

**Fachexkursion 1997 am 6.6.1997**

**Besichtigung des Integrierten Donauprogramms im Raum  
Riedlingen - Ulm**

**unter der Führung von Dr. Helmut Klepser, Tübingen, und Wolfgang Hauck**

Um einen besseren Einblick in die Verhältnisse an der oberen Donau zu bekommen, muß man sich mit den geologischen Verhältnissen von Oberschwaben mit der angrenzenden Schwäbischen Alb und dem Bodensee vertraut machen. Eine derartige Einführung gab Herr Dr. Klepser von einem Aussichtspunkt am südlichen Rand der Schwäbischen Alb in Höhe des Blochinger Sandwinkels. Auf die Wiedergabe der gemachten Ausführungen wird hier verzichtet.

Es wird jedoch auf die Anlage zu diesem Bericht verwiesen, die dem Exkursionsführer entnommen wurde. Er gibt einen Überblick über die Geologie Oberschwabens.

**Herstellung einer neuen Donauschleife am Blochinger Sandwinkel**

Die Donau entsteht in Sigmaringen durch den Zusammenfluß zweier kleinerer Gewässer. Bekannt sind im Oberlauf der Donau die sogenannten Flußschwinden, das sind Gewässerstrecken, in denen das Flußwasser in der Gewässersohle versickert und im Grundwasserleiter des Donautales weiterfließt.

Das obere Einzugsgebiet der Donau verliert viel Wasser an den Hochrhein. Die Aare entwässerte ursprünglich in die Donau und nicht nach Westen in den Hochrhein.

Im Blochinger Winkel, bei Strom km 80, an dem der Neubau einer Donauschleife begann, hat das Niederschlagsgebiet der Donau eine Größe von etwa 2000 Quadratkilometern. Die Abflußmengen bei HW betragen 300-320 cbm/sec, bei MW 1,5 cbm/sec und bei NNW 1.5 cbm/sec.

Die Donau wurde 1888 in Zusammenhang mit dem Bau einer Eisenbahnlinie begradigt. Die damals abgeschnittene Flußschleife ist in der Örtlichkeit noch erkennbar. Diese Baumaßnahme begünstigte den Hochwasserabfluß und führte zu einer Verminderung der Überflutung in der Talau. Als Folge davon konnte das ursprünglich vorhandene Grünland in der Talau umgebrochen und ackerbaulich genutzt werden. Mit der Ackernutzung setzte auch eine starke Oberflächenerosion der vom Hochwasser erreichbaren Flächen ein. Ein starker Maisanbau in der Weichholzaue förderte die Bodenerosion durch die Lockerung der Erdoberfläche.

Für die Baumaßnahme wurden Grundstücke angekauft und zwar so ausreichend, daß die landwirtschaftlichen Nutzflächen nicht direkt an die Donau grenzen, sondern daß das Gewässer noch ausreichend Platz zum Mäandrieren hat, ohne daß erneute Verbaumaßnahmen erforderlich werden.

Die geplanten Maßnahmen durften auf keinen Fall zu einer Verschärfung der Hochwassersituation für die Oberlieger werden. Deshalb wurden die Auswirkungen der Baumaßnahme vorher in einem Modell an der UNI Karlsruhe ermittelt.

Der Bodenaushub für die neue Schleife wurde als Kies verkauft. Mit Ausnahme zweier Sohlrampen wurde kein technischer Verbau angewandt. Die Ufer der Sohlrampen wurden im Oberwasser mit einer Weidenspreitlage gesichert. Die Sohlrampen dienen dem seitlichen Abschlag von Wasser aus der neuen Donauschleife (S - Form) in die gradlinige alte Donaustrecke. Die untere Sohlrampe hat eine Neigung von 1 - 5.

Im Bereich der unteren Sohlrampe gäbe es bauliche Schwierigkeiten mit der örtlich anstehenden

Molasse. Sie mußte wie Fels gebrochen werden, konnte aber hinterher nicht als Gestein verbaut werden, da sie nach dem Lösen aus der Lagerstätte bröselig zerfiel.

Paddler dürfen den oberen Teil des neuen Donaubogens nicht befahren. Sie müssen den Abstieg über den alten, gradlinigen Donauarm nehmen ( Altwasser ). Erst wenn die neue Donauschleife in die Gegenkurve übergeht, dürfen sie der neuen Donauschleife folgen.

Außer der Ufersicherung im Bereich der Sohlrampen mit einer Weidenspreitlage wurden keine Anpflanzungen vorgenommen. Sehr bald haben sich in der Weichholzaue Weidenarten eingestellt. Es handelt sich um Mandelweide , Purpurweide, Bruchweide und Silberweide u.a., daneben Anflug von Bergahorn. Im Gewässer selbst wurden ebenfalls keine Anpflanzungen vorgenommen. Die kiesigen Ufer wurden bald von Rohrglanzgras besiedelt, im Wasser siedelte sich der Wasserhahnenfuß an.

Bei der Anlage der neuen Donauschleife wurde auch eine hochgelegene Fläche als Rückzugsfläche bei Donauhochwasser angelegt. Hier können Tiere Zuflucht suchen, die sonst bei Hochwasser ertrinken (Kaninchen Fuchs usw.).

Eine Besonderheit sind die sogenannten Brände, das sind kleine höherliegende Standorte, wasserarme und nährstoffarme Flächen, die sich aus der Talniederung (Niederterasse) heraus-heben. Auf den Branden wachsen gelegentlich Kiefern und Sanddorn.

In bestimmten Bereichen werden Ökologische Untersuchungen in regelmäßigen Abständen unternommen. Die Lage der Untersuchungstreifen ( Transekten ) sind im Gelände vermarkt. Neben den Nachmessungen des Flußprofils werden Untersuchungen der Vogelwelt, der Vegetation , über Spinnen und Käfer sowie der Fließgewässerbiologie durchgeführt.

### **Umbau des Altheimer Wehres**

Oberhalb von Riedlingen war die Donau angestaut, um das Wasser für die Wasserkraftnutzung in Riedlingen ableiten zu können. Das in der Donau vorhandene Wehr war schon längere Zeit umläufig, ein kleiner Anteil des Donauwassers sickerte unter dem Wehr hindurch. Hier setzte man bei einer Neuplanung an und ersetzte das Wehr durch eine Sohlrampe, über die so viel Wasser bei Niedrigwasser fließt, wie vorher durch die Umläufigkeit in das Unterwasser durchsickerte. Im Hochwasserfall wird 1/3 der Wassermenge nach Riedlingen geleitet, 2/3 der Wassermenge wird in den weiterführenden Hochwasserentlasten abgeschlagen. Die Ausbildung dieser Verzweigung wurde im Modell untersucht. Die Besonderheit in der Ausführung ist die Anordnung von zwei Inseln in der Mitte des Gewässers, die verhindern, daß zu viel Wasser in den Entlasten fließt

### **Hochwasserschutz Riedlingen**

Bisher gibt es für den Hochwasserschutz Riedlingen noch keinen baureifen Plan. Es ist vorgesehen am rechten Donauufer Polderflächen unter Ausnutzung der Morphologie des Geländes zu schaffen. In diesem Zusammenhang werden gelegentlich bei der gezielten Überflutung auch landwirtschaftliche Nutzflächen in Anspruch genommen.

### **Wehr und Kraftwerksanlage am Kloster Obermarchtal**

Beim Kloster Obermarchtal endet der natürliche Verlauf der Donau. In Höhe der Klosteranlage befindet ein großes Wehr. Unterhalb dieses Bauwerks beginnt der staufstufengeregelte Abschnitt

## **Wasserkraftwerk Berg ( Planung )**

Bei Berg ist ein Donaukraftwerk in der Planung. Um die ökologischen Schäden zu mildern, ist hier der Bau eines Umleitungsgewässers vorgesehen, das 200-1200 l/s Donauwasser oberhalb des geplanten Kraftwerks aufnehmen soll. Ein besonderes Problem bereitet bei den Überlegungen der Streber, ein standorttreuer Fisch, der ggf. umgesiedelt werden muß.

## **Karstquellen am Südrand der Schwäbischen Alb – Der Blautopf beim Kloster Blaubeuren –**

Die Schwäbische Alb ist eine Karstlandschaft ohne oberirdisch austretende Quellen. Das versickernde Niederschlagswasser sammelt sich in unterirdischen Wasserläufen und tritt am Südostrand der Schwäbischen Alp in Form von Topfquellen zutage. Die größte dieser Quellen ist der Blautopf bei Blaubeuren. Sie schüttet bis 32 cbm/s. Einzelheiten zur Wassergüte sind den beigefügten Unterlagen zu entnehmen.

Wenn der Blautopf kocht, wie man in Blaubeuren zu dem Hochwasser sagt, dann steht das Wasser oft in der an der Quelle befindlichen Hammerschmiede und die Straße unterhalb der Quelle wird überflutet. Eine 1956 angelegte Bewaldung schützt den unmittelbaren Quellbereich gegen Hangabrutschungen.

**In Blaubeuren endete das Besichtigungsprogramm der Exkursion 1997. Der Tag voller großer Eindrücke und wichtiger Erkenntnisse wird uns noch lange in Erinnerung bleiben. An dieser Stelle sei allen denen Dank gesagt, die zu dem guten Gelingen dieser Exkursion beigetragen haben, insbesondere Herrn Dr. Klepser für seine exzellente Führung und Wolfgang Hauck für die Vorbereitungen zu dieser Exkursion.**

## Landschaftlicher Überblick

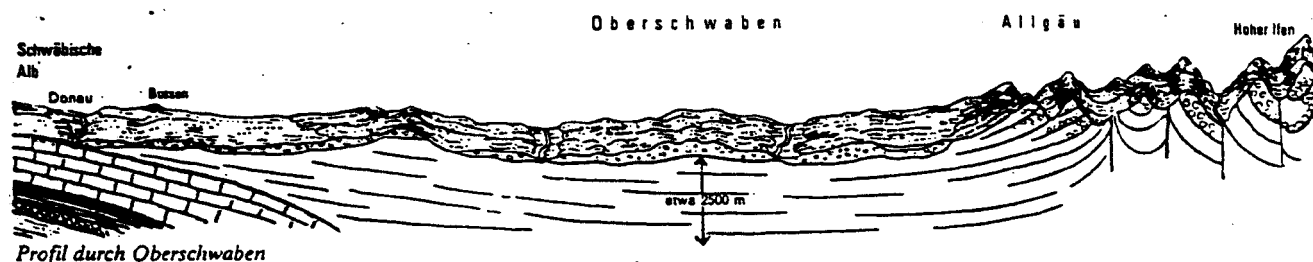
Oberschwaben ist das Gebiet zwischen Donau, Iller und Bodensee. Es gehört zum Alpenvorland, das sich vom Genfer See bis zum Wiener Becken erstreckt. Diese Landschaft ist in Abhängigkeit von den Alpen entstanden.



Zeichenerklärung im vorderen Einband

0 5 10 15 20 25 km

## Oberschwaben und Bodensee



die immer schon das Klima, die Siedlungen und die Wirtschaft Oberschwabens beeinflusst haben. Während der geologischen Zeit des Tertiärs, vor etwa 70 Millionen Jahren, bildeten sich die Alpen in einem Vorgang, den man Faltung nennt. Die vorher fast eben liegenden Gesteinsschichten wurden zusammengeschoben, aufgefaltet und gewannen so allmählich an Höhe. Gleichzeitig entstand zwischen der Schwäbischen Alb und den Alpen eine trogartige Senke, in die das Wasser des Mittelmeers hineinströmte. Dieses Meer füllte sich langsam mit Geröll und Schutt auf, den die Flüsse über Jahrtausende ins Vorland des aufsteigenden Gebirges beförderten. So bildeten sich in diesem bis zu 4000 Meter tiefen Trog Gesteinsschichten, die man nach dem zermahlenden Gestein Molasse (lateinisch molere = mahlen) nennt. Sichtbare Reste der tertiären Schichten sind Höhenzüge beiderseits der Donau zwischen Riedlingen und Ulm, insbesondere der Bunsen. Im Tertiär entstanden auch die Vulkanberge im Hegau. Während der Eiszeit, die vor etwa 600 000 Jahren begann und vor 10 000 Jahren endete, lag die Jahrestemperatur um etwa 5°C niedriger als heute. Mehrmals drangen die mächtigen Alpengletscher unterschiedlich weit nach Norden vor. Geologen unterscheiden vier Eiszeiten und benennen sie nach Flüssen im Alpenvorland: Günz-, Mindel-, Riß- und Würm-Eiszeit. Zwischen den Eiszeiten lagen Warmzeiten. Sie dauerten jeweils 50 000 bis 60 000 Jahre. Seit etwa 10 000 Jahren leben wir in einer Zwischeneiszeit. Die ersten Menschen in Oberschwaben erlebten vor etwa 13 000 Jahren noch die letzte Eiszeit, wie die Funde an der Schussenquelle bezeugen.

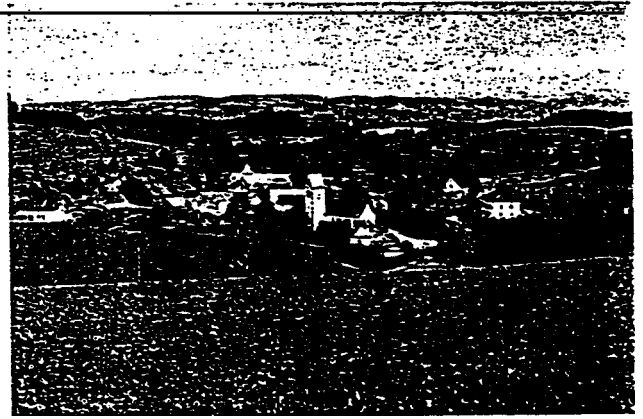
Die Gletschervorstöße der Riß- und der Würm-Eiszeit hinterließen deutliche Spuren in der Landschaft. Auf ihrem Weg von den Alpen lagerten sie die Moränen ab, ein Gemenge aus Sand, Lehm, Schotter und großen Gesteinsbrocken. In der Riß-Eiszeit erreichte der Rheingletscher zwischen Riedlingen und Sigmaringen sogar die Schwäbische Alb. Die deutlichste Landmarke blieb aber der Bunsen. Von einer Kalksteinschicht bedeckt, konnte er vom Gletscherstrom weder weggeschoben noch von den Moränen überdeckt werden. Besonders eindrucksvoll sind die sogenannten Findlinge Oberschwabens. Die oft tonnenschweren Gesteinsbrocken, wie sie an der Schussenquelle schön zu sehen sind, zeugen von der Arbeit der über 1000 Meter dicken Eisströme. Im Übrigen gibt es in Oberschwaben kaum Steinbrüche, sondern häufig Kies- und Sandgruben. Die Schmelzwasserströme der Gletscher haben das mitgeführte Material sortiert und Terrassen aus Kies und Sand aufgeschüttet, die heute abgebaut werden. Auch wenn man in den letzten Jahren etwas Erdöl und Erdgas in Oberschwaben entdeckt hat, so bleibt der wichtigste Bodenschatz doch das Wasser. Aus der Donauniederung und aus dem Bodensee wird es in den Mittleren Neckarraum, insbesondere nach Stuttgart, gepumpt.

Heute unterscheidet man die flachwellige Altmoränenlandschaft im nördlichen Oberschwaben von der kuppigen Jungmoränenlandschaft im südlichen Oberschwaben. Die Moränen der Riß-Eiszeit waren nämlich länger der Abtragung ausgesetzt als die Moränen der Würm-Eiszeit. Deshalb sind die einstigen Moränen der Riß-Eiszeit weitgehend abgetragen und eingeebnet. Da die Gletscher der jüngeren Würm-Eiszeit nach Norden nur bis Pfullendorf — Schussenried — Waldsee vorstießen, hat sich südlich davon „die eiszeitliche

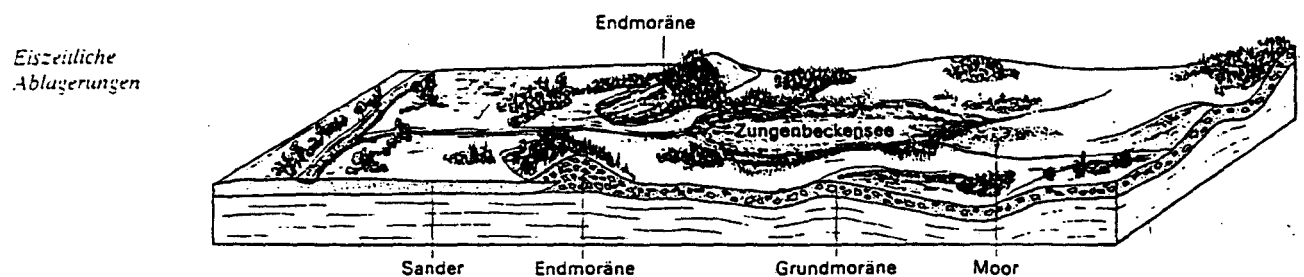
Altmoränenlandschaft bei Steinhausen



Jungmoränenlandschaft bei Bodnegg



## Landschaftlicher Überblick



Formenwelt frisch erhalten. Sie besteht aus langen Girlanden der Endmoränenwälle mit ihrem unruhigen Gewirr von steilen Hügeln. Sie rühren von drei längeren Gletscherhalten her, deren südlichster das Bodenseebecken gerade noch umrahmt hat (Friedrich Huttenlocher. Kleine geographische Landeskunde. Karlsruhe 1968. S. 27). Die Veränderung der Erdoberfläche ist aber nicht zum Stillstand gekommen: Der Federsee, im nördlichen Oberschwaben der letzte von mehreren verschwundenen Seen aus der Eiszeit, wird immer kleiner, und der Alpenrhein schiebt immer mehr Geröll in den Bodensee und füllt ihn langsam auf. So ist auch der Bodensee ein „Restsee“.

Neben den Gletschern wirken die Flüsse mit an der Gliederung des Landes. Eine Zweiteilung ergibt sich daraus, daß die Gewässer des nördlichen Oberschwabens zur Donau fließen, die aus dem Jungmoränenland durch den Bodensee in den Rhein. In der Gegend von Schussenried liegen die Quellen von zwei wichtigen Flüssen nahe beieinander: Die Schussen fließt zum Bodensee, die einige Kilometer östlich entspringende Riß zur Donau. In den Tälern der Riß und der Schussen kann man eine durchgehende Verbindungsachse sehen, die später von den Verkehrswegen genutzt wurde, vor allem von der zwischen 1847 und 1850 erbauten württembergischen Südbahn.

Man kann aber auch von einer Dreiteilung sprechen. Wir haben im Norden das immer breiter werdende Tal der Donau am Südrand der Schwäbischen Alb, das zusammen mit dem tertiären Hügelland und dem Altmoränengebiet sich früh dem Ackerbau erschloß. Noch günstigere Voraussetzungen für den Ackerbau bietet die Uferzone des Bodensees mit dem Schussenbecken. Dazwischen liegt das ursprünglich fast ganz von Wald bedeckte Jungmoränenland. Von dieser naturgegebenen Dreiteilung war dann auch die Besiedelung des Landes und die Bodennutzung beeinflusst. Während an der Donau und am Bodensee am frühesten dauernd bestehende Siedlungen feststellbar sind konnte das Waldland erst im Hochmittelalter mühsam und auch nicht vollständig erschlossen werden. Es blieb in Oberschwaben ein Viertel der ursprünglichen Waldfläche übrig, darunter einige geschlossene Waldgebiete wie z. B. die Holzstöcke westlich der Iller der Wagenhart bei Ostrach, der Altdorfer Wald und der Tettninger Wald am Rande des Schussenbeckens, die Wälder um Schloß Zeil sowie die Adelegg mit dem Schwarzen Grat.

Im nordwestlichen Oberschwaben. auch im Hegau. finden wir die großen alten Dörfer und die Gebiete, wo bis in unsere Zeit der Ackerbau vorherrscht. Erst neuerdings hat dort die Viehwirtschaft zugenommen. Man spricht von den Kornbauern und von den Hornbauern. Je weiter wir nach Südosten gehen. desto mehr treten im später besiedelten Hügelland an die Stelle der geschlossenen Dörfer die kleinen Weiler und Einzelhöfe. deren Namen oft auf -weiler und -hofen enden. In gleichem Maße tritt die Grünlandwirtschaft in den Vordergrund und erreicht im Allgäu einen Anteil von 90%. Vorn Allgäu her, das seinen Mittelpunkt außerhalb der Landesgrenze hat, ging vom 17. bis 19. Jahrhundert eine Umwandlung der Siedlungen aus, die man Vereinödung nennt. Dörfer und Weiler wurden aufgelöst, und die Höfe wurden dann jeweils inmitten der landwirtschaftlichen Nutzfläche neu angelegt. Das Verfahren ist ein Vorläufer der modernen Flurbereinigung mit, Aussiedlerhöfen. Richtige Dörfer, wie man sie sich vorstellt, mit einer Kirche und einer großen Zahl von Höfen und Häusern, gibt es nur in weiten Abständen. Nach der Inbesitznahme durch Württemberg mußten dort manche Gemeinden erst künstlich neu gebildet werden. So gehören zu Amtzell, Bodnegg und Vogt 100 und mehr Einzelsiedlungen. Heute ist dieses Gebiet der. Mittelpunkt einer hochspezialisierten Milchwirtschaft. Käse ist ein wichtiger Ausfuhrartikel. Die. in ganz Oberschwaben übliche geschlossene Vererbung der Hofgüter hat dazu beigetragen, daß genügend- leistungsfähige Betriebe erhalten geblieben sind. Das günstige Klima um den Bodensee förderte die Entstehung von Sonderkulturen. Der Weinbau ist nur noch in und um Meersburg erhalten. Auf der Insel Reichenau. reiht sich eine Gärtnerei an die andere, und man spricht vom „Frühgemüsebeet des Landes“. Ebenfalls von überörtlicher Bedeutung ist der Anbau von Tafelobst am Nordrand des Sees. Um Tettngang entstand — erst im 19. Jahrhundert — der „Hopfengarten des Landes“.

Trotz des äußerlichen Vorherrschens der. Landwirtschaft hat auch die Industrie ihren Platz in Oberschwaben. und am Bodensee: Sie knüpft zum Teil an alte Traditionen in den Städten an. Die wichtigsten Industriestandorte liegen an alten und modernen Verkehrslinien, so Ulm, Biberach; Ravensburg und Friedrichshafen an einer alten Handelsstraße und an der württembergischen Südbahn; Singen als ein Eisenbahnknotenpunkt westlich des Bodensees. Die Industrialisierung greift neuerdings auch auf die Dörfer über, ohne sie völlig zu verändern. Ausgesprochene. Verdichtungsräume haben wir im Raum Singen-Konstanz. im Schussenbecken und um Ulm. Vor allem am Bodensee ergibt sich daraus eine Spannung zwischen der Industrialisierung und den Belangen des Landschaftsschutzes und des Fremdenverkehrs.

### **Blautopf in Blaubeuren:**

Alb-Donau Kreis,- Wasserwirtschaftsamsbezirk: Ulm, -Reg. Präs. Tübingen  
 Meßstelle Nr. :3600; TK 25: 7524; Flußgebietskennziffer : 1152300  
 Rechtswert: 3558090 m ; Hochwert: 5364580  
 Meßpunkthöhe +NN: 512,9 .; Meßpunkt : Pegelnullpunkt  
 Geländehöhe + NN: 511,00  
 Veranlasser oder Eigentümer: Kommunalverwaltung; Quelle nicht genutzt.  
 Hauptaquifer : Weissjura delta , Ki2; 2 Aquifer: Weissjuradelta, Ki2

WASSERUNTERSUCHUNG VOM 7.9.87; 9:30 Uhr; Nr. 13944

Analyse: Geologisches Landesamt Freiburg im Breisgau

Analysenumfang: Vollanalyse

Anlass für die Probenahme : Kartierung 1 : 50 000

Art der Probenahme: Am Quellaustritt

Wasserspiegel bei Entnahme : 0,295 m

Farbe: farblos; Trübung : klar (ohne Befund); Geruch: ohne Befund-geruchlos;

Geschmack: ohne Befund normal

Temperatur: 9,2 Grad Celsius ; pH-Wert : 6,9; Elektrische Leitfähigkeit: 602 uS/cm

(PV) Oxidierbarkeit mit Mn-VII: 1,0 mg/l O<sub>2</sub>

Gesamthärte : 6,05 mval/l; Karbonathärte: 5,12 mval/l ziemlich hart

### HAUPT- und NEBENBESTANDTEILE

	(mg/l)	(mval/l)	(mval-%)
Natrium (Na <sup>+</sup> )	7,76	0,338	5,25

Kalium (K <sup>+</sup> )	1,08	0,028	0,43
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	<0,05	<0,003	<0,04
Calcium (Ca <sup>++</sup> )	117,43	5,87	91,3
Magnesium (Mg <sup>++</sup> )	2,31	.0,190	2,95
Eisen (Fe <sup>++</sup> )	0,06	0,002	0,03
Mangan (Mn <sup>++</sup> )	<0,05	<0,002	<0,03

---

Kationen zusammen	ca.129	6,430	100,00
-------------------	--------	-------	--------

---

Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	22,0	0,620	9,63
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	24,0	0,387	6,02
Nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0,05	0,001	0,02
Hydrogencarbonat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	312	5,114	79,48
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> )	14,5	0,302	4,69
Hydrogenphosphat (HPO <sub>4</sub> <sup>--</sup> )	0,51	0,011	0,17

---

Anionen zusammen	ca. 373	6,434	100,00
------------------	---------	-------	--------

---

Metokieselsäure (H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) 7,2; mg/l Freie Kohlensäure (CO<sub>2</sub>) 39,6 mg/l  
Sauerstoff (O<sub>2</sub>) 10,4 mg/l; Sauerstoffsättigung: 93 %  
Spurenstoffe in ug/l : Fluorid 40; Lithium 0,78; Metaborsäure 120

---

Feststoffinhalt: 509 mg/l; Lösungsinhalt: 559 mg/l

Wassertyp: ziemlich hartes Calciumbicarbonatwasser Ca - HCO<sub>3</sub>-(Cl)

Analysenergebnis: vom Originaldokument abgeschrieben

### **Karstgrundwasservorkommen des Blautals im Gerhauser Ried**

(Alb-Donau-Kreis)

Bearbeiter: G. Strayle, E. Villinger- Geologisches Landesamt Baden-Württemberg,  
Albertstr. 5, 7800 Freiburg i.Br.

A. Nußbaum - Wasserwirtschaftsamt Ulm, Frauenstraße 2, 7900 Ulm.12.4.1978

übermittelt vom Regierungspräsidium Tübingen Ref. 53/07071/757-3540

Fax.: 07071/7573190.-H. Pezina

### **PUMPVERSUCH IM Blautopf**

Der vorliegende Bericht über den im Frühjahr 1976 durchgeführten Pumpversuch ist das Ergebnis einer gemeinsamen Planung, Durchführung und Auswertung zwischen dem Geologischen Landesamt Freiburg und dem Wasserwirtschaftsamt Ulm unter Mitarbeit der VEDEWA Stuttgart..

Die gemeinsame Bearbeitung hat sich in mehrfacher Hinsicht als vorteilhaft erwiesen. Zum einen konnte auf diese Weise ein Versuchsfeld und ein Versuchsprogramm vorgeschlagen werden, mit dem unter Aufrechterhaltung der Wasserversorgung ein umfangreicher Fragenkatalog beantwortet werden konnte. Zum andern hat die gegenseitigen Information bei der Auswertung immer wieder zu einer gegenseitigen kritischen Bewertung der Einzelergebnisse Anlaß gegeben. Schließlich war es im Laufe der Auswertung unumgänglich methodisch neue Wege zu beschreiten, wozu gemeinsame Diskussionen notwendig waren.

#### **1. Veranlassung:**

Unbestritten die schönste Karstquelle auf der Schwäbischen Alb ist der Blautopf bei Blaubeuren. Die auf der Albhochfläche in einem Bereich von etwa 157 km<sup>2</sup> in den verkarsteten Weißjura einsickernden Niederschlagswässer treten hier nach wenigen Tagen - oft schon nach Stunden wieder aus-. Eine der Folge dieses raschen Wasserkreislaufes ist die starke hygienische Gefährdung des Blautopfs. Deshalb hat die Stadt Blaubeuren, die bis zum Jahre 1959 ihr Trinkwasser aus dieser Karstquelle bezog, bereits im Frühjahr 1953 das der unmittelbaren



Verschmutzung weniger ausgesetzt und daher hygienisch noch einwandfreiere Karstgrundwasser tieferer Horizonte durch Aufschlußbohrungen erkundet. Dabei wurde in Blaubeuren -Gerhausen ein Quellaufbruch aufgebohrt und ein ergiebiges Karstwasservorkommen von guter Qualität angetroffen.

Der Karstaquifer wird nun mittels 4 je 228 m tiefer Bohrbrunnen seit Herbst 1959 durch die Blau-Lauter-Gruppe, die Stadt Blaubeuren und die Albwasserversorgungsgruppe III zur Trinkwasserversorgung genutzt. '

Der Antrag der Stadt Blaubeuren vom 20. März 1970 auf Eintragung der alten Rechte und Befugnisse zur Entnahme von 1701/s und auf Erteilung einer wasserrechtlichen Bewilligung zur Entnahme von 3501/s bzw.  $10 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$  Karstgrundwasser aus den bestehenden Tiefbrunnen war Anlaß, das erschlossene Wasservorkommen mittels eines Dauerpumpversuchs zu erkunden, da bisher kein für die hydrogeologische Beurteilung geeigneter Pumpversuch durchgeführt wurde.

## **2-. Geologischer und hydrogeologischer Überblick;**

Das ehemals von der Donau durchflossene Ach.-Blautalsystem ist als typisches Kastental bis zu 100 m tief in den oberen Weißjura eingeschnitten. Entsprechend dem generellen südöstlichen Schichtfallen, das steiler als das Talgefälle ist, reichen die Talwände im westlichen Talabschnitt bei Schelklingen bis in den unteren Teil der Mittelkimmeridge-Kalke (Weißjura-delta) während sie im Osten bei Herrlingen nur noch bis auf die Basis des Tithon (liegende Bankkalke des Weißjura zeta) einschließenden. Der Verlauf des Talsystems weist bei Schelklingen und bei Blaubeuren 2 markante nach Norden ausgreifende

Talschlingen auf. An deren nördlichen Scheitelpunkten treten jeweils große Karstquellen zu tage, nämlich Achquelle und Urspringtopf bzw. Blautopf. Infolge der eiszeitlichen Aufschotterung der Talböden sind diese Karstwasseraustritte zu Quelltöpfen aufgestaut. Ihr Einzugsgebiet liegt im Wesentlichen auf der nördlich anschließenden Albhochfläche, die wegen des fortgeschrittenen Verkarstungsstadiums in diesem Bereich oberirdisch vollkommen abflußlos ist. Im Gegensatz zur Talschlinge von Blaubeuren ist der Lützelberg bei Schelklingen als alter Umlaufberg der Donau vollständig abgeschnürt. Die Gefälleverhältnisse im alten Talboden haben sich durch Aufschotterung bereits umgekehrt, so daß die heutigen Quellabflüsse gegen die ehemalige Fließrichtung in das Haupttal einmünden.

Dagegen ist der Ruckenberg bei Blaubeuren nicht mehr von der Donau abgeschnürt worden. Der schmale Talsporn weist aber bereits eine deutliche Einsattelung an der schmalsten Stelle auf. Der heutige Höhenunterschied zwischen Ach- und Blautal, er entspricht dem Gefälle in der ganzen Talschlinge, wird verkehrstechnisch durch einen 8 - 10 m hohen Eisenbahndamm überwunden. Das Karstgrundwasser des Achtales kürzt die Talschlinge jedoch bereits ab und tritt am Ostabhang des Ruckenberges in mehreren Quellaufbrüchen nördlich der Weiherbachquelle und der Gerhauser Quelle zutage. Die letzteren beziehen ihr Wasser auch aus einem Teilgebiet der Hochfläche südlich des Blautales. Einer dieser Quellaufbrüche wurde in den 50 ziger Jahren aufgebohrt. Dabei hat sich gezeigt, daß die durchlässigste Zone des Karstaquifers - die sog. Lochkalke - bis mindestens 30 m u.G. reichen.

Allein aufgrund der geologischen Befunde ergibt sich, daß das Karstgrundwasservorkommen bei Gerhausen keine unmittelbare Verbindung mit dem Blautopf haben kann. Dessen Einzugsgebiet ist erwiesenermaßen ausschließlich auf der nördlich anschließenden Albhochfläche zu suchen. Da seine 42 m tiefe Unterwasserhöhle bis auf wenige Meter an die unverkarstete und daher dichte Sohlschicht der Kimmeridge-Mergel (Weißjura-gamma) heranreicht, ist es unwahrscheinlich, daß der Quelltopf von nennenswerten Wassermengen unterströmt wird. Dies wird im Übrigen auch durch die Ergebnisse der Bilanzbetrachtung bestätigt.

Ein indirekter Zusammenhang der Karstgrundwasservorkommen ist jedoch über die pleistozäne Lockergesteinsfüllung des Blautals möglich, in die der Abfluß der Blau unter bestimmten hydrologischen Bedingungen (z.B. Pumpbetrieb, Trockenwetter) infiltrieren kann.

In den hydrologischen Schnitten (Anlg. 2.3.) ist der Aufbau und die Mächtigkeit der Talfüllung im Bereich Gerhausen dargestellt. Das gleiche Aufbauschema findet sich auch in den anderen Bohrungen des Ach- und des Blautales wieder.

Die größte Mächtigkeit der Talfüllung beträgt bei Gerhausen in der Talmitte ca. 30 m. Zum

Talrand hin nimmt die Mächtigkeit rasch ab, so daß die 4 genutzten Tiefbrunnen praktisch außerhalb der Talfüllung stehen.

Im Aufbau des Kiesaquifers ist eine Stockwerksgliederung festzustellen. Direkt auf dem Juramassenkalk lagert eine wenige Meter mächtige horizontweise verlehnte Kiesschicht, deren Gerölle überwiegend aus Jurakalken bestehen.

(Anmerkung: Die Seiten 4 bis 35 sind hier nicht aufgeführt).

## **6. zu Chemie und Alter des Karstgrundwassers**

Über den Zeitraum 1953 bis 1977 liegen von den Karstgrundwässern 11 chemische Vollanalysen vom Vorpumpwerk Gerhausen sowie 18 vom Blautopf vor. Sie stammen vom Geologischen Landesamt und der chemischen Untersuchungsanstalt Stuttgart. Außerdem hat das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung in Hannover jeweils 1968, 1970 und 1975 isotonenphysische Untersuchungen für die radiometrische Altersbestimmung des Karstwassers vorgenommen.

Aus den umfangreichen und z.T. noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen können hier nur einige Befunde heraus gegriffen werden.

### **6.1. Chemische Veränderung des Karstgrundwassers**

Die zeitliche Entwicklung derjenigen chemischen Parameter, die allgemein als indirekte Indikatoren einer Grundwasserbeeinträchtigung aufzufassen sind, zeigt Anlage 6.1. Wegen der relativ spärlichen Verteilung der Analysen lassen sich daraus jahreszeitliche Trends selbstverständlich nicht erkennen. Mit jahreszeitlichen Trends erklären sich aber sicherlich die beträchtlichen Schwankungen innerhalb des 24 jährigen Beobachtungszeitraumes. Trotzdem ist festzustellen, daß alle 3 Parameter innerhalb dieses Zeitraumes einen deutlich ansteigenden Trend aufweisen. Jeder Parameter steigt unterschiedlich steil an, wobei sich charakteristische Unterschiede zwischen Blautopf und Pumpwerk abzeichnen. Daraus ergeben sich 2 gleichermaßen wichtige Schlußfolgerungen.

1. Das Karstgrundwasser ist seit Mitte der fünfziger Jahre einer zunehmenden anthropogenen Belastung ausgesetzt.
2. Die Unterschiede in der Chemie (Chlorid und Nitrat) der Karstgrundwässer von Blautopf und Pumpwerk bestätigen die anhand der Bilanzbetrachtungen gewonnen Vorstellungen, daß beide Karstgrundwasservorkommen primär unterschiedlichen Einzugsgebieten zuzurechnen sind. Eine Zusammenstellung der Trendanalysen liefert die nachstehende Tabelle 6.1.

**Tabelle 6.1. Ergebnisse der Trendanalysen**

chem. Parameter	Trendgerade t in Jahren	berechnete Schätzwerte		Korrelationskoeffizient-r <sup>2</sup>
		1953	1977	
<b>Blautopf</b>				
Ges. Härte mval/l	$y = 5,46 + 0,05 t$	5,46 mval/l	5,91 mval/l	0,38
Nitrat -NO <sub>3</sub> -mg/l	$y = 7,70 + 0,54 t$	7,10 mg/l	20,66 mg/l	0,72
Chlorid Cl mg/l	$y = 9,28 + 0,23 t$	9,28 mg/l	14,75 mg/l	0,33
<b>Pumpwerk</b>				
Ges. Härte mval/l	$y = 5,44 + 0,08 t$	5,44 mval/l	17,21 mval/l	0,72
Nitrat NO <sub>3</sub> mg/l	$y = 7,11 + 0,38 t$	7,11 mg/l	16,21 mg/l	0,54
Chlorid Cl mg/l	$y = 44,86 + 0,32 t$	4,86 mg/l	12,52 mg/l	0,6

Anmerkung: Die im Original angegebene Bezeichnung „Deutscher Härtegrad“ ist in mval/l umgerechnet worden.  $1 \text{ dH}^0 = 2,8 \text{ mval Ges. Härte}$ ;  $1 \text{ mval/l} = 1 \text{ mmol(eq)/l}$

Aus dem Vergleich der beiden Karstwässer ergibt sich eine wesentlich stärkere Belastung des Blautopfs gegenüber dem Karstwasser beim Pumpwerk. Auch die relativ niedrigen Korrelationskoeffizienten schränken diese Aussage nicht ein. Dadurch kommen lediglich kurzfristig jahreszeitliche Schwankungen zum Ausdruck. Möglicherweise nimmt die Belastung nicht linear, sondern sprunghaft zu.

## 6.2. Alter der Karstwässer

Vom Blautopf, den Quellaustritten beim Naturfreundehaus und vom Pumpwerk Gerhausen liegen jeweils drei  $^{14}\text{C}$  - und  $^3\text{H}$ -Isotopenbestimmungen vor. Auf die Problematik der radiometrischen Altersbestimmung braucht hier nicht eingegangen zu werden. Nur soviel: Ein Absolutalter läßt sich nicht angeben, weil sich eine Probe immer aus Anteilen verschieden alter Wässer zusammensetzt. Man behilft sich mit der Angabe der sog. „Mittleren Verweilzeit“, die sich ihrerseits auf eine jährlich Karstwassererneuerungsrate bezieht. In diesem Zusammenhang interessiert in erster Linie die Altersabfolge der einzelnen Karstwasservorkommen und erst in zweiter Linie deren Absolutalter.

Zusammengefaßt lauten die Ergebnisse der Altersbestimmung: Die mittlere Verweilzeit des Karstwassers im Blautopf bewegt sich zwischen 9 und 13 Jahren, wobei aufgrund der  $^3\text{H}$ -Gehalte von einer ganzjährigen Zusickerung auszugehen ist. Die Quellen am Naturfreundehaus haben mit 10 bis 14 Jahren ein etwas älteres Karstwasser. Die Erneuerung findet überwiegend naturgemäß im Winterhalbjahr statt. Noch älter (12-15 Jahre) ist das Karstgrundwasser beim Pumpwerk, wobei gleichfalls eine Zusickerung im Winter vorherrscht. Auch aufgrund dieser Befunde ist festzustellen, daß Blautopf und Pumpwerk Einzugsgebiete haben müssen, die nur indirekt zusammenhängen. Auf eine weitere Interpretation wird hier nicht eingegangen.

## 7. Schlußfolgerungen:

Aus den angewandten Auswertungsverfahren wurden Ergebnisse gewonnen, mit denen die der Versuchsplanung zugrunde liegenden Fragen (s. Punkt 3.1.) beantwortet werden können. Insbesondere können mit Hilfe der Aquiferparameter und der Bilanzbetrachtungen das Dargebot und das entnehmbare Karstgrundwasser festgelegt werden. Bei den damit zusammenhängenden Fragen des Grundwasserschutzes sind darüber hinaus auch die chemisch-physikalischen Befunde von Nutzen.

### 7.1. Dargebot an Karstgrundwasser:

Über die Aquiferparameter Transmissivität  $T$ , Speicherkoeffizient  $S$ , hydraulische Gefälle  $J$  sowie dem Undichtigkeitsfaktor  $L$  läßt sich der natürliche Zustrom an Karstgrundwasser für das Entnahmegebiet erfassen.

Nach fünf verschiedenen Auswertungsverfahren (s. Tab. 4.2.) wurde die Transmissivität zu  $T = 0,06 \text{ m}^2/\text{s}$  bestimmt. Die Transmissivität entspricht der Wassermenge die unter dem Gefälle 1 durch eine Aquifersäule von 1 m Breite abfließt. Da das mittlere Gefälle des Karstgrundwassers im Entnahmegebiet mit  $J = 0,4 \%$  angesetzt werden, fließen pro 100 m Zustrombreite ab:

$$Q = T \cdot J \cdot B = 0,06 \cdot 0,044 \cdot 100 = 0,024 \text{ m}^3/\text{s}$$

Die Aquifermächtigkeit läßt sich nur grob mit 30 bis 60 m veranschlagen. Daraus ergäbe sich ein fiktiver  $k_f$ -Wert von

$$k_f = tT/H = 10^{-3} \text{ bis } 0,002 \text{ m/s}$$

## Hinweis auf drei sehr detaillierte und umfassende Arbeiten über die **Karst- und Flußsysteme am Südrand der Schwäbischen Alb**

Geologisches Jahrbuch / Reihe C- Heft 49

Hydrogeologie, Ingenieurgeologie; Herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und den geologischen Landesämtern in der Bundesrepublik Deutschland

In Kommission: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Johannesstr. 3 A, D-7000 Stuttgart 1; Hannover 1987

Autoren: Dieter Vogelsang, Eckhard Villinger; Eva Brost, Joachim Homilius, Karl Koschyk

## **Der Blautopf**

Größte Tiefe 20,6 m, Inhalt etwa 5500 cbm. Beständige Temperatur in der Tiefe 9,4 °C.

Noch in der jüngsten Erdperiode floß die Donau von Ehingen über Blaubeuren nach Ulm.

Der Blautopf liegt am Rande dieses alten Donautales. Durch die Eiszeiten wurden im Blautal mehr als 20 m Schutt abgelagert. Die auf dem ehemaligen Talboden entspringenden Quellen wurden dadurch allmählich hochgestaut. So entstand der heutige Quelltopf.

Wasserführung: Niedrigster Stand 350 Liter, mittlerer Stand 2000 Liter, Hochwasser bei Schneeschmelze ca. 32 000 Liter pro Sekunde. (1988)

Die Farbe ist bei lang anhaltendem schönen Wetter rein blau, nach Regen geht sie in eine hellblaue, dann in eine grüne und schließlich in eine gelbbraune Färbung über. Das reine Blau ist bedingt durch die blaue Eigenfarbe des Wassers (Bunsen 1847), die gerade hier am Blautopf infolge der großen Tiefe und Klarheit des Wassers (Sichttiefe 20 m) in Erscheinung treten kann. Die einfallenden Sonnenstrahlen (Regenbogenfarben) werden bis auf die blauen Strahlen nahezu völlig verschluckt. Stärkere Wassermengen nach Regen reißen gelbe Lehmteilchen in den Klüften des Berginnern los, die je nach Menge infolge Mischung, die grüne oder gelbe Verfärbung verursachen. – Besichtigen Sie die historische Hammerschmiede in diesem Gebäude.