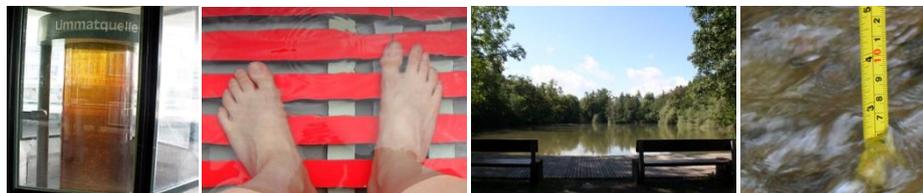




GEO 511: Masterarbeit

WASSER IN BADEN AG

Konzeption, Organisation und Evaluation einer
selbständig durchgeführten hydrologischen Exkursion



Sanja Hosi

09-73217-3

sanja.hosi@uzh.ch

24. April 2015

Betreuung und Fakultätsvertretung:

Prof. Dr. Jan Seibert

Physische Geographie

Hydrologie und Klima (H₂K)

Geographisches Institut Universität Zürich

Winterthurerstrasse 190

8057 Zürich

DANK

Ich bedanke mich herzlichst bei folgenden Personen, die mich während meiner Masterarbeit auf verschiedenste Art und Weise unterstützt haben:

Prof. Dr. Jan Seibert für die Betreuung, den spannenden Themenvorschlag und die Mithilfe bei der Verteilung der Exkursionsführer.

Sandra Pool für die Bereitstellung der Evaluation der Zürich-Exkursion.

Peter Wetzler (Ressortleiter Wasser Regionalwerke AG Baden) für die Informationen und die Bereitstellung von unveröffentlichtem Material.

Stefan Zantop (Creato) für die anregende Diskussion im Rahmen der Neueröffnung des Kraftwerks Aue und den Einblick in den unveröffentlichten Umweltverträglichkeitsbericht.

Andreas Doessegger (Leiter Technik Limmatkraftwerke AG Baden) und Thomas Burger (Creato) für die mündlichen Informationen bei der Neueröffnung des Kraftwerks Aue.

Eric Gasser für die Begleitung auf den Vorexkursionen, die anregenden Diskussionen und das Gegenlesen der beiden Exkursionsführer.

Christina Kovarik für die Begleitung auf der Vorexkursion und die moralische Unterstützung.

Adrian Duss für das Exkursionsfeedback aus ortskundiger und didaktischer Sicht.

Julia Müller für die moralische Unterstützung und das Gegenlesen der Exkursionsführer.

Sandra Ujpétery für das finale Lektorat.

Ein grosses Dankeschön gebührt auch an allen Studierenden, die mit ihrer Exkursionsteilnahme zur Optimierung der Exkursion beigetragen haben.

ZUSAMMENFASSUNG

Exkursionen sind ein wichtiger Bestandteil des Geographiestudiums. Neben den klassischen Übersichtsexkursionen bietet die Abteilung Hydrologie und Klima am Geographischen Institut seit 2014 eine selbständig durchgeführte hydrologische Exkursion in der Stadt Zürich an. Hierbei müssen die Studierenden in Eigenregie an unterschiedlichen Standorten Übungen zum Thema Wasser absolvieren. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird das Konzept der selbständigen Arbeitsexkursion auf den Standort Baden im Kanton Aargau angewandt. Diese Masterarbeit dokumentiert den Entstehungsprozess der Exkursion von den Recherchen über die Durchführung und Evaluation einer Textexkursion mit Studierenden bis hin zu Verbesserungsmassnahmen und Handlungsanweisungen für zukünftige Exkursionen.

Die Lage am östlichen Ausläufer des Juragebirges – der Lägern – sowie an der nordwestlichen Grenze der letzten maximalen Ausdehnung (LGM) des Linth-Rhein-Gletschers macht Baden zu einem hydrologisch und hydrogeologisch interessanten Standort. Der Obere Muschelkalk des Juragebirges führt grosse Mengen Thermalwasser mit sich, welches in Baden aus 18 Quellen im sogenannten Bäderquartier austritt. Diesem Umstand verdankt Baden eine Bäderkultur, die bis in die Römerzeit zurückzuverfolgen ist. Diese mittlerweile vernachlässigte Kultur soll demnächst wieder zum Leben erweckt werden. Dieses Vorhaben stösst jedoch auf unterschiedliche Widerstände, was auf dieser Exkursion auch eine Auseinandersetzung auf gesellschaftlicher Ebene ermöglicht. Der durch das LGM bedingte abgelagerte Schotter führt einen ergiebigen Grundwasserstrom mit sich und versorgt die Stadt Baden mit Trink- und Brauchwasser. Auch die Oberflächengewässer mit dem Dättwiler Weiher, dem Stadtbach und der Limmat erlauben die Anknüpfung vieler möglicher Themen, wie beispielsweise Wassernutzung und Renaturierung, und lassen eigene Messungen und Berechnungen zu.

Die Exkursionsform wie auch die Thematik wurde von den Studierenden grundsätzlich positiv aufgenommen. Die geäusserten Kritikpunkte wurden evaluiert und in einem überarbeiteten Exkursionsführer umgesetzt. Für die Abteilung Hydrologie und Klima ist diese Exkursionsform je nach Standort gut umsetzbar, da Wasser in der Schweiz allgegenwärtig ist – andere Abteilungen der Physischen Geographie stossen da vermutlich eher an ihre Grenzen. In den Fachbereichen Human- und Wirtschaftsgeographie bieten sich aufgrund der Themenvielfalt sowie der qualitativen und diskursiven Ansätze wahrscheinlich mehr Möglichkeiten an.

INHALT

Dank	iii
Zusammenfassung	v
Abbildungen	viii
Tabellen	x
1 Einleitung	1
1.1 Kontext	1
1.2 Ziele, Bedingungen und Fragestellungen	3
1.3 Aufbau der Arbeit.....	4
2 Hydrologie am Geographischen Institut	5
2.1 Bachelor-Module	5
2.2 Master-Module	6
3 Wasser in Baden	7
3.1 Zahlen zur Stadt Baden	7
3.2 Hydrogeologische Gegebenheiten.....	8
3.3 Wasser aus dem Untergrund.....	9
3.4 Oberflächengewässer.....	21
4 Erarbeitung des Exkursionsmaterials	31
4.1 Vorüberlegungen	31
4.2 Anforderungen und Standortkriterien	32
4.3 Didaktische und methodische Überlegungen zur Standortwahl.....	36

5	Durchführung und Evaluation der Exkursion	41
5.1	Methodik und Organisation	41
5.2	Charakterisierung der Testgruppen	42
5.3	Resultate	43
6	Diskussion und Optimierungsmassnahmen	49
6.1	Organisatorisches	49
6.2	Standorte und Aufgabenstellungen	49
7	Fazit	53
7.1	Allgemeines Fazit	53
7.2	Handlungsanweisungen für zukünftig durchgeführte Exkursionen	54
7.3	Ausblick	56
Literatur	57
Anhang	67
A1	Exkursionsführer, Stand Januar 2015	67
A2	Exkursionsführer, Stand April 2015	81
Lauterkeitserklärung	96

ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Luftbild von Baden	xi
Abbildung 2: Klassifikation von Exkursionen nach Selbstorganisation des Lernprozesses.....	1
Abbildung 3: Prozessablauf bei der Exkursionsplanung.....	4
Abbildung 4: Grundwassergebiet des unteren Limmattals	7
Abbildung 5: Geologische Skizze der Region Baden	8
Abbildung 6: Hydrogeologisches Querprofil Heitersberg und Limmattal.....	9
Abbildung 7: Reservoir Stein.....	10
Abbildung 8: Aufbau Wasserversorgung Baden.....	11
Abbildung 9: Verlauf der CKW-Werte	14
Abbildung 10: Ausschnitt Grundwasserkarte Baden	14
Abbildung 11: Geologisches Querprofil beim Bäderquartier	15
Abbildung 12: Die Heilbäder zu Baden im Aargau. Franz Hegi, 1808	18
Abbildung 13: Das Dampfbad zu Baden. Franz Hegi, 1827.....	19
Abbildung 14: Impressionen aus dem Bäderquartier	20
Abbildung 15: Zuflüsse und Abflusskapazitäten des Stadtbachs bis Meierhof.....	21
Abbildung 16: Freigelegter Bachabschnitt und Kleintierhotels	22
Abbildung 17: Lauf des Stadtbachs mit freigelegten und eingedolten Abschnitten	23
Abbildung 18: Blick von der Wehrbrücke auf das Kanalkraftwerk.....	26
Abbildung 19: Flusskraftwerk Kappelerhof.....	26
Abbildung 20: Baumassnahmen Neukonzessionierung Kraftwerk Aue.....	28
Abbildung 21: Oberflächengewässer in Baden	30
Abbildung 22: Exkursionsroute und Standorte	35

Abbildung 23: Die Ruine Stein vom Bahnhof Baden aus gesehen.....	36
Abbildung 24: BAFU-Messstation.....	38
Abbildung 25: Limmatquelle	39
Abbildung 26: Historische Maschinengruppe für die Produktion von Wasserkraft	39
Abbildung 27: Übersicht der Bewertungen nach Standort.....	47
Abbildung 28: Blick von der Ruine Stein auf die Lägern.....	52

TABELLEN

Tabelle 1: Zusammensetzung des Badener Grundwassers.....	12
Tabelle 2: Zusammensetzung des Badener Thermalwassers	16
Tabelle 3: Gemessene Abflussextrema an der Messstation Limmatpromenade	24
Tabelle 4: Kraftwerke der Limmatkraftwerke AG in der Region Baden.....	26
Tabelle 5: Zusammenfassung Themen, Materialien, Methoden und Anforderungsbereiche ..	40
Tabelle 6: Anzahl Bewertungen <i>gut</i> oder <i>sehr gut</i> / <i>schlecht</i> oder <i>sehr schlecht</i>	45
Tabelle 7: Häufigste Kritikpunkte.....	46



Abbildung 1: Luftbild von Baden (SWISSTOPO 2014).

1 EINLEITUNG

1.1 Kontext

Exkursionen sind ein wichtiger Bestandteil des Geographiestudiums und ergänzen das theoretische Angebot. Neben den vorlesungsbegleitenden Exkursionen sind im Bachelorstudium zwei Tage und im Masterstudium ein zusätzlicher Exkursionstag Pflicht (GEOGRAPHISCHES INSTITUT UNIVERSITÄT ZÜRICH 2013). Diese umfassen alle Fachbereiche des Geographischen Instituts und sind in vielen Fällen klassische Übersichtsexkursionen. Solche zeichnen sich durch die Vermittlung von Wissen vor Ort durch Fachpersonen oder Mitstudierende aus (HEMMER & UPHUES 2009).

In der Geographiedidaktik herrscht bezüglich Exkursionen ein Diskurs über den Grad an Selbstorganisation des Lernprozesses und das richtige Mass an Instruktion (DICKEL 2009, HAVERSATH 2012, HEMMER & UPHUES 2009, NEEB 2012, WÜTHRICH 2013). Die unterschiedlichen Exkursionsformen sind in Abbildung 2 ersichtlich. Exkursionsformen mit einem hohen Mass an aktiver Konstruktion – sogenannte konstruktivistisch konzeptionierte Exkursionen – haben bisher hauptsächlich in der Human- und Wirtschaftsgeographie Einzug gehalten (BUDKE & WIENECKE 2009, HAVERSATH 2012, WÜTHRICH 2013). Untersuchungen von NEEB (2012) zeigen jedoch auf, dass bei Exkursionen für einen Lerneffekt ein gewisses Mass an Instruktion notwendig ist.

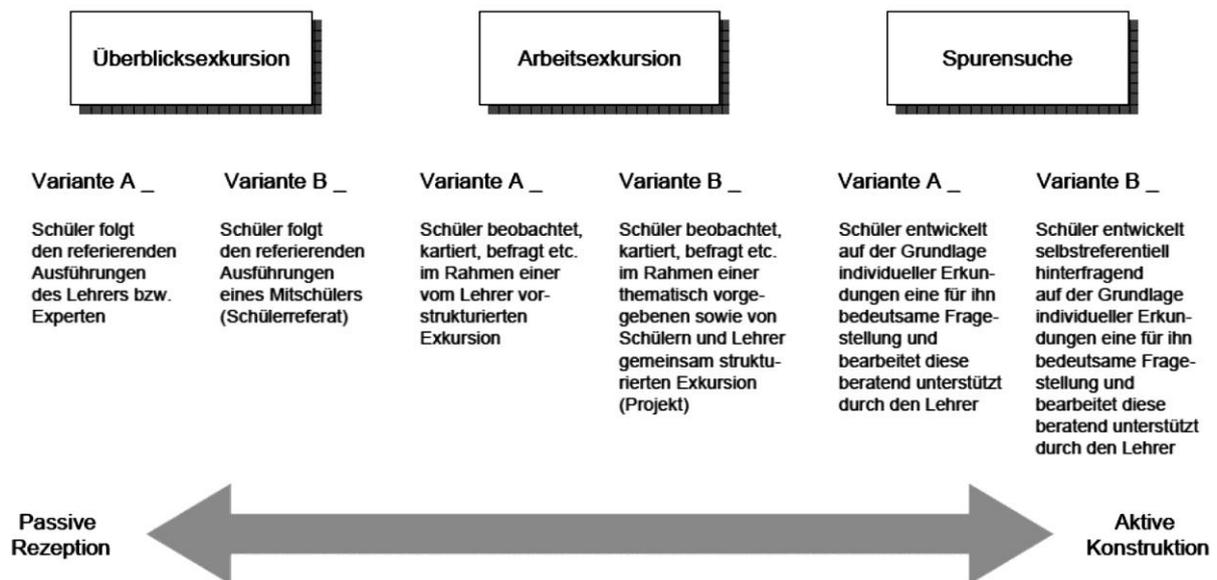


Abbildung 2: Klassifikation von Exkursionen nach Selbstorganisation des Lernprozesses (HEMMER & UPHUES 2009: 41).

Die Untersuchungserkenntnisse von NEEB (2012) werden auch durch eine Studie von WILDE et al. (2003) gestützt. WILDE et al. (2003) testeten in einem Naturkundemuseum die drei in Abbildung 2 dargestellten Exkursionsformen. Obwohl alle drei Formen von den Teilnehmenden positiv bewertet wurden, zeigte sich, dass die «Mischform» Arbeitsexkursion zu den besten Lernergebnissen führte (WILDE et al. 2003). Zu beachten gilt es allerdings, dass die erwähnten Studien (NEEB 2012, WILDE et al. 2003) mit Schülerinnen und Schülern der Gymnasialstufe und nicht mit Universitätsstudierenden durchgeführt wurden.

In der Abteilung Hydrologie und Klima wurde die Idee der Arbeitsexkursion mit einer selbstständig durchgeführten hydrologischen Exkursion in der Stadt Zürich aufgegriffen (SEIBERT & POOL 2014). Diese Exkursion unterscheidet sich aber insofern von der Variante A, als die Studierenden die Exkursion mithilfe eines Exkursionsführers in Eigenregie absolvieren – sprich keine Betreuung vor Ort vorhanden ist – und Aufgaben in Form eines Postenlaufs an unterschiedlichen Standorten lösen. Die Exkursion wurde im Mai 2014 das erste Mal durchgeführt und – trotz kleiner Kritikpunkte – von den Studierenden positiv aufgenommen (SEIBERT & POOL 2015). Dieses Konzept wird in dieser Arbeit aufgegriffen und für den Standort Baden im Kanton Aargau neu umgesetzt. Die Studierenden sollen bei dieser Exkursion Lerninhalte des Studiums vor Ort kennenlernen und praktisch anwenden sowie die Vielfalt der Möglichkeiten zur Auseinandersetzung mit dem Thema Wasser erkennen.

1.2 Ziele, Bedingungen und Fragestellungen

Das Ziel dieser Arbeit ist es, eine neue Exkursion in Baden zu konzipieren, durchzuführen und zu evaluieren. Dabei soll ein Bezug zum Lernstoff am Geographischen Institut (GIUZ) geschaffen werden, um Theorie und Praxis zu verbinden. Dazu werden ein Exkursionsführer und Musterlösungen mit vielseitigen Materialien gestaltet. Diese Unterlagen sollen längerfristig am GIUZ genutzt werden können.

Des Weiteren soll diese Arbeit zur Diskussion von Exkursionsform, Methoden und Medien dienen und somit Handlungsanweisungen für zukünftig konzipierte Exkursionen bieten.

Die Bedingungen der Abteilung Hydrologie und Klima – in Person von Prof. Dr. Jan Seibert – für die Exkursion umfassen folgende Punkte:

- Standort Baden AG
- Die Exkursion muss selbständig und an einem Tag durchführbar sein.

Diese Bedingungen wurden von der Verfasserin um folgende Punkte erweitert:

- Die Materialien müssen so konzipiert sein, dass die Inhalte auch ohne Betreuung verständlich sind.
- Die Inhalte müssen einen direkten Bezug zur theoretischen Ausbildung am GIUZ haben.

Es stand zur Debatte, die Exkursion auch für die breite Bevölkerung zu konzipieren. Dies wurde jedoch im Zuge der Recherchen verworfen, da die Stadt Baden bereits ein grosses Informationsangebot zum Thema Wasser hat (siehe Kapitel 4.1.2). Eine Nutzung an der Kantonsschule Baden in abgeänderter Form ist jedoch vorstellbar.

Anhand der Ziele und Bedingungen ergeben sich folgende Fragestellungen:

- Wie können die Lerninhalte der Abteilung Hydrologie und Klima am GIUZ am Beispiel der Stadt Baden angewandt werden?
- Welche Punkte müssen bei der Organisation und bei der Gestaltung des Exkursionsführers beachtet werden?
- Welchen Einfluss haben abwechslungsreiche Themen, Methoden und Materialien auf den Lerneffekt?
- Welches Potential steckt in dieser Form der Exkursion?

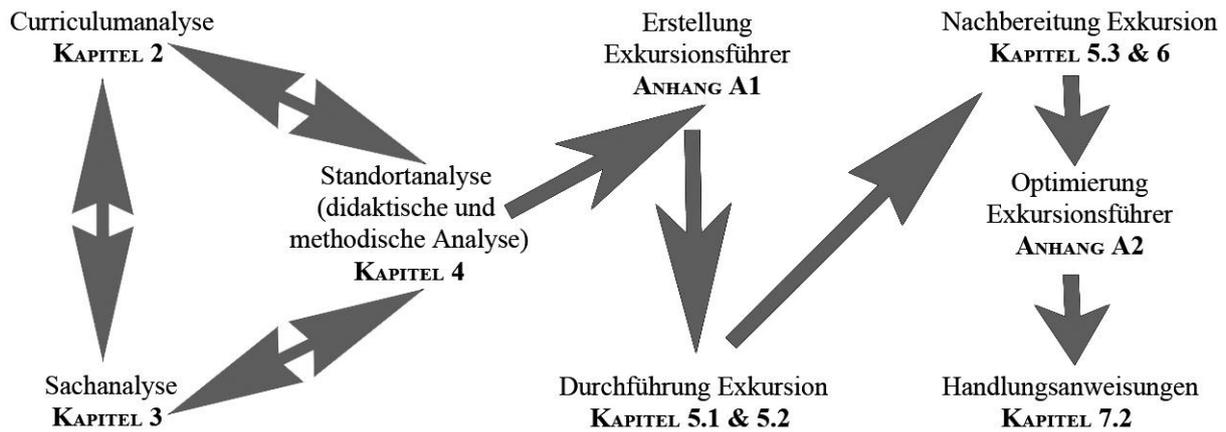


Abbildung 3: Prozessablauf bei der Exkursionsplanung. Fachbegriffe nach HAUBRICH (2006).

1.3 Aufbau der Arbeit

Diese Masterarbeit setzt andere Schwerpunkte als eine übliche wissenschaftliche Arbeit. Die Kapitel 2, 3 und 4 sind den Recherchen zur Exkursion gewidmet. Kapitel 2 fasst die hydrologischen Module des GIUZ zusammen. Das ausführliche Kapitel 3 umfasst die thematische Auseinandersetzung mit dem Exkursionsstandort. Kapitel 4 greift Überlegungen aus der Exkursionsdidaktik auf und zeigt den Prozess der Standortfindung und der Entstehung des Exkursionsführers auf. Kapitel 4.3 (Didaktische und methodische Überlegungen zur Standortwahl) kann bereits als erste Synthese verstanden werden. Der Rechercheprozess verlief allerdings nicht derart linear. Vielmehr liefen die Analysen parallel und haben sich gegenseitig beeinflusst (siehe Abbildung 3). So hat die Recherche vor Ort auch zu Ideen für Standorte geführt, die Themen des Curriculums abdecken, welche zuvor so nicht bedacht wurden. Kapitel 5 behandelt die Durchführung der Testexkursion sowie die Rückmeldungen der Studierenden. Die Diskussion in Kapitel 6 ist genauer gesagt ein Lösungsansatz für die Optimierung der Exkursion. Kapitel 7 fasst die Erkenntnisse zusammen und bietet Anweisungen für zukünftig durchgeführte Exkursionen wie auch einen Ausblick. Der Exkursionsführer der Testexkursion findet sich im Anhang A1, der überarbeitete Exkursionsführer im Anhang A2. Zum besseren Verständnis dieser Arbeit wird empfohlen, die Exkursionsführer vorab oder gemäss Prozessschema in Abbildung 3 zu lesen. Da sich die Kapitel immer wieder aufeinander beziehen, kann es zu Wiederholungen kommen.

2 HYDROLOGIE AM GEOGRAPHISCHEN INSTITUT

Dieses Kapitel präsentiert die Lehrveranstaltungen aus dem Bereich Hydrologie am Geographischen Institut der Universität Zürich. Bis auf GEO 862 wurden alle vorgestellten Module zwischen 2009 und 2013 von der Verfasserin besucht. Gemäss mündlicher Information von Prof. Dr. Jan Seibert haben sich die Inhalte seitdem nur geringfügig geändert.

2.1 Bachelor-Module

GEO 111: Physische Geographie I

Dieses Pflichtmodul vermittelt die Grundlagen der Physischen Geographie und bietet einen Einblick in die verschiedenen Sphären. Im Bereich Hydrosphäre beinhaltet dieses Modul eine Einführung in den Wasserkreislauf sowie eine Hochwasserübung (HAEBERLI et al. 2009).

GEO 121: Physische Geographie II/GEO 761: Hydrologie (ehemals GEO 231)

Das Pflichtmodul bietet eine kurze Einführung in einige Komponenten und Prozesse des hydrologischen Kreislaufs. Dabei werden einzelne Wasserspeicher (Schnee, Boden und Grundwasser) und Flüsse zwischen den Speichern (Verdunstung, Niederschlag und Abfluss) betrachtet. Übungen – unter anderem auch mit WEBGEO (siehe zum Beispiel BRUKER 2014) – ergänzen die Vorlesung (LORENZI et al. 2010, SEIBERT & SMITH 2010).

GEO 735: Vertiefung Hydrologie (Hydrologische Prozesse)

In diesem Bachelor-Vertiefungsmodul werden die Themen Abflussmessung, Tracerhydrologie, hydrologische Prozesse im Boden, Abflussbildung und Verdunstung intensiver behandelt. Die einzelnen Themen werden nebst einer Vorlesung auch in zweistündigen Übungssitzungen vertieft. Darüber hinaus gibt es zwei Blöcke «Indoorhydrology» mit einem Sandboxmodell, welches die Grundwassermessung veranschaulicht, und anderen demonstrativen Übungen. Die Hydrologische Modellierung wird am HBV-Modell praktisch angewandt. Aktuelle Erkenntnisse aus der Forschung werden noch in zwei Literaturseminaren betrachtet (SEIBERT et al. 2011).

2.2 Master-Module

GEO 475: Hydrological Modelling and Programming

Diese Veranstaltung besteht aus Vorlesungen zur Hydrologischen Modellierung mit Schwerpunkt Abfluss und dazugehörigen Übungen. Die Übungen umfassen Arbeiten mit den Modellen HBV und PREVAH sowie der Programmiersprache Matlab. Am Ende des Semesters wird ein eigenes kleines Projekt präsentiert. Parallel zur Lehrveranstaltung soll mit dem Lesen der Kurslektüre (BEVEN 2012) das Wissen vertieft und zusammengefasst werden (SEIBERT et al. 2012).

GEO 471: Hydrological field measurements and calculations

In diesem anwendungsorientierten Kurs werden hydrologische Messtechniken – wie die Salzverdünnungsmethode oder die Flügelmessung – vorgestellt und im Feld durchgeführt. Dazu gehören ein zweitägiger schneehydrologischer Feldkurs im Wägital, Abflussmessungen an der Reppisch und im Alptal sowie ein Brilliant-Blue-Tracer-Experiment im Schwarzwald. Hinzu kommt ein eigenes Messprojekt, das mit einem Poster vorgestellt wird (SEIBERT & STEINEGGER 2013).

GEO 862: Cold Region Hydrology

Dieses Modul handelt von der Hydrologie in kalten Regionen und umfasst die hydrologischen Prozesse, Messtechnik und Modellierung. Der Schwerpunkt liegt auf dem Thema des Schnees, der für das Abflussregime in höheren Lagen eine wichtige Rolle spielt. Zwei Exkursionen ermöglichen die Verknüpfung von theoretischem Wissen mit der Praxis durch eigene Messungen. In den Übungen wird von den Teilnehmenden selbst eine Datenanalyse durchgeführt und in Seminaren diskutiert. Unter gewissen Umständen kann dieses Modul bereits im Bachelor belegt werden (UNIVERSITÄT ZÜRICH 2015).

3 WASSER IN BADEN

3.1 Zahlen zur Stadt Baden

Das Zentrum von Baden liegt auf einer Höhe von 381 m ü. M. in einem Klustal und wird von der Limmat durchflossen. Das Badener Stadtgebiet beträgt etwa 13 km² und erstreckt sich über eine Höhendifferenz von rund 200 m (SWISSTOPO 2014). Täglich werden 7000 m³ Grundwasser gefasst (REGIONALWERKE AG BADEN 2013). Der tägliche Wasserverbrauch betrug im Jahr 2009 365 Liter pro Person, wovon gerade einmal 162 l in privaten Haushalten verwendet werden. Der Rest wird in der Industrie und für öffentliche Zwecke gebraucht (STADT BADEN 2010). Zu Letzteren zählen auch die 60 Brunnen in der Stadt (NEUHAUS & KAYSEL 1991). Pro Jahr reinigen die Abwasserreinigungsanlagen rund elf Millionen Liter Wasser – wobei diese Menge nicht auf die Stadt Baden allein bezieht, da auch Abwässer anderer Gemeinden hinzukommen (STADT BADEN 2010). Die Limmatkraftwerke produzieren im Jahr durchschnittlich 96 GWh Strom und können damit rund 21'000 Haushalte versorgen (REGIONALWERKE AG BADEN 2015).

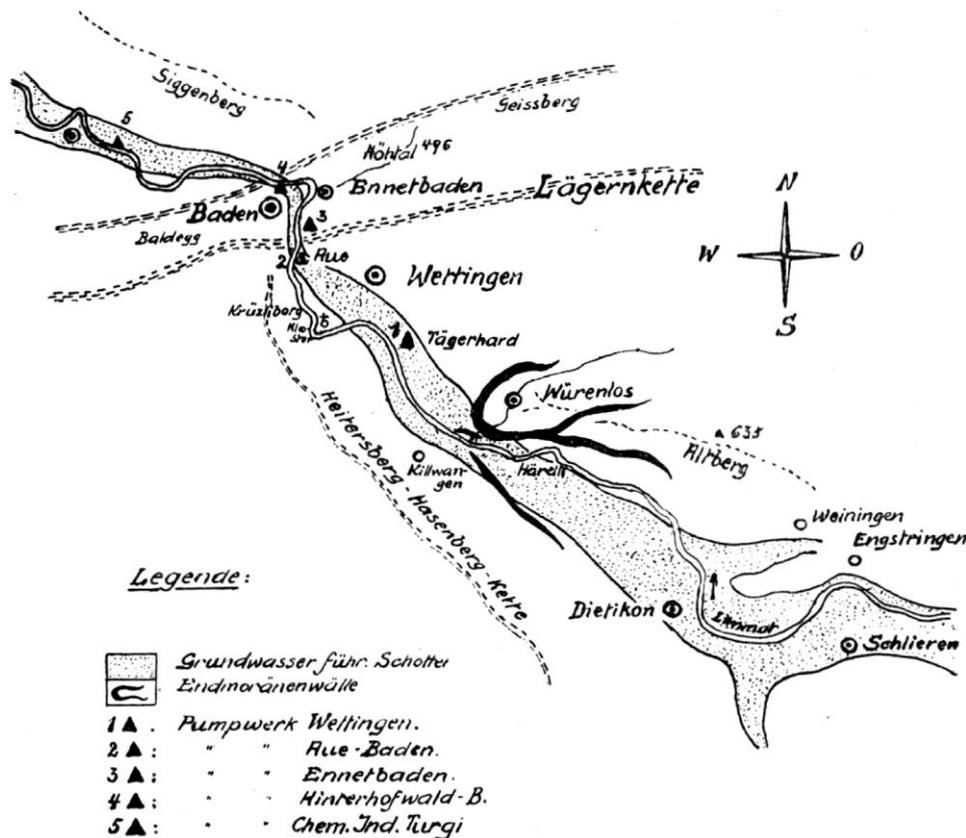


Abbildung 4: Grundwassergebiet des unteren Limmattals (HARDER 1939: 19).

3.2 Hydrogeologische Gegebenheiten

Die Region um Baden bildet den östlichen Übergang vom Faltenjura zum Mittelland. Als letzter Ausläufer des Juragebirges gilt die Lägern östlich von Baden. Diese wurde im Tertiär, vor etwa neun Millionen Jahren, durch einen Schub von Süden aufgefaltet – in der Region Baden wurden rund 1.5 km Gestein zusammengeschoben und auf Badener Stadtgebiet gar überschoben (BITTERLI-DREHER 1999). Früheiszeitliche Gletscher – in den Warmzeiten die Limmat, in kleineren Dimensionen – haben das Gestein des Juraausläufers (hauptsächlich Kalk, Gips und Mergel aus Jura und Trias) in Querrichtung erodiert und ein Klustal entstehen lassen (HABERBOSCH 1942, SCHINDLER 1978). In der letzten Eiszeit reichte die maximale Ausdehnung (LGM) des Linth-Rhein-Gletschers nur noch bis Killwangen/Würenlos, etwa 5 km südöstlich von Baden, wobei die Schmelzwässer Sand und Kies auf dem Badener Gebiet ablagerten – den sogenannten Niederterrassenschotter. Bereits während des Rückzugs des Gletschers konnte die Limmat Teile des Niederterrassenschotters wieder erodieren und die bereits erwähnten überschobenen Gesteinsschichten anschneiden (RICK 2007, SCHINDLER 1978). Dieser Umstand hat die Bildung von Thermalquellen gefördert, was in Kapitel 3.3.2 noch ausführlicher behandelt wird. Der Niederterrassenschotter führt grosse Mengen an Grundwasser mit sich und ist an den mächtigsten Stellen noch 60 m tief – der Grundwasserstrom hat eine maximale Tiefe von 40 m (HARDER 1939, STADT BADEN 2010). Einen weiteren Aquifer beherbergen die Höheren Deckenschotter auf dem Heitersberggrücken (DR. VON MOOS AG 2014). Das Thema Grundwasser wird in Kapitel 3.3.1 weiter erläutert.

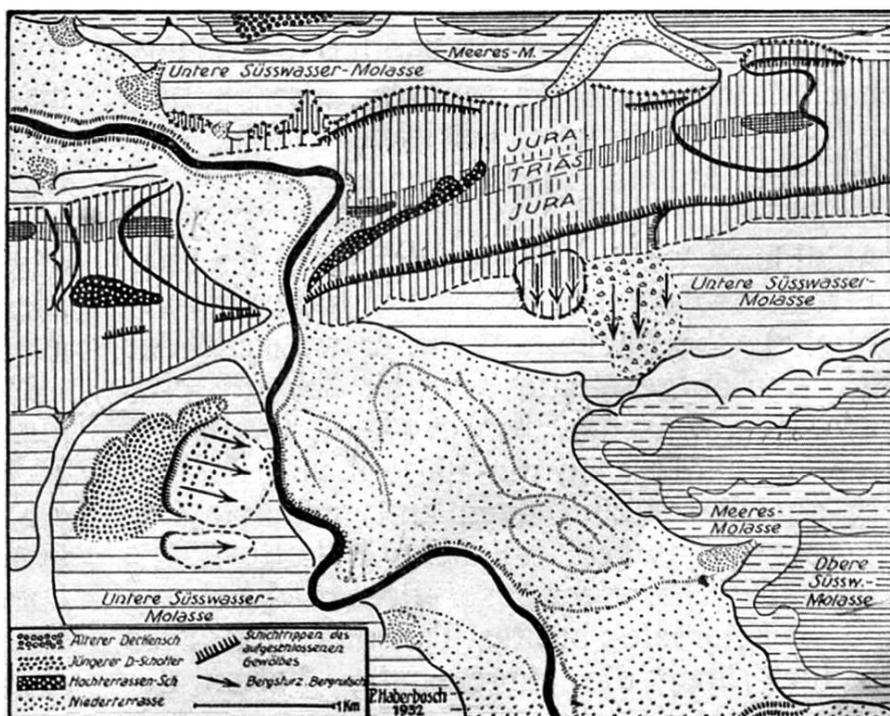


Abbildung 5: Geologische Skizze der Region Baden (HABERBOSCH 1942: 3).

3.3 Wasser aus dem Untergrund

3.3.1 Grundwasser

Grundwasservorkommen und -nutzung

Wie bereits in Kapitel 3.2 angedeutet, liegen weite Teile der Stadt Baden über einer Schottererschicht, die einen ergiebigen Grundwasserstrom mit sich führt. Ebenso beherbergen die jüngeren Deckenschotter auf dem Heitersberg Grundwasser. Die Grundwasservorkommen veranschaulicht Abbildung 6, welche das hydrogeologische Querprofil des Heitersbergs und des Limmattals bei Würenlos zeigt (DR. HEINRICH JÄCKLI AG 2011). Das Moränenmaterial, das bei Würenlos zu finden ist, ist allerdings im Badener Limmattal nicht vorhanden (siehe LGM in Abbildung 4).

Das Grundwasser am Heitersberg tritt aufgrund der topographischen Lage natürlich an der Oberfläche aus und kann ohne Pumpen gefasst werden. Man spricht daher auch von Quellwasser (REGIONALWERKE AG BADEN 2013). Baden bezieht gemäss der REGIONALWERKE AG BADEN (2013 & 2014) rund 40% seines Trink- und Brauchwassers aus 34 Quellen am Heitersberg und verfügt eine 15 km lange Quellwasserleitung von Dietikon ZH bis nach Baden, die 1500 l/min dem natürlichen Gefälle entlang befördert, siehe auch Abbildung 4 (STADT BADEN 2004, STALDER 1986).

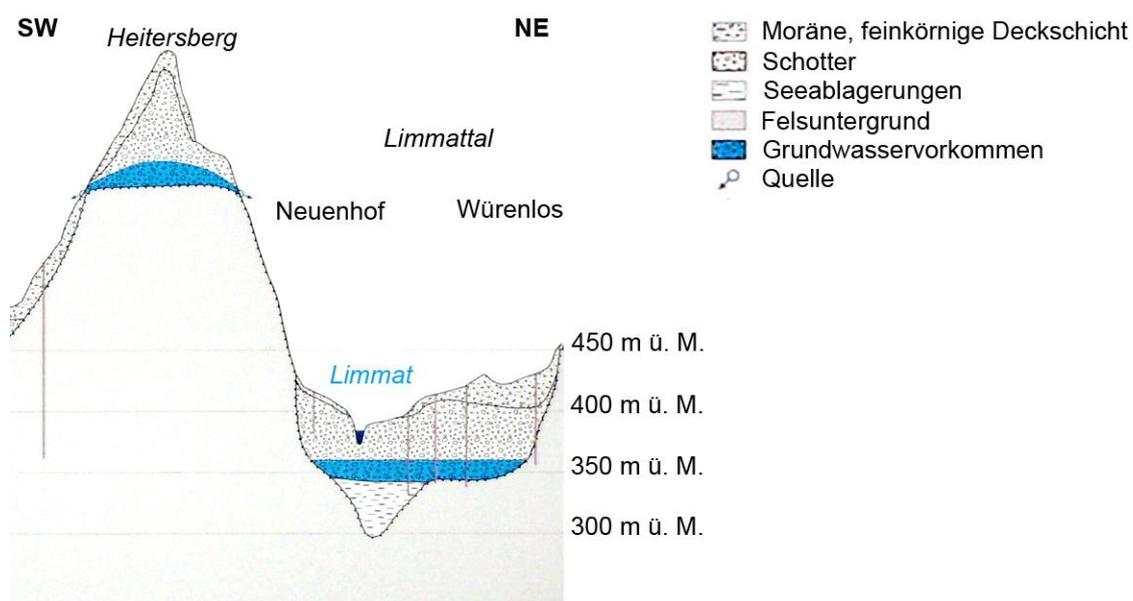


Abbildung 6: Hydrogeologisches Querprofil Heitersberg und Limmattal (verändert aus DR. HEINRICH JÄCKLI AG 2011).

Ein Quellgebiet, mit den Quellfassungen Mosenhau, ist ebenfalls in Abbildung 6 ersichtlich. Die Quellfassungen Mosenhau befinden sich auf einer Höhe von 570 bis 580 m ü. M. und liefern im Mittel etwa 370 Liter Wasser pro Minute. Unterhalb der Quellfassung besteht das Gestein aus Sandsteinen und Mergeln der Oberen Süsswassermolasse (OSM), darunter folgen Sandsteine und Mergel der Oberen Meeresmolasse (OMM). Oberhalb der Quellfassung liegt Höherer Deckenschotter, hauptsächlich bestehend aus Kies, mit einer Mächtigkeit von 20 bis 30 m. Überdeckt werden die Schotter von Moränenmaterial aus sandigem bis kiesigem Lehm. Der Höhere Deckenschotter ist gut wasserdurchlässig und bildet Aquifere. Die unteren Schichten sind mittel- (Sandstein) bis schlecht durchlässig (Mergel). Das Quellwasser entspringt im Grenzbereich der Deckenschotter zur Molasse einerseits als Schichtquelle, andererseits dringt das Wasser auch entlang von Klüften in die Sandsteine der Molasse ein und tritt unterhalb des Quellhorizontes als Kluftquelle aus (DR. VON MOOS AG 2014).

Das Grundwasser im Niederterrassenschotter muss im Gegensatz zum Quellwasser gepumpt werden, was in den Pumpwerken Aue, Hinterhofwald sowie Langacker/Dättwil geschieht. Da sich das Badener Versorgungsgebiet über rund 200 m Höhendifferenz erstreckt, muss das Wasser mit Stufenpumpwerken in höhere Lagen gepumpt werden. Gespeichert wird dieses Grundwasser – wie auch das Wasser der Heitersbergquellen – in neun Reservoirs. Die Reservoirs liegen jeweils topografisch über der zugeteilten Versorgungszone – in Baden sind dies sieben Zonen –, sodass überall ein vergleichbarer Wasserdruck gewährleistet werden kann (REGIONALWERKE AG BADEN 2013, STALDER 1986).



Abbildung 7: Reservoir Stein (Foto: S. HOSI 2015).

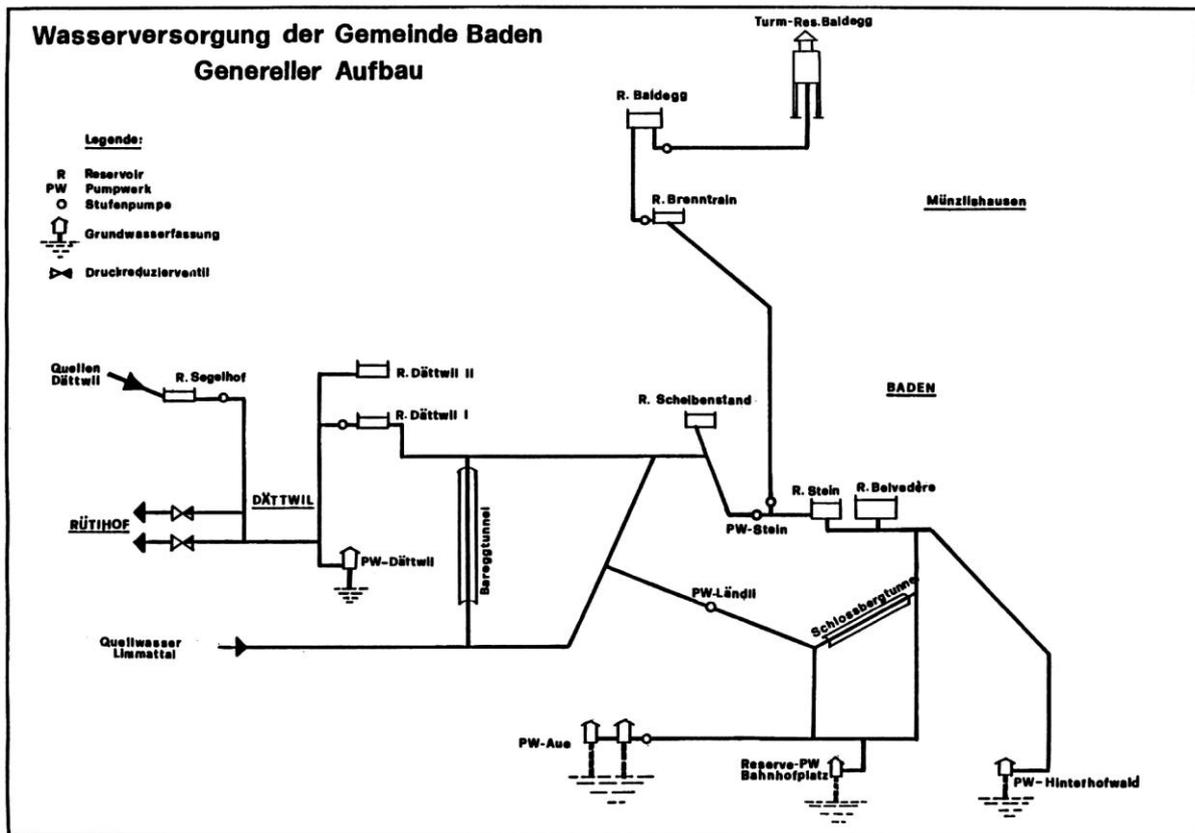


Abbildung 8: Aufbau Wasserversorgung Baden (STALDER 1986: 52).

Abbildung 8 zeigt eine schematische Übersicht des Aufbaus der Wasserversorgung von 1986, wobei die Höhenlagen der verschiedenen Anlagen berücksichtigt sind. Das Stufenpumpwerk Stein von 1931 ist jedoch seit 2000 stillgelegt. Als Ersatz wurden zwei Stufenpumpen mit einer Kapazität von $90 \text{ m}^3/\text{h}$ beim Reservoir Belvédère installiert. Ebenfalls neu installiert wurden zwei zusätzliche Pumpen, welche das Wasser mit je $240 \text{ m}^3/\text{h}$ nach Dättwil fördern (mündliche Information von Peter Wetzel, Baden, 23.02.2015). Das Reservoir Stein von 1897 (siehe Abbildung 7) ist immer noch in Betrieb und wurde einst als Speicher für das Wasser aus den Heitersbergquellen genutzt. Heute wird darin gepumptes Grundwasser gelagert (STEIGMEIER 1991; mündliche Information von Peter Wetzel, Baden, 23.02.2015).

Das Wasser aus dem Limmatgrundwasser (60%) und den Heitersbergquellen (40%) ist laut der REGIONALWERKE AG BADEN (2014) und der STADT BADEN (2010) qualitativ so gut, dass es nicht mehr aufbereitet werden muss. Dennoch ist die Zusammensetzung der beiden Wässer unterschiedlich, wie Tabelle 1 zeigt. So weist das Limmatgrundwasser im Vergleich zum Quellwasser einen deutlich höheren Gehalt an Natrium, Chlorid und Sulfat auf. Gemäss den Erkenntnissen von KUNKEL et al. (2002) aus in Deutschland untersuchten Grundwasserzusammensetzungen könnten diese höheren Werte anthropogenen Ursprungs sein. So sind diese Mineralien in Düngemitteln enthalten, ebenso könnten Streusalz und Abwässer die Natrium- und Chloridwerte erhöhen. Dies würde aufgrund der unterschiedlichen Höhenlagen und der Bevölkerungsdichte Sinn ergeben. Auch ist ein Zusammenhang mit der Limmat vorstellbar. Interessant ist ausserdem die Aussage von KUNKEL et al (2002), dass höhere Natrium- und Chloridgehalte in Aufstiegszonen hoch mineralisierter Tiefenwässer anzutreffen sind. Dies würde zur Situation mit den Thermalquellen (Kapitel 3.3.2) passen.

Tabelle 1: Zusammensetzung des Badener Grundwassers.

		LIMMATGRUNDWASSER	QUELLWASSER
Wassertemperatur	°C	12-13	11
Gesamthärte	°fH	31-33	29
Natrium	mg/l	11-12	2.7
Kalium	mg/l	2-2.5	0.5
Kalzium	mg/l	93-96	93
Magnesium	mg/l	20-21	15
Chlorid	mg/l	22-23	4.3
Sulfat	mg/l	21-23	11
Nitrat	mg/l	17-18	15
Sauerstoff	mg/l	7.2-7.8	10
pH-Wert	pH	7.3-7.4	7.5

(nach REGIONALWERKE AG BADEN 2014)

Verschmutzung des Grundwassers: Der Fall ABB

1990 wurde in der Trinkwasserfassung Aesch (Obersiggenthal) eine erhöhte Konzentration von chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) gemessen. Diese Verunreinigung wurde vom Energie- und Automatisierungstechnikkonzern ABB verursacht. Die ABB reinigte nämlich Metallteile mit CKW, wobei die leicht flüchtigen Substanzen versickern und bis in den 40 m tief liegenden Grundwasserstrom vordringen konnten (STADT BADEN 2010, STEIGMEIER 1991).

Abbildung 9 zeigt die CKW-Werte beim ABB-Areal, beim Pumpwerk Aesch sowie beim Pumpwerk Hinterhofwald. Auffällig ist, dass das Pumpwerk Aesch im Vergleich zum Pumpwerk Hinterhofwald die höheren CKW-Werte aufweist, obwohl das Pumpwerk Hinterhofwald näher am ABB-Areal liegt. Die Grundwasserkarte (Abbildung 10) liefert hierzu eine Erklärung: Das Pumpwerk Hinterhofwald liegt auf derselben Höhe wie das ABB-Areal. Da das Grundwasser hauptsächlich dem Gefälle entlang strömt, fließt nur ein geringer Anteil an CKW in Richtung Hinterhofwald. Das Pumpwerk Aesch liegt jedoch stromabwärts und überschreitet den Toleranzwert für Trinkwasser von 10 µg/l beim ersten Peak gar. Dennoch sind die Werte bei den Pumpwerken nicht annähernd so hoch wie beim ABB-Areal mit anfänglich 300 µg/l – es wirkte der Verdünnungseffekt (STADT BADEN 2010). Ebenso fällt die Zeitverzögerung zwischen den Werten der ABB und der Pumpwerke auf, welche mit der Fließgeschwindigkeit zusammenhängt.

Die Werte nehmen im Laufe der Zeit ab, was auch durch die Sanierungsmassnahmen beim ABB-Areal zu erklären ist (STADT BADEN 2010). Die Bodenverschmutzungen konnten grösstenteils ausgehoben werden. Die Restmengen werden heute noch vor Ort aus dem Boden gesaugt oder direkt mit dem Grundwasser hochgepumpt und mit Aktivkohlefiltern aufgefangen und entsorgt. Nach der Reinigung wird das Wasser für den Betrieb einer Wärmepumpe verwendet und gemäss der STADT BADEN (2010: 45) kontrolliert rückversickert, wodurch für die Bevölkerung «keinerlei gesundheitliches Risiko» bestehe.



Abbildung 9: Verlauf der CKW-Werte beim ABB-Areal sowie bei den Pumpwerken Aesch und Hinterhofwald (STADT BADEN 2010: 45).

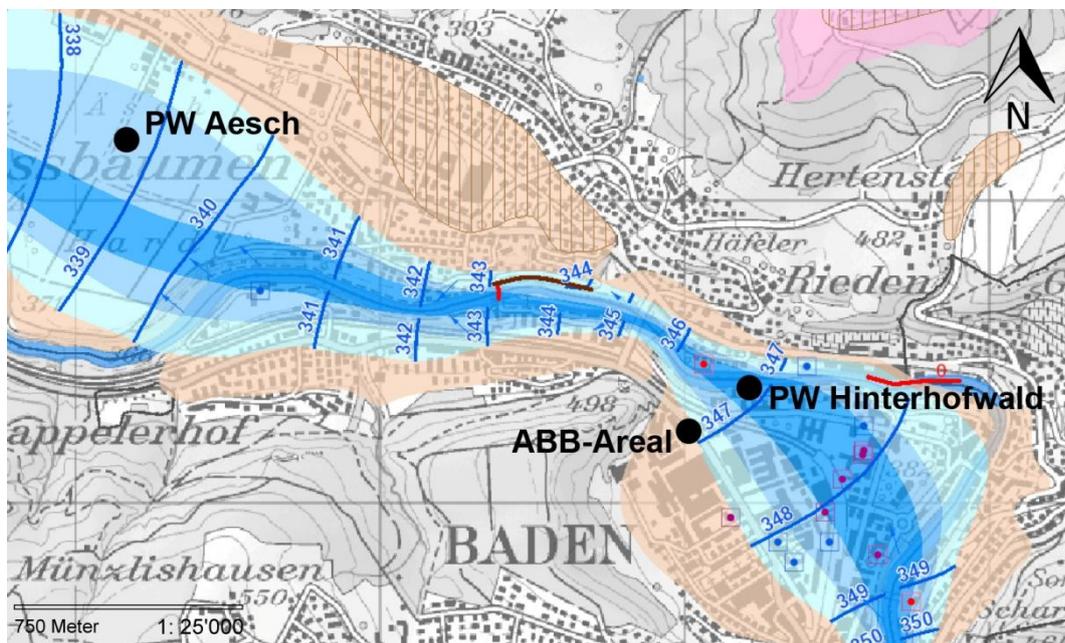


Abbildung 10: Ausschnitt Grundwasserkarte Baden (KANTON AARGAU 2014, SWISSTOPO 2014, ergänzt nach STADT BADEN 2010).

3.3.2 Thermalwasser

In einer Tiefe von rund 28 m stösst man im Gebiet des Limmatknies – wo der Fluss einen abrupten Linksknick macht – auf 47 °C warmes Thermalwasser. Dies widerspricht dem geothermischen Gradienten von 30 °C/km – Wasser mit dieser Temperatur müsste dementsprechend in einer Tiefe von 1.5 km liegen (KANZ 2005).

Abbildung 11 veranschaulicht, wie die hohen Wassertemperaturen dennoch möglich sind: Die Thermalquellen liegen über der Jura-Hauptüberschiebung, deren Störungszone mehrere Kilometer tief reicht. Durch den verklüfteten Oberen Muschelkalk kann so warmes Tiefengrundwasser aufsteigen. Im Gegensatz dazu ist der darüber liegende Keuper schlecht durchlässig. Erosion des darüber liegenden Gesteins durch Gletscher und die Limmat und die damit verbundene Tallage führen zu artesischen gespannten Grundwasserverhältnissen. Der Grundwasserspiegel des Thermalwassers liegt auf 359 m ü. M. Zum Vergleich: Der Grundwasserspiegel des Limmatgrundwassers liegt auf 348 bis 357 m ü. M. und der mittlere Wasserspiegel der Limmat auf 350 m ü. M. Da die Limmat ausserdem – wie bereits erwähnt – die Trias-Schichten erosiv anschneidet, tritt im Bereich des Limmatknies das Thermalwasser aus insgesamt 18 Quellen aus (LÖW 1987, RICK 2007).

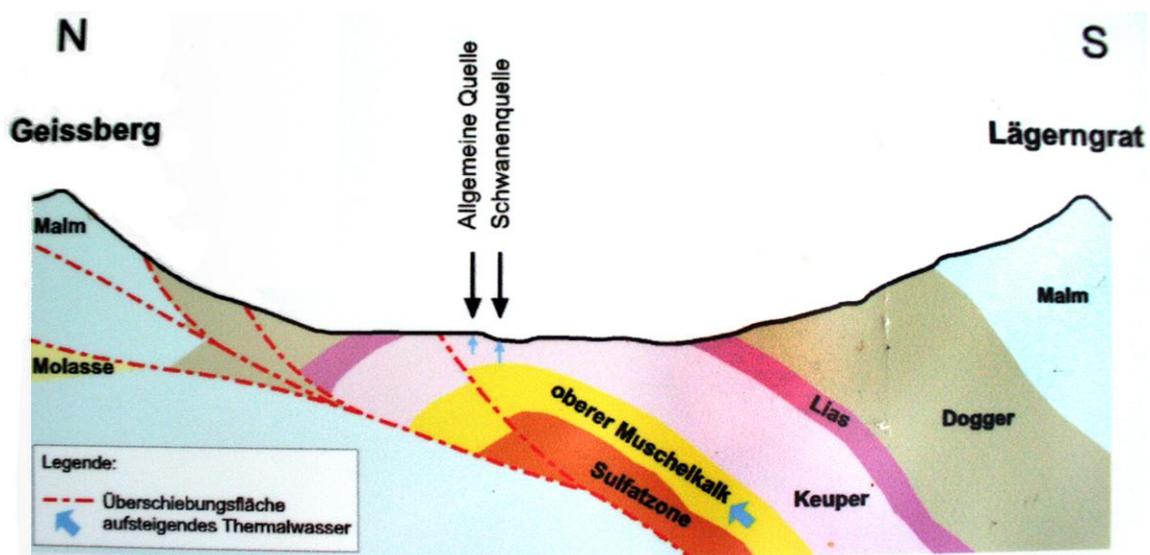


Abbildung 11: Geologisches Querprofil beim Bäderquartier. Die Limmat liegt zwischen den beiden Quellen. Nicht eingezeichnet ist die geringmächtige Schottererschicht (STADT BADEN 2004: 21).

Tabelle 2: Zusammensetzung des Badener Thermalwassers (T = 47 °C).

	<i>mg/l</i>
Natrium	720
Kalzium	503
Chlorid	1185
Sulfat	1375
Magnesium	99
Kalium	63
Hydrogenkarbonat	487
Schwefelwasserstoff	1.6
Methan	0.3

(nach RICK 2007, STADT BADEN 2012)

Der Gesamtertrag aller Quellen liegt zwischen einem Minimum von 569 l/min (Messung von 1950) und einem Maximum von 949 l/min (Messung von 1970), wobei der Ertrag mit einer Verzögerung von acht bis zehn Monaten mit den Niederschlagsmengen korreliert. Erwähnenswert ist auch, dass sich der Ertrag der einzelnen Quellen kaum unterscheidet, genauso wie die chemische Zusammensetzung. Die Gesamtmineralisation beträgt etwa 4.5 g/l (RICK 2007). Die Hauptkomponenten sind Natrium, Chlorid, Sulfat – diese Komponenten findet man, wie in Kapitel 3.3.1 angesprochen, auch eher erhöht im Limmatgrundwasser wieder – sowie Magnesium, Kalzium und Hydrogenkarbonat (siehe Tabelle 2). Diese Komponenten weisen darauf hin, dass das Thermalwasser mit den Evaporiten des Mittleren Muschelkalks in Kontakt gekommen ist (LÖW 1987). Weitere Komponenten sind die gelösten Gase Schwefelwasserstoff (bis 1.6 mg/l) und Methan (bis 0.3 mg/l) (RICK 2007, STADT BADEN 2012). Diese Gase können gemäss LÖW (1987) durch Erhitzung des Wassers in einer Tiefe ab etwa 3 km (siehe geothermischer Gradient auf Seite 15 oben) zustande kommen.

MÜNDEL (1947) weist darauf hin, dass die Limmat auch das Thermalwasser beeinflussen könnte: Ein höherer Limmatwasserspiegel lässt auch den Grundwasserspiegel ansteigen. Sofern unentdeckte Austritte von Thermalwasser ins Grundwasser bestehen, worauf es gemäss BURGER (2009) Hinweise gibt, können die beiden Wässer jeweils den Druck auf den anderen Aquifer erhöhen und auch weiteren Einfluss ausüben. Dies würde auch die in Kapitel 3.3.1 angesprochenen chemischen Unterschiede sowie die Temperaturunterschiede zwischen dem Quell- und dem Limmatgrundwasser erklären (Tabelle 1). MÜNDEL (1947) bezeichnet die Einflüsse jedoch als nicht gravierend, was wiederum die unbedenkliche Menge an Natrium und Chlorid (STADT BADEN 2010) bestätigen könnte. MÜNDEL (1947) sieht in der Erosionstätigkeit der Limmat eine grössere Gefahr, da sie die Keuperschichten abträgt und das Thermalwasser so noch einfacher austreten könnte. Mit Flussverbauungen liesse sich, so MÜNDEL (1947), dieses Problem verhindern, was gemäss der STADT BADEN (2010) auch umgesetzt wird. Ebenso könnten gezielte Grabungen und die Verstopfung der Verbindungsadern den Einfluss zwischen Grundwasser und Thermalwasser minimieren (MÜNDEL 1947).

Frage der Herkunft

Die Herkunft des Badener Thermalwassers ist bis heute nicht vollständig geklärt. Die lange verbreitete These, das Thermalwasser komme unter der Molasse hindurch aus den Glarner Alpen, muss gemäss KANZ (2005) verworfen werden. Denn neuere seismische Befunde zeigen, dass die Gesteine der Trias weitgehend wasserundurchlässig und mehr als sechs Kilometer mächtig sind. Dafür ist eine Herkunft aus dem Jura umso wahrscheinlicher. Die grossen tektonischen Störungen des Juragebirges reichen nämlich laut neuen geophysikalischen Befunden bis ins kristalline Grundgebirge, und es spricht vieles dafür, dass die Überschiebungsflächen teilweise wasserdurchlässig sind. Diese Konstellation liesse sich mit den thermischen und chemischen Eigenschaften der Quellen in Einklang bringen (KANZ 2005).

Isotopenmessungen mit Kohlenstoff-14, Tritium, Krypton-85 und Argon-39 zeigen auf, dass das Wasser praktisch vollständig aus Niederschlagswasser besteht, hauptsächlich aus einem mehr als tausendjährigen Wasser mit Mineralstoffen aus Evaporitgesteinen (Gips, Steinsalz) der mittleren Trias. Hinzu kommt einen kleiner Anteil – weniger als 10% – aus wenige Jahre altem Talgrundwasser mit geringerem Mineralgehalt. Ebenso wird eine kleine Komponente von jungem Kluft-Grundwasser vermutet, welches im anstehenden Muschelkalk westlich von Baden versickert. Ein hoher Argon-39-Gehalt spricht dafür, dass das Thermalwasser auch einen Anteil an Tiefengrundwasser aus mehreren Kilometern Tiefe aus dem Kristallin – wahrscheinlich aus dem Granit – umfasst. KANZ (2005) nimmt an, dass das Wasser entlang den Hauptüberschiebungsflächen im Juragebirge bis in den kristallinen Sockel absinkt. Jedoch schliesst KANZ (2005) auch eine Herkunft aus dem Schwarzwald nicht völlig aus. Dabei müsste das Tiefengrundwasser allerdings unter dem Permokarbondrog hindurch fliessen (KANZ 2005). Die Isotopenmessung gibt somit Aufschluss über die Zusammensetzung des Thermalwassers, kann dessen Herkunft aber nicht gänzlich klären.

Die Bedeutung der Thermalquellen für Baden



Abbildung 12: Die Heilbäder zu Baden im Aargau. Franz Hegi, 1808

(ZENTRALBIBLIOTHEK ZÜRICH, GRAPHISCHE SAMMLUNG UND FOTOARCHIV 2014).

Bereits die Römer entdeckten die Quellen von Baden für sich und bauten um 15 n. Chr. den Ort zu einem bedeutenden Badezentrum aus – die Siedlung wurde «Aquaе Helveticae» genannt. Nach der Verwüstung durch die Alemannen gegen 200 n. Chr. erlebten die Bäder erst nach 1000 n. Chr. einen ersten Wiederaufbau. Das Thermalwasser wurde im Mittelalter als Wundermittel gegen alle möglichen Gebrechen angesehen (BOLT & MÜNDEL 1986, MITTLER 1962). Bade- und Trinkkuren, aber auch Darneinläufe waren häufig verwendete Therapiemethoden (BAUMGARTNER-ATTIGER 1997).

Während zu Beginn des Mittelalters hauptsächlich der Adel die Bäder genoss, hatte nach 1415 (Eroberung durch die Eidgenossen) auch das Bürgertum Zugang zu den Thermen. Dies war auch der Startschuss für die «Badenfahrt», die Fahrt zur mehrwöchigen Kur nach Baden per Schiff auf der Limmat (MITTLER 1962). Die Bäder hatten, gemäss MITTLER (1962), einen für die damalige Zeit luxuriösen Standard. Nach der Reformation, in der Zeit zwischen 1700 und 1800, wurden hauptsächlich öffentliche und private Gemeinschaftsbäder genutzt, wobei von Sittenverfall in dieser Zeit die Rede ist und davon, dass mögliche erotische Erlebnisse die Leute in die Bäder lockten (BAUMGARTNER-ATTIGER 1997, BOLT & MÜNDEL 1986, GESSLER 2005, MITTLER 1962 & 1965).

Im 19. Jahrhunderts erlebte Baden als Kurort einen grossen Aufschwung und es wurden einige Bäderhotels gebaut, so auch der Verenhof und das noch heute offene Hotel Blume. Auch kam es wieder zu einem Wandel vom reinen Spassbad zum Heilbad, wobei neue wissenschaftliche Erkenntnisse zur Heilwirkung eine Rolle spielten (BAUMGARTNER-ATTIGER 1997). 1847 nahm die Spanisch-Brötli-Bahn mit der Strecke von Zürich nach Baden ihren Betrieb auf und unterstützte den Aufschwung (MITTLER 1965).

Bis 1970 war Baden ein beliebter Kurort – 1964 wurde gar ein neues Thermalbad gebaut –, seither hat es aber aufgrund von Konkurrenz und wachsendem Verkehr an Attraktivität eingebüsst (BADILATTI 2000). Das Bäderquartier wurde seitdem praktisch sich selbst überlassen



Abbildung 13: Das Dampfbad zu Baden.
Franz Hegi, 1827

(ZENTRALBIBLIOTHEK ZÜRICH, GRAPHISCHE SAMMLUNG UND FOTOARCHIV 2014).

und verlotterte, und auch das Thermalbad von 1964 ist mittlerweile geschlossen (10 VOR 10 2010). Mittlerweile ist geplant, das Bäderquartier wieder aufzuwerten. Dazu sollen die Hotels saniert und unter anderem ein neues Thermalbad und eine Reha-Klinik gebaut werden. Die Umsetzung dieser Pläne gestaltet sich jedoch schwierig: Aufgrund des Denkmalschutzes ist es schwierig, die historischen Gebäude für alle Parteien akzeptabel umzugestalten (BADILATTI 2000, ECHO DER ZEIT 2014, 10 VOR 10 2010). Auch das Thermalbad, welches von Mario Botta gebaut werden soll, hat einen schweren Stand, da zunächst die Akzeptanz in der Bevölkerung fehlte (ECHO DER ZEIT 2014, 10 VOR 10 2010) und mittlerweile auch die Credit Suisse als Investorin abgesprungen ist (ARNET 2014, ECHO DER ZEIT 2014). So findet man heute das Bäderquartier praktisch menschenleer vor und kann dessen Bedeutung nur noch anhand der Ausgrabungen aus der Römerzeit beim Mättelipark (SCHÄR 2010) und der Gebäudefassaden der Bäderhotels aus dem 19. Jahrhundert erfassen. Dennoch bieten die Thermalbank – ein acht Meter langes Fussbad mit Thermalwasser – an der Limmat sowie das Ellenbogenbad und das «Trinkbrünneli» beim alten Thermalbad eine Möglichkeit, das Thermalwasser bei einem Spaziergang durchs Bäderquartier zu erleben (STADT BADEN o.J.).



Abbildung 14: Impressionen aus dem Bäderquartier: A: Thermalbank, B: Grabungen im Bäderquartier, C: Altes Römerbad (nicht mehr in Betrieb), D: «Trinkbrünneli», E: Quelle Grosser Heisser Stein, F: Hotel Limmathof (in Betrieb), G: Ellenbogenbad, H: Zugang Römerbäder im Hotel Blume, I: Wunschbrunnen im Hotel Blume (Fotos: S. HOSI 2014).

3.4 Oberflächengewässer

3.4.1 Dättwiler Weiher

Der Dättwiler Weiher umfasst den Oberen Weiher mit einem Retentionsvolumen von 8000 m³ sowie den Unteren Weiher (KANTON AARGAU 2010). Der Obere Weiher ist durch den Stadtbach mit dem Unteren Weiher verbunden (siehe Abbildung 15) und gibt Wasser über ein Auslassbauwerk an den Unteren Weiher ab. Der Untere Weiher gibt überschüssiges Wasser und Hochwasser über ein Auslaufbauwerk direkt in die Kanalisation ab (KANTON AARGAU 2010). Das Gebiet um den Weiher ist ein Naturschutzgebiet, welches besonders Amphibien (Erdkröten, Grasfröschen, Molchen und Salamandern) ein Zuhause bietet (HÄUSLER 2007, STREIF 2011). Ebenso leben Wildtiere wie Marder, Iltisse und Rehe um den Weiher herum (MÜRI 2007). Wegen der Lage an der Hauptstrasse (Mellingerstrasse) wurden viele Tiere überfahren, weshalb ein Wildtier- und Amphibienkorridor errichtet wurde (HÄUSLER 2007, MÜRI 2007, STREIF 2011).

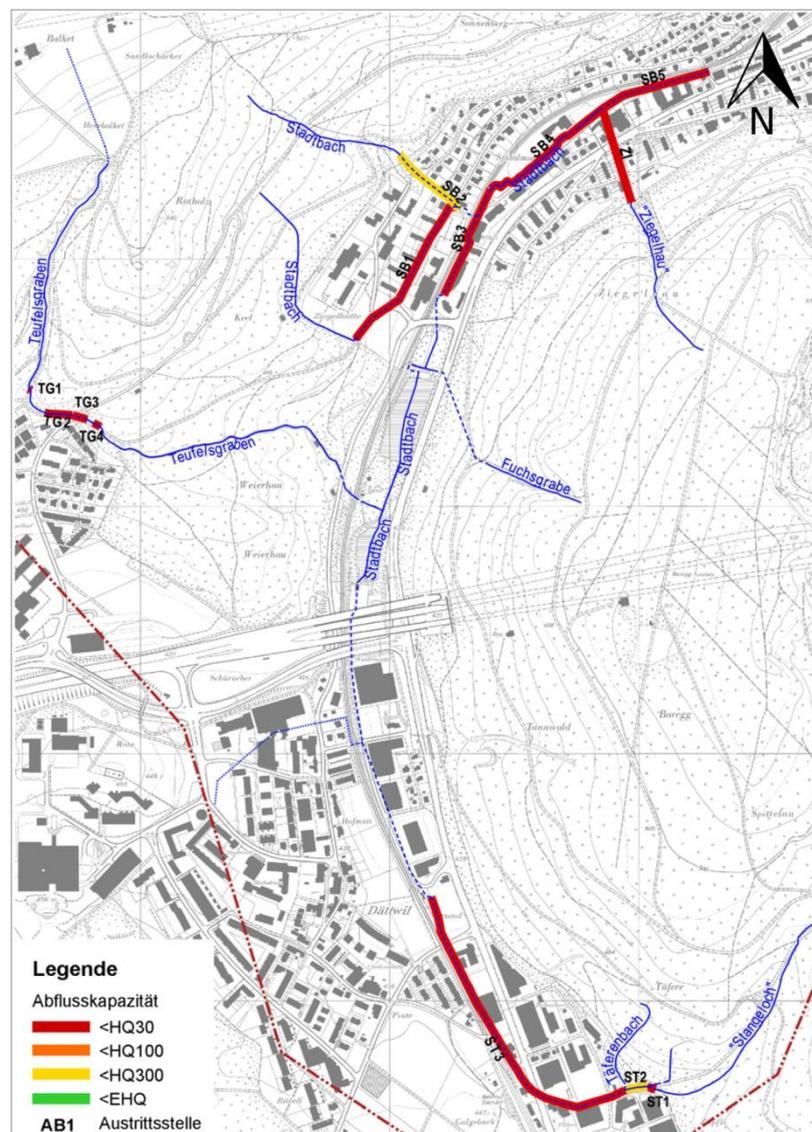


Abbildung 15: Zuflüsse und Abflusskapazitäten des Stadtbachs bis Meierhof (KANTON AARGAU 2010: 29).

3.4.2 Stadtbach

Der Stadtbach fliesst von Dättwil her kommend durch den Dättwiler Weiher und mündet schlussendlich zwischen der Holz- und der Hochbrücke in die Limmat (HABERBOSCH 1953, KANTON AARGAU 2010). Der Stadtbach erhält Zufluss von mehreren kleineren Bächen von den Hangflanken, was Abbildung 15 zeigt. Ebenfalls zeigt die Abbildung die Abflusskapazitäten und Austrittsstellen des Stadtbachs (Stand: 2010) im Gebiet des Dättwiler Weihers. Der Stadtbach ist nämlich grösstenteils eingedolt. Die durchgezogenen Flusslinien zeigen die wenigen ausgedolten Stellen. Die erste Stelle befindet sich direkt am Auslauf des Dättwiler Weihers, dem Weiherweg entlang, auf einer Länge von etwa 60 m (SWISSTOPO 2014). Da dieser Abschnitt erst Ende 2013 freigelegt wurde, ist in Abbildung 15 noch der alte Bachlauf durch den Waldabschnitt eingetragen. Die Freilegung erfolgte im Rahmen einer neuen Sauberwasserleitung, welche nun Regenwasser mit einer Geschwindigkeit von 350 l/s ($0.35 \text{ m}^3/\text{s}$) statt bisher 120 l/s ($0.12 \text{ m}^3/\text{s}$) unterirdisch direkt in die Limmat leitet. Dadurch soll weniger sauberes Regenwasser in die Kläranlage gelangen, sodass eine geringere Wassermenge gereinigt werden muss (GALBIATI 2013). Die Sauberleitung führt bis zum Schulhaus Meierhof, wo sich auf einer Länge von rund 220 m ein weiterer freigelegter Abschnitt befindet (GALBIATI 2013). Dieser Bachlauf war bereits freigelegt, wurde jedoch im Rahmen der Leitungserneuerung verbreitert und mit neuer Bepflanzung, dem Bau von Kleintierhotels und Sitzgelegenheiten aufgewertet (GALBIATI 2013, ROTH 2014). Ein weiterer freigelegter Abschnitt befindet sich beim Werkhof. Abbildung 17 veranschaulicht den Lauf des Stadtbachs mit allen drei ein- und ausgedolten Abschnitten.



Abbildung 16: Freigelegter Bachabschnitt und Kleintierhotels vor dem Schulhaus Meierhof (Foto: S. HOSI 2014).

Der KANTON AARGAU (2010) schätzt die Kapazität des Stadtbachs auf rund 0.2 bis $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$. Dies liegt deutlich unter dem Szenario eines Hochwassers mit einer Wiederkehrperiode von 30 Jahren, welches einen Abfluss von $5.5 \text{ m}^3/\text{s}$ umfasst (siehe auch Abbildung 15). Die neue Sauberwasserleitung und Schächte in die Kanalisation, die mit dem Stadtbach verbunden sind, sollen Abhilfe schaffen (KANTON AARGAU 2010, ROTH 2014).

3.4.3 Limmat

Die Limmat fliesst von Zürich nordwestwärts Richtung Baden. Auf dem Badener Stadtgebiet fliesst sie nordwärts, ehe sie beim Bäderquartier einen Linksknick macht – das sogenannte Limmatknie – und weiter westwärts fliesst, bis sie bei Enneturgi in die Aare mündet (SWISSTOPO 2014).

Die Limmat bei Baden hat ein Einzugsgebiet von 2396 km² und einen mittleren Abfluss von 101 m³/s (BAFU 2014). An der Limmatpromenade hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) eine Messstation platziert, welche auf einer Höhe von 351 m ü. M. liegt. Dort werden Pegelstand, Abfluss und Temperatur gemessen. Der Pegelstand wird durch eine Druckmessung mit einer Pneumatiksonde bestimmt. Zusätzlich bestimmt auch eine Radarsonde unter der Promenadenbrücke den Pegel durch eine Distanzmessung. Da zwischen dem Pegel und dem Abfluss eine direkte Beziehung besteht, kann der Abfluss anhand einer Funktion berechnet werden. Diese Pegel-Abfluss-Beziehung wird regelmässig durch eine Eichmessung mit hydrometrischen Flügeln kontrolliert. Dabei werden im Flussquerschnitt an insgesamt 20 Stellen fünf Punkte in unterschiedlichen Tiefen gemessen (BAFU 2014).

Die Pegel-Abfluss-Beziehung ist für ein stabiles Gerinne wie die Limmat, wo sich der Fließquerschnitt kaum verändert, gut geeignet. Ein Nachteil besteht allerdings darin, dass Eichmessungen bei Hochwasser schwierig durchzuführen sind. Dadurch muss die Abflusskurve extrapoliert werden, was zu Unsicherheiten bei Hochwasserwerten führt (LORENZI et al. 2010)

Tabelle 3 zeigt die fünf höchsten jährlichen Abflussextrema ab 1950 und die Wiederkehrperiode des Hochwassers (BAFU 2014). Auffällig ist, dass in den letzten 16 Jahren – in den Jahren

Tabelle 3: Gemessene Abflussextrema an der Messstation Limmatpromenade.

DATUM	ABFLUSS <i>m³/s</i>	GESCHÄTZTE WIEDERKEHRPERIODE <i>y</i>
22.05.1999	657	> 150
27.06.1953	590	65
08.08.1978	549	32
08.08.2007	533	25
22.08.2005	510	17

(nach BAFU 2014)

2007, 2005 und 1999 – gleich drei grosse Hochwasserereignisse gemessen wurden. Diese waren hauptsächlich auf Starkniederschläge zurückzuführen. 1999 war gar bereits Ende Februar ein Hochwasser mit einer Abflussspitze von 420 m³/s vorausgegangen (UMWELT AARGAU 2011).

Die Wasserqualität wird beim Wasserkraftwerk in Turgi gemessen. Die Konzentrationen von Phosphaten und Stickstoffverbindungen liegen in der Limmat unterhalb der Grenzwerte. Beim gelösten organischen Kohlenstoff (DOC) ist jedoch eine mässige Belastung zu verzeichnen. Die STADT BADEN (2010) erklärt sich die Werte generell mit der hohen Bevölkerungsdichte und spezifisch mit der Lage der Messstation in der Nähe einer Kläranlage, da Abwässer hohe DOC-Werte durch anthropogene Einflüsse aufweisen. Beim Hochwasser von 2005 lag der DOC-Wert kurzfristig mit bis zu 8 mg/l sogar sehr weit über dem Grenzwert von 2 mg/l (STADT BADEN 2010).

Nutzung der Wasserkraft der Limmat

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts begannen die Badener Unternehmer das Potential der Limmat zu nutzen und bauten für ihre Betriebe die ersten eigenen Wasserkraftwerke. Die Leistung der Wasserräder betrug rund 4–17 kWh. Die vielen Wasserkraftwerke auf wenigen hundert Metern stauten sich jedoch gegenseitig ein, was auch dem Umstand geschuldet war, dass das Gefälle der Limmat gering ist. Heute ist von diesen Betrieben einzig noch die Giesserei und Armaturenfabrik Oederlin übrig geblieben, wobei ein Gestaltungsplan für eine Neuüberbauung vorliegt. Die Pumpenfabrik Diebold und die Seidenzwirnerei Wegmann mussten bereits einer Wohnüberbauung weichen, während die Lederwarenfabrik Streule in Form von Wohnateliers und für das Kleingewerbe umgenutzt wird. Die Spinnerei Aue brannte 1904 nieder, woraufhin auf dem Areal ein Wasserkraftwerk gebaut wurde, welches noch heute in Betrieb ist und in diesem Kapitel auf Seite 27 noch weiter behandelt wird (MEIER et al. 1997, ZIMMERMANN-DIEBOLD 1991).

Heute betreiben die Limmatkraftwerke AG Baden Wasserkraftwerke an vier Standorten. Tabelle 4 zeigt die Eckdaten zu den Kraftwerken. Die Kraftwerke Schiffmühle und Turgi befinden sich allerdings nicht auf Badener Stadtgebiet, weshalb in dieser Arbeit nur die Kraftwerke Aue und Kappelerhof vertieft behandelt werden.

Tabelle 4: Kraftwerke der Limmatkraftwerke AG in der Region Baden.

		KANALKRAFTWERK		FLUSSKRAFTWERK	KANALKRAFTWERK		KANALKRAFTWERK
		AUE		KAPPELERHOF	SCHIFFMÜHLE		TURGI
		Haupt- kraftwerk	Dotier- kraftwerk		Haupt- kraftwerk	Dotier- kraftwerk	
Gesamtleistung	<i>MW</i>	5.2	0.5	6.8	3.46	0.5	1
Maximale Wassernutzung	<i>m³/s</i>	117	14	140	95	14	35
Bruttofallhöhe	<i>m</i>	5.8	4.5	6	3.2	3.17	3
Mittlere Jahresproduktion	<i>GWh</i>	28	3	40	16	1.9	7
Anzahl versorgter Haushalte		6900		8900	4000		1600

(nach REGIONALWERKE AG BADEN 2015)



Abbildung 18: Blick von der Wehrbrücke auf das Kanalkraftwerk Aue (weisses Gebäude). Links der Mauer befindet sich die Restwasserstrecke, rechts davon der Oberwasserkanal (Foto: S. HOSI 2014).



Abbildung 19: Flusskraftwerk Kappelerhof (Foto: S. HOSI 2014).

Kraftwerk Aue

Beim Kraftwerk Aue (erbaut 1907) handelt es sich um ein Kanalkraftwerk. Typisch hierfür ist, dass das wasserstauende Wehr mehrere hundert Meter vor dem eigentlichen Kraftwerk liegt – in diesem Fall rund 250 m (siehe Abbildung 20). Das Wasser wird zu grossen Teilen in einen Oberwasserkanal geleitet (STROBL & ZUNIC 2006). Durch die Kanalisation und den spezifischen Bau des Kraftwerks kommt bei einer Wassernutzung von maximal $117 \text{ m}^3/\text{s}$ eine Fallhöhe von 5.8 m zustande (REGIONALWERKE AG BADEN 2015), was gemäss STROBL & ZUNIC (2006) ein Vorteil dieser Bauweise bei einem schmaleren Flussabschnitt mit geringem Gefälle ist. Die Ausleitung des Wassers aus dem Fluss sehen STROBL & ZUNIC (2006) allerdings als problematisch für das Ökosystem an, da die Restwasserstrecke zwischen Wehr und Kraftwerk nur wenig Wasser führt. Dieses Problem wurde bei der Neukonzessionierung des Kraftwerks – die Einweihung fand im September 2014 statt – berücksichtigt. Die Restwassermenge wurde nach Vorgaben des neuen Gewässerschutzgesetzes von $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$ auf 8 bis $14 \text{ m}^3/\text{s}$ erhöht, jeweils angepasst an den Jahresverlauf der Limmatabflüsse. Um diese Wassermenge energetisch nutzen zu können, wurde beim Wehr ein Dotierkraftwerk gebaut, mit welchem sich auch mit dem Restwasser Strom produzieren lässt. Pro Jahr sind dies durchschnittlich 3 GWh (BURGER 2011, LIMMATKRAFTWERKE AG & CREATO 2010). Dabei waren keine grösseren Veränderungen beim Wehr notwendig, da sich die baulichen Ergänzungen bei einem Dotierkraftwerk auf ein Einlaufbauwerk, eine kurze Triebwasserleitung und den Einbau einer Turbine und eines Generators beschränken (STROBL & ZUNIC 2006).

Abbildung 20 zeigt auch, wie das Gebiet um das Kraftwerk im Rahmen der Neukonzessionierung ökologisch aufgewertet wurde. Die Wiederaufforstungen, naturnahen Aufwertungen und Strukturelemente im Wasser sollen Lebensraum und Rückzugsmöglichkeiten für Fische, Amphibien und Vögel bieten. Ebenso neu ist die Fischtreppe beim Wehr. Da die Mauer zwischen Unterwasserkanal und Restwasserstrecke durchbrochen wurde, können die Fische direkt in der Restwasserstrecke schwimmen, womit der Fischaufstieg bzw. -abstieg durch das Fehlen dieses Hindernisses vereinfacht ist. Diese Lösung kam zustande, da der ursprüngliche Unterwasserkanal einen höheren Pegel als die Restwasserstrecke aufwies, was für die zuständigen Fachleute unerwartet kam und unterschiedlich interpretiert wurde. Durch dieses Phänomen ist die Restwassertiefe direkt nach dem Kraftwerk aufgrund des Durchbruchs auch im Verhältnis zum Breitengewinn höher. Die Turbine des Dotierkraftwerks beim Wehr bildet allerdings eine zusätzliche Gefahr für flussabwärts wandernde Fische. Damit weniger Fische durch die Strömung in die Turbine gelangen, wurden Rechen und Scheuchvorrichtungen eingebaut. Ebenso

wurden Aalschwellen und Leitvorrichtungen auf dem Flussgrund eingerichtet, die die Fische durch ein Rohr um das Kraftwerk herum in die Restwasserstrecke führen. Ohne diese Hilfsmittel würde die Sterberate bei 30 cm langen Fischen 25% und bei 70 cm langen Aalen gar bei 90% liegen. Aber auch kleine Boote können das Wehr nun unbeschadet passieren – dies ist aufgrund der neuen Übersetzstelle möglich (BURGER 2011, LIMMATKRAFTWERKE AG & CREATO 2010).



Abbildung 20: Baumaßnahmen Neukonzessionierung Kraftwerk Aue (LIMMATKRAFTWERKE AG & CREATO 2010).

Kraftwerk Kappelerhof

Beim Kraftwerk Kappelerhof handelt es sich um ein Flusskraftwerk. Bei Flusskraftwerken wird die Flusssohle im Unterwasser ausgebaggert und dadurch tiefer gelegt. So wird eine grössere Fallhöhe erreicht und zugleich sichergestellt, dass der Auslauf des Kraftwerks auch bei niedrigem Wasserstand eingestaut bleibt (STROBL & ZUNIC 2006). Obwohl die Limmat beim Kappelerhof bereits seit 1892 für die Stromproduktion genutzt wurde, steht das heutige Flusskraftwerk erst seit 2007 in dieser Form. Zuvor handelte es sich – wie beim Kraftwerk

Aue – um ein Kanalkraftwerk. Die breitere Flusssohle beim Kappelerhof machte aber einen Umbau zu einem Flusskraftwerk möglich. Dafür wurde das 100 Jahre alte Wehr oberhalb der Siggenthaler Hochbrücke abgebrochen und ein neues beim Maschinenhaus gebaut. Die Stromproduktion konnte damit von 20 auf 40 GWh erhöht werden. Dies ist – nebst leistungsstärkeren Turbinen – auch dem grösseren Höhenstau und der wegfallenden Restwassermenge, welche jetzt mitgenutzt wird, zuzuschreiben (HÄNGGLI 2008). Seit 2012 wird die Abwärme der Maschinen zum Heizen des Betriebsgebäudes genutzt, wodurch jährlich 9000 l Heizöl eingespart werden (REGIONALWERKE AG BADEN 2015).

Auch beim Kraftwerk Kappelerhof wurden im Rahmen des Umbaus ökologische Aufwertungsmassnahmen vorgenommen. Flussabwärts wurde der Kappisee aufgestaut, welcher sich zu einem beliebten Naherholungsgebiet entwickelt hat und Lebensraum für Flora und Fauna bietet (HÄNGGLI 2008). Ebenso wurden die Uferzonen aufgewertet, eine Bootsübersetzstelle gebaut und die Fischtreppe erneuert (REGIONALWERKE AG BADEN 2015). Videomessungen haben ergeben, dass pro Tag durchschnittlich 17.5 Fische von drei Arten die Fischtreppe passieren. Während der Zählperiode von 107 Tagen waren dies 2991 Fische von 15 Arten. Mit 1029 Exemplaren wurde der Schneider am häufigsten gezählt, eine als gefährdet geltende Karpfenart (KIRCHHOFER 2011). KIRCHHOFER (2011) erklärt dies mit der natürlichen Sohle des Fischpasses, welche die Fliessgeschwindigkeit reduziert, was dem schwimmschwachen und strömungsmeidenden Schneider entgegenkommt. Die ebenfalls gefährdete und limmattypische Äsche (Lachsart) ist hingegen strömungsliebend (VOSER & BOLLIGER 2004). Dies könnte erklären, weshalb sie beim Kappelerhof nicht gezählt wurde, jedoch beim Kraftwerk Aue – wo die Flussbreite geringer ist – vorzufinden ist (KIRCHHOFER 2011). 2008 wurde beim Kraftwerk Kappelerhof ein Biberrevier entdeckt, wobei es sich vermutlich um einen einzelnen Biber gehandelt hat (THIEL 2009). Mittlerweile ist der Biber verschwunden (TESINI 2014). Gemäss TESINI (2014) ist der Biberbestand im Kanton Aargau konstant geblieben, was für eine Abwanderung des Bibers zu einem ruhigeren Bach sprechen könnte. Tod durch Krankheit – beispielsweise Fuchsbandwurm, bakterielle Infektion oder Lungenentzündung – oder durch eine Kollision mit einem Fahrzeug kann aber auch nicht ausgeschlossen werden (TESINI 2014).



Abbildung 21: Oberflächengewässer in Baden. Von oben nach unten: Dättwiler Weiher, Stadtbach beim ersten freigelegten Abschnitt, Limmat bei der Giesserei Oederlin am Limmatknie (Fotos: S. HOSI 2014).

4 ERARBEITUNG DES EXKURSIONSMATERIALS

4.1 Vorüberlegungen

4.1.1 Lernziele der Exkursion

Die Studierenden sollen Lerninhalte des Studiums vor Ort kennenlernen und praktisch anwenden sowie die Vielfalt der Möglichkeiten zur Auseinandersetzung mit dem Thema Wasser erkennen. Dabei sollen die Studierenden durch selbständiges Arbeiten Handlungskompetenz (siehe LENZ 2003) erwerben. Dazu gehören nebst geographischer Methodenkompetenz (z.B. Datenerhebung, Interpretation von Karten und Diagrammen) auch allgemeine Methodenkompetenz (z.B. Darstellen von Ergebnissen), Fachkompetenz (z.B. Erkennen von Zusammenhängen, Erwerb von Wissen), Sprachkompetenz (z.B. Entwicklung von Diskussionsfähigkeit), Sozialkompetenz (z.B. Teamfähigkeit) sowie Personalkompetenz (z.B. selbstgesteuertes Lernen und Handeln) (LENZ 2003). Gerade der Punkt Personalkompetenz kommt bei dieser Exkursionsform besonders zum Tragen (HEMMER & UPHUES 2009).

4.1.2 Einbezug von Material vor Ort

Die STADT BADEN (2015) bietet mehrere öffentliche Führungen zum Thema Wasser in Baden und zum Bäderquartier an. Darüber hinaus wurden mehrere Lehrpfade konzipiert. Im Hinblick auf diese Exkursion sind vor allem der «Geo Pfad» (STADT BADEN 2004), der «Industriekulturpfad» (MEIER et al. 1997) und der «Audioguide» (STADTFORSTAMT BADEN o.J.) interessant. Weitere Lehrpfade sind «Tatort Natur in der Stadt Baden» (NAVO 2010) und «Bader Natur – saisongerecht» (STADTFORSTAMT BADEN 2009). Der «Geo Pfad» (STADT BADEN 2004) ist den geologischen Gegebenheiten in Baden gewidmet und behandelt auch das Grund- und Thermalwasser. Der «Industriekulturpfad» (MEIER et al. 1997) bietet einen historischen Einblick, unter anderem in die Nutzung der Wasserkraft. Der «Audioguide» (STADTFORSTAMT BADEN o.J.) ist in Form von Geschichten aufgebaut und damit am stärksten populärwissenschaftlich ausgerichtet. Auch wenn die Lehrpfade nicht ausdrücklich Geographiestudierende als Zielgruppe haben, lassen sich gemäss KREMB (2003) gerade Geologielehrpfade durch die Ergänzung mit selbst aufbereiteten Materialien gut in eine Exkursion integrieren.

4.1.3 Eindrücke der Zürich-Exkursion und Aufbau Exkursionsführer

Bei der Planung der Exkursion wurden die eigenen Eindrücke von der Zürich-Exkursion mit einbezogen, welche mit dem offiziellen Feedback (SEIBERT & POOL 2015) grösstenteils übereinstimmen. Die kurzen Aufgaben an vielen Standorten in Zürich liessen eine gewisse Hektik aufkommen. Deshalb werden für die Baden-Exkursion weniger Standorte, dafür längere Aufgaben eingeplant. Der fehlende Praxisbezug, der bei der Zürich-Exkursion bemängelt wurde, soll durch stärker dem Curriculum angepasste Aufgaben hergestellt werden. Die Orientierung soll durch eine Online-Karte mit Route vereinfacht werden. Da mit vielen Lesetexten gearbeitet wurde, war ein Besuch der Zürcher Standorte in einigen Fällen nicht nötig. Daher sollten im Badener Exkursionsführer unterschiedliche Materialien mit eingebunden werden – idealerweise kombiniert mit Materialien und Informationen vor Ort, welche nicht im Internet recherchiert werden können. Da der Exkursionsführer bei dieser Exkursion die eigentliche Begleitperson ersetzt, ist der Exkursionsführer umso verständlicher und informativer zu gestalten. Gemäss KLEIN (2010) führt die Kombination von auf Papier festgehaltenem theoretischem Inhalt und der realen Begegnung vor Ort zu einem besseren Verständnis. Nebst der Aufgabenstellung mit Materialien und einer Wegbeschreibung wird daher – anders als bei der Zürich-Exkursion – jeweils ein Kästchen mit Infos zum Standort und dessen Bedeutung hinzugefügt. Der Exkursionsführer wird aufgrund der Handlichkeit auf das Format A5 verkleinert und auch aus Kostenüberlegungen aus Sicht der Studierenden knapp und in schwarz/weiss gehalten.

4.2 Anforderungen und Standortkriterien

Damit die Lernziele (siehe Kapitel 4.1.1) erreicht werden, ist nebst der guten Erreichbarkeit der Standorte auch eine abwechslungsreiche und didaktisch gute Zusammenstellung von unterschiedlichen Themen und Aufgaben wichtig (HAUBRICH 2006, REUSCHENBACH 2008). Diese sollten kompakt, aber verständlich in einem Exkursionsführer präsentiert werden (KLEIN 2010).

4.2.1 Aufgabenstellungen

Die Formulierung der Aufgabenstellungen muss gerade bei teilnehmerzentrierten Exkursionen deutlich und präzise sein (GLASZE 2009, REUSCHENBACH 2008). GLASZE (2009) empfiehlt, keine Ja/Nein-Fragen und keine reinen Wissensfragen (Wann? Wo? Wer? Wessen?) zu

stellen. Da sich aber Wissensfragen bei einer Exkursion ohne Begleitperson kaum vermeiden lassen, sind hinführende Wissensfragen (Warum? Wie?) eine mögliche Alternative. Fragen, die Stellungnahmen erfordern oder zum Beobachten auffordern, regen laut GLASZE (2009) eher zum Mitdenken an. FRAEDRICH et al. (2011) und HIEBER (2011) empfehlen für die Formulierung von Aufgaben, keine Fragen zu stellen, sondern Operatoren, sprich prägnante und deutliche Verben, als Einleitung in die Fragestellung zu verwenden. Beispiele dafür sind: «diskutieren Sie», «erklären Sie» oder «überprüfen Sie» (FRAEDRICH et al. 2011, HIEBER 2011).

Um abwechslungsreiche Aufgabenstellungen zu garantieren, sollten laut FRAEDRICH et al. (2011) unterschiedliche Anforderungsbereiche abgedeckt werden. Die DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) (2014: 31) hat Anforderungsbereiche für den Mittleren Schulabschluss festgelegt. Diese lauten wie folgt:

Anforderungsbereich I: Reproduktion

(...) Wiedergeben und Beschreiben von fachspezifischen Sachverhalten aus einem abgegrenzten Gebiet und im gelernten Zusammenhang unter reproduktivem Benutzen eingeübter Arbeitstechniken und Verfahrensweisen. (...)

Anforderungsbereich II: Reorganisation und Transfer

(...) [S]elbstständige[s] Erklären, Bearbeiten und Ordnen fachspezifischer Inhalte und das angemessene Anwenden gelernter Inhalte, Methoden und Verfahren auf andere Sachverhalte. (...)

Anforderungsbereich III: Reflexion und Problemlösung

(...) [S]elbstständige[r] reflexive[r] Umgang mit neuen Problemstellungen, den eingesetzten Methoden sowie Verfahren und gewonnenen Erkenntnissen, um zu Begründungen, Deutungen, Folgerungen und Handlungsoptionen zu gelangen. (...)

4.2.2 Methoden und Materialien

Die Methoden und Materialien müssen auch so ausgewählt werden, dass einerseits die Arbeit selbstständig möglich ist, andererseits verschiedene Schwierigkeitsstufen mit einbezogen werden (NEBEL 1997, REUSCHENBACH 2008). Gerade der Einbezug von digitalen Medien und

Smartphones bietet durch deren Aktualität und die ortsunabhängige Einsetzbarkeit Potential (FEULNER & OHL 2014, REUSCHENBACH & LENZ 2012). Der Einsatz von Medien erhöht gemäss HIEBER et al. (2009) die Anschaulichkeit und die Motivation der Studierenden und die Inhalte können unabhängig von einer Lehrperson begutachtet werden. Laut SIEGMUND (2002) werden Informationen, die mit mehreren Sinnen aufgenommen werden, längerfristig gespeichert. Medien, die selbständiges Handeln ermöglichen, schneiden daher am besten ab (SIEGMUND 2002). Dies spricht wiederum für diese Exkursionsform, zumal bei klassischen Übersichtsexkursionen die Informationen hauptsächlich über den Hörsinn aufgenommen werden.

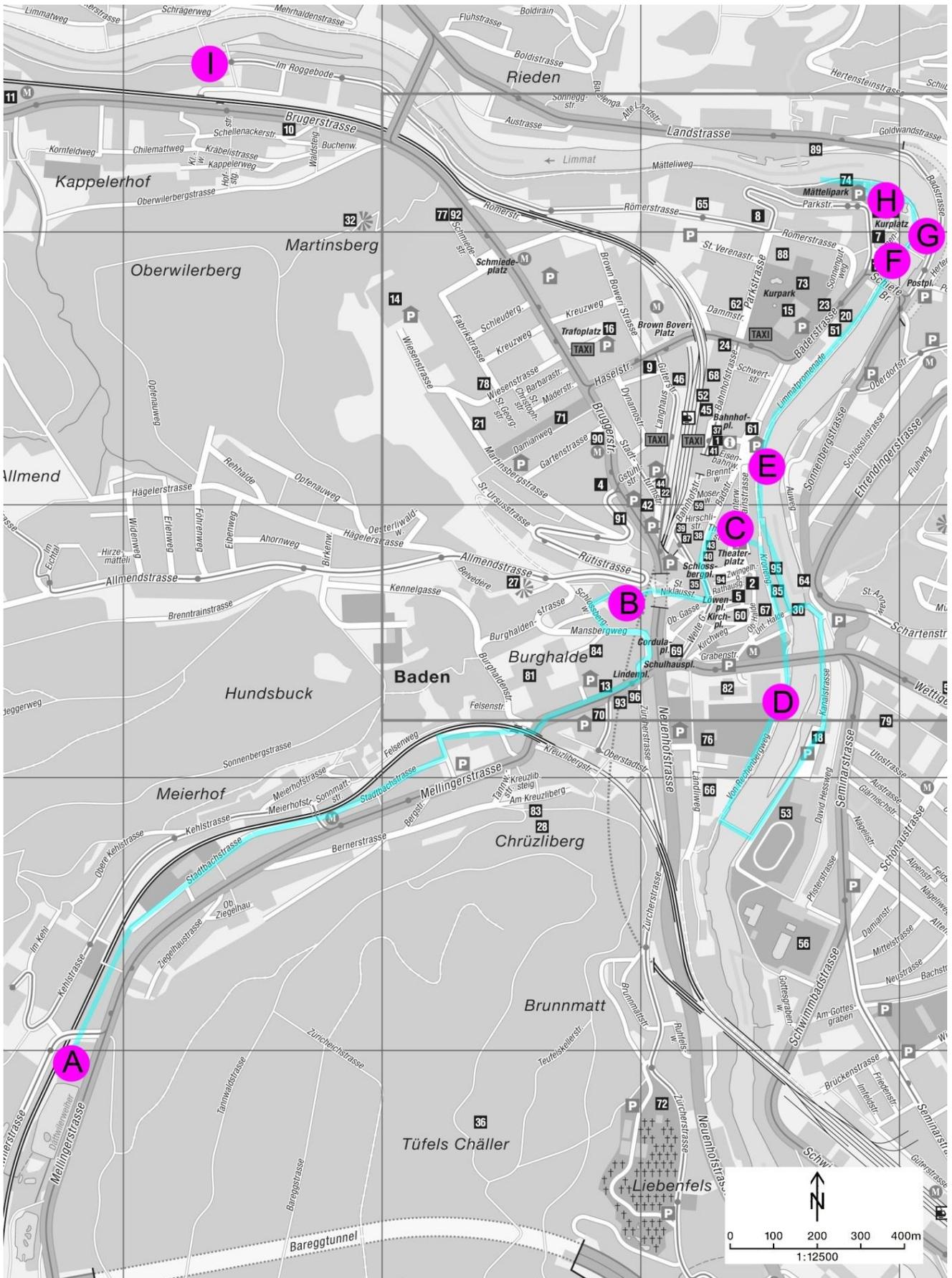


Abbildung 22: Exkursionsroute und Standorte (verändert aus STADT BADEN & KANTON AARGAU 2013).

4.3 Didaktische und methodische Überlegungen zur Standortwahl

Dieses Unterkapitel umfasst nur die eigenständigen didaktischen und methodischen Überlegungen zur Standortwahl sowie in Kapitel 3 nicht erwähnte Informationen, um Wiederholungen so gut es geht zu vermeiden. Die detaillierten Aufgabenstellungen sind in Anhang A2 nachzulesen. Die Lage der Standorte ist in Abbildung 22 ersichtlich. Eine Zusammenfassung zu den Themen, Methoden, Materialien und den Anforderungsbereichen findet sich in Tabelle 5.

4.3.1 Standort A – Stadtbach

Standort A ist in einer knapp sechsminütigen Busfahrt vom Bahnhof Baden zu erreichen und befindet sich beim Dättwiler Weiher am südwestlichen Stadtrand von Baden. Dort tritt der Stadtbach zum ersten von drei Malen zu Tage. Die Breite des ersten Bachabschnitts beträgt etwa 1 m bei einer Länge von etwa 60 m. Mit dieser Kleinräumigkeit bietet sich der Stadtbach für eine selbständige Abflussmessung an. Da die Wegstrecke entlang dem Bach rund 1 km beträgt, soll die Zeit mit einer Diskussion über die Revitalisierung des Stadtbachs effektiv genutzt werden. Das Niederschreiben einer eigenen Meinung – anstelle einer Beschreibung – soll zu einer tiefgründigen Auseinandersetzung mit dem Thema anregen und eine Abwechslung zu den wiedergebenden Aufgabenstellungen bieten. Mit einer Kartierung soll das Ausmass der Verbauung veranschaulicht werden. Diese Teilaufgabe soll auch sicherstellen, dass die Wegstrecke komplett abgegangen wird.

4.3.2 Standort B – Ruine Stein

Die Ruine Stein ragt auf 445 m ü. M. auf dem Schlossberg empor (SWISSTOPO 2014). Die St.-Niklaus-Stiege führt direkt in die Altstadt hinunter. Die Studierenden bekommen für die Wasserversorgung wichtige Objekte von aussen zu sehen und sollen anhand der Angaben vor Ort die Dimensionen der Wasserversorgung und des Wasserverbrauchs abschätzen. Eine Infotafel zum Limmatschotter bei der St.-Niklaus-Stiege sowie eine Interpretationsaufgabe zum Fallbeispiel ABB (siehe Kapitel 3.3.1, Seite 13) runden die Auseinandersetzung mit dem Thema Grundwasser ab. Die Schwierigkeit bei dieser Aufgabe besteht darin, die Grundwasserkarte und Grafiken richtig zu interpretieren, da doch das näher gelegene Pumpwerk Hinterhofwald geringere CKW-Werte aufweist. Diese Aufgabe ist an die



Abbildung 23: Die Ruine Stein vom Bahnhof Baden aus gesehen (Foto: S. HOSI 2014).

WEBGEO-Übung «Fließrichtung des Grundwassers» (BRUKER 2014) angelehnt, welche im Herbstsemester 2010 Thema bei GEO 231 (SEIBERT & SMITH 2010) war und dort auch als Prüfungsfrage kam.

4.3.3 Standort C – Theaterplatz

Der Theaterplatz befindet sich am Rande der Altstadt in der Nähe des Bahnhofs, sodass die Studierenden auf dem Weg zu diesem Standort sowie weiter zum Kraftwerk Aue auch Teile der Altstadt durchqueren. Mit dem Audioguide wird ein weiteres Angebot der Stadt Baden in die Exkursion eingebunden. Die Geschichte der Sommerlinde berührt dabei die hydrologischen Grundthemen wie Niederschlag und Evapotranspiration sowie wie den Klimawandel. Diese Themen wären an den praktisch orientierten Standorten eher schwierig umzusetzen gewesen, können so aber dennoch behandelt werden.

4.3.4 Standort D – Kanalkraftwerk Aue

Das Kraftwerk liegt am östlichen Limmatufer nahe der Stadtgrenze zu Wettingen. Die Aufgabe beginnt aber bereits auf der gegenüberliegenden Uferseite des Kraftwerks. Die Studierenden sollen nämlich das Kraftwerk von aussen selbst erkunden und ihre Eindrücke fotografisch festhalten und mit einer Bildunterschrift dokumentieren. So soll einerseits sichergestellt werden, dass der Standort besucht wird, andererseits soll auch genügend Zeit am Standort verbracht werden, um die Dimensionen zu erfassen. Dies scheint sinnvoller, als bloss abstrakte Zahlen wiederzugeben, zumal an diesem Standort auch in ökologische Aufwertungsmassnahmen investiert wurde. Bei der Korrektur der Übungen wird der Vergleich der Bildauswahl zwischen den Gruppen sicherlich spannend. Nach JAHNKE (2008) liesse sich die Aufgabenstellung auch auf verstärkt reflexiven Umgang mit dem Bildmaterial ausdehnen, indem beispielsweise ein Motiv bewusst aus verschiedenen Winkeln aufgenommen wird. Aufgrund des Umfangs der Exkursion und einer dieser Idee nahe kommenden Aufgabenstellung bei Standort H (siehe Kapitel 4.3.8) wird hier darauf verzichtet. Die Teilaufgabe zur Industriekultur soll die weit in die Vergangenheit zurückreichende Bedeutung der Wasserkraft aufzeigen, hat allerdings eher einen historischen als hydrologischen Charakter.

4.3.5 Standort E – BAFU-Messstation

Die BAFU-Messstation liegt an der Limmatpromenade, direkt beim Promenadenlift, mit welchem man zum Bahnhofplatz hochfahren kann. Die Studierenden erreichen die Messstation jedoch vom Kraftwerk Aue in südlicher Richtung aus. Die Messstation misst Temperatur,

Pegelstand und Abfluss. Die Station ist mit mehreren Bildschirmen ausgestattet, sodass man direkt vor Ort erfährt, wie die Station funktioniert und was die aktuellen Messdaten sind. Die umfangreichen Erklärungen vor Ort ermöglichen eine vielseitige Aufgabenstellung. So soll unter anderem die Messtechnik wiedergegeben werden. Diese ist zwar auch auf der Hydrodaten-Website des BAFU ersichtlich, jedoch ist die Funktionsweise des Messgeräts nur an der Station bildlich dargestellt. Daher bietet es sich auch als Aufgabe an, das Messgerät zu skizzieren, damit der Standort auch wirklich besucht wird. Ausserdem sollen die Pegel-Abfluss-Beziehung diskutiert und die aktuellen Abflussdaten interpretiert werden. Die Messung der Wasserqualität wird ebenso angesprochen. Anhand einer Grafik mit erhöhten DOC-Werten im Sommer 2005 wird noch ein Bezug zum Hochwasser 2005 gemacht.



Abbildung 24: BAFU-Messstation (Foto: S. HOSI 2014).

4.3.6 Standort F – Thermalbank

Die Thermalbank liegt am Rande des Bäderquartiers an der Limmat. Sie ist ein Gratisangebot der Stadt Baden und bietet die Gelegenheit, das Badener Thermalwasser mit einem Fussbad zu geniessen. Dieser Standort ist für einen kleinen Zwischenstopp und als Auflockerung gedacht. Bei einem warmen Fussbad sollen die Studierenden einen Flyer, historische Bilder, einen Zeitungslead sowie einen TV-Beitrag anschauen. Die beiden letzterwähnten Materialien verweisen auf das aktuelle Problem des Zerfalls des Bäderquartiers und der fehlenden Finanzierung der Aufwertungsmassnahmen. Diese Problematik soll diskutiert werden und als Grundlage für die Aufgabe in Bäderquartier (siehe Kapitel 4.3.8) dienen.

4.3.7 Standort G – Limmatquelle

Die Limmatquelle liegt wenige Meter von der Thermalbank entfernt. Die gläserne Wassersäule zeigt anschaulich, wie hoch das Druckpotential beim Badener Thermalwasser liegt. Das artesisch gespannte Thermalwasser bietet die Möglichkeit, das hydraulische Potential zu behandeln. Mithilfe von Daten einer Infotafel soll der Druck im artesisch gespannten Aquifer berechnet werden. Darüber hinaus soll ein Vergleich zum Grundwasser gemacht werden und der Gesamtguss mit den Abflüssen der Limmat und des Stadtbachs verglichen werden. Letzteres dient der Veranschaulichung. Da die Herkunft des Wassers teils mit Isotopenmes-



Abbildung 25: Limmatquelle (Foto: S. HOSI 2014).

sungen erklärt werden kann, wird auch dieses Thema angesprochen. Die Herausforderung bei dieser Aufgabe ist die Berechnung des Wasserdrucks. Denn dafür müssen die Daten auf der Infotafel und die beigelegte Grafik zum hydraulischen Potential richtig gedeutet werden.

4.3.8 Standort H – Bäderquartier

Das Bäderquartier am Limmatknie bietet sich aufgrund der aktuellen Situation (vgl. Kapitel 3.3.2, Seite 18) für eine lösungsorientierte und kreative Aufgabe an, wobei hier die Methode der Filmaufnahme gewählt wurde. Damit sollen die Studierenden dazu herausgefordert werden, sich mit den Problemen im Bäderquartier vertiefter auseinanderzusetzen. Die eigene Motivation könnte beim Videodreh eine grössere Herausforderung sein. Am Beispiel von SERWENE (2009), welche ebenso im Rahmen einer Exkursion Imagevideos drehen liess, zeigt sich zudem, dass die knappe und offene Formulierung des Arbeitsauftrags die Studierenden überfordern kann.

4.3.9 Standort I – Flusskraftwerk Kappelerhof

Das Flusskraftwerk Kappelerhof liegt im Nordwesten von Baden und ist in etwa 35 min zu Fuss vom Bäderquartier aus zu erreichen. Darüber hinaus verkehrt halbstündlich ein Bus bis zur Endstation Kraftwerk und in Gegenrichtung bis zum Bahnhof. Seit 1977 befindet sich im alten Maschinenhaus des Kraftwerks ein Elektromuseum (STALDER 1979). Dieses kann von Montag bis Samstag zu Werkzeiten besichtigt werden. Der Besuch ist kostenlos. Das Museum bietet mehrere Informationsfilme, beispielsweise über die Geschichte der Wasserkraft und ihrer Nutzung in Baden oder über die letzte Ausbautetappe. Ebenso werden alte Geräte und Turbinen präsentiert und es besteht auch die Möglichkeit, selbst etwas auszuprobieren. So kann man unter anderem mit einer Kurbel selbst Strom erzeugen und sieht anschaulich, wie viel Arbeit man investieren muss, um ein Elektrogerät für wenige Sekunden zum Laufen zu bringen. Die Studierenden werden angehalten, das Elektromuseum zu besuchen und sich dort zu informieren. Darüber



Abbildung 26: Historische Maschinengruppe für die Produktion von Wasserkraft im Elektromuseum Kappelerhof (Foto: S. HOSI 2014).

hinaus muss die Fotoaufgabe vom Standort Kraftwerk Aue ergänzt und zu Ende gebracht werden. Aufgrund des Halbstundentakts beim Busfahrplan wird der Standort noch um eine Aufgabe zum Thema Biber ergänzt, sodass die Studierenden etwa eine Stunde am letzten Standort beschäftigt sein sollten.

Tabelle 5: Zusammenfassung Themen, Materialien, Methoden und Anforderungsbereiche.

STANDORT	THEMEN	MATERIALIEN	METHODEN	AFB
Stadtbach	Renaturierung	Karte, Formeln, Daten,	Kartierung, Messung,	I
	Abflussmessung	Grafiken, Zusatzfilme	Stellungnahme	III
Ruine Stein	Grundwasser	Grundwasserkarte,	Berechnung, Interpre-	I
	Grundwasserverschmutzung, Wasserversorgung, Quellwasser	Grafiken, Infotafel, Daten, Objekte vor Ort	tation, Wiedergabe	II
Theaterplatz	Wasser und Vegetation			I
	Klimawandel, Niederschlag, Evapotranspiration	Audioguide, Zusatztext	Wiedergabe	
Kraftwerk Aue	Wasserkraft			II
	Industriekultur, Renaturierung	Infotafeln, Grafik	Fotos	
BAFU- Messstation	Hydrologische Messverfahren	Infos Messstation,	Wiedergabe, Skizzie-	I
	Abfluss, Wasserqualität, Hoch- wasser	Daten Messstation, Grafik	ren, Grafik erstellen, Interpretation	II
Thermalbank	Bäderkultur	TV-Beitrag, Flyer,		
	Ökonomische, kulturelle und politische Aspekte	Bilder, Zeitungslead, Zusatz-Radiobeitrag	Reflexion	III
Limmatquelle	Thermalwasser			I
	Artesisch gespanntes Grund- wasser, Isotopenmessung	Infotafel, Text, Daten, Formel, Grafik	Berechnung, Interpre- tation, Wiedergabe	II
Bäderquartier	Bäderkultur	TV-Beitrag, Flyer,		
	Ökonomische, kulturelle und politische Aspekte	Bilder, Zeitungslead, Zusatz-Radiobeitrag	Filmaufnahme	III
Kraftwerk Kappelerhof	Wasserkraft	Infofilme, Infotafeln,		I
	Biber	Museum, Broschüren, Radiobeitrag	Fotos, Wiedergabe	II

5 DURCHFÜHRUNG UND EVALUATION DER EXKURSION

5.1 Methodik und Organisation

Die Exkursion wurde im November 2014 als offizielle Exkursion für GEO 399/599 ausgeschrieben und in der Woche von 12. bis 16. Januar 2015 angesetzt. Der Termin wurde bewusst in der vorlesungsfreien Zeit und nach den Prüfungen gewählt, um möglichst viele Probandinnen und Probanden zu gewinnen. Das Wetter als Anmeldehemmnis wurde bedacht, aber in Kauf genommen. Insgesamt waren 45 Plätze ausgeschrieben, welche sich auf drei Dreiergruppen pro Tag verteilten, also insgesamt 15 Gruppen. Auf OLAT war es möglich, den Tag und die Gruppe auszuwählen. Letzteres war vor allem für abgesprochene Teams vorgesehen. Nach Anmeldefrist wurde ein Infoblatt mit Angaben zur Exkursion und Material verschickt, der Exkursionsführer konnte in der Woche vor der eigentlichen Exkursion abgeholt werden. Für die Evaluation wurden die Übungen ausgewertet, indem sie untereinander und mit den Musterlösungen verglichen wurden. Ebenso musste ein Fragenbogen ausgefüllt werden. Die Angabe des Namens war freiwillig, anhand der Angaben und des Abgabezeitpunkts war allerdings eine Zuteilung möglich. Die Probandinnen und Probanden wurden nach der Zuteilung zur entsprechenden Gruppe jedoch wieder anonymisiert.

Der Fragebogen umfasste folgende Punkte:

- demografische Angaben: Semester, Vorwissen, Gruppengrösse
- offene Fragen für positives und negatives Feedback sowie allgemeine Kommentare
- Fragen zur Vorbereitung auf die Exkursion und zur Orientierungshilfe
- Vergleich mit der Zürich-Exkursion für jene Studierende, die an beiden Exkursionen teilgenommen haben
- Bewertung der einzelnen Standorte bezüglich Relevanz des Standorts, Attraktivität des Standorts, Aufgabenstellung, Methoden, Materialien/Medien, Lerneffekt sowie Stimmung im Team; dazu noch eine offene Frage zum Feedback zur den Standorten
- Bewertung des Exkursionsführers bezüglich Aufbau, Verständlichkeit, Nutzen und Informationsgehalt
- Bewertungen zum Lerneffekt und Zeitrahmen.

Als Bewertungsskala wurde die Likert-Skala mit fünf Items gewählt (LIKERT 1932). Für die Standorte waren dies die Abstufungen *sehr schlecht* – *schlecht* – *mittelmässig* – *gut* – *sehr gut*, für die anderen Bewertungen *trifft nicht zu* – *trifft weniger zu* – *teils* – *trifft eher zu* – *trifft zu*. Da nominale Daten schwieriger zu verarbeiten sind, wurden die Werte für die Evaluation in eine Ordinalskala von 1 bis 5 umgewandelt. 1 steht hierbei für besonders negativ, 5 für besonders positiv. Die ordinalen Daten bergen jedoch auch den Nachteil, dass die Abstufungen nicht konsistent sind. Es lassen sich somit nur Tendenzen erkennen, aber keine absoluten Werte (LIKERT 1932). Die offenen Fragen wurden – basierend auf der Idee der Diskursanalyse (REUBER & PFAFFENBACH 2005) – in kleinerem Rahmen betrachtet und kategorisiert.

5.2 Charakterisierung der Testgruppen

Insgesamt haben sich 14 Studierende für die Exkursion angemeldet. Aufgrund der Einschreibung bildeten sich je eine Dreiergruppe am Montag und Dienstag, je eine Zweiergruppe am Mittwoch und Freitag sowie eine Vierergruppe am Donnerstag. Letztere kam zustande, da sich ein befreundetes Trio gemeinsam angemeldet hat. Nach Absprache hat die vierte, unabhängig angemeldete Person die Gruppe ergänzt, statt dass diese in zwei Zweiergruppen aufgeteilt worden wäre. Die Montagsgruppe war ortskundig und hat die Exkursion per Fahrrad absolviert. Bis auf die Freitagsgruppe hat in allen Gruppen zumindest jeweils eine Person das Bachelor-Vertiefungsmodul «Hydrologische Prozesse» besucht. Nur eine Person hat ein hydrologisches Master-Modul, in diesem Fall «GEO 471: Hydrologisches Messen und Berechnen», absolviert. Zwei Personen aus unterschiedlichen Gruppen haben an der ETH «Hydrosphäre» und/oder «Hydrogeologie und Quartärgeologie» belegt.

Darüber hinaus haben noch zwei ortskundige Masterabsolventen – mit Vorwissen aus der Bachelor-Vertiefung «Hydrologische Prozesse» – unabhängig voneinander die Exkursion absolviert. Die Aufgaben wurden angeschaut, aber nur teilweise gelöst. Das Feedback dieser Teilnehmenden erfolgte daher informell und wird im weiteren Verlauf der Arbeit nicht mehr explizit erwähnt.

5.3 Resultate

Sämtliche Resultate beziehen sich auf den Exkursionsführer vom Januar 2015. Dieser findet sich in Anhang A1.

5.3.1 Auswertung der Übungen

Die Übungen mussten jeweils bis Freitag der folgenden Woche auf OLAT abgegeben werden. Im Vorfeld war es möglich, bei Unklarheiten im OLAT-Forum oder per Mail Fragen zu stellen. Von diesem Angebot wurde allerdings kein Gebrauch gemacht. Eine Gruppe hat die knappe Beantwortung vereinzelter Aufgaben damit begründet, Dinge nicht verstanden oder gefunden zu haben – nachgefragt wurde jedoch nicht. Ansonsten wurden die Aufgaben gut bis sehr gut gelöst, mit unterschiedlich grossem Aufwand, wie beispielweise durch weitere Internetrecherche. Die Vierer- und Dreiergruppen haben die Übungen tendenziell ausführlicher gelöst, wobei für die Qualität auch das Vorwissen eine Rolle gespielt hat.

Aufgabe 1 – Renaturierung

Bei der Abflussberechnung gehen die Resultate weit auseinander. Dies ist auf Rechenfehler bei der Querschnittsfläche A zurückzuführen: Bei zwei Gruppen war A um ein Zehnfaches zu hoch, bei einer Gruppe um ein Zehnfaches zu niedrig. Da die Querschnittsfläche zuerst zur Bestimmung des Hydraulischen Radius R benötigt wird – womit u.a. die Fliessgeschwindigkeit v berechnet wird – und später mit der Fliessgeschwindigkeit multipliziert wird, um den Abfluss zu erhalten, schlichen sich Folgefehler ein. Die Stellungnahme zur Renaturierung wurde von allen Teilnehmenden als Beobachtung interpretiert und nicht als Äusserung der eigenen Meinung.

Aufgabe 2 – Grundwasser

Die unterschiedlich hohen Werte bei den Pumpwerken Aesch und Hinterhofwald wurden von vier Gruppen richtig interpretiert. Eine Gruppe hat die beiden Pumpwerke vertauscht und damit begründet, dass das näherliegende Pumpwerk Hinterhofwald (fälschlicherweise) höhere CKW-Werte aufweise, da es weniger weit entfernt sei.

Aufgabe 4 – Wasserkraft

Diese Fragestellung wurde bewusst vage gehalten. Eine Gruppe machte keine Fotos und verfasste nur einen knappen Text, die anderen vier Gruppen lieferten zwei bis vier Fotos ab, wobei auch der Textanteil stark variierte. Die Informationstafel der Limmatkraftwerke AG diente

zum Vergleich der Daten, wobei alle Gruppen auch das Jahr 1966 als letzte Umbaustufe beim Kraftwerk Aue angaben, obwohl im Exkursionsführer die Neukonzessionierung im Vorjahr mit weiteren Anpassungen erwähnt wird. Ebenso wurde der Fischaufstieg bei beiden Kraftwerken nur von einer einzigen Gruppe vermerkt.

Aufgabe 5 – Hydrologische Messverfahren

Die BAFU-Messstation wurde von allen Gruppen gut zusammengefasst, wobei zwei Gruppen das Messgerät nicht skizziert haben – diese Grafik ist nur an der Messstation ersichtlich.

Aufgabe 6 – Thermalwasser

Den Druck im Steigrohr haben drei Gruppen korrekt berechnet, wobei eine Gruppe dies unständlich mit der Meereshöhe tat. Eine Gruppe hat die Wassersäule über dem Boden (10 m) als Druckpotential ψ genommen. Eine weitere Gruppe hatte ebenso ein Verständnisproblem: Hier wurde einfach die Wassersäule bis zum Austritt (28 m) statt der ganzen 38 m genommen.

Aufgabe 7 – Bäderquartier

Die Aufgabe wurde beim Testlauf offen gehalten, dementsprechend unterschiedlich sind auch die Ergebnisse: Eine Gruppe hat mit viel Engagement ein vierminütiges Video erstellt, welches die wichtigsten im Flyer erwähnten Orte im Bäderquartier vorstellt. Eine weitere Gruppe produzierte einen einminütigen Spielfilm, in welchem ein Tourist seinen Schlüssel auf den Heissen Stein fallen lässt und sich wundert, warum dort der Boden heiss ist. Ein Einheimischer klärt ihn auf. Zwei Gruppen drehten auf der Thermalbank mit einem Schwenk über die Limmat und berichten dabei über das Thermalwasser. Beide Filme sind etwa eine Minute lang. Die letzte Gruppe filmte rund eine halbe Minute lang das Römerbad und kommentierte hinter der Kamera, was man daraus machen könnte.

Aufgabe 9 – Industriekultur

Diese Aufgabe war nicht an einen Standort gebunden, sondern musste unterwegs an der Limmatpromenade gelöst werden. Von den insgesamt vier Tafeln wurde bei allen Gruppen die am Limmatknie stehende Tafel nicht bearbeitet. Zwei Gruppen fanden drei, eine Gruppe zwei und zwei Gruppen gar nur eine Tafel.

5.3.2 Auswertung des Fragebogens

Die 14 Teilnehmenden haben sich unterschiedlich auf die Exkursion vorbereitet. Zwei Personen aus unterschiedlichen Gruppen haben bereits im Vorfeld erste Aufgaben gelöst, wobei eine Person sich auch schon die audiovisuellen Medien angeschaut hat. Bis auf zwei Studierende aus unterschiedlichen Gruppen haben alle den Exkursionsführer vorab durchgeblättert. Drei Personen möchten nur noch einen gedruckten Exkursionsführer, alle anderen bevorzugen die Kombination mit der Online-Karte. Den Hinweis, dass vor der Touristeninformation «Info Baden» auch Stadtpläne auf Papier erhältlich sind, hat niemand beachtet.

Tabelle 6: Anzahl Bewertungen *gut* oder *sehr gut* / *schlecht* oder *sehr schlecht* (n = 14). Die Farbrunterlegungen verdeutlichen positive (blau) bzw. negative (rot) Auffälligkeiten.

	RELEVANZ	ATTRAKTIVITÄT	AUFGABEN	METHODEN	MATERIALIEN	LERNEFFEKT	STIMMUNG
A	11 / 0	7 / 2	12 / 1	10 / 0	8 / 1	9 / 0	10 / 0
B	3 / 6	13 / 0	2 / 0	3 / 0	5 / 1	5 / 1	7 / 1
C	8 / 1	9 / 1	6 / 1	8 / 0	10 / 1	7 / 2	11 / 1
D	9 / 0	10 / 0	6 / 1	5 / 1	6 / 1	5 / 1	9 / 1
E	14 / 0	7 / 1	9 / 0	10 / 0	10 / 1	11 / 0	10 / 0
F	8 / 1	12 / 0	6 / 2	7 / 2	8 / 3	3 / 4	10 / 1
G	14 / 0	10 / 0	10 / 1	10 / 1	9 / 3	10 / 2	11 / 2
H	8 / 1	7 / 0	4 / 2	6 / 4	6 / 2	4 / 4	10 / 0
I	13 / 0	10 / 0	6 / 2	7 / 0	10 / 1	10 / 1	10 / 1

Tabelle 6 und Abbildung 27 (Seite 47) zeigen die Bewertungen der Standorte. Tendenziell werden Standorte, welche einen deutlichen hydrologischen Bezug haben, als relevanter bewertet. Diese werden auch in den anderen Punkten eher besser bewertet. Eine Ausnahme bei den als relevant angesehenen Standorten ist die Limmatquelle (Standort G), welche auch durchgehend (Relevanz und Attraktivität ausgenommen) vereinzelte schlechte bis sehr schlechte Bewertungen bekommt. Diese stammen jedoch von einer Gruppe, welche Verständnis- und Orientierungsprobleme hatte. Die Ruine Stein (Standort B) wurde in den Kategorien Relevanz und Attraktivität gegensätzlich bewertet. Mehrfach wird argumentiert, dass der Aufstieg zur Ruine für das Lösen der Aufgabe nicht notwendig wäre. Dies hat im Vergleich zu anderen Standorten auf die Stimmung geschlagen und tendenziell für mittelmässige

Bewertungen gesorgt. Für stärker unterschiedliche Meinungen sorgt die Aufgabe rund um die Thermalbank und das Bäderquartier. Der Sinn des Videodrehs erschloss sich einigen nicht, während andere wiederum ihren Spass beim Dreh hatten. Das Elektromuseum wurde in den offenen Fragen dreimal explizit positiv erwähnt. Dies widerspiegelt sich auch in den Bewertungen, wo der Standort Kappelerhof (I) positiver abschneidet als der Standort Aue (D), trotz fast identischer Aufgabe.

Generell wurde das selbständige und aktive Arbeiten sehr geschätzt. Auch wegen der Abwechslung – unter anderem durch die Standortwahl bedingt – würden sich zwölf der 14 Teilnehmenden weitere solche Exkursionen wünschen. Die meisten benötigten vor Ort weniger Zeit als im Exkursionsführer angegeben, was aufgrund der möglichen Nachbearbeitung aber verständlich ist. Das Wetter und Orientierungsschwierigkeiten waren allgemeine Negativpunkte. Aus organisatorischer Sicht gab es auch am Aufbau des Exkursionsführers und an der Gruppengrösse vereinzelt Kritik. Die Exkursionsform und die Smartphone-Nutzung wurden jedoch nur von einer Person explizit bemängelt. Tabelle 7 zeigt die häufigsten Nennungen bei den offenen Fragen.

Tabelle 7: Häufigste Kritikpunkte. n = 14, Mehrfachnennungen möglich.

POSITIV	n	NEGATIV	n
Standortwahl, verschiedene Aspekte	9	Relevanz Ruine Stein (jedoch attraktiv)	8
Selbständiges Arbeiten	7	Ungeeignete Jahreszeit, Wetter	4
Abwechslung, Spannung	5	Orientierungsschwierigkeiten	4
Kennenlernen einer neuen Stadt	4	Trennung Standorte/Aufgaben im Exkursionsführer	3
Freie Zeiteinteilung	3	Gruppengrösse (klein, uneinheitlich)	2
Elektromuseum	3	Zusammenhangslose Aufgaben	2
Aufbau als Postenlauf	2	Videodreh	2
Selbst aktiv sein	2	Relevanz Kulturelle Aspekte	2
Aufgabenstellungen	2	Smartphone-Nutzung	1
Datum wählbar, Flexibilität	1	Fehlende Begleitperson	1

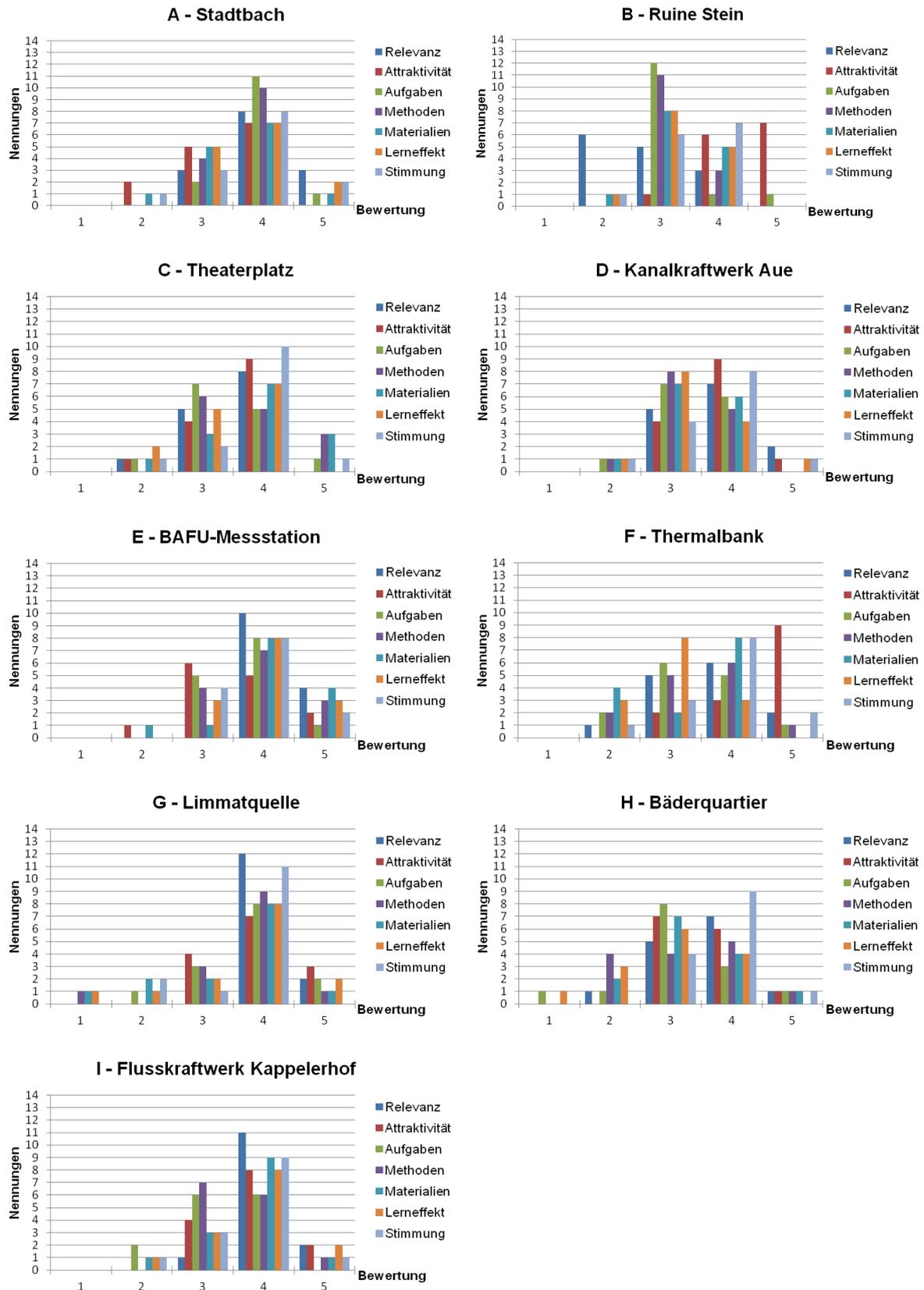


Abbildung 27: Übersicht der Bewertungen nach Standort (n = 14). Bewertung nach Likert-Skala: 1 = *sehr schlecht*, 2 = *schlecht*, 3 = *mittelmässig*, 4 = *gut*, 5 = *sehr gut*.

Drei Teilnehmende haben auch die selbständige Exkursion in Zürich absolviert. Eine Person hat auf der Zürich-Exkursion mehr gelernt, da sie Baden schon sehr gut kennt. Einer weiteren Person hat die Zürich-Exkursion gerade deshalb mehr zugesagt, weil sie ihrerseits Zürich schon kannte und folglich weniger Orientierungsschwierigkeiten hatte. Die dritte Person fand beide Exkursionen inhaltlich gut.

Der wahrgenommene Lerneffekt der gesamten Exkursion ist als einer der wenigen Parameter überhaupt normalverteilt und schwankt zwischen eher weniger und eher mehr. Dabei sind die Bewertungen nur bedingt vom Vorwissen abhängig. Ein Zusammenhang zwischen Lerneffekt und Aufgaben, Methoden und Materialien ist nur teilweise sichtbar. Vielmehr zeigt sich gerade in Tabelle 6, dass der Lerneffekt im Verhältnis ähnlich – einfach etwas weniger positiv – wie die Relevanz bewertet wird, abgesehen von der Ruine Stein (Standort B).

6 DISKUSSION UND OPTIMIERUNGSMASSNAHMEN

6.1 Organisatorisches

Die Rückmeldungen zeigen, dass aus organisatorischer Sicht noch Verbesserungspotential vorhanden ist. Die Studierenden scheinen mit dem ersten Exkursionsführer (Anhang A1) ohne Anweisung vor Ort teils etwas überfordert gewesen zu sein. Dies zeigt sich sowohl an den kommunizierten Orientierungsschwierigkeiten zweier Gruppen als auch durch die unterschiedliche Interpretation mancher Aufgabenstellungen. Auch die Route wurde vermutlich nicht überall wie angegeben befolgt. Im überarbeiteten Exkursionsführer (Anhang A2) werden daher die Standorte der «nicht gefundenen» Informationstafeln abgebildet. Zudem wird auch ein Exkursionsroutenplan auf Papier erstellt (siehe Abbildung 22). Obwohl die Online-Karte einen direkten Zugriff auf die verlinkten Materialien bietet, könnte deren Mehrwert dann aber schon hinterfragt werden. Das Vorgehen vor, während und nach der Exkursion wird ebenfalls deutlicher formuliert. Die Kritik bezüglich des Wetters war zu erwarten, wobei der Exkursionstermin im Januar ohnehin eine einmalige Ausnahme sein sollte.

6.2 Standorte und Aufgabenstellungen

Die Formulierung der Aufgaben mit Operatoren (FRAEDRICH et al. 2011, HIEBER 2011) hat teilweise mehr für Verwirrung als für Klarheit gesorgt. Die Aufgabenstellungen werden dort konkreter formuliert. Dies gilt auch für die offenen Fragestellungen, zumal bei der Wasserkraft- und der Bäderquartier-Aufgabe die Resultate doch sehr weit auseinanderklafften und die Erwartungen teils nicht erfüllt haben.

Die Überprüfung dessen, ob die Standorte wirklich besucht wurden und wie viel Zeit vor Ort aufgewendet wurde, ist schwierig. So fehlen bei einigen Gruppen Angaben, die nur vor Ort vorzufinden sind, wie beispielsweise Daten von den Informationstafeln oder die Skizze des Messgeräts bei der BAFU-Messstation. Dem Feedback zufolge sind die Standorte generell gut gewählt und abwechslungsreich, bedürfen aber in einigen Fällen einer Überarbeitung, was in den folgenden Unterkapiteln angesprochen wird.

6.2.1 Standort A – Stadtbach

Die fehlerhaften Ergebnisse bei der Abflussmessung sind nicht auf die Formulierung des Arbeitsauftrags, sondern auf Rechenfehler bei der Querschnittsfläche zurückzuführen. Um das Ergebnis zu hinterfragen, werden eine dementsprechende Frage und ein zweiter vereinfachter Messauftrag mit der Stöckchenmethode hinzugefügt. Im Gegenzug wird ein Höhenprofil des Stadtbachs bereitgestellt, was die Bestimmung des Fliessgefälles vereinfachen soll. Da die geforderte Stellungnahme zur Revitalisierung des Stadtbachs von allen Gruppen als Beschreibung aufgefasst wurde, wird diese Fragestellung konkreter formuliert.

6.2.2 Standort B – Ruine Stein

Wegen der deutlich negativen Bewertung bezüglich Relevanz bedarf dieser Standort einer umfangreicheren Überarbeitung. Die Aufgaben werden beibehalten, jedoch mit Aufgaben zum Wasserverbrauch ergänzt, die das Wasserreservoir und die Pumpstation auf der Ruine Stein mit einbeziehen. Dieses Thema wurde aus Zeitgründen im ersten Exkursionsführer weggelassen. Da jedoch der Zeitrahmen der Exkursion – gemäss Evaluation – geringer ausfällt als vorgesehen, ist der zusätzliche Aufwand machbar und sollte die Relevanz des Standorts nachvollziehbarer machen.

6.2.3 Standort C – Theaterplatz und Standort E – BAFU-Messstation

Der Aufbau dieser Standorte ändert sich nur geringfügig. Bei der BAFU-Messstation werden noch die aktuellen Abflussdaten mit einbezogen.

6.2.4 Standort D – Kraftwerk Aue

Die vage Fragestellung hat zu unterschiedlichen Ergebnissen geführt, in denen anstelle der verlangten Fotos die Daten der Kraftwerke in den Vordergrund gerückt sind. In der Fragestellung wird daher konkreter auf die Fotos hingewiesen. Die Industriekulturtafeln wurden nicht komplett gefunden, weshalb mit einer Tabelle und einem schriftlichen Hinweis nochmals auf die Anzahl Betriebe und die Lage der Tafeln hingewiesen wird.

6.2.5 Standort F – Thermalbank und Standort H – Bäderquartier

Den gedrehten Filmen nach zu urteilen scheint es so, als ob gerade der Radio- sowie der TV-Beitrag gar nicht mit einbezogen wurden. Die Aufgabenstellung wird dahingehend angepasst, dass sich das Video nun explizit auf die Situation in Bäderquartier beziehen muss. Zur Vereinfachung wird der Radiobeitrag durch eine Zeitungshheadline ersetzt, welche den Radiobei-

trag knapp zusammenfasst. Der Radiobeitrag ist immer noch als Zusatzinformation aufgeführt. Da zwei der fünf Filme direkt auf der Thermalbank gedreht wurden – das eigentliche Bäderquartier also mutmasslich nicht einmal besucht wurde – werden nun mehrere Drehorte verlangt und die Mindestdauer des Films verlängert. Mit diesen Massnahmen soll die allgemeine Akzeptanz des Standortes erhöht werden, auch wenn die Methode der Filmaufnahme nicht jedem entgegenkommt.

6.2.6 Standort G – Limmatquelle

Generell als guter Standort bewertet, hat die Rechenaufgabe rund um das Steigrohr für unterschiedliche Lösungen und vereinzelt Verständnisprobleme gesorgt. Da die Aufgabe einige Denkschritte und das Erkennen von Zusammenhängen erfordert, sind die Schwierigkeiten – gerade bei geringen Vorkenntnissen – nachvollziehbar. Abhilfe soll eine Folgefrage zum möglichen Druckwasserspiegel bei einem gespannten beziehungsweise einem ungespannten Aquifer schaffen. Darüber hinaus werden die Grafik und die Formel zum hydraulischen Potential auf derselben Seite platziert.

6.2.7 Standort I – Kraftwerk Kappelerhof

Es ist schwer ersichtlich, wer das Elektromuseum tatsächlich besucht hat. Nur eine Gruppe hat dies mit Sicherheit getan, zumal sie einen Flyer aus dem Museum in den Exkursionsbericht eingefügt hat. Die Aufgabe wird daher mit einer Teilaufgabe ergänzt, indem die Studierenden ihre Eindrücke schildern sollen. Allenfalls könnte diese Fragestellung – wie die Evaluation bei ähnlich aufgebauten Fragen zeigt – Interpretationsschwierigkeiten ergeben. Da die Frage aber eher Kontrollcharakter hat, sollte der Spielraum vertretbar sein.



Abbildung 28: Blick von der Ruine Stein auf die Lägern (Foto: S. HOSI 2014).

7 FAZIT

7.1 Allgemeines Fazit

Die generell positiven Rückmeldungen der Studierenden zeigen, dass in der Idee von selbstständig durchgeführten Exkursionen durchaus Potential steckt. Der Lerneffekt ist dabei – gemäss Bewertungen der Studierenden – weniger von den Materialien und Methoden abhängig als von der hydrologischen Relevanz der Standorte. Obwohl dies in der Evaluation so nicht zu Tage gekommen ist, dürfte aber gerade die Wahl der Methoden und Aufgabenstellungen eine wichtige Rolle spielen, zumal diese zur Relevanz beitragen.

Die Stadt Baden ist mit ihren hydrologischen und hydrogeologischen Eigenheiten, ihrer Geschichte und dem vielfältigen Angebot vor Ort ein sehr geeigneter Ort zur Veranschaulichung hydrologischer Prozesse sowie der Bedeutung von Wasser in der Gesellschaft. Das Spektrum reicht von praktischen Mess- und Berechnungsaufgaben (Stadtbach, BAFU-Messstation, Limmatquelle) über ökologische Fragestellungen (Fall ABB, Aufwertungsmassnahmen bei den Kraftwerken und beim Stadtbach) bis hin zu sozialen Problemen (Bäderquartier, Industriegeschichte). Die – in Bezug auf den Fachbereich Physische Geographie – weniger studiumsbezogenen Themen wurden von den Studierenden eher weniger goutiert und so nicht erwartet, weshalb die Exkursion von «Hydrologische Exkursion in die Stadt Baden» in «Wasser in Baden AG – Hydrologische Exkursion» umbenannt wird.

Für die Abteilung Hydrologie und Klima ist diese Exkursionsform sicherlich eine gute Option, zumal Wasser in der Schweiz ubiquitär und gut erfassbar ist. In anderen Abteilungen der Physischen Geographie sind da eher Grenzen gesetzt. Für die Fachbereiche Human- und Wirtschaftsgeographie bieten sich vor allem thematisch und bei den Aufgabenstellungen mehr Möglichkeiten, was auch die Fachliteratur zur Geographie- und Exkursionsdidaktik belegt. Aufgaben im Anforderungsbereich III sind eher umsetzbar und werden aufgrund der qualitativen und diskursiven Ansätze in diesen Fachbereichen vermutlich eher akzeptiert.

Die Organisation der Exkursion lief nicht ganz wie gewünscht. Die offenen 45 Plätze wurden von nur 14 Studierenden belegt. Auch die Suche nach weiteren freiwilligen Testpersonen erwies sich als schwierig. Hier wurde der Faktor Wetter doch unterschätzt, bei den freiwilligen Testpersonen kam sicherlich noch der Faktor Aufwand hinzu. Es wäre zu überlegen gewesen, die Exkursion bereits im Herbst anzusetzen, wobei dies die Organisation über mehrere Tage womöglich erschwert hätte und zudem schwer mit dem Zeitplan der Verfasserin zu vereinba-

ren gewesen wäre. Gespräche mit den Exkursionsteilnehmenden hätten die Evaluation bereichert, wurden jedoch aus Zeitgründen beiderseits nicht durchgeführt. Solche Inputs wurden jedoch von den beiden freiwilligen Teilnehmenden im informellen Rahmen gegeben.

Die geringe Teilnehmerzahl sowie die Evaluation mit ordinalen Daten und offenen Fragen entsprechen nicht den üblichen quantitativen Messmethoden der Physischen Geographie. Vielmehr zeigen die Ergebnisse Tendenzen auf. Die Ergebnisse konnten aber soweit genutzt und evaluiert werden, dass bereits ein überarbeiteter Exkursionsführer (siehe Anhang A2) zur Verfügung steht.

7.2 Handlungsanweisungen für zukünftig durchgeführte Exkursionen

Die folgenden Instruktionen beziehen sich auf die Erkenntnisse aus der Testexkursion, sind aber auch für neu kreierte Exkursionen gedacht.

7.2.1 Kommunikation

Da eine Exkursionsleitung vor Ort fehlt, ist eine umfassende Kommunikation notwendig. Im Vorfeld der Exkursion betrifft dies die eigentliche Exkursionsausschreibung, welche den Exkursionsaufbau erklären sollte. Nach Anmeldeschluss sollte ein ausführlicheres Informationsblatt mit den Exkursionsdetails, wie der Gruppeneinteilung und den mitzunehmenden Materialien, versandt werden. Dieses sollte auch die Abholinformation zum Exkursionsführer enthalten. Der Exkursionsführer sollte etwa eine Woche vor der Exkursion verteilt werden, damit die Studierenden genügend Zeit zur Vorbereitung haben. Die Erfahrungen auf der Baden-Exkursion haben gezeigt, dass eine Erinnerungsmail von Vorteil ist. Nach der Korrektur der Übungen ist eine Rückmeldung mit den wichtigsten Anmerkungen zu allfälligen Fehlern hilfreich.

7.2.2 Exkursionsführer

Der Exkursionsführer sollte nebst den Aufgabenstellungen und Materialien auch Informationen zum Exkursionsaufbau, zu den Standorten und eine Wegbeschreibung enthalten. Für eine bessere Orientierung sollte zusätzlich eine Übersichtskarte bereitgestellt werden. Aufgrund der Handlichkeit wird ein Exkursionsführer im Format A5 empfohlen.

Der Exkursionsführer muss vor der Durchführung und dem Druck bezüglich Aktualität überprüft werden. Dies betrifft einerseits die Links und die QR-Codes: Falls das Material nicht

mehr online verfügbar ist, sollte es aufgrund möglicher Copyrightverletzungen intern auf OLAT bereitgestellt werden; die Online-Karte sollte dann auch aktualisiert werden. Andererseits sollten mögliche Entwicklungen weiterverfolgt und im Exkursionsführer aktualisiert werden. Bei der Baden-Exkursion ist zum Beispiel insbesondere die Situation im Bäderquartier zu beachten.

7.2.3 Exkursionszeitraum und Organisation der Gruppen

Für die Durchführung der Exkursion wird eine milde Jahreszeit empfohlen, besonders, da die Studierenden auch Messungen im Wasser machen und Bild- beziehungsweise Videomaterial produzieren müssen.

Eine Gruppengröße von mindestens drei bis vier Personen ist empfehlenswert. Die Resultate haben gezeigt, dass der Aufwand für Zweiertteams ist eher zu hoch ist. Eine Verteilung der Gruppen auf mehrere Tage sollte Stau an gewissen Standorten (besonders Stadtbach, Thermalbank und Bäderquartier) vermindern. Die ideale Anzahl Gruppen pro Tag konnte bei der Testexkursion aufgrund der geringen Teilnehmerzahl nicht evaluiert werden, wird aber auf drei Gruppen pro Tag geschätzt. Für eine vereinfachte Einteilung der Gruppen könnten bei der Einschreibung beispielsweise zwei mögliche Exkursionstage angegeben werden, mit erster und zweiter Wahl. Die zweite Wahl sollte aber nur zum Zug kommen, falls sich zu viele (mehr als zwölf Personen) oder weniger als drei Personen an einem Tag anmelden.

7.2.4 Leistungsüberprüfung

Für die Nachbereitung der Übungen sollte mindestens eine Woche zur Verfügung gestellt werden. Die Standorte, Methoden und Materialien sollten so gewählt sein, dass ein Besuch des Standorts unabdingbar ist. Mögliche Massnahmen sind:

- Einbezug von Material vor Ort, sodass (Teil-)Informationen nur direkt am Standort entnehmbar sind. Bei Informationstafeln sollte aufgrund möglicher Vorabrecherche beispielsweise kein Titel genannt, aber ein deutlicher Erkennungshinweis gegeben werden. Es sollte auf die Notwendigkeit des Standortbesuchs hingewiesen werden.
- Aufgabenstellungen, die die Produktion von eigenem Bild- oder Videomaterial oder Messungen vor Ort verlangen.
- Gruppenfoto beim jeweiligen Standort als allerletzte Massnahme.

7.3 Ausblick

Diese Masterarbeit soll ein Anreiz für die Durchführung weiterer solcher Exkursionen sein. Nebst der eigentlichen schriftlichen Arbeit wird auf der beigelegten CD auch das erarbeitete Exkursionsmaterial zur Verfügung gestellt. Dieses beinhaltet die beiden Exkursionsführer im Word- und PDF-Format, Musterlösungen, die Materialien (Text-, Video- und Audiobeiträge) wie auch Hinweise zur Exkursionsorganisation. Des Weiteren besteht Kontakt zur Fachschaft Geographie an der Kantonsschule Baden. Es ist angedacht, dass diese Arbeit dort in abgeänderter Form im Geographieunterricht und womöglich auch als Exkursion verwendet wird.

Es wäre erfreulich, wenn das erarbeitete Material auch in Zukunft am Geographischen Institut genutzt und verbessert würde und auch Lernende auf Gymnasialstufe für Geographie und Hydrologie begeistern könnte.

LITERATUR

- ARNET, H. 2014. *Stop-and-go für Mario Botta*. In: Tages-Anzeiger, 04.06.2014, p.19
- BADILATTI, M. 2000. Von der verlorenen zur blauen Stadt. Entwicklungskonzept für das Bäderquartier in Baden/Ennetbaden. *Heimatschutz* 2(2000), 10–12.
- BAFU 2013. Renaturierung von Schweizer Flüssen und Bächen (Langfassung). Film, 11:16 min. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.youtube.com/watch?v=yiqBVEpFbvk>
- BAFU 2014. Stationsdaten Limmat – Baden, Limmatpromenade. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.hydrodaten.admin.ch/de/2243.html>
- BAUMGARTNER-ATTIGER, C.E. 1997. *Anwendungsmöglichkeiten und Indikationen des Thermalwassers zu Baden im Aargau vom 15. Jahrhundert bis heute*, Zürich: Medizinhistorisches Institut und Museum der Stadt Zürich, 99p.
- BEVEN, K. 2012. *Rainfall-Runoff Modelling. The Primer. Second Edition* 2nd ed., Chichester: Wiley-Blackwell, 488p.
- BIRKENHAUER, J. 1995. *Ausserschulische Lernorte*, Nürnberg: Hochschulverband für Geographie und ihre Didaktik e.V., 133p.
- BITTERLI-DREHER, P. 1999. Vom Kohlensumpf zum Wasserschloss. Die geologische Geschichte der Landschaft in der Region Baden. *Badener Neujahrsblätter* 74(1999), 10–22.
- BOLT, T. & MÜNZEL, U. 1986. *Der Bäderbezirk von Baden und Ennetbaden*, Bern: Gesellschaft für schweizerische Kunstgeschichte, 35p.
- BRUCKER, A. 2012. *Geographiedidaktik in Übersichten* 2nd ed., Hallbergmoos: Aulis Verlag, 152p.
- BRUKER, U. 2014. WEBGEO | hydro: Fließrichtung des Grundwassers. Zugriff: 15.11.2014, http://www.webgeo.de/h_004/
- BUDKE, A. & WIENECKE, M. 2009. *Exkursion selbst gemacht. Innovative Exkursionsmethoden für den Geographieunterricht*, Potsdam: Universität Potsdam, 128p.

- BURGER, H. 2009. Vorkommen, Nutzung und Schutz von Thermalwässern und Mineralwässern im Kanton Aargau. Eine Übersicht. *Swiss Bulletin für angewandte Geologie* **14/1+2**(2009), 13–27.
- BURGER, T. 2011. Win-win bei Wasserkraftwerk-Erneuerung. *Umwelt Aargau* **53**, 43–47.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) 2014. *Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss* 8th ed., Bonn: Selbstverlag Deutsche Gesellschaft für Geographie (DGfG), 93p.
- DICKEL, M. 2009. *Vielperspektivität und Teilnehmerzentrierung. Richtungsweiser der Exkursionsdidaktik*, Wien: LIT, 188p.
- DR. HEINRICH JÄCKLI AG 2011. *Überarbeitung Grundwasserkarte Kanton Aargau. Limmat-, Reuss- und Aaretal (Perimeter 4). Hydrogeologisches Profil 2. Beilage 10 zum Bericht vom 11. November 2011*, Baden, 1p.
- DR. VON MOOS AG 2014. *Quellfassungen Mosenhau der Regionalwerke AG Baden. Aktualisierung Schutzzonenreglement. Ergänzender Bericht*, . Unveröffentlichter Bericht, Baden 13p.
- ECHO DER ZEIT 2014: *Stillstand im Badener Bäderquartier*. Radiobeitrag vom 10.04.2014, 5:01 min. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.srf.ch/player/radio/echo-der-zeit/audio/stillstand-im-badener-baederquartier?id=e23cdf32-576d-42f7-b513-a1674602680f>
- FABIAN, P. 1992. *Atmosphäre und Umwelt. Chemische Prozesse - Menschliche Eingriffe. Ozon-Schicht - Luftverschmutzung - Smog - Saurer Regen*, Berlin: Springer-Verlag, 144p.
- FEULNER, B. & OHL, U. 2014. Mobiles ortsbezogenes Lernen im Geographieunterricht. *Praxis Geographie* **44**(7-8), 4–7.
- FRAEDRICH, W., HIEBER, U. & LENZ, T. 2011. Operatorenliste. *Geographie heute* **291/292**(2011), 10–11.
- FREEZE, R.A. & CHERRY, J.A. 1979. *Groundwater*, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 604p.

- GALBIATI, S. 2013. *Wasser vom Dättwiler Weiher rauscht zwei Monaten zu spät los*. In: Aargauer Zeitung, 17.12.2013. Zugriff: 10.11.2014, <http://www.aargauerzeitung.ch/aargau/baden/wasser-vom-daettwiler-weiher-rauscht-zwei-monaten-zu-spaet-los-127488737>
- GEOGRAPHISCHES INSTITUT UNIVERSITÄT ZÜRICH 2013. *Merkblatt Exkursionen GEO 399, GEO 599, GEO 999*, Zugriff: 15.02.2015, http://www.geo.uzh.ch/fileadmin/files/content/studium/All_Downloads/Merkblatt_Obligatorische_Exkursionen.pdf
- GESSLER, M. 2005. Die Bäder von Baden. Rechtliche Freiräume (1415-1714). In *Freizeit und Vergnügen vom 14. bis 20. Jahrhundert* (ed. H.-J. Gilomen), pp. 69–85.
- GILOMEN, H.-J. 2005. *Freizeit und Vergnügen vom 14. bis 20. Jahrhundert*, Zürich: Chronos, 344p.
- GLASZE, G. 2009. Training teilnehmerzentrierter Exkursionskonzepte im Verein ‘Geographie für Alle’ und in der geographischen Hochschullehre. In *Vielperspektivität und Teilnehmerzentrierung. Richtungsweiser der Exkursionsdidaktik* (ed. M. Dickel), pp. 165–180. , LIT.
- HABERBOSCH, P. 1942. *Baden und Umgebung. Ein geologisches Skizzenbuch*, Baden: Boner & Co., 20p.
- HABERBOSCH, P. 1956. *Der Badener Stadtbach im Wandel der Zeiten. Interessante Reminiscenzen*. In: Badener Tagblatt, 31.08.1956, p.5
- HAEBERLI, W., SCHMIDT, M., BURGA, C. & PAUL, F. 2009. Grundzüge und Sphären. Vorlesungsskript GEO 111.1 Physische Geographie I - HS 2009, 154p.
- HÄNGGLI, T. 2008. Limmat: Flusslandschaft und Nutzungen im Wandel. *Badener Neujahrsblätter* **83**(2008), 166–176.
- HARDER, W. 1939. Ueber die Grundwasserverhältnisse des untern Limmattals. *Badener Neujahrsblätter* **15**(1939), 19–35.
- HAUBRICH, H. 2006. *Geographie unterrichten lernen. Die neue Didaktik der Geographie konkret* 2nd ed., München: Oldenbourg, 384p.

- HÄUSLER, H.P. 2007. «Froschumleitung». Die erfolgreiche Neubesiedelung der Dättwiler Weiher durch Erdkröten. *Badener Neujaarsblätter* **82**(2007), 52–59.
- HAVERSATH, J.-B. 2012. *Geographiedidaktik: Theorie, Themen, Forschung*, Braunschweig: Westermann, 362p.
- HEMMER, M. & UPHUES, R. 2009. Zwischen passiver Rezeption und Aktiver Konstruktion. Varianten der Standortarbeit aufgezeigt am Beispiel der Grosswohnsiedlung Berlin-Marzahn. In *Vielperspektivität und Teilnehmerzentrierung. Richtungsweiser der Exkursionsdidaktik* (ed. M. Dickel), pp. 39–50. , Wien: LIT.
- HIEBER, U. 2011. Operatoren anwenden! Verschiedene Anforderungsbereiche abdecken. *Geographie heute* **291/292**(2011), 12–15.
- HIEBER, U., LENZ, T. & STENGELIN, M. 2009. Medien auswerten. Fachtypische Methoden im Spiralcurriculum. *Geographie heute* **271/272**(2009), 2–12.
- JAHNKE, H. 2008. Der digitale Blick. Geographische Entdeckungen auf dem Schulgelände machen. *Geographie heute* **263**(2008), 44–47.
- KANTON AARGAU 2010. *Gefahrenkarte Hochwasser Limmattal. Teil 3. Gemeinden Neuenhof, Wettingen, Baden und Ennetbaden. Technischer Bericht*, 67p.
- KANTON AARGAU 2014. *Geodaten von Baden*. Zugriff: 01.11.2014, <https://www.ag.ch/onlinekarten>
- KANZ, W. 2005. Die Badener Thermalquellen – neue Erkenntnisse zur Frage ihres Ursprungs. *Badener Neujaarsblätter* **80**(2005), 122–129.
- KIRCHHOFER, A. 2011. Grenzenlose Mobilität – auch für die Fische der Limmat. *Umwelt Aargau* **53**, 35–42.
- KLEIN, M. 2010. *Exkursionsdidaktik. Eine Arbeitshilfe für Lehrer, Studenten und Dozenten* 2nd ed., Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 141p.
- KREMB, K. 2003. Lehrpfade - geographisches Medium im Wartestand. *Praxis Geographie* **33**(1), 4–7.

- KUNKEL, R., HANNAPPEL, S., VOIGT, H.-J. & WENDLAND, F. 2002. Die natürliche Grundwasserbeschaffenheit ausgewählter hydrostratigrafischer Einheiten in Deutschland. In *Länderfinanzierungsprogramm 'Wasser und Boden' der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) : Abschlussbericht Vorhaben G 3.02*, Jülich, Berlin und Cottbus: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 93p.
- LENZ, T. 2003. Handlungsorientierung im Geographieunterricht. *Geographie heute* **210**(2003), 2–7.
- LIKERT, R. 1932. A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology* **22**(140), 5–55.
- LIMMATKRAFTWERKE AG & CREATO 2010. *Neukonzessionierung und Bauprojekt Kraftwerk Aue. Umweltverträglichkeitsbericht. Hauptuntersuchung, ergänzt mit Neugestaltung im Unterwasser*. Unveröffentlichter Bericht, Baden.
- LORENZI, D., RINDERKNECHT, J. & SEIBERT, J. 2010. Grundzüge der Hydrologie. Skript zur Vorlesung Hydrologie (GEO 231/GEO 761), 138p.
- LÖSSNER, M. 2010. *Exkursionen im Erdkundeunterricht: didaktisch gewünscht und in der Realität verschmäht? Ergebnisse einer empirischen Untersuchung an mittelhessischen Gymnasien*. Giessen: Justus-Liebig-Universität, 293p.
- LÖW, S. 1987. Die Thermalquellen von Baden. Eine geologisch-hydrogeologische Einführung. *Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure* **53**(125), 15–18.
- MEIER, B., STEIGMEIER, A. & STRAUB, F. 1997. Der Industriekulturpfad Limmat-Wasserschloss im Raum Baden-Ennetbaden. Industriekulturpfad Limmat-Wasserschloss, Dokumentation 6., 26p.
- MITTLER, O. 1962. *Geschichte der Stadt Baden. Band 1. Von der frühesten Zeit bis um 1650*, Aarau: Sauerländer, 416p.
- MITTLER, O. 1965. *Geschichte der Stadt Baden. Band 2. Von 1650 bis zur Gegenwart*, Aarau: Sauerländer, 428p.

- MÜNZEL, U. 1947. *Die Thermen von Baden. Eine balneologische Monographie*, Zürich: ETH Zürich, 300p.
- MÜRI, H. 2007. Vernetzung für Badener Wildtiere. Sanierung der Wildtierkorridore Grosszelg und Weierhau. *Badener Neujahrsblätter* **82**(2007), 60–66.
- NAUDASCHER, E. 1992. *Hydraulik der Gerinne und Gerinnebauwerke* 2nd ed. ed. E. Naudascher, Wien: Springer-Verlag, 352p.
- NAVO 2010. *Tatort Natur in der Stadt Baden*, Baden: NAVO Natur- und Vogelschutzverein Baden/Ennetbaden, 20p.
- NEBEL, J. 1997. Freiarbeit im Geographieunterricht. *Praxis Geographie* **27**(12), 7–13.
- NEEB, K. 2012. *Geographische Exkursionen im Fokus empirischer Forschung. Analyse von Lernprozessen und Lernqualitäten kognitivistisch und konstruktivistisch konzeptionierter Schülerexkursionen*, Weingarten: Selbstverlag des Hochschulverbandes für Geographie und ihre Didaktik, 296p.
- NEUHAUS, H. & KAYSEL, R. 1991. *Die Brunnen der Stadt Baden*, Baden: Baden-Verlag, 63p.
- REGIONALJOURNAL AARGAU SOLOTHURN 2014. *Die Biber haben ihre Reviere im Aargau verschoben*. Radiobeitrag vom 21.05.2014, 3:24 min. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.srf.ch/player/radio/regi-ag-so/audio/die-biber-haben-ihre-reviere-im-aargau-verschoben-21-5-2014?id=73195f7e-adae-4424-9c5b-5b56cd4109cb>
- REGIONALWERKE AG BADEN 2013. Plus Minus 41. *Kundenmagazin der Regionalwerke AG Baden*, 23p.
- REGIONALWERKE AG BADEN 2014. *Wasserqualität der Gemeinden Baden und Ennetbaden*. Zugriff: 03.12.2014, http://www.regionalwerke.ch/fileadmin/user_upload/Dokumente/Wasser/Wasserqualitaet_Baden_und_Ennetbaden_2014.pdf
- REGIONALWERKE AG BADEN 2015. *Erneuerbare Energie aus Wasserkraft*. Zugriff: 15.02.2015, <http://www.regionalwerke.ch/privatkunden/produkte/strom/wasserkraft.html>

- REUBER, P. & PFAFFENBACH, C. 2005. *Methoden der empirischen Humangeographie. Beobachtung und Befragung*, Braunschweig: Westermann, 252p.
- REUSCHENBACH, M. 2008. «Warum in die Ferne schweifen...». Kurzexkursionen als sinnvolles und machbares Element alltäglichen Geographieunterrichts. *Geographie heute* **263**(2008), 2–7.
- REUSCHENBACH, M. & LENZ, T. 2012. WWW, WebQuest, Whiteboard & Co. Digitale Medien im Geographieunterricht. *Geographie heute* **303**(2012), 2–9.
- RICK, B. 2007. Von heissen Quellen und Baugruben. *Umwelt Aargau* **36**, 23–30.
- RINSCHEDI, G. 1995. Schülerexkursionen in der Heimat- und Sachkunde und im Erdkundeunterricht. Methoden und Ergebnisse einer Umfrage an bayrischen Schulen. In *Ausserschulische Lernorte* (ed. J. Birkenhauer), pp. 93–110. , Nürnberg: Hochschulverband für Geographie und ihre Didaktik e.V.
- RINSCHEDI, G. 2007. *Geographiedidaktik* 3rd ed., Paderborn: UTB, 544p.
- ROTH, N. 2014, *Sauberwasserleitung/Bachbau Stadtbachstrasse, Baden. Schlussbericht*. Nussbaumen: Ingenieurbüro Senn, 1 p. Zugriff: 10.11.2014, http://www.ingsenn.ch/download.php?file_id=209
- SCHÄR, A. 2010. Mit der Vergangenheit in die Zukunft - 2000 Jahre Bäderkultur in Baden. *Archäologie der Schweiz* **33**(1), 24–30.
- SCHINDLER, C. 1978. Zur Geologie von Baden und seiner Umgebung. *Badener Neujaersblätter* **53**(1978), 109–162.
- SEIBERT, J. & SMITH, R. 2010. Vorlesungsunterlagen GEO 231 - Hydrologie - HS 2010.
- SEIBERT, J. & STEINEGGER, U. 2013. Vorlesungsunterlagen GEO 471 - Hydrologisches Messen und Berechnen - FS 2013.
- SEIBERT, J. & POOL, S. 2014. Hydrologische Exkursion in der Stadt Zürich. Exkursionsführer, 45p.

- SEIBERT, J. & POOL, S. 2015. Feedback zur hydrologischen Exkursion in der Stadt Zürich - Zusammenfassung , 3p.
- SEIBERT, J., SCHNEIDER, P., EWEN, T., FISCHER, B. & RINDERER, M. 2011. Vorlesungsunterlagen GEO 351.5 - Hydrologische Prozesse - HS 2011.
- SEIBERT, J., ZAPPA, M. & ADDOR, N. 2012. Vorlesungsunterlagen GEO 475 - Hydrological Modelling and Programming - HS 2012.
- SERWENE, P. 2009. Regisseur, Schauspieler, Kamera – der Filmdreh als Methode für den Perspektivenwechsel. In *Exkursion selbst gemacht. Innovative Exkursionsmethoden für den Geographieunterricht* (eds. A. Budke & M. Wienecke), pp. 109–118. , Potsdam: Universität Potsdam.
- SIEGMUND, A. 2002. Neue und traditionelle Medien im Geographieunterricht. *Praxis Geographie* **32**(6), 4–8.
- STADT BADEN 2004. *Geo Pfad*. Broschüre. Baden: Stadt Baden, 27p.
- STADT BADEN 2010. *Umweltbericht der Stadt Baden*, Baden: Stadt Baden, 99p.
- STADT BADEN 2012. *Mineralien im Badener Thermalwasser*. Zugriff: 01.11.2014, http://www.baden.ch/documents/20121026_thermen_mineralien.pdf
- STADT BADEN 2014. *Planungsbericht 2014*, Baden: Stadt Baden, 98p.
- STADT BADEN 2015. *Stadtführungen Baden*. Zugriff: 15.02.2015, http://www.baden.ch/xml_1/internet/de/application/d78/d190/f205.cfm
- STADT BADEN o.J. *Baden ist Quelle. Das mineralreichste Thermalwasser der Schweiz erleben*. Faltprospekt. Baden: Stadt Baden, 6p.
- STADT BADEN & KANTON AARGAU 2013. *Karte Stadt und Region*. Zugriff: 15.02.2015, http://www.baden.ch/documents/Pub_Karte_Region_Baden_2013_1.pdf
- STADTFORSTAMT BADEN 2009. *Badener Natur – saisongerecht*. Broschüre. Baden: Stadtforstamt Baden, 44p.
- STADTFORSTAMT BADEN o.J. *Audioguide*. Faltprospekt. Baden: Stadtforstamt Baden, 6p.

- STALDER, J. 1979. Kleines technisches Museum im alten Maschinenhaus des Kraftwerkes Kappelerhof in Baden. *Badener Neujahrsblätter* **54**(1979), 63–66.
- STALDER, J. 1986. Die Trinkwasserversorgung der Stadt Baden: von einst und heute. *Badener Neujahrsblätter* **61**(1986), 49–60.
- STEIGMEIER, A. 1991. *Mehr Licht. Der Weg der Stadt Baden zur modernen Energie- und Wasserversorgung*, Baden: Baden-Verlag, 127p.
- STREIF, F. 2011. Ein Juwel in nüchterner Fassung: die Dättwiler Weiher. *Badener Neujahrsblätter* **86**(2011), 26–39.
- STROBL, T. & ZUNIC, F. 2006. *Wasserbau. Aktuelle Grundlagen – Neue Entwicklungen*, Heidelberg: Springer-Verlag, 602p.
- STUCKI, T. 2007. I'm an American in Baden. Der Signalkrebs im Dättwiler Weiher. *Badener Neujahrsblätter* **82**(2007), 31–41.
- SWISSTOPO 2014. *Geodaten von Baden*. Zugriff: 01.11.2014, <http://map.geo.admin.ch/>
- TESINI, C. 2014. Dynamischer, aber konstanter Biberbestand. *Umwelt Aargau* **64**, 33–36.
- THIEL, D. 2009. Der Biber breitet sich aus. *Umwelt Aargau* **43**, 39–44.
- UMWELT AARGAU 2011. Gefahrenkarte Hochwasser. *Umwelt Aargau Sondernummer* **34**(November 2011), 76p.
- UNIVERSITÄT ZÜRICH 2015. *Vorlesungsverzeichnis. Modul: GEO 862 Cold Region Hydrology*. Zugriff: 15.02.2015, <http://www.vorlesungen.uzh.ch/FS15/lehrangebot/fak-50000008/sc-50544113/cga-50544113010/cg-50017491/cg-50017492/sm-50741214.modveranst.html>
- VOSER, P. & BOLLIGER, A. 2004. Die Fischfauna im Aargauer Limmattal. *Umwelt Aargau* **26**, 5–8.
- WILDE, M., URHAHNE, D. & KLAUTKE, S. 2003. Unterricht im Naturkundemuseum : Untersuchung über das «richtige» Mass an Instruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* **9**(2003), 125–134.

WIMMER, R. 2006. 100 Liter am Tag. Der Wassertransport im Baum. *Zuschnitt* **22**(2006), 13.

WÜTHRICH, C. 2013. *Methodik des Geographieunterrichts*, Braunschweig: Westermann, 262p.

10 VOR 10 2010. *Serie «Wasserwelten»: Bäderstadt Baden*. TV-Beitrag vom 05.08.2010, 4:31 min. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.srf.ch/player/tv/10vor10/video/serie-wasserwelten-baederstadt-baden?id=2aedad5a-c75a-4a87-a81d-e761ac6e86e0>

ZENTRALBIBLIOTHEK ZÜRICH, GRAPHISCHE SAMMLUNG UND FOTOARCHIV 2014. *Bilder von Franz Hegi, Kupferstecher, Zeichner, Schweiz, 1774 - 1850*

ZIMMERMANN-DIEBOLD, K. 1991. Die Nutzung der Wasserkraft der Limmat in Baden und Ennetbaden. *Badener Neujahrsblätter* **66**(1991), 76–92.

ANHANG

A1 Exkursionsführer, Stand Januar 2015

Hydrologische Exkursion Stadt Baden

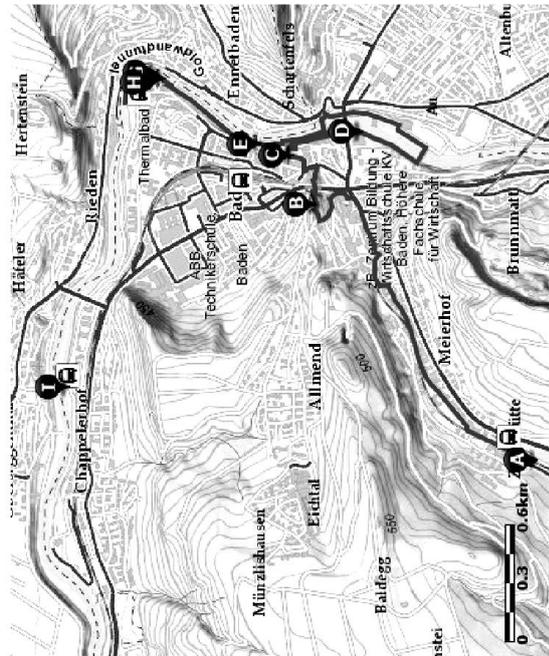


Geographisches Institut Universität Zürich, Abteilung H2K

Sanja Hosi, Januar 2015

Übersicht Route und Standorte

Die Exkursionsroute als Online-Karte aufs Smartphone:



(Printscreen Online-Karte)

2

Einführung

Bei dieser Exkursion lernen Sie Orte in der Stadt Baden kennen, die im Zusammenhang mit Wasser stehen, und wenden dabei Lerninhalte des Studiums praktisch an.

Mit diesem Exkursionsführer können Sie mit Ihrer Gruppe die einzelnen Standorte selbständig aufsuchen und die Übungen lösen. Dazu steht Ihnen auch eine Online-Karte mit den Standorten und der Route zur Verfügung, die Sie auf Ihrem Smartphone abrufen können (siehe Seite 2). Auf www.badenwien.ch erfahren Sie zudem, wie und wo Sie gratis WLAN-Zugang bekommen. Vor dem Eingang von Info Baden sind bei Bedarf auch gratis Stadtpläne auf Papier erhältlich.

Sie können die Startzeit und Pausen selbst bestimmen, sollten jedoch spätestens gegen **16.15 Uhr beim Kraftwerk Kappelhof** (letzter Standort) sein, da das Elektromuseum dort nur bis 17 Uhr geöffnet hat. Die Gesamtdauer der Exkursion (Wegstecken und Übungen) beträgt ohne Pausen etwa 7.5 Stunden.

Jede Gruppe muss bis spätestens eine Woche nach der Exkursion (**23.01.2015**) gemeinsam eine Lösung im Abgabedner auf OLAT abgeben. Ungenügende Arbeiten müssen verbessert werden.

Seite	Standort Aufgabe	Thema	Zeitbedarf (min) Übung / Weg
4	A – Stadtbach Aufgabe 1	• Renaturierung	40 / 10 + 50
5	B – Ruine Steih Aufgabe 2	• Grundwasser	15 / 10
6	C – Theaterplatz Aufgabe 3	• Wasser und Vegetation	15 / 10
7	D – Kanal kraftwerk Aue Aufgabe 4 & 9	• Wasserkraft • Industriekultur	30 / 15
8	E – BAFU-Messstation Aufgabe 5	• Hydrologische Messverfahren	40 / 15
8	F – Thermalbank Aufgabe 7 a+b	• Bäderkultur	30 / 5
9	G – Limmatquelle Aufgabe 6	• Thermalwasser	30 / 15
10	H – Bäderquartier Aufgabe 7 c+d & 9	• Bäderkultur • Industriekultur	40 / 10
11	I – Flusskraftwerk Kappelhof Aufgabe 4 & 8	• Wasserkraft • Biber	60 / Ende

3

Standort A – Stadtbach

Vom Bahnhof zum Stadtbach (10 min)

Ab Busestation Bahnhof Baden West mit Bus 6 (Richtung Rütihof) oder Bus 7 (Richtung Birnenstorf) bis Badener Tor. In Fahrtrichtung zu Fuss weiter, bei der Kreuzung Dättwilerstrasse rechts und über den Weg hinunter zum Dättwiler Weiher.



Der Badener Stadtbach ist heute grösstenteils eingedolt. Es gibt noch drei freigelegte Abschnitte. Abschnitt 1 beim Dättwiler Weiher wurde im Dezember 2013 freigelegt. Dabei wurde gleich noch Abschnitt 2 aufgewertet. Der Stadtbach mündet zwischen der Holz- und Hochbrücke in die Limmat. Ein weiteres Renaturierungsprojekt werden Sie am Standort D vorfinden.

(GALBIATI, 2013; HABERBOSCH, 1956)



Aufgabe 1, Thema Renaturierung, S. 12

Dem Stadtbach entlang bis zur Ruine Stein (50 min)

Entlang der Gleise (Weiherweg → Stadtbachstrasse → beim Werkhof links → Mellingerstrasse) und dann durch die Unterführung. Beim Pizza Blitz vorbei, links via Mellingerstrasse, Lindenplatz gehen. Beim Bezirksgericht links den Mansbergweg hinauf und via Schlossbergweg zur Aussichtsplattform auf der Ruine Stein.

4

Standort B – Ruine Stein



Blickt man von der Aussichtsplattform der Ruine Stein Richtung Norden, entdeckt man das ABB-Areal. Der Betrieb war dafür verantwortlich, dass 1990 in der Trinkwasserfassung Aesch (Obersiggenthal) eine erhöhte Konzentration von chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) gemessen wurde. Die ABB reinigte nämlich Metallteile mit CKW, wobei die leicht flüchtigen Substanzen versickern und bis in den 40 m tief liegenden Grundwasserstrom vordringen konnten.

(STADT BADEN 2010)



Aufgabe 2, Thema Grundwasser, S. 14

Von der Ruine Stein zum Theaterplatz (10 min)

Die St.-Niklaus-Stiege hinunter und via Löwenplatz und Schlossbergplatz bis zum Theaterplatz.

5

Standort C – Theaterplatz



Neben dem Restaurant Piazza steht eine Sommerlinde. Wählen Sie die angegebene Nummer auf der Audio-guide-Tafel.

Aufgabe 3, Thema Wasser und Vegetation, S. 16

Vom Theaterplatz zum Kanalkraftwerk Aue (10 min)

Bei der Parkgebührrstation die Treppe hinunter Richtung Limmat. Über die Kronengasse geradeaus an der Holzbrücke und Hochbrücke vorbei zum Von-Rechenberg-Weg.

6

Standort D – Kanalkraftwerk Aue



Das Kanalkraftwerk Aue – auf der gegenüberliegenden Uferseite – wurde im Rahmen einer Neukonzessionierung im September 2014 neu eingeweiht. So wurde unter anderem eine Maschinengruppe im Kraftwerk ersetzt und beim Wehr ein Dotierkraftwerk gebaut. Mit diesem lässt sich auch mit dem Restwasser Strom produzieren. Dazu kommen diverse Renaturierungsmaßnahmen, welche in den Materialien ersichtlich sind.

Die Wasserkraft wurde allerdings schon lange vor dem Bau des Kraftwerks genutzt – in der Industrie. Bei der Wehrbrücke befindet sich die erste Infotafel zum Thema Industriekultur in Baden.

(LIMMATKRAFTWERKE AG & CREATO 2010)

Aufgabe 4, Thema Wasserkraft, S. 16

Aufgabe 9, Thema Industriekultur, S. 24

Vom Kraftwerk Aue zur BAFU-Messstation (15 min)

Über die Holzbrücke, bei der Holzbrücke direkt rechts runter zur Limmat. Der Limmatpromenade entlang bis zur Promenadenbrücke. Auf dem Weg befindet sich noch eine weitere Infotafel für Aufgabe 9.

7

Standort E – BAFU-Messstation



An der Limmatpromenade hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) eine Messstation platziert. Hier werden Pegelsstand, Abfluss und Temperatur gemessen. Wie dies gemacht wird, wird direkt an der Station erklärt. Die Wasserqualität wird beim Wasserkraftwerk in Turgi gemessen.

(BAFU 2014, STADT BADEN 2010)

Aufgabe 5, Thema Hydrologische Messverfahren, S. 18

Von der BAFU-Messstation zur Thermalbank (15 min)

Entlang der Limmat weiter gehen und den Schildern zur Thermalbank folgen. Unterwegs ist noch eine weitere Industriekultur-Tafel zu finden.

Standort F – Thermalbank



Machen Sie es sich einfach gemütlich und lösen Sie die angegebenen Aufgaben.

Aufgabe 7 a+b, Thema Bäderkultur, S. 22

Von der Thermalbank zur Limmatquelle (5 min)

Weiter entlang der Limmat.

8

Standort G – Limmatquelle



Die Tafel bei der Limmatquelle informiert über das Badener Thermalwasser. Mittlerweile wurden jedoch neue Erkenntnisse zur Herkunft des Wassers gewonnen (siehe Materialien), sodass die Infotafel diesbezüglich nicht mehr ganz aktuell ist.

Aufgabe 6, Thema Thermalwasser, S. 19

Von der Limmatquelle dem Limmatknie entlang ins Bäderquartier (15 min)

Weiter dem Limmatknie entlang am Römerbad vorbei. Links die Treppe beim Parkplatz hoch, vorher aber noch letzte Industriekultur-Tafel einige Meter gerade aus beachten.

9

Standort H – Bäderquartier



Das Bäderquartier hat bereits eine lange Geschichte hinter sich. Schon die Römer nutzten die Thermen von Baden. Ab dem Mittelalter war Baden ein beliebter Kurort bei den gut betuchten Leuten. Bei der sogenannten Badenfahrt reisten die Kurgäste – zuerst per Schiff auf der Limmat, später mit der Spanisch-Brölli-Bahn – speziell aus der Region Zürich nach Baden. Mehr zum Bäderquartier erfahren Sie aus den Materialien.

(STADT BADEN o.J.)

Aufgabe 7 c+d, Thema Bäderkultur, S. 22

Aufgabe 9, Thema Industriekultur, S. 24

Vom Bäderquartier zum Flusskraftwerk Kappelhof (10 min)

Mit Bus 9 (Richtung Kraftwerk) ab Busstation Thermalbaden/Bäder bis Endstation Kraftwerk.

Achtung, der Bus verkehrt in beide Richtungen nur halbstündlich. Alternativ: Weiter zu Fuss entlang der Limmat (35 min).

10

Standort I – Flusskraftwerk Kappelhof



Im Elektromuseum Kappelhof erfahren Sie anhand der Ausstellungsobjekte und Infofilme mehr über die Geschichte des Kraftwerks und die Nutzung der Wasserkraft. Das Museum ist werktags bis 17 Uhr geöffnet. Sollte die Tür verschlossen sein, melden Sie sich bei der Anmeldung (beim Briefkasten klingeln).

Eine naturgegebene Form von Wasserbau praktiziert der Biber. Dieser hat sich auch an der Limmat angesiedelt, so unter anderem nach dem Kraftwerk Kappelhof.

(TESINI 2014)

Aufgabe 4, Thema Wasserkraft, S. 16

Aufgabe 8, Thema Biber, S. 24

Ende der Exkursion

Mit Bus 9 zurück zum Bahnhof Baden.

11

Aufgabe 1 – Thema Renaturierung



- Suchen Sie sich eine geeignete Stelle und berechnen Sie die Abflussmenge beim ersten freigelegten Bachabschnitt. Charakterisieren Sie den Abschnitt.
- Folgen Sie dem Stadtbach und diskutieren Sie dessen Revitalisierung. Nehmen Sie in 3-5 Sätzen Stellung dazu.
- Kartieren Sie den Lauf des Stadtbaches mit Ein- und Austritten vom Dätwilier Weiher bis zur Mündung in die Limmat. Kennzeichnen Sie freigelegte bzw. eingedolte Abschnitte deutlich. Eingedolte Abschnitte dürfen abgeschätzt werden.

M1a: Karte zur Kartierung des Stadtbachs, separat ausgeteilt (SWISSTOPO 2014)

M1b: Formeln zur Berechnung des Abflusses

Allgemeine Fließformel:

$$Q = v * A$$

wobei:

$$R = \frac{A}{U} \quad I = \frac{\Delta h}{\Delta l}$$



Q = Abfluss [m³/s]

v = Fließgeschwindigkeit [m/s]

A = Fließquerschnitt [m²]

Δh = Änderung der Höhe [m]

K_{st} = Rauheitsbeiwert [m^{1/2}/s]

R = Hydraulischer Radius [m]

U = Benetzter Umfang [m]

Δl = Änderung der Länge [m]

M1c: Karte Umgebung Bachabschnitt 1 (SWISSTOPO 2014)

Zur Bestimmung des Fließgefälles I , **Tipp:** Werkzeuge – Messen

QR-Code oben rechts, Link: <http://s.geo.admin.ch/60941223a8>

M1d: K_{st} -Werte (NAUDASCHER 1992)

Oberfläche	k_{st} [m ^{1/2} /s]
Regelmässiges Bachbett mit fester Sohle	40
Regelmässiges Bachbett mit mässigem Geschiebe	33-35
Verkrautetes Bachbett	30-35
Unregelmässiges Bachbett mit Geröll	30
Unregelmässiges Bachbett mit viel Geschiebe	28
Wildbach mit Felsblöcken mit ruhendem Geschiebe	25
Wildbach mit Felsblöcken und Geschiebe	20

Zur Vertiefung (siehe Literatur):

Z1a: Film «Es werde Wasser! Die allererste Mini-Flutweile strömt in den Stadtbach», 1:25 min (GALBIATI 2013)

Z1b: Film «Renaturierung von Schweizer Flüssen und Bächen (Langfassung)», 11:16 min (BAFU 2013)

Aufgabe 2 – Thema Grundwasser



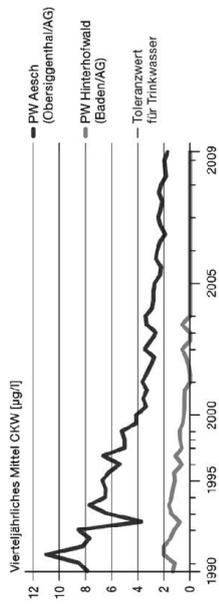
- Erklären Sie die unterschiedlich hohen CKW-Werte bei den Pumpkraftwerken Hinterhofwald und Aesch und vergleichen Sie diese mit den Werten beim ABB-Areal (Toleranzwert für Trinkwasser: 10 µg/l).
- Charakterisieren Sie das Limmatgrundwasser bezüglich Temperatur, Tiefe Grundwasserstrom, Chemische Zusammensetzung, Geologie, Wassernutzung, Wassergewinnung.

M2a: Infotafel bei der St.-Niklaus-Stiege

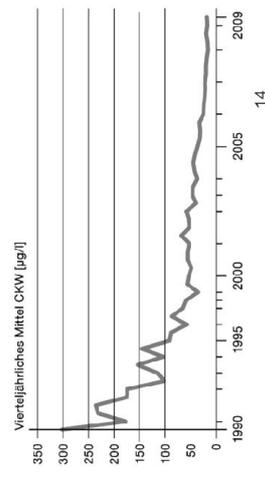
M2b: Daten Wasserqualität Baden (REGIONALWERKE AG BADEN 2014)

QR-Code oben rechts, Link:
http://www.regionalwerke.ch/fileadmin/user_upload/Dokumente/Wasser/Wasserqualitaet_Baden_und_Ehnenbaden_2014.pdf

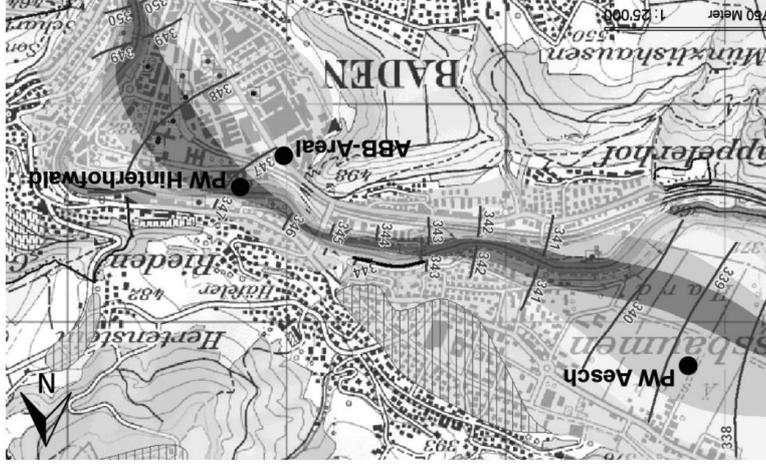
M2c: Grafik CKW-Verschmutzung Pumpwerke Aesch und Hinterhofwald (STADT BADEN 2010)



M2d: Grafik CKW-Verschmutzung ABB-Areal (STADT BADEN 2010)



M2e: Ausschnitt Grundwasserkarte (KANTON AARGAU 2014, SWISSSTOPO 2014, ergänzt nach STADT BADEN 2010)



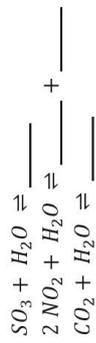
Erklärungen zur Karte:

Flächen mit Isohypsen: Mittlere bis sehr grosse Grundwassermächtigkeit
 Je dunkler die Fläche, desto grosser die Grundwassermächtigkeit

Aufgabe 3 – Thema Wasser und Vegetation

Hören Sie sich den Audioguide «Eine Linde erzählt» an (Anleitung vor Ort) und bearbeiten Sie folgende Aufgaben:

- Wie viel Wasser verdunstet die Sommerlinde im Sommer täglich? Schätzen Sie ab, ob dieser Wert im Vergleich zu anderen Bäumen eher hoch oder tief ist.
- Benennen Sie die Hauptursache für sauren Regen in Baden und die Folgen für die Stadtbäume und den Boden.
- Saurer Regen aus chemischer Sicht: Vervollständigen Sie folgende Formeln (nach FABIAN 1992) und benennen Sie die Produkte namentlich:



M3a: Audioguide «Eine Linde erzählt»

Zur Vertiefung (siehe Literatur):

Z3a: Artikel «100 Liter am Tag. Wassertransport im Baum» (WIMMER 2006)

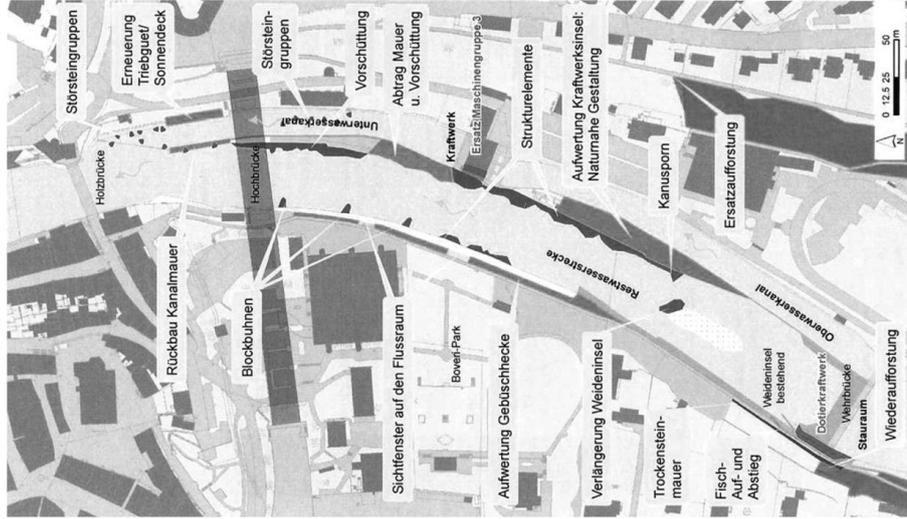
Aufgabe 4 – Thema Wasserkraft

Inspizieren Sie die Aussenanlagen der Wasserkraftwerke Aue und Kappelerhof. Arbeiten Sie anhand Ihrer Beobachtungen und der Materialien Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den beiden Kraftwerken aus und dokumentieren Sie diese mit Fotos.

M4a: Infotafeln rund um die Kraftwerke.

M4b: Infofilme im Elektromuseum Kappelerhof. Besonders empfehlenswert ist der Film zur zweiten Ausbaustappe.

M4c: Abbildung Massnahmen Neukonzessionierung Kraftwerk Aue (LIMMATKRAFTWERKE AG & CREATO 2010)



Aufgabe 5 – Thema Hydrologische Messverfahren



Messen von Abfluss, Pegelstand und Wassertemperatur

- Fassen Sie kurz zusammen, wie hier die Parameter gemessen werden und skizzieren Sie die Funktionsweise des Messgeräts.
- Stellen Sie die Pegel-Abfluss Beziehung mithilfe der Daten der Messstation grafisch dar und ermitteln Sie dabei die Funktionsgleichung.
- Diskutieren Sie die Pegel-Abfluss Kurve. Wofür ist diese Messmethode weniger geeignet, wo tauchen Probleme auf?
- Überlegen Sie sich weitere Ideen, wie man den Abfluss messen kann.

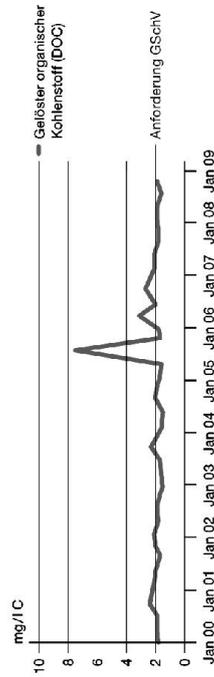
Messen von Wasserqualität

- Erklären Sie den Anstieg von gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) im Jahr 2005 mithilfe der Abflussdaten der Messstation Limmatpromenade (Anforderung Gewässerschutzverordnung bei DOC: 2 mg/l).

M5a: Daten BAFU-Messstation Limmatpromenade (BAFU 2014)

QR-Code oben rechts, Link: <http://www.hydrodaten.admin.ch/de/2243.html>

M5b: Grafik DOC in der Limmat bei der Messstation Turgi (STADT BADEN 2010)



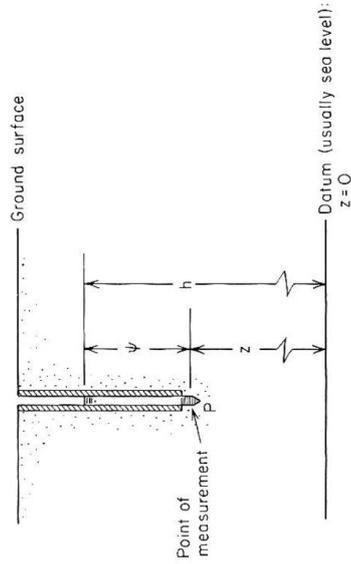
18

Aufgabe 6 – Thema Thermalwasser

- Berechnen Sie den Druck im artesisch gespannten Aquifer mit den Angaben zum Steigrohr beim Hotel Schwanen. Wenden Sie dabei das Prinzip des hydraulischen Potentials an. Wie unterscheidet sich der Druck im Vergleich zur Oberfläche? (Bei Formel M6c gilt: Druck an der Oberfläche = 0)
- Legen Sie die Probleme bei der Herkunftsbestimmung des Thermalwassers in Stichworten dar und zeigen Sie dabei den Nutzen sowie die Grenzen der Isotopenmessung auf.
- Vergleichen Sie die Eigenschaften des Thermalwassers mit demjenigen des Bader Grundwassers (siehe Aufgabe 2 b).

M6a: Infotafel bei der Limmatquelle

M6b: Grafik Prinzip Hydraulisches Potential (FREEZE & CHERRY 1979)



19

M6c: Formel zur Berechnung des hydraulischen Potentials

$$h = z + \frac{p}{\rho g}$$

h = Piezometerhöhe / hydraulisches Potential [m] p = Druck [Pa]

z = Geodätische Höhe / Lagepotential [m] ρ = Dichte Wasser [kg/m³]

ψ = Druckhöhe / Druckpotential [m] g = Gravitation [9.81 m/s²]

M6d: Dichte von Wasser in Abhängigkeit von Temperatur

Wassertemperatur [°C]	Dichte [kg/m ³]
20	998.20
25	997.04
30	995.64
35	994.03
40	992.21
45	990.21
50	988.03

M6e: «Die Badener Thermalquellen – neue Erkenntnisse zur Frage ihres Ursprungs» (Text gekürzt und verändert aus KANZ 2005)

Eine Hypothese über die Herkunft des Wassers sollte auch seine hohe Temperatur erklären. Die meisten vorgeschlagenen Einzugsgebiete helfen aber nicht weiter, wir benötigen etwa 1.5 km Tiefe, um – mit dem üblichen geothermischen Gradienten von 30 °C/km – eine Temperatur von 50 °C zu erreichen. Die spektakulärste Hypothese ist die vom Einzugsgebiet der Badener Quellen in den Alpen. Neuere seismische Befunde ergeben aber, dass die Gesteine der Trias nicht zwei, sondern mehr als sechs Kilometer unter der Molasse hindurchführen, dabei aber tektonisch stark zerdrückt und weitgehend wasserundurchlässig sind. So muss die Hypothese, das Thermalwasser käme unter der Molasse hindurch aus den Glarner Alpen, wohl begraben werden. Wir wissen aber heute aus geophysikalischen Befunden, dass die grossen tektonischen Störungen im Jura oft bis ins kristalline Grundgebirge hinab reichen. Wenn diese Überschiebungsflächen auch nur teilweise wasserdurchlässig sind, wofür vieles spricht, könnte man alle Eigenschaften der Badener Quellen (Chemie, Temperatur und Isotopen) damit in Einklang bringen.

Das Thermalwasser besteht praktisch vollständig aus Niederschlagswasser. Die radioaktiven Isotope C-14, H-3, Krypton-85 und Argon-39 im Wasser zeigen, dass wir es mit mindestens drei bis vier Komponenten zu tun haben:

- Hauptkomponente ist ein mehr als 1000 Jahre altes Wasser mit Mineralstoffen aus Evaporitgesteinen (Gips, Steinsalz) der mittleren Trias.
- Einer kleineren Komponente (< 10%) aus wenige Jahre altem Talgrundwasser mit geringerem Mineralgehalt.
- Auch ist anzunehmen, dass eine kleine Komponente junges Kluff-Grundwasser dazukommt, das auf der Hochfläche westlich von Baden in den dort an der Oberfläche anstehenden Muschelkalk versickert.
- Aus dem hohen Argon-39-Gehalt ergibt sich, dass auch ein gewisser Anteil an Tiefengrundwasser aus dem Kristallin enthalten sein muss, der nur aus mehreren Kilometern Tiefe stammen kann, vermutlich aus dem Granit.

Wie die Kristallinwasserkomponente an die Oberfläche gelangt, ist ungeklärt. Nahelegend ist die Annahme, dass das absinkende Wasser im Juragebirge den Hauptüberschiebungsflächen entlang bis in den kristallinen Sockel hinunter gelangt. Auch eine Herkunft aus dem Schwarzwald ist nicht völlig auszuschliessen. Das Kristallinwasser müsste dann nach heutigem Wissen unter dem Permokarbondrog hindurch fliessen.

Aufgabe 7 – Thema Bäderkultur

M7d: Bilder Bäderkultur (ZENTRALBIBLIOTHEK ZÜRICH, GRAPHISCHE SAMMLUNG UND FOTOARCHIV 2014)

- Geniessen Sie ein Fussbad auf der Thermalbank.
- Verschaffen Sie sich anhand der Materialien einen ersten Eindruck des Bäderquartiers. Machen Sie sich dabei schon erste Gedanken zu Aufgabe 7 c.
- Inspezieren Sie das Bäderquartier rund um den Kurplatz und reflektieren Sie die vorhergehenden Aufgaben zum Thema Thermalwasser. Präsentieren Sie das Bäderquartier anhand Ihrer Eindrücke in einem selbstgedrehten Film (Länge ca. 1-3 min).
→ Ideen: Werbefilm, Nachrichtenbeitrag, Diskussionsbeitrag, Kurzspielfilm, ...
- Begründen Sie die Wahl Ihrer Filmgattung kurz. Geben Sie Ihrem Film einen Titel und notieren Sie die Rollenverteilung. Laden Sie das Video zusammen mit den schriftlichen Übungen in den Abgabebereich hoch.



M7a: TV-Beitrag «Serie (Wasserwelten): Bäderstadt Baden», 4:31 min (10 VOR 10 2010)

Link: <http://www.srf.ch/player/tv/10vor10/video/serie-wasserwelten-baederstadt-baden?id=2aedad6a-c75a-4a87-a81d-e761ac6e86e0>



M7b: Radiobeitrag «Stillstand im Badener Bäderquartier», 5:01 min (ECHO DER ZEIT 2014)

Link: <http://www.srf.ch/player/radio/echo-der-zeit/audio/stillstand-im-badener-baederquartier?id=e23cdf32-576d-42f7-b513-a1674602680f>



M7c: Faltprospekt «Baden ist Quelle. Das mineralreichste Thermalwasser der Schweiz erleben» (STADT BADEN o.J.)

Erhältlich bei der Thermalbank, sonst auch online verfügbar.
Link: http://www.baden.ch/documents/Thermalbank_Flyer.pdf



Die Heilbäder zu Baden im Aargau
(Franz Hegi, 1808)



Das Dampfbad zu Baden
(Franz Hegi, 1827)

Aufgabe 8 – Thema Biber

Notizen

Hören Sie sich den Radiobeitrag zum Thema Biber an und diskutieren Sie in unterschiedlichen Rollen die Chancen und Probleme, die der Biber mit sich bringt und mit denen er selbst zu kämpfen hat. Notieren Sie sich zu jeder Rolle einen zusammenfassenden Satz.

Rollen: Hydrologe, Tierschützer, Anwohner, Autofahrer, Veterinärmediziner



M8a: Radiobeitrag «Die Biber haben ihre Reviere im Aargau verschoben», 3:24 min (REGIONALJOURNAL AARGAU SOLOTHURN 2014)

Link: <http://www.srf.ch/player/radio/regi-ag-so/audio/die-biber-haben-ihre-reviere-im-aargau-verschoben-21-5-2014?d=73195f7e-adae-4424-9c5b-5b56cd4109cb>

Aufgabe 9 – Thema Industriekultur

- Benennen Sie den Industriebetrieb, die Branche und die heutige Nutzung des Areals.
- Erklären Sie, weshalb das Ennetbadener Gewerbe die Wasserkraft nicht effizient nutzen konnte.

M9a: 4 Industriekulturtafeln zwischen Kraftwerk Aue und Bäderquartier

Literatur

- BAFU 2013. *Renaturierung von Schweizer Flüssen und Bächen (Langfassung)*. Film, 11:16 min. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.youtube.com/watch?v=yiqBVEpFbvk>
- BAFU 2014. Stationsdaten Limmat – Baden, Limmattpromenade. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.hydrodaten.admin.ch/de/2243.html>
- ECHO DER ZEIT 2014. *Stillstand im Badener Bäderquartier*. Radiobeitrag vom 10.04.2014, 5:01 min. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.srf.ch/player/radio/echo-der-zeit/audio/stillstand-im-badener-baederquartier?id=e23cdf32-576d-42f7-b513-a1674602680f>
- FABIAN, P. 1992. *Atmosphäre und Umwelt. Chemische Prozesse - Menschliche Eingriffe. Ozon-Schicht - Luftverschmutzung - Smog - Saurer Regen*. Berlin: Springer-Verlag, 144p.
- FREEZE, R.A. & CHERRY, J.A. 1979. *Groundwater*, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 604p.
- GALBIATI, S. 2013. *Wasser vom Dättwiler Weiher rauscht zwei Monaten zu spät los*. In: Aargauer Zeitung, 17.12.2013. Zugriff: 10.11.2014, <http://www.aargauerzeitung.ch/aargau/baden/wasser-vom-daetwiler-weiher-rauscht-zwei-monaten-zu-spaet-los-127488737>
- HABERBOSCH, P. 1956. *Der Badener Stadtbach im Wandel der Zeiten. Interessante Re-miniszenzen*. In: Badener Tagblatt, 31.08.1956, p.5
- KANTON AARGAU 2014. *Geodaten von Baden*. Zugriff: 01.11.2014, <https://www.ag.ch/onlinekarten>
- KANZ, W. 2005. *Die Badener Thermalquellen – neue Erkenntnisse zur Frage ihres Ursprungs*. *Badener Neujahrsblätter* **80**(2005), 112-129.
- LIMMATKRAFTWERKE AG & CREATO 2010. *Neukonzessionierung und Bauprojekt Kraftwerk Aue*. Umweltverträglichkeitsbericht. Hauptuntersuchung, ergänzt mit Neugesaltung im Unterwasser. Unveröffentlichter Bericht, Baden.
- NAUDASCHER, E. 1992. *Hydraulik der Gerinne und Gerinnebauwerke* 2nd ed. Wien: Springer-Verlag, 352p.
- REGIONALJOURNAL AARGAU SOLOTHURN 2014. *Die Biber haben ihre Reviere im Aargau verschoben*. Radiobeitrag vom 21.05.2014, 3:24 min. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.srf.ch/player/radio/regi-ag-so/audio/die-biber-haben-ihre-reviere-im-aargau-verschoben-21-5-2014?id=73195f7e-adae-4424-9c5b-5b56cd4109cb>
- REGIONALWERKE AG BADEN 2014. *Wasserqualität der Gemeinden Baden und Ennetbaden*. Zugriff: 03.12.2014, http://www.regionalwerke.ch/fileadmin/user_upload/Dokumente/Wasser/Wasser/erqualitaet_Baden_und_Ennetbaden_2014.pdf
- STADT BADEN 2010. *Umweltbericht der Stadt Baden*, Baden: Stadt Baden, 99p.
- STADT BADEN o.J. *Baden ist Quelle. Das mineralreichste Thermalwasser der Schweiz erleben*. Faltprospekt. Baden: Stadt Baden, 6p.
- SWISSTOPO 2014. *Geodaten von Baden*. Zugriff: 01.11.2014, <http://map.geo.admin.ch/>
- TESINI, C. 2014. *Dynamischer, aber konstanter Biberbestand*. *Umwelt Aargau* **64**, 33–36.
- WIMMER, R. 2006. *100 Liter am Tag. Der Wassertransport im Baum*. *Zuschnitt* **22**(2006), 13. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.proholz.at/zuschnitt/22/100-liter-am-tag/>
- 10 VOR 10 2010. *Serie «Wasserwelten»: Bäderstadt Baden*. TV-Beitrag vom 05.08.2010, 4:31 min. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.srf.ch/player/tv/10vor10/video/serie-wasserwelten-baederstadt-baden?id=2aedad5a-c75a-4a87-a81d-e761ac6e8660>
- ZENTRALBIBLIOTHEK ZÜRICH, GRAPHISCHE SAMMLUNG UND FOTOARCHIV 2014. *Bilder von Franz Hegi, Kupferstecher, Zeichner, Schweiz, 1774 - 1850*

Titelbild

Wunschbrunnen im Atrium-Hotel Blume (SANJIA HOSI 2014)

A2 Exkursionsführer, Stand April 2015

Wasser in Baden AG – Hydrologische Exkursion



Geographisches Institut Universität Zürich, Abteilung H2K
Sanja Hosi, April 2015

Einführung

Bei dieser Exkursion lernen Sie Orte in der Stadt Baden kennen, die im Zusammenhang mit Wasser stehen und wenden dabei auch Lerninhalte des Studiums praktisch an.

Mit diesem Exkursionsführer können Sie mit Ihrer Gruppe die einzelnen Standorte selbstständig aufsuchen und die Übungen lösen. Die Aufgaben sind mithilfe der angegebenen Materialien zu lösen, es ist keine zusätzliche Recherche gefragt. Zur Vertiefung stehen bei manchen Aufgaben auch Zusatzmaterialien zur Verfügung. Da teils Informationen nur direkt vor Ort vorzufinden sind, lohnt es sich, die vorgegebene Route einzuhalten und alle Standorte zu besuchen.

Sie können die Startzeit und Pausen selbst bestimmen, sollten jedoch spätestens gegen **16.15 Uhr beim Kraftwerk Kappelhof** (letzter Standort) sein, da das Elektromuseum dort nur bis 17 Uhr geöffnet hat.

Untenstehende Tabelle zeigt, wie viel Zeit Sie für die einzelnen Posten aufwenden sollten. Der Aufwand beträgt etwa 7.5 Stunden. Viele Aufgaben können jedoch zu Teilen vor- und nachbereitet werden. Dadurch reduziert sich die eigentliche Arbeitszeit vor Ort etwa um die Hälfte. Eine Vorbereitung wird empfohlen.

Seite	Standort	Thema	Zeitbedarf (min) Übung / Weg
4	A – Stadtbach	• Renaturierung	45 / 10 + 50
8	B – Ruine Stein	• Grundwasser	20 / 10
12	C – Theaterplatz	• Wasser und Vegetation	15 / 10
13	D – Kanalkraftwerk Aue	• Wasserkraft	30 / 15
16	E – BAFU-Messstation	• Hydrologische Messverfahren	40 / 15
18	F – Thermalbank	• Bäderkultur	20 / 5
20	G – Limmatquelle	• Thermalwasser	30 / 15
24	H – Bäderquartier	• Bäderkultur	40 / 10
25	I – Flusskraftwerk Kappelhof	• Wasserkraft • Biber	60 / Ende

Titelbild

Wunschbrunnen im Atrium-Hotel Blume (SANJA HOSI 2014)

Jede Gruppe muss bis spätestens eine Woche nach der Exkursion (**dd.mm.yyyy**) gemeinsam eine Lösung im Abgabebüro auf OLAT abgeben. Ungenügende Arbeiten müssen verbessert werden.

Es steht Ihnen – nebst der ausgedruckten Karte – auch eine Online-Karte zur Verfügung, die Sie mit dem folgenden QR-Code auf Ihrem Smartphone abrufen können. Bei den Standortssymbolen sind die jeweiligen online verfügbaren Materialien direkt verlinkt.



Auf www.badenwlan.ch erfahren Sie zudem, wie und wo Sie gratis WLAN-Zugang bekommen.

Standort A – Stadtbach

Vom Bahnhof zum Stadtbach (10 min)

Ab Busetation Bahnhof Baden West mit Bus 6 (Richtung Rütihof) oder Bus 7 (Richtung Birnenstorf) bis Badener Tor. In Fahrtrichtung zu Fuss weiter, bei der Kreuzung Dättwilerstrasse rechts und über den Weg hinunter zum Dättwiler Weiher.



Der Badener Stadtbach ist heute grösstenteils eingedolt. Es gibt noch drei freigelegte Abschnitte. Abschnitt 1 beim Dättwiler Weiher wurde im Dezember 2013 freigelegt. Dabei wurde gleich noch Abschnitt 2 aufgewertet. Der Stadtbach mündet zwischen der Holz- und Hochbrücke in die Limmat. Ein weiteres Renaturierungsprojekt werden Sie am Standort D vorfinden.

(GALBIATI, 2013; HABERBOSCH 1956)

Dem Stadtbach entlang bis zur Ruine Stein (50 min)

Entlang der Gleise (Weiherweg → Stadtbachstrasse → beim Werkhof links → Meilingerstrasse) und dann durch die Unterführung. Beim Pizza Blitz vorbei, links via Meilingerstrasse, Lindenplatz gehen. Beim Bezirksgericht links den Mansbergweg hinauf und via Schlossbergweg zur Ruine Stein.

Aufgabe 1 – Thema Renaturierung

- Suchen Sie sich eine geeignete Stelle und berechnen Sie die Abflussmenge beim ersten freigelegten Bachabschnitt mit der empirischen Fliessformel nach Manning-Strickler (M1b) sowie der Stöckchenmethode (M1c). Ist der von Ihnen berechnete Abfluss realistisch?
- Folgen Sie dem Stadtbach und diskutieren Sie dessen Revitalisierung. Aussern Sie in 3–6 Sätzen Ihre persönliche Meinung dazu.
- Kartieren Sie den Lauf des Stadtbaches mit Ein- und Austritten vom Dättwiler Weiher bis zur Mündung in die Limmat. Kennzeichnen Sie freigelegte bzw. eingedolte Abschnitte deutlich. Eingedolte Abschnitte dürfen abgeschätzt werden.

Materialien

M1a: Karte zur Kartierung des Stadtbachs, separat ausgeteilt (SWISS TOPO 2014)

M1b: Formeln zur Berechnung des Abflusses nach Manning-Strickler

Allgemeine Fliessformel: Empirische Fliessformel nach Manning-Strickler:

$$Q = v * A \quad v = K_{st} * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}$$

wobei:

$$R = \frac{A}{U} \quad I = \frac{\Delta h}{\Delta l}$$



Q = Abfluss [m^3/s]

v = Fliessgeschwindigkeit [m/s]

A = Fliessquerschnitt [m^2]

I = Fliessgefälle [-]

Δh = Änderung der Höhe [m]

Δl = Änderung der Länge [m]

K_{st} = Rauheitsbeiwert [$m^{1/2}/s$]

R = Hydraulischer Radius [m]

U = Benetzter Umfang [m]

M1c: Formel zur Berechnung des Abflusses mit Stöckchenmethode

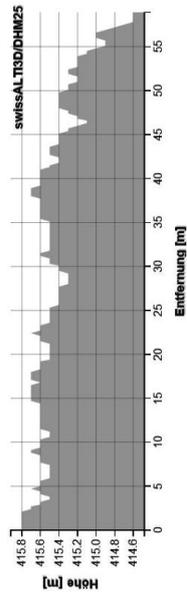
$$Q = v * A$$

$$v = 0.6 * mean(m_1 + \dots + m_5)$$

Organisieren Sie sich einen schwimmenden Gegenstand (z.B. Stöckchen, halbvolle PET-Flasche). Legen Sie eine Wegstrecke fest und messen Sie, wie lange der Gegenstand für die zurückgelegte Strecke braucht. Machen Sie etwa fünf Versuchsmessungen.

M1d: Höhenprofil Stadtbach (Swisstopo 2014)

Zur Bestimmung des Fliessgefälles /



M1e: K_{st} -Werte (NAUDASCHER 1992)

Oberfläche	k_{st} [$m^{1/3}/s$]
Regelmässiges Bachbett mit fester Sohle	40
Regelmässiges Bachbett mit mässigem Geschiebe	33-35
Verkrautetes Bachbett	30-35
Unregelmässiges Bachbett mit Geröll	30
Unregelmässiges Bachbett mit viel Geschiebe	28
Wildbach mit Felsblöcken mit ruhendem Geschiebe	25
Wildbach mit Felsblöcken und Geschiebe	20

Zur Vertiefung (siehe Literatur)

Z1a: Film «Es werde Wasser! Die allererste Mini-Flutwelle strömt in den Stadtbach», 1:25 min (GALBIATI 2013)

Z1b: Film «Renaturierung von Schweizer Flüssen und Bächen (Langfassung)», 11:16 min (BAFU 2013)

Standort B – Ruine Stein



Bei der Ruine Stein befinden sich ein Wasserreservoir und eine Grundwasserpumpstation. Das Reservoir wurde einst als Speicher für Quellwasser gebaut – heute wird darin Grundwasser gelagert. Die Pumpstation Stein ist seit 2000 stillgelegt und wurde dafür genutzt, das gefasste Grundwasser aus dem Tal in höher gelegene Reservoire zu befördern. Als Ersatz wurden Grundwasserpumpen beim Reservoir Belvédère (rund 200 m nordwestlich der Ruine Stein) installiert.

Blickt man von der Ruine Stein Richtung Norden, entdeckt man das ABB-Areal. Der Betrieb war dafür verantwortlich, dass 1990 in der Trinkwasserfassung Aesch (Obersiggenthal) eine erhöhte Konzentration von chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) gemessen wurde. Die ABB reinigte nämlich Metalleile mit CKW, wobei die leicht flüchtigen Substanzen versickern und bis in den 40 m tief liegenden Grundwasserstrom vordringen konnten.

(STADT BADEN 2010, STEIGMEIER 1991)

Von der Ruine Stein zum Theaterplatz (10 min)

Die St.-Niklaus-Stiege hinunter und via Löwenplatz und Schlossbergplatz bis zum Theaterplatz.

Aufgabe 2 – Thema Grundwasser

- Charakterisieren Sie das Limmatgrundwasser bezüglich Temperatur, Tiefe Grundwasserstrom, Chemische Zusammensetzung, Geologie, Wassernutzung, Wassergewinnung (Tabelle mit Stichworten genügt). Was fällt Ihnen bei M2b im Vergleich zum Quellwasser auf?
- Wann wurden das Reservoir bzw. die Pumpstation errichtet? Wie erklären Sie sich die zeitliche Diskrepanz?
- Wie viel Liter Wasser fasst das Reservoir Stein? Schätzen Sie den Anteil der Badener Bevölkerung, der damit einen Tag versorgt werden könnte, ab. (Einwohnerzahl Baden: 18'523 (STADT BADEN 2014)).
- Erklären Sie die unterschiedlich hohen CKW-Werte bei den Pumpkraftwerken Hinterhofwald und Aesch und vergleichen Sie diese mit den Werten beim ABB-Areal (Toleranzwert für Trinkwasser: 10 µg/l).

Materialien

M2a: Infotafel bei der St.-Niklaus-Stiege



M2b: Daten Wasserqualität Baden (REGIONALWERKE AG BADEN 2014)

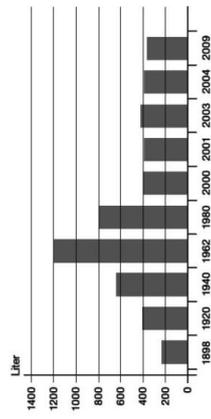
	Grundwasser	Quellwasser
Wassertemperatur	°C	11
Gesamthärte	°dH	29
Natrium	mg/l	2,7
Kalium	mg/l	0,5
Calcium	mg/l	93
Magnesium	mg/l	15
Chlorid	mg/l	4,3
Sulfat	mg/l	11
Nitrat	mg/l	15
Sauerstoff	mg/l	10
pH-Wert	pH	7,5

M2c: Lagebeschreibung Pumpstation und Reservoir

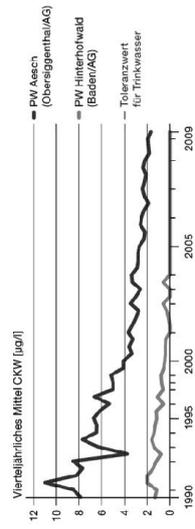
Pumpstation: Wenn Sie vom Schlossbergweg den ersten Weg rechts zur Ruine nehmen und alles geradeaus Richtung St.-Niklaus-Stiege gehen, passieren Sie die Pumpstation.

Reservoir: Bei der St.-Niklaus-Stiege links die Treppe zur Hauptstrasse (Rütistrasse) hinunter. Das Reservoir liegt etwa 50 m die Strasse aufwärts. Gehen Sie etwas näher ran, da die benötigten Infos je nach Vegetationsdichte ein wenig verdeckt sein könnten.

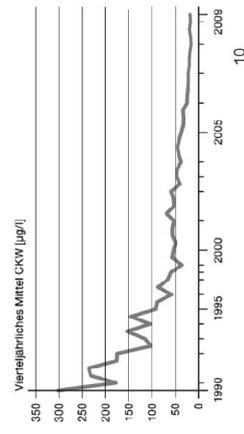
M2d: Grafik Täglicher Wasserverbrauch in Baden pro Person (STADT BADEN 2010)



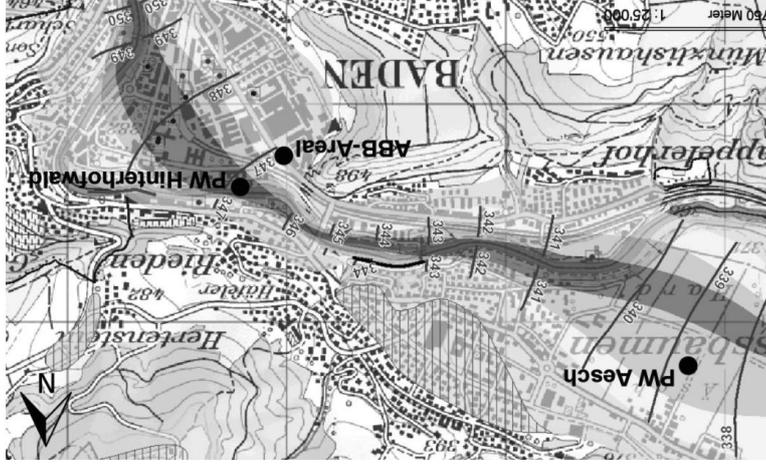
M2e: Grafik CKW-Verschmutzung Pumpwerke Aesch und Hinterhofwald (STADT BADEN 2010)



M2f: Grafik CKW-Verschmutzung ABB-Areal (STADT BADEN 2010)



M2g: Ausschnitt Grundwasserkarte (KANTON AARGAU 2014, SWISSSTOPO 2014, ergänzt nach STADT BADEN 2010)



Erklärungen zur Karte:

Flächen mit Isohypsen: Mittlere bis sehr grosse Grundwassermächtigkeit
 Je dunkler die Fläche, desto grosser die Grundwassermächtigkeit

Standort C – Theaterplatz



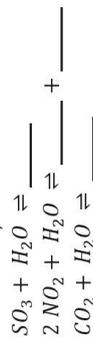
Neben dem Restaurant Piazza steht eine Sommerlinde. Wählen Sie die angegebene Nummer auf der Audioguide-Tafel. Hören Sie sich den Audioguide «Eine Linde erzählt» an und bearbeiten Sie damit die Aufgaben.

Vom Theaterplatz zum Kanalkraftwerk Aue (10 min)

Bei der Parkgebührrstation die Treppe hinunter Richtung Limmat. Über die Kronengasse geradeaus an der Holzbrücke und Hochbrücke vorbei zum Von-Rechenberg-Weg. Hier beginnt bereits die nächste Aufgabe. Gehen Sie von dort aus im Gegenuhzeigersinn über die Wehrbrücke zum Kraftwerk Aue.

Aufgabe 3 – Thema Wasser und Vegetation

- Wie viel Wasser verdunstet die Sommerlinde im Sommer täglich? Schätzen Sie ab, ob dieser Wert im Vergleich zu anderen Bäumen eher hoch oder tief ist.
- Benennen Sie die Hauptursache für sauren Regen in Baden und die Folgen für die Stadtbäume und den Boden.
- Saurer Regen aus chemischer Sicht: Vervollständigen Sie folgende Formeln (nach FABIAN 1992) und benennen Sie die Produkte namentlich:



Materialien:

M3a: Audioguide «Eine Linde erzählt»

Zur Vertiefung (siehe Literatur)

Z3a: Artikel «100 Liter am Tag. Wassertransport im Baum» (WIMMER 2006)

12

Standort D – Kanalkraftwerk Aue



Das Kanalkraftwerk Aue – auf der gegenüberliegenden Uferseite – wurde im Rahmen einer Neukonzessionierung im September 2014 neu eingeweiht: So wurde unter anderem eine Maschinengruppe im Kraftwerk ersetzt und beim Wehr ein Dotierkraftwerk gebaut. Mit diesem lässt sich auch mit dem Restwasser Strom produzieren. Dazu kommen diverse Renaturierungsmaßnahmen, welche in den Materialien ersichtlich sind.

Die Wasserkraft wurde allerdings schon lange vor dem Bau des Kraftwerks genutzt – in der Industrie. Fünf dieser Betriebe werden Sie auf der Strecke vom Kraftwerk Aue bis ins Bäderquartier kennenlernen. Bei der Wehrbrücke befindet sich die erste Infotafel dazu.

(LIMMATKRAFTWERKE AG & CREATO 2010)

Vom Kraftwerk Aue zur BAFU-Messstation (15 min)

Über die Holzbrücke, bei der Holzbrücke direkt rechts hinunter zur Limmat. Der Limmatpromenade entlang bis zur Promenadenbrücke. Auf dem Weg befindet sich noch eine weitere Infotafel für Aufgabe 9.

13

Standort E – BAFU-Messstation



An der Limmatpromenade hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) eine Messstation platziert. Hier werden Pegelsstand, Abfluss und Temperatur gemessen. Wie dies gemacht wird, wird direkt an der Station erklärt. Die Wasserqualität wird beim Wasserkraftwerk in Turgi gemessen.

(BAFU 2014, STADT BADEN 2010)

Von der BAFU-Messstation zur Thermalbank (15 min)

Entlang der Limmat weiter gehen und den Schildern zur Thermalbank folgen. Unterwegs ist noch eine weitere Industriekultur-Tafel zu finden.

Aufgabe 5 – Thema Hydrologische Messverfahren



Messen von Abfluss, Pegelsstand und Wassertemperatur

- Fassen Sie kurz zusammen, wie hier die Parameter gemessen werden und skizzieren Sie die Funktionsweise des Messgeräts.
- Stellen Sie die Pegel-Abfluss Beziehung mithilfe der Daten der Messstation (xml-File) grafisch dar und diskutieren Sie diese. Wofür ist diese Messmethode weniger geeignet, wo tauchen Probleme auf?
- Schauen Sie sich die Abflussdaten der letzten drei Tage an und erklären Sie dessen Verlauf.
- Überlegen Sie sich weitere Ideen, wie man den Abfluss messen kann.

Messen von Wasserqualität

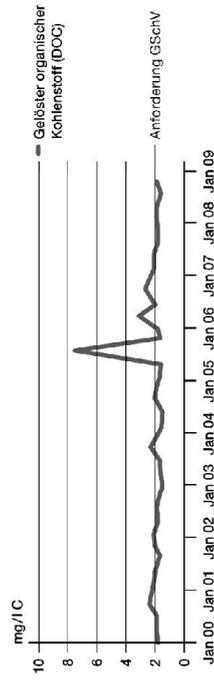
- Erklären Sie den Anstieg von gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) im Jahr 2005 mithilfe der Abflussdaten der Messstation Limmatpromenade (Anforderung Gewässerschutzverordnung bei DOC: 2 mg/l).

Materialien

M5a: Daten BAFU-Messstation Limmatpromenade (BAFU 2014)

QR-Code oben rechts, Link: <http://www.hydrodaten.admin.ch/de/2243.html>

M5b: Grafik DOC in der Limmat bei der Messstation Turgi (STADT BADEN 2010)



Standort F – Thermalbank



Machen Sie es sich einfach gemütlich und lösen Sie die angegebenen Aufgaben.

Von der Thermalbank zur Limmatquelle (5 min)

Weiter entlang der Limmat.

Aufgabe 6 – Thema Bäderkultur

- Geniessen Sie ein Fussbad auf der Thermalbank.
- Verschaffen Sie sich anhand der Materialien M6a und M6d einen ersten Eindruck vom Bäderquartier.
- Schauen Sie sich M6b und M6c an und diskutieren Sie die Problematik mündlich. Nehmen Sie Ihre Diskussionspunkte als Grundlage für Aufgabe 8 (Standort H).

Materialien



M6a: Faltprospekt «Baden ist Quelle. Das mineralreichste Thermalwasser der Schweiz erleben» (STADT BADEN o.J.)
Erhältlich bei der Thermalbank, sonst auch online verfügbar.
Link: http://www.baden.ch/documents/Thermalbank_Flyer.pdf



M6b: TV-Beitrag «Serie «Wasserwelten: Bäderstadt Baden», 4:31 min (10 VOR 10 2010)
Link: <http://www.srf.ch/player/hv/10vor10/video/serie-wasserwelten-baederstadt-baden?id=2aedad6a-c75a-4a87-a81d-e761ac6e86e0>

M6c: Schlagzeile Tages-Anzeiger, 4. Juni 2014 (ARNET 2014)

Stop-and-go für Mario Botta

Im Badener Bäderquartier geht es vorwärts. Aber anders, als der Bauherr dachte: Die CS ist abgesprungen, und ob Botta das Bäderhotel umbaut, steht in den Sternen.

M6d: Bilder Bäderkultur (ZENTRALBIBLIOTHEK ZÜRICH, GRAPHISCHE SAMMLUNG UND FOTOARCHIV 2014)

Die Heilbäder zu Baden im Aargau (Franz Hegi, 1808)



Das Dampfbad zu Baden (Franz Hegi, 1827)

Zur Vertiefung (siehe Literatur)

Z6a: Radiobeitrag «Stillstand im Badener Bäderquartier», 5:01 min (ECHO DER ZEIT 2014)

Standort G – Limmatquelle



Die Tafel bei der Limmatquelle informiert über das Badener Thermalwasser. Mittlerweile wurden jedoch neue Erkenntnisse zur Herkunft des Wassers gewonnen (siehe Materialien), sodass die Infotafel diesbezüglich nicht mehr ganz aktuell ist.

Von der Limmatquelle dem Limmatknie entlang ins Bäderquartier (15 min)

Weiter dem Limmatknie entlang am Römerbad vorbei. Links die Treppe beim Parkplatz hoch, vorher aber noch letzte Industriekultur-Tafel einige Meter geradeaus beachten.

Aufgabe 7 – Thema Thermalwasser

- Berechnen Sie den Druck im artesisch gespannten Aquifer mit den Angaben zum Steigrohr beim Hotel Schwane. Wenden Sie dabei das Prinzip des hydraulischen Potentials an.
(Bei Formel M7a gilt: Druck an der Oberfläche = 0)
- Überlegen Sie sich, wie hoch der Druckwasserspiegel bei einem gespannten bzw. einem ungespannten Aquifer wäre.
- Setzen Sie Gesamteignis der Thermalquellen in Relation zum Abfluss der Limmat und des Stadtbachs.
- Legen Sie die Probleme bei der Herkunftsbestimmung des Thermalwassers dar und zeigen Sie dabei den Nutzen sowie die Grenzen der Isotopenmessung auf.
- Vergleichen Sie die Eigenschaften des Thermalwassers mit demjenigen des Badener Grundwassers (siehe Aufgabe 2 a).

Materialien

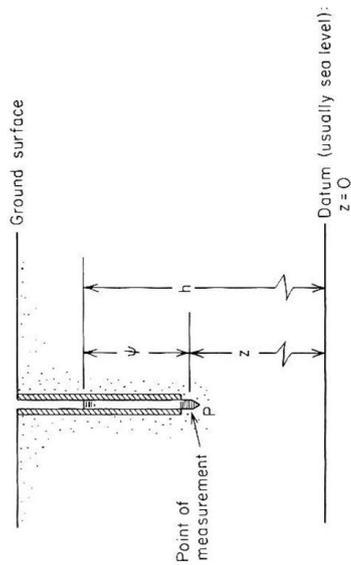
M7a: Infotafel bei der Limmatquelle



M7b: Dichte von Wasser in Abhängigkeit von Temperatur

Wassertemperatur [°C]	Dichte [kg/m ³]
20	998.20
25	997.04
30	995.64
35	994.03
40	992.21
45	990.21
50	988.03

M7c: Grafik Prinzip Hydraulisches Potential (FREEZE & CHERRY 1979)



M7d: Formel zur Berechnung des hydraulischen Potentials

$$h = z + \frac{p}{\rho g}$$

h = Piezometerhöhe / hydraulisches Potential [m] p = Druck [Pa]
 z = Geodätische Höhe / Lagepotential [m] ρ = Dichte Wasser [kg/m³]
 ψ = Druckhöhe / Druckpotential [m] g = Gravitation [9.81 m/s²]

M7e: «Die Badener Thermalquellen – neue Erkenntnisse zur Frage ihres Ursprungs» (Text gekürzt und verändert aus KANZ 2005)

Eine Hypothese über die Herkunft des Wassers sollte auch seine hohe Temperatur erklären. Die meisten vorgeschlagenen Einzugsgebiete helfen aber nicht weiter, wir benötigen etwa 1,5 km Tiefe, um – mit dem üblichen geothermischen Gradienten von 30 °C/km – eine Temperatur von 50 °C zu erreichen. Die spektakulärste Hypothese ist die vom Einzugsgebiet der Badener Quellen in den Alpen. Neuere seismische Befunde ergeben aber, dass die Gesteine der Trias nicht zwei, sondern mehr als sechs Kilometer unter der Molasse hindurchführen, dabei aber tektonisch stark zerdrückt und weitgehend wasserundurchlässig sind. So muss die Hypothese, das Thermalwasser käme unter der Molasse hindurch aus den Gnarner Alpen, wohl begraben werden. Wir wissen aber heute aus geophysikalischen Befunden, dass die grossen tektonischen Störungen im Jura oft bis ins kristalline Grundgebirge hinab reichen. Wenn diese Überschiebungsfächen auch nur teilweise wasserdurchlässig sind, wofür vieles spricht, könnte man alle Eigenschaften der Badener Quellen (Chemie, Temperatur und Isotopen) damit in Einklang bringen.

Das Thermalwasser besteht praktisch vollständig aus Niederschlagswasser. Die radioaktiven Isotope C-14, H-3, Krypton-85 und Argon-39 im Wasser zeigen, dass wir es mit mindestens drei bis vier Komponenten zu tun haben:

- Hauptkomponente ist ein mehr als 1000 Jahre altes Wasser mit Mineralstoffen aus Evaporitgesteinen (Gips, Steinsalz) der mittleren Trias.
- Einer kleineren Komponente (< 10%) aus wenige Jahre altem Talgrundwasser mit geringerem Mineralgehalt.
- Auch ist anzunehmen, dass eine kleine Komponente junges Kluff-Grundwasser dazukommt, das auf der Hochfläche westlich von Baden in den dort an der Oberfläche anstehenden Muschelkalk versickert.
- Aus dem hohen Argon-39-Gehalt ergibt sich, dass auch ein gewisser Anteil an Tiefgrundwasser aus dem Kristallin enthalten sein muss, der nur aus mehreren Kilometern Tiefe stammen kann, vermutlich aus dem Granit.

Wie die Kristallinwasserkomponente an die Oberfläche gelangt, ist ungeklärt. Nahelegend ist die Annahme, dass das absinkende Wasser im Juragebirge den Hauptüberschiebungsfächen entlang bis in den kristallinen Sockel hinunter gelangt. Auch eine Herkunft aus dem Schwarzwald ist nicht völlig auszuschliessen. Das Kristallinwasser müsste dann nach heutigem Wissen unter dem Permokarbonditrog hindurch fliessen.

Standort H – Bäderquartier



Das Bäderquartier hat bereits eine lange Geschichte hinter sich. Schon die Römer nutzten die Thermen von Baden. Ab dem Mittelalter war Baden ein beliebter Kurort bei den gut betuchten Leuten. Bei der sogenannten Badenfahrt reisten die Kurgäste – zuerst per Schiff auf der Limmat, später mit der Spanisch-Brölli-Bahn – speziell aus der Region Zürich nach Baden. Mehr zum Bäderquartier erfahren Sie aus den Materialien. (STADT BADEN o.J.)

Vom Bäderquartier zum Flusskraftwerk Kappelhof (10 min)

Mit Bus 9 (Richtung Kraftwerk) ab Busstation Thermalbaden/Bäder bis Endstation Kraftwerk. Achtung, der Bus verkehrt in beide Richtungen nur halbstündlich. Alternativ: Weiter zu Fuss entlang der Limmat (35 min).

Aufgabe 8 – Thema Bäderkultur, Teil 2

- Erkunden Sie das Bäderquartier auf eigene Faust.
- Überzeugen Sie einen potentiellen Geldgeber in die Aufwertung des Bäderquartiers zu investieren: Präsentieren Sie das Bäderquartier in einem selbstgedrehten Film (Länge 3–4 min) und zeigen Sie dabei Lösungsansätze auf. Suchen Sie sich dafür geeignete Drehorte und bringen Sie das Wissen und die Diskussionspunkte aus den vorherigen Aufgaben mit ein.
- Geben Sie Ihrem Film einen Titel und notieren Sie die Rollenverteilung. Laden Sie das Video zusammen mit den schriftlichen Übungen in den Abgabeborder hoch.

Materialien

Siehe Standort F – Thermalbank

Standort I – Flusskraftwerk Kappelhof



Im Elektromuseum Kappelhof erfahren Sie mehr über die Geschichte des Kraftwerks und die Nutzung der Wasserkraft. Das Museum ist werktags bis 17 Uhr geöffnet. Sollte die Tür verschlossen sein, melden Sie sich bei der Anmeldung (beim Briefkasten klingeln).

Eine naturgegebene Form von Wasserbau praktiziert der Biber. Dieser hat sich auch an der Limmat angesiedelt, bis vor Kurzem auch beim Kraftwerk Kappelhof.

(TESINI 2014)

Aufgabe 9 – Thema Wasserkraft, Teil 2 und Biber

- Besuchen Sie das Elektromuseum und informieren Sie sich zum Thema. Schildern Sie Ihre Eindrücke kurz.
- Führen Sie Aufgabe 4 a) zu Ende.
- Hören Sie sich zuerst den Radiobeitrag zum Thema Biber an und diskutieren Sie dann in unterschiedlichen Rollen die Chancen und Probleme, die der Biber mit sich bringt und mit denen er selbst zu kämpfen hat. Notieren Sie sich zu jeder Rolle einen zusammenfassenden Satz.
Rollen: Hydrologe, Tierschützer, Anwohner, Autofahrer, Veterinärmediziner

Materialien (zusätzlich zu M4a und M4b)

M9a: Radiobeitrag «Die Biber haben ihre Reviere im Aargau verschoben», 3:24 min (REGIONALJOURNAL AARGAU SOLOTHURN 2014)

Link: <http://www.srf.ch/player/radio/regi-ag-so/audio/die-biber-haben-ihre-reviere-im-aargau-verschoben-21-5-2014?id=73195f7e-adae-4424-9c5b-5b56cd4109cb>



Literatur

- ARNET, H. 2014. *Stop-and-go für Mario Botta*. In: Tages-Anzeiger, 04.06.2014, p. 19
- BAFU 2013. *Renaturierung von Schweizer Flüssen und Bächen (Langfassung)*. Film, 11:16 min. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.youtube.com/watch?v=yiqBVEpFbvk>
- BAFU 2014. Stationsdaten Limmat – Baden, Limmattpromenade. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.hydrodaten.admin.ch/de/2243.html>
- ECHO DER ZEIT 2014. *Stillstand im Badener Bäderquartier*. Radiobeitrag vom 10.04.2014, 5:01 min. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.srf.ch/player/radio/echo-der-zeit/audio/stillstand-im-badener-baederquartier?id=e23cdf32-576c-42f7-b513-a1674602680f>
- FABIAN, P. 1992. *Atmosphäre und Umwelt. Chemische Prozesse - Menschliche Eingriffe. Ozon-Schicht - Luftverschmutzung - Smog - Saurer Regen*. Berlin: Springer-Verlag, 144p.
- FREEZE, R.A. & CHERRY, J.A. 1979. *Groundwater*, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 604p.
- GALBIATI, S. 2013. *Wasser vom Dätwiler Weiher rauscht zwei Monaten zu spät los*. In: Aargauer Zeitung, 17.12.2013. Zugriff: 10.11.2014, <http://www.aargauerzeitung.ch/aargau/baden/wasser-vom-daetwiler-weiher-rauscht-zwei-monaten-zu-spaet-los-127488737>
- HABERBOSCH, P. 1956. *Der Badener Stadtbach im Wandel der Zeiten. Interessante Re-miniszenzen*. In: Badener Tagblatt, 31.08.1956, p. 5
- KANTON AARGAU 2014. *Geodaten von Baden*. Zugriff: 01.11.2014, <https://www.ag.ch/onlinekarten>
- KANZ, W. 2005. *Die Badener Thermalquellen – neue Erkenntnisse zur Frage ihres Ursprungs*. *Badener Neujahrsblätter* **80**(2005), 112-129.
- LIMMATKRAFTWERKE AG & CREATO 2010. *Neukonzessionierung und Bauprojekt Kraftwerk Aue*. Umweltverträglichkeitsbericht. Hauptuntersuchung, ergänzt mit Neugesaltung im Unterwasser. Unveröffentlichter Bericht, Baden.
- NAUDASCHER, E. 1992. *Hydraulik der Gerinne und Gerinnebauwerke* 2nd ed. Wien: Springer-Verlag, 352p.
- REGIONALJOURNAL AARGAU SOLOTHURN 2014. *Die Biber haben ihre Reviere im Aargau verlassen*. Radiobeitrag vom 21.05.2014, 3:24 min. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.srf.ch/player/radio/regi-ag-so/audio/die-biber-haben-ihre-reviere-im-aargau-verschoben-21-5-2014?id=731957fe-adae-4424-9c5b-5b56cd4109cb>
- REGIONALWERKE AG BADEN 2014. *Wasserqualität der Gemeinden Baden und Ennetbaden*. Zugriff: 03.12.2014, http://www.regionalwerke.ch/fileadmin/user_upload/Dokumente/Wasser/Masserqualitaet_Baden_und_Ennetbaden_2014.pdf
- STADT BADEN 2010. *Umweltbericht der Stadt Baden*, Baden: Stadt Baden, 99p.
- STADT BADEN 2014. *Planungsbericht 2014*, Baden: Stadt Baden, 98p.
- STADT BADEN o.J. *Baden ist Quelle. Das mineralreichste Thermalwasser der Schweiz erleben*. Faltprospekt. Baden: Stadt Baden, 6p.
- STEIGMEIER, A. 1991. *Mehr Licht. Der Weg der Stadt Baden zur modernen Energie- und Wasserversorgung*, Baden: Baden-Verlag, 127p.
- SWISSTOPO 2014. *Geodaten von Baden*. Zugriff: 01.11.2014, <http://map.geo.admin.ch/>
- TESINI, C. 2014. *Dynamischer, aber konstanter Biberbestand*. *Umwelt Aargau* **64**, 33–36.
- WIMMER, R. 2006. *100 Liter am Tag. Der Wassertransport im Baum*. *Zuschnitt* **22**(2006), 13. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.proholz.at/zuschnitt/22/100-liter-am-tag/>
- 10 VOR 10 2010. *Serie «Wasserwelten»: Bäderstadt Baden*. TV-Beitrag vom 05.08.2010, 4:31 min. Zugriff: 01.11.2014, <http://www.srf.ch/player/tv/10vor10/video/serie-wasserwelten-baederstadt-baden?id=2aedad5a-c75a-4a87-a81d-e761ac686860>
- ZENTRALBIBLIOTHEK ZÜRICH, GRAPHISCHE SAMMLUNG UND FOTOARCHIV 2014. *Bilder von Franz Hegi, Kupferstecher, Zeichner, Schweiz, 1774 - 1850*

LAUTERKEITSERKLÄRUNG

Persönliche Erklärung

«Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst, sie oder Teile davon zuvor nicht für andere Qualifikationsarbeiten verwendet und die den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe».

Personal declaration

«I hereby declare that the material contained in this thesis is my own original work. Any quotation or paraphrase in this thesis from the published or unpublished work of another individual or institution has been duly acknowledged. I have not submitted this thesis, or any part of it, previously to any institution for assessment purposes».

Zürich, 24. April 2015

Sanja Hosi