



Kanton Zürich  
**Baudirektion**  
Amt für Abfall, Wasser,  
Energie und Luft

---

# Sanierungsplanung Geschiebehaushalt Einzugsgebiet Sihl - Limmat

Strategische Planung

Schlussbericht



Zürich, den 9. Dezember 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](mailto:sah.zh@flussbau.ch)



## Inhalt

1	Zusammenfassung.....	1
2	Einleitung.....	3
2.1	Ausgangslage und Aufgabenstellung .....	3
2.2	Ziele .....	3
2.3	Koordination mit anderen Kantonen .....	4
2.4	Definition Geschiebe und Feinsediment.....	5
2.5	Untersuchte Zustände .....	5
2.6	Ökologisches Potenzial .....	5
2.7	Grundlagen.....	6
3	Vorgehen.....	7
4	Übersicht Einzugsgebiet und Zielgewässer .....	12
5	Morphologie Istzustand .....	14
5.1	Sihl.....	14
5.2	Limmat.....	16
5.3	Reppisch.....	17
6	Anlagen und Beurteilung .....	18
6.1	Anlagen im Einzugsgebiet der Sihl.....	18
6.2	Anlagen im Einzugsgebiet der Limmat .....	24
6.3	Anlagen im Einzugsgebiet der Reppisch .....	28
7	Erforderliche Geschiebefracht.....	30
8	Längenprofil Geschiebefracht und wesentlich beeinträchtigte Strecken.....	33
9	Anlagen mit wesentlicher Beeinträchtigung Geschiebehaushalt / Massnahmen .....	36
10	Längenprofil Geschiebefracht im sanierten Zustand.....	40
11	Hochwasserschutz und Erfolgskontrolle .....	42

## Anhang

1	Detailbeschreibung der Anlagen an Sihl, Limmat und Reppisch	41
2	Fotodokumentation Sihl	67
2	Ökologisches Potenzial gemäss Revitalisierungsplanung	77

## Plan

- 1 Situation Massstab 1 : 25'000. Anlagen, wesentlich beeinträchtigte Strecken und Massnahmen



# 1 Zusammenfassung

<i>Ausgangslage</i>	<p>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 befasst sich mit den Anlagen in den Einzugsgebieten von Sihl, Limmat und Reppisch auf Zürcher Kantonsgebiet.</p>
<i>Zielgewässer</i>	<p>Als Hauptzielgewässer wurden die Sihl, die Limmat und die Reppisch definiert. Zusätzlich wurden alle Anlagen an Zuflüssen, sofern diese signifikant Geschiebe führen, beurteilt.</p> <p>Für die Untersuchung der Geschiebefracht der Hauptzielgewässer im Referenz- und im Istzustand wurden alle Gewässer mit bedeutendem Geschiebeaufkommen berücksichtigt.</p>
<i>Koordination mit anderen Kantonen</i>	<p>Der Geschiebehaushalt von Sihl und Limmat wird massgebend bestimmt durch das Geschiebeaufkommen in der Alp und die Anlagen im Kanton Schwyz.</p> <p>Der vorliegende Bericht berücksichtigt die Geschiebefracht der Sihl bei der Kantonsgrenze im Referenzzustand, im Istzustand sowie im Zustand nach Umsetzung der Sanierungsmassnahmen im Kanton Schwyz. Die Sanierungsmassnahmen an den Anlagen im Kanton Schwyz wurden auf die erforderliche Geschiebefracht von Sihl und Limmat sowie mit dem AWEL abgestimmt.</p>
<i>Einzugsgebiet Sihl</i>	<p>Infolge der Anlagen im Kanton Schwyz sowie der erfolgten Kiesentnahmen in Zürich (AWEL und SBB) ist der Geschiebehaushalt der Sihl auf der gesamten Länge stark bis sehr stark beeinträchtigt.</p> <p>Mit den geplanten Massnahmen an den Anlagen im Kanton Schwyz kann bei der Kantonsgrenze die Geschiebefracht auf das erforderliche Mass angehoben werden. Damit der Geschiebehaushalt der Sihl fristgerecht saniert werden kann, ist zudem eine befristete Kiesschüttung flussabwärts von Sihlbrugg vorgesehen.</p>

Im Kanton Zürich sind Kiesentnahmen nicht mehr zu bewilligen. Falls aus Hochwasserschutzgründen lokal Kies entnommen werden muss, so ist der Kies umzudeponieren oder an geeigneter Stelle wieder in die Sihl zu schütten.

Infolge der Sohlenabsenkung zwischen Militärbrücke und Mattensteg (SBB und AWEL) wird langfristig kein Geschiebe in die Limmat transportiert. Als Sanierungsmassnahme ist entweder die Sohle durch Kiesschüttungen auf das Niveau vor 2007 anzuheben oder das Geschiebedefizit ist durch Kiesschüttungen in der Limmat (erforderliche Dauer 15 – 20 Jahre) zu beheben. Die Massnahme ist verhältnismässig (grosses ökologisches Potenzial) und mit Priorität 1 umzusetzen.

Beim Föhreneggbach (Zürich Albisgüetli) wird empfohlen, den Sammler umzubauen, dass das anfallende Geschiebe bachabwärts bis in die Sihl transportiert werden kann.

#### *Einzugsgebiet Limmat*

Aktuell führt die Limmat kein Geschiebe (sehr starke Beeinträchtigung des Geschiebehauhalts). Wird die erforderliche Geschiebefracht durch die oben aufgeführten Massnahmen (Anlage Sohlenabsenkung Militärbrücke – Mattensteg) gewährleistet, so sind an der Limmat keine weiteren Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehauhalts erforderlich.

Es wird empfohlen, die Geschiebedurchgängigkeit der Stauhaltung des KW Dietikon im Rahmen der anstehenden Neukonzessionierung im Detail abzuklären und allenfalls zu optimieren.

#### *Einzugsgebiet Reppisch*

An der Reppisch wurde an drei Stellen (Felixerbrücke, Reppischhof und Mündungsstrecke) Kies entnommen. Bei den oberen zwei Stellen wurden die Entnahmen nach Realisierung von wasserbaulichen Massnahmen eingestellt. In der Mündungsstrecke wird vorläufig kein Kies entnommen und die Entwicklung beobachtet. Falls aus Hochwasserschutzgründen Kies entnommen werden muss, so ist das Material linksufrig im Oberwasser der A1-Brücke in die Limmat zu schütten.

Die Gewässerverbauungen an den Seitenbächen führen zu einer signifikanten Reduktion der ohnehin geringen Geschiebefracht der Reppisch. Im Erneuerungsfall ist zu prüfen, ob auf den Ersatz einzelner Bachverbauungen verzichtet werden kann.

#### *Koordination mit anderen Planungen sowie räumliche Abstimmung im Einzugsgebiet*

Mit den vorgeschlagenen Sanierungsmassnahmen kann die Geschiebekontinuität von Sihl und Limmat bis zur Stauhaltung Wettingen wieder hergestellt werden. Damit das Geschiebe seine Wirkung entfalten kann und sich neue Kiesbänke bilden können, sind insbesondere an der Limmat die geplanten Revitalisierungsmassnahmen umzusetzen.

Durch die Aufhebung der Aufstiegshindernisse an der Sihl und an der Reppisch werden neu entstehende Laichhabitate für kieslaichende Fische zugänglich.

## 2 Einleitung

### 2.1 Ausgangslage und 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 gemäss Art. 83a GSchG verpflichtet, innert 20 Jahren nach Inkrafttreten dieser Bestimmung die geeigneten Sanierungsmassnahmen nach den Vorgaben von Art. 43a zu treffen.

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.

Die Flussbau AG hat im August 2010 eine Geschiebehaushaltsstudie [2] und im Dezember 2011 den Zwischenbericht Sanierungsplanung Geschiebehaushalt zu Händen der Kantone Zürich, Schwyz, Aargau und Zug [3] verfasst. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat sich in der Stellungnahme vom 24. Mai 2012 zum Zwischenbericht geäussert [8].

Die Flussbau AG erhielt vom Kanton Zürich den Auftrag, im Einzugsgebiet von Sihl, Limmat und Reppisch die Grundlagen zu aktualisieren und den Schlussbericht Sanierungsplanung Geschiebehaushalt zu erstellen.

### 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 der Gewässerabschnitte nach Buchstabe a verursachen.
- d. Erstellen einer Liste der Anlagen, deren Inhaber 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 anderen Kantonen

### *Kanton Schwyz*

Im Kanton Schwyz liegt das obere Einzugsgebiet der Sihl. Die Alp, die bei Dreiwässern in die Sihl mündet, ist der wesentliche Geschiebelieferant der Sihl.

Im Schlussbericht Sanierungsplanung Geschiebehaushalt, Los Sihl, des Kantons Schwyz [4] sind die Anlagen im oberen Einzugsgebiet von Alp und Sihl detailliert beschrieben und Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts vorgeschlagen.

An der Alp befinden sich mehrere Geschiebesammler, die eine wesentliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts von Alp, Sihl und Limmat verursachen.

Eine ebenfalls wesentliche Beeinträchtigung verursacht das Stauwehr des KW Feusisberg, bei welchem ein Grossteil des Geschiebes entnommen wird.

Der vorliegende Schlussbericht berücksichtigt die Sanierungsplanung im Kanton Schwyz. Dabei werden insbesondere die Geschiebefrachten an der Kantongrenze im Referenzzustand, im Istzustand und im sanierten Zustand übernommen.

### *Kanton Zug*

Im Kanton Zug befindet sich ein Teil des Einzugsgebiets der Biber sowie einige kleine Sihl-Zuflüsse zwischen dem Gottschalkenberg und Sihlbrugg.

An diesen Gewässern bestehen wenige Anlagen (Geschiebesammler und Kiesentnahmestellen), aus denen ein Teil des zugeführten Geschiebes entnommen wird. Die Entnahmen sollten eingestellt oder soweit möglich reduziert werden.

Weil die Entnahmekubaturen für die Sihl nicht relevant sind, werden die Anlagen im vorliegenden Bericht nicht berücksichtigt.

### *Kanton Aargau*

Im natürlichen Zustand wurde das Geschiebe der Sihl von der Limmat in die Aare transportiert. Seit dem Bau des KW Wettingen wird alles Geschiebe im Stauwurzelbereich der ca. 10km langen Stauhaltung abgelagert, womit die Limmat im Unterwasser der Staumauer geschiebelos ist. Massnahmen zum Durchtransport des Geschiebes sind nicht machbar.

Die Beurteilung des KW Wettingen und das Vorschlagen von Sanierungsmassnahmen ist Aufgabe des Kantons Aargau. Eine Koordination zwischen den Kantonen Zürich und Aargau ist nicht erforderlich.

## 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  $\geq$  ca. 2mm).

Feinsediment bezeichnet den Anteil der Feststoffe, welcher in der fliessenden Welle in Schweb flussabwärts transportiert wird (Korngrößen  $<$  ca. 2mm).

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

## 2.5 Untersuchte Zustände

Bezüglich Morphologie und Geschiebehaushalt eines Gewässers werden folgende Zustände unterschieden:

*Natürlicher Zustand*

Zustand ohne anthropogene Einflüsse.

*Referenzzustand*

Zustand ohne Anlagen wie Wasserkraftwerke, Geschiebesammler, Kiesentnahmen, etc., aber mit Gewässerverbauungen (Wildbachsperrern, Schwellen, Ufeschutz, etc.).

*Istzustand*

Aktueller Zustand mit allen bestehenden Anlagen.

*Sanierter Zustand*

Zustand bei Umsetzung der vorgeschlagenen Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts.

## 2.6 Ökologisches Potenzial

Das ökologische Potenzial der Gewässer im Kanton Zürich wurde im Zusammenhang mit der Revitalisierungsplanung festgelegt. Der Kartenausschnitt mit den vorliegend bearbeiteten Einzugsgebieten ist in Anhang 3 abgebildet.

Auffallend ist, dass viele Quellbäche, eingedolte Stadtbäche (ohne Revitalisierungspotenzial) oder der Schanzengraben ein grosses ökologisches Potenzial aufweisen. Grossen Gewässern wie der Sihl und der Limmat wurde dagegen ein kleines bis mittleres Potenzial zugeordnet. Beispielsweise wurde dem Limmatabschnitt Betschenrohr in Schlieren, der heute kanalisiert ist aber gleichzeitig in allen kantonalen Planungen (z.B. Massnahmenplan Wasser und LEK Limmat) als Abschnitt mit grossem Aufwertungspotenzial aufgeführt ist, ein kleines ökologisches Potenzial zugewiesen.

Die Flussbau AG bewertet das ökologische Potenzial gemäss der Bafu-Vollzugshilfe [11]. Dementsprechend „entspricht das ökologische Potenzial eines Gewässers bei einem naturnahen Gewässer dessen ökologischer Bedeutung im heutigen Zustand. Bei einem nicht naturnahen Gewässer entspricht das ökologische Potenzial der ökologischen Bedeutung des Gewässers in einem gedachten Bezugs- und Referenzzustand.“

renzzustand, in dem die vom Menschen verursachten Beeinträchtigungen soweit beseitigt sind, als dies mit verhältnismässigen Kosten möglich ist“. Dementsprechend ist beispielsweise dem Abschnitt Limmat Betschenrohr mit potenziell verzweigter Morphologie und grosser Artenvielfalt ein grosses ökologisches Potenzial zuzuweisen.

In den Anlagenblättern wurde daher jeweils das ökologische Potenzial gemäss Revitalisierungsplanung sowie die Bewertung der Flussbau AG aufgeführt. Für die Beurteilung der Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts wurde das ökologische Potenzial gemäss Bewertung Flussbau AG verwendet.

## 2.7 Grundlagen

Für die Untersuchungen wurden folgende Grundlagen verwendet:

- [1] Sanierung Geschiebehaushalt, Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer (2012). Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- [2] Geschiebehaushaltsstudie Sihl – Limmat (20.8.2010). Flussbau AG SAH. Im Auftrag des Kantons Zürich, des Elektrizitätswerks der Stadt Zürich, des Kantons Aargau und der Limmatkraftwerke AG.
- [3] Geschiebehaushalt Einzugsgebiet Sihl – Limmat. Sanierungsbericht (15.12.2011). Flussbau AG SAH. Im Auftrag der Kantone Schwyz, Zug, Zürich und Aargau.
- [4] Renaturierung der Gewässer, Phase I, Strategische Planung. Sanierung Geschiebehaushalt, Los Sihl. Schlussbericht, Anhang und Beilagen (Dezember 2014). Flussbau AG SAH. Im Auftrag des Umwelddepartements des Kantons Schwyz.
- [5] Diverse Geodaten (Landkarten, Historische Karten, Gewässernetz, etc.). Baudirektion des Kantons Zürich.
- [6] Strategische Revitalisierungsplanung Kanton Zürich, Karte des ökologischen Potentials (2014).
- [7] AWEL, Gewässerunterhalt Sihl und Reppisch. Mündliche Angaben von Werner Haas und Erich Stutz vom 19.11.2014.
- [8] Bundesamt für Umwelt (24.5.2012). Amtsstellungnahme Sanierung Geschiebehaushalt Sihl-Limmat / 2006-02391/07/05/05.
- [9] Baggerungen Sihl, HB Zürich 2007-2008 (30.10.2009). Mattensteg – Militärbrücke. Basler & Hofmann / IG Zalo. Im Auftrag der Baudirektion Kanton Zürich und der SBB.
- [10] Hochwasserschutz Sihl-Zürichsee-Limmat. HP4 Entlastungsstollen. Modul 1: Auswirkungen Entlastungsstollen auf die Sihl (in Bearbeitung). Flussbau AG SAH. Im Auftrag der Baudirektion Kanton Zürich.
- [11] Göggel W. 2012: Revitalisierung Fliessgewässer. Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1208: 42S.

## 3 Vorgehen

Das Vorgehen richtet sich nach dem Ablauf gemäss der Vollzugshilfe des BAFU (Grundlage [1], Bild 1 und Bild 2). Dementsprechend gliedert sich das Vorgehen in folgende Schritte:

### *Schritte 1 – 4*

#### **Schnelltest**

Der Schnelltest wurde für alle Anlagen durchgeführt. Dabei wurden die Anlagen sowie die Morphologie des Gewässers im Ober- und Unterwasser untersucht und beurteilt.

Untersuchen des **Grads der Beeinträchtigung** (qualitativ: gering / mässig / stark) und beurteilen, ob eine **wesentliche Beeinträchtigung** des Geschiebehaushalts im Unterwasser der Anlagen oder im Vorfluter vorliegt (qualitativ: ja / nein).

Bei der Beurteilung der wesentlichen Beeinträchtigung wird unterschieden zwischen einer Beeinträchtigung hinsichtlich Morphologie (fehlende Strukturen wie Kiesbänke im Unterwasser), Hochwasserschutz (Ufer- und Sohlenerosionen infolge eines Geschiebedefizits) und Grundwasser (bspw. Sinken des Grundwasserspiegels infolge Sohlenerosion oder Kolmation der Sohle).

### *Schritte 5 – 9*

#### **Grundbewertung**

Die Grundbewertung erfolgt für die Sihl und die Limmat anhand der bestehenden Grundlagen [2], [3] sowie aktueller Erhebungen bei den Betreibern [7] sowie im Feld.

Das Geschiebeaufkommen und die Geschiebezufuhr basieren auf den bestehenden Grundlagen sowie auf der Schnittstelle mit dem Kanton Schwyz [4].

Die **erforderliche Geschiebefracht** wird anhand des morphologischen Ansatzes, Vergleichen mit anderen Gewässern sowie der transportierbaren Geschiebefracht abgeschätzt.

Bei der Sihl und der Limmat werden auf Grundlage des Längenprofils der Geschiebefracht im Referenzzustand und im Istzustand der Einfluss der Anlagen auf den Geschiebehaushalt quantifiziert (Grad der Beeinträchtigung) und **Gewässerstrecken mit wesentlicher Beeinträchtigung** des Geschiebehaushalts bezeichnet.

### *Schritte 10 – 13*

#### **Massnahmenplanung**

Erstellen einer **Liste der Anlagen, die zu einer wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts führen** mit Entscheid, ob eine **Massnahme zur Sanierung des Geschiebehaushalts** erforderlich ist. Keine Massnahme erforderlich ist beispielsweise bei Gewässern, die im Unterwasser der Anlage eingedolt oder künstlich sind und die nicht revitalisiert werden.

Die Berücksichtigung des ökologischen Potentials ist in Kapitel 2.6 beschrieben.

Vorschlag von möglichen **Sanierungsmassnahmen** mit Abschätzung der Kosten, der Beurteilung des Nutzens, der Verhältnismässigkeit und der Machbarkeit.

Die Beurteilung der **Machbarkeit** berücksichtigt den Grad der Beeinträchtigung, das ökologische Potenzial, die Verhältnismässigkeit des Aufwandes, die Interessen des Hochwasserschutzes, energiepolitische Ziele und die räumliche Abstimmung im Einzugsgebiet.

Alle vorgeschlagenen Massnahmen sind technisch machbar.

Die Kosten sind gemäss BAFU für eine Laufzeit von 40 Jahren abzuschätzen. Es 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)

Die **Priorisierung** berücksichtigt die Wirksamkeit, die Umsetzbarkeit, das ökologische Potenzial sowie Angaben zur Machbarkeit der Massnahmen. Die Priorität wird wie folgt abgestuft:

Priorität 1: Umsetzung vor 2020

Priorität 2: Umsetzung vor 2025

Priorität 3: Umsetzung vor 2030

### Schritte 14 - 17 **Bereinigung**

Erstellen einer **Liste der Inhaber von Anlagen, welche Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts treffen müssen.**

Angabe von **Fristen**, bis wann die Massnahmen geplant und umgesetzt werden müssen.

Angaben zur Berücksichtigung **anderer Massnahmen zum Schutz der natürlichen Lebensräume.**

Falls notwendig, **Sonderregelung** für Anlagen, bei welchen der Bedarf zur Sanierung noch nicht nachgewiesen ist (inkl. Angabe von Fristen).

Fertigstellung Schlussbericht und beschlossene Planung (inkl. weiteres Vorgehen) bis Ende 2014.

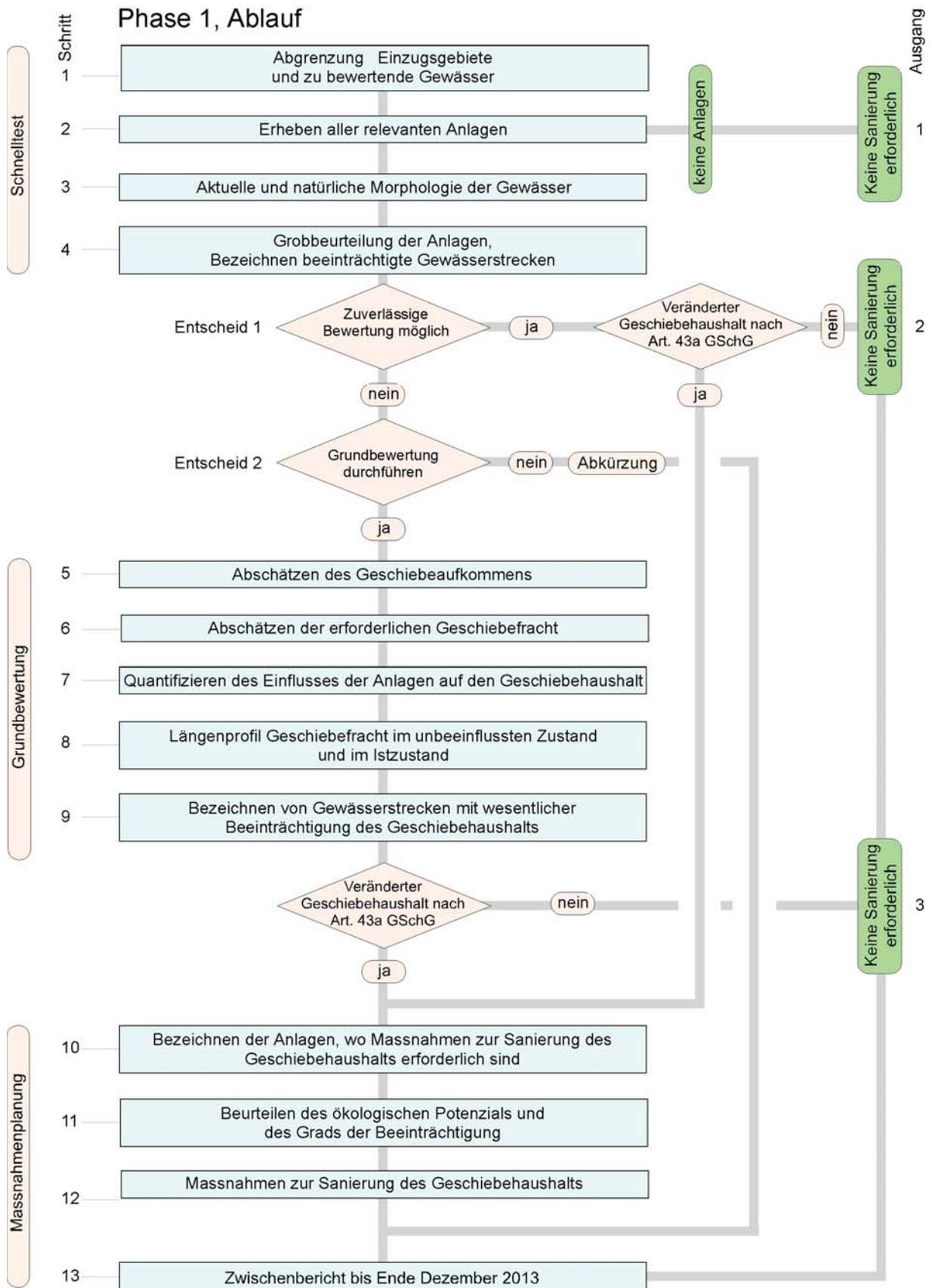


Bild 1 Ablaufschema Sanierungsplanung Geschiebehaushalt (Teil 1 bis Abgabe Zwischenbericht).

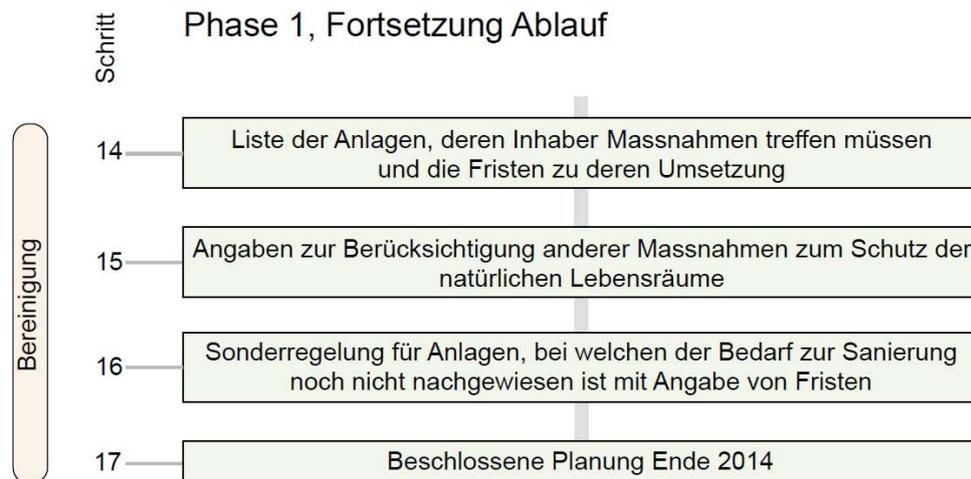


Bild 2 Ablaufschema Sanierungsplanung Geschiebehaushalt (Teil 2 Fortsetzung bis Abgabe Schlussbericht).

**Zu untersuchende Anlagen** In der *Gewässerschutzverordnung* werden folgende Anlagen aufgeführt: Wasserkraftwerke, Kiesentnahmen, Geschiebesammler und Gewässerverbauungen.

Einen Einfluss auf den Geschiebehaushalt können zudem Hochwasserrückhaltebecken, Schwemmholzrechen und andere Wehranlagen (z.B. Weiher, still gelegte Kraftwerke) haben.

Ebenfalls berücksichtigt werden projektierte Anlagen, deren Planung weit fortgeschritten ist oder die kurz vor der Realisierung stehen.

**Wasserkraftwerke**

Bei Wasserkraftwerken wird die Geschiebedurchgängigkeit der Wehranlage inkl. Stauhaltung, Fassungsbauwerk und Unterwasserstrecke beurteilt. Dazu ist auch der Wehrbetrieb bei Hochwasserabfluss zu berücksichtigen.

**Geschiebesammler**

Das Bauwerk wird bezüglich Geschiebedurchgängigkeit beurteilt und die Entnahmemengen bezüglich Geschiebetransportkapazität und Morphologie im Unterwasser beurteilt.

**Schwemmholzrechen**

Schwemmholzrechen führen oft (unvorhergesehen) zu einem bedeutenden Geschieberückhalt. Der Eingriff ist entsprechend den Geschiebesammlern zu beurteilen.

**Andere Wehranlagen  
(Weiher, stillgelegte KW)**

Die Anlagen sind bezüglich Geschiebedurchgängigkeit und Geschieberückhalt zu beurteilen.

**Gewässerverbauungen**

Gewässerverbauungen werden beurteilt, falls sie zu einer Reduktion des Geschiebeaufkommens führen. Dies ist insbesondere in den steilen Gewässerstrecken mit bedeutenden Sohlen- und Ufererosionen der Fall oder wo hohe Schotterterrassen vor Erosion geschützt werden.

Bei Gewässern in Talebenen ohne bedeutende Sohlenerosionen führen Gewässerverbauungen kaum zu einer Reduktion der Geschiebeführung. Am Prallufer erodierter Kies wird etwa in gleicher Menge entlang der Gleithänge abgelagert.

*Bezeichnung/Nummerierung  
(Gewässer und Anlagen)*

Die beurteilten **Anlagen** werden wie folgt bezeichnet:

Die ersten drei Buchstaben bezeichnen das Gewässer, die Zahl die fortlaufende Nummer in Fliessrichtung und die folgenden zwei Buchstaben bezeichnen die Art der Anlage mit folgenden Abkürzungen:

Anlagentyp	Bezeichnung
Wasserkraftwerk	KW
Geschiebesammler	GS
Schwemmholzrechen	SR
Kiesentnahme	KE
Hochwasserentlastung	HE
Gewässerverbauung	GV

Beispiel: SIH-1-KW (Wasserkraftwerk, erste Anlage an der Sihl)

**Gewässerabschnitte** werden wie folgt bezeichnet:

Die ersten drei Buchstaben bezeichnen das Gewässer und die zwei Zahlen den Anfang und das Ende der Strecke gemäss Kilometrierung.

Beispiel: SIH-37.2-0.9 (Sihl, von km37.2 bis km0.9).

*Hochwasserschutz*

Bei der Planung und Umsetzung von Massnahmen zur Verbesserung des Geschiebehaushalts ist dem Hochwasserschutz die notwendige Beachtung zu schenken.

Der Ausbau des Hochwasserschutzes an der Sihl (Entlastungsstollen Langnau-Thalwil oder Ausbau Etzelwerk, resp. Kombilösung Energie, inkl. Begleitmassnahmen) berücksichtigt den Geschiebehaushalt mit den vorgeschlagenen Sanierungsmassnahmen.

*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.

## 4 Übersicht Einzugsgebiet und Zielgewässer

Das Untersuchungsgebiet gliedert sich in die Einzugsgebiete von Sihl, Limmat und Reppisch (Bild 3 und Plan 1).

Das Einzugsgebiet der Sihl im Kanton Zürich ist ausserordentlich schmal und lang und verfügt über nur wenige relevante Zuflüsse ab den Höhronen und der Albiskette.

Das Einzugsgebiet der Limmat (ohne Zürichsee, Sihl und Reppisch) beschränkt sich auf das Limmattal mit den Stadtbächen (Bäche innerhalb der Stadt Zürich), den Schäflibach (Urdorf) sowie weitere kleine Zuflüsse.

Das Einzugsgebiet der Reppisch erstreckt sich vom Türlerseesee entlang der Albiskette über Birmensdorf nach Dietikon. Bei Birmensdorf mündet der Wüeribach in die Reppisch.

**Zielgewässer** sind die **Sihl**, die **Limmat** und die **Reppisch** sowie folgende Zuflüsse mit Geschiebesammlern:

- Schwarzbach
- Risbach
- Föhreneggbach
- Kolbenhofbach
- Friesenbergbach
- Döltschibach
- Breitloobach
- Läufebach
- Albisrieder Dorfbach
- Emmetbach

Für die Untersuchung berücksichtigt wurden zudem geschieberelevante Zuflüsse ohne Anlagen.

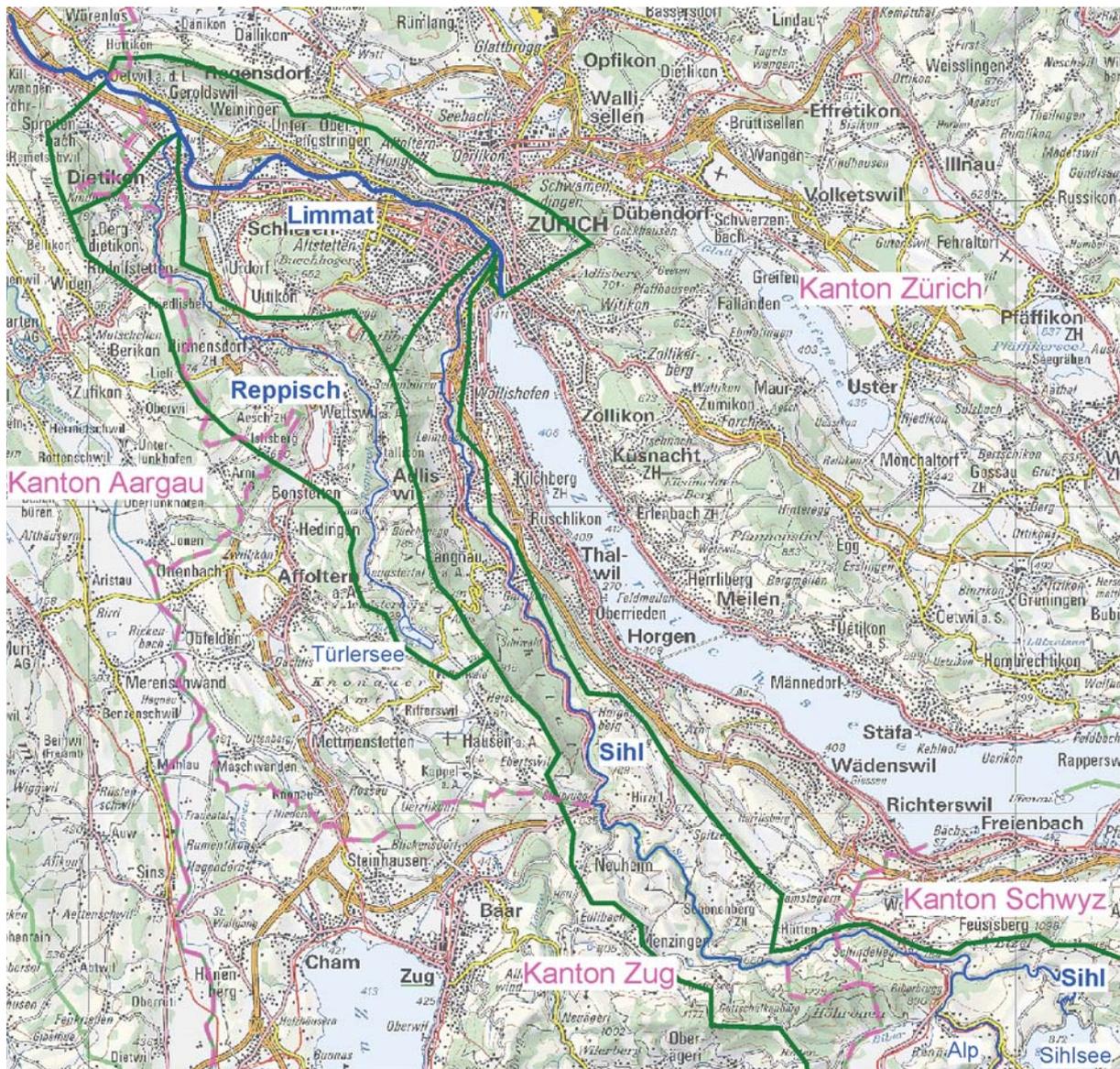


Bild 3 Untersuchungsgebiet mit den Teileinzugsgebieten von Sihl, Limmat und Reppisch.

## 5 Morphologie Istzustand

### 5.1 Sihl

#### *Überblick*

Die Sihl weist im Kanton Zürich eine Länge von 37.2km auf. Die Sohle, die sehr grob ist und viele Residualblöcke aufweist, wird in Fliessrichtung langsam feiner.

Es bestehen nur wenige Geschiebe relevante Zuflüsse. Die bedeutendsten Geschiebelieferanten sind die Bäche ab Höronen (Orischwandbach, Brandbach, Gripbach, Sparenbach ZG, Mülibach ZG) sowie ab Albiskette (Wüesttobelbach, Scheidbach, Eichbach, Cholbenholzbach, Tobelbach, Dorfbach Langnau). Ein Geschiebesammler besteht nur am Mülibach im Kanton Zug, bei welchem ein Teil des Geschiebes bachabwärts weiter transportiert wird.

Die Zürcher Sihl kann aufgrund der aktuellen Morphologie und der Verbauungen in die nachfolgend beschriebenen vier Abschnitte unterteilt werden.

#### *Kantonsgrenze bis Sihlbrugg*

Die Sihl ist weitgehend natürlich und zeigt nur lokal Uferverbauungen sowie die Stauwehre der KW Waldhalde und Schiffli.

#### *Fotos vgl. Anhang 2*

Die grobe Sohle mit Residualblöcken ist sehr stabil. Lokal sind Felsaufschlüsse (Mergel und Sandstein) vorhanden. Die Sohle ist eben (mit Blöcken strukturiert) oder zeigt Rinnen-Schnellen-Sequenzen.

Zur Zeit sind im Bereich der Kantonsgrenze (Maschinenhaus KW Sihl-Höfe) bedeutende Geschiebebänke vorhanden. Diese dürften von der Kiesrückgabe im Jahr 2013 beim Stauwehr Feusisberg stammen und dementsprechend seither durch die Stauhaltung des KW Sihl-Höfe bis hierher transportiert worden sein ( $Q_{max} = 123m^3/s$ , 22.7.2014, Messstation Zürich, Sihlhölzli).

Weiter flussabwärts sind keine (Hütten) oder nur kleine Kiesbänke vorhanden (Finsterseebrugg, Sihlsprung, Sihlbrugg). Das Geschiebe früherer Kiesrückgaben (2006 und 2007) wurde bereits weiter flussabwärts transportiert und ist über eine grosse Strecke verteilt.

Abgesehen vom Bereich bei der Kantonsgrenze zeigt die Sihl ein starkes bis sehr starkes Geschiebedefizit.

#### *Sihlbrugg bis Langnau*

#### *Fotos vgl. Anhang 2*

Im Sihltal ist die Sihl leicht eingeengt (Kantonsstrasse, SZU Sihltalbahn) und die Ufer weitgehend verbaut. Die Sohle ist mehrheitlich eben (gemäss Unterhaltsdienst AWEL zum Teil künstlich ausgeebnet). Lokal sind vielfältige Strukturen und Felsaufschlüsse vorhanden (z.B. Binzboden, Sihlwald).

Die Sohle ist bis zu Abflüssen um  $200\text{m}^3/\text{s}$  (HQ10) stabil. Während dem Hochwasser vom August 2005 kam es lokal zu Sohlenerosionen.

An morphologisch günstigen Stellen sind vereinzelt flache Kiesbänke vorhanden. Entlang einzelner Gleithänge sind jedoch keine (z.B. Chlämmerliboden) oder nur bewachsene und kolmatierte Bänke zu finden.

Die Sihl zeigt ein ausgeprägtes Geschiebedefizit (starke Beeinträchtigung Gechiebehaushalt).

#### *Langnau bis Zürich Brunau*

In der sich langsam aufweitenden Talebene zeigt die Sihl einen ähnlichen Verlauf und eine vergleichbare Sohlenbreite wie im Sihltal. In den Siedlungsgebieten sind die Ufer oft härter verbaut und es bestehen mehrere Wehre von bestehenden oder ehemaligen Wassernutzungen.

Die Sohle ist oft eben und zeigt nur lokal Strukturen. Das Sohlenmaterial wird in Fliessrichtung leicht feiner und örtlich bestehen Felsaufschlüsse.

Entlang von Gleithängen und lokalen Profilverbreiterungen sind vereinzelt eher grobe Kiesbänke vorhanden (z.B. unterstrom des Stauwehrs Leimbach). Lockere Kiesbänke sind nur wenig zu finden und sind oft mit viel Sand durchsetzt.

Die Sihl zeigt ein ausgeprägtes Geschiebedefizit (starke Beeinträchtigung Gechiebehaushalt).

#### *Zürich Brunau bis Limmat*

Innerhalb der Stadt Zürich zeigt die Sihl einen eher gestreckten Lauf mit durchgehend harten Uferverbauungen. Das Längenprofil wird durch den ca. 4m hohen Sihlabsturz beim Sihlhölzli (SBB-Tunnel) in zwei Abschnitte gegliedert.

Die Sohle ist grob und nur lokal gut strukturiert. Lockere Kiesbänke sind kaum zu finden. Ab Gessnerbrücke ist die Sohle abgetieft und kolmatiert (vgl. Kapitel 6.1, Anlage SIH-9-KE).

Es wird nur wenig bis kein Geschiebe transportiert. Dementsprechend besteht ein starkes Geschiebedefizit.

#### *Ausleit- und Restwasserstrecken*

In der gesamten Sihl wird der Abfluss durch die Etzelwerke reduziert (Restwasserstrecke). In drei Ausleitkraftwerken wird das Restwasser zusätzlich genutzt und der Abfluss weiter reduziert:

KW Waldhalde, Restwasserstrecke 4.5km

KW Schiffli, Restwasserstrecke 0.5km

KW Sihl-Manegg, Restwasserstrecke 2.7km

## 5.2 Limmat

### *Korrektion*

Die Zürcher Limmat wurde im 19. Jahrhundert korrigiert und ab Höngg mit einem einheitlichen Doppeltrapezprofil mit eher schmalen Vorländern versehen.

Die Einengung führte zu einer meist ebenen Sohle mit grober und abgepflasterter Sohle.

Im natürlichen Zustand wurden aus der Sihl ca. 2'700m<sup>3</sup>/a Geschiebe zugeführt und 2'400m<sup>3</sup>/a erreichten die Grenze zum Kanton Aargau.

### *Aktueller Zustand*

Die Limmat weist im Kanton Zürich eine Länge von 18.1km auf. Der Ausfluss des Zürichsees ist geschiebelos und nach 1.9km mündet mit der Sihl der bedeutendste Geschiebebringer in die Limmat.

Die linksseitigen Stadtbäche sind zum Grossteil eingedolt und weisen eine lange und flache Mündungstrecke durch die Talebene auf. Das eher weiche Geschiebe (hoher Mergelanteil), das im natürlichen Zustand nur zum Teil durch die lange und flache Mündungstrecke transportiert wurde, ist für die Limmat nicht relevant.

Die rechtsseitigen Bäche des Limmattaales verfügen vor Eindolungen im Siedlungsgebiet oft über einen Geschiebesammler. Einzelne Bäche (z.B. Bombach, Stadt Zürich) transportieren wenig Geschiebe in die Limmat. Die Geschiebezufuhr dieser Bäche ist für die Limmat nicht relevant.

Der Schäflibach (Urdorf) weist ein vernachlässigbares Geschiebeaufkommen auf und ist daher kein Zielgewässer.

Nach 13.1km mündet in Dietikon die Reppisch mit vergleichsweise kleiner Geschiebefracht in die Limmat.

### *Profiländerungen und Revitalisierungen*

Bei leichten Profilverbreiterungen und in revitalisierten Abschnitten zeigt das Gerinne eine strukturierte Sohle aus meist grobem Sohlenmaterial.

Revitalisiert wurde die Limmat in den Abschnitten

- Zürich, Werdhölzli (Länge 1.4km)
- Unterengstringen, Zelgli (nur linkes Ufer, Länge 400m)
- Geroldswil – Dietikon (Länge 900m)
- Oetwil (nur rechtes Ufer, Länge 500m)

### *Geschiebehaushalt*

Seit dem Bau der Durchmesserlinie 2007/08 und der Absenkung der Sihlsohle im Bereich des Hauptbahnhofs wird kein Geschiebe mehr in die Limmat transportiert. Durch Kieschüttungen ab Zürich, Breitensteinstrasse, wurde das Geschiebedefizit reduziert (vgl. Anhang 1, Anlage SIH-9-KE).

Wegen der grossen Transportkapazität des eingeeengten Gerinnes wird das Geschiebe mehr oder weniger ablagerungsfrei durchtransportiert, wobei es in den Stauhaltungen der KW Höngg und Dietikon zwischengelagert wird.

Das Geschiebe wird bis in die Renaturierung Geroldswil transportiert. Die diesjährige Erfolgskontrolle zeigt, dass zwischen 2011 und 2014 weniger Geschiebe in die Renaturierung zugeführt, als ausgetragen wurde (leichte Erosionstendenz). Sohle und Kiesbänke sind stark kolmatiert und werden kaum umgelagert. Der aquatische Lebensraum ist infolge der praktisch fehlenden Geschiebezufuhr in einem schlechten Zustand.

Die Limmat zeigt ein sehr starkes Geschiebedefizit.

### 5.3 Reppisch

#### *Überblick*

Die Reppisch entspringt dem Türlensee und entwässert das schmale Tal westlich der Albiskette, um anschliessend in einem weiten Bogen bei Dietikon in die Limmat zu münden.

Die Reppisch weist zwischen Türlensee und Limmat eine Länge von ca. 24km auf. Bedeutende Zuflüsse sind der Wüeribach (ab Wettswil) und der Rummelbach (ab Rudolfstetten, Kt. AG). Im Abschnitt Reppischhof ist die Reppisch Grenzgewässer zum Kanton Aargau.

Die Reppisch ist im oberen Einzugsgebiet weitgehend naturnah mit mäandrierender Morphologie. Ab Birmensdorf ist sie oft kanalisiert und hart verbaut. Entlang von Gleithängen und manchmal auch in Gerinnemitte sind kleine Kiesbänke vorhanden.

Das Geschiebeaufkommen verteilt sich auf die vielen kleinen Zuflüsse sowie auf Ufererosionen der Reppisch an den Talflanken. Das Geschiebe besteht im Wesentlichen aus Molasse (Sandstein, Mergel) und wird rasch abgerieben. Die Geschiebefracht ist bei der Mündung mit durchschnittlich  $350\text{m}^3/\text{a}$  gering.

## 6 Anlagen und Beurteilung

### 6.1 Anlagen im Einzugebiet der Sihl

An der Sihl bestehen vier Wasserkraftwerke und drei Kiesentnahmestellen. Zudem wurden in Planung befindende Projekte berücksichtigt (Schwemmholzrechen Langnau und Hochwasserschutzprojekt Sihl, Zürich). Die Anlagen sind in Tabelle 1 aufgelistet und in Anhang 1 detailliert beschrieben.

Wehrschwellen still gelegter Wasserfassungen (Spinnereien, etc.) sind hinterfüllt und haben keinen Einfluss auf den Geschiebehaushalt der Sihl.

#### *Kraftwerk Waldhalde SIH-1-KW*

Das KW Waldhalde fasst Wasser beim Stauwehr unterstrom der Brücke Hütten. Das zweiteilige Stauwehr verfügt über zwei Klappen, die bei Hochwasser abgesenkt werden.

Das Geschiebe wird bei Hochwasserabfluss über die abgesenkten Klappen flussabwärts transportiert. Bei kleinen Hochwasserereignissen kann es zu einem gewissen Rückhalt von Geschiebe in der kurzen, ca. 200m langen Stauhaltung kommen

Der Geschiebehaushalt wird gering beeinträchtigt.

Es ist **keine Massnahme** erforderlich.

#### *Kraftwerk Schiffli SIH-2-KW*

Das KW Schiffli fasst Wasser oberstrom einer festen Wehrschwelle und führt das im Maschinenhaus genutzte Wasser nach knapp 500m in die Sihl zurück.

Die Wehrschwelle ist vollständig mit Geschiebe hinterfüllt und das Geschiebe wird bei Hochwasserabfluss ungehindert durch die kurze Stauhaltung flussabwärts transportiert.

Der Geschiebehaushalt wird nicht beeinträchtigt.

Es sind **keine Massnahmen** erforderlich.

#### *Projektierter Schwemmholz- rechen SIH-3-SR*

Zwischen der Station Sihlwald und Langnau ist ein grosser Schwemmholzrechen geplant. Bei Hochwasserereignissen kann ein Teil des zugeführten Geschiebes im Rückhalteraum abgelagert werden.

Solange kein Kies entnommen und abgeführt wird, führt die Anlage zu keiner Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts.

Falls Kiesbänke den Betrieb des Schwemmholzrechens einschränken, ist das Material in den Hauptstrombereich der Sihl umzudeponieren. Kiesentnahmen sind nicht zu bewilligen.

**Eine Sanierungsmassnahme ist zu formulieren.**

*Projektiertes Hochwasser-  
entlastungsstollen  
SIH-4-HE*

Für den Ausbau des Hochwasserschutzes von Zürich, Adliswil und Langnau ist die Ableitung der Abflussspitzen grosser Hochwasserereignisse in den Zürichsee geplant. Zur Diskussion stehen der Bau eines Entlastungsstollens zwischen Langnau und Thalwil oder der Ausbau der Etzelwerke mit einem Bypass zwischen Sihl- und Zürichsee. Beide Projekte hätten zur Folge, dass für den Geschiebetransport ab einem bestimmten Grenzabfluss weniger Wasser zur Verfügung steht.

Der Einfluss des Entlastungsstollens auf den Geschiebetransport der Sihl ab Langnau wurde anhand von Modellberechnungen im Detail untersucht [10]. Dabei kommt es zu einer verstärkten Bankbildung und einem befristeten Rückhalt von Geschiebe in der Grössenordnung von 15'000m<sup>3</sup> Kies. Dadurch wird das Geschiebedefizit im Unterwasser verstärkt. Der Geschiebehaushalt wird mittel und damit wesentlich beeinträchtigt.

Bei der Kombilösung Energie ist die betroffene Strecke länger, wodurch die Periode, bis ein neuer Gleichgewichtszustand erreicht wird, länger wird.

**Eine Massnahme zur Sanierung des Geschiebehaushalts ist erforderlich.**

*Kraftwerk Langnau  
SIH-5-KW*

Das KW Langnau fasst Wasser oberstrom einer festen, schräg angeordneten Wehrschwelle und führt das im Maschinenhaus genutzte Wasser ins Tosbecken zurück.

Infolge der schräg angeordneten Wehrschwelle wird die Sohle im Oberwasser ausgeräumt, was bei Niederwasser zu einem 300m langen Rückstau führt.

In der Stauhaltung kann es bei kleinen Hochwasserereignissen zu einem gewissen Geschieberückhalt kommen.

Der Geschiebehaushalt wird gering beeinträchtigt.

Es ist **keine Massnahme** erforderlich.

*Kraftwerk Sihl-Manegg  
SIH-6-KW*

Das KW Manegg fasst rechtsufrig Wasser oberstrom einer festen Wehrschwelle. Das genutzte Wasser wird in zwei Kanälen nach 1.4km und 2.9km zurück in die Sihl geleitet.

In der ca. 400m langen Stauhaltung kann es bei kleinen Hochwasserereignissen zu einem beschränkten Geschieberückhalt kommen.

Der Geschiebehaushalt wird gering beeinträchtigt.

Es ist **keine Massnahme** erforderlich.

*Kiesentnahme Eiswehr  
SIH-7-KE*

Für den Betrieb des Eiswehrs ist die befestigte Sohle im Bereich der Schützenauflager von Kiesablagerungen frei zu halten. Dazu wurden bis 2011 durchschnittlich  $800\text{m}^3/\text{a}$  Kies entnommen und abgeführt.

Seit 2012 wird nur wenig Kies entnommen und das Material an geeigneter Stelle in die Sihl zurück geschüttet.

Die ehemaligen Kiesentnahmen führten zusammen mit den Entnahmen in der Brunau (SIH-8-KE) zu einer Ausräumung der Sohle und der Erosion von Kiesablagerungen (bis zur Limmat).

Der Geschiebehalt wurde mittel beeinträchtigt.

Als **Massnahme** ist sicher zu stellen, dass Kies, der den Betrieb des Eiswehrs beeinträchtigt, im Gewässer belassen wird (Umdeponieren Kies oder Rückgabe an geeigneter Stelle in die Sihl, vgl. auch [3]).

*Kiesentnahme Brunau  
SIH-8-KE*

Bei der scharfen Linkskrümmung vor der SZU-Brücke wurde die Kiesbank entlang dem Gleitufer regelmässig entnommen. Das Ziel der Entnahmen bestand darin, den Hochwasserspiegel abzusenken und das Risiko eines Einstaus der tief liegenden Brücke zu reduzieren.

Seit 2011 sind die Kiesentnahmen eingestellt. Der Hochwasserschutz soll durch Massnahmen an der Brücke und den Ufern gewährleistet werden.

Es wurden durchschnittlich  $1'200\text{m}^3/\text{a}$  Kies entnommen. Nach einer Entnahme wurde praktisch alles zugeführte Geschiebe abgelagert und nur wenig weiter transportiert.

Der Geschiebehalt wurde stark beeinträchtigt.

Als **Massnahme** ist sicher zu stellen, dass kein Kies entnommen, sondern allenfalls nur umdeponiert wird (vgl. [3]).

*Kiesentnahme Militärbrücke  
bis Mattensteg  
SIH-9-KE*

Aus Hochwasserschutzgründen wurde für den Bau der Durchmesserlinie (SBB) die Sihlsohle 2007/08 um bis zu 1m abgesenkt und insgesamt  $20'100\text{m}^3$  Kies entnommen [9].

Aktuell befindet sich die Geschiebefront bei der Gessnerbrücke. Dies bedeutet, dass insgesamt ca.  $1'500\text{m}^3$  Kies abgelagert wurden, was einer durchschnittlichen Geschiebezufuhr von  $250\text{m}^3/\text{a}$  entspricht. Zur Anhebung der Sohle auf das Niveau vor 2007 müssen noch  $18'600\text{m}^3$  Geschiebe abgelagert werden.

Die Dauer, bis die Sohle wieder aufgelandet ist und ausreichend Geschiebe in die Limmat transportiert wird, ist abhängig von der Geschiebezufuhr sowie den Sanierungsmass-

nahmen im Einzugsgebiet der Sihl<sup>1</sup>. Bei Umsetzung aller vorgeschlagenen Massnahmen innerhalb der definierten Fristen kann von folgender Zufuhr ausgegangen werden:

2015 - 2019: 500m<sup>3</sup>/a (total 2'500m<sup>3</sup>)

2020 - 2024: 1'000m<sup>3</sup>/a (total 5'000m<sup>3</sup>)

2025 – 2030: 1'500m<sup>3</sup>/a (total 9'000m<sup>3</sup>)

Bis zum Jahr 2030 werden dementsprechend rund 16'500m<sup>3</sup> Geschiebe zugeführt, was leicht unter dem Volumen von 18'600m<sup>3</sup> liegt.

Der Geschiebetransport in die Limmat dürfte in 5 – 10 Jahren einsetzen (2020 bis 2025) und anschliessend langsam ansteigen.

Zur Kompensation des Geschiebedefizits wurden 2007 bis 2011 insgesamt 11'100m<sup>3</sup> Kies in die Limmat geschüttet (Zugabestelle Breitensteinstrasse). Seither wurden keine Schüttungen mehr durchgeführt.

Der Geschiebehaushalt der Limmat wird sehr stark beeinträchtigt. **Eine Massnahme zur Sanierung des Geschiebehaushalts ist erforderlich.**

*Geschiebesammler  
Schwarzbach,  
Zürich Leimbach  
SWA-1-GS*

Aus dem kleinen Sammler werden durchschnittlich 17m<sup>3</sup>/a Kies entnommen. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei bedeutenden Hochwasserereignissen ein Teil des Geschiebes durch den anschliessenden Durchlass in die flache Mündungsstrecke und etwas Geschiebe bis in die Sihl transportiert wird. Unmittelbar nach dem Durchlass ist eine kleine Kiesbank vorhanden. Der Schwarzbach kann wegen des flachen Gefälles der Mündungsstrecke nicht alles Geschiebe in die Sihl transportieren. Der Sammler führt zu einer geringen und damit zu keiner wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts. Es ist **keine Massnahme** erforderlich.

*Geschiebesammler  
Föhreneggbach,  
Zürich Albisgütli  
FOE-1-GS*

Der Sammler besteht aus einem Betonbecken mit Endschwelle, aus welchem durchschnittlich 17m<sup>3</sup>/a Kies entnommen und abgeführt wird. Im Unterwasser quert der kanalisierte Bach die Schiessanlage Albisgütli und führt anschliessend durch ein kurzes und steiles Tobel in die Sihl. Die Anlage führt zu einer starken und wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts. **Eine Massnahme zur Sanierung des Geschiebehaushalts wird empfohlen.**

---

<sup>1</sup> Sowie den auftretenden Hochwasserereignissen. Dies gilt für alle folgenden Abschätzungen.

*Geschiebesammler  
Kolbenhofbach und  
Friesenbergbach  
KOL-1-GS, FRI-1-GS*

Beide Geschiebesammler befinden sich vor langen Bacheindolungen, die bis zur Sihl reichen. Alles zugeführte Geschiebe (zusammen  $\varnothing 10\text{m}^3/\text{a}$ ) wird entnommen. Das Geschiebe ist für die Sihl nicht relevant. **Eine Massnahme zur Sanierung des Geschiebehaushalts ist nicht sinnvoll.**

*Gewässerverbauungen*

Die Geschiebefracht einzelner sehr hart verbauter Seitenbäche wird stark reduziert (Orischwandbach, Brandbach). Bei den Seitenbächen im Sihlwald wird die Geschiebefracht nicht oder nur gering reduziert. Auf den Geschiebehaushalt der Sihl haben die Gewässerverbauungen insgesamt einen geringen Einfluss.

Die Sihl ist zwischen der Kantonsgrenze und Sihlbrugg wenig verbaut und der Geschiebehaushalt wird dadurch nicht oder nur gering beeinträchtigt.

Zwischen Sihlbrugg und Zürich verhindern die durchgehenden Uferverbauungen den seitlichen Geschiebeeintrag infolge Erosion der Prallhänge (mehrheitlich Molassefels). Geht man davon aus, dass im natürlichen Zustand die Prallhänge etwa um  $1\text{cm}/\text{Jahr}$  erodierten, so wurden dadurch ca.  $180\text{m}^3/\text{a}$  Geröll in die Sihl eingetragen ( $V = L * h * d * p = 1800 * 20 * 0.01 * 0.5$ ; L = massgebende Prallhanglänge; h = Prallhanghöhe, d = Erosionstiefe; p = Geröllanteil; alle Angaben in [m]).

Durch die Stauwehre wird ein allfälliger, sehr langsam fortschreitender Eintiefungsprozess verhindert. Dadurch werden ca. weitere  $100\text{m}^3/\text{a}$  weniger Geschiebe in die Sihl eingetragen.

Der durch Gewässerverbauungen reduzierte Geschiebeeintrag innerhalb des Kantons Zürich dürfte in der Grössenordnung von  $400\text{m}^3/\text{a}$  liegen, was etwa 13% der Geschiebefracht im Referenzzustand entspricht. Der Geschiebehaushalt der Sihl wird gering beeinträchtigt.

Tabelle 1 Anlagen an der **Sihl** und ihren Seitenbächen mit Grad der Beeinträchtigung, wesentlicher Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts und Massnahmenentscheid.

M: Morphologie; HWS: Hochwasserschutz; GWH: Grundwasserhaushalt

Anlage Nr.	Anlage / Betreiber / <b>Gewässer</b>	Grad der Beeinträchtigung	Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt M / HWS / GWH	Massnahme Ja / Nein
SIH-1-KW	Kraftwerk Waldhalde / EKZ/ <b>Sihl</b>	Gering	Nein / Nein / Nein	Nein
SIH-2-KW	Kraftwerk Schiffli / Fabrik im Schiffli/ <b>Sihl</b>	Keine	Nein / Nein/ Nein	Nein
SIH-3-SR	Projektierter Schwemm- holzrechen vor Langnau / AWEL / <b>Sihl</b>	Abhängig von Bewirtschaftung	Unter Vorausset- zung, dass kein Kies abgeführt wird, Nein / Nein/ Nein	Nein
SIH-4-HE	Projektierter Hochwasser- entlastungsstollen Langnau - Thalwil/ AWEL / <b>Sihl</b>	Mittel (befristet)	Befristet Ja / Nein / Nein	Ja
SIH-5-KW	Kraftwerk Langnau / ADEV Wasserkraftwerke AG / <b>Sihl</b>	Gering	Nein / Nein / Nein	Nein
SIH-6-KW	Kraftwerk Sihl-Manegg / Sihl Zürich AG / <b>Sihl</b>	Gering	Nein / Nein/ Nein	Nein
SIH-7-KE	Kiesentnahme Eiswehr / AWEL / <b>Sihl</b>	Mittel	Ja / Nein / Nein	Ja
SIH-8-KE	Kiesentnahme Brunau/ AWEL / <b>Sihl</b>	Stark	Ja / Nein / Nein	Ja
SIH-9-KE	Kiesentnahme Hauptbahnhof / SBB + AWEL / <b>Sihl</b>	Sehr stark	Ja / Nein / Nein	Ja
SWA-1-GS	Geschiebesammler / ERZ <sup>2</sup> / <b>Schwarzbach</b>	Gering	Nein / Nein/ Nein	Nein
FOE-1-GS	Geschiebesammler / ERZ / <b>Föhreneggbach</b>	Stark	Ja / Nein/ Nein	Ja
KOL-1-GS	Geschiebesammler / ERZ / <b>Kolbenhofbach</b>	Stark	Ja / Nein/ Nein	Nein (eingedolt)
FRI-1-GS	Geschiebesammler / ERZ / <b>Friesenbergbach</b>	Stark	Ja / Nein/ Nein	Nein (eingedolt)

<sup>2</sup> Entsorgung und Recycling Stadt Zürich.

## 6.2 Anlagen im Einzugsgebiet der Limmat

### Übersicht

An der Limmat bestehen die 3 Wasserkraftwerke gemäss Tabelle 2.

Die Wasserableitungen in den Hauser-Kanal beim Stauwehr Höngg sowie beim Kloster Fahr in die Giessen haben keinen Einfluss auf den Geschiebehaushalt der Limmat und werden daher nicht beschrieben.

An den Stadtbächen bestehen mehrere Geschiebesammler vor dem Siedlungsgebiet gemäss Tabelle 3.

### Kraftwerk Letten LIM-1-KW

Das Stauwehr Letten befindet sich unmittelbar vor der Sihlmündung. Es dient der Regulierung des Zürichsees und der Ableitung von Wasser in den Oberwasserkanal des Kraftwerks.

Die Restwasserstrecke ist 1.04km lang. Infolge der Wasserableitung wird die Geschiebetransportkapazität reduziert und damit die Bankbildung verstärkt. **Der Geschiebehaushalt wird gering und nicht wesentlich beeinträchtigt.**

Es bestehen keine Angaben, dass früher, als die Sihl noch bedeutend Geschiebe in die Limmat transportierte, die reduzierte Transportkapazität zu unerwünschten Sohlenauflandungen führte, die den Hochwasserschutz beeinträchtigten.

Gemäss [2] kommt es bei einer Sanierung des Geschiebehaushalts zu einer verstärkten Bankbildung, wobei die mittlere Sohle keilförmig um bis zu 20cm angehoben werden kann. Damit dürften Ausräumungsprozesse infolge beeinträchtigtem Geschiebehaushalt kompensiert werden.

Der Hochwasserschutz ist abhängig von den zur Zeit in Planung befindenden Massnahmen an der Sihl. Eine allfällige Anhebung der Uferlinien ist auf die Verhältnisse mit saniertem Geschiebehaushalt auszurichten.

### Kraftwerk Höngg LIM-2-KW

Das Stauwehr Höngg, das sich unmittelbar flussabwärts der Europa-Brücke befindet, besteht aus einem dreiteiligen Dachwehr mit zusätzlicher Spülschütze am oberen Ende der Werdinsel. Das Wehr leitet das gefasste Wasser durch den Oberwasserkanal zum Maschinenhaus. Aus dem Unterwasserkanal fliesst das turbinierete Wasser nach 1.0km in die Limmat zurück.

Durch die Stauhaltung kann Geschiebe mit  $d_m = 3.5\text{cm}$  im Talweg ab einem Abfluss von  $320\text{m}^3/\text{s}$  transportiert werden (dimensionslose Sohlenschubspannung  $\geq 0.047$ ). Das Geschiebe wird über das teilweise abgesenkte Dachwehr in die Restwasserstrecke transportiert.

*Kraftwerk Dietikon  
LIM-3-KW*

In der Restwasserstrecke führt die reduzierte Transportkapazität zu keinen unerwünschten Sohlenauflandungen, weder im Istzustand noch im Zustand mit saniertem Geschiebehaushalt [2].

**Der Geschiebehaushalt wird gering und damit nicht wesentlich beeinträchtigt.**

Das Stauwehr Dietikon, das nach einer ausgeprägten Rechtskrümmung vor der Brücke Überlandstrasse liegt, besteht aus einem vierteiligen Wehr mit Segmentklappenschützen. Das Wehr leitet das gefasste Wasser durch den Oberwasserkanal zum Maschinenhaus. Aus dem Unterwasserkanal fliesst das turbinierete Wasser nach 1.2km in die Limmat zurück. Kurz vor der Limmat mündet die Reppisch in den Unterwasserkanal.

Das Stauwehr wird ab einem Abfluss von  $450\text{m}^3/\text{s}$  (ca. HQ10) vollständig geöffnet und das Geschiebe in die Restwasserstrecke transportiert. Die Schützen werden bereits bei einem Abfluss von ca.  $250\text{m}^3/\text{s}$  angehoben, womit ein Durchtransport des Geschiebes technisch möglich ist.

Es ist davon auszugehen, dass das wenige Geschiebe, das aktuell zugeführt wird, entlang des Gleithanges zwischen gelagert wird. Bei grossen Hochwasserereignissen wie 2007 (Abflussspitze  $533\text{m}^3/\text{s}$ ), bei welchen die Schützen vollständig angehoben werden, wird alles in der Stauhaltung abgelagerte Geschiebe flussabwärts transportiert. Bei nachfolgenden kleineren Hochwasserereignissen wird dann das Geschiebe trotz Anhebung der Schützen, wieder entlang dem Gleitufer zwischen gelagert.

Nach Sanierung des Geschiebehaushalts wird bedeutend mehr Geschiebe in die Stauhaltung eingetragen und das Speichervermögen der kleinen Stauhaltung ist bereits nach kürzerer Dauer ausgeschöpft, was dazu führt, dass öfter Geschiebe durch das Stauwehr flussabwärts transportiert wird. Der heute nur alle paar Jahre erfolgende Durchtransport des Geschiebes ist im Wesentlichen auf die sehr geringe Geschiebezufuhr zurück zu führen. Es wird empfohlen, im Rahmen der anstehenden Neukonzessionierung die Geschiebebedurchgängigkeit der Stauhaltung genauer abzuklären und den Wehrbetrieb allenfalls zu optimieren.

**Der Geschiebehaushalt wird gering und damit nicht wesentlich beeinträchtigt.**

Die Restwasserstrecke befindet sich im Stauwurzelbereich des Kraftwerks Wettingen. Zur Zeit lagert sich das wenige zugeführte Geschiebe in der Aufweitung Geroldswil ab. Die Sohlenlage der Restwasserstrecke wird durch ein Monitoring

überwacht (zuständig ist das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich als Betreiberin des KW Wettingen). Seit der Realisierung der Aufweitung Geroldswil und der begleitenden Hochwasserschutzmassnahmen 2004/05 ist die Sohle nicht aufgelandet und der Eingriffshorizont wird mittelfristig nicht erreicht.

Falls mittel- bis langfristig Kiesentnahmen erforderlich werden, sollte der Kies für die geplanten Schüttungen in der Limmat im Kanton Aargau verwendet werden.

*Tabelle 2 Anlagen an der **Limmat** mit Grad der Beeinträchtigung, wesentlicher Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts und Massnahmenentscheid.  
M: Morphologie; HWS: Hochwasserschutz; GWH: Grundwasserhaushalt*

Anlage Nr.	Anlage / Betreiber / <b>Gewässer</b>	Grad der Beeinträchtigung	Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt M / HWS / GWH	Massnahme Ja / Nein
LIM-1-KW	Kraftwerk Letten / ewz / <b>Limmat</b>	Gering	Nein / Nein / Nein	Nein
LIM-2-KW	Kraftwerk Höngg / ewz / <b>Limmat</b>	Gering	Nein / Nein/ Nein	Nein
LIM-3-KW	Kraftwerk Dietikon / EKZ / <b>Limmat</b>	Gering	Nein / Nein/ Nein	Nein

### *Stadtbäche*

An vielen Bächen der Stadt Zürich, die in die Limmat münden, bestehen vor dem Siedlungsgebiet Sammler (Tabelle 3). Insgesamt werden durchschnittlich 99m<sup>3</sup> Material pro Jahr entnommen, wovon knapp 50m<sup>3</sup> kiesiges Material ist. Die Sammler sind nicht Geschiebe durchgängig, womit zumindest abschnittsweise eine wesentliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts resultiert.

Alle Bäche sind über weite Strecken eingedolt und eine durchgehende Bachöffnung ist nicht machbar. Aus diesem Grund ist eine Sanierung der Anlagen bezüglich Geschiebehaushalt nicht sinnvoll und machbar (Tabelle 4).

Die von links in die Limmat mündenden Stadtbäche dürften auch im natürlichen Zustand wegen der langen und flachen Mündungsstecken nur ein Teil des Geschiebes in die Limmat transportiert haben. Das Geschiebe ist für die Limmat nicht relevant.

**Tabelle 3** Stadtbäche mit Angaben zu Entnahmekubaturen aus Geschiebesammlern mit Kiesanteil.  
Die Angaben basieren auf Durchschnittswerten der Jahre 2008/09 – 2011.

Gewässer	Entnahmen total [m <sup>3</sup> /a]	Kiesanteil [%]	Kiesentnahmen [m <sup>3</sup> /a]
Döltschibach	46	40	18
Breitloobach	6	60	3
Läufebach	4	40	2
Albisrieder Dorfbach	33	60	20
Emmetbach	10	40	4
<b>Total</b>	<b>99</b>		<b>47</b>

**Tabelle 4** Geschiebesammler an Bächen in der Stadt Zürich mit Grad der Beeinträchtigung, wesentlicher Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts und Massnahmenentscheid.  
M: Morphologie; HWS: Hochwasserschutz; GWH: Grundwasserhaushalt

Anlage Nr.	Morphologie im Unterwasser	Grad der Beeinträchtigung	Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt M / HWS / GWH	Massnahme Ja / Nein
Kolbenhofbach KOL-1-GS	Kanalisiert, anschliessend eingedolt	Stark	Ja / Nein/ Nein	Nein (eingedolt)
Friesenbergbach FRI-1-GS	Eingedolt	Stark	Ja / Nein/ Nein	Nein (eingedolt)
Döltschibach DOE-1-GS	Nach kurzer Strecke mehrheitlich eingedolt	Stark	Ja / Nein/ Nein	Nein (eingedolt)
Breitloobach BRE-1-GS	Eingedolt	Stark	Ja / Nein/ Nein	Nein (eingedolt)
Läufebach LAE-1-GS	Mündet in Döltschibach, anschliessend eingedolt	Stark	Ja / Nein/ Nein	Nein (eingedolt)
Albisrieder Dorfbach ALB-1-GS	Eingedolt	Stark	Ja / Nein/ Nein	Nein (eingedolt)
Emmetbach EMM-1-GS	Eingedolt	Stark	Ja / Nein/ Nein	Nein (eingedolt)

#### Gewässerverbauungen

Die Seitenbäche der Limmat sind lokal mit Schwellen und Uferschutz verbaut. Dadurch wird das Geschiebeaufkommen wenig bis mittel reduziert. Bei den Seitenbächen, die steil in die Limmat münden, wird der Geschiebeeintrag in die Limmat entsprechend reduziert. Bei den Bächen, welche die flache Talsohle durchqueren, ist der Geschiebeeintrag in die Limmat abhängig von der Transportkapazität in der Talebene (Geschiebeablagerung auf dem Schwemmkegel). Die Geschiebefracht der Limmat wird nicht signifikant beeinträchtigt.

Der durchgehende Uferschutz der Limmat verhindert den seitlichen Geschiebeeintrag infolge Erosion der Talflanken (Molassefels) sowie von Schwemmkegeln. Wegen der breiten Talebene dürfte nur die Erosion von Schwemmkegeln einen

gewissen Einfluss auf die Geschiebefracht in der Grössenordnung von 100 bis 200m<sup>3</sup>/a haben.

Der Geschiebeeintrag infolge Sohlenerosion dürfte wegen dem groben Sohlenmaterial und den Moränendurchstichen vernachlässigbar sein<sup>3</sup>.

Insgesamt wird der Geschiebehaushalt der Limmat infolge von Gewässerverbauungen sehr wenig beeinträchtigt.

### 6.3 Anlagen im Einzugsgebiet der Reppisch

#### *Übersicht Anlagen*

An der Reppisch bestehen Wasserrechte bei der Aumüli, in Sellenbüren, in Landikon und in Dietikon mit Wasserableitungen. Diese Anlagen sind Geschiebe durchgängig und führen zu keiner Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts.

Durch das AWEL wurde oder wird an folgenden drei Stellen sporadisch Kies entnommen.

#### *Kiesentnahme Felixerhof*

Vor der Brücke Felixerhof wurde wiederholt die Bank entlang dem Gleithang im Oberwasser der Brücke abgetragen, um die Belastung und Erosion des Prallufers, die das Brückenwiderlager gefährdete, zu reduzieren. In der Zwischenzeit wurde das Prallufer mit Bühnen gesichert. Seither wurde kein Kies mehr entnommen.

Die Kiesentnahmen wurden eingestellt und der Geschiebehaushalt wird nicht mehr beeinträchtigt.

#### *Kiesentnahme Reppischhof*

Bei der Brücke Reppischhof wurde aus Hochwasserschutzgründen regelmässig Kies entnommen. Seit dem erfolgten Gerinneausbau und der Vergrösserung der Abflusskapazität wurde kein Kies mehr entnommen.

Der Geschiebehaushalt wird nicht beeinträchtigt.

#### *Kiesentnahme Dietikon, Mündungstrecke*

Zwischen der SBB-Brücke und der Mündung in die Limmat wurde die Sohle in drei Abschnitten periodisch abgesenkt. Das Ziel der Entnahmen bestand darin, den Hochwasserspiegel im Bereich des SBB-Durchlasses und der Brücke Heimstrasse abzusenken und in der Mündungstrecke das Verbindungsrohr zum Altarm Antoniloch freizuhalten. Der entnommene Kies (ca. 250m<sup>3</sup>/a) wurde abgeführt.

Zur Zeit wird mit Kiesentnahmen zugewartet und die Entwicklung beobachtet. Es kann nicht ausgeschlossen werden,

---

<sup>3</sup> Selbst im heute kanalisierten Zustand sind in den Abschnitten ohne Sohlenfixpunkte keine Sohlenerosionen zu beoachten.

dass wieder Kies entnommen werden muss. Durch die Entnahmen wird die Morphologie der Mündungsstrecke beeinträchtigt sowie der Eintrag in die Limmat stark reduziert.

Die Kiesentnahme führt zu einer **starken Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts**. Eine Sanierungsmassnahme ist erforderlich.

#### Gewässerverbauungen

Im oberen Einzugsgebiet bestehen an vielen Seitenbächen der Albiskette Schwellen und auf den Schwemmkegeln sind Sohle und Ufer meist gesichert. Mit den Schwellen wird die Tiefenerosion verhindert und das Geschiebeaufkommen zum Teil erheblich reduziert. Es ist davon auszugehen, dass die Geschiebefracht der Reppisch dadurch deutlich reduziert wird. Eine wesentliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts kann nicht ausgeschlossen werden.

Ob auf einzelne Gewässerverbauungen verzichtet werden kann (Rückbau oder Verfall zulassen) muss im Einzelfall geprüft werden.

Im unteren Einzugsgebiet führen die Gewässerverbauungen an der Reppisch (Uferschutz und Schwellen) zu einer geringen bis mittleren Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts.

Insgesamt dürften an der Reppisch die Gewässerverbauungen (wegen der generell geringen Geschiebeführung) einen signifikanten Einfluss auf den Geschiebehaushalt haben.

*Tabelle 5 Anlagen an der **Reppisch** mit Grad der Beeinträchtigung, wesentlicher Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts und Massnahmenentscheid.*

*M: Morphologie; HWS: Hochwasserschutz; GWH: Grundwasserhaushalt*

Anlage Nr.	Anlage / Betreiber / <b>Gewässer</b>	Grad der Beeinträchtigung	Wesentliche Beeinträchtigung Geschiebehaushalt M / HWS / GWH	Massnahme Ja / Nein
REP-1-KE	Kiesentnahme Felixerbrücke / AWEL / <b>Reppisch</b>	Keine	Nein / Nein / Nein	Nein
REP-2-KE	Kiesentnahme Reppischhof / AWEL / <b>Reppisch</b>	Keine	Nein / Nein / Nein	Nein
REP-3-KE	Kiesentnahme Dietikon / AWEL / <b>Reppisch</b>	Stark	Ja / Nein / Nein	Ja

## 7 Erforderliche Geschiebefracht

Damit es in einem Fliessgewässer zu keiner wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts kommt, hat die Geschiebeführung ein Mass zu erreichen, bei welcher die morphologischen Strukturen und die morphologische Dynamik gegenüber den natürlichen Verhältnissen nicht nachteilig verändert werden (Art. 42a, GSchV).

Konkret bedeutet dies, dass in naturnahen Abschnitten Kiesbänke entstehen sollten, deren Ausdehnung und Erneuerung vergleichbar ist mit dem Zustand bei unbeeinflusster Geschiebeführung.

### *Morphologischer Ansatz*

In [1] ist ein morphologischer Ansatz zur Abschätzung der erforderlichen Geschiebefracht beschrieben. Dabei wird gefordert, dass die Geschiebefracht ein Wert erreicht, der für die jährliche Erneuerung der obersten Schicht der Bänke, wie sie im naturnahen Zustand bestanden, ausreichend ist.

### *Verhältnis Geschiebefracht zum Abfluss Q9*

In Tabelle 6 sind verschiedene Gewässerabschnitte mit der Einzugsgebietsgrösse, dem Abfluss Q9, der durchschnittlichen Geschiebefracht und dem Verhältnis zwischen Geschiebefracht und dem Abfluss Q9 aufgelistet. In Bild 4 ist das Verhältnis  $GF/Q9^4$  über der Einzugsgebietsgrösse dargestellt.

Bei Gewässerabschnitten mit bestimmter Einzugsgebietsgrösse darf bei kleinem Verhältnis  $GF/Q9$  (z.B. Doubs) dem Gewässersystem anteilmässig nur wenig Geschiebe entzogen werden, ohne dass der Geschiebehaushalt wesentlich beeinträchtigt wird<sup>5</sup>.

Gewässerabschnitte mit kleinem Einzugsgebiet zeigen generell ein grösseres Verhältnis  $GF/Q9$  als Gewässerabschnitte mit grossem Einzugsgebiet.

Damit resultiert gemäss Bild 4 ein Bereich für Gewässerabschnitte, aus welchen nur wenig Geschiebe entzogen werden darf, ohne dass der Geschiebehaushalt wesentlich beeinträchtigt wird (schraffierte Fläche). Hier sollte die Geschiebefracht als Grössenordnung mindestens 80% derjenigen im Referenzzustand zu erreichen. Je weiter oben rechts sich ein Gewässerabschnitt befindet, desto mehr Geschiebe kann ihm

---

<sup>4</sup> Das Verhältnis  $GF/Q9$  kann als Geschiebekonzentration bei kleinem Hochwasserabfluss interpretiert werden.

<sup>5</sup> Begründung: Ist das Verhältnis  $GF/Q9$  klein, so wird, verglichen mit dem Abflussaufkommen, nur wenig Geschiebe transportiert, womit sich tendenziell auch nur wenig und kleine Bänke bilden. Wird nun die Geschiebefracht reduziert, so werden die Bänke überproportional verkleinert oder drohen zu verschwinden, weil ein Teil des Geschiebes immer durchtransportiert (und nicht in Form von Bänken umgelagert) wird.

anteilmässig entzogen werden, ohne dass die Morphologie durch den reduzierten Geschiebehaushalt wesentlich beeinträchtigt wird. Die Graphik soll helfen, die Sensitivität eines Gewässers bezüglich Eingriffen in den Geschiebehaushalt abzuschätzen.

*Transportierbare  
Geschiebefracht*

Die erforderliche Geschiebefracht muss aus Hochwasserschutzgründen kleiner als die transportierbare Geschiebefracht sein. Für diese Betrachtung darf nicht von einer künstlich abgesenkten Sohle, resp. einem reduziertem Gefälle ausgegangen werden.

*Erforderliche Geschiebefracht Sihl und Limmat*

Die erforderliche Geschiebefracht von Sihl und Limmat wurde anhand des morphologischen Ansatzes auf Basis der Wildkarte (ca. 1850) hergeleitet. Bei Adliswil und Dietikon resultieren die folgenden Geschiebefrachten<sup>6</sup>:

Sihl Adliswil:  $2'200\text{m}^3/\text{a}$

Limmat Dietikon:  $1'700\text{m}^3/\text{a}$

In der Limmat beträgt die erforderliche Geschiebefracht 75% derjenigen im unbeeinflussten Zustand.

*Erforderliche Geschiebefracht Reppisch*

Die Reppisch ist ein Gewässer, das von Natur aus wenig Geschiebe transportiert (vgl. Kapitel 6.3). Damit befindet sie sich weit innerhalb der schraffierten Fläche gemäss Bild 4. Die Geschiebefracht darf daher gegenüber dem unbeeinflussten Zustand kaum oder nur wenig reduziert werden.

*Tabelle 6 Ausgewählte Gewässerabschnitte mit Einzugsgebietsgrösse, Abfluss Q9, durchschnittlicher Geschiebefracht GF im Referenzzustand sowie Verhältnis GF / Q9.*

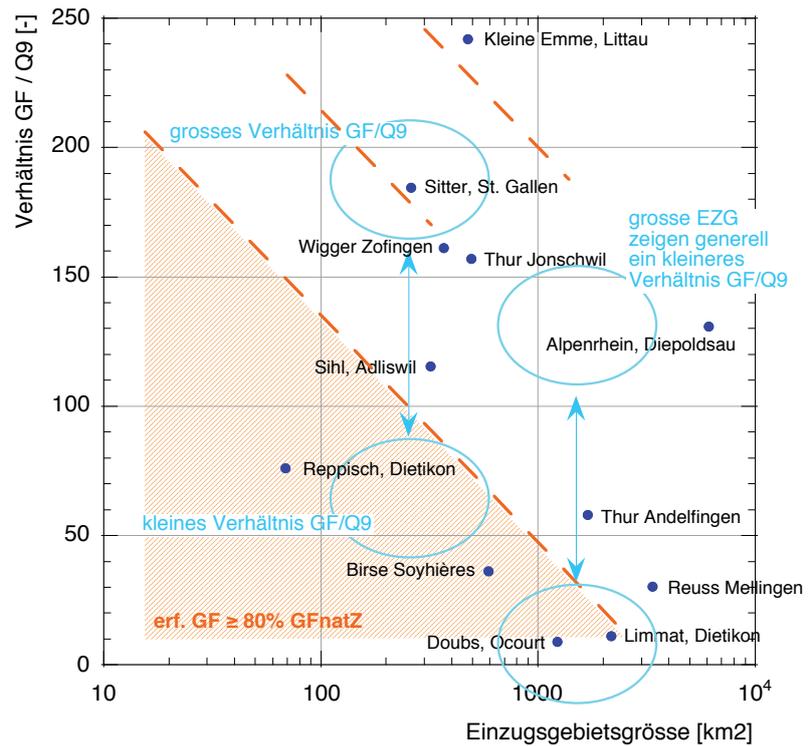
Gewässer / Ort	Grösse Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]	Abfluss Q9 [m <sup>3</sup> /s]	Geschiebefracht (GF) im Referenzzustand [m <sup>3</sup> /a]	Verhältnis GF/ Q9 [-]
Doubs, Ocourt	1230	136	1'200	9
Limmat, Zurich	2176	234	2'600	11
Reuss, Mellingen	3382	331	env. 10'000	30
Birse, Soyhières	590	40	1'450	36
Thur, Andelfingen	1696	173	env. 10'000	58
Reppisch, Dietikon	69	4.6	350	76
Sihl, Adliswil	320	26	3'000	115
Rhein, Diepoldsau	6119	612	env. 80'000	130
Thur, Jonschwil	493	86	13'500	157
Wigger, Zofingen	368	18	2'900	161
Sitter, St. Gallen	261	45	8'300	184
Kleine Emme, Littau	477	62	env. 15'000	242

<sup>6</sup> Gegenüber [3] wurde der Korrekturfaktor Trübung wie folgt angepasst: Limmat 0.75 (entsprechend Aare nach Emme), Sihl 0.9 (Einfluss Sihlsee).

Bild 4

Diagramm mit Verhältnis  $GF/Q_9$  in Abhängigkeit der Einzugsgebietsgrösse für verschiedene untersuchte Gewässerabschnitte.

Etwa im schraffierten Bereich sollte die erforderliche Geschiebefracht nur wenig unter derjenigen im Referenzzustand liegen.



## 8 Längenprofil Geschiebefracht und wesentlich beeinträchtigte Strecken

### Grundlagen

Für die Sihl und die Limmat wurde auf Basis der Geschiebehaushaltsstudie [2], des Zwischenberichts Sanierungsplanung Geschiebehaushalt Einzugsgebiet Sihl – Limmat [3] sowie des Schlussberichts Sanierungsplanung Geschiebehaushalt Kanton Schwyz, Los Sihl [4], ein Längenprofil der Geschiebefracht im Referenzzustand, im Istzustand sowie mit allen vorgeschlagenen Sanierungsmassnahmen erstellt (Bild 5).

In das Längenprofil eingezeichnet ist zudem die erforderliche Geschiebefracht gemäss Kapitel 7.

Auf Basis der Längenprofile der Geschiebefracht können der Grad der Beeinträchtigung und damit die wesentlich beeinträchtigten Strecken definiert werden.

### Sihl

Im Referenzzustand wurden von der Sihl bei der Kantonsgrenze SZ/ZH etwa 3'800m<sup>3</sup>/a Geschiebe zugeführt. Infolge Abrieb wurde die Geschiebefracht trotz kleiner Einträge bis Zürich (Mündung in Limmat) auf 2'700m<sup>3</sup>/a reduziert.

Im Istzustand werden knapp 500m<sup>3</sup>/a zugeführt und gut 400m<sup>3</sup>/a erreichen Zürich (**starke Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts**). Anschliessend wird ein Teil des zugeführten Geschiebes zwischen der Brunau und der City auf der Sohle und zur Bildung kleiner Bänke abgelagert (Kompensation früherer Ausräumung der Sohle infolge Kiesentnahmen beim Eiswehr und der Brunau).

Im Bereich der erfolgten Sohlenabsenkung beim Hauptbahnhof wird alles zugeführte Geschiebe abgelagert. Die Geschiebefront befindet sich zur Zeit bei der Gessnerbrücke. Die anschliessende Strecke bis zur Limmat ist geschiebelos (**sehr starke Beeinträchtigung**).

### Limmat

Im Referenzzustand transportierte die Limmat nach der Sihlmündung 2'700m<sup>3</sup>/a und bei der Kantonsgrenze AG etwa 2'500m<sup>3</sup>/a.

Im Istzustand wird der Limmat kein Geschiebe zugeführt. Der zwischen 2007 und 2011 künstlich in die Limmat geschüttete Kies dürfte sich in der Stauhaltung Dietikon sowie im Stauwurzelbereich des KW Wettingen (Restwasserstrecke KW Dietikon, Limmatrenaturierung Geroldswil und Abschnitt Oetwil) befinden.

Der Geschiebehaushalt der Limmat ist im ganzen Kanton Zürich **sehr stark und damit wesentlich beeinträchtigt**.

*Stadtbäche*

Von den untersuchten Stadtbächen mit Geschiebesammlern ist der Geschiebehaushalt des Schwarzbachs gering beeinträchtigt.

Alle anderen Gewässer sind ab Geschiebesammler stark und damit wesentlich beeinträchtigt.

*Reppisch*

Im Einzugsgebiet der Reppisch wird zur Zeit kein Kies mehr entnommen.

Die Entnahmen vor der Felixerbrücke sind nicht mehr erforderlich.

Bei der Brücke Bernstrasse (Reppischhof) wurde seit dem Ausbau der Reppisch kein Kies mehr entnommen.

In der Mündungstrecke wird auf Zusehen hin ebenfalls kein Kies mehr entnommen. Falls die Entwicklung der Sohlenlage ein erneuter Eingriff erfordert, so wird die Mündungstrecke mittel beeinträchtigt (wesentliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts).

*Tabelle 7 Gewässerabschnitte an Sihl, Limmat und Reppisch mit Grad der Beeinträchtigung, wesentlicher Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts und verursachende Anlagen.*

Gewässer	Bezeichnung Abschnitt	Abschnitt von ... bis	Grad der Beeinträchtigung	Wesentl. Beeinträchtigung	Verursachende Anlagen
Sihl	SIH-37.2-0.9	Kantongrenze bis Zürich Gessnerbrücke	Stark	Ja	Kanton SZ: GS EZG Alp, Etzelnwerk, KW Feusisberg Kt. ZH: SIH-4-HE SIH-7-KE SIH-8-KE
Sihl	SIH-0.9-0.0	Zürich Gessnerbrücke bis Limmat	Sehr stark	Ja	Kanton SZ: GS EZG Alp, Etzelnwerk, KW Feusisberg Kt. ZH: SIH-4-HE SIH-7-KE SIH-8-KE SIH-9-KE
Limmat	LIM-34.4-18.2	Kantongrenze bis Sihl	Sehr stark	Ja	Kanton SZ: GS EZG Alp, Etzelnwerk, KW Feusisberg Kt. ZH: SIH-4-HE SIH-7-KE SIH-8-KE SIH-9-KE
Reppisch	REP-0.6-0.0	SBB-Durchlass bis Limmat	Mittel	Ja	REP-3-KE

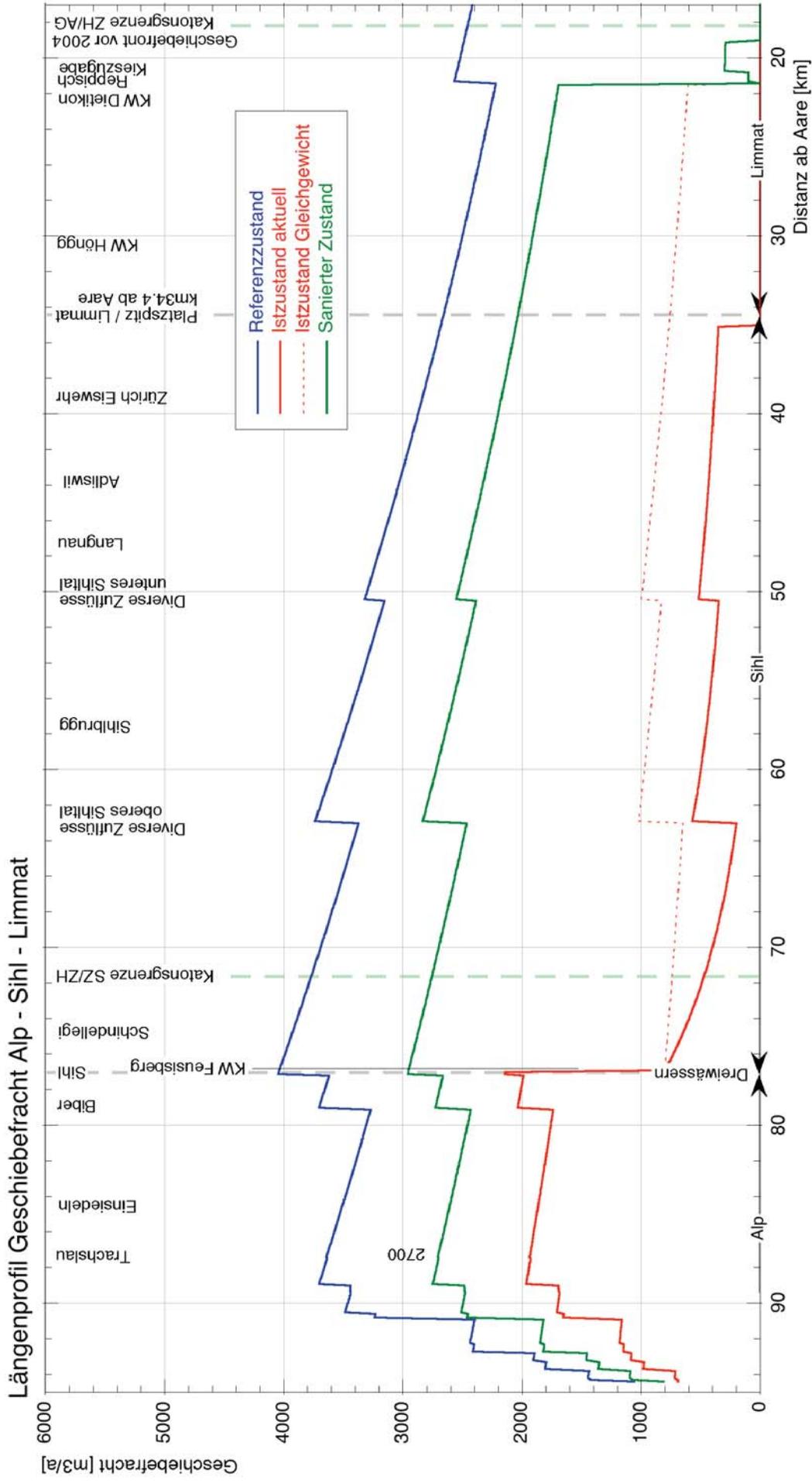


Bild 5 Längenprofil Geschiebefracht der Alp, der Sihl ab Dreiwässern und der Limmat bis zur Kantonsgrenze AG im Referenzzustand, im Istzustand, im Istzustand unter Annahme Geschiebegleichgewicht ab KW Feusisberg sowie im sanierten Zustand.

## 9 Anlagen mit wesentlicher Beeinträchtigung Geschiebehaushalt / Massnahmen

### *Vorbemerkung*

Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts sind an allen Anlagen abzuklären, die zu einer wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts führen. Die Massnahmen sollen verhältnismässig sein und zu keinen Konflikten führen, die nicht mit verhältnismässigen Begleitmassnahmen behoben werden können.

In Tabelle 8 sind alle Anlagen, die zu einer wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts führen, mit den vorgeschlagenen Massnahmen, den Kosten und dem Nutzen, der Machbarkeit, der Priorität und den Fristen aufgelistet. Dabei werden der Vollständigkeit halber auch Anlagen (Kiesentnahmen) aufgeführt, die seit kurzem nicht mehr betrieben werden, aber bis heute einen Einfluss auf den Geschiebehaushalt ausüben.

### *Massnahmen Alp und Sihl Kanton Schwyz*

Zur Sanierung des Geschiebehaushalts von Alp und Sihl sind im Kanton Schwyz folgende Massnahmen vorgesehen:

Reduktion der Kiesentnahmen an der Alp, so dass die Geschiebefracht in Trachslau in der Grössenordnung von 2'700m<sup>3</sup>/a liegt.

Kiesrückgabe im Unterwasser der Staumauer Schlagen (Etzelwerk) im Umfang von ca. 300m<sup>3</sup>/a.

Vollständige Weitergabe des Geschiebes beim KW Feusisberg (Umdeponieren Kies und Umbau Stauwehr).

Befristete Kiesschüttung in die Sihl flussabwärts von Sihlbrugg zur Beschleunigung der Kiesbankbildung im (unteren) Sihltal, so dass gewährleistet werden kann, dass der Geschiebehaushalt der Sihl bis 2030 saniert werden kann.

### *Massnahmen Kanton Zürich*

#### *Massnahme 1:*

#### *Geschiebemanagement Sihl*

Bei folgenden Anlagen sind Kiesentnahmen nicht zu bewilligen oder, falls aus Hochwasserschutzgründen zwingend erforderlich (und durch andere verhältnismässige Massnahmen nicht zu umgehen), ist der Kies umzudeponieren oder an geeigneter Stelle in die Sihl zurück zu schütten:

SIH-3-SR, Projektierter Schwemmholzrechen vor Langnau  
SIH-4-HE, Hochwasserentlastungsstollen Langnau - Thalwil  
SIH-7-KE, Kiesentnahme Eiswehr  
SIH-8-KE, Kiesentnahme Brunau  
SIH-9-KE, Kiesentnahme Hauptbahnhof

*Massnahme 2:  
Beheben Geschiebedefizit  
Sihl Mündungsstrecke und  
Limmat*

Die Anlagen SIH-7-KE, SIH-8-KE und SIH-9-KE (sowie weitere früher erfolgte Kiesentnahmen im Sihlthal) führen zu einer wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts der Sihl-Mündungsstrecke und der gesamten Limmat über einen Zeithorizont von 15 bis 20 Jahren. Zur Kompensation dieses Defizits sind folgende zwei Varianten geeignet:

1. **Kiesschüttungen in die Limmat** (Zugaben ab Breitensteinstrasse wurden bereits 4 Mal ausgeführt und die Machbarkeit nachgewiesen).

2015 – 2020 (jährliche Schüttung): Ø 2'000m<sup>3</sup>/a

2020 – 2025 (Schüttung alle 2 Jahre): Ø 1'500m<sup>3</sup>/a

2025 – 2030 (Schüttung alle 2 Jahre): Ø 1'000m<sup>3</sup>/a

In den 15 Jahren werden insgesamt 22'500m<sup>3</sup> Kies geschüttet.

2. **Auffüllung der Sihlsohle** zwischen der Gessnerbrücke und dem Mattensteg auf das Niveau vor 2007. Dazu müssten rund 15'000m<sup>3</sup> Kies geschüttet werden.

In diesem Fall müssten bei der Limmat Breitensteinstrasse nur noch etwa 2 Schüttungen à je 3'000m<sup>3</sup> Kies vorgenommen werden (z.B. 2015 und 2017). Aus morphologischer Sicht ist diese Variante vorzuziehen, weil weniger häufig in die Gewässer eingegriffen werden muss und rascher ein ungehinderter Durchtransport gewährleistet werden kann.

Anlage SIH-4-HE führt ab dem Entlastungstollen zu verstärkter Bankbildung in der Sihl mit einem Geschieberückhalt in der Grössenordnung von 15'000m<sup>3</sup> Kies. Wird der Entlastungstollen in den nächsten 15 Jahren realisiert, so wird die Dauer, bis Geschiebe in die Limmat transportiert wird, um ca. 10 Jahre verlängert. Dementsprechend sind die Kiesschüttungen Limmat Zürich Breitensteinstrasse zu verlängern. Das Ausmass und die Dauer der Schüttungen sind vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme des Entlastungstollens abhängig.

*Massnahme 3  
Umbau Geschiebesammler  
Föhreneggbach*

Der Geschiebesammler am Föhreneggbach ist so umzubauen, dass bei kleinen Hochwasserereignissen das Geschiebe bachabwärts weiter transportiert wird und bei grossen Hochwasserereignissen das Schwemmholz und damit ein Teil des Geschiebes im Sammler zurück gehalten wird. Dazu kann die Endschwelle entfernt und durch einen groben Schwemmholzrechen ersetzt werden.

Eventuell ist das Gewässer im Bereich der Schiessanlage Albisgüetli auszubauen (Aufwertung aquatischer Bereich ohne Bewuchs).

*Massnahme 4,  
Geschiebebewirtschaftung  
Reppisch*

Das Geschiebe wird anschliessend bis in die Sihl transportiert. Die Massnahme ist vor allem für den Föhreneggbach und den Mündungsbereich von Bedeutung.

An der Reppisch sind Kiesentnahmen grundsätzlich nicht zu bewilligen. Das wenige Geschiebe kann ohne Sohlenuflandungen bachabwärts transportiert werden. Lokale, aus Hochwasserschutzgründen unzulässige Bankbildungen sind auf einen ungenügenden Ausbau des Gewässers, zu hoch liegende Schwellen oder zu tief liegende Brücken zurück zu führen. Falls solche anthropogen bedingte Schwachstellen nicht durch bauliche Massnahmen behoben werden können, ist Kies, der entnommen werden muss, umzudeponieren oder zu entnehmen und im Unterwasser an geeigneter Stelle in das Gewässer zurück zu schütten.

Falls bei Anlage REP-3-KE (Mündungsstrecke) Kies entnommen werden muss, so ist das Material linksufrig vor der A1-Brücke in die Limmat zu kippen (vgl. Anhang 1). Es besteht eine geeignete Zufahrt (durch das Naturschutz-Reservat).

*Abstimmung mit anderen  
Planungen zur Revitalisierung  
der Gewässer*

Die vorgeschlagenen Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts kommen vor allem in naturnahen Gewässerabschnitten zur vollen Wirkung. Daher sind in der Sihl und in der Limmat die in den kantonalen Planungen vorgesehenen Aufwertungsmassnahmen umzusetzen. Dabei besteht insbesondere an der Limmat in Schlieren ein sehr grosses Aufwertungspotenzial.

An der Sihl bestehen viele Wanderhindernisse für Fische. Werden diese durchgängig gemacht, so können neu entstehende Kiesbänke durch aufsteigende Fische als Laichhabitate genutzt werden.

An den untersuchten Gewässern bestehen keine Kraftwerke, die einen Abflussschwall erzeugen.

*Tabelle 8 Liste der Anlagen, die zu einer wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts führen mit Sanierungsmassnahme, Kosten, Nutzen, Verhältnismässigkeit, Machbarkeit, Umsetzbarkeit, Priorität und Fristen / weiteres Vorgehen.*

Anlage / Betreiber / Gewässer	Massnahmen	Kosten / Nutzen (klein-mittel-gross) / Verhältnismässigkeit (ja - nein)	Machbarkeit / Umsetzbarkeit	Priorität (1, 2, 3)	Fristen / Weiteres Vorgehen
Schwemmholz- rechen SIH-3-SR/ AWEL / Sihl	Umdeponieren Kies oder Kiesrückgabe in Sihl	Keine Kostenzunahme / Gross / Ja	Nachgewiesen / Gut	1	Abhängig von Real- isierung Schwemm- holzrechen
Hochwasserent- lastungsstollen SIH-4-HE/ AWEL / Sihl	Umdeponieren Kies und Kies- schüttungen Limmat Breiten- steinstrasse	Total ca. Fr. 0.9 Mio / Gross / Ja	Nachgewiesen / Gut	1	Abhängig von Real- isierung HW- Schutzmass nahmen
Kiesentnahme Eiswehr SIH-7-KE/ AWEL / Sihl	Umdeponieren Kies oder Kiesrückgabe in Sihl	Keine Kostenzunahme / Gross / Ja	Nachgewiesen / Gut	1	Bereits in Ausführung
Kiesentnahme Brunau SIH-8-KE/ AWEL / Sihl	Umdeponieren Kies oder Kiesrückgabe in Sihl	Keine Kostenzunahme / Gross / Ja	Nachgewiesen / Gut	1	Entnahmen eingestellt
Kiesentnahme Bereich HB SIH-9-KE / SBB und AWEL / Sihl	Kiesschüttun- gen in Limmat ab Breiten- steinstrasse oder Sohlen- anhebung Bereich HB	V1 ca. Fr. 1.35 Mio V2 ca. Fr. 1.26 Mio Gross / Ja	Nachgewiesen / Gut	1	Nächste Schüttung 2015 (SBB), anschlies- send AWEL (ab 2017)
Geschiebe- sammler FOE-1-GS / ERZ / Föhreneggbach	Umbau Sammler	Gering / Klein / Ja	Voraussichtlich gut / Gut	2	Mittelfristig (innerhalb 10 Jahren)
Kiesentnahme Felixerbrücke REP-1-KE / AWEL / Reppisch	Kiesentnahmen einstellen	Kostenreduktion / Mittel / Ja	Nachgewiesen / Gut	1	Bereits in Ausführung
Kiesentnahme Reppischhof REP-2-KE / AWEL / Reppisch	Kiesentnahmen einstellen	Kostenreduktion / Mittel / Ja	Nachgewiesen / Gut	1	Bereits in Ausführung
Kiesentnahme Dietikon REP-3-KE / AWEL / Reppisch	Kiesentnahmen einstellen oder Kiesrückgabe in Limmat	Kostenreduktion / Mittel / Ja	Nachgewiesen / Gut	1	Weiterhin keine Ent- nahmen; bei Bedarf Rückgabe in Limmat links- ufrig vor A1- Brücke

## 10 Längenprofil Geschiebefracht im sanierten Zustand

### Prozesse

Der Geschiebehaushalt eines langen und zusammenhängenden Gewässernetzes (wie dasjenige von Alp, Sihl und Limmat) ist ein träges System. Nach dem Bau von Anlagen, welche den Geschiebehaushalt beeinträchtigen, dauert es in der Regel mehrere Jahrzehnte, bis die Auswirkungen in ihrer Tragweite spürbar werden. Dabei werden Kiesbänke zunehmend abgetragen, feine Geschiebeablagerungen auf der groben Sohle verschwinden und die Sohle pflästert sich zunehmend ab und kolmatiert. Oft kommt es auch zu einer Eintiefung des Hauptgerinnes und dem Trockenfallen von Seitengerinnen in naturnahen Abschnitten.

Die Sanierung des Geschiebehaushalts solcher langer Gewässersysteme betötigt daher Zeit und eine Kombination von Massnahmen, damit der Geschiebehaushalt fristgerecht saniert werden kann.

### Konzept

Beim Gewässersystem von Alp, Sihl und Limmat wird

1. die Geschiebezufuhr aus dem oberen Einzugsgebiet erhöht,
2. die Geschiebedurchgängigkeit der Kraftwerke an der Sihl ab Alp sicher gestellt,
3. die Bankbildung im (unteren) Sihltal durch Kieszugaben gefördert, bis die Massnahmen im oberen Einzugsgebiet hier Wirkung zeigen,
4. das Geschiebedefizit der Limmat durch befristete Massnahmen behoben, bis die Geschiebedurchgängigkeit beim Hauptbahnhof wieder gewährleistet ist.

### Längenprofil Geschiebefracht Sihl und Limmat im sanierten Zustand

Bei Umsetzung aller in Kapitel 9 vorgeschlagenen Massnahmen in den Kantonen Schwyz und Zürich wird sich in Alp, Sihl und Limmat mittel- bis langfristig ein Geschiebehaushalt gemäss Bild 5 einstellen.

Bei der Kantongrenze transportiert die Sihl durchschnittlich knapp  $2'800\text{m}^3/\text{a}$ . Die Fracht nimmt anschliessend bis Adliswil auf  $2'300\text{m}^3/\text{a}$  ab und es werden durchschnittlich  $2'000\text{m}^3/\text{a}$  Geschiebe in die Limmat transportiert.

In die Limmatrenaturierung Geroldswil werden durchschnittlich  $1'700\text{m}^3/\text{a}$  Kies eingetragen. Hier wird alles Geschiebe abgelagert, wobei sich die Geschiebefront langsam flussabwärts verlagert (Bild 5). Mit zunehmender Verlandung der Aufweitung wird wieder Geschiebe weiter limmatabwärts bis in die Stauhaltung Wettingen transportiert (vor der Realisierung der Limmatrenaturierung Geroldswil befand sich die Geschiebefront ca. 100m flussabwärts der Brücke Mutschellenstrasse).

*Geschiebefracht Reppisch* Bei Umsetzung der vorgeschlagenen Massnahmen (resp. bei Fortführung des Betriebs der letzten Jahre) entspricht der Geschiebehaushalt der Reppisch demjenigen im Referenzzustand, das heisst, dass dem System kein Geschiebe entzogen wird. Dabei werden ca. 350m<sup>3</sup>/a Geschiebe in die Mündungsstrecke und bei Ausbleiben von Entnahmen mittelfristig in die Limmat transportiert. Flussabwärts der Reppischmündung sind in der Limmat linksufrig frische Kiesablagerungen vorhanden, die aus der Reppisch stammen.

Falls in der Mündungsstrecke der Reppisch aus Hochwasserschutzgründen Kies entnommen werden muss, so ist das Material vor der A1-Brücke in die Limmat zu schütten (in Bild 5 dargestellt).

## 11 Hochwasserschutz und Erfolgskontrolle

Mit den vorgeschlagenen Massnahmen kann der Geschiebehaushalt der Gewässer im Einzugsgebiet von Sihl, Limmat und Reppisch gemäss Art. 43 GSchG fristgerecht saniert werden.

### *Hochwasserschutz*

Bei allen Massnahmen ist sicher zu stellen, dass keine unerwünschten Sohlenauflandungen auftreten, welche den Hochwasserschutz gefährden.

An der Sihl und der Limmat wurde eine Geschiebehaushaltsstudie [2] durchgeführt, in welcher die Auswirkungen unterschiedlicher Geschiebefrachten auf die Sohlenlage und den Hochwasserspiegel untersucht wurden. Dabei zeigte sich, dass es in der Sihl infolge von Bankbildung lokal zu einer beschränkten Anhebung der Sohle kommen wird (Kompensation von Ausräumungsprozessen infolge früherer Entnahmen), die Sohle aber nicht grossflächig auflandet.

Allfällige Auswirkungen sind im Rahmen des zur Zeit in Ausarbeitung befindenden Hochwasserschutzprojektes zu berücksichtigen.

In der kanalisierten Limmat sind keine signifikanten Sohlenveränderungen zu erwarten. In der Restwasserstrecke des KW Dietikon wird die Sohlenlage regelmässig vermessen und, falls diese einen definierten Eingriffshorizont überschreitet, abgesenkt (zuständig ist das KW Wettingen, ewz).

An der Reppisch ist die Sohle bei der Brücke Bernstrasse (Reppischhof) sowie in der Mündungsstrecke (Engpass Durchlass SBB) zu beobachten (und allenfalls regelmässig zu vermessen).

### *Erfolgskontrolle*

Es wird empfohlen, in der Sihl und der Limmat eine Erfolgskontrolle durchzuführen, deren Ziel es ist, die Aufwertung der Morphologie zu erfassen, zu dokumentieren und die Massnahmen nach Bedarf zu steuern.

# Anhang 1

## Detailbeschreibung Anlagen

(ohne projektierte Anlagen Schwemmholtzrechen und Hochwasser-Entlastungsstollen)



<b>Anlage</b>	<b>Stauwehr Kraftwerk Waldhalde</b>
Bezeichnung	SIH-1-KW
Gewässer (Bezeichnung)	Sihl
Koordinaten	692'980 / 225'280
Gemeinde	Hütten
Betreiber	EKZ
Beschrieb Anlage	Zweiteiliges Stauwehr mit Klappen, Spülkanal und Wasserfassung rechtsufrig. Stollen zum Teufenbachweiher und Druckleitung zum Maschinenhaus an der Sihl. Fallhöhe 72m Länge Restwasserstrecke: 4.5km
Funktion, Betrieb	Wasserentnahme zur Energieerzeugung Die Stauklappen werden bei Hochwasserabfluss abgesenkt und das Gchiebe kann flussabwärts weiter transportiert werden.
Ablagerungen, Zusammensetzung	In der Stauhaltung befindet sich die Sohle auf Höhe der abgesenkten Klappe. Im Stauwurzelbereich sind keine Kiesablagerungen vorhanden.
Bewirtschaftung, Entnahmemengen	Keine bekannt.
Geschiebedurchgängigkeit	Gut
Geschiebeaufkommen	Im Referenzzustand: ca. 3'700m <sup>3</sup> /a Aktuell: ca. 400m <sup>3</sup> /a
Charakterisierung Geschiebe	Praktisch kein Geschiebe vorhanden
Morphologie Oberwasser	Länge Stauhaltung ca. 200m. Weiter flussaufwärts natürliche Talmäanderstrecke mit grobblockiger Sohle und kleinen Bänken. Keine Bänke.
Morphologie Unterwasser	Natürliche Talmäanderstrecke mit grobblockiger Sohle und kleinen Bänken.
Grad der Beeinträchtigung	Gering
Wesentliche Beeinträchtigung ja/nein	Morphologie nein Hochwasserschutz nein Grundwasser nein
Ökologisches Potenzial	Gemäss Revitalisierungsplanung: gering bis mittel Gemäss Einschätzung Flussbau AG: mittel
Massnahmen	Keine
Kosten / Nutzen	-
Verhältnismässigkeit	-
Priorität	-
Fristen	-
Zusatzabklärungen	-



Bild A1 Sihl im Oberwasser der Stauhaltung des KW Waldhalde. Blick flussaufwärts. 25.11.2014.



Bild A2 Stauhaltung KW Waldhalde. Blick flussabwärts. 25.11.2014.



Bild A3 Stauwehr KW Waldhalde mit den zwei Klappen und der Spülöffnung (hinten links). Zur Zeit ist die Fischaufstiegshilfe im Bau. 25.11.2014.



Bild A4 Sihl im Unterwasser des Stauwehrs des KW Waldhalde. Blick flussabwärts. 25.11.2014.

Anlage	Stauwehr Kraftwerk Schiffli
Bezeichnung	SIH-2-KW
Gewässer (Bezeichnung)	Sihl
Koordinaten	686'830 / 229'490
Gemeinde	Hirzel
Betreiber	Fabrik im Schiffli
Beschrieb Anlage	Feste Wehrschwelle mit rechtsufriger Wasserfassung Länge Oberwasserkanal: 280m Länge Unterwasserkanal: 140m
Funktion, Betrieb	Wasserentnahme zur Energieerzeugung
Ablagerungen, Zusammensetzung	Die Wehrschwelle ist vollständig mit Geschiebe hinterfüllt.
Bewirtschaftung, Entnahmemengen	Keine bekannt.
Geschiebedurchgängigkeit	Sehr gut
Geschiebeaufkommen	Im Referenzzustand: ca. 3'500m <sup>3</sup> /a Aktuell: ca. 460m <sup>3</sup> /a
Charakterisierung Geschiebe	-
Morphologie Oberwasser	Länge Stauhaltung ca. 70m. Weiter flussaufwärts Mäanderstrecke mit variabler Breite und strukturierter Sohle, kleine Bänke entlang den Gleitufeln.
Morphologie Unterwasser	Ausgeprägte Mäander mit grober Sohle und kleinen Bänken entlang den Gleitufeln.
Grad der Beeinträchtigung	Keine
Wesentliche Beeinträchtigung ja/nein	Morphologie nein Hochwasserschutz nein Grundwasser nein
Ökologisches Potenzial	Gemäss Revitalisierungsplanung: gering Gemäss Einschätzung Flussbau AG: mittel
Massnahmen	Keine



Bild A5 Feste Wehrschwelle KW Schiffli mit Wasserfassung (links im Bild). 25.11.2014.



Bild A6 Blick über die feste Wehrschwelle flussabwärts. 25.11.2014.

Anlage	Stauwehr Kraftwerk Langnau
Bezeichnung	SIH-5-KW
Gewässer (Bezeichnung)	Sihl
Koordinaten	683'530 / 237'510
Gemeinde	Langnau a.A.
Betreiber	ADEV Wasserkraftwerke AG
Beschrieb Anlage	Kraftwerk mit fester Wehrschwelle, linksufrigem Spülschütz und Wasserfassung, Maschinenhaus und Wasserrückgabe nach 30m.
Funktion, Betrieb	Wasserentnahme zur Energieerzeugung.
Ablagerungen, Zusammensetzung	Die schräg angeordnete Wehrschwelle führt zu einem geringen Wasserspiegelanstieg bei Hochwasser und damit einer tiefen Sohlenlage im Oberwasser.
Bewirtschaftung, Entnahmemengen	Keine bekannt.
Geschiebedurchgängigkeit	Bei kleinen Hochwasserereignissen kann es zu einem beschränkten Rückhalt von Geschiebe kommen.
Geschiebeaufkommen	Im Referenzzustand: ca. 3'200m <sup>3</sup> /a Aktuell: ca. 480m <sup>3</sup> /a
Charakterisierung Geschiebe	Gut abgestuft, d <sub>max</sub> = 15cm, d <sub>90</sub> =12cm, d <sub>m</sub> =4.5cm
Morphologie Oberwasser	Länge Stauhaltung ca. 300m. Weiter flussaufwärts leicht pendelnde kanalisierte Strecke mit wenig Strukturen.
Morphologie Unterwasser	Weitgehend kanalisierte Strecke mit leicht geschwungenem Lauf und lokalen Felsaufschlüssen.
Grad der Beeinträchtigung	Gering
Wesentliche Beeinträchtigung ja/nein	Morphologie nein Hochwasserschutz nein Grundwasser nein
Ökologisches Potenzial	Gemäss Revitalisierungsplanung: gering Gemäss Einschätzung Flussbau AG: hoch
Massnahmen	Keine

Bild A7 Wehrschwelle KW Langnau mit Sohle im Oberwasser, Wasserfassung, Maschinenhaus und Wasserrückgabe (im Hintergrund). 25.11.2014.



Anlage	Stauwehr Kraftwerk Sihl-Manegg
Bezeichnung	SIH-6-KW
Gewässer (Bezeichnung)	Sihl
Koordinaten	681'610 / 242'570
Gemeinde	Zürich
Betreiber	Sihl Zürich AG, Sihl Manegg Immobilien AG
Beschrieb Anlage	Kraftwerk mit fester Wehrschwelle und niederen aufgesetzten Klappen. Länge Oberwasserkanal: 1.2km Länge Unterwasserkanäle: 0.4km/1.5km
Funktion, Betrieb	Wasserentnahme zur Energieerzeugung.
Ablagerungen, Zusammensetzung	Das Stauwehr ist mit Geschiebe hinterfüllt. Im Oberwasser besteht rechtsufrig eine Kiesbank.
Bewirtschaftung, Entnahmemengen	Keine bekannt.
Geschiebedurchgängigkeit	Bei kleinen Hochwasserereignissen kann es zu einem beschränkten Rückhalt von Geschiebe kommen.
Geschiebeaufkommen	Im Referenzzustand: ca. 3'000m <sup>3</sup> /a Aktuell: ca. 400m <sup>3</sup> /a
Charakterisierung Geschiebe	Gut abgestuft, d <sub>max</sub> = 12cm, d <sub>90</sub> =9cm, d <sub>m</sub> =4cm
Morphologie Oberwasser	Länge Stauhaltung ca. 400m. Weitgehend kanalisierte Mäanderschleife mit geneigter Sohle und flachen Kiesbänken entlang Gleithängen.
Morphologie Unterwasser	Leichte Aufweitung mit sehr grober Sohle und flachen, teils bewachsenen Kiesbänken.
Grad der Beeinträchtigung	Gering
Wesentliche Beeinträchtigung ja/nein	Morphologie nein Hochwasserschutz nein Grundwasser nein
Ökologisches Potenzial	Gemäss Revitalisierungsplanung: gering Gemäss Einschätzung Flussbau AG: hoch
Massnahmen	Keine

Bild A8 Wehrschwelle KW Sihl-Manegg mit mit Tosbecken und Insel im Unterwasser. 14.9.2012.



Anlage	Kiesentnahme Sihl Eiswehr
Bezeichnung	SIH-7-KE
Gewässer (Bezeichnung)	Sihl
Koordinaten	681'420 / 244'790
Gemeinde	Zürich
Betreiber	AWEL
Beschrieb Anlage	Stauwehr mit zwei Segmentschützen.
Funktion, Betrieb	Das Stauwehr dient dem Rückhalt von Eisschollen bei Eistrieb zum Hochwasserschutz. Im Normalfall ist das Wehr offen. Bei Eistrieb wird es geschlossen und die Eisschollen im Oberwasser aufgestaut.
Ablagerungen, Zusammensetzung	Wegen der grossen Gerinnebreite und dem kleinen Gefälle lagert sich unter den Schützen Geschiebe ab, was das Schliessen der Schützen verunmöglicht.
Bewirtschaftung, Entnahmemengen	Der Kies wurde bis 2010 entnommen und abgeführt. Kiesentnahmen: 2007            980m <sup>3</sup> 2008            730m <sup>3</sup> 2009            0m <sup>3</sup> Ø                800m <sup>3</sup>
Geschiebedurchgängigkeit	Nach Entnahmen mässig
Geschiebeaufkommen	Im Referenzzustand: 2'800m <sup>3</sup> /a Aktuell: ca. 400m <sup>3</sup> /a
Charakterisierung Geschiebe	Gut abgestuft, d <sub>max</sub> = 12cm, d <sub>90</sub> =9cm, d <sub>m</sub> =4cm
Morphologie Oberwasser	Revitalisierte Strecke. Im oberen Abschnitt ist der Niederwasserbereich seitlich befestigt, was die Bankbildung beeinträchtigt. Im unteren Abschnitt ist die Sohlenbreite gross und es können sich Bänke bilden.
Morphologie Unterwasser	Gewundene kanalisierte Strecke mit zwei Wehrschwelen. Im Oberwasser der Schwelen Rückstaubereich bis kurz vor Eiswehr.
Grad der Beeinträchtigung	Mittel
Wesentliche Beeinträchtigung ja/nein	Morphologie            ja Hochwasserschutz    nein Grundwasser            nein
Ökologisches Potenzial	Gemäss Revitalisierungsplanung: mittel Gemäss Einschätzung Flussbau AG: hoch
Massnahmen	Die Kiesentnahmen wurden 2011 eingestellt. Seither wird Kies, der entnommen werden muss, an geeigneter Stelle in die Sihl zurück geschüttet (aktuell in Langnau). In den Jahren 2013 und 2014 wurden jeweils 50 – 100m <sup>3</sup> Kies umdeponiert.
Kosten / Nutzen	Kostenneutral / Gross
Verhältnismässigkeit	Gut
Priorität	1
Fristen	Seit 2011 umgesetzt
Zusatzabklärungen	Monitoring empfohlen

Bild A9 Eiswehr, Blick fluss-  
abwärts. 6.4.2010.



Bild A10 Sohle nach Kiesent-  
nahme im Unterwasser des Eis-  
wehrs. 6.4.2010.



Anlage	Kiesentnahme Sihl Brunau
Bezeichnung	SIH-8-KE
Gewässer (Bezeichnung)	Sihl
Koordinaten	682'060 / 245'320
Gemeinde	Zürich
Betreiber	AWEL
Beschrieb Anlage	Abtrag einer Kiesbank entlang einem Gleithang bei der SZU-Brücke Brunau. Bei der SZU-Brücke besteht ein Schutzdefizit, wobei es bei einem Abfluss von 360m <sup>3</sup> /s zu einem Zuschlagen des Brückenprofils kommt.
Funktion, Betrieb	Durch den Abtrag der Kiesbank kann der Wasserspiegel unter der SZU-Brücke bei grossen Hochwasserereignissen um maximal 15cm und flussaufwärts der Brücke um 30cm abgesenkt werden.
Ablagerungen, Zusammensetzung	Unterschiedlich grobe, gut abgestufte Kiesbank
Bewirtschaftung, Entnahmemengen	Der Kies wurde bis 2010 entnommen und abgeführt. Kiesentnahmen: 2006      1'340m <sup>3</sup> 2008      1'440m <sup>3</sup> 2009      960m <sup>3</sup> Ø          1'200m <sup>3</sup>
Geschiebedurchgängigkeit	Nach Entnahmen eher schlecht
Geschiebeaufkommen	Im Referenzzustand: 2'800m <sup>3</sup> /a Aktuell: ca. 400m <sup>3</sup> /a
Charakterisierung Geschiebe	Kies, gut abgestuft
Morphologie Oberwasser	Pendelnde kanalisierte Strecke mit zwei Wehrschwellen. Im Unterwasser der zweiten Schwelle grobe Bank in Gerinnemitte.
Morphologie Unterwasser	Kanalisierte Strecke mit ebener Sohle. Bei der Uto-Brücke flache und grobe Bank in Gerinnemitte.
Grad der Beeinträchtigung	Stark
Wesentliche Beeinträchtigung ja/nein	Morphologie            ja Hochwasserschutz    nein Grundwasser            nein
Ökologisches Potenzial	Gemäss Revitalisierungsplanung: mittel Gemäss Einschätzung Flussbau AG: hoch
Massnahmen	Die Kiesentnahmen wurden 2011 eingestellt. Falls die Kiesbank abgetragen werden muss, ist der Kies umzudeponieren (z.B. im Unterwasser entlang dem rechten, gut angeströmten Ufer oder an anderer geeigneter Stelle in die Sihl).
Kosten / Nutzen	Kostenneutral / Gross
Verhältnismässigkeit	Gut
Priorität	1
Fristen	Seit 2011 umgesetzt
Zusatzabklärungen	Monitoring empfohlen

Bild A11 SZU-Brücke mit Kiesbank links. Blick flussabwärts.  
14.9.2012.



Bild A12 SZU-Brücke mit Kiesbank links. Blick flussabwärts.  
4.12.2014.



Bild A13 SZU-Brücke mit Kiesbank links. Blick flussaufwärts.  
4.12.2014.



<b>Anlage</b>	<b>Kiesentnahme Sihl Hauptbahnhof</b>
Bezeichnung	SIH-9-KE
Gewässer (Bezeichnung)	Sihl
Koordinaten	682'990 / 248'110
Gemeinde	Zürich
Betreiber	AWEL und SBB
Beschrieb Anlage	Im Zusammenhang mit dem Bau der Durchmesserlinie und des Bahnhofs Löwenstrasse wurden zur Verbesserung der Hochwassersicherheit beim Zürcher Hauptbahnhof zwischen September 2007 und Juni 2008 Sohlenbaggerungen in der Sihl durchgeführt.
Funktion, Betrieb	-
Ablagerungen, Zusammensetzung	-
Bewirtschaftung, Entnahmemengen	Im Auftrag des AWEL wurden zwischen HB und Limmat 3'300m <sup>3</sup> Kies entnommen. Durch die SBB wurden folgende Kubaturen entnommen: Oberstrom HB von km1.033 bis km0.692: 10'100m <sup>3</sup> Sohlenabtiefung in den Durchlässen: 7'600m <sup>3</sup> Unterstrom HB: 800m <sup>3</sup> Oberstrom wurde die Sohle um 0.2m bis 0.8m abgetieft. Insgesamt wurden <b>20'100m<sup>3</sup></b> Kies entnommen
Geschiebedurchgängigkeit	Zur Zeit nicht durchgängig. Die Geschiebefront befindet sich heute bei der Gessnerbrücke (km0.865). Dementsprechend wurden seit 2008 1'500m <sup>3</sup> Kies abgelagert, was einer Geschiebefracht von 250m <sup>3</sup> /a entspricht. Zur Anhebung der Sohle auf das Niveau vor 2007 müssen noch <b>18'600m<sup>3</sup></b> Geschiebe abgelagert werden. Die Dauer, bis Geschiebe in die Limmat transportiert wird, ist abhängig von der Zufuhr: Aktuelle Zufuhr von 250m <sup>3</sup> /a: 74 Jahre Zufuhr im sanierten Zustand 2'100m <sup>3</sup> /a: 9 Jahre
Geschiebeaufkommen	Im Referenzzustand: 2'700m <sup>3</sup> /a
Charakterisierung Geschiebe	Kies, gut abgestuft
Morphologie Oberwasser	Kanalisierte Strecke mit ebener bis leicht geneigter Sohle. Lokal sind kleine Bänke vorhanden.
Morphologie Unterwasser	Limmat mit stark abgepflasterter Sohle ohne lockere Kiesbänke (in der Restwasserstrecke des KW Letten sind verfestigte Bänke aus Grobgeschiebe vorhanden).
Grad der Beeinträchtigung	Sehr stark
Wesentliche Beeinträchtigung ja/nein	Morphologie ja Hochwasserschutz nein Grundwasser nein
Ökologisches Potenzial	Gemäss Revitalisierungsplanung: mittel Gemäss Einschätzung Flussbau AG: hoch
Bisherige Massnahmen	Im Auftrag der SBB wurden zur Reduktion des Geschiebedefizits in der Limmat folgende Kiesschüttungen bei der

	<p>Breitensteinstrasse (2.25km flussabwärts der Sihlmündung) durchgeführt:</p> <p>10.2007: 2'200m<sup>3</sup>  06.2008: 2'700m<sup>3</sup>  10.2010: 3'200m<sup>3</sup>  06.2011: 3'000m<sup>3</sup></p> <p>Bisher wurden insgesamt 11'100m<sup>3</sup> Kies geschüttet.</p>
Massnahmen	<p>Variante 1: Kiesschüttungen Limmat Breitensteinstrasse, bis die Sihlsohle im Abschnitt HB wieder auf das ursprüngliche Niveau aufgelandet ist und das von der Sihl zugeführte Geschiebe vollumfänglich in die Limmat transportiert wird. Total ca. 22'500m<sup>3</sup> Kies.</p> <p>Variante 2: Sohlenanhebung Sihl Gessnerbrücke – Mattensteg auf das Niveau vor 2007 durch Schüttung von 15'000m<sup>3</sup> Kies. Zusätzlich etwa 2 Kiesschüttungen Limmat Breitensteinstrasse à je 3'000m<sup>3</sup>.</p>
Kosten / Nutzen	Variante 1 ca. Fr. 1.35Mio; Variante 2 ca. Fr. 1.26Mio. / Nutzen gross (ohne Massnahme ist die Limmat vollständig geschiebelos und zeigt über Jahrzehnte ein Geschiebedefizit)
Verhältnismässigkeit	Ja
Priorität	1
Fristen (vgl. Kapitel 9)	<p>Eine nächste Schüttung soll letztmals im Auftrag der SBB durchgeführt werden. Wegen des ausgeprägten Geschiebedefizits der Limmat sollte die Schüttung möglichst bald (2015) durchgeführt werden.</p> <p>Nachfolgeschüttungen liegen in der Verantwortung des Kantons Zürich, weil durch Kiesentnahmen im Sihltal (Sihlwald 2005: 6'000m<sup>3</sup>) und in Zürich (Eiswehr und Brunau, durchschnittlich 2'000m<sup>3</sup>/a bis 2011) die Geschiebeführung der Sihl bis heute stark reduziert wird.</p>
Zusatzabklärungen	Monitoring Sihl empfohlen.

Bild A14 Schanzengraben (links) und Sihl (rechts) vor dem Hauptbahnhof. Die Trennmauer wurde teilweise rückgebaut. Sihl mit horizontalem Wasserspiegel zwischen Gessnerbrücke und dem Ende der Trennmauer. Blick flussaufwärts. 4.12.2014.



Bild A15 Sihl (links) und Schanzengraben (rechts) mit Trennmauer unterstrom des Hauptbahnhofs. Zustand 2003 mit Inseln. Blick flussaufwärts. 4.12.2014.

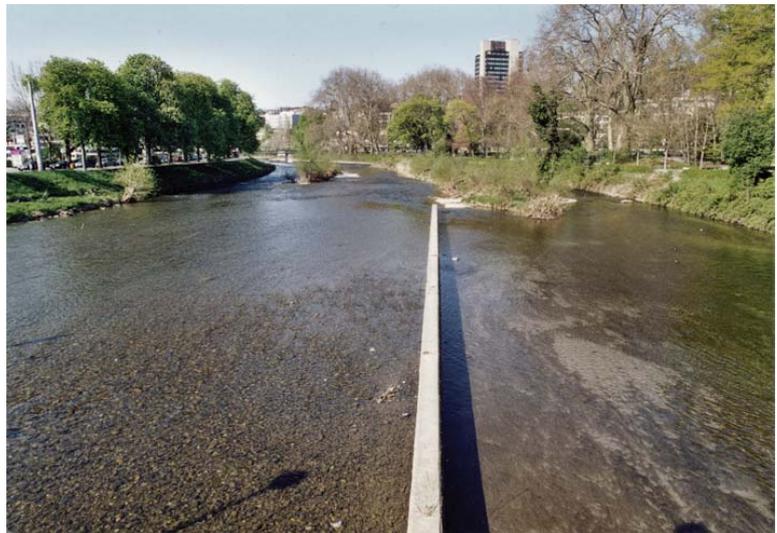


Bild A16 Wie Bild oben. Aktueller Zustand mit entfernten Inseln und leicht abgetieferter Sohle. Blick flussaufwärts. 4.12.2014.



<b>Anlage</b>	<b>Stauwehr Kraftwerk Letten</b>
Bezeichnung	LIM-1-KW
Gewässer (Bezeichnung)	Limmat
Koordinaten	683'090 / 248'560
Gemeinde	Zürich
Betreiber	ewz
Beschrieb Anlage	Ausleitkraftwerk mit Stauwehr (zweiteiliges Dachwehr) beim Platzspitz (vor Sihlmündung), Oberwasserkanal, Maschinenhaus und Unterwasserkanal. Ausbauabfluss: 100m <sup>3</sup> /s Die Sihl mündet unmittelbar im Unterwasser des Stauwehrs in die Restwasserstrecke des KW Letten.
Funktion, Betrieb	Wasserentnahme zur Energieerzeugung und zur Regulierung des Zürichsees.
Ablagerungen, Zusammensetzung	In der Stauhaltung vernachlässigbar (Seeausfluss).
Bewirtschaftung, Entnahmemengen	Keine
Geschiebedurchgängigkeit	Restwasserstrecke: Reduzierte Transportkapazität infolge Wasserableitung.
Geschiebeaufkommen	Im Referenzzustand: 2'650m <sup>3</sup> /a Aktuell: 0m <sup>3</sup> /a
Charakterisierung Geschiebe	-
Morphologie Oberwasser	Sihl: Zwischen Hauptbahnhof und Platzspitz zunehmende Sohlenbreite mit flacher Bank entlang linkem Ufer (Gleithang). Vor Sohlenbaggerung 2006 (zum Bau des Bahnhofs Löwenstrasse) bestanden zwei bewachsene Kiesinseln.
Morphologie Unterwasser	Kanalisierte und gestreckte Lauf mit grober Sohle und langer schmaler Bank
Grad der Beeinträchtigung	Gering (leicht reduzierte Geschiebetransportkapazität)
Wesentliche Beeinträchtigung ja/nein	Morphologie nein Hochwasserschutz nein Grundwasser nein
Ökologisches Potenzial	Gemäss Revitalisierungsplanung: mittel Gemäss Einschätzung Flussbau AG: hoch
Massnahmen	Keine

Bild A19 Dachwehr Letten mit Mündung Sihl (von links, trübes Wasser) und Oberwasserkanal (rechts). In der Restwasserstrecke besteht eine kleine Insel. Bundesamt für Landestopographie.



<b>Anlage</b>	<b>Stauwehr Kraftwerk Höngg</b>
Bezeichnung	LIM-2-KW
Gewässer (Bezeichnung)	Limmat
Koordinaten	679'610 / 250'340
Gemeinde	Zürich
Betreiber	ewz
Beschrieb Anlage	Ausleitkraftwerk mit Stauwehr (Dachwehr), Oberwasserkanal, Maschinenhaus und Unterwasserkanal. Ausbauabfluss: 50m <sup>3</sup> /s Dachwehr dreiteilig mit zusätzlichem Spülschütz zwischen Oberwasserkanal und Restwasserstrecke.
Funktion, Betrieb	Wasserentnahme zur Energieerzeugung. Das Dachwehr wird bei Hochwasserabfluss zunehmend bis auf Sohlenhöhe im Oberwasser (394.60m ü.M.) abgesenkt.
Ablagerungen, Zusammensetzung	Keine sichtbar
Bewirtschaftung, Entnahmemengen	Keine
Geschiebedurchgängigkeit	Durch die Stauhaltung kann im Talweg ab ca. 320m <sup>3</sup> /s Geschiebe transportiert werden (HQ1 – HQ2). Es kann davon ausgegangen werden, dass unter diesen Verhältnissen das Geschiebe über das teilweise abgesenkte Dachwehr und durch den Spülkanal in die Restwasserstrecke transportiert wird.
Geschiebeaufkommen	Im Referenzzustand: 2'500m <sup>3</sup> /a Aktuell: 0m <sup>3</sup> /a
Charakterisierung Geschiebe	Dmax ca. 12cm
Morphologie Oberwasser	Stauhaltung, Länge ca. 1.0km
Morphologie Unterwasser	Leicht pendelnde, ca. 1km lange Restwasserstrecke mit grober Bank entlang dem Gleitufer und kleinem, mit Kies und Feinsedimenten verlandetem Nebengerinne.
Grad der Beeinträchtigung	Gering (Rückhalt bei kleinen und schubweiser Weitertransport des Geschiebes bei bedeutenden Hochwasserereignissen).
Wesentliche Beeinträchtigung ja/nein	Morphologie nein Hochwasserschutz nein Grundwasser nein
Ökologisches Potenzial	Gemäss Revitalisierungsplanung: mittel Gemäss Einschätzung Flussbau AG: hoch
Massnahmen	Keine

<b>Anlage</b>	<b>Stauwehr Kraftwerk Dietikon</b>
Bezeichnung	LIM-3-KW
Gewässer (Bezeichnung)	Limmat
Koordinaten	673'230 / 251'110
Gemeinde	Dietikon
Betreiber	EKZ
Beschrieb Anlage	Ausleitkraftwerk mit Stauwehr, Oberwasserkanal, Maschinenhaus und Unterwasserkanal. Ausbauabfluss: 100m <sup>3</sup> /s Vierteiliges Stauwehr mit Segmentklappenschützen.
Funktion, Betrieb	Wehrreglement: OW-Pegel 385.30m ü.M. Ab Q = 320m <sup>3</sup> /s Absenkung OW-Pegel auf 385.0 Ab Q = 370m <sup>3</sup> /s Absenkung OW-Pegel auf 384.5 Vollständige Öffnung Stauwehr ab 450m <sup>3</sup> /s (HQ10)
Ablagerungen, Zusammensetzung	Das zugeführte Geschiebe und ein Teil der Schwebstoffe werden in der Stauhaltung zwischen gelagert. Die Ablagerungen sind wegen dem Einstau nicht sichtbar.
Entnahmemengen	Keine
Geschiebedurchgängigkeit	Gemäss hydraulischen Berechnungen kann das Geschiebe im Talweg bei einem Abfluss von 330m <sup>3</sup> /s (HQ2) bis kurz vor das Stauwehr transportiert werden. Spätestens ab einem Abfluss von Q = 390m <sup>3</sup> /s (HQ5) kann Geschiebe durch das Stauwehr transportiert werden. Die Schützen werden ab einem Abfluss von ca. 250m <sup>3</sup> /s angehoben, womit der Durchtransport des Geschiebes technisch möglich wird. Für eine detaillierte hydraulische Berechnung wären zusätzliche Querprofile im Oberwasser des Stauwehrs erforderlich.
Geschiebeaufkommen	Im Referenzzustand: 2'260m <sup>3</sup> /a Aktuell: 0m <sup>3</sup> /a
Charakterisierung Geschiebe	Dmax = 12cm
Morphologie Oberwasser	Stauhaltung, Länge ca. 2.5km
Morphologie Unterwasser	Kanalisierte, 1.2km lange Restwasserstrecke mit grober Bank entlang dem Gleitufer.
Grad der Beeinträchtigung	Gering (Rückhalt bei kleinen und schubweiser Weitertransport des Geschiebes bei grossen Hochwasserereignissen). Wird mehr Geschiebe zugeführt, so wird Geschiebe bereits bei kleineren Hochwasserereignissen flussabwärts transportiert.
Wesentliche Beeinträchtigung ja/nein	Morphologie nein Hochwasserschutz nein Grundwasser nein
Ökologisches Potenzial	Gemäss Revitalisierungsplanung: gering, lokal mittel Gemäss Einschätzung Flussbau AG: hoch
Massnahmen	Keine (Optimierung des Wehrreglements im Rahmen der anstehenden Neukonzessionierung)

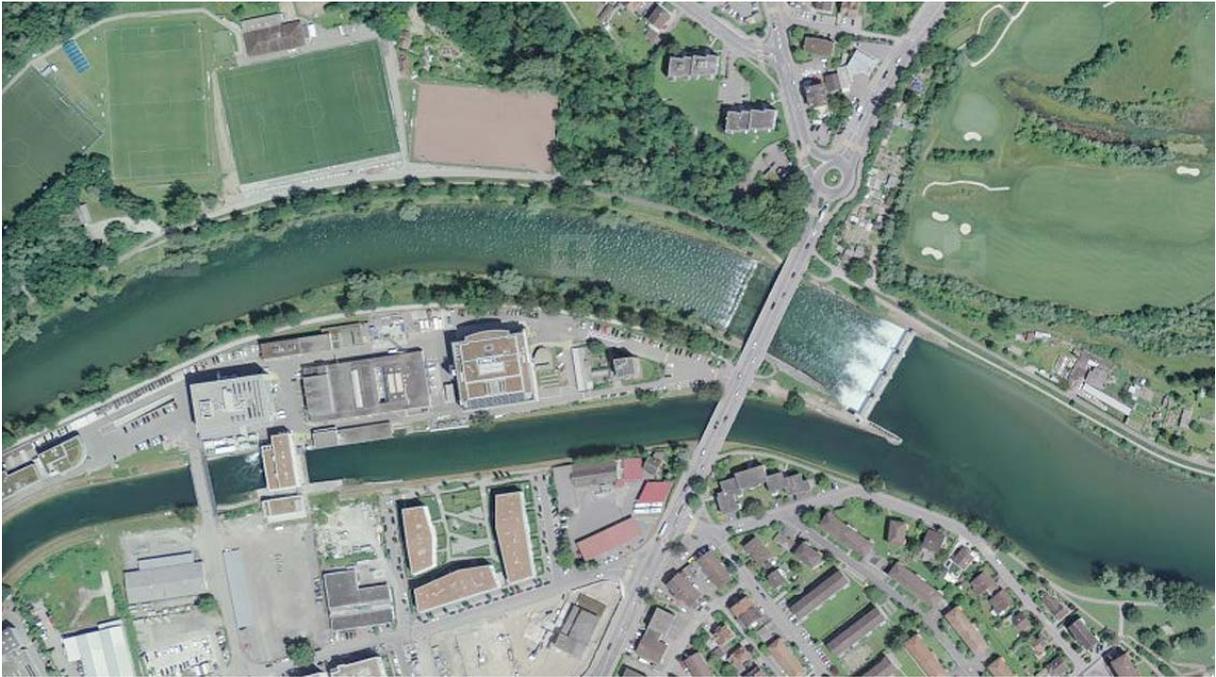


Bild A20 Stauwehr Dietikon mit der Stauhaltung (rechts), dem Oberwasserkanal und dem Maschinenhaus (unten) sowie der Restwasserstrecke. Bundesamt für Landestopographie.

<b>Anlage</b>	<b>Kiesentnahme Felixerbrücke</b>
Bezeichnung	REP-1-KE
Gewässer (Bezeichnung)	Reppisch
Koordinaten	673'680 / 246'960
Gemeinde	Zürich
Betreiber	AWEL
Beschrieb Anlage	Abtrag einer Kiesbank entlang einem Gleithang vor der Felixerbrücke.
Funktion, Betrieb	Mit dem Abtrag der Kiesbank kann die Belastung des Prallufers reduziert werden. Erosionen am Prallufer, welche das Brückenlager gefährdeten, wurden in der Zwischenzeit mit Blöcken saniert und befestigt.
Ablagerungen, Zusammensetzung	Keine
Bewirtschaftung, Entnahmemengen	Bis 2011 wurde sporadisch Kies entnommen (durchschnittliche Entnahme ca. 50m <sup>3</sup> /a). Seither wird kein Kies mehr entnommen.
Geschiebedurchgängigkeit	Gut
Geschiebeaufkommen	Gering
Charakterisierung Geschiebe	Kies, gut abgestuft
Morphologie Oberwasser	Naturnahe bis kanalisierte Abschnitte
Morphologie Unterwasser	Naturnahe bis kanalisierte Abschnitte
Grad der Beeinträchtigung	Keine
Wesentliche Beeinträchtigung ja/nein	Morphologie           nein Hochwasserschutz    nein Grundwasser           nein
Ökologisches Potenzial	Gemäss Revitalisierungsplanung: mittel Gemäss Einschätzung Flussbau AG: hoch
Massnahmen	Seit der Befestigung des Prallufers wurde kein Kies mehr entnommen. Kiesentnahmen sind nicht mehr zu bewilligen (allenfalls Kies umdeponieren).
Kosten / Nutzen	-
Verhältnismässigkeit	-
Priorität	-
Fristen	Seit 2011 umgesetzt
Zusatzabklärungen	-

<b>Anlage</b>	<b>Kiesentnahme Reppischhof</b>
Bezeichnung	REP-2-KE
Gewässer (Bezeichnung)	Reppisch
Koordinaten	672'260 / 248'160
Gemeinde	Zürich
Betreiber	AWEL
Beschrieb Anlage	Kiesentnahme aus der Sohle bachaufwärts der Brücke Bernstrasse.
Funktion, Betrieb	Vergrösserung der Abflusskapazität unter der Brücke. Seit den umgesetzten Hochwasserschutzmassnahmen mit Verbreiterung des Brückenprofils und dem Bau einer kleinen Aufweitung im Oberwasser wurde kein Kies mehr entnommen.
Ablagerungen, Zusammensetzung	Bankbildung in der Aufweitung.
Bewirtschaftung, Entnahmemengen	Die Kiesentnahmen wurden nicht dokumentiert. Seit dem erfolgten Gerinneausbau wurde kein Kies mehr entnommen.
Geschiebedurchgängigkeit	Die lokale Situation mit breitem Brückenprofil und anschliessender scharfer Rechtskrümmung ist aus hydraulischer Sicht sowie bezüglich Geschiebetransport als ungünstig zu bezeichnen. Gegenüber der rückgebauten Situation wurden die Verhältnisse aber deutlich verbessert.
Geschiebeaufkommen	Gering
Charakterisierung Geschiebe	Kies, gut abgestuft
Morphologie Oberwasser	Leicht pendelnde, naturnahe Strecke mit lokalen Uferverbauungen
Morphologie Unterwasser	Mehrheitlich eingeeengte und hart verbaute Strecke
Grad der Beeinträchtigung	Keine (sofern keine Entnahmen erfolgen)
Wesentliche Beeinträchtigung ja/nein	Morphologie           nein Hochwasserschutz    nein Grundwasser           nein
Ökologisches Potenzial	Gemäss Revitalisierungsplanung: mittel Gemäss Einschätzung Flussbau AG: hoch
Massnahmen	Kiesentnahmen sind nicht mehr zu bewilligen (allenfalls Kies umdeponieren).
Kosten / Nutzen	-
Verhältnismässigkeit	-
Priorität	-
Fristen	Seit 2011 umgesetzt
Zusatzabklärungen	-

Bild A21  
 Aufweitung Reppisch vor den  
 Brücken Reppischhof. Blick  
 flussabwärts. 15.9.2011



Bild A22 Brücken Reppischhof. Blick in  
 Fließrichtung 4.12.2014.



Bild A23 Aufweitung mit Insel vor BD-Bahn-  
 brücke. Blick flussabwärts. 4.12.2014.

<b>Anlage</b>	<b>Kiesentnahme Mündungsstrecke</b>
Bezeichnung	REP-3-KE
Gewässer (Bezeichnung)	Reppisch
Koordinaten	672'740 / 251'990
Gemeinde	Zürich
Betreiber	AWEL
Beschrieb Anlage	Kiesentnahme aus der Sohle bachabwärts des SBB-Durchlasses
Funktion, Betrieb	Sohlenabsenkung zur Vergrößerung der Abflusskapazität des SBB-Durchlasses und der Brücke Heimstrasse sowie Freihalten der Öffnung des Verbindungsrohres zum Altarm Antoniloch. In drei Abschnitten wurde periodisch Kies entnommen. Der entnommene Kies wurde abgeführt. In den letzten Jahren wurde kein Kies mehr entnommen und die Entwicklung der Sohle beobachtet.
Ablagerungen, Zusammensetzung	Leichte Sohlenanhebung bis zum Erreichen eines neuen Gleichgewichtszustandes. Bildung einer bewachsenen Bank im Unterwasser der Brücke Heimstrasse. Das Verbindungsrohr zum Antoniloch ist weitgehend eingekiest.
Bewirtschaftung, Entnahmemengen	Kiesentnahme Ø 250m <sup>3</sup> /a
Geschiebedurchgängigkeit	Aktuell gut (nach Entnahmen schlecht)
Geschiebeaufkommen	Gering
Charakterisierung Geschiebe	Kies, eher fein d <sub>max</sub> ca. 8cm
Morphologie Oberwasser	Kanalisiert, eingeengt und hart verbaut (durch Stadt Dietikon).
Morphologie Unterwasser	Kanalisierte Mündungsstrecke, Sohle wenig strukturiert.
Grad der Beeinträchtigung	Nach Entnahmen stark
Wesentliche Beeinträchtigung ja/nein	Morphologie ja Hochwasserschutz nein Grundwasser nein
Ökologisches Potenzial	Gemäss Revitalisierungsplanung: gering Gemäss Einschätzung Flussbau AG: hoch
Massnahmen vgl. Bild A22	Falls Kies aus Hochwasserschutzgründen entnommen werden muss, ist der Kies entlang dem linken Ufer vor der A1-Brücke in die Limmat zu schütten (kurze Zufahrt, Bewirtschaftungsweg vorhanden).
Kosten / Nutzen	Keine zusätzlichen Kosten
Verhältnismässigkeit	Ja
Priorität	1
Fristen	Bei Bedarf sofort umsetzbar.
Zusatzabklärungen	Abprache mit Fachstelle Naturschutz und Fischereiverwaltung.

Bild A24 Mündungsstrecke Reppisch mit erfolgter Kiesentnahme, und empfohlener Rückgabestelle mit Zufahrt (punktirt).

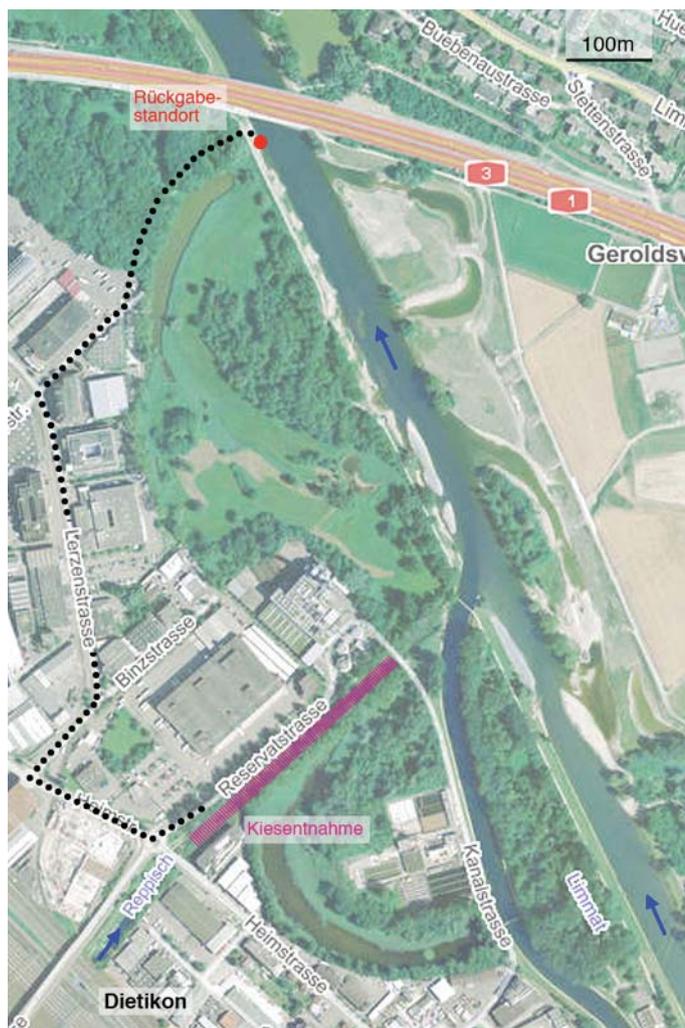


Bild A25 Mündungsstrecke Reppisch mit bewachsener Kiesbank. Blick ab Brücke Heimsstrasse bachabwärts. 4.12.2014



## Anhang 2

### Fotodokumentation Sihl





Sihl, Brücke Allenwinden, Blick flussaufwärts (oben 28.5.2009; unten 25.11.2014). Restwasserstrecke Etzelwerke und KW Sihl-Höf. Grobblockige Sohle mit Residualblöcken und sehr wenig Geschiebeablagerungen.



Sihl, Brücke Allenwinden, Blick flussabwärts (oben 28.5.2009; unten 25.11.2014). Restwasserstrecke Etzelwerke und KW Sihl-Höfe. Rinne-Furt-Sequenz ohne nennenswerte Geschiebeablagerungen.



Sihl, Maschinenhaus KW Sihl-Höfe, Blick flussaufwärts, 25.11.2014. Grobblockige Sohle teilweise mit Geschiebe überlagert.



Sihl, Finsterseebrugg, Blick flussaufwärts (oben 28.5.2009; unten 25.11.2014). Restwasserstrecke Etzelwerke und KW Waldhalde. Rinne-Furt-Sequenz mit Felsaufschluss (Vordergrund) und wenig Geschiebeablagerungen entlang dem Gleithang.



Sihl, Finsterseebrugg, Blick flussabwärts (oben 28.5.2009; unten 25.11.2014). Restwasserstrecke Etzelwerke und KW Waldhalde. Grobblockige Sohle mit sehr wenig Geschiebeablagerungen.



Sihl, Brücke Hütten, Blick flussaufwärts (oben 28.5.2009; unten 25.11.2014). Restwasserstrecke Etselwerke. Grobblockige Sohle ohne nennenswerte Geschiebeablagerungen.



Sihl, Sihlsprung, Restwasserstrecke Etzelwerke, 25.11.2014. Oben: Schnelle-Rinnen-Sequenz mit wenig Geschiebeablagerungen (bei Schnelle entlang Gleitufer) und ausgedehnten Sandbänken. Unten: Engstelle mit grossen Residualblöcken und Schnelle mit wenig Geschiebe.



Sihl, vor Sihlbrugg, 25.11.2014, Blick flussaufwärts. Flache Kiesbank entlang Gleithang.



Sihl, Linkskrümmung Chlämmerliboden (nach Sihlbrugg) mit praktisch ebener Sohle ohne Kiesbank. Fliessrichtung von rechts nach links. 22.11.2014.



Sihl, Binzboden (nach Station Sihlbrugg), 22.11.2014, Blick flussabwärts. Kiesbank nach Schnelle entlang Gleithang.



Sihl bei Langnau mit leicht geneigter Sohle, resp. flacher Bank. Blick flussaufwärts, 8.3.2014.

## Anhang 3

# Ökologisches Potenzial gemäss Revitalisierungsplanung Kanton Zürich