



# Große Exkursion

# Umweltschutztechnik

Universität Stuttgart

2019



# Impressum:

© 2019

Alle Rechte vorbehalten

Layout und Satz: Pascal Bürkle, Ruben Zakarias

Kontakt: apl. Prof. Dr. Ing. Holger Class  
Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung  
Pfaffenwaldring 61  
70569 Stuttgart

Telefon: +49 711 685 64 678

Fax: +49 711 685 60 430

Email: [holger.class@iws.uni-stuttgart.de](mailto:holger.class@iws.uni-stuttgart.de)

Webseite: <https://www.iws.uni-stuttgart.de>

Für den thematischen Inhalt der einzelnen Kapitel sind die entsprechenden Autoren verantwortlich.  
Alle Rechte der Bilder liegen bei den jeweiligen Exkursionsteilnehmern, sofern nicht anders angegeben.

# **Große Exkursion**

**Umweltschutztechnik**  
**Universität Stuttgart**

**2019**

# Vorwort:

Die Organisation und Begleitung der Großen Exkursion Umweltschutztechnik war für uns zu jeder Zeit eine Bereicherung und hat uns neben etwas Arbeit vor allem viel Spaß bereitet. Im Vorfeld hatten wir überlegt, wie wir die vielen tollen Ziele, die diese Exkursion in den vergangenen Jahren bereits angesteuert hatte, im Jahr 2019 toppen könnten. In der Tat gab es bereits konkrete Kontakte mit israelischen Wasserversorgungsprojekten und eine spannende Tour mit Schwerpunkt Wasser wäre dort möglich gewesen. Zwei Gründe sprachen dagegen: Die Kosten und die Flugreise in Zeiten von Fridays for Future, auch wenn Greta Thunberg zum Zeitpunkt unserer Entscheidung noch gänzlich unbekannt war.

Wir haben uns daher für eine kleine aber feine Tour durch drei Länder entschieden, denn es gibt auch in fast unmittelbarer Umgebung eine Menge zu entdecken, was höchste Relevanz für angehende Umweltschutztechniker hat. Thematisch haben wir als Lehrstuhl natürlich dem Wasser einen Schwerpunkt gegeben, indem wir die Landeswasserversorgung, den Rhein sowie ein Kraftwerk am Rhein besucht haben.

Der zweite Schwerpunkt war die Energieversorgung, die oft eine intensive Nutzung des Untergrunds mit sich bringt. Auch hier hat unser Lehrstuhl Erfahrung aus diversen Forschungsarbeiten und so haben wir uns das Atomendlager-Forschungsbergwerk im schweizerischen Mont Terri angeschaut, welches durch seine Lage im Opalinuston sicherlich auch noch für die deutsche Endlagersuche von Bedeutung ist und sein wird, denn der Opalinuston liegt in schöner Mächtigkeit zum Beispiel auch unter schwäbischem Boden.

Auch die Geothermie, die wir uns zum Abschluss der Tour angeschaut haben, nutzt sehr stark den Untergrund. In beiden Fällen, bei der Lagerung von Atom- müll und bei der Geothermie, können Risiken für die Umwelt nicht ohne ein sehr gutes Verständnis von strömungsmechanischen Fragestellungen im Untergrund eingeschätzt und bewertet werden.

Die übrigen Programmpunkte lagen einfach auf dem Weg und waren es wert besucht zu werden, so das Biosphärengebiet Schwäbische Alb, das Karstsystem der Schwäbischen Alb, der ehemalige Truppenübungsplatz, aber auch die Flora-Fauna-Tour auf dem Doubs

und die eindrucksvolle Besichtigung eines Ökoweinguts im Elsaß, wo auch wieder einmal der Klimawandel ein Thema war. Und ganz nebenbei waren wir in den beiden wunderschönen Städten Basel und Strasbourg.

An dieser Stelle möchten wir uns bei allen Umweltschützerinnen und Umweltschützern bedanken, die an der Exkursion teilgenommen hatten. Es gibt noch Hoffnung für unser Land, denn es wächst eine Generation heran, die durchaus Interesse und auch Fachwissen hat, die vielen gesellschaftlichen Herausforderungen anzugehen, die aber auch das Feiern und fröhlich sein nicht vergisst.

Bedanken wollen wir uns auch bei unseren vielen Gastgebern, Führern und Guides, die allesamt toll kooperiert haben, gastfreundlich waren und ihre Arbeiten und Anlagen mit ansteckender Begeisterung vorgestellt haben.

Nicht zuletzt gebührt ein großer Dank unserem Busfahrer von der Firma Kappus. Reiner Dannecker haben wir auf einer früheren Exkursion des Lehrstuhls bereits kennen- und schätzen gelernt, und wir sind froh, dass es uns gelungen ist, ihn auch für diese Reise zu gewinnen.

Vielleicht erleben wir es noch einmal, die Große Exkursion zu organisieren. Wir freuen uns schon darauf.

**Holger Class & Simon Emmert**

# Inhalt

|  |    |
|--|----|
| Die Exkursionsgruppe .....             | 6  |
| Die Route .....                        | 7  |
| Landeswasserversorgung .....           | 8  |
| Blautopf & Tiefenhöhle.....            | 12 |
| Biosphärengebiet Schwäbische Alb ..... | 14 |
| Felslabor Mont Terri.....              | 18 |
| Kanutour auf dem Doubs.....            | 22 |
| Das integrierte Rheinprogramm .....    | 24 |
| Weinprobe im Elsaß .....               | 28 |
| Rheinkraftwerk Iffezheim .....         | 32 |
| Geothermieanlage Rittershofen .....    | 36 |
| Weitere Bilder .....                   | 38 |

# Die Exkursionsgruppe:

## Die Studenten:

Lars Bippus  
Pascal Bürkle  
Luca Gehring  
Marina Gruber  
Jens Hack  
Nils Hilscher  
Franca Hoen  
Laura Krautheimer  
Noelia Loaiza  
Sven Mindel  
Patrizia Moosmann

Matthias Müller  
Leonie Oberreiter  
Maira Peter  
Ivo Pfaffenberger  
Simon Rauh  
Lukas Ruess  
Larissa Schirmer  
Jannik Traiser  
Lina Weber  
Julia Weißert  
Ruben Zakarias

## Die Organisatoren:

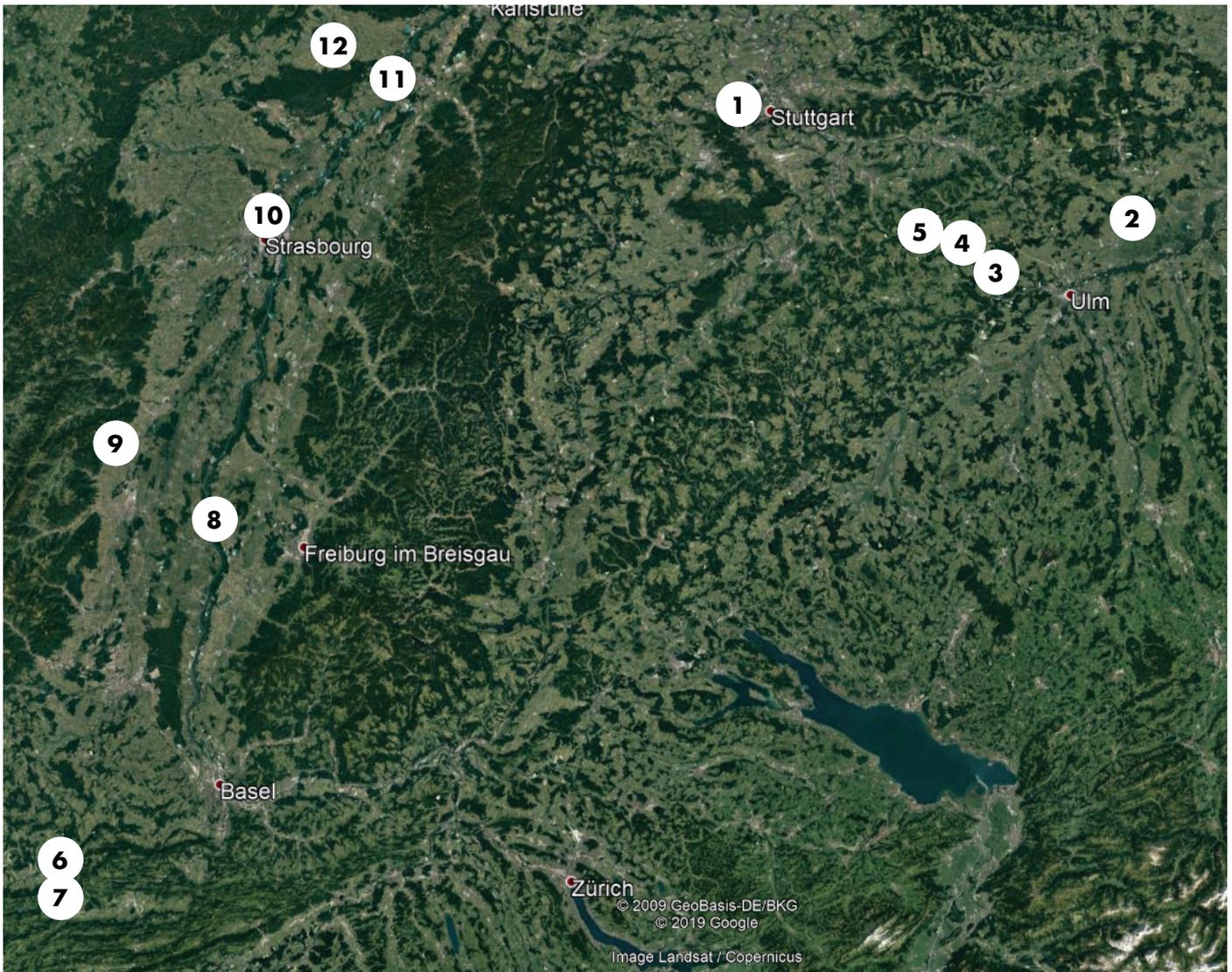
apl. Prof. Dr. Ing. Holger Class  
MSc. Simon Emmert

## Der Busfahrer:

Reiner Dannecker



# Die Route:



- 1 Institut für Wasser- Umweltsystemmodellierung
- 2 Landeswasserversorgung in Niederstotzingen
- 3 Blautopf in Blaubeuren
- 4 Laichender Tiefenhöhle
- 5 Biosphärengebiet Schwäbische Alb
- 6 Mont Terri: Forschungsbergwerk zur Endlagerung von radioaktiven Abfällen
- 7 Kanutour auf dem Doubs
- 8 Basel
- 9 Integriertes Rheinprogramm: Rückhalteraum Weil-Breisach & Kulturwehr Breisach
- 10 Weinprobe bei Biowinzer „Vins Becker“ in Riquewihr im Elsaß
- 11 Straßburg
- 12 Staustufe Iffezheim
- 13 Geothermiekraftwerk Rittershofen

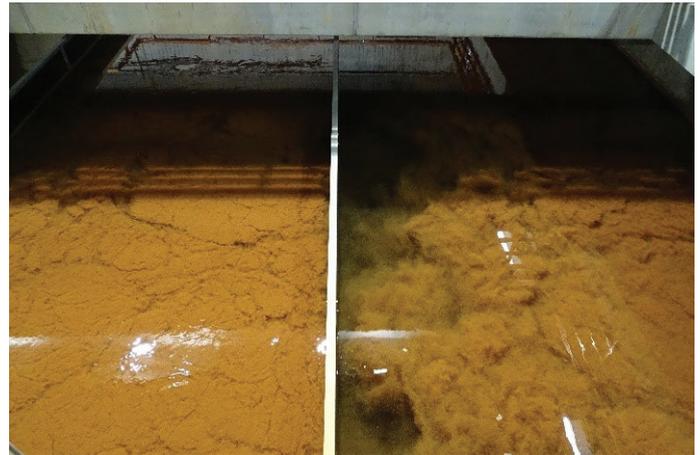


**Tag I**

**Landeswasser-  
versorgung**

Am Montag, den 7. Oktober 2019 begann die große Exkursion Umweltschutztechnik mit Einblicken beim Zweckverband Landeswasserversorgung in Niederstotzingen und Langenau. Zunächst wurde das Wasserwerk in Niederstotzingen besichtigt. Dieses wurde 1912 gegründet und war damit eine wichtige Grundlage für die industrielle Entwicklung in Baden-Württemberg. Zurzeit werden immer noch circa 720 Liter pro Sekunde Wasser aus insgesamt 43 Brunnen gefördert.

werden, um die Wasserqualität aufrecht zu erhalten. 280 Mitarbeiter sind beim Zweckverband Landeswasserversorgung angestellt. Zusätzlich zum Grundwas-



ser wird seit einigen Jahren Donauwasser zur Trinkwasserversorgung verwendet.

Dieses wird in Langenau entsprechend aufbereitet. Zunächst wird Eisenchloridsulfat hinzugegeben, welches mit den Tonmineralen im Wasser, die für eine braune Farbe verantwortlich sind, bindet. Mittels eines Flockungshilfsmittel können sich die Partikel zu größeren zusammenlagern und sich im Parallelplattenabscheider absetzen. Der Sedimentschlamm wird in einer Kammerfilterpresse noch einmal entwässert und kann anschließend in Zementwerken verbrannt werden.



Durch Unterdruck wird das Wasser angehebert und kann somit den Höhenunterschied von 7,4 Meter überwinden. Inzwischen wurde das Wasserwerk nach Langenau verlagert, wo das Wasser weiterverarbeitet und verteilt wird. Dennoch sind Pumpen vorhanden,



um im Notfall direkt Grundwasser in das Landeswassernetz einzuleiten. Die Umgebung der Brunnen wird durch Wasserschutz zonen vor schädlichen Einflüssen wie zum Beispiel aus der Landwirtschaft geschützt. Nach der Besichtigung des architektonisch sehenswerten Gebäudes, in dem die Pumpen untergebracht sind, fuhr der Bus zum Zentrum der Landeswasserversorgung in Langenau. In einem Film erfuhren wir, dass die Landeswasserversorgung drei Millionen Kunden mit Wasser versorgt, und dass im Labor vor Ort mehrmals am Tag Einzelparameter gemessen



Durch Trübungsmessgeräte kann die Trübung des Wassers, und somit der Verschmutzungsgrad kontinuierlich überwacht werden. Es folgt eine Ozonierung um Spurenstoffe zu entfernen und zu desinfizieren.

Danach wird das Wasser in einem mehrschichtigen Filter aus Quarzsand und Hydroanthrazit und anschließend im Aktivkohlefilter gefiltert. Im Nachhinein wird noch einmal mit UV-Licht desinfiziert und für den Transport Chlorid zugefügt. Das Wasser wird im Reinwasserbehälter gespeichert und dabei mit dem

Grundwasser gemischt. Das Grundwasser hat natürlicherweise eine sehr hohe Härte, gewünscht ist jedoch ein Wasser mit einem Härtegrad von 12°dH. Die Aufbereitung des Grundwassers besteht demnach hauptsächlich aus einer Entkarbonisierung. Dazu wird das Wasser physikalisch entsäuert und im Reaktor mit Kalkwasser gemischt. Der Kalk fällt an Impfkörnern aus und die Kalkpellets können anschließend in der Industrie verkauft werden.

In Langenau befindet sich auch ein lehrreiches Museum, wo die Entstehung von Grundwasser erklärt wurde und wie die Grundwasserneubildung mit Hilfe eines Lysimeters gemessen werden kann. Verschiedene Böden bzw. Ausgangsgesteine haben einen bedeutenden Einfluss auf die Grundwasserbildung.

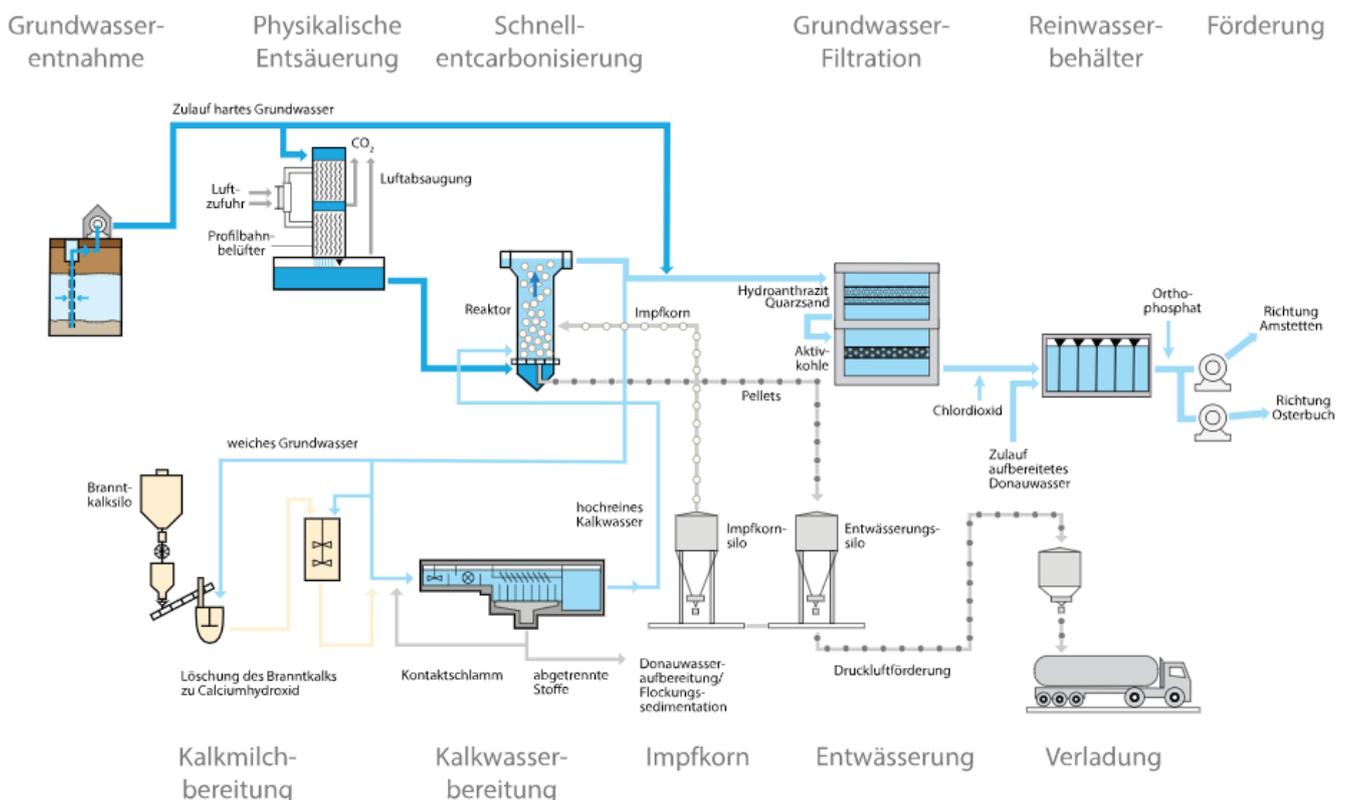
Nach dem Mittagessen wurden wir durch die Laboratorien geführt. Hier wird das Wasser mit klassischen analytischen Methoden untersucht, zum Beispiel Schwermetallanalytik mit dem ICP-MS oder die Bestimmung der Härte. Bei der organischen Spurenanalytik wird Gaschromatographie, Flüssigkeitschromatographie und Massenspektrometer eingesetzt. Zur Probenvorbereitung wird häufig eine Festphasenextraktion durchgeführt, um die Spurenstoffe für eine Messung aufkonzentrieren zu können. Es wird standardmäßig nur auf bekannte Stoffe geprüft, den-

noch besteht die Gefahr, dass sich organische Stoffe im Wasser befinden, die schädlich sind.

Deshalb wird ein Screening-Verfahren angewendet, bei dem alle Massen detektiert werden, die sich im Wasser befinden. Steigt nun eine Masse plötzlich an, zum Beispiel durch Eintrag im Oberflächenwasser, wird diese genauer untersucht.

Es wird dann eine wirkungsspezifische Analytik angewandt. Die verschiedenen Spurenstoffe werden durch Dünnschichtchromatographie aufgetrennt und in ein Bioessay eingetaucht. So kann zum Beispiel die östrogene oder biotoxische Wirkung geprüft werden.

**Marina Gruber & Laura Krautheimer**





A photograph of a forest lake with vibrant autumn foliage. The water is a clear, bright blue-green color, reflecting the surrounding trees and sky. The foreground is dominated by a large, dark tree trunk on the left and a dense canopy of leaves in shades of green, yellow, and orange. The background shows a dense forest of evergreen and deciduous trees. The overall scene is peaceful and scenic.

**Tag I**  
**Blautopf & Tiefenhöhle**

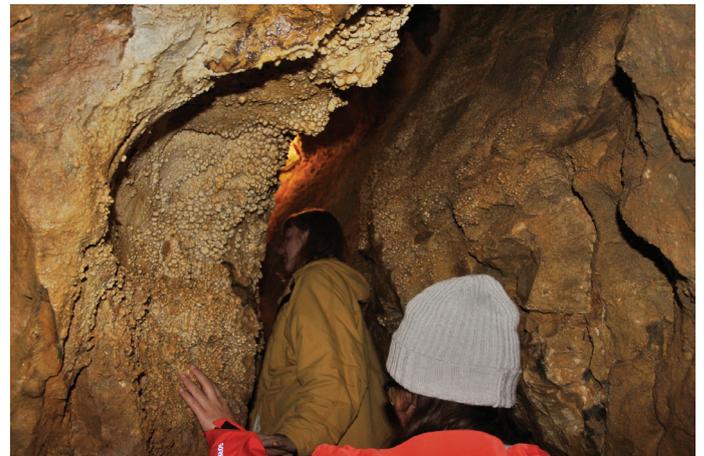
Was war da früher und wie kam es dazu? Was könnte da noch sein? Wie wird es sich entwickeln? Und ist da vielleicht noch mehr? Die Höhlenforschung kreist um diese Fragen und eine Antwort darauf ist nicht so einfach. Der Blautopf ist – nach dem Aachtopf – mit 150 060 m<sup>2</sup> die zweitgrößte Karstquelle in Deutschland. Sie befindet sich auf der Schwäbischen Alb am Ortsrand der Stadt Blaubeuren und ist mit einem weitläufigen Höhlennetz verbunden.



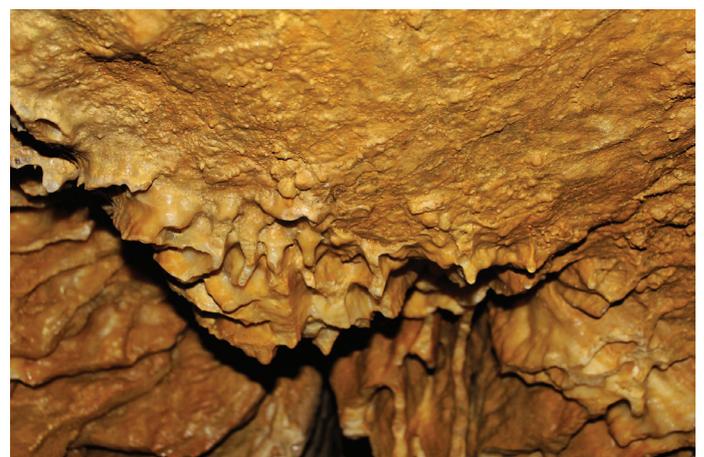
Trotz hoher Niederschläge ist die Schwäbische Alb ein wasserarmes Gebiet. Das liegt am sogenannten Karstgestein, ein sehr durchlässiges Kalkgestein. Wasser kann hier nur sehr schlecht gehalten werden und versickert deshalb schnell. Dies stellte vor allem früher ein großes Problem für die Wasserversorgung der Alb-Hochfläche dar. Erst der Ingenieur Karl Ehmann entwickelte Ende des 19. Jahrhunderts den ersten Abschnitt der Albwasserversorgung, der Trinkwasser zur Hochfläche befördern sollte. Das versickerte Wasser bahnt sich durch das Karstgestein teils sehr langsam und teils sehr schnell seinen Weg Richtung Blaubeuren. 20 % des Wassers, das unten ankommt, ist älter als 60 Jahre.

Durch einen Markierungsversuch wurde allerdings auch schon gemessen, dass auf der Alb-Hochfläche versickertes Wasser nur rund 36 Stunden braucht, um mehrere Kilometer zurückzulegen und unten im Blautopf anzukommen. Bezeichnend am Blautopf ist

die auffallend blaue Farbe des Wassers, welche durch den physikalischen Effekt der Lichtstreuung in den winzigen Kalkpartikeln generiert wird. Besonders in tieferen Schichten des Wassers nimmt die Färbung zu. Im Winter sind die Wassermenge und die elektrische Leitfähigkeit deutlich erhöht, zum Beispiel durch Schneeschmelzen. Im Einzugsgebiet des Blautopfes sind heute zwei Höhlen bekannt, in denen unterirdische Flüsse fließen; die Hessenhauhöhle und das Blauhöhlesystem. Zusammen sind diese über 18 km lang. Die einzige für Touristen begehbare Höhle im Einzugsgebiet des Blautopfes ist die Laichinger Tiefenhöhle. 1892 traf Johann Georg Mack, rein zufällig, beim Schürfen nach Dolomitsand auf den Eingang der Laichinger Tiefenhöhle. Schon kurze Zeit später



wurde die Höhle erforscht und vermessen, dabei wurde auch der tiefste Punkt bei 86 Metern entdeckt. Die Höhle umfasst eine Länge von insgesamt 1253 Metern und weist an einigen Wänden horizontale Linien auf, die den Wasserstand von vor Millionen Jahren markieren.



**Noelia Loiza & Julia Weißert**



**Tag II**

**Biosphärengebiet  
Schwäbische Alb**

Am Dienstagmorgen machten wir uns nach einer erholsamen Nacht in kirgisischen Jurten auf dem Weg Richtung Münsingen.



Dort erwartete uns zunächst das Biosphärengebiet Schwäbische Alb. Dieses hat als Teil des Regierungspräsidiums Tübingen seinen Sitz in unmittelbarer Nähe zum ehemaligen Truppenübungsplatz.



Nachdem im Jahr 2005 die Bundeswehr ihren Rückzug bekannt gab, kam schnell die Idee eines Großschutzgebiets in Baden-Württemberg auf. Geprägt von der über 100-jährigen Stationierung von zuletzt mehreren Tausend Soldaten, die Landschaft und Wirtschaft maßgeblich beeinflussten, schlossen sich 29 Gemeinden schon 2008 unter Einvernehmen des Landes Baden-Württemberg und dem Landkreis Reutlingen zum Biosphärenzentrum zusammen. Im gleichen Jahr erfolgte die Anerkennung nach nationalem Recht (Naturschutz, Klimaschutz, Pflanzenschutz). Hierbei hat sich das Reservat (gleichzusetzen mit Gebiet) zahlreiche Maßnahmen und Aufgaben auf die Flagge geschrieben: Schutz und Entwicklung von Kulturlandschaft, die Schaffung und Erhaltung von Wachholderheiden, Magerrasen und Streuobstwiesen, sowie der Erhalt einheimischer Obstarten.

Zudem bietet das Biosphärengebiet den regional ansässigen Landwirten die Möglichkeit, ihre Produkte

über die geschützte Marke „albgemacht“ zu bewerben. Dafür müssen gewisse Kriterien wie Brachflächenanteile erfüllt werden. Die aktuell zehn Mitglieder offerieren dabei eine breite Produktpalette von Wurst und Milch über Wein, Mehl und Linsen. Ziel des Konsortiums ist es, neben Bioläden auch in Supermärkte vorzudringen, um dort gezielt zu vermarkten mit der Besonderheit als regionaler Qualitätsstandard.

Das gesamte Biosphärengebiet umfasst eine Fläche von 85 000 ha, wovon 6 700 ha auf dem ehemaligen Truppenübungsplatz entfallen. Gleichzeitig bewohnen 150 000 Menschen das Biosphärengebiet, womit eine vergleichsweise dichte Besiedlung festgestellt werden kann. Gerade deswegen gilt es, Mensch und Natur in Einklang zu bringen, auch vor dem Hintergrund des zunehmenden (motorisierten) Individualtourismus.



Hier stellt sich die innovative Kraft des Zusammenschlusses heraus: Über politische und Gemeindegrenzen hinweg schließt das Biosphärengebiet sieben Verkehrsverbünde ein, die sich mittels „Albcard“ auf der gesamten Schwäbischen Alb über Grenzen hinweg uneingeschränkt nutzen lässt und darüber hinaus Rabatte auf zahlreiche Eintritte verspricht. Dass Grenzen nur bedingt überwunden werden können, zeigt sich jedoch beispielsweise an der medialen Berichterstattung. An den Grenzen der Regierungspräsidien Stuttgart und Tübingen macht auch das Berichterstattungsinteresse der Presse Halt. Demgegenüber steht die Identifikation der Anwohner, gleich welcher Gemeinde: „Ich bin Bewohner des Biosphärengebiets“. Aber auch im Biosphärengebiet läuft nicht alles einvernehmlich. Bisher gab es, das Gebiet betreffend, kaum Einschränkungen hinsichtlich der Nutzung. Außer ausgewiesenen Schutzzonen (Vogelschutzgebiete, FFH) und Wälder gab es keine Restriktionen. Dies könnte sich durch das aktuell kontrovers dis-

kutierte Bürgerbegehren „Rettet die Bienen“ ändern, vermutlich zum Missmut einiger, denen vor 10 Jahren keine Einschränkungen versprochen wurden. Es sind jedoch auch zahlreiche erfreuliche Entwicklungen zu verzeichnen: Neue Interessensbekundungen weiterer Gemeinden bezüglich einer Aufnahme in das Biosphärengebiet, über die Anerkennung durch die UNESCO wird demnächst entschieden.

Im Anschluss an den Vortrag im Biosphärenzentrum führen wir schließlich auf das Gelände des ehemaligen Truppenübungsplatzes. Während der zweistündigen Führung erfuhren wir allerlei interessante Details über diesen Standort. Bereits zur Kaiserzeit wurde das Gelände für Militärübungen herangezogen. Bereits 1895 wurden Baracken und Ställe für 120 Mann errichtet. Der Standort umfasste bis zu 150 Gebäude und 3 000 Hektar und wurde in der Zeit des Nationalsozialismus auf 6 700 Hektar ausgeweitet. Hierbei wurde unter anderem ein Dorf umgesiedelt, Gruorn, von dem heute nur noch die Kirche und das ehemalige Schulgebäude erhalten sind. Die vorherrschende Landschaft des Münsinger Hardt stellt die typische Kulturlandschaft auf der Schwäbischen Alb dar, die durch Schäfferei freigehalten wurde.

Im Laufe der Jahre waren unterschiedliche Truppen und Fahrzeuge auf dem Truppenübungsplatz stationiert. Vor allem während des kalten Krieges wurde das Gelände auch intensiv von amerikanischen und französischen Truppen und Panzereinheiten genutzt. Von einer Anhöhe aus wurde auf einen Turm und verschiedene Waldstücke im Gelände geschossen. Dabei gab es im Gebiet mehrere Türme die als Feuerleitstellen dienten. Am äußeren Rand des Truppenübungsplatzes entlang wurde eine Ringstraße für Panzer und 1996 der modernste Panzerschießplatz Europas errichtet.

Das Gebiet weist heute eine starke Kontamination durch Blindgänger auf, etwa 5 Millionen Munitionsteile und 500 000 Granaten lassen den Aufenthalt abseits der Wege zur Lebensgefahr werden. Somit ist in diesen Waldgebieten zunächst keine wirtschaftliche Nutzung mehr möglich. Aufgrund der Kontamination sah auch das Land Baden-Württemberg vom Erwerb der Fläche ab, so dass die Zuständigkeit für das Gebiet beim Bund blieb und nun bei der Bundesforstbehörde liegt.

Die über 100-jährige Nutzung hat ein einzigartiges Landschaftsbild hinterlassen, es wurde geprägt von der extensiven Landwirtschaft, die sich hauptsächlich auf die Schafbeweidung beschränkte.

Es wurden keine Flurbereinigungen durchgeführt, außerdem kam es nicht zum intensiven Einsatz von Insektiziden und Pestiziden, so dass die Ausbreitung von Pflanzenschutzmitteln in das Gebiet durch Langzeitstudien untersucht werden kann.

Die heutige Nutzung findet vor allem durch die 15 ortsansässigen Schäfer statt, die je 800 bis 1200 Schafe halten. Diese halten die Wiesenlandschaft offen, ohne von den Munitionsresten gefährdet zu werden. Die Berufsschäfer leben dabei etwa zur Hälfte von Einnahmen durch den Vertrieb vom Fleisch und Wolle der Schafe, zum anderen von den Einnahmen für den Landschaftsschutz, denn sie erhalten wertvolle Ökosysteme wie beispielsweise Kalkmagerrasen.

**Lars Bippus & Matthias Müller**





Das Felslabor Mont Terri liegt in der französischen Schweiz bei Cornol, etwa eine Fahrstunde von Lörrach entfernt. Dort wurden wir von Georg Fiedler im Besucherzentrum empfangen. Nachdem wir erste Informationen von Schautafeln und Modellen erhielten, bekamen wir einen sehr informativen, circa halbstündigen Vortrag über die Geschichte und Forschung des Felslabor. Jährlich entstehen weltweit circa 12 000 Tonnen radioaktive Abfälle, die für eine Million Jahre gelagert werden müssen, bevor sie für Mensch und Umwelt unschädlich sind.

Dazu plant die Schweiz ein Endlager, in dem zukünftig, frühestens ab 2060, 90 000 m<sup>3</sup> schwach-/ mittellaktive Abfälle und 10 000 m<sup>3</sup> hochradioaktive Abfälle aus dem Betrieb und Abbruch von KKW's, sowie aus Medizin, Industrie und Forschung, für einen Zeitraum von einer Millionen Jahre möglichst sicher ge-



lagert werden können. In den 80er Jahren stieß man, beim Bau eines Tunnels der A6, am Mont Terri auf eine 100 bis 150 Meter mächtige Schicht aus Opalinuston. Dieser eignet sich besonders gut als Wirtsgestein für die Endlagerung atomarer Abfälle, weshalb man ab 1996 mit dem Bau des Forschungsbergwerks begann.

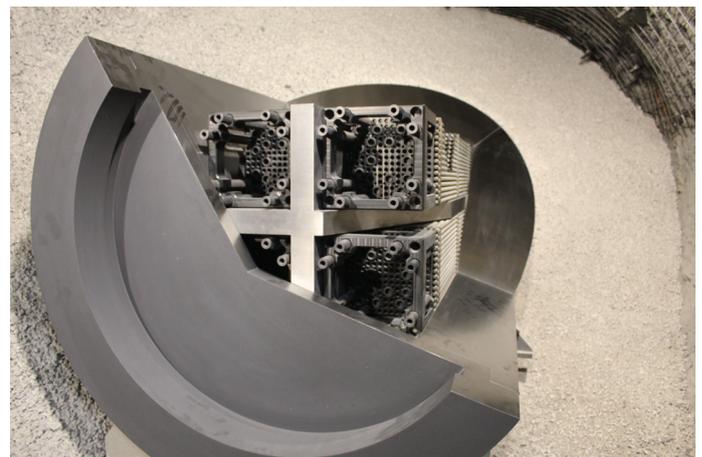
Bis 2020 wurden und werden dazu mehr als 96 Millionen Schweizer Franken von Swisstopo (Bundesamt für Landestopographie) investiert und ein Stollenssystem von aktuell 1200 Metern Länge erbaut. Ziel des Felslabors ist es, durch verschiedene Experimente den Opalinuston auf seine Eignung als Wirtsgestein zu untersuchen, sowie die Einlagerung praktisch zu erforschen. Mont Terri selbst kommt allerdings nicht als tatsächlicher Standort für ein Atomendlager infrage, sondern dient nur der Forschung.

Das liegt unter anderem auch daran, dass sich dort durch die Opalinustonschicht eine Störungszone zieht. Der Opalinuston ist vor rund 175 Millionen Jahren durch Sedimentation von Flüssen entstanden.

Das Gestein besitzt eine sehr geringe hydraulische Durchlässigkeit (nur sehr geringe Grundwasserströmung möglich), kann Radionuklide zurückhalten und besitzt die Eigenschaft entstehende Risse selbst abzudichten.

Aus diesen Gründen kommt der Opalinuston als mögliches Wirtsgestein (neben Salzen und Graniten) für die Endlagerung radioaktiver Abfälle sehr gut in Frage. Schwächen des Gesteins sind jedoch die Brüchigkeit, die den Ausbau erschwert, sowie die geringe Wärmeleitfähigkeit, die dazu führt, dass eine relativ große Lagerfläche benötigt wird, um die in den Brennstäben entstehende Wärme abzutransportieren. Nach dieser Einführung starteten wir die Besichtigung des Felslabors. Zwei Kleinbusse transportierten uns durch die Sicherheitsschleuse und ein Stück durch den Tunnel.

Unseren ersten Halt machten wir am Referenzmodell. Dieses Modell bestand aus vier Brennelementen mit Brennstäben.



Es gab drei Barrieren, um die Strahlung abzuschirmen. Die erste Barriere bestand aus einem Stahlkanister, in welchem die Brennelemente gelagert wurden. Trotz dieses Stahlkanisters wäre die Strahlung für einen Menschen immer noch tödlich. Zudem wird weiterhin nach anderen Materialien geforscht, aus welchem der Kanister gefertigt werden könnte, da der Stahl mit der Zeit rostet, wodurch Wasserstoff entsteht und dadurch sich Drücke aufbauen können, welche eine Gefahr für das komplette Lager darstellen.

Die zweite Barriere bestand aus einem Sockel, gefertigt aus Bentonitblöcken, sowie Bentonitgranulat. Dieses Granulat füllte den gesamten Stollen aus, in welchem der Kanister lag. Die letzte Barriere war der Opalinuston, das natürlich vorherrschende Gestein. Der Kanister soll in einer Tiefe von 400 bis 900 Metern gelagert werden und an der Oberfläche müsste es eine Markierung für die vielen kommenden Generationen

geben. Wie diese aussehen soll weiß man noch nicht. Weiter ging es zum nächsten Projekt. Dem Langzeitexperiment zur Hitzeentwicklung. Gestartet hatte das Projekt 2014 und sollte noch mindestens 15 Jahre andauern.



Ein 50 Meter langer Stollen, mit einem Durchmesser von 2,7 Metern wurde gegraben. Brennstäbe wurden durch eine künstliche Beheizung simuliert. Der Stollen wurde mit Bentonit gefüllt und geschlossen. Nun wurde beobachtet, wie sich die Hitze auf die Umgebung auswirkt, und wie die Abkühlungsprozesse verlaufen.

Sollten echte Brennstäbe gelagert werden, so müssten diese erst fünf Jahre unter Wasser in einem Becken abgekühlt werden. Danach müsste man weitere 40 Jahre warten bis die Stäbe auf 80°C abgekühlt wären. Das Experiment ist von essenzieller Bedeutung, da eine Hitzeeinwirkung auf den Opalinuston auf unter 80°C sichergestellt werden muss, weil dieser sonst seine Eigenschaften verlieren würde, die ihn als Wirtsgestein auszeichnen. Dass der Ton diese Temperatur aushält, weiß man daher, dass die Schicht früher tausende Jahre bei ebenjener tief unter der Erde lag und anschließend Richtung Oberfläche gedrückt wurde.

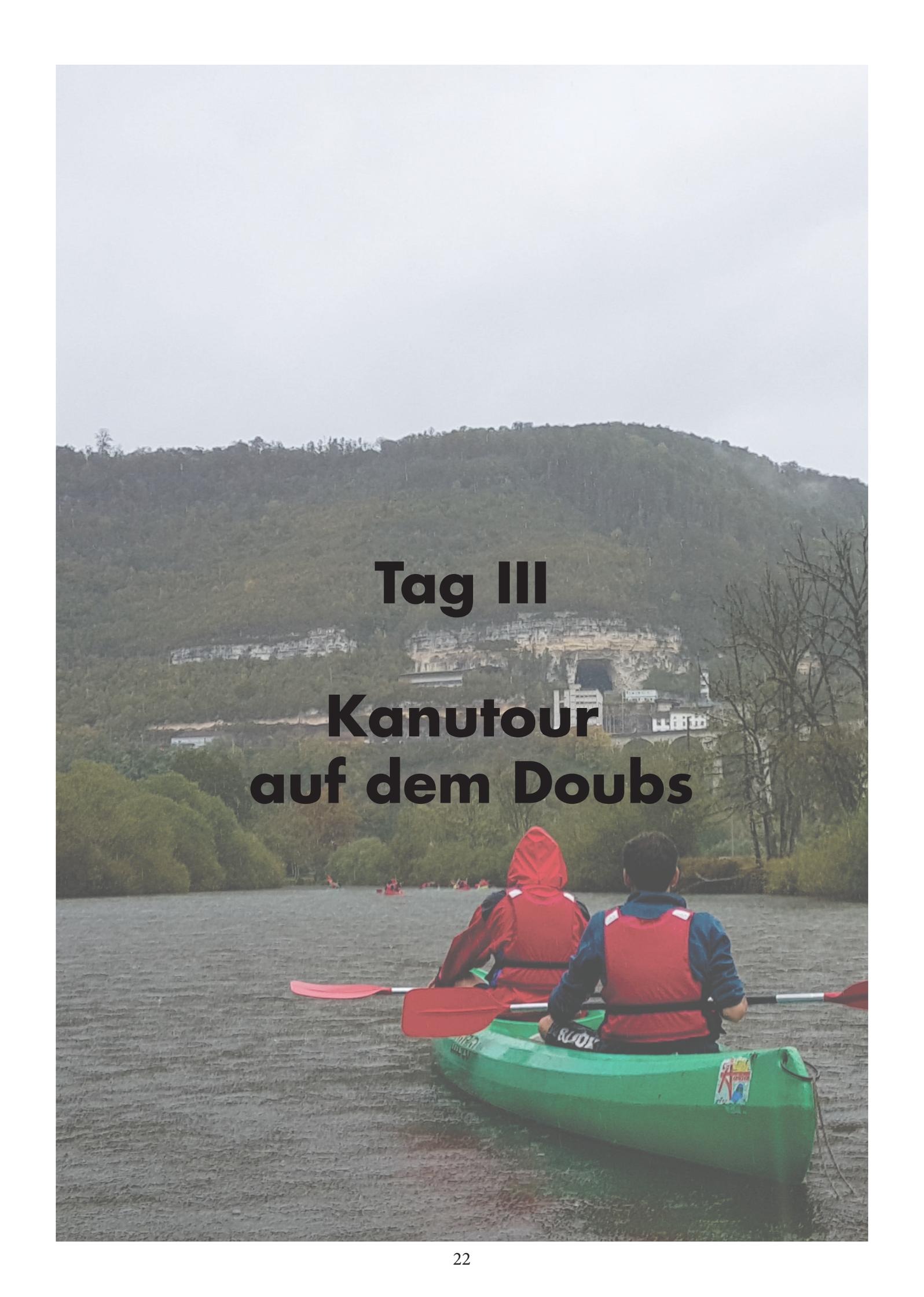
Anschließend besichtigten wir den Versuch, der sich mit den Bakterien in den Porenräumen befasste. Dabei wurden in separierten Kreisläufen unterschiedliche Gase durch Opalinustonproben geführt, um die Reaktionen durch bakterielle Prozesse zu erfassen. Dabei wurde zum Beispiel festgestellt, dass Wasserstoff, der durch Oxidation des Stahlkanisters entsteht, zu Schwefelwasserstoff verstoffwechselt wird.

Beim nächsten Versuch lag das Augenmerk auf dem Bentonit. Dabei wurde der Prozess der Aufsättigung mit Wasser, der natürlicherweise 200 bis 300 Jahre dauert, simuliert, indem innerhalb von zwölf Jahren künstlich aufgesättigt wurde. Der Bentonit füllte dabei etwaige Risse sehr gut durch Druckverschiebung auf, quoll aber nicht homogen auf, da dieser nicht homogen um den Kanister verteilt werden kann. Dadurch verschob er auch den Kanister leicht auf seinem Sockel.

Als letztes schauten wir uns die Störzone an, die durch das Forschungsbergwerk lief. In diversen Versuchen konnte herausgefunden werden, dass sie ein ähnliches Rückhaltevermögen aufweist wie das umgebene Gestein. Nach kurzer Betrachtung eines Neigungsmessgerätes, mit dem sogar Ebbe und Flut in Norddeutschland nachgewiesen werden kann, ging es mit den Bussen zurück ins Besucherzentrum.

**Nils Hilscher &  
Leonie Oberreiter &  
Larissa Schirmer**



A photograph showing two people in a green kayak on a river. They are wearing red and blue gear. In the background, there is a forested hill with a town built on a cliffside. The sky is overcast.

# **Tag III**

# **Kanutour auf dem Doubs**

Um die Region rund um das Forschungsbergwerk und den Mont Terri kennenzulernen, haben wir uns nach der Besichtigung zum Fluß Doubs mit seinen weitestgehend menschenleeren Ufern und Wäldern begeben. Der Fluß fließt durch die Schweiz und Frankreich. Im Vordergrund der Kanutour stand die Betrachtung der Flora und Fauna rund um den Fluß. Dazu konnten wir fluidmechanische Eigenschaften, wie zum Beispiel unterschiedliches Strömungsverhalten beobachten.



Es hat sich dabei gezeigt, dass der Doubs kein besonders tiefes Gewässer ist und man bei der Befahrung aufpassen muss, nicht auf Grund zu laufen. Außerdem führen Verengungen, Steine und Holzstämme im Wasser zu turbulenten Strömungen, die das Steuern des Kanus anspruchsvoll machen. Das war an Hand der Wassermasse, die sich nach diesen Abschnitten im Kanu befunden hat, mess- und spürbar. Auf unserer fast zwei stündigen Tour konnten wir vier Fischreiher und sogar einen Eisvogel zählen. Durch das Vorhandensein von Köcherfliegenlarven konnte mit Hilfe des Saprobienindex eine sehr gute Wasserqualität des Gewässers nachgewiesen werden. Die Larve dient dabei als Indikator für sehr sauberes und reines Wasser.

Unser Hauptziel war jedoch das Finden des Rhone-Strebbers (oder auch Roi du Doubs). Dieser Fisch ist nur noch sehr selten zu finden. Er gehört zur Familie der echten Barsche und sein Verbreitungsgebiet erstreckt sich nur über zehn Quadratkilometer. Ein Lebensraum des Rhone-Strebbers ist unter anderem der Flußboden des Doubs bei mäßiger Strömung. Die Art ging infolge von Wasserverschmutzung und Wasserentzug in ihrem ohnehin geringen Bestand zurück und wurde als vom Aussterben bedrohte Art eingestuft.



Durch seine Erklärung zum „Fisch des Jahres 2013“ wurde ihm mehr Aufmerksamkeit geschenkt, wodurch sein Bestand wieder ein wenig zunimmt. Angeblich haben ein paar wackere Studenten den Fisch sogar gesehen, obwohl dieser eher nachtaktiv ist. Auch nach der Tour haben es einige Exkursionsteilnehmer gewagt, die Wasserqualität auf ihre Schwimmbarkeit zu testen. Sie kamen zu einem positiven Ergebnis, obwohl die Flußtemperatur wirklich sehr gering war.

Insgesamt haben alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer viel von diesem Exkursionspunkt gelernt. Besonders, dass man sich bei Kanutouren im Regen leicht erkältet, vor Allem wenn die Strömung stark und turbulent ist, unabhängig von der Wasserqualität.

**Patrizia Moosmann & Lina Weber**



**Tag IV**

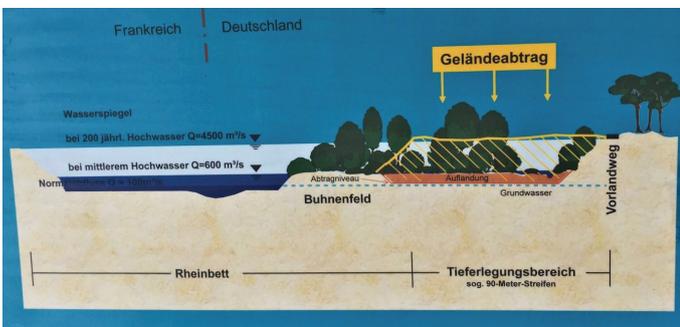
**Das integrierte  
Rheinprogramm**

Donnerstag früh traten wir den Weg von der Schweizer Grenze in Richtung Straßburg an und folgten dem Rhein Richtung Norden. Unterwegs machten wir am Hochwasser-Rückhalteraum Weil-Breisach und am Kulturwehr Breisach Halt, mit dem Ziel, das Integrierte Rheinprogramm (IRP) ken-



nen zu lernen.

Das IRP wurde 1982 ins Leben gerufen, um umweltverträglichen Hochwasserschutz zu gewährleisten. Auf der Strecke zwischen Basel und Mannheim sind 13 Rückhalteräume mit 167,3 Millionen Kubikmetern Rückhaltevolumen geplant, davon sind drei bereits umgesetzt worden.



Durch frühere, künstliche Eingriffe in den natürlichen Rheinverlauf wurde die Renaturierung im Zuge des Projektes notwendig, denn Mitte des 19. Jahrhunderts wurde der Oberrhein von Johann Gottfried Tulla zu einem gleichmäßigen, geraden und befestigten Flußlauf umgestaltet. Dadurch jedoch erodierte der Rhein und Auenwälder wurden nicht mehr überflutet. Ab 1930 wurde der Oberrhein ein zweites Mal ausgebaut. Staustufen zur Energiegewinnung und für die Schifffahrt wurden errichtet, was allerdings zum Abschneiden weiterer Auenflächen und zur Verringerung des Rückhaltevolumens führte.

Dadurch kommt es im Falle von Hochwasser zu einer erhöhten Gefahr für die Anwohner nördlich von Iffe-

zheim. Um dieser Entwicklung entgegen zu wirken, wird die Hochwasser-Rückhaltung und die stückweise Renaturierung auf unterschiedliche Weise bewerkstelligt. Wir hatten die Chance, zwei der konkreten Umsetzungen vorgestellt zu bekommen.

Bei unserem ersten Stopp nahmen sich ein Landschaftsplaner und die Projektleitung, angestellt beim Regierungspräsidium Freiburg, die Zeit unserer Gruppe direkt vor Ort den Stand und die Entwicklung der Hochwasserrückhaltung im Gebiet Weil-Breisach näher zu bringen:

Es wurde ein bewaldetes Überschwemmungsgebiet von 450 Hektar durch die Tieferlegung von Vorlandflächen geschaffen. Dadurch musste das Gelände gerodet und abgetragen werden. Heute, zehn Jahre nach Baubeginn im Jahre 2009 hat sich auf den Tieferlegungsflächen bereits eine zur Hochwasserrückhaltung wirksame Weichholzaue entwickelt.

Dort wachsen insbesondere die Pioniergehölze Silberweiden und Schwarzpappeln, die trotz sehr lange anhaltendem Hochwasser 40 bis 50 Tage überleben können. Dies nennt man natürliche Sukzession. Bei Hochwasser kann der Fluss in die neu gewonnenen Flächen übertreten und wird durch die Bewaldung zusätzlich abgebremst.

Der Bau begann 2009, ist noch in Arbeit und führte und führt immer noch zu gesellschaftlichen und technischen Herausforderungen. Dadurch, dass die direkt anliegende Bevölkerung kaum von den Vorteilen des Hochwasserschutzes profitiert, sondern viel mehr die Bewohner weiter flussabwärts, stehen die Bauherren dadurch einer geringen Akzeptanz des Projektes entgegen. Aus diesem Grund wurde eine ausführliche Informationsarbeit wichtig und besondere Maßnahmen ergriffen. Beispielsweise wurde eine A5 Behelfsausfahrt geschaffen, damit LKWs und weiterer Bauverkehr nicht durch die Ortschaft fahren mussten. Weitere technische Herausforderungen sind die Detektion und Abtragung von Kampfmitteln.



Als besonders naturschutzfachlich wertgebende Maßnahme wurden die Trocken-/ Magerrasen neben den Waldflächen eingestuft. Dazu musste der Oberboden vor Baubeginn abgetragen und anschließend wiederverwendet werden, um die Pflanzenvielfalt am Leinpfad erhalten zu können.

Unser zweiter Stopp war das Kulturwehr Breisach. Dort wurden wir vom Hochdamm entlang des Leinpfades zum Einlassbauwerk und durch den Rückhalteraum, an Schluten vorbei bis zum Fischpass am Möhlinwehr geführt.

Das Kulturwehr Breisach regelt den Wasserstand des Dauerstaus. Durch Heben und Senken der Wehrsektoren kann der Abfluß abhängig vom Zustrom reguliert werden und der Wasserstand auf diese Weise über



rund neun Kilometer auf 192,10 Metern über Normalnull gehalten werden. Bei einer größeren Hochwasserwelle, bzw. stark erhöhten Abflüssen von  $800 \text{ m}^3/\text{s}$  wird der Dauerstau abgesenkt, damit das Hochwasser frei über das Kulturwehr abgeführt werden kann. Ab einem extremen Abfluß von  $3600 \text{ m}^3/\text{s}$  kommt es zu einer Überflutung des Leinpfades und des Rheinwaldes. Das Wasser wird dann durch drei Dämme zurückgehalten, unter anderem durch das Möhlinwehr. Im Unterschied zum Rückhalteraum Weil-Breisach bedarf es hier für einen effektiven Hochwasserschutz der Steuerung der Ein- und Auslassbauwerke durch Personal.

Die Gestaltung des Rückhalteriums ist Teil des gesamten Langzeitprojektes und stellt in einigen Punkten eine Herausforderung dar. Auch hier mussten unerwartet ausführlichere Befunde von möglichen Kampfmitteln berücksichtigt werden, was wiederum Auswirkungen auf den ursprünglichen Finanzplan hatte. Bei der Planung war es wichtig, den natürlichen Lebensraum verschiedener Tierarten bewusst zu gestalten. Um eine Plage durch die Rheinschnake zu verhindern, sollten keine stehenden Gewässer entstehen. Beim Anlegen der Schluten muss daher ein vollständiger Abfluß technisch gewährleistet werden. Die Planung erfolgte in Zusammenarbeit mit der kommunalen Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS).

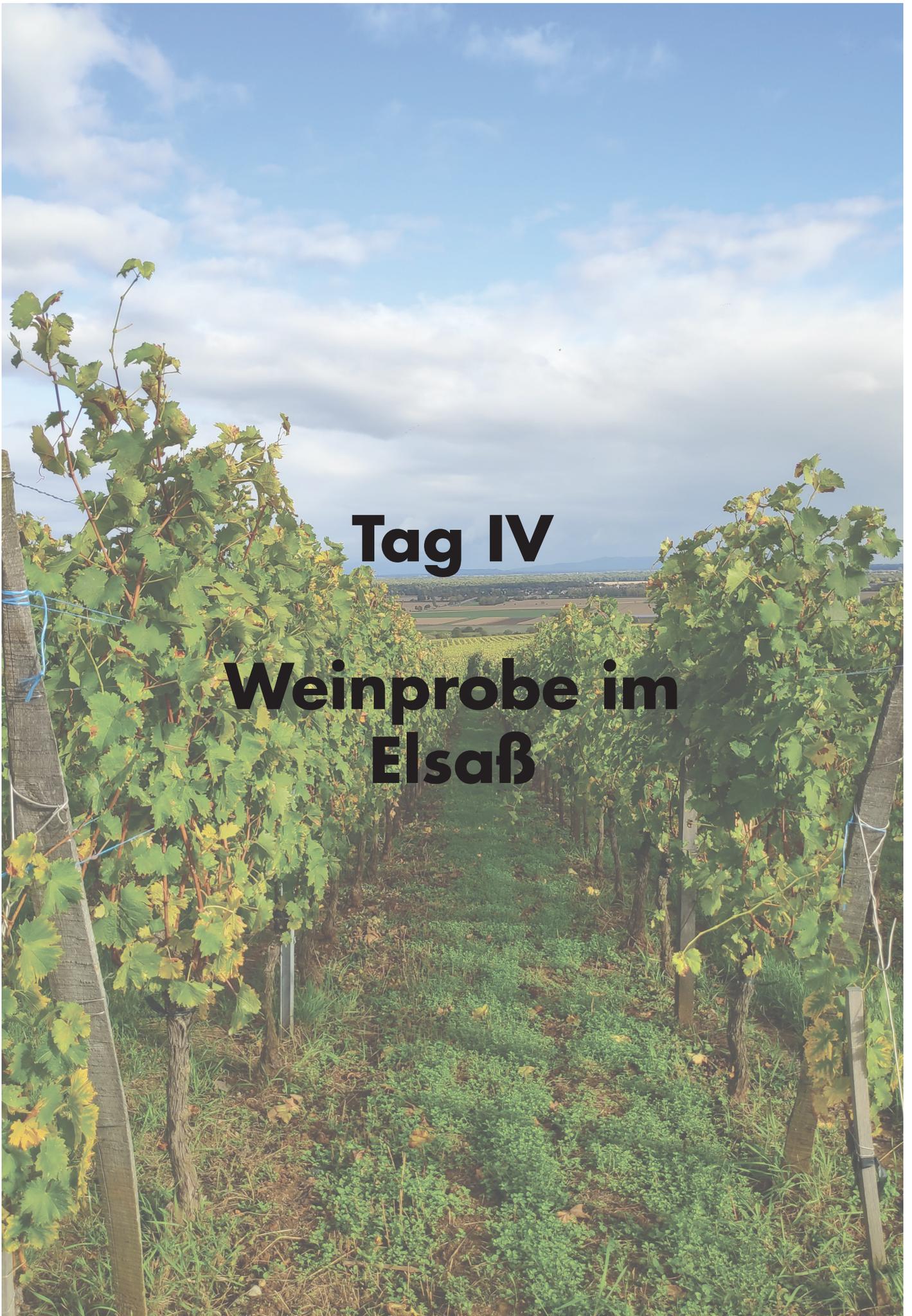
Für Wildtiere wurden spezielle Wildrettungshügel errichtet, um bei der Flutung der Schluten den Tieren die Möglichkeit zu geben, sich vor dem Wasser zu retten. Die schaulustige Bevölkerung stellt allerdings ein gefährliches Hindernis für die scheuen Tiere dar.

Damit Veränderungen des Grundwasserspiegels auf die nahegelegenen Ortschaften Hochstetten und Breisach keine kritischen Auswirkungen haben können, wurden zusätzlich 18 Referenzbrunnen geplant.

Wir danken den Referenten, trotz der schwierigen Wetterlage, sehr herzlich für die informative und umfassende Präsentation ihrer beeindruckenden Projekte und sind gespannt auf die weitere Entwicklung.

**Franca Hoen & Moira Peter**

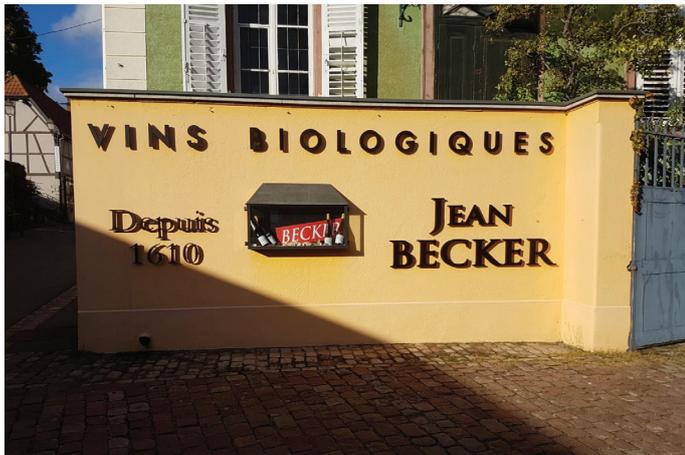




**Tag IV**

**Weinprobe im  
Elsaß**

Am vierten Tage der Exkursion wurde der ökologische Weinanbau näher betrachtet. Das Weingut Becker im Elsaß war das Ziel. Das Weingut befindet sich seit 1610 in Familienbesitz und wird derzeit von der dreizehnten Generation betrieben.



Auf einer Fläche von insgesamt zwanzig Hektar stellt die Familie mit zehn Angestellten ökologisch Wein und Schnäpse her. Typisch für das Elsaß werden hier



zum Großteil Weißweine und Weißweinprodukte produziert. Hugh Johnson beschreibt das Weingut im Taschen-Weinbuch als „Stolzes, altes Familienweingut bei Zellenberg, Elsaß, das jetzt noch feinere Weine macht.“<sup>1</sup>

Zuerst wurde das Weingut vorgestellt. Angefangen bei den Weinreben und deren Kultivierung über die Ernte und Weinherstellung bis hin zum fertigen Produkt. Das elsässische Weinanbaugebiet liegt am Fuße der Ostflanke der Vogesen und ist klimatisch besonders begünstigt. Der vorherrschende Westwind regnet an der Westseite ab. Die Rheinebene erreicht er als trockener und warmer Fallwind.

Die Niederschlagsmenge ist im Durchschnitt die geringste aller französischen Weinbaugebiete. Zudem ist die Jahresmitteltemperatur um etwa 1,5 °C höher als in vergleichbarer geografischer Breite. Von den zwanzig Hektar des Weinguts befinden sich fünf Hektar in *Grand-Cru-Lage*, welche zudem einen vorteilhaften mergel- oder granithaltigen Boden besitzt und die besten Trauben hervorbringt.

<sup>1</sup> Hugh Johnson, Mitchell Beazley, Taschen-Weinbuch, 2003

Das Weingut gehörte zu den ersten Bio-Weingütern. Vor zwanzig Jahren hat die Familie erst teilweise dann vollständig auf den Bioanbau umgestellt. Grund waren gesundheitsschädliche Spritzmittel, welche die Augen des Winzers angegriffen haben. Trotz Biobetrieb werden weiterhin Spritzmittel verwendet. Laut den Betreibern könnte sonst kein zufriedenstellender und konstanter Ertrag erzielt werden. Vor allem Kupfer wird hierbei verwendet. Die Anwendungsmenge schwankt während der Trockenzeit von 1,7 Gramm pro Hektar bis zu fünf Gramm bei Starkregen.



Neben chemischen Mitteln werden auch natürliche Substanzen verwendet. Beispielsweise Sud aus Orangenschalen für die Blätter und aus Brennnesseln gegen Pilzbefall. In Deutschland werden hingegen Phosphonate eingesetzt. Der Boden wird regelmäßig bearbeitet, um eine Düngung und Lüftung zu ermöglichen. Ebenfalls wird eine Schonfläche mit Wiesenabschnitten vorgesehen. Gegen andere Schädlinge werden weitere Maßnahmen ergriffen. Beispielsweise werden Vögel mit Musik verscheucht und Insekten, wie Schmetterlinge, mit Hormon-Fallen bekämpft.

Die Ernte der Beeren wird von Hand durchgeführt, was die Qualität erhöhen soll. Anschließend werden die Trauben im Weingut sortiert und gewogen. Im nächsten Schritt werden die Trauben gepresst und gefiltert.



Abschließend wird Hefe hinzugegeben und der Saft in Kanister abgefüllt, in welchen er sorgsamst überwacht wird. Die Milchsäuregärung setzt ein, dabei werden

die Temperatur und der Säureanteil stetig kontrolliert.

Das Weingut produziert insgesamt vierzig bis fünfzig Hektoliter Wein, was 150 000 Flaschen entspricht. Laut Winzer ist der Ertrag bei einem Bio-Wein um 20% schlechter gegenüber konventionellem Anbau. Zudem ergeben 1,3 Kilo Trauben etwa einen Liter Wein. Bei der Spätlese werden 1,6 Kilo Trauben für einen Liter benötigt.



Der Klimawandel hat laut der Familie bereits Folgen für den Weinanbau. Neue Pilzkrankheiten befallen das Holz und verhindern eine ausreichende Wasserversorgung. Zudem seien die Trockenzeiten länger und die Regenfälle ausgiebiger als bisher. Diese Faktoren schädigen den Ertrag. Da ein Bewässerungsverbot für Weinreben mit angehängten Trauben existiert, stellt die lange Trockenperiode die Weinbauer vor eine große Herausforderung. Diese Veränderungen bedingen eine frühere Ernte und einen höheren Zuckeranteil der Trauben. Abgeschlossen wurde die Führung mit der Verkostung diverser Weine und einem Gugelhupf.

## **Jens Hack & Lukas Ruess**





**Tag V**

**Rheinkraftwerk  
Iffezheim**

Am letzten Tag unserer Exkursion haben wir vormittags das Rheinkraftwerk Iffezheim besucht. Es handelt sich dabei seit seinem 2013 abgeschlossenen Ausbau um das leistungsfähigste Laufwasserkraftwerk in Deutschland. Die Führung durch das Kraftwerk übernimmt Herr Wolfgang Rentsch. Zu Beginn haben wir eine interessante Präsentation zum Thema Energiepolitik und zum Rheinkraftwerk zu hören bekommen.



In Deutschland ist der Ausbau der Wasserkraft nahezu erschöpft. Große Sprünge sind kaum noch zu erwarten. Allerdings besteht oftmals die Möglichkeit alte Kraftwerke zu erweitern oder zu überholen, um mehr Leistung zu gewinnen. In Deutschland spielt die Erzeugung von Strom aus Wasserkraft nur eine kleine Rolle. Weltweit hingegen ist Wasserkraft die am stärksten genutzte regenerative Energiequelle. In Deutschland stellt Windkraft den größten Teil der erneuerbaren Energien dar.

Da der größte Teil der Windenergie aus dem Norden kommt, sind leistungsstarke Gleichstromtrassen bis in den Süden Deutschlands nötig. Eine weitere Herausforderung sind die naturbedingten Schwankungen der Energieproduktion: Bei Starkwind wird manchmal sogar zu viel Energie erzeugt, bei Schwachwind hingegen häufig zu wenig. Um die Schwankungen zu puffern, müssten laut Herrn Rentsch mehr Pumpspeicherkraftwerke gebaut werden. Nur so könne wie beschlossen tatsächlich aus der Kern- und Kohleenergie ausgestiegen werden. Eine Umsetzung dieser Projekte ist allerdings oftmals, aufgrund von Protesten in der Bevölkerung, schwierig und teuer.

Das Rheinkraftwerk Iffezheim wurde 1978 erbaut. Betreiber ist die Rheinkraftwerk Iffezheim GmbH, welche je zur Hälfte der Energie Baden-Württemberg (EnBW) und der Electricité de France (EDF) gehört.

Möglich war eine Nutzung der Wasserkraft in dieser Form durch die in der Verantwortung des Inge-

nieurs Johann Gottfried Tulla 1817 am Oberrhein begonnenen Maßnahmen am Flußbett. Diese waren uns spätestens seit unserem Aufenthalt am Vortag im Rheinabschnitt Weil bis Breisach ein Begriff. Das Schluckvermögen der vier älteren Kaplan-Rohrturbinen beträgt  $1100 \text{ m}^3/\text{s}$  bei elf Metern Gefälle.



Da das Potential des Rheins bei hohen Wassermengen nie ausgenutzt wurde, wurde beschlossen zusätzlich eine fünfte Kaplan-Rohrturbine mit einem Durchsatz von  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  zu installieren. An 126 Tagen im Jahr kann nun im Kraftwerk mehr Energie erzeugt werden als vorher. Die fünfte Maschine ging 2013 an das Netz. Insgesamt liegt die maximale Leistung bei 148 Megawatt und die im Mittel pro Jahr erzeugte Energiemenge bei 868 Millionen Kilowattstunden. Der Laufraddurchmesser der neuen Maschine ist 6,8 Meter groß, also einen Meter größer, als bei den Maschinen im Bestand. Dieser Ausbau ist ein Beispiel dafür, dass man die erzeugte Energie vieler Wasserkraftwerke durchaus noch erhöhen kann.

Neben dem Kraftwerk wurde im Jahre 2000 ein Fischpass errichtet, der es den Fischen ermöglicht flußaufwärts zu schwimmen.



Die Fische werden mit einem Lockstrom zum Eingang der Fischtreppe gelockt, da sich Fische an der Strömung orientieren. Flußabwärts schwimmen die

meisten Fische durch die Turbinen hindurch. Nur wenige gelangen über das temporär geöffnete Wehr, die Schleuse oder den Fischpass nach unten. Auch die Kraft des Lockstroms wird in elektrische Energie gewandelt, in einer Kegelradrohrturbine.

Nach der Präsentation ging es durch das Werk. Wir besuchten die Schaltwarte, die Rechenreinigung, den Fischpass und die fünfte Maschine. Fasziniert von den Dimensionen des Wasserkraftwerks ging es für uns, zum zweiten Mal im Laufe der Exkursion, nach Frankreich. Hier sollten wir mehr über die Nutzung eines bisher weniger als die Wasserkraft erforschten Energieträgers erfahren.

**Simon Rauh & Jannik Traiser**





**Tag V**  
**Geothermieranlage**  
**Rittershofen**

Zum Abschluss ging es in die Geothermieanlage bei Rittershofen. Sie gehört der französischen Firma „ÉS-Géothermie“, welche wiederum zu 88 % dem französischen Energieversorger Électricité de France SA (EDF) gehört. Die Anlage stellt hauptsächlich Wärme für die nahegelegene Bioraffinerie „Roquette Frères“ zur Verfügung und eine Leistung von 24 MW<sub>th</sub>.



EDF ist der Hauptenergieversorger für das Elsaß. Die Lage wurde hauptsächlich aufgrund der erhöhten Bodentemperatur des Rheingrabens ausgewählt. Normalerweise steigt die Bodentemperatur im Durchschnitt um 3 °C pro 100 Meter. Im Rheingraben liegt der Wert jedoch bei 10 °C alle 100 Meter, so können hier 155 GWh<sub>th</sub> produziert werden. Die Anlage arbeitet bei über 20 bar und ist seit 2016 in Betrieb. Im Jahr 2017 konnten durch die Anlage 35 000 t CO<sub>2</sub> eingespart werden.

Ein weiterer Grund für den Standort ist ein hohes Vorkommen von natürlichen Frakturen im Gestein, die für eine hohe Permeabilität sorgen. Diese sorgten dafür, dass ein ausreichender Volumenstrom vorhanden ist.

Der Abstand vom Injektionsbrunnen zum Extraktionsbrunnen beträgt 1,2 Kilometer und gewährleistet eine Vorlauftemperatur von 170°C. Das 170°C warme Wasser erwärmt mit Hilfe eines Wärmetauschers das Prozesswasser für die 15 km entfernte Bioraffinerie. Die Rücklauftemperatur der Raffinerie liegt bei 70°C. Die beiden Brunnen liegen in einer Tiefe von 2600 und 3200 Metern.

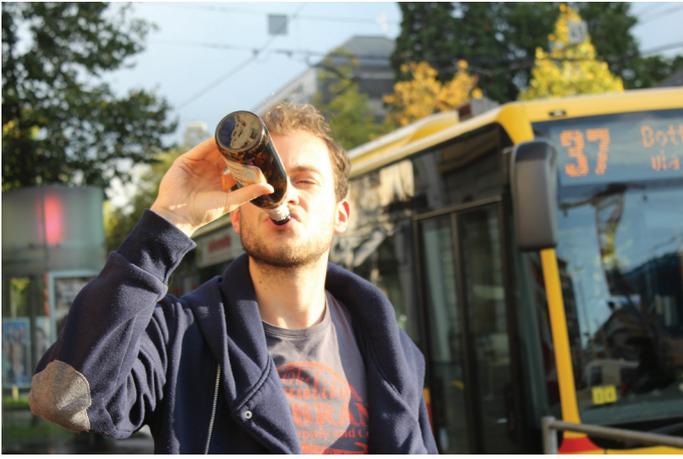
Ein Risikofaktor ist dabei die seismische Aktivität der Erde. Kleinere Erdbeben stellen hierbei kein Problem dar, da erst ab einer Stärke von 2,0 auf der Richter Skala die Anlage abgeschaltet werden muss. Im Jahr 2017 gab es in dem Gebiet 70 kleine Erdbeben mit Maximalwerten von 1,7 auf der Richter Skala.



Ein weiteres für uns interessantes, aber noch ungenutztes Potential der Anlage ist der sehr hohe Mineraliengehalt des Wassers aus so großer Tiefe, da durch frühere vulkanische Aktivität in dem Gebiet auch viele wertvolle Metalle bzw. ihre Salze in den Untergrund gebracht wurden, die sich im heißen Tiefenwasser lösen. Diese könnten theoretisch z.B. durch Verdunstung des geförderten Wassers und anschließende chemische Aufbereitung gewonnen werden, wobei allerdings die Wirtschaftlichkeit laut Aussage des Guides vermutlich noch nicht gegeben ist.

Eine Umweltbedrohung stellt das Förderwasser zwar durch seinen hohen Schwermetallgehalt auch potentiell dar, jedoch ist ein Auffangbecken für Überflüsse im Fall eines Defekts vorhanden sodass für die umliegenden Böden, die auch ackerbaulich genutzt werden, keine Gefahr besteht.

**Luca Gehring &  
Sven Mindel &  
Ivo Pfaffenberger**







Wir danken Holger Class und Simon Emmert für ihre Organisation und Unterstützung, ohne welche diese Exkursion nicht möglich gewesen wäre.

