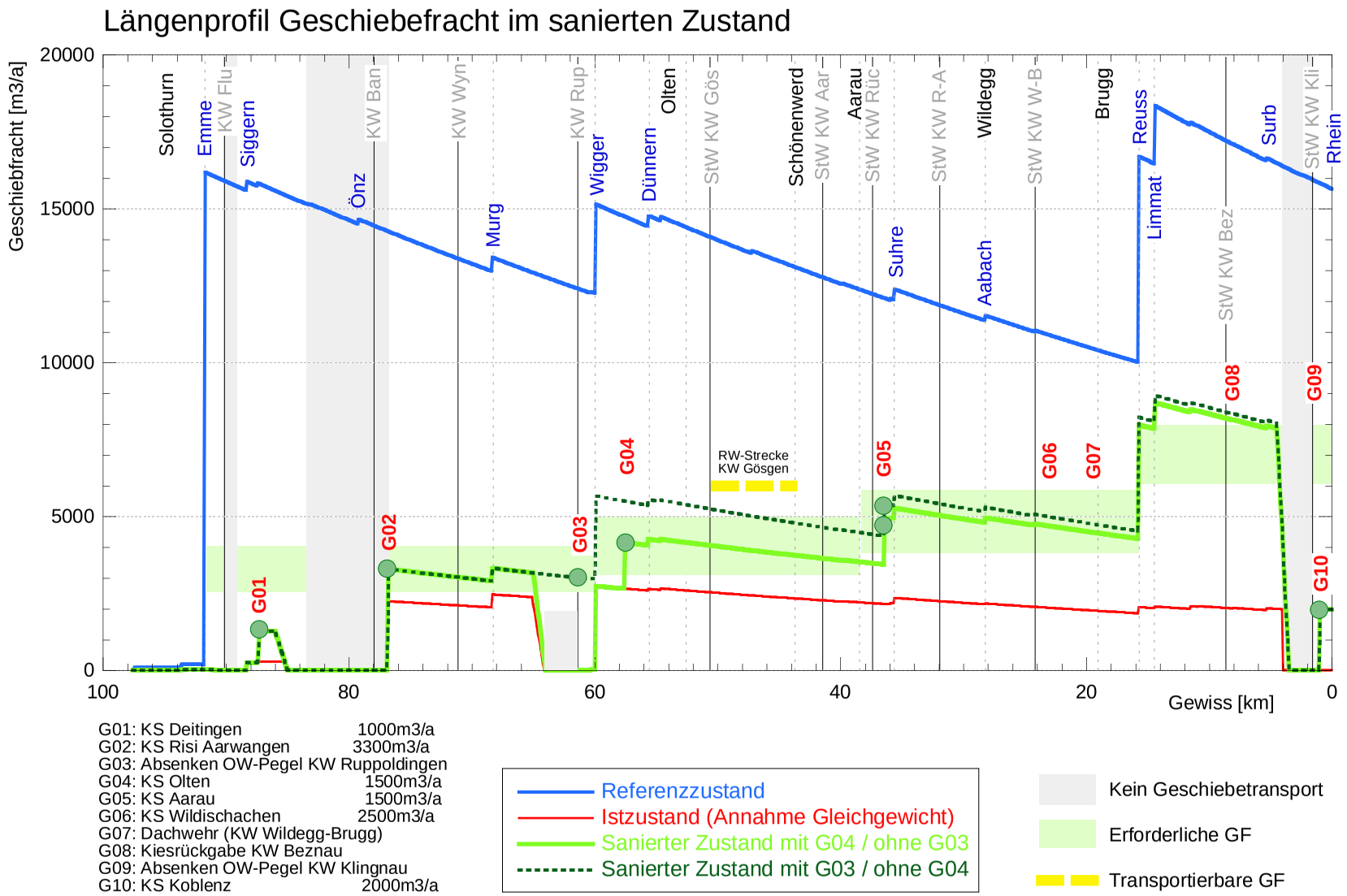


Bild 12.1 Längenprofil Aare mit Geschiebefracht (GF) im Referenzzustand und im Istzustand sowie erforderliche Geschiebefracht gemäss morphologischem Ansatz anhand diverser Grundlagen und empfohlene erforderliche Geschiebefracht gemäss Kap. 7.7.

Korndurchmesser

Bild 12.2 zeigt das Längenprofil des mittleren Korndurchmessers des Geschiebes zwischen Massnahme G01 und der Reussmündung unter Berücksichtigung der Angaben von Kapitel 11 (Empfehlungen Korngrössen Kiesschüttungen) sowie der Kornverteilung des Wiggergeschiebes beim Delta. Bei mehreren Mischungen wurden die Durchmesser anteilsmässig berücksichtigt.

Dementsprechend schwankt der mittlere Korndurchmesser im Wesentlichen zwischen 2.3 und 2.1cm. Der in Fliessrichtung infolge des Abriebs abnehmende Durchmesser wird durch die Schüttung von leicht gröberem Material kompensiert.

Das Geschiebe ist leicht feiner als im Referenzzustand (Emmegeschiebe und Wiggergeschiebe sind gröber). Damit wird teilweise den Ansprüchen der kieslaichenden Fische Rechnung getragen. Eine noch feinere Mischung hätte den Nachteil, dass das Material verstärkt durchtransportiert und damit die Ausdehnung der Kiesbänke verkleinert würde. Bei vielfältiger Morphologie wird das Geschiebe ohnehin durch die Strömung sortiert und bildet unterschiedlich grobkörnige Ablagerungen.

Bei Deitingen ist der mittlere Korndurchmesser mit 1.7cm kleiner (geringe Transportkapazität, Korngrössen gezielt auf Äschenpopulation ausgerichtet).

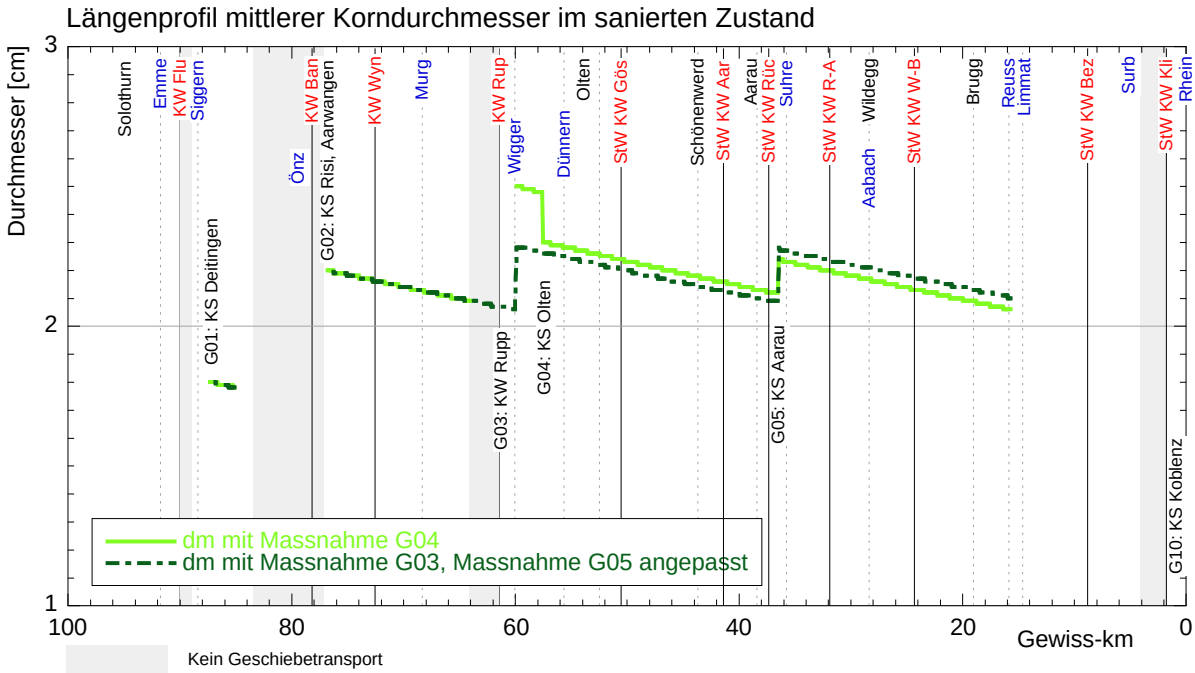


Bild 12.2 Längenprofil des mittleren Korndurchmessers des Geschiebes unter Berücksichtigung der vorgesehenen Mischungen der Kiesschüttungen Deitingen, Aarwangen, Olten, Aarau sowie des Eintrags der Wigger. Abschnitte Deitingen – Wangen a.A. sowie Aarwangen bis Reuss.

13 Synergien mit Revitalisierungsplanung

Synergie mit Revitalisierungsplanung

Eine grosse Synergie zwischen der Revitalisierungsplanung und der Sanierungsplanung Geschiebehaushalt besteht in **freien Fliess- und Restwasserstrecken**, wo die Um- und Ablagerung sowie die Sortierung des Geschiebes durch Revitalisierungsmassnahmen gefördert wird. Dazu sind insbesondere Massnahmen geeignet, welche die Breiten- und Tiefenvariabilität vergrössern wie Aufweitungen, das Anlegen von Seitengerinnen, Inseln, eine stark geschwungene Linienführung, Hindernisse und Buchten entlang der Ufer. Die Restwasserstrecken haben gegenüber den freien Fliessstrecken den Nachteil, dass beim Dotierabfluss viele Bänke trocken fallen, sodass diese Bereiche für die Reproduktion von Kieslaichern nicht nutzbar sind.

Revitalisierungsplanung

Gemäss Revitalisierungsplanung der Kantone Bern, Solothurn und Aargau sind an der Aare in den kommenden 20 Jahren die Massnahmen gemäss Tabelle 13.1 vorgesehen. Davon weisen folgende Massnahmen eine grosse Synergie mit der Sanierungsplanung Geschiebehaushalt auf (in Tabelle 13.1 blau hinterlegt):

R08, Wolfwil-Wynau, dynamische Auenlandschaft

Eine Aufweitung der Aare fördert die Ab- und Umlagerung von Geschiebe sowie die Bankbildung. Dadurch werden zusätzliche Strukturen mit lockerem Substrat geschaffen und der bereits heute vielfältige Lebensraum wird weiter aufgewertet.

R13, Aufwertung Restwasserstrecke KW Wildegg-Brugg

Die geplanten Massnahmen betreffen die Öffnung des Hilfswehrs, den Rückbau des Dachwehrs, die Entfernung von Uferschutz und neue Sicherungen mit Buhnen, Aufweitungen und das Anlegen von Seiten- und Nebengerinnen.

Die Massnahmen führen zu einer starken Aufwertung der Morphologie und der Dynamik mit Bildung von lockeren Bänken. Das Projekt ist hinsichtlich Weitertransport des Geschiebes noch zu optimieren (Längenprofil, Anordnung der Seitengerinne, so dass diese nicht verlanden).

R14, Stilli; Kiesinseln, Buhnen, Raubäume

Durch das Schütten von Kiesinseln und Uferstrukturierungen wird die Strömungsvielfalt erhöht und damit die Ab- und Umlagerung von Geschiebe gefördert. Etwas nachteilig ist der Einfluss der Stauhaltung zu werten (grosse Wassertiefe, Kolmationstendenz).

R16, Böttstein bis Döttingen; Erhöhen Strukturvielfalt und Anlegen verzweigtes Seitengerinne

Durch die Massnahmen werden neue Gerinne mit grosser Strömungsvielfalt geschaffen, wo Geschiebe sortiert, ab- und umgelagert werden kann. Der aquatische Lebensraum wird insgesamt massiv aufgewertet.

Weitere Revitalisierungsmassnahmen

Eine mässige Synergie zwischen Revitalisierungsplanung und Sanierungsplanung Geschiebehaushalt weisen Massnahmen an den Ufern wie Strukturierungen (Buhnen) oder Uferabflachungen auf (in Tabelle 13.1 gelb hinterlegt).

Eine geringe oder keine Synergie besteht mit Revitalisierungen in Stauhaltungen und bei Massnahmen in zurückversetzten Auengebieten wie Altarmen und Stillgewässern.

Tabelle 13.1 Massnahmen gemäss Revitalisierungsplanung der Kantone Bern, Solothurn und Aargau ab Solothurn. In der vierten Spalte ist die Synergie mit der Sanierungsplanung Geschiebehaushalt bewertet. Anlagen mit grosser Synergie sind blau und solche mit mässiger Synergie gelb hinterlegt.

Nr., Kanton	Abschnitt	Massnahmen	Synergie mit Sanierungsplanung Geschiebehaushalt
R04, SO	Solothurn - Kantonsgrenze	Aufwertung und Diversifizierung der monotonen Ufer- und Gerinnestrukturen nach dem Opportunitätsprinzip; Aufwertung Mündungsbereiche Seitengewässer	Bei strukturierten Ufern kann das Geschiebe verstärkt ab- und umgelagrt werden (ohne Staubereiche und abgetiefte Unterwasserstrecken).
R05, BE	Kantonsgrenze bis KW Bannwil	Aufwertung und Diversifizierung der monotonen Uferstruktur nach dem Opportunitätsprinzip.	Bei strukturierten Ufern kann das Geschiebe verstärkt ab- und umgelagrt werden (ohne Staubereiche und abgetiefte Unterwasserstrecken). Synergie mit Massnahme G01.
R06, BE	Stau Bannwil - Mühlihölzli	Erhöhung Strukturvielfalt im Uferbereich durch Anlage einer vielfältigen Gewässerlandschaft für Fische, Biber, Wasservögel und Amphibienlaichgebieten	Staubereich. Keine Synergie mit Geschiebehaushalt.
R19, BE	Meiniswiler-matten	Erhöhung Strukturvielfalt im Uferbereich durch Anlage einer vielfältigen Gewässerlandschaft. Reaktivierung von ehemaligen, verlandeten Seitenarmen und Altwässer. Verbesserung der Verzahnung von Land und Wasser. Schaffung von Feuchtstellen und Tümpeln	Keine Bedeutung für Geschiebehaushalt (ungenügende Transportkapazität in abgetiefter Unterwasserstrecke).
R07, BE	Bannwil bis Kantonsgrenze	Aufwertung und Diversifizierung der monotonen Uferstruktur nach dem Opportunitätsprinzip	Bei strukturierten Ufern kann das Geschiebe verstärkt ab- und umgelagrt werden (ohne Staubereiche und abgetiefte Unterwasserstrecken). Synergie mit Massnahme G02.
R08 BE/SO	Wynau - Wolfwil	Im Zusammenhang mit dem Stollenprojekt KW Wynau Schaffung einer dynamischen Auenlandschaft linksufrig.	Durch die Aufweitung der Aare steigt die Verzweigungstendenz und es kann sich eine Kiesbank oder eine Insel bilden. Das Geschiebe wird verbessert ab- und umgelagert. Grosse Synergie mit Massnahme G02.

Tabelle 13.1 Fortsetzung.

Nr., Kanton	Abschnitt	Massnahmen	Synergie mit Sanierungsplanung Geschiebehaushalt
R11, AG	Biberstein	Quervernetzung für Wildtierkorridor erstellen und aquatisches Habitat strukturieren mit Buhnen, Raubäumen etc.	Bei strukturierten Ufern kann das Geschiebe verstärkt ab- und umgelagrt werden (ohne Staubereiche). Synergie mit Massnahmen G03, G04, G05.
R12, AG	Auenstein	Uferabflachung und Strukturierung im Gerinne mit Buhnen, Raubäumen etc.	Bei strukturierten Ufern kann das Geschiebe verstärkt ab- und umgelagrt werden (ohne Staubereiche). Synergie mit Massnahmen G03, G04, G05.
R13, AG	RW Wildegg-Brugg	Auenaufwertung: Gewässerdynamik fördern durch Entfernung Uferschutz; Stillgewässer erstellen als Fischkinderstube	Geschiebe wird vermehrt ab- und umgelagert, verstärkte Bankbildung und erhöhte Substratvielfalt Grosse Synergie mit Massnahmen G03, G04, G05, G06, G07.
R14, AG	Stilli	Gewässerabschnitt als Laichplatz und Jungfischhabitat aufwerten mittels Kiesinseln, Buhnen und Raubäumen	Geschiebe wird vermehrt ab- und umgelagert, verstärkte Bankbildung und erhöhte Substratvielfalt Grosse Synergie mit Massnahmen G03, G04, G05, G06, G07.
R15, AG	Kumetmatt	Anbindung des Umlands ans Gewässer mittels Uferabflachung und Strukturierung Gewässer mit Buhnen, Raubäumen etc.	Bei strukturierten Ufern kann das Geschiebe verstärkt ab- und umgelagrt werden (ohne Staubereiche). Synergie mit Massnahmen G03, G04, G05, G06, G07.
R16, AG	Böttstein bis Döttingen	Erhöhung Strukturvielfalt im Gerinne (oberer Bereich) und Reaktivierung Auenwald durch Dammversetzung und Erstellung verzweigtes Seitengerinne (unterer Bereich)	Geschiebe wird vermehrt ab- und umgelagert, verstärkte Bankbildung und erhöhte Substratvielfalt Grosse Synergie mit Massnahmen G03, G04, G05, G06, G07, G08.
R17, AG	Klingnauer Stausee	Seitengerinne erstellen im verlandenden Abschnitt des Klingnauer Stausees	Staubereich. Keine Synergie mit Geschiebehaushalt.
R18, AG	Mündungs-bereich Rhein	Reaktivierung Auenwald durch Seitenarm mit Speisung durch Binnenkanal; Uferrevitalisierung und Kiesinselschüttung in Aare	Geschiebe wird vermehrt ab- und umgelagert, verstärkte Bankbildung und erhöhte Substratvielfalt Grosse Synergie mit Massnahme G10 (ev. auch andere)

14 Zusatzuntersuchungen

Für die Planung und Umsetzung der vorgeschlagenen Massnahmen sind die Zusatzuntersuchungen gemäss Tabelle 14.1 durchzuführen oder in Betracht zu ziehen.

Tabelle 14.1 Zusatzuntersuchungen.

Nr.	Anlage, Massnahme	Untersuchungen	Bedeutung
1	Stauhaltung KW Ruppoldingen, G02	Falls Massnahme G03 nicht umgesetzt wird: Langfristige Sohlenauflandungen im Stauwurzelbereich und Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel.	Mittelfristig kein Problem.
2	Stauhaltung und Unterwasser KW Ruppoldingen, G03	Auswirkungen der empfohlenen Oberwasserspiegelabsenkung auf die Flachwasserzonen, die Uferstabilität und das Umgehungsgewässer. Weitertransport des Geschiebes durch die Unterwasserstrecke und Auswirkungen auf den UW-Spiegel des KW Ruppoldingen.	Untersuchungen und Nachweise erforderlich. Nachweis erforderlich.
3	Kiesschüttung Olten, G04	Erosionsprozess der Kiesschüttung, Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel.	Nachweis erforderlich. Voraussichtlich keine signifikante Anhebung des Wasserspiegels.
4	Kiesschüttung Aarau, G05	Erosionsprozess der Kiesschüttung und Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel. Auswirkungen auf den Unterwasserspiegel des Dotierkraftwerks.	Nachweis erforderlich. Voraussichtlich keine signifikante Anhebung. Voraussichtlich keine signifikante Anhebung.
5	Stauhaltung KW Rupperswil-Auenstein, G02 – G05	Sohlenanhebungen in der Stauhaltung und Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel. Geschieberückhalt und Dauer bis zum vollständigen Durchtransport.	Geringe Anhebung wahrscheinlich. Angabe betreffend Dringlichkeit von Massnahme G06
6	Restwasserstrecke KW Rupperswil-Auenstein, G02 – G05	Transportierbare Geschiebefracht, Sohlenauflandungen und Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel.	Auswirkungen zum jetzigen Zeitpunkt nicht abschätzbar.
7	Stauhaltung KW Wildegg-Brugg, G02 – G05	Sohlenanhebungen in der Stauhaltung und Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel. Geschieberückhalt und Dauer bis zum vollständigen Durchtransport.	Geringe Anhebung wahrscheinlich. Angabe betreffend Dauer von Massnahme G06
8	Restwasserstrecke KW Wildegg-Brugg, G02 – G07	Transportierbare Geschiebefracht, Sohlenauflandungen und Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel (mit und ohne Massnahme G07).	Bei Umsetzung von Massnahme G07 voraussichtlich keine bedeutende Anhebung.
9	Stauhaltung KW Beznau, G02 – G07	Sohlenanhebungen in der Stauhaltung und Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel. Geschieberückhalt und Dauer bis zum vollständigen Durchtransport.	Geringe Anhebung wahrscheinlich.

Tabelle 14.1 Fortsetzung.

Nr.	Anlage, Massnahme	Untersuchungen	Bedeutung
10	Restwasserstrecke KW Beznau, G02 – G08	Transportierbare Geschiebefracht, Sohlenauflandungen und Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel.	Voraussichtlich keine signifikante Anhebung.
11	Stauhaltung KW Klingnau, G02 – G08	Sohlenanhebungen in der Stauhaltung und Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel. Auswirkungen auf das Unterwasser und die Restwasserstrecke des KW Beznau.	Mittel- bis langfristig bedeutende Sohlenanhebung und Beeinträchtigung des Hochwasserschutzes.
12	Stauhaltung und Unterwasser KW Klingnau sowie Rhein, G09	Machbarkeit Durchtransport Geschiebe durch beschränkte Absenkung des Oberwasserspiegels. Auswirkungen auf den Unterwasserspiegel des KW Klingnau und den Hochwasserspiegel flussabwärts (Aare und Rhein).	Machbarkeit zum jetzigen Zeitpunkt nicht abschätzbar. Geringe Anhebung möglich.
13	Unterwasserstrecke KW Klingnau, G10	Erosionsprozess der Kiesschüttungen und Auswirkungen auf den Unterwasserspiegel des KW Klingnau und den Hochwasserspiegel. Weitertransport des Geschiebes durch die Stauhaltung des KW Albbruck-Dogern (zusammen mit Geschiebefracht Rhein).	Geringe Anhebung möglich.

Interkantonale Aareplanung
Strategische Planung Sanierung Geschiebehaushalt

Objektblätter Geschiebemassnahmen

Stand: 07.11.2014

Massnahme G01: Kiesschüttung Deitingen

Lage	km87.3 Rechtes Ufer bei A1-Raststätte Deitingen Zufahrt vorhanden
Massnahme	Aareseitige Ergänzung der bestehenden Restbank durch periodische Kiesschüttung. Infolge Erosion der Schüttung wird im Unterwasser die Geschiebefracht erhöht. Ø Geschiebezufuhr 1'000m^3/a Schüttvolumen 3'000 – 4'000m^3 Schüttperiode 3 - 4 Jahre
Begründung	Mit der Massnahme wird der Geschiebehaushalt im unteren Abschnitt der Unterwasserstrecke des KW Flumenthal reaktiviert. Wegen der kurzen profitierenden Strecke wird aus Gründen der Verhältnismässigkeit eine gegenüber der erforderlichen Fracht reduzierte Geschiebefracht akzeptiert. Die Fracht ist etwa 3 Mal so gross als diejenige infolge der erfolgten Kiesschüttung von 2005.
Wirkung	Anfänglich dient vor allem die Schüttung selbst als Laichstandort. Mittelfristig bilden sich im Unterwasser in morphologisch geeigneten Bereichen Kiesablagerungen, die ebenfalls als Laichstandorte genutzt werden können.
Profitierende Strecke	Kiesschüttung bis vor Wangen a.A. (ca. km85.5) Länge 1.8km
Zusammensetzung Schüttmaterial	Eher fein (vergleichsweise geringe Schleppkraft, kurze Transportdistanz) dmax ca. 6cm dm 1.7 – 2.0cm
Herkunft Material	1. Priorität: Ausgesiebter Kies aus Geschiebesammler Emmemündung 2. Priorität: Geeignete Mischung aus Kiesgrube
Hochwasserschutz	Gemäss /6/ wird das Geschiebe bis km 222.0 transportiert, wo es langfristig (Zeithorizont 50 Jahre) infolge der grossen Gerinnebreite zu beschränkten Auflandungen (Bankbildung) kommt. Dadurch wird der Hochwasserspiegel um weniger als 1dm angehoben.
Auswirkungen auf den Unterwasserspiegel des KW Flumenthal	Bei maximaler Ausdehnung der Schüttung wird der Unterwasserspiegel des KW Flumenthal um weniger als 1cm (Abflüsse < 300m^3/s) bis ca. 5cm (Abfluss ≥ 600m^3/s) angehoben. Nach einsetzender Erosion reduzieren sich diese Werte (aus /6/).
Kosten	Für 1'000m^3 Kies: Fr. 30'000 Über 40 Jahre: Fr. 1'200'000 (hohe Kosten)
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	Alpiq Ja

Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Hoch / Mittel (hoher Anteil an Geschiebefracht, kurze profitierende Strecke) Ja
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Nachgewiesen / Gut Grad Beeinträchtigung: sehr stark Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): mittel Verhältnismässigkeit: Ja Keine nennenswerte negative Auswirkungen (UW KW Flumenthal, Hochwasserschutz, Grundwasser)
Priorität	1
Fristen	Planung 2015 Umsetzung ab 2016
Weiteres Vorgehen	Festsetzen und Verfügen der Massnahme Massnahme planen, bewilligen und umsetzen

Massnahme G02: Kiesschüttung Aarwangen

Lage	km76.8 Rechtes Ufer vor Kiesgrube Risi Zufahrt vorhanden
Massnahme	Schütten einer grossen Kiesinsel. Infolge Erosion der Schüttung wird der Aare Geschiebe zugeführt. Ø Geschiebezufuhr 3'300m^3/a Schüttvolumen 10'000m^3 Schüttperiode 3 Jahre
Begründung	Sanierung des Geschiebehaushalts der Aare zwischen Aarwangen und Murgenthal. Die durchschnittliche Schüttmenge entspricht der erforderlichen Geschiebefracht.
Wirkung	Die Schüttung wird wegen der hohen Schleppkraft erfahrungsgemäss rasch erodiert. Die Geschiebeablagerungen und Bänke, die sich infolge der bisherigen Schüttungen gebildet haben, werden erneuert und tendenziell leicht vergrössert. Diese Kiesablagerungen können, sofern sie nicht durch Schwebstoffablagerungen beeinträchtigt werden, als Laichstandorte genutzt werden.
Profitierende Strecke	Kiesschüttung bis Stauhaltung KW Ruppoldingen. (ca. km66) Länge 11km
Zusammensetzung Schüttmaterial	Leicht feiner als Wiggergeschiebe dmax ca. 6cm dm 2.0 – 2.5cm
Herkunft Material	1. Priorität: Ausgesiebter Kies aus Geschiebesammler Emmemündung 2. Priorität: Geeignete Mischung aus Kiesgrube
Hochwasserschutz	Das Geschiebe wird ohne Auswirkungen auf den Hochwasserschutz bis in die Stauhaltung des KW Ruppoldingen transportiert. Hier lagert sich das Geschiebe im Stauwurzelbereich ab, der sich infolge des variablen Stauziels verschiebt. Dadurch können bei NW-Abfluss Bänke sichtbar werden. Ob diese Ablagerungen langfrisig zu einer unzulässigen Anhebung des Hochwasserspiegels führen, wurde nicht untersucht.
Auswirkungen auf den Unterwasserspiegel des KW Bannwil	Bei maximaler Ausdehnung der Kiesbank wird der Unterwasserspiegel des KW Bannwil um < 2cm (Abflüsse < 300m^3/s) bis ca. 5cm (Abfluss ≥ 600m^3/s) angehoben. Nach einsetzender Erosion reduzieren sich diese Werte (aus /7/). Weil die Kiesschüttung erfahrungsgemäss rasch erodiert, sind die Auswirkungen auf das Unterwasser des KW Bannwil vernachlässigbar.
Kosten	Für 3'300m^3 Kies: Fr. 110'000 Über 40 Jahre: Fr. 4'400'000 (hohe Kosten)
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	BKW AG Ja
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Hoch / Gross (100% Anteil an Geschiebefracht, mittellange profitierende Strecke) Ja

Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Nachgewiesen / Gut Grad Beeinträchtigung: sehr stark Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Ja Keine nennenswerte negative Auswirkungen (UW KW Flumenthal, Hochwasserschutz, Grundwasser)
Priorität	1
Fristen	Planung 2015 Umsetzung ab 2016
Weiteres Vorgehen	Festsetzen und Verfügen der Massnahme Massnahme planen, bewilligen und umsetzen

Massnahme G03: Absenken Oberwasserpegel KW Ruppoldingen

Lage	km61.36
Massnahme	Absenken des Oberwasserspiegels um 1.5m auf 396.90m ü.M. bei Abflüssen ab 600m³/s.
Begründung	Mittel- bis langfristige Realisierung der Geschiebekontinuität durch die Anlage mit entsprechender Reduktion der im Unterwasser erforderlichen Kiesschüttungen (Massnahmen 4 und 5).
Wirkung	Durch das Absenken des Oberwasserpegels wird das Geschiebe tiefer in die Stauhaltung und bei gegenüber dem Istzustand kleineren Hochwasserabflüssen durch das Stauwehr transportiert. Ein Teil des Geschiebes (anfänglich mehr oder weniger alles, dann zunehmend weniger) wird in der Stauhaltung abgelagert. Unter Annahme einer Geschiebezufuhr von gut 3'000m³/a dürften in den ersten 20 Jahren 35'000 – 40'000m³ Geschiebe abgelagert werden, was 58 – 67% des zugeführten Materials entspricht. Nach 15 – 20 Jahren dürfte rund 1/3 des zugeführten Geschiebes durch das Stauwehr transportiert werden. Ein Gleichgewicht wird nach 30 – 40 Jahren erreicht sein. Die Dauer bis zum Durchtransport ist weniger vom Umsetzzeitpunkt der Oberwasserpegelabsenkung sondern vielmehr vom in die Stauhaltung eingetragenen Geschiebevolumen abhängig. Beispielsweise hat die Anpassung des Wehrreglements nach erst 10 Jahren keinen Einfluss auf den Zeitpunkt des Durchtransports, weil das Geschiebe nach Anpassung des Wehrreglements bei Hochwasser relativ rasch tiefer in die Stauhaltung verlagert wird. Ein signifikanter Durchtransport ist aber erst nach Umsetzung der Staupegelabsenkung möglich.
Profitierende Strecke	Stauhaltung KW Ruppoldingen bis KW Klingnau. (ca. km4.0) Länge ca. 60km
Hochwasserschutz	Im Stauwurzelbereich werden Sohlenanhebungen und ein langfristig allfällig beeinträchtigter Hochwasserschutz verhindert. Das Geschiebe wird (zusammen mit dem Wiggergeschiebe) ohne Auflandungen, welche den Hochwasserschutz signifikant beeinträchtigen, durch die Stauhaltung und die Restwasserstrecke des KW Gösgen flussabwärts transportiert.
Auswirkungen auf die Unterwasserstrecke	Die Auswirkungen auf die leicht abgetiefte Unterwasserstrecke wurden bisher nicht untersucht.
Auswirkungen auf das Umgehungsgewässer	Bei einer Staupegelabsenkung um 1.5m fliessen im Umgehungsgewässer noch maximal 2.8m³/s ab. Während der Laichzeit (März – Juni) kann damit der geforderte Abfluss von 4.3m³/s (ohne zusätzlichen Pumpbetrieb oder baulichen Massnahmen) nicht eingehalten werden.
Wirkung bei reduzierter Absenkung	Bei einer reduzierten Absenkung des Oberwasserpegels um 1.2m auf die aktuell untere Grenze des Konzessionspegels müssen in der Stauhaltung 70'000 - 80'000m³ mehr Geschiebe abgelagert werden, damit in der Stauhaltung dieselben Transportverhältnisse wie bei einer Absenkung um 1.5m erreicht werden. Bei einer Geschiebezufuhr von 3'000m³/a verzögert sich dadurch der Durchtransport um ca. 25 Jahre.
Kosten	Die Kosten können zurzeit nicht abgeschätzt werden. Es wird empfohlen, die Absenkung des Oberwasserspiegels bei Hochwasserabfluss mit einem generellen Höherstau im Winter zu kombinieren. Dadurch können die Stromeinbussen kompensiert werden und es resultieren geringe bis mittlere Kosten.

Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	Alpiq Ja (eine Kompensation mit einer Mehrproduktion infolge Höherstau im Winterhalbjahr ist anzustreben)
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Noch offen / Gross (Beitrag an Geschiebefracht > 50%, sehr lange profitierende Strecke) Noch offen
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Unsicher / Noch offen Grad Beeinträchtigung: sehr stark Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Noch offen Diverse offene Punkte (vgl. weiteres Vorgehen)
Priorität	1 (Zusatzabklärungen)
Fristen	Zusatzabklärungen 2015 - 2017 Massnahmenentscheid 2018
Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen (zuständig: Alpiq): • Räumliche Abstimmung mit Naturschutz / Auenschutz • Auswirkungen auf Umgehungsgerinne und erforderliche Massnahmen • Uferstabilität • Auswirkungen auf Unterwasser • Machbarkeit Kombination mit Höherstau im Winter • Eventuell weitere Massnahmenentscheid

Massnahme G04: Kiesschüttung Olten

Lage	km58.8 Linkes Ufer zwischen Höfli und Ruttigen Ab Ruttigerstrasse ist eine Baupiste ans Ufer zu erstellen.
Massnahme	Schütten einer Kiesbank. Infolge Erosion der Schüttung wird die Geschiebefracht der Aare erhöht. Ø Geschiebezufuhr 1'500m^3/a Schüttvolumen 4'500m^3 Schüttperiode 3 Jahre
Begründung	Ergänzen des Geschiebeeintrags der Zuflüsse ab KW Ruppoldingen (insbes. aus der Wigger) auf die erforderliche Fracht zur Sanierung des Geschiebehaushalts bis Aarau.
Wirkung	Die Schüttung befindet sich entlang einem leichten Prallhang mit hohen Schleppkräften (Bild 6.18) und wird daher gut erodiert. Anschliessend wird das Material an morphologisch günstigen Bereichen ab- und umgelagert. Die Massnahme ist solange umzusetzen, bis Massnahme 3 umgesetzt ist und ca. 1/3 des vom OW zugeführten Geschiebes durch das Stauwehr Ruppoldingen flussabwärts transportiert wird.
Profitierende Strecke	Kiesschüttung bis Stauhaltung KW Klingnau. (ca. km4.0) Länge 53km
Zusammensetzung Schüttmaterial	Leicht feiner als Wiggergeschiebe dmax ca. 6cm dm 2.0 – 2.5cm
Herkunft Material	1. Priorität: Ausgesiebter Kies aus Geschiebesammler Emmemündung 2. Priorität: Geeignete Mischung aus Kiesgrube
Hochwasserschutz	Das Geschiebe wird ohne Auflandungen, welche den Hochwasserschutz signifikant beeinträchtigen, durch die Stauhaltung und die Restwasserstrecke des KW Gösgen flussabwärts transportiert. Erfahrungsgemäss dürfte die Schüttung bei grossen Hochwasserereignissen (> HQ30) vor Eintreten der Abflussspitze weitgehend erodiert sein, so dass im Oberwasser unerwünschte Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel ausgeschlossen werden können. Die Durchführung eines entsprechenden Nachweises wird empfohlen.
Auswirkungen auf UW KW Ruppoldingen und Waage Aarburg	Die Anhebung des Wasserspiegels infolge der Kiesschüttung ist im Unterwasser des KW Ruppoldingen nicht spürbar. Die Kiesschüttung hat keinen Einfluss auf die Waage.
Kosten	Für 1'500m^3 Kies: Fr. 65'000 Über 40 Jahre: Fr. 2'600'000 (hohe Kosten)
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	Alpiq Ja
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Hoch / Gross (mittlerer Anteil an Geschiebefracht (> 30%), sehr lange profitierende Strecke) Ja
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Wahrscheinlich / Gut Grad Beeinträchtigung: sehr stark Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Ja Wahrscheinlich keine nennenswerte negative Auswirkungen (UW KW Ruppoldingen, Hochwasserschutz, Grundwasser)

Priorität	1
Fristen	Zusatzabklärungen und Planung 2014/15 Festsetzen und Verfügen der Massnahme 2015 Umsetzung ab 2016/17
Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen: • Flussbauliche Nachweise (HWS, Erosion Kiesschüttung) Festsetzen und Verfügen der Massnahme Massnahme planen, bewilligen und umsetzen

Massnahme G05: Kiesschüttung Aarau

Lage	km36.4 Linkes Ufer in der Restwasserstrecke des KW Rüchlig Zufahrt über Zurlindeninsel
Massnahme	Schütten einer Kiesbank. Infolge Erosion der Schüttung wird die Geschiebefracht der Aare erhöht. Ø Geschiebezufuhr 1'500m^3/a Schüttvolumen 4'500m^3 Schüttperiode 3 Jahre
Begründung	Anheben der Geschiebeführung auf die erforderliche Fracht und Sanierung des Geschiebehaushalts bis zur Reuss.
Wirkung	Die Schüttung befindet sich entlang einem Prallhang und wird daher gut erodiert. Anschliessend wird das Material an morphologisch günstigen Bereichen ab- und umgelagert. Falls Massnahme 3 umgesetzt ist und ca. 1/2 des vom OW zugeführten Geschiebes durch das Stauwehr Ruppoldingen flussabwärts transportiert wird, kann die Ø Geschiebezufuhr auf 1'000m^3/a reduziert werden.
Profitierende Strecke	Kiesschüttung bis Stauhaltung KW Klingnau. (ca. km4.0) Länge 32km
Zusammensetzung Schüttmaterial	Wie Wiggergeschiebe dmax ca. 8cm dm 2.5cm
Herkunft Material	Noch offen
Hochwasserschutz	In den Stauwurzelbereichen der Kraftwerke Rupperswil-Auenstein und Wildegg-Brugg sind geringe Sohlenanhebungen zu erwarten. Inwieweit dadurch der Hochwasserspiegel angehoben wird, wurde nicht untersucht. Erfahrungsgemäss dürfte die Schüttung bei grossen Hochwasserereignissen (> HQ30) vor Eintreten der Abflussspitze weitgehend erodiert sein, so dass im Oberwasser unerwünschte Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel ausgeschlossen werden können. Die Durchführung eines entsprechenden Nachweises wird empfohlen.
Auswirkungen auf den Unterwasserspiegel des Dotierkraftwerks beim Stauwehr Rüchlig	Die Anhebung des Wasserspiegels infolge der Kiesschüttung wurde nicht untersucht.
Kosten	Für 1'500m^3 Kies: Fr. 85'000 Über 40 Jahre: Fr. 3'400'000 (hohe Kosten)
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	Alpiq, mit vertraglicher Abmachung mit Axpo Ja
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Hoch / Gross (mittlerer Anteil an Geschiebefracht (> 30%), lange profitierende Strecke) Ja
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Wahrscheinlich / Gut Grad Beeinträchtigung: sehr stark Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Ja Wahrscheinlich keine nennenswerte negative Auswirkungen (UW KW Rüchlig, Hochwasserschutz, Grundwasser, Aue)
Priorität	1

Fristen	Zusatzabklärungen und Planung 2015 Festsetzen und Verfügen der Massnahme 2015 Umsetzung ab 2016/17
Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen: • Räumliche Abstimmung mit Auenschutz • Flussbauliche Nachweise (HWS, Erosion Kiesschüttung, Dotierkraftwerk Stauwehr Rüchlig) • Zufahrt (Privatbesitz) Festsetzen und Verfügen der Massnahme Massnahme planen, bewilligen und umsetzen

Massnahme G06: Kiesschüttung Wildischachen

Lage	Z.B. km22.3 (genauer abzuklären) Rechtes Ufer in der Restwasserstrecke des KW Wildegg-Brugg, flussabwärts Hilfswehr Zufahrt vorhanden
Massnahme	Schütten einer Kiesbank, die zunehmend erodiert wird Ø Geschiebezufuhr 2'500m^3/a Schüttvolumen z.B. 5'000m^3 Schüttperiode 2 Jahre Dauer der Massnahme 10 - 20 Jahre
Begründung	Mit der Massnahme wird das zeitlich befristete Geschiebedefizit infolge Rückhalt in den Stauhaltungen der KW Rupperswil-Auenstein und Wildegg-Brugg reduziert.
Wirkung	Die Schüttung wird bei Hochwasserabfluss zunehmend erodiert und das Geschiebe in der Restwasserstrecke ab- und umgelagert, wodurch geeignete Laichhabitate entstehen.
Profitierende Strecke	Kiesschüttung bis Stauhaltung KW Klingnau (ca. km4.0) Länge ca. 18km
Zusammensetzung Schüttmaterial	Noch zu bestimmen
Herkunft Material	Noch offen
Hochwasserschutz	Infolge Bankbildung ist von einer geringen Anhebung des Hochwasserspiegels auszugehen. Die Anhebung ist kleiner als bei Erreichen eines neuen dynamischen Gleichgewichtszustandes mit der erforderlichen Geschiebefracht. Es wird empfohlen, die Auswirkugen auf den Hochwasserschutz abzuklären.
Kosten	Für 2'500m^3 Kies: Fr. 140'000 Über **15** Jahre: Fr. 2'100'000 (hohe Kosten)
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	Axpo. Begründung: Ohne Stauwehr Wildegg-Brugg würde das Geschiebe ungehindert flussabwärts weiter transportiert. Der Geschieberückhalt ist auf die Stauhaltung zurück zu führen. Ja
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Hoch / Gross (grosser Anteil an Geschiebefracht (30 - 100%), lange profitierende Strecke) Ja
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Wahrscheinlich / Gut Grad Beeinträchtigung: mittel Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Ja Wahrscheinlich keine nennenswerte negative Auswirkungen (Hochwasserschutz, Grundwasser, Aue)
Priorität	1
Fristen	Zusatzabklärungen und Planung 2015 Festsetzen und Verfügen der Massnahme 2015/16 Umsetzung ab 2016/17

Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen: • Räumliche Abstimmung mit Auenschutz • Flussbauliche Nachweise (HWS, Erosion Kiesschüttung, Grundwasser) • Abklärung, ob die Umsetzung der Massnahme vor dem Rückbau des Dachwehrs machbar ist (Hochwasserschutz). Aufgrund des aktuellen Kenntnisstandes ist kurz- bis mittelfristig keine Beeinträchtigung des Hochwasserschutzes zu erwarten (stark ausgeräumtes Gerinne, Bankbildung in Zwischenstrecke, vergleichsweise geringe Fracht). Festsetzen und Verfügen der Massnahme Massnahme planen, bewilligen und umsetzen

Massnahme G07: Dachwehr KW Wildegg-Brugg

Lage	km19.5
Massnahme	Rückbau des Dachwehrs
Begründung	Das Dachwehr, das nicht mehr benötigt wird, führt zu einem zeitlich beschränkten Geschieberückhalt im Oberwasser und beeinträchtigt die Strömungsverhältnisse im Oberwasser.
Wirkung	In der aufgehobenen Staustrecke können geeignete Laichhabitate entstehen. Das Geschiebe kann ungehindert flussabwärts transportiert werden (Geschiebekontinuität gewährleistet). Die Vernetzung (flussauf- und abwärts) wird sicher gestellt.
Profitierende Strecke	Ca. km21.0 – km19.5 (1.5km Stauhaltung) sowie Unterwasser bis Stauwurzel KW Klingnau, ca. km5.0 Länge total 16km
Hochwasserschutz	Flussaufwärts des Dachwehrs kann der Hochwasserspiegel abgesenkt und der Hochwasserschutz verbessert werden.
Kosten	Noch offen
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	Axpo Eher nein
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Noch offen / Mittel (mittellange profitierende Strecke) Ja
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Wahrscheinlich / Gut Grad Beeinträchtigung: mittel Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Ja Wahrscheinlich keine nennenswerte negative Auswirkungen (Hochwasserschutz, Grundwasser, Aue)
Priorität	1
Fristen	Zusatzabklärungen und Planung 2015/16 Festsetzen und Verfügen der Massnahme 2016 Umsetzung 2017
Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen: • Räumliche Abstimmung mit Auenschutz • Flussbauliche Nachweise (HWS, Grundwasser) Festsetzen und Verfügen der Massnahme Massnahme planen, bewilligen und umsetzen

Massnahme G08: Umdeponieren Kies KW Beznau

Lage	Km8.71
Massnahme	Falls aus dem Oberwasserkanal Kies entnommen werden muss, ist dieser im Unterwasser des Stauwehrs an geeigneter Stelle in die Restwasserstrecke zu schütten (entsprechend bisheriger Praxis). Nach Sanierung des Geschiebehaushalts mit erhöhter Geschiebefracht wird mehr Geschiebe in den Oberwasserkanal eingetragen, sodass sich das Entnahmeintervall erhöhen wird.
Begründung	Grundsätzlich soll Kies, der bei einer Anlage aus betrieblichen Gründen entnommen werden muss, wieder dem Gewässer zurückgegeben werden. Eine Abfuhr oder eine kommerzielle Nutzung sollte nur bei einer Beeinträchtigung des Hochwasserschutzes oder einem anderen übergeordneten öffentlichen Interesse zugelassen werden. Würde eine Entnahme toleriert, so könnte der Geschiebehaushalt bei jeder Anlage und damit in Fliessrichtung zunehmend beeinträchtigt werden.
Wirkung	Das Geschiebe wird in der Aare ab- und umgelagert und bildet wertvolle Strukturen mit lockerem Substrat.
Profitierende Strecke	Ca. km8.5 – km5.0 Länge total 3.5km
Hochwasserschutz	Mit der Sanierung des Geschiebehaushalts wird die Geschiebefracht der Aare stark erhöht. Die Gesamtfracht beträgt aber immer noch deutlich weniger, als vor dem Bau der KW Flumenthal und Bremgarten-Zufikon (Reuss). Zu diesem Zeitpunkt war das KW Beznau schon lange in Betrieb. Daher sind signifikante Sohlenauflandungen unwahrscheinlich. Allfällige Auswirkungen auf die Sohlenlage und den Hochwasserspiegel könnten anhand morphologischer Modellberechnungen ermittelt werden.
Kosten	Keine Angaben (abh. vom zu entfernenden Kiesvolumen).
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a[bis]	Axpo Eher nein
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Nicht bekannt / Mittel (eher kleiner Anteil an Geschiebefracht, eher kurze profitierende Strecke) Ja
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Nachgewiesen / Gut Grad Beeinträchtigung durch Entnahme und Rückgabe: Gering Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Ja Wahrscheinlich keine nennenswerte negative Auswirkungen (Hochwasserschutz, Grundwasser)
Priorität	1
Fristen	Entnahmen und Rückgaben in Absprache mit Kanton.
Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen: • Flussbauliche Nachweise in Restwasserstrecke unter Berücksichtigung eines sanierten Geschiebehaushalts (Transportkapazität, HWS, Grundwasser) Geplante Entnahme und Rückgabe (2015/16) umsetzen (vgl. Kap. 5.10)

Massnahme G09: Absenken Oberwasserpegel KW Klingnau

Lage	km1.56
Massnahme	Absenken des Oberwasserspiegels bei Hochwasserabfluss, sodass im Stauwurzelbereich unerwünschte Auflandungen vermieden und Geschiebe mittel- bis langfristig durch das Stauwehr flussabwärts transportiert werden kann. Die Schützen sind bereits bei kleineren Hochwasserabflüssen anzuheben (ca. Q3 oder früher).
Begründung	Gemäss GSchV soll das Geschiebe bevorzugt durch die Anlage transportiert werden. Bei konstantem Oberwasserspiegel ist mittel- bis langfristig von einer unzulässigen Anhebung des Hochwasserspiegels im Stauwurzelbereich auszugehen. Dies kann mit der Massnahme verhindert werden.
Wirkung	Auf die Kiesschüttungen im Unterwasser des Kraftwerks (Massnahme G10) kann mittel- bis langfristig verzichtet und die Strecke bis zum Rhein kann stärker aufgewertet werden.
Profitierende Strecke	Km1.56 – km0.0 sowie Rhein bis Stauhaltung KW Säckingen.
Hochwasserschutz	In der Stauhaltung kann der Hochwasserschutz langfristig gewährleistet werden. Es ist abzuklären, ob und inwieweit der sanierte Geschiebehaushalt zu Sohlenanhebungen im Unterwasser und zu einer Beeinträchtigung des Hochwasserschutzes führen würde.
Flachwasserzone Stauhaltung	Die Absenkung des Oberwasserspiegels hat die Auswirkungen auf die Flachwasserzonen der Stauhaltung zu berücksichtigen. Die Machbarkeit der Massnahme ist durch Modellberechnungen zu untersuchen.
Unterwasserstrecke KW Klingnau	Es ist abzuklären, ob und inwieweit der sanierte Geschiebehaushalt zu Sohlenanhebungen im Unterwasser und zu einer Anhebung des Unterwasserspiegels des KW Klingnau führen würde.
Kosten	Noch offen
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	Axpo Ja
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Noch offen / Gross (Gesamte Geschiebefracht bis Rhein, lange profitierende Strecke bis UW KW Laufenburg) / Noch offen
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Noch offen / Noch offen Grad Beeinträchtigung: sehr stark Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: noch offen
Priorität	1 (Zusatzabklärungen)
Fristen	Zusatzabklärungen in Bearbeitung (Neukonzessionierung)
Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen im Rahmen der anstehenden Neukonzessionierung: • Erforderliche Absenkung OW-Pegel • Auswirkungen auf Flachwasserzone Stauhaltung • Auswirkungen auf die leicht abgetiefte Unterwasserstrecke und den UW-Spiegel • Sohlenauflandungen und Hochwasserschutz ohne Staupegelabsenkung (Referenzszenario)

Massnahme G10: Kiesschüttung Koblenz

Lage	km1.4, km0.95, km0.55 Gerinnemitte und rechte Gerinnehälfte Zugabe mittels Pontonflossen oder dgl.
Massnahme	Schütten von 2 - 3 Kiesinseln, die langsam erodiert werden. Ø Geschiebezufuhr 2'000m^3/a Schüttvolumen z.B. 4'000m^3 Schüttperiode 2 Jahre Die Massnahme ist mit der Sanierungsplanung Geschiebehaushalt Hochrhein abzustimmen /22/.
Begründung	Mit der Massnahme wird der Geschiebehaushalt zwischen dem KW Klingnau und dem Rhein reaktiviert. Wegen der kurzen profitierenden Strecke wird aus Gründen der Verhältnismässigkeit eine reduzierte Geschiebefracht toleriert. Die Fracht entspricht etwa 1/3 der erforderlichen Fracht gemäss Kapitel 7.7.
Wirkung	Die Schüttungen dienen vor allem selbst als Laichstandort. Durch Erosion der Bänke wird Geschiebe dominant in der rechten Gerinnehälfte transportiert, wodurch hier die Sohle leicht angehoben wird und sich neue geeignete Laichstandorte bilden können. Anschliessend wird das Geschiebe in den Rhein transportiert und die Geschiebefracht entsprechend erhöht.
Profitierende Strecke	Kiesschüttung bis Stauhaltung KW Säckingen Länge ca. 32km
Zusammensetzung Schüttmaterial	Noch zu bestimmen
Herkunft Material	Möglichkeiten: Kies aus dem Stauwurzelbereich Thurgeschiebe Geeignete Mischung aus Kiesgrube
Hochwasserschutz	Aufgrund der Kiesschüttungen sind keine Auswirkungen auf den Hochwasserschutz zu erwarten. Die Auswirkungen auf die Sohlenlage des Rheins und den Hochwasserspiegel in der Stauhaltung des KW Albbruck-Dogern sind zusammen mit den Auswirkungen der Sanierung des Geschiebehaushalts des Hochrheins abzuklären.
Auswirkungen auf den Unterwasserspiegel des KW Klingnau	Die Anhebung des Unterwasserspiegels infolge der Kiesschüttungen ist zu untersuchen und die Anzahl und Grösse der Schüttungen darauf abzustimmen.
Kosten	Für 2'000m^3 Kies: Fr. 120'000 Über 40 Jahre: Fr. 4'800'000 (hohe Kosten)
Zuständig Massnahme im Sinne von EnG Artikel 15a^{bis}	AWAG Ja
Kosten / Nutzen – Verhältnis / Verhältnismässigkeit	Hoch / Gross (Gesamte Geschiebefracht bis Rhein, lange profitierende Strecke) Ja
Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Wahrscheinlich / Gut Grad Beeinträchtigung: sehr stark (Aare) Aufwertungspotenzial (Bild 10.1): gross Verhältnismässigkeit: Ja
Priorität	1

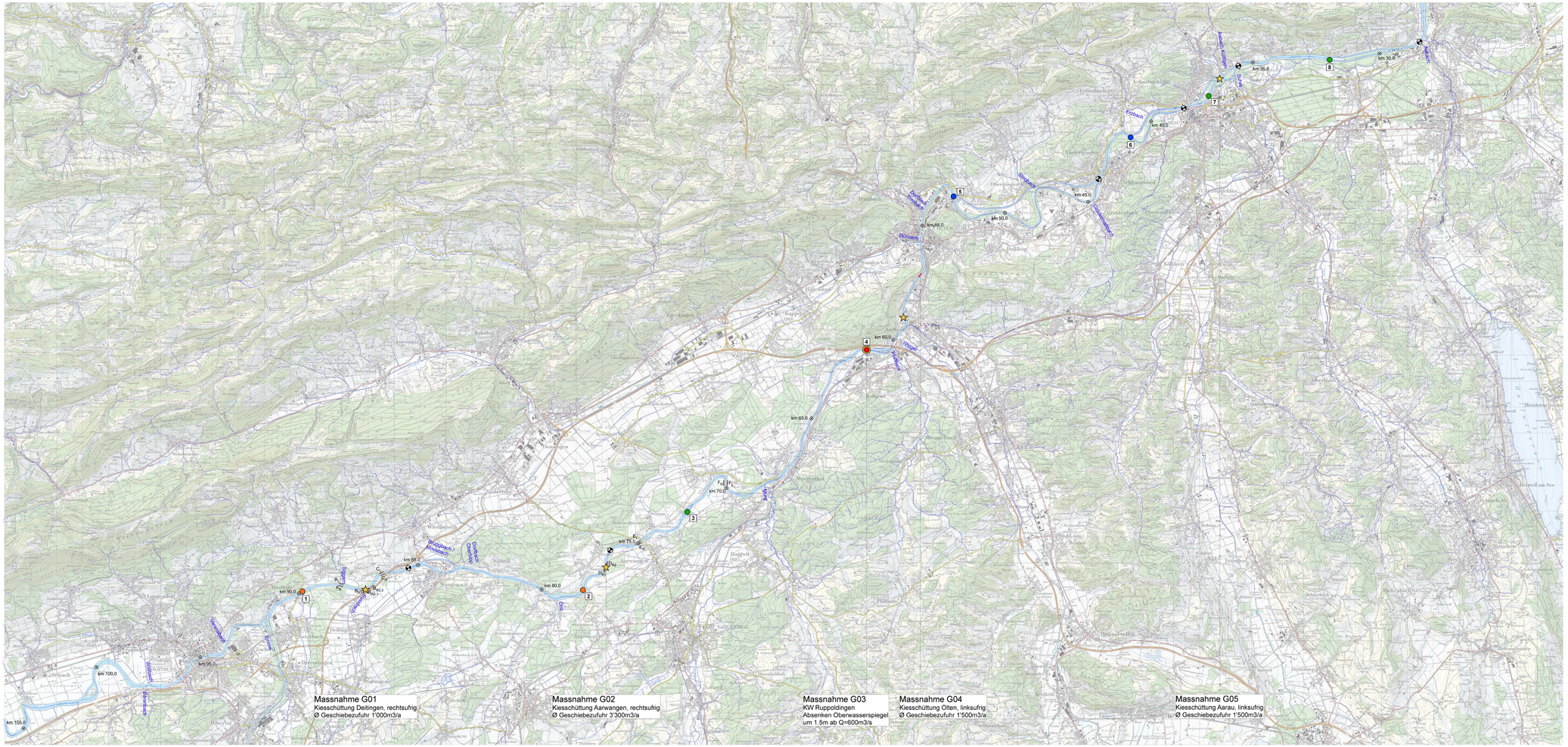
Fristen	Zusatzabklärungen und Planung 2015 Festsetzen und Verfügen der Massnahme 2015/16 Umsetzung ab 2016/17
Weiteres Vorgehen	Zusatzabklärungen: • Räumliche Abstimmung mit Auenschutz • Zufahrt • Flussbauliche Nachweise (Hochwasserschutz, Erosion Kiesschüttungen, Anhebung UW-Spiegel KW Klingnau und Energieproduktion) Festsetzen und Verfügen der Massnahme Massnahme planen, bewilligen und umsetzen

Anlagen mit Massnahmen, Kosten, Nutzen, Verhältnismässigkeit, Machbarkeit, Umsetzbarkeit, Priorität, Fristen und weiterem Vorgehen.
***Teil 1: KW Flumenthal – KW Ruppoldingen (Stand 2.12.14)**.*

Anlage / Anlagenteil / Betreiber	**Massnahme**	**Kosten** (niedrig-mittel-hoch) / **Nutzen** (klein-mittel-gross) / **Verhältnismässigkeit** (ja - nein)	**Machbarkeit** / **Umsetzbarkeit**	**Priorität** (1, 2, 3)	**Fristen**	**Weiteres Vorgehen**
KW Flumenthal / Stauwehr / Alpiq	Nr. **G01** Kiesschüttung entlang rechtem Aareufer bei Deitingen	Hoch (Fr. 30'000/a)/ Mittel (kurze Strecke 1.8km) / Ja	Nachgewiesen / Gut	2	Planung 2015 Umsetzung ab 2016	Festsetzen, Verfügen, Planen und Ausführen der Massnahme
KW Bannwil/ Stauwehr / BKW AG	Nr. **G02** Kiesschüttung entlang rechtem Aareufer bei der Risigrube, Aarwangen	Hoch (Fr. 110'000/a)/ Gross (lange Strecke 11km) Ja	Nachgewiesen / Gut	1	Planung 2015 Umsetzung 2016 / 17	Festsetzen, Verfügen, Planen und Ausführen der Massnahme
KW Ruppoldingen/ Stauwehr / Alpiq	Nr. **G03** Absenken OW-Spiegel KW Ruppoldingen um 1.5m ab Q = 600m^3/s	Noch offen / Gross (sehr lange Strecke, ca. 57km) / Noch offen	Unsicher / Noch offen	2 (1 bez. Zusatz-abklärungen)	Zusatzabklärungen 2015 - 17 Massnahmenentscheid 2018	Zusatzabklärungen (Alpiq)
KW Ruppoldingen/ Stauwehr / Alpiq	Nr. **G04** Kiesschüttung entlang linkem Aareufer vor Olten	Hoch (Fr. 65'000/a)/ Gross (sehr lange Strecke 55km) Ja	Wahrscheinlich / Gut	1	Zusatzabklärungen und Planung 2014/15 Umsetzung ab 2016/17	Zusatzabklärungen; Festsetzen, Verfügen, Planen und Ausführen der Massnahme
KW Rüchlig/ Stauwehr / Axpo	Nr. **G05** Kiesschüttung entlang linkem Ufer in Restwasserstrecke KW Rüchlig	Hoch (Fr. 85'000/a)/ Gross (lange Strecke 32km) Ja	Wahrscheinlich / Gut	1	Zusatzabklärungen und Planung 2015 Umsetzung ab 2016/17	Zusatzabklärungen; Festsetzen, Verfügen, Planen und Ausführen der Massnahme

Anlagen mit Massnahmen, Kosten, Nutzen, Verhältnismässigkeit, Machbarkeit, Umsetzbarkeit, Priorität, Fristen und weiterem Vorgehen.
***Teil 2: KW Wildegg-Brugg – KW Klingnau**.*

Anlage / Anlagenteil / Betreiber	**Massnahme**	**Kosten** (niedrig-mittel-hoch) / **Nutzen** (klein-mittel-gross) / **Verhältnismässigkeit** (ja - nein)	**Machbarkeit** (nachgewiesen, wahrscheinlich, unsicher, noch offen)	**Priorität** (1, 2, 3)	**Fristen**	**Weiteres Vorgehen**
KW Wildegg-Brugg/ Stauwehr / Axpo	Nr. **G06** Kiesschüttung entlang rechtem Ufer in restwasserstrecke im UW Hilfswehr	Hoch (Fr. 140'000/a)/ Gross (lange Strecke 18km) Ja	Wahrscheinlich / Gut	1	Zusatzabklärungen und Planung 2015 Umsetzung ab 2016/17	Zusatzabklärungen; Festsetzen, Verfügen, Planen und Ausführen der Massnahme
KW Wildegg-Brugg/ Dachwehr / Axpo	Nr. **G07** Rückbau Dachwehr	Noch offen / Mittel (lange Strecke 16km) Ja	Wahrscheinlich / Gut	1	Zusatzabklärungen und Planung 2015/16 Umsetzung ab 2017	Zusatzabklärungen; Festsetzen, Verfügen, Planen und Ausführen der Massnahme
KW Beznau / Stauwehr / Axpo	Nr. **G08** Kies, der aus dem Oberwasserkanal entnommen werden muss, ist in die Restwasserstrecke zu schütten (wie bisher)	Nicht bekannt / Mittel (eher kurze Strecke 3.5km) / Ja	Nachgewiesen / Gut	1	Umsetzung in Absprache mit Kanton	Zusatzabklärungen; Geplante Entnahme und Rückgabe umsetzen
KW Klingnau / Stauwehr / Axpo	Nr. **G09** Absenken Oberwasserspiegel KW Klingnau bei HW; Anheben Schützen bei ca. Q = 3	Noch offen / Gross / Noch offen	Noch offen / Noch offen	2 (1 bez. Zusatz-abklärungen)	Zusatzabklärungen in Bearbeitung (Konzes-sionserneuerung)	Zusatzabklärungen
KW Klingnau / Stauwehr / Axpo	Nr. **G10** Kiesschüttungen im Unterwasser	Hoch (Fr. 120'000/a)/ Gross (sehr lange Strecke 32km) Ja	Wahrscheinlich / Gut	2	Zusatzabklärungen und Planung 2015 Umsetzung ab 2016/17	Zusatzabklärungen; Festsetzen, Verfügen, Planen und Ausführen der Massnahme



Tiefbauamt des Kanton Bern
Oberingenieurkreis IV
Dunantstrasse 13
3400 Burgdorf

Amt für Umwelt
Abteilung Wasserbau
Werkhofstrasse 5
4509 Solothurn

Departement Bau, Verkehr
und Umwelt
Entfelderstrasse 22
5001 Aarau

Aare Bielersee - Rhein
Sanierungsplanung Geschiebehaushalt
Schlussbericht

Abschnitt Solothurn - Wildegg
Massstab 1:50'000

Legende

- Anlage mit Grad der Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts
  Blau: Keine; Grün: Geringe; Gelb: Mittlere; Orange: Starke; Rot: Sehr starke
  Anlagen mit wesentlicher Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts, rot, orange, gelb
- Massnahme Kiesschüttung
- Massnahme Stauwehr
- Beginn Konzessionsstrecke
- Ende Konzessionsstrecke
- Fischbiologische Erfolgskontrolle Kiesschüttungen Deitingen und Aarwangen

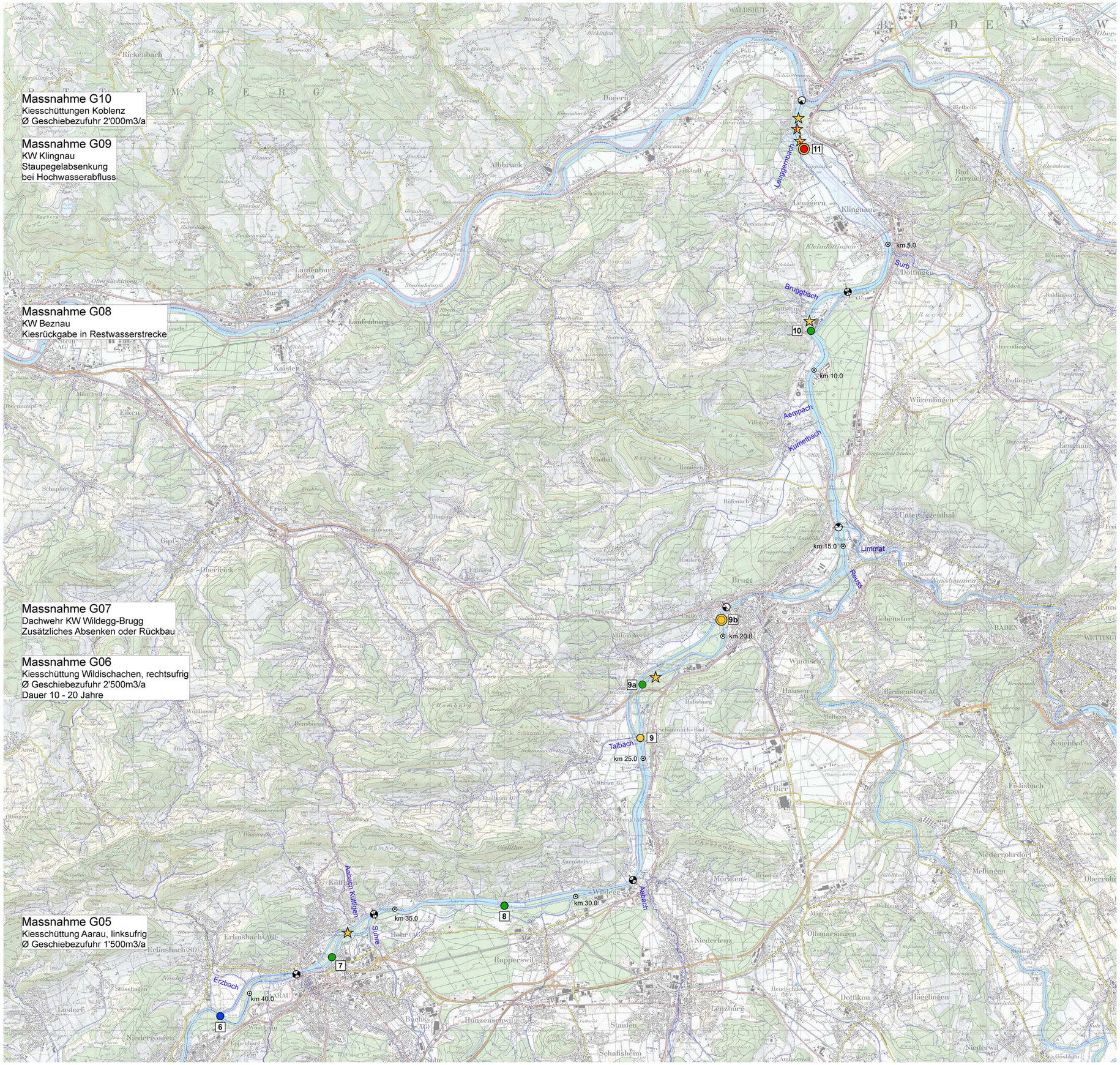
1 Anlagen

1 Stauwehr KW Flumenthal
2 Stauwehr KW Bannwil
3 Stauwehr KW Wynau und Schwarzhäusern
4 Stauwehr KW Ruppoldingen
5 Stauwehr KW Gösgen
6 Stauwehr KW Aarau
7 Stauwehr KW Rüchlig
8 Stauwehr KW Ruppersw il-Auenstein
9 Stauwehr KW Wildegg-Brugg
9a Hilfswehr Kraftwerk Wildegg-Brugg
9b Dachwehr Kraftwerk Wildegg-Brugg
10 Stauwehr KW Beznau
11 Stauwehr KW Klingnau

Plan 1

Flussbau AG SAH
Hofbeinstr. 34, CH-8006 Zürich
Tel. 044 291 61 74, flussbau.ch

Datum	Gezeichnet	Geprüft
7.11.2014	AG	US



Tiefbauamt des Kanton Bern
Oberingenieurkreis IV
Dunantstrasse 13
3400 Burgdorf

Amt für Umwelt
Abteilung Wasserbau
Werkhofstrasse 5
4509 Solothurn

Departement Bau, Verkehr und Umwelt
Entfelderstrasse 22
5001 Aarau

Aare Bielersee - Rhein
Sanierungsplanung Geschiebehaushalt
Schlussbericht

Abschnitt Aarau - Koblenz
Massstab 1:50'000

Legende

- Anlage mit Grad der Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts
  Blau: Keine; Grün: Geringe; Gelb: Mittlere; Orange: Starke; Rot: Sehr starke
  Anlagen mit wesentlicher Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts. rot, orange, gelb
- Massnahme Kiesschüttung
- Massnahme Stauwehr
- Beginn Konzessionsstrecke
- Ende Konzessionsstrecke
- Fischbiologische Erfolgskontrolle Kiesschüttungen Deitingen und Aarwangen

1 Anlagen

1	Stauwehr KW Flumenthal
2	Stauwehr KW Bannwil
3	Stauwehr KW Wynau und Schwarzhäusern
4	Stauwehr KW Ruppoldingen
5	Stauwehr KW Gösgen
6	Stauwehr KW Aarau
7	Stauwehr KW Rüchlig
8	Stauwehr KW Rupperswil-Auenstein
9	Stauwehr KW Wildegg-Brugg
9a	Hilfswehr Kraftwerk Wildegg-Brugg
9b	Dachwehr Kraftwerk Wildegg-Brugg
10	Stauwehr KW Beznau
11	Stauwehr KW Klingnau

Plan 2

Flussbau AG SAH
Holbeinstr. 34, CH-8008 Zürich
Tel. 044 251 51 74. flussbau.ch

Datum	Gezeichnet	Geprüft
7.11.2014	AG	US