



Begleitmaterialien Exkursion «Wasser in der Stadt Zürich»

Version 2022

Titelbild:

Zusammenfluss von Sihl (beige) und Limmat (blau) beim Hochwasser im August 2005.

©AWEL, Kantonale Baudirektion Zürich/Kantonspolizei Zürich

Inhalt

Allgemeine Informationen	1
Zweck dieses Dokuments	1
Exkursion mit Actionbound	1
Verwendung von CrowdWater.....	1
Abschnitt A	2
Friesenbergbach.....	2
Abschnitt B.....	4
Zürichsee	4
Fischtreppe	5
Hochwasser	6
Abschnitt C.....	7
Brunnen der Innenstadt	7
Abschnitt D	8
Messstation Limmat	8
Kraftwerk Letten	11
Literaturverzeichnis der Exkursion	12

Allgemeine Informationen

Zweck dieses Dokuments

Dieses Dokument ist kein Exkursionsführer, das heisst, es enthält keine Wegbeschreibungen und Aufgaben. Enthalten sind die längeren Texte aus der App, sodass diese im Dokument anstatt auf dem Smartphone-Bildschirm gelesen werden können.

In den nachfolgenden beiden Abschnitten wird zusätzlich ein kurzer Abriss über die Verwendung der Apps *Actionbound* und *CrowdWater* zur Verfügung gestellt.

Weiter findet man am Schluss dieses Dokuments das Literaturverzeichnis der Exkursion.

Mehr Informationen zur Durchführung findet man auf unserer [Homepage](#).

Exkursion mit *Actionbound*

Actionbound ist die App, in welcher die Exkursion «Wasser in der Stadt Zürich» als sogenannter Bound abgespeichert ist. Es kann mit dem entsprechenden QR-Code oder über die Suchfunktion auf den Bound zugegriffen werden.

Der Bound enthält einerseits Fragen und Informationen und andererseits «Ort finden»-Aufgaben. Bei solchen Aufgaben muss eine bestimmte GPS-Koordinate aufgesucht werden. Die App lenkt die Teilnehmenden mittels Richtungspfeil und Distanzangabe zum gesuchten Ort. Falls Probleme mit dem GPS bestehen und ein Ort nicht gefunden werden kann, kann alternativ auch ein Foto vom gesuchten Ort hochgeladen werden.

Der Bound kann bereits vor der Exkursion geöffnet werden. Es besteht die Möglichkeit, die Inhalte und das Kartenmaterial vorzuladen, sodass während der Exkursion keine Internetverbindung benötigt wird. Am Ende der Exkursion müssen die Resultate abgeschickt werden. Dazu wird eine Internetverbindung benötigt. Deshalb darf erst auf «Absenden» getippt werden, wenn eine Internetverbindung besteht.

Der Bound kann jederzeit abgebrochen oder unterbrochen werden.

Verwendung von *CrowdWater*

In zwei Abschnitten wird die *CrowdWater* App (zusätzlich zu *Actionbound*) verwendet. Mit *CrowdWater* können wertvolle hydrologische Daten verschiedener Kategorien von der Bevölkerung gesammelt werden. Dazu können überall auf der Welt virtuelle Beobachtungsstationen (*CrowdWater Spots*) errichtet werden.

Auf dieser Exkursion werden keine neuen Messstationen errichtet, sondern es werden zwei bestehende Messstationen mit einem Update versehen. Im Abschnitt A handelt es sich um eine Station, bei welcher der Fliesszustand eines trockenfallenden Bachs bestimmt werden muss, im Abschnitt D um eine Wasserstandsschätzung anhand einer virtuellen Messlatte.

Um eine neue Beobachtung hinzuzufügen, muss ein Spot angetippt werden. Es öffnet sich die nebenstehende Ansicht. Ein Tippen auf das weisse Plus auf blauem Grund oder den Plus-Button unten in der Mitte ermöglicht das Hinzufügen einer neuen Beobachtung. Das Originalbild kann durch Antippen vergrössert werden. Dies ist insbesondere hilfreich, wenn der Wasserstand mit der virtuellen Messlatte auf dem Bild verglichen werden soll.

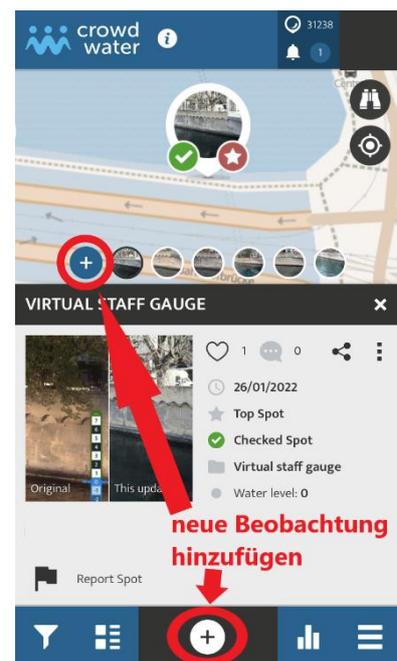


Abbildung 1: Screenshot CrowdWater.

Abschnitt A

Friesenbergbach

Um 1850 fand man in der Stadt Zürich 160 Kilometer offene Bachläufe. Nach der **starken Bautätigkeit** um die Jahrhundertwende herum und in Folge des Wachstums der Stadt Zürich waren es im Jahr 1986 nur noch 60 Kilometer. Bevor anfangs der 90er-Jahre schweizweit entschieden wurde, dass den Bächen wieder **mehr Raum** gegeben werden muss, stellte Zürich deshalb im Jahr 1988 ein **Bachkonzept** auf die Beine.

Dieses hat verschiedene Ziele:

- ✓ Abtrennung des stetig anfallenden **sauberen Fremdwassers** vom Schmutzwasser und Direktleitung in den See oder einen der drei Flüsse Limmat, Sihl und Glatt
- ✓ **Offene Führung** bisher eingedolter Bäche und neu zu bauender Bachläufe, wo immer es möglich ist
- ✓ **Revitalisierung** bestehender offener Bäche, die unnatürlich verbaut sind
- ✓ Hydraulische **Entlastung** des Kanalnetzes und der **Kläranlage**
- ✓ **Kosteneinsparungen**

Im Jahr 2003 wurde der Stadt Zürich der **Gewässerpreis Schweiz** verliehen. Weiter wird das Zürcher Bachkonzept oft als **Vorzeigemodell** gebraucht, was zeigt, dass auch international etwas Einmaliges geschaffen wurde (ERZ, 2013a).

Der Friesenbergbach wurde bereits im Jahr **1991 geöffnet** und zwar auf einer stattlichen Länge von insgesamt **1000 Metern**. An ihm können alle Aspekte eines Fliessgewässers im urbanen Raum studiert werden. Sei es die **Linienführung im Gelände** oder der **Abfluss von Hochwassermassen**, seien es Fragen des **Geschieberückhalts**, des **Unterhalts** oder der Art, wie ein Bach **ins Siedlungsgebiet so integriert** werden kann, dass er den Bedürfnissen der Bevölkerung dient und im Sommer vielleicht gar ein kühles Bad ermöglicht – der Friesenbergbach ist eine Art **Modellbach**, der Antworten auf viele Fragen einer zeitgemässen **Bachgestaltung** liefert (ERZ, 2013b).

Der Bachabschnitt entlang des Bernhard-Jaeggi-Wegs verkörpert einen **typischen Siedlungsbach**. Er durchläuft private und öffentliche Grünräume des Siedlungsgebiets und ist nur für die **Niederwasserab-
leitung** dimensioniert. Das Hochwasser wird über die Kanalisation der Sihl zugeleitet. Der offene Bach ist ein lineares Landschaftselement und bildet durch seine Struktur eine **wichtige ökologische Verbindung** zwischen dem Waldgebiet und den Grünräumen im Siedlungsgebiet. Dabei spielt die Vegetation am Bach und ihre Pflege für die **Vielfalt der Lebewesen** eine bedeutende Rolle. Auf den Unterhalt des Bachraums wird ein besonderes Augenmerk gerichtet. Die Siedlungsbäche in der Stadt Zürich werden einmal wöchentlich von einer Fachperson gereinigt, die den Abfall entfernt und allfällige **Veränderungen des Bachlaufs** frühzeitig erkennt und meldet (ERZ, 2013b).

Das **Einlaufbauwerk** mit dem vorgeschalteten **Geschiebesammler** und einem **Rechen** hält besonders bei Hochwasser das anfallende Schwemmgut vom eingedolten Abschnitt sowie dem nachfolgenden sensiblen Niederwassergerinne fern. So kann **Verstopfungen** im eingedolten Abschnitt bestmöglich vorgebeugt werden. Das Gitter verhindert zudem, dass Kinder oder Tiere hinein laufen (ERZ, 2013b).

Das **unterirdische Entlastungsbauwerk** liegt gegenüber dem Geschiebesammler am Döltschiweg. Von aussen ist nur ein Schachtdeckel in der Wiese erkennbar. Darunter verbirgt sich ein riesiges **Verzweigungsbauwerk**, das **bis zu 8 Meter in die Tiefe** reicht. Bei starkem Regen übertrifft die Wassermenge den Trockenwetterabfluss um ein Vielfaches. Ein Entlastungsbauwerk nimmt solches Hochwasser auf und leitet es in die Kanalisation, sodass der Bach entlang des Bernhard-Jaeggi-Wegs trotzdem nicht zu breit und zu tief wird. Das überschüssige Bachwasser wird unterirdisch direkt der Sihl zugeleitet (ERZ, 2013b).

Anstelle eines Ersatzes des alten, baufälligen Regenabwasserkanals am Döltschiweg wurde ein **offener Bachlauf** geschaffen. Die Erstellung eines offenen Gerinnes ist **kostengünstiger** und zudem eine **Be-reicherung für Mensch und Natur**. Das Bachbett führt in diesem Abschnitt nun auch das Hochwasser offen ab. Aufgrund der grösseren Wassermengen ist die **Sohlsicherung** ein wichtiges Thema, auf welche im Niederwasserbach aufgrund der kleinen Wassermenge verzichtet werden kann (ERZ, 2013b).

Beim Blick in das Bachtobel zeigt sich ein **typischer Waldbach**. Weil das Gefälle steil ist, wurde der Bach zum Teil mit Holzsperrern oder Blocksteinrampen zum **Schutz vor Erosion** verbaut. Im Wald gelten andere Regeln für den Bachunterhalt. Hier fällt Totholz an, welches die Durchlässe im Siedlungsgebiet verstopfen kann, was möglicherweise zu Überschwemmungen führt. Ein Bachunterhaltskonzept speziell für den Wald regelt die Zuständigkeiten für den betrieblichen und baulichen Unterhalt. Die **naturnahe Waldbewirtschaftung** ist ebenso wichtig wie der **technische Hochwasserschutz** (ERZ, 2013b).

Durch einen bewussten Waldbau werden stabile und verschiedene strukturierte Waldbestände angestrebt: die beste Präventivmassnahme gegen Hochwasser bzw. Hochwasserschäden. Forstliche Massnahmen müssen in hochwassergefährdeten Einzugsgebieten die Wirksamkeit des Bodens zur **raschen Wasseraufnahme** sichern und verbessern. Zudem ist die dauerhafte und stabile **Waldbestockung zur Entleerung des Bodens** als Wasserspeicher zum Schutz vor Erosion sehr wichtig (ERZ, 2013b).

Abschnitt B

Zürichsee

Der **Zürichsee** ist nach dem Genfersee, Bodensee, Neuenburgersee, Lago Maggiore, und Vierwaldstättersee der **sechstgrösste See** der Schweiz und damit der drittgrösste See, der vollkommen in der Schweiz liegt. Der See besteht aus **zwei Becken**, dem grösseren (unteren) Zürichsee und dem Obersee. Die beiden Teile werden durch den **Seedamm bei Rapperswil** grösstenteils voneinander getrennt.

Der See hat eine Oberfläche von knapp **90 Quadratkilometern** und ist damit etwa gleich gross wie das Gemeindegebiet der Stadt Zürich. Die maximale Tiefe wird zwischen Herrliberg und Oberrieden erreicht und beträgt **136m**. Das Volumen des Sees beträgt etwa **3.9 Kubikkilometer** oder **3.9 Billionen Liter**. Würde man das Wasser des Zürichsees gleichmässig über den ganzen Kanton Zürich verteilen, stünde es etwa 2.25m hoch.

Der wichtigste Zufluss in den Zürichsee ist der **Linthkanal**, der wichtigste Abfluss die **Limmat**.

Anfang des Jahres 1963 fand die letzte **Seegfröni** statt - der Zürichsee gefror vollständig zu. Hunderttausende begingen die riesige Eisfläche und es gab sogar eine **Eisstrasse** zwischen Zürich und Rapperswil.

Damit eine Seegfröni möglich wird, müssen die Temperaturen bereits im Spätsommer tief sein, damit das Wasser abkühlt. Dazu muss ein kühler Herbst und kalter Winter kommen. Erst wenn der ganze Wasserkörper auf 4°C abgekühlt ist (mehr dazu später), kann der See von oben her zufrieren. So war zum Beispiel der milde September 2016 dafür verantwortlich, dass trotz der kalten Temperaturen anfangs 2017 auch die kleineren Seen nicht zufroren.



Abbildung 2: Seegfröni im Winter 1962/63. (Sicherheitsdepartement der Stadt Zürich, 2003).

Das Konzept der **Kältesumme** gibt eine Vorstellung davon, wieviel es braucht, um eine Seegfröni zu erreichen. Die Kältesumme lässt sich berechnen, indem die negativen Tagesmitteltemperaturen zusammengezählt werden. Die für den Zürichsee benötigte Kältesumme beträgt etwa 300°C. Es müsste also während hundert Tagen im Schnitt -3°C kalt sein, oder aber während 50 Tagen -6°C, damit der Zürichsee wieder gefrieren würde (SRF, 2017b).

Mit den **steigenden Temperaturen** im Sommer wie im Winter ist die Situation heute jedoch meistens so, dass Herbst und Winter nicht genug kalt und lang sind, um den ganzen Seekörper auf 4°C abzukühlen. Die abgekühlten und abtauchenden oberen Schichten bringen immer neue warme Schichten an die Oberfläche und bevor sämtliche Schichten abgekühlt sind, kommt wieder der Frühling.

Seegfrönen sind deshalb immer seltener zu erwarten.

Fischtreppe

Gewässerschutzgesetz - die gesetzliche Grundlage für Fischtreppen (Hefti, 2012, S. 7f.)

Nach dem Bundesgesetz über die Fischerei von 1991 muss die **freie Fischwanderung** in den Schweizer Gewässern gewährleistet werden. Bei Neuanlagen am Wasser müssen Massnahmen ergriffen werden, welche die Fischwanderung ermöglichen - dabei müssen **alle Arten** und die **Fischwanderung flussaufwärts und flussabwärts** berücksichtigt werden. Dasselbe gilt auch für Anlagen, die saniert werden müssen.

Im Jahr 2011 wurde das **Gewässerschutzgesetz** für die Renaturierung der Gewässer revidiert. Ziel ist es, die **Gewässer als Lebensraum aufzuwerten**, damit sie naturnäher werden und einen Beitrag zur Erhaltung und Förderung der **Biodiversität** leisten. Dazu soll den Gewässern wieder **mehr Raum** gegeben werden und die **negativen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung** sollen gedämpft werden.

Das Fischverhalten (Text leicht abgeändert aus Hefti, 2012, S. 12ff., 18)

Die Bewegungen von Fischen flussaufwärts und flussabwärts kommen in **verschiedenen Entwicklungsphasen** des Fisches vor und sind für den Ablauf ihres **Lebenszyklus** unerlässlich. Sie haben darin verschiedene Funktionen:

- Wanderung zwischen Lebensräumen
- Fortpflanzungswanderung
- Überwinterungswanderung
- Passive oder kontrollierte Verdriftung
- Kompensationswanderung
- Ausdehnungswanderung

Ein flussaufwärts schwimmender Fisch orientiert sich aktiv an der Strömung (positive Rheotaxis) und schwimmt in der Regel an der **Gewässersohle**. Er wird auf natürliche Weise von turbulenten Zonen angezogen. Das heisst aber nicht, dass er immer dort aufwärts schwimmt, wo die Geschwindigkeiten am grössten sind, denn diese müssen mit seinem **Leistungsvermögen** kompatibel bleiben.

Diese positive Rheotaxis kann man dazu benützen, den **Fisch anzulocken** und ihn zum Einstieg in eine Fischaufstiegshilfe zu leiten. Von da an muss sich der Fisch längs eines gestalteten Wasserkorridors orientieren können, bis er am Ausstieg aus der Anlage ins Oberwasser gelangen kann (Hefti, 2012).

Grundsätzlich sollte eine Aufstiegshilfe **von allen im Gewässer vorhandenen Arten** benützt werden können, ebenso von allen Entwicklungsstadien (beispielsweise muss die **minimale Länge** der Becken bei einem Beckenpass etwa **dreimal so lang** sein, wie die Länge des grössten in der Fischtreppe zu erwartenden Fisches). Diese Anforderung ist allerdings sehr ehrgeizig und in der Praxis selten erfüllt.

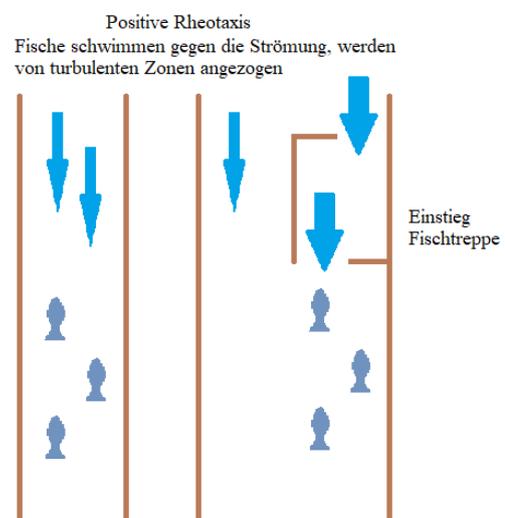


Abbildung 3: Skizze positive Rheotaxis.

Hochwasser

Das hydrologische Modell PREVAH wird verwendet, um den **Sihlseepegel** und den **Sihlabfluss** in Zürich vorherzusagen. Die Simulationen basieren auf Niederschlagsprognosen verschiedener Wettermodelle. Insgesamt werden 16 Niederschlagsprognosen für die nächsten Tage geliefert, was zu 16 verschiedenen **Abflusssimulationen** (forecast members) für die Sihl führt.

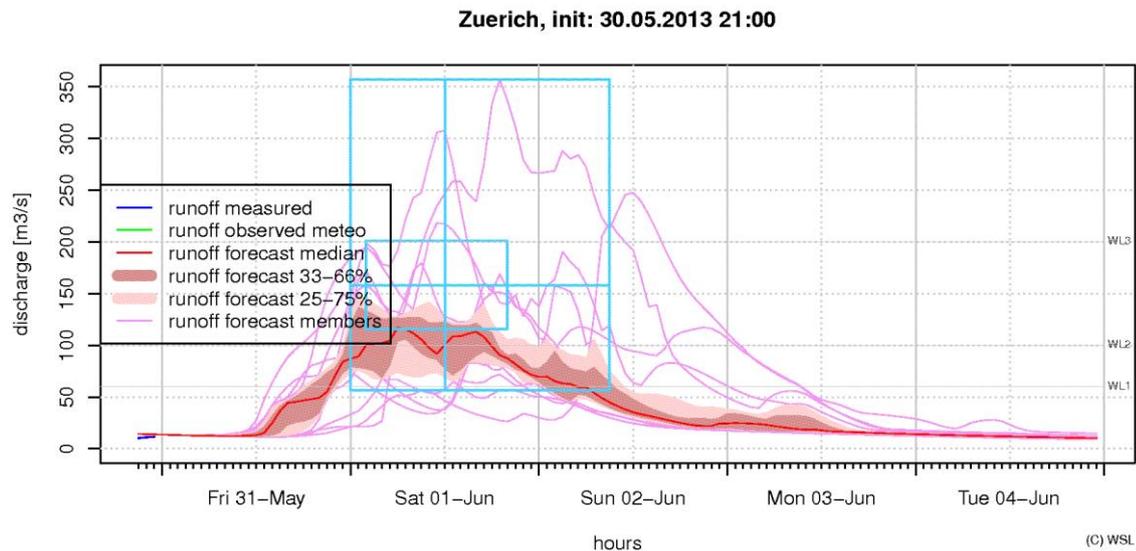


Abbildung 4: Abflussprognose für die Sihl im Mai 2013 (WSL, 2013).

Die Entscheidung ist den tatsächlich Verantwortlichen nicht leicht gefallen. Die gute **Kommunikation** zwischen dem Kanton Zürich und der Forschungsanstalt WSL hat aber zu einer guten Lösung geführt (Liechti et al., 2016):

Auf Basis der Vorhersage, die Sie auf der vorherigen Seite gesehen haben, wollte der Kanton den **Sihlseepegel während 36 Stunden um 80m³/s absenken**.

Das Expertenteam der WSL modellierte diesen Vorschlag und kam zum Schluss, dass diese Absenkung mit recht hoher Wahrscheinlichkeit zu einem Abfluss von mehr als 200m³/s in Zürich führen würde, da die **Absenkung mit Abflussspitzen von Alp und Biber** zusammenfallen würde.

Mittels einer gemeinsamen **Telefonkonferenz** wurde entschieden, dass die Absenkung des Sihlsees auf wenige Stunden reduziert werden sollte, um die **Gefahr der Überschreitung von Gefahrenstufe 3 signifikant zu senken**.

Schliesslich kam es so zu vier Abflussspitzen über drei Tage verteilt, wobei der **höchste dieser Abflüsse 190m³/s** betrug.

Abschnitt C

Brunnen der Innenstadt

Der Alfred-Escher-Brunnen wurde 1889 - mutmasslich aufgrund eines entsprechenden Vorschlags von Schriftsteller Gottfried Keller in der NZZ - zum Andenken an den **Schöpfer der Gotthardbahn, Begründer der ETH und Politiker** errichtet. Gebaut wurden die mächtigen Brunnenfiguren von Bildhauer Richard Kissling, welcher auch das Tell-Denkmal in Altdorf gemacht hat (Wasserversorgung Stadt Zürich, 2009). Die wasserspeienden Drachen unter der erhabenen Gestalt stehen für das **gebändigte Wildwasser** am Gotthard. Die politischen Gegner Eschers, welche mit der Errichtung des Denkmals nicht einverstanden waren, nannten den Brunnen den "neuen Gesslerhut". Aus Angst vor einer Sprengung wurde der Brunnen schliesslich **unter militärischer Bewachung** enthüllt (Baumann, 1993).

Wahrscheinlich war es im 13. Jahrhundert, als der Wasserbedarf der Stadt Zürich aufgrund der **wachsenden Bevölkerung** zunahm und die Stadt von einer Stadtmauer umschlossen wurde, als die ersten öffentlichen **Sodbrunnen** gebaut wurden. Die Wasseradern wurden durch Rutengänger aufgespürt, anschliessend wurde an diesen Stellen ein **Schacht bis ins Grundwasser** gegraben. Die Ziehbrunnen wurden oft mit Holz überdacht, um sie vor Verunreinigungen zu schützen und um ein Kurbelsystem für die Wassereimer zu installieren. Bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts gab es in Zürich rund 200 solcher Brunnen. Erst mit der **Choleraepidemie** von 1867 wurden die Brunnen aufgegeben (Baumann, 1993).

Auf dem Lindenhof steht seit 1667 ein **Lindenhofbrunnen**, der inzwischen jedoch schon mehrmals den Standort gewechselt hat. Auch das Reservoirhäuschen direkt an der Mauer gibt es schon ähnlich lange. Zuerst wurde der Brunnen von einer Brunnenfigur in Form eines **Zürcher Löwen** geschmückt. Später erhielt der Brunnen neue Röhren und zwei Fratzen aus dem Erbe eines Zunftmeisters. Diese wurden jedoch bald von "Nachtbuben" zerschlagen. Der Brunnen von heute wurde 1912 gebaut. Die **weibliche Brunnenfigur in Rüstung** soll an eine Legende erinnern: Zürcherinnen in Kampfmontur sollen um 1292 ein österreichisches Heer abgeschreckt und so die Stadt verteidigt haben (Wasserversorgung Stadt Zürich, 2009).

Notwasserbrunnen gibt es in der ganzen Stadt über 80 Mal. Falls die Trinkwasserversorgung unterbrochen werden sollte, fliesst aus diesen Brunnen dennoch Wasser: Sie sind, genau wie Spitäler und Zivilschutzbauten, an das rund 150km lange Quellwassernetz angeschlossen. Auch bei Unterbrüchen der Energieversorgung sind die Notwasserbrunnen gerüstet: Dank des **Höhenunterschieds** fliesst das Wasser in den Brunnen ohne fremde Energie (Wasserversorgung Stadt Zürich, 2009).

Der **Amazonenbrunnen** war ab 1430 der erste Brunnen der Stadt, der nicht nur für die Wasserversorgung gedacht war, sondern gleichzeitig als Kunstwerk betrachtet wurde (Wasserversorgung Stadt Zürich, 2009). Kurz vor dem Bau des Brunnens wurde die **Albisriederleitung** erbaut, welche Quellwasser führt. Der Brunnen wurde von Anfang an mit diesem Wasser gespeist. Bis dahin wurde der Wasserbedarf Zürichs vor allem aus der Limmat und aus den Sodbrunnen gedeckt (Baumann, 1993).

Abschnitt D

Messstation Limmat

An der Messstelle Unterhard wird der **Wasserstand** der Limmat kontinuierlich gemessen. Auf dem [Hydrologie-Portal des Bundes](#) können die aktuellen Messwerte sowie viele weitere Daten eingesehen werden.

Das Prinzip der Pegelmessung ist simpel: Auf der Wasseroberfläche im Messhäuschen schwimmt ein Schwimmer, der mit einem Draht verbunden ist:



Abbildung 6: Schwimmer an der Messstation Unterhard. (Aufnahme: Jan Seibert)

Über diesen Draht wird der Wasserstand an einen **Schreiber** weitergegeben, der sich an einer sich drehenden Säule befindet. Auf dieser mit Papier bespannten Säule wird der Wasserstand festgehalten.

Der Wasserstand wird in Metern über Meer gemessen, was sich an dieser Messlatte erkennen lässt:



Abbildung 7: Messlatte in der Limmat. (Aufnahme: Jan Seibert)

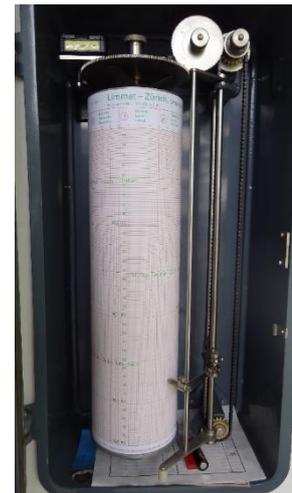


Abbildung 5: Schreiber und Säule an der Messstation Unterhard. (Aufnahme: Jan Seibert)

Die Messung des Pegelstandes ist eine Hilfsmessung, da der Abfluss eines Gewässers nicht kontinuierlich gemessen werden kann. Allerdings kann vom Pegelstand mit Hilfe der sogenannten **Pegel-Abfluss-Beziehung** auf den Abfluss eines Gewässers an einer bestimmten Stelle geschlossen werden. Diese Beziehung ist für jede Stelle **individuell** und kann sich auch verändern - beispielsweise durch **Vegetation** oder **Veränderungen des Bachbetts**.

Trägt man die Daten der Pegel-Abfluss-Beziehung für die Messstelle Unterhard gegeneinander auf, resultiert diese Kurve:

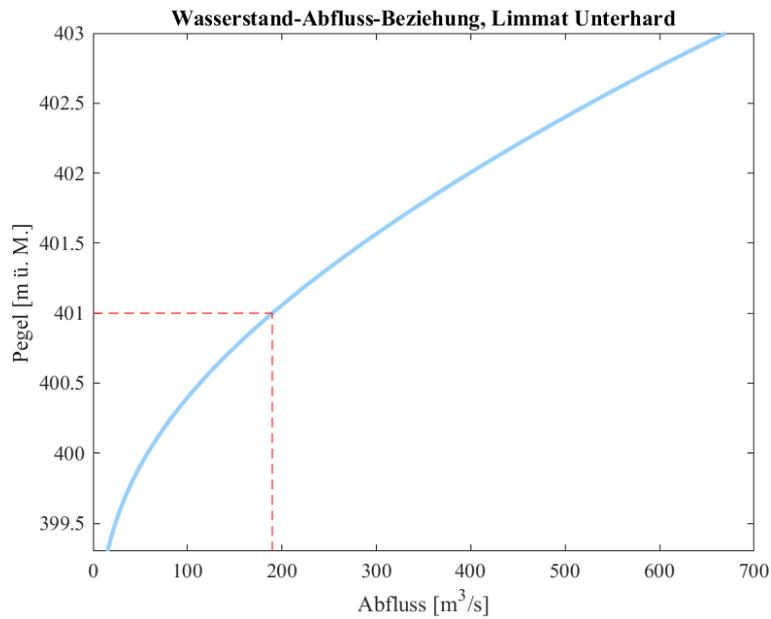


Abbildung 8: Wasserstand-Abfluss-Beziehung mit Daten vom BAFU (2015).

Man kann also beispielsweise ablesen, dass bei einem Pegelstand von 401 m ü. M. ein Abfluss von etwa 190 Kubikmeter pro Sekunde resultiert.

Da eine Abflussmessung sehr aufwändig ist, wurde nicht für jeden einzelnen Wasserstand (der Datensatz hat eine **Auflösung** von 1cm) eine Abflussmessung durchgeführt. Das wäre auch kaum möglich, da sehr niedrige und sehr hohe Wasserstände **viel zu selten** vorkommen. Bei der vorhin gezeigten Kurve handelt es sich also um eine **Interpolation** zwischen erfassten Messwerten.

Zeichnet man die Messwerte ein, sähe das dann ungefähr so aus:

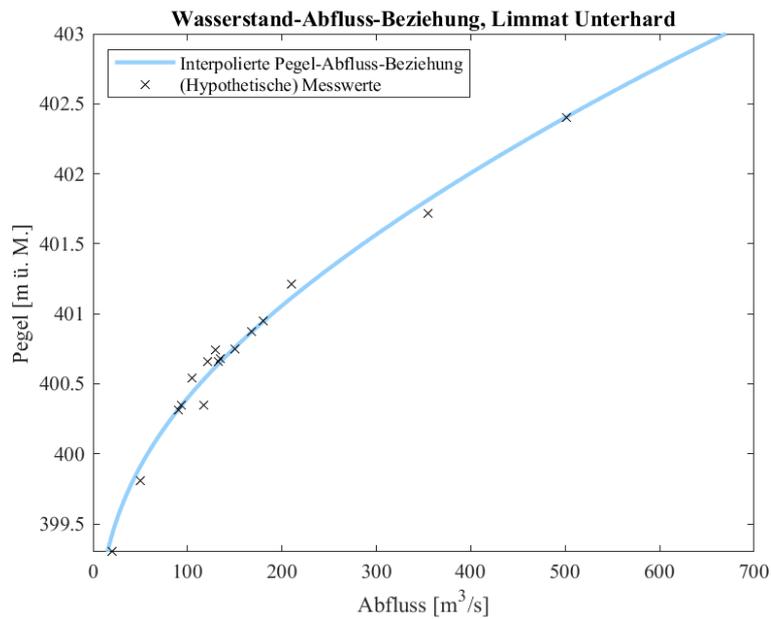


Abbildung 9: Wasserstand-Abfluss-Beziehung mit Daten vom BAFU (2015) und hypothetischen Messwerten.

Die einzelnen **Abflussmessungen**, welche in der vorherigen Graphik als schwarze Kreuze dargestellt wurden, werden an der Limmat mit der **Flügelmethode** durchgeführt:

Ein sogenannter Flügel, den Sie auf dem Bild sehen können, wird an der Seileinrichtung über dem Fluss in Position gebracht und anschliessend ins Wasser gesenkt.

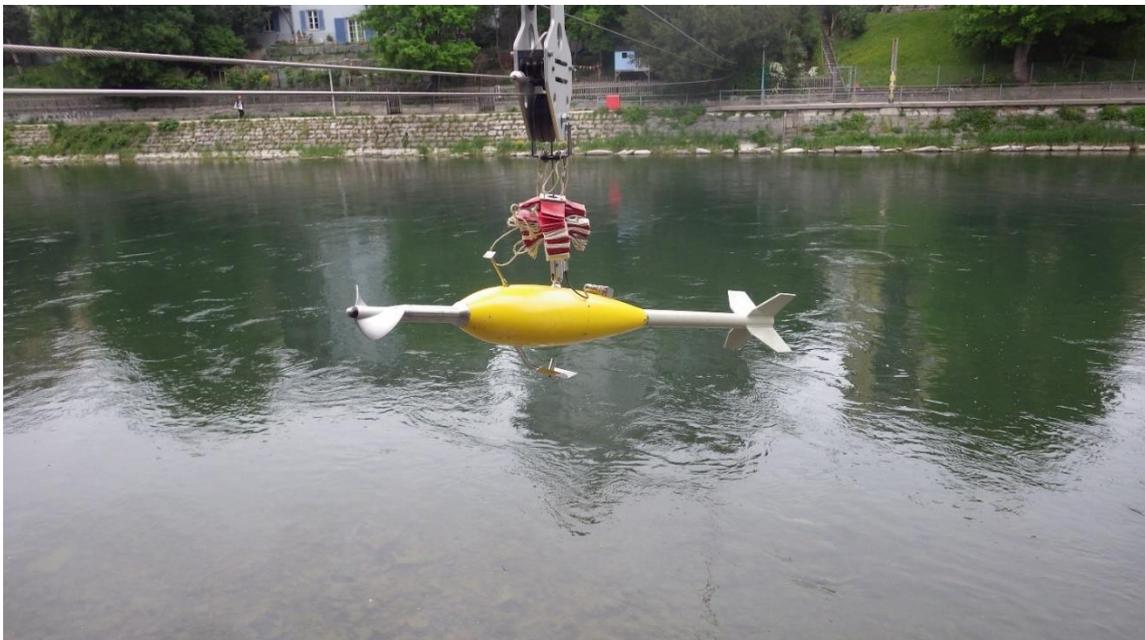


Abbildung 10: Flügelmessung an der Limmat (Jan Seibert).

Der Flügel registriert die Fliessgeschwindigkeit des Wassers. Zusammen mit einer Ausmessung des Querschnitts des Flussbetts kann man damit den Abfluss berechnen. Weil der Wasserstand während der Abflussmessung bekannt ist, kann mit mehreren solchen Messungen auf die benötigte Pegel-Abfluss-Beziehung geschlossen werden

Kraftwerk Letten

Vor dem Zeitalter der Elektrizität stand hier das **Wasserwerk Letten**. Mit dem vorbeifliessenden Wasser der Limmat wurden Pumpen angetrieben, die das Zürichsee-Wasser in Trinkwasserreservoir und die Haushalte pumpten (Schraner, 2016).

Mit der Industrialisierung ab 1850 wurde die damals noch unbekannte **Elektrizität** immer beliebter. Anfangs wurde sie vor allem für die Beleuchtung in Hotels verwendet, um die übelriechenden Gaslaternen zu ersetzen und den Gästen so mehr Komfort zu bieten. Mit neuen Erfindungen wie dem Telefon, der elektrischen Strassenbahn etc. stieg der Strombedarf. 1890 beschloss die Stadt Zürich deshalb eine stabile Elektrizitätsversorgung zu gewährleisten und baute bis 1892 das Wasserwerk Letten zum **Wasserkraftwerk Letten** um (Birchler, 2018).

Am 3. August 1892 wurde das Kraftwerk von der Stadt Zürich in Betrieb genommen (SRF, 2017), wobei damit das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ) gegründet wurde (Schraner, 2016). Der erste Kunde des EWZ war das Grand Hotel Victoria am Bahnhofplatz (SRF, 2017). 1897 wurde in Zürich das **erste elektrische Tram** eingeführt und der Strombedarf stieg rapide an (EWZ, 2020). Bald reichte die Stromproduktion des Kraftwerks Letten allein nicht mehr aus und neue Kraftwerke mussten gebaut werden (SRF, 2017).

Bis heute wurde das Kraftwerk mehrere Male umgebaut und erweitert, um dem aktuellen Strombedarf und den Technikstandards gerecht zu werden. Das Kraftwerk Letten ist zudem seit 1952 für die **Regulierung des Zürichsees** zuständig (Schraner, 2016 & Birchler, 2018). Seit dem 1. Juni 2010 besitzt das Kraftwerk ausserdem das Label "**naturemade star**". Dies ist ein Qualitätslabel für Wasserkraftwerke, die einen umweltschonenden Betrieb gewährleisten und strenge ökologische Auflagen erfüllen. Die Vergabe des Labels wurde mit dem Bau einer 111m langen Fischtreppe 2009/2010 ermöglicht (NZZ, 2010).

Heute produziert das Kraftwerk Letten durchschnittlich **21 GWh pro Jahr** (Schraner, 2016), was in etwa dem Bedarf für die **öffentliche Beleuchtung** in der Stadt Zürich entspricht (NZZ, 2010).

Literaturverzeichnis der Exkursion

BAFU Bundesamt für Umwelt (2012): Hochwasserschutz für die Stadt Zürich. Damit die Sihl das Zentrum nicht flutet. Heft Umwelt, Nr. 2, S. 50-53.

BAFU Bundesamt für Umwelt (2014): Regulierung Zürichsee. Faktenblätter zur Seeregulierung. (PDF: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/naturgefahren/fachinfo-daten/seeregulierung_zuerichsee.pdf.download.pdf/seeregulierung_zuerichsee.pdf).

BAFU Bundesamt für Umwelt (2015): Pegel-Abfluss-Beziehung für die Messstation Zürich Unterhard. (Datensatz nicht mehr verfügbar).

BAFU Bundesamt für Umwelt (2016): Die fünf Gefahrenstufen für Hochwasser. (Webseite: <https://www.hydrodaten.admin.ch/de/die-5-gefahrenstufen-fur-hochwasser.html>).

Baumann W. (1993): Zürcher Brunnen. Hrsg. Wasserversorgung Stadt Zürich, Zürich, 159 S.

Birchler, F. (2018): Porträt eines Meilensteins. In: Wipkinger Zeitung, 28.3.2018. (Artikel: <https://wipkinger-zeitung.ch/portraet-eines-meilensteins/>).

Davie, T. (2008): Fundamentals of hydrology. 2. Auflage, Routledge, New York, 200 S.

Energie Schweiz (2019): Energieverbrauch weltweit und in der Schweiz. Faktenblatt Nr. 4. (PDF: <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/7976>).

ERZ Entsorgung und Recycling Stadt Zürich (2007): Bäche. (PDF: https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/zed/Deutsch/taz/Hochwasserschutz/Publicationen_und_Broschueren/ABW_Broschuere_Baeche_0709.pdf).

ERZ Entsorgung und Recycling Stadt Zürich (2013a): Das Bachkonzept im Überblick. 25 Jahre Bachkonzept der Stadt Zürich. (PDF: <https://s1c56daba8dcc83be.jimcontent.com/download/version/1390415055/module/8993190497/name/DasBachkonzept%20Stadt%20Z%C3%BCrich.pdf>).

ERZ Entsorgung und Recycling Stadt Zürich (2013b): Stadtbäche - entdecken Sie Zürichs grüne Oasen. Bachspaziergänge. (PDF: https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/zed/Deutsch/erz/Sauberes_Wasser/Publicationen_und_Broschueren/SW_Bachkonzept_1306.pdf).

EWZ Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (2020): Organisation und Geschäftsleitung des EWZ - Tradition und Fortschritt seit 1890. (Homepage: https://www.ewz.ch/de/ueber-ewz/portrait/unternehmen/organisation_und_geschaeftsleitung.html).

Hefti D. (2012): Wiederherstellung der Fischauf- und -abwanderung bei Wasserkraftwerken. Checkliste Best practice. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1210, 79 S.

Liechti, K., Oplatka, M., Eisenhut, N. & Zappa, M. (2016): Early flood warning for the City of Zurich. Evaluation of real-time operations since 2010. In G. Koboltschnig (Hrsg.), 13ter INTERPRAEVENT-Kongress 2016. «Living with natural risks», S. 944-951.

Loetscher H. (1981): Die Sihl, der mindere Fluss. In: NZZ am Wochenende, 29./30.8.1981. (PDF: https://static.nzz.ch/files/5/5/2/Z%C3%BCrich+Quartiere+die+Sihl_1.18308552.pdf).

Näf-Huber, D., Scherrer, S., Wetter, O., Specker, Th., Oplatka, M. & Eisenhut, N. (2016): Hochwasserschutz Zürich - Seestände und Abfluss. Heute mit dem Schiff ins Zürcher Fraumünster? Wasser Energie Luft, 108. Jahrgang, Nr. 2, S. 109-114. (PDF: http://www.scherrer-hydro.ch/pdf/naef/wel_2_2016_hochwasserschutz_zuerich.pdf).

NZZ Neue Zürcher Zeitung (2010): Fischtreppe für Kraftwerk Letten. In: NZZ, 21.5.2010. (Artikel: https://www.nzz.ch/fischtreppe_fuer_kraftwerk_letten-1.5768415).

Schraner, R. (2016): Kraftwerke an der Limmat - von Zürich bis Untersiggenthal. Limmat-Clübler, 6/2016. (PDF: http://ig-limmat.ch/wordpress/wp-content/uploads/LCZ_Kraftwerke_Serie_1_KW_Letten_Z%C3%BCrich_HD.pdf).

Sicherheitsdepartement der Stadt Zürich (2020): Seegfrörni 1962/1963 - Erlebnisse rund um die Seegfrörni 1962/1963. (Homepage: https://www.stadt-zuerich.ch/pd/de/index/stadtpolizei_zuerich/gewaesser/impressionen_historisches/besondere_ereignisse/seegfroerni_1962_1963.html).

SRF Schweizer Radio und Fernsehen (2017a): Es werde Licht - Seit 125 Jahren Strom in Zürich. In: Regionaljournal Zürich-Schaffhausen, 15.8.2017. (Artikel: <https://www.srf.ch/news/regional/zuerich-schaffhausen/seit-125-jahren-strom-in-zuerich>).

SRF Schweizer Radio und Fernsehen (2017b): Seegfrörni - wie lange noch? So gefriert ein See. In: Meteo-Stories, 29.01.2017. (Artikel: <https://www.srf.ch/meteo/meteo-news/seegfroerni-wie-lange-noch#:~:text=Ein%20See%20beginnt%20an%20den,4%20Grad%20Wassertemperatur%20erreicht%20hat>).

SRF Schweizer Radio und Fernsehen (2019): Zürcher Gemüsebrücke soll komplett ersetzt werden. Alles neu. In: Regionaljournal Zürich-Schaffhausen, 20.05.2019. (Artikel: <https://www.srf.ch/news/regional/zuerich-schaffhausen/alles-neu-zuercher-gemuesebruecke-soll-komplett-ersetzt-werden>).

Stadt Zürich (2018): Endenergiebilanz. (Homepage: https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/energie-in-zahlen/endenergiebilanz.html#).

Stadt Zürich (2020): Rathausbrücke. (Homepage: <https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/taz/gestalten/rathausbruecke.html>).

Wasserversorgung Stadt Zürich (2009): Brunnenguide Altstadt Kreis 1. (PDF: https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/dib/Deutsch/BILDERwasserversorgung/4-Publikationen_Broschueren/Brunnenguide%20Kreis%201-2016.pdf).

WSL Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (2013): Informationsplattform Sihl - Vorhersagen PREVAH/FLORIS Modellsystem Sihl-Zürich.