

Blautopf und Karsthydrographie.

Von **H. Sihler**, Blaubeuren.

So berühmt der Blautopf weit über Württembergs Grenzen hinaus ist, so wenig bekannt ist seine Naturgeschichte. Die vielen Tausende, die ihn jährlich besuchen, freuen sich seiner herrlichen Farbe, „mit Worten wohl nicht zu beschreiben“, und seiner reizvollen Umgebung, aber nur wenige haben sich bis jetzt die Mühe genommen, tiefer über die Fragen nachzudenken, die an seinen Ufern auftauchen. Unsere Kenntnis vom Blautopf steht im umgekehrten Verhältnis zur Zahl seiner Besucher. Die Lücke etwas auszufüllen, ist der Zweck dieses Aufsatzes, der wohl vielfach auf den Beobachtungen älterer Forscher fußt, aber auch manches Neue zur Klärung beitragen soll¹.

Nicht versäumen möchte ich, denen auch an dieser Stelle zu danken, die mich bei meiner Arbeit unterstützt haben. Es sind dies die Herren Fabrikdirektor Dr. Spohn, Reallehrer Heideker, Stadtschultheiß Dorn, Dr. Fader, Apotheker Schilling, Bezirksgeometer Maier, Maschinenmeister Haug und Bürger.

I. Teil. Der Blautopf.

1. Die Profile.

Die ersten Profilaufnahmen fertigte Professor SCHODER-Stuttgart im Jahre 1875 anlässlich eines Lehrausfluges mit Studenten der Technischen Hochschule. Sie sind zum ersten Male von Professor KLUNZINGER im Jahre 1902 veröffentlicht worden (14, S. 359). Zur Klärung mancher Fragen sind diese Schnitte wenig geeignet. Notwendig war vor allem eine genaue Aufnahme, verbunden mit einer eingehenden unmittelbaren Beobachtung und Beschreibung des Untergrundes. Ich unterzog mich daher der Mühe einer nochmaligen Profilierung des Blautopfs. Zu diesem Zweck wurden zwei nahezu aufeinander senkrecht

¹ Der Aufsatz stellt zugleich eine durch eigene Untersuchungen erweiterte Fassung meines am 6. Juli 1929 anlässlich der Hauptversammlung in Blaubeuren gehaltenen Vortrags dar.

stehende Schnüre gespannt, die eine in der Richtung $N 8^{\circ} W$, die andere $N 5^{\circ} O$ (Fig. 1). Maßgebend für die Wahl der Richtungen war einmal der Wunsch, wenn möglich die tiefste Stelle zu treffen und ferner die Möglichkeit der Befestigung der Schnüre an dem Ufer. Die Lotungen wurden von Meter zu Meter sehr vorsichtig ausgeführt, um nicht durch das Abgleiten des Lotes an den steilen Hängen falsche Werte zu erhalten.

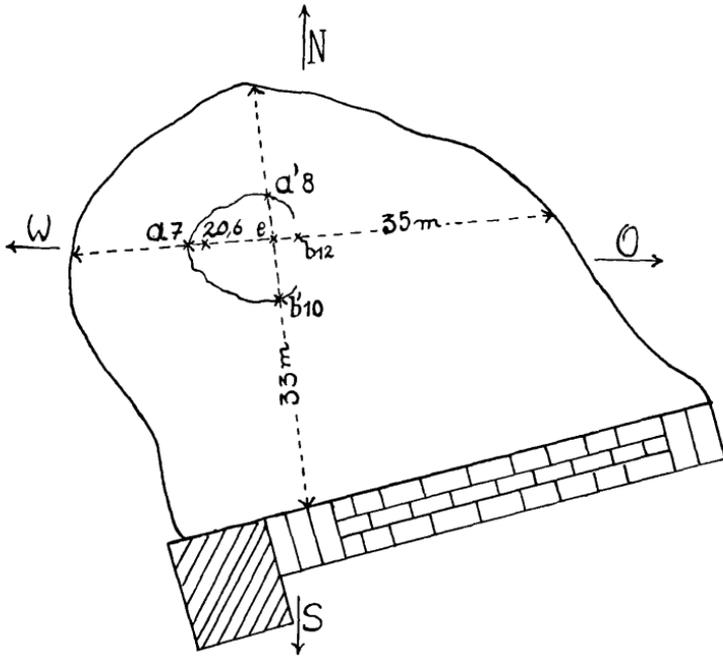


Fig. 1.

Das Ergebnis der Untersuchungen sind die Fig. 2 und 3, die mit SCHODER's Skizzen durchaus in Einklang zu bringen sind. Das Profil W-O zeigt gleich hinter dem Ufer ein starkes Fallen des Hangs unter einem Winkel von 38° . Im oberen Teil liegt Schutt. Dieser hört in einer Tiefe von 5—6 m auf (a); der Fels tritt zutage und bricht in einer Tiefe von 7 m plötzlich bis auf 20,6 m senkrecht ab. Dann steigt das Gelände ziemlich rasch bis zur Tiefe von 12 m an (Fig. 2, b), um von hier an sich als Abhang einer Schutthalde unter einem Winkel

An m.: Für die Besucher des Blautopfs seien noch einige Zahlen genannt: Durchmesser O-W 35 m, N-S 33 m, Umfang mit Wehr 116,5 m, Wehrlänge 22 m, Fallenstöcke je 5,5 m, Fläche etwa 9 a, Inhalt (nach HAMMER) 5500—6000 cbm.

von 35° zum Ostufer zu ziehen. Der N-S-Schnitt (Fig. 3) zeigt im Norden zunächst dasselbe Bild, nur ist der Hangwinkel größer (43°). Der Bergschutt hört ebenfalls bei etwa 7 m auf (a'), worauf der steile Absturz bis auf 16 m erfolgt. Unmittelbar dahinter liegt ein steiler Anstieg zu einer verhältnismäßig wenig geneigten Fläche, dann nochmals einer zum Fuße der Schutthalde (b'), die unter einem Winkel von 45° zu einer ebenen, stark mit Wasserkraut bewachsenen Terrasse vor den Fallenstöcken hinaufführt.

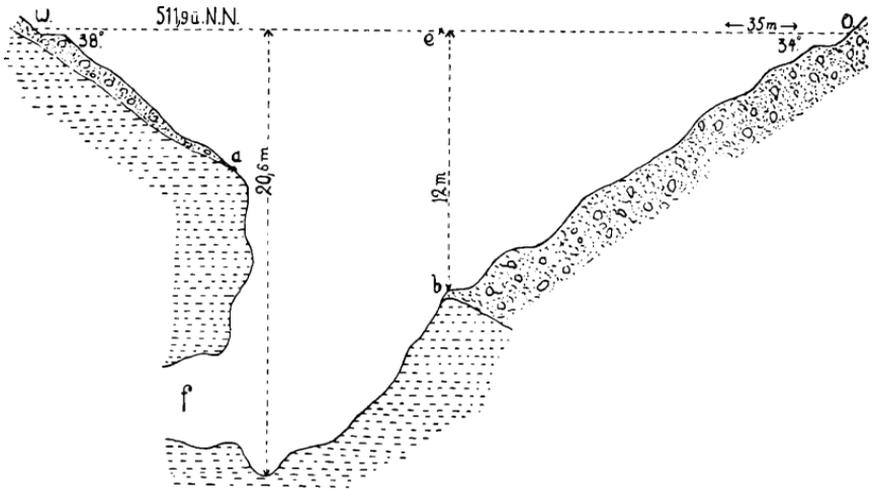


Fig. 2.

Die Böschungswinkel der Schutthalde besitzen nicht überall ihre natürliche Größe, am ehesten noch am Ostrand, weil dieser am weitesten von jeder Stelle künstlicher Eingriffe entfernt liegt (Wegbauten, Turbinenanlagen, Wehrbau).

Die Klarheit des Wassers gestattete während einiger Tage, die Profile genau mit der Natur zu vergleichen. Danach sind die senkrechten Abstürze bedingt durch einen Felsschacht, dessen nahezu kreisförmige obere Oeffnung einen Durchmesser von 9 m besitzt. Die Oberkante ist abgerundet, ebenso die gegen seine Lichtung vorspringenden Felsen. Die westliche Wand tritt zurück und kann von oben mit den Augen nicht weiter in die Tiefe verfolgt werden. Anscheinend liegt hier eine ins Bergesinnere liegende Höhle (Fig. 2, f). Sicherheit könnte nur die nochmalige Untersuchung durch einen Taucher bringen, wie es schon einmal anfangs der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts versucht wurde; doch ist darüber nichts veröffentlicht. Aber unsere Ansicht

erhält eine starke Stütze durch den Umstand, daß bei Hochwasser etwa 20 cbm Wasser in der Sekunde durch die Quellöffnung austreten müssen. Wäre letztere auf dem Grunde des Schachtes, so müßte sie aus einzelnen Felsspalten bestehen, deren Gesamtgröße eine Fläche von einem Quadratmeter nur unwesentlich übersteigen könnte. Für die Ausflußgeschwindigkeit erhielte man dann ganz unwahrscheinlich hohe Werte (etwa 20 m in der Sekunde oder 72 km in der Stunde). Die Quellöffnung muß daher unbedingt eine Weite von mehreren Quadratmetern besitzen und dies ist nur möglich, wenn sie an einer Seitenwand des Schachtes liegt. So besteht für unsere Annahme des Höhlenausgangs bei f Fig. 2 eine sehr große Wahrscheinlichkeit.

Solche Naturschächte sind in der Umgebung Blaubeurens keine Seltenheit. Unmittelbar über dem Blautopf wurde einer in allerdings weit kleinerem Ausmaße beim Bau der neuen Sonderbacher Steige im Jahre 1895 angeschnitten und ein anderer ist erst vor wenigen Jahren auf dem Hochsträß bei der Ruine Gleisenburg eingebrochen, dessen Ähnlichkeit mit dem Blautopf nicht zu verkennen ist (19). Viele werden noch unter dem oberflächlichen Verwitterungsschutt verborgen liegen.

Die obere Kante des Schachtes hat ein leichtes Gefälle nach Osten. Hier bricht dieselbe plötzlich steil ab, so daß in der Umrandung eine Lücke entsteht (Fig. 1 und 2 bei b), in welche der Schutt zungenförmig eindringt, während er ja sonst überall einige Meter oberhalb vom Rand des Schachtes aufhört.

Danach hat also der Hauptteil des Blautopfes tatsächlich die Form eines Trichters, dessen kegelförmige Wand aus Schutt besteht, während das Ansatzrohr im Felsen liegt. Ob auch der Namen in Zusammenhang zu bringen ist mit der Form eines Trichters oder Kreisels („Topfes“), wie es die Oberamtsbeschreibung von 1830 meint, ist jedoch fraglich. Einleuchtender erscheint die Erklärung BUCK's (1880): Topf im schwäbischen Stammgebiet gleich Tümpel oder Tiefe. (27, S. 13, Anm.)

Wie unter dem Schutt der Felsen weiter verläuft, läßt sich nur mutmaßen. An der W- und N-Seite folgt er sicher dem allgemeinen Gefälle des Talhanges. An der Südseite dagegen wird er sich über b' hinaus nur mit ganz geringer Neigung fortsetzen, weil die Profillinie die Höhenlinien unter einem sehr spitzen Winkel schneidet. Ganz ungeklärt ist der Verlauf der Felsen östlich von dem Punkte b. Fällt er hier steil ab oder besitzt er nur ein sanftes Gefälle nach Osten und Süden? Beides ist möglich (s. u.).

Der Schuttmantel ist z. T. künstlich. Seit dem 15. Jahrhundert wurde mehrmals das Wehr zur Gewinnung von Wasserkraft erhöht, zum letzten Male vor etwa 100 Jahren, so daß heute die Wehrkrone (511,9 m ü. N. N.) 1,60 m über dem Spiegel der Blau (510,3 m ü. N. N.) liegt. Dadurch hat der Blautopf an Durchmesser und Fläche gewonnen. Stellenweise, besonders unmittelbar hinter dem Wehr, ist daher mit einer künstlichen Aufschüttung von etwa einem Meter zu rechnen. Der Rest ist natürlicher Schutt, teils Bergschutt, teils Schotter der Alb-

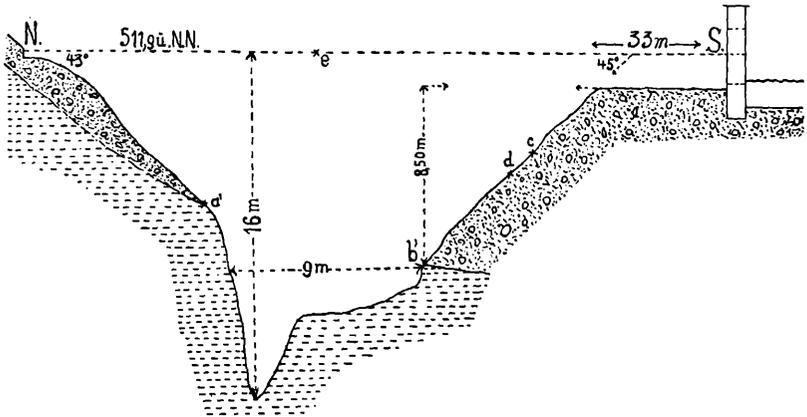


Fig. 3.

flüsse und Bäche, die in früheren Zeiten noch Wasser ins Haupttal herunter ergossen. Welche Mächtigkeit die Aufschüttung besitzt, ist schwer zu sagen. Beim Bau des Kamins der Albwasserversorgung, dessen Fuß etwa 510,5 m ü. N. N. und in nächster Nähe des Blautopfes liegt, wurde in 10 m Tiefe (500 m) noch kein anstehender Fels erreicht. Das ist etwa die Höhe der Felkante unter dem Punkte b, Fig. 1 und 2. Das ist aber wahrscheinlich nicht die tiefste Stelle des Felsbodens der Talnische, so daß also der tiefste Punkt der obenerwähnten Kerbe nicht auf dem Talgrund, sondern am Hang liegt.

2. Die Tiefe.

Die Tiefe des Blautopfes galt lange Zeit für unergründlich. Das dadurch die Quelle umgebende Geheimnis, sowie die blaue Farbe des Wassers und die wilde Umgebung, deren Aufforstung erst gegen Ende der 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts begann, waren wohl die Ursache, daß der Blautopf mit ehrfurchtsvoller Scheu betrachtet wurde, daß er als Schauplatz des Treibens aller möglichen guten und bösen

Geister galt und daß die Legende auch um ihn einen Sagenkranz wob. Wir werden mit der Annahme nicht fehlgehen, daß er schon bei unseren heidnischen Vorfahren eine Stätte der Verehrung war. Die ersten christlichen Kirchen des Bezirks, vielleicht mit Ausnahme derjenigen von Scharenstetten, standen an den Quellen von Blau, Ach und Lauter (6, S. 11). Bis weit hinein in die christliche Zeit, ja man kann sagen bis heute, hat er diesen Nimbus nicht verloren. So sollen bekanntlich im Jahre 1641 anlässlich eines Hochwassers, welches das Kloster und die unteren Teile der Stadt bedrohte, Bittgottesdienste und eine Prozession zum Blautopf stattgefunden haben. Zwei vergoldete Becher seien in den kochenden Fluten des Blautopfes versenkt worden, worauf das Toben nachgelassen hätte. Die Überschwemmung von Stadt und Kloster durch die Blau ist in Anbetracht der heutigen Geländeverhältnisse kaum vorstellbar. Vielleicht führte aber das Hochwasser der Blau zu einer Stauung der Ach und dadurch zu einer Gefährdung der unteren Stadtteile oder das Ereignis des Blautopfhochwassers traf mit dem früher sehr häufigen durch das Galgentäle herabschießenden „Wedel“ zusammen.

Die erste Tiefenmessung ist im Jahre 1718 von Prälat Weißensee oder Geheimrat Bilfinger vorgenommen worden. Als Höchstwert wurden $63\frac{1}{2}$ Fuß festgestellt. Die Lotung wurde im Jahre 1829 zum Zwecke der Oberamtsbeschreibung wiederholt. Darüber wurde ein teilweise ergötzliches Protokoll aufgenommen (28, S. 108). Die größte Tiefe wurde zu 71 Fuß gefunden, eine Zahl, die mit der von SCHODER im Jahre 1875 festgestellten gut übereinstimmt (20 m = 69,9 württbg. Fuß). Ich selbst habe eine große Zahl von Lotungen vorgenommen und als Höchstmaß in dem Naturschacht 22 m gefunden. Die Stelle liegt ganz in der Nähe des Punktes 20,6, ist aber wenig umfangreich und schwer zu finden. Der Schacht ist ursprünglich tiefer gewesen, hat aber durch hineingefallenen Schutt wohl erheblich an Tiefe eingebüßt.

3. Die Farbe.

Bei lang anhaltendem schönem Wetter zeigt die Quelle an den tiefsten Stellen ein sehr reines Blau, ähnlich dem von Kupfersulfat. Außerdem kann sie aber alle möglichen Farbtöne annehmen. Das Blau kann in eine matt- und hellblaue, weiterhin dunkelgrüne und hellgrüne Tönung umschlagen, bis das Wasser schließlich als braungelbe Brühe abfließt, von der man durchaus nicht sagen kann, daß sie dem Namen Blautopf Ehre machen würde.

Wenn man Farbstudien anstellen will, benötigt man, falls man nicht spektralanalytische Untersuchungen und photometrische Messungen ausführen kann, einen Vergleichsmaßstab. Ich habe denjenigen von FOREL benützt, der ihn für seine Untersuchungen am Genfer See ausdachte (8, S. 464). Es handelt sich um eine Skala, die durch Mischung von Kupfersulfat und Kaliumchromat gewonnen wird und die von reinem Blau (Skalanummer I) über Grün zu Gelb (XI) hinführt. ULE (25, S. 160) verwendete beim Würmsee eine Mischung von Methylenblau, Kaliumchromat und Kaliumdichromat.

Die Anwendung dieser Skalen ist beim Blautopf äußerst schwierig, denn die künstliche Lösung ist bei jeder Nummer völlig klar, nicht aber der Blautopf. Deshalb fährt man besser mit der Farbdrucktafel in FOREL's Werk (2, S. 464) als mit den Urlösungen in Reagensgläsern. Außerdem ist das Spektrum von weißem Licht, das Wasser durchsetzt hat, ein anderes als das durch die künstlichen Lösungen gegangene. So können die Farben gar nicht miteinander übereinstimmen.

Die Handhabung der Skalen in der Praxis ist ebenfalls nicht einfach. Nicht allein, daß der Beurteilung eine stark subjektive Note anhaftet, sondern die Einstufung der Blautopffarben in die Nummern I—XI ist an sich schwierig, was jeder Beobachter bestätigt, der auf diese Weise die Farbe irgend eines Sees beurteilen wollte. Außerdem zeigt der Blautopf nicht von jeder Stelle des Ufers aus dieselbe Farbe. Diese hängt ferner vom Grad der Bedeckung des Himmels und vom Sonnenstand ab. Um diesen Schwierigkeiten zu entgehen, habe ich wenn irgend möglich zu ganz bestimmten Stunden beobachtet und jeweils immer die tiefste bei einem Umgang um den Blautopf gefundene Farbe angenommen.

Das tiefste Blau zeigt die Quelle, wenn das Wasser völlig klar und wenn der Himmel bedeckt ist. Bei direktem Sonnenlicht erscheint sie immer heller, was daher rührt, daß von den vielen feinen Stäubchen, die im Wasser schweben und teilweise mit bloßem Auge sichtbar sind, aus den oberen Wasserschichten ziemlich viel weißes Licht zurückgeworfen wird. Nach SPRING ist diese Erscheinung bedingt durch das WEBER'sche psycho-physische Grundgesetz, nach dem die Empfindung einer Farbe verlöschen oder sich abschwächen muß, wenn das Auge durch andere starke äußere Reize beansprucht wird. Ich persönlich habe auch nicht den Eindruck, daß der Topf dann am schönsten ist, wenn er sein tiefstes Blau zeigt. Denn dann ist er, wie schon gesagt, auch am klarsten und bis in große Tiefen schimmert der helle Untergrund an vielen Stellen durch und unterbricht die blaue Fläche. Besitzt das

Wasser dagegen eine ganz leichte Trübung, so ist die Tiefe der Bläue kaum beeinträchtigt, ja diese ist sogar noch leuchtender und die blaue Fläche reicht ununterbrochen von einem Ufer zum anderen. Nicht unerwähnt darf bleiben, daß bei völliger Klarheit des Wassers die Bepflanzung des Grundes von großem Einfluß auf die subjektive Empfindung der Blautopffarbe ist. Das hellgrüne Wasserkraut läßt die Farbe nicht zur Geltung kommen; um so schöner ist sie aber da, wo dunkelgrüne Moose oder Algen den Untergrund bilden. Der Unterschied ist dann schon deutlich vom Ufer aus sichtbar, noch besser vom Boot aus. Bei Trübungen spielt auch die Bepflanzung keine Rolle mehr.

Wenden wir uns nunmehr der Frage zu: „Wodurch ist die blaue Farbe der Quelle zu erklären?“, eine Frage, die sich jeder Besucher des Blautopfs vorlegen wird.

Die Antwort darauf hat schon im Jahre 1776 ein ungenannter Stuttgarter Reisender gegeben, obwohl derselbe den Blautopf nicht blau, sondern grün findet (21). Er schlägt daher den Namen „Grüntopf“ vor und fragt: „Wie kann es sein, daß man grünes Wasser blau nennt?“ Schon FRISCHLIN und CRUSIUS haben die Quelle blau gesehen, stellt er zu Hause mit Verwunderung fest. Also muß der Blautopf seit dem 16. Jahrhundert seine blaue Farbe verloren haben und grün geworden sein. Warum ist er aber grün? Mit grünen Teilchen ist das Wasser nicht geschwängert, denn in einer „Bouteille“ ist es nicht grün. Die Umgebung ist auch nicht schuld, denn diese ist nicht grün (die Hänge um den Blautopf waren damals kahl und felsig). Es könnte aber sein, daß ein Gestein von türkismäßiger Farbe den Untergrund bildet. Dann wäre auch sofort erklärt, daß die Farbe sich ändern kann, denn es ist bekannt, daß solche Steine von Blau in Grün sich verändern können, „wenn sie eine Zeitlang den Gipfel ihrer Schönheit behauptet haben“. Die vierte Möglichkeit, die der Beobachter gibt, ist die, daß durch die Reflexion des weißen Sonnenlichts und seine Brechung und Zerstreuung an der Oberfläche des Wassers die Erscheinung erzeugt werde. Genau dieselben Erklärungsversuche kann man heute noch, nur auf die blaue Farbe bezogen, mit unbedingter Sicherheit vorgetragen hören. Weiter wird noch als Ursache angegeben: die Bläue des Himmels, Lösungen von Kupfer- und Eisensalzen oder eine besonders starke Anreicherung an blaugrünem Plankton. Ja, es ist schon vorgekommen, daß die Farbe gar nicht für natürlich gehalten und der Stadt unterstellt wurde, sie helfe im Interesse des Fremdenverkehrs mit etwas Waschblau nach. Es braucht wohl nicht besonders betont zu werden, daß alle die genannten Erklärungsversuche das Wesen der Sache nicht treffen.

Durch die Versuche BUNSEN's (7) aus dem Jahre 1847 stand es fest, daß Wasser eine blaue Eigenfarbe besitze. Alle Abweichungen von blau seien allein auf den Gehalt an gelösten Stoffen, hauptsächlich organischer Natur, zurückzuführen (Chemische Theorie von BUNSEN, vertreten durch WITTSTEIN, BEETZ, SCHWAGER, REINDL u. a.). Durch Versuche TYNDALL's kam aber ein neuer Gesichtspunkt auf. Man fragte sich, ob nicht die Wasserfarbe als Farbe eines trüben Mediums aufzufassen sei, daß also Wasser keine Eigenfarbe hätte, sondern daß die Farbe durch Diffusion an kleinsten farblosen Stäubchen entstehe, ähnlich dem Blau des Himmels, das schon LEONARDO DA VINCI, GOETHE und NEWTON auf diese Weise zu erklären versuchten (Diffraktionstheorie). Ein Körper, der an sich farblos wäre und keine fremden Teilchen enthielte, die das Licht reflektieren, müßte im auffallenden Licht schwarz erscheinen; er wäre „optisch leer“ (TYNDALL). Wenn das Wasser nun sehr kleine Fremdkörper enthält, klein im Verhältnis zur Lichtwellenlänge, so hat die Flüssigkeit die Eigenschaft, im seitlich gebeugten Licht bläulich, im durchgelassenen Licht rötlich zu erscheinen. Der austretende Strahl ist polarisiert, mit dem Maximum senkrecht zum einfallenden Strahl.

Die Entscheidung, welche der beiden Theorien richtig ist, gelang im Jahre 1903 dem Münchener Professor Frhr. VON UND ZU AUFSSESS. Durch genaue spektrophotometrische Messungen stellte er fest, daß die Wasserfarbe keinesfalls als die Farbe eines trüben Mediums aufgefaßt werden kann, sondern daß BUNSEN's Ansicht die richtige ist (Näheres darüber s. 1 und 2). Die Farbe natürlichen reinen Wassers, seine Eigenfarbe, ist somit blau. Zur Verdeutlichung und zum Beweise sei die Absorptionskurve reinen Wassers angeführt (Fig. 4). Hierzu sei bemerkt, daß der Absorptionskoeffizient den reziproken Wert derjenigen Schichtdicke bedeutet, bei welcher die Intensität des einfallenden Lichtes auf $\frac{1}{3}$, genau auf $\frac{1}{e} = \frac{1}{2,7183}$ gesunken ist. Aus der Kurve geht mit aller Deutlichkeit hervor, daß im Rot eine starke Absorption vorhanden ist, etwa bis herab zur Wellenlänge $\lambda = 620 \mu\mu$. Dann nimmt sie rasch ab und verliert sich gegen das blaue Ende des Spektrums fast ganz. Das Wasser zeigt also die Erscheinung der selektiven Absorption. Je dicker die Wasserschicht ist, um so tiefer blau ist auch die Farbe, denn um so mehr kommt die Absorption der gelben und roten Strahlen zur Geltung.

Der erste, der sich ernsthaft mit der Untersuchung gerade der Blautopffarbe abgab, war Professor KLUNZINGER, der zu diesem Zweck im Jahre 1900 hierher kam und seine Ergebnisse in unseren

Jahresheften veröffentlichte. KLUNZINGER fußte bei seinen Untersuchungen ebenfalls auf BUNSEN. Er benützte wie dieser eine 6 m lange Röhre, die auf beiden Seiten einen Glasverschluß besaß, füllte sie mit reinem Wasser, mit Blautopfwasser und mit allerhand anderen Lösungen. Er betrachtete sie im durchfallenden Licht und verglich die erhaltenen Farben mit Hilfe der FOREL'schen Skala. Im einzelnen kann ich auf die Versuche nicht eingehen (Näheres darüber s. 14—17). KLUNZINGER kam selbst zu keinem sicheren Ergebnis. Fest steht nach ihm auch, daß die blaue Farbe vieler Gewässer, also auch die des Blau-

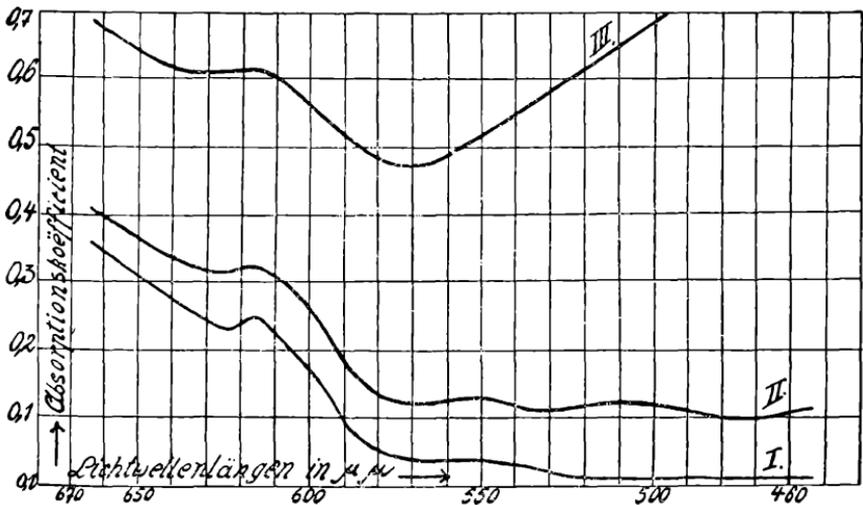


Fig. 4.

topfs, darauf beruht, daß blau eben die Eigenfarbe des Wassers ist, die um so schöner hervortritt, je klarer und je tiefer dasselbe ist. Über den Einfluß des Kalkes ist er sich jedoch durchaus nicht im klaren. Zunächst glaubte er auf Grund seiner Versuche annehmen zu müssen, der gelöste Kalk, also doppeltkohlenaurer Kalk, sei von ausschlaggebendem Einfluß für das Zustandekommen der blauen Farbe des Wassers, aber bei Wiederholung seiner Versuche mußte er erfahren, daß kalkhaltiges Wasser im durchfallenden Licht eine grünliche Nummer der FOREL'schen Skala ergab, während künstlich kalkfrei gemachtes Wasser in der Röhre blau ist. Einen weiteren Einfluß übt nach seiner Meinung auch der Hintergrund aus, so daß bei der Wahl eines passenden Hintergrundes auch kalkhaltiges Wasser blau erscheinen kann. Besonders mit Rücksicht darauf, daß gips-, kalk- oder chlorkalkhaltige

Wässer meist eine blaugrüne Färbung zeigen, hält es KLUNZINGER für möglich, daß die Farbe blauer Gewässer durch feine Kalkkriställchen in, wie SPRING sagt, pseudokolloidaler Lösung, etwa durch multiple Reflexion, noch verstärkt wird. Jedenfalls kommt er zu keinem positiven Ergebnis und überläßt die Frage den Physikern und Chemikern zur weiteren Bearbeitung.

Die Lösung der Frage fand dann ebenfalls VON AUFSCESS durch eine spektrophotometrische Untersuchung des Blautopfwassers im Jahre 1904. Er schreibt darüber (3): „Die blaue Farbe des Blautopfs ist die Farbe des reinsten Wassers, die aber bei der enormen Klarheit natürlich erst bei entsprechender Tiefe des Gewässers in Erscheinung tritt. Daß die Farbe nicht nach der Diffraktionstheorie (s. oben) erklärt werden kann, geht daraus hervor, daß keine Spur von Polarisation des Lichts, das aus dem Wasser kommt, nachweisbar ist.“ Seine Ansicht über den Einfluß des Kalks werde ich weiter unten berühren.

Wenn somit auch den feinen Stäubchen wegen Ausscheidung der Diffraktionsmethode keine Bedeutung für das Zustandekommen gerade der blauen Farbe beizumessen ist, so sind sie doch dafür verantwortlich zu machen, daß überhaupt eine Farbe entsteht. Denn ohne sie würde an den tiefsten Stellen das einfallende Licht nicht zurückgeworfen; es müßte eine optische Leere entstehen, das Wasser würde schwarz erscheinen. Daß solche Stäubchen auch bei großer Klarheit im Blautopf vorhanden sind, sieht man schön vom Boot aus. Bei Einfall direkten Sonnenlichts sind sie im Wasser schwebend als selbstleuchtende Körperchen zu erkennen. So durchsetzt also das in den Blautopf einfallende weiße Sonnenlicht infolge der großen Klarheit des Wassers stellenweise eine Schicht von zweimal 15—20 m, so daß die gelben und roten Strahlen nahezu völlig absorbiert werden können, bevor das reflektierte Licht das Auge trifft. Daß immer noch ein kleiner Stich ins Grüne vorhanden ist, ist dadurch bedingt, daß aus den oberflächlichen Schichten auch noch gelbe und rote Strahlen reflektiert werden.

Es gibt somit keine bessere Antwort auf die Frage: „Warum ist der Blautopf blau?“ als die: „Weil die Eigenfarbe reinen Wassers blau ist und weil der Blautopf so klar und tief ist.“

Nunmehr ist es natürlich sinnlos, nach der Ursache der Farbe eines blauen Gewässers zu fragen. Es muß jetzt nur noch erklärt werden, warum es grüne, braune, gelbe Gewässer gibt und welches die Ursachen dieser Färbungen sind. Der Beantwortung dieser Fragen in bezug auf den Blautopf wollen wir uns nun zuwenden.

Nur dann, wenn es lange Zeit nicht geregnet hat, ist der Blautopf beinahe rein blau. Kommt ein Regen und mit ihm eingeschwemmte ungelöste Bestandteile, so durchläuft er angenähert alle Stufen der FOREL'schen Skala. Die Zeiten, die vergehen, bis eine Verfärbung eintritt, sind ganz verschieden. Es hängt dies vor allem von der Gegend ab, in welcher der Regen fällt. Ebenso dauert es ganz verschieden lang, bis die Quelle wieder klar geworden ist. In dieser Hinsicht ist besonders die Regenmenge maßgebend. So brauchte z. B. der Blautopf mehr als 14 Tage, bis er die Trübung verloren hatte, die durch den Regen am 6. Juli entstanden war, der wohl allen Exkursionsteilnehmern noch in frischer Erinnerung ist. Nach einem Gewitterregen Ende Juli dieses Jahres dagegen vergingen vom Höchstpunkt der Verfärbung bis zur völligen Klarheit nur 2 Tage.

Es ist selbstverständlich, daß an der Grünfärbung nicht Organismen (Euglenen usw.) schuld sein können, wie es ja da und dort sonst der Fall ist. Es ist auch dies eine Erscheinung, die physikalisch zu erklären ist. Erstens vermischen sich die blauen zurückgeworfenen Strahlen mit denen des gelben Tons und so entsteht als Mischfarbe grün. SPRING hat nachgewiesen, daß man durch Trübungen ähnliche Farbänderungen künstlich hervorrufen kann. Dazu kommt an zweiter Stelle, daß durch die Verminderung der Sichttiefe die Strahlen gar nicht so tief eindringen können und daß daher im grünen Teil des Spektrums weniger stark absorbiert wird.

Dem steht nun wieder die Ansicht des Freiherrn VON AUFSESS gegenüber. Nach ihm bewirken nicht Beimengungen eine Abweichung von der blauen Farbe, sondern allein Lösungen. Die Farbe bliebe selbst dann, wenn Trübungen auftreten, unverändert, nur die Stärke der Farbe wechsele mit ihnen. So sei es vor allem der ein gewisses Maß übersteigende Gehalt an gelöstem Kalk und besonders an humösen Stoffen, der eine Verfärbung bewirken könne. Dies zeigen auch die Absorptionskurven II und III der Fig. 4. Ferner kann die Behauptung durch folgende Zusammenstellung belegt werden:

Blautopf .	132	mg CaO	0	mg organ. Stoffe	rein blau
Genfer See .	58,95		13,8		blau
Walchensee .	50,5		14,55		grün
Kochensee .	80,4		22,78	„	gelbgrün
Starnberger See	49,8		23,86		je l. Liter gelbgrün.

Keinem Zweifel dürfte es unterliegen, daß die Farbe der Gewässer weithin durch ihren Gehalt an Humussäuren bestimmt wird. Wir

dürfen nur vergleichen: Seen, die z. T. aus Moorgegenden gespeist werden, wie die meisten Schweizer Seen und der Tegernsee, sind grün bis braun, Seen dagegen, die hauptsächlich von Gletscherbächen gespeist werden oder sonst keine Möglichkeit haben, Humusstoffe aufzunehmen, sind blau, wie der Achensee, Gardasee und der Genfer See.

Sind also beim Blautopf Beimengungen oder humöse gelöste Stoffe an der Verfärbung schuld? Durch rein theoretische Überlegungen wird man letzteres verneinen müssen. Denn einmal wäre nicht einzusehen, warum das Blautopfwasser eigentlich nicht immer die humösen Stoffe enthalten sollte. Alles Blautopfwasser ist doch Oberflächenwasser der Alb und es ist nicht zu verstehen, warum die humösen gelösten Stoffe bei niederem Wasserstande zurückgehalten werden sollten. Außerdem liegt das Einzugsgebiet des Blautopfes nicht in Moorgegenden. Die Beimengungen aber werden entweder bei Regen eingeschwemmt oder bei Hochwasser in den Klüften losgerissen. Bei lang anhaltendem schönem Wetter werden sie sich schließlich restlos infolge der geringen Geschwindigkeit im Innern des Gebirges absetzen. Sie treten bei schönem Wetter nicht auf, der Topf ist blau, sie kommen bei Regenwetter, der Topf wird grün.

Um die Richtigkeit dieser Theorie zu prüfen, habe ich fortlaufend Farbvergleichen, Analysen und Beobachtungen der Sichttiefe angestellt und das Ergebnis in folgender Tabelle zusammengestellt.

Tag	Stde.	Wetter	Farbe nach FOREL	mg CaO im Liter	a) Verbrauch an KMnO_4 im Liter b) Verbrauch an Sauerstoff	Sichttiefe in m
8. 7.	10 $\frac{1}{4}$	bedeckt	V	127,8	a) 4,1 b) 1,04	3,5
9. 7.	1 $\frac{1}{2}$	teilweise bewölkt	III, milchig	132,0	a) 6,0 b) 1,52	8,5
10. 7.	2 $\frac{1}{2}$	klar und wolkenlos	III–IV, weniger milchig	132,0	a) 6,0 b) 1,52	9,0
11. 7.	2 $\frac{1}{2}$		III, schwach getrübt	132,0	a) 6,0 b) 1,52	10,2
12. 7.	2 $\frac{1}{2}$		III, kaum getrübt	132,0	a) 6,0 b) 1,52	11,9

Tag	Stde.	Wetter	Farbe nach FOREL	mg CaO im Liter	a) Verbrauch an $KMnO_4$ im Liter b) Verbrauch an Sauer- stoff	Sicht- tiefe in m
13. 7.	11 $\frac{1}{4}$	etwas bewölkt	III, rein	132,0	a) 6,0 b) 1,52	14,0
14. 7.	10	klar, wolkenlos	II, matt	132,0	a) 4,25 b) 1,08	18,0
15. 7.	1 $\frac{1}{2}$	klar, wolkenlos	II—III, matt	132,0	a) 3,0 b) 0,7	16,0
16. 7.	2 $\frac{1}{2}$		II—III, matt	132,0	a) 4,4 b) 1,12	16,0
17. 7.	8 $\frac{1}{2}$ 10 $\frac{1}{2}$ 2 $\frac{1}{2}$		II—III II II—III	— — 132,0	— — a) 4,4 b) 1,12	16,0 18,5 16,0
18. 7.	2	leichter Wolkenschleier	II, matt	132,0	a) 5,05 b) 1,28	17,0
19. 7.	2 $\frac{1}{2}$	klar, wolkenlos	II, matt	132,0	a) 5,05 b) 1,28	17,2
20. 7.	2 $\frac{1}{2}$		II	132,0	a) 3,16 b) 0,8	17,2
22. 7.	2 $\frac{1}{4}$	leicht bedeckt	I—II, matt	126,5	a) 3,16 b) 0,8	18,5
23. 7.	2 $\frac{1}{4}$	klar, wolkenlos	I—II, matt	126,5	a) 3,16 b) 0,8	18,5
25. 7.	11 $\frac{1}{2}$		I—II, matt	126,5	a) 3,16 b) 0,8	18,5

Anm.: Bei den drei letzten Beobachtungen liegt die Sichtscheibe am Grunde auf.

Während der Beobachtungszeit konnte ich leider nur die Nummern V, III, II und II bis I der FOREL'schen Skala feststellen; doch genügt dies trotzdem, um ein eindeutiges Bild zu erhalten.

Zunächst ist leicht ersichtlich, daß der Gehalt an *Kohlensäure* im *Kalk* nur in ganz geringem Grade schwankt. An und für sich ist der Betrag im Vergleich zu anderen Gewässern ziemlich groß, aber doch nicht beträchtlich genug, daß er der Farbe etwas anhaben könnte. Die Schwankungen stehen in gar keinem Zusammenhang mit der Farbe. Auffallend ist, daß bei einer Abnahme der Sichttiefe, also wenn Trübungen auftreten, die Kalkmenge nicht steigt, sondern daß sie sogar abnehmen kann. Ich sehe darin einen Beweis dafür, daß die festen Beimengungen in der Hauptsache nicht aus Kalk, sondern aus Ton bestehen.

VON AUFSCESS fand im Blautopf überhaupt keine organische Substanz, dagegen in den von ihm untersuchten Seen (s. oben). Leider lassen sich die von ihm angeführten Zahlen nur unter Vorbehalt mit meinen Ergebnissen vergleichen, da aus ihnen nicht hervorgeht, ob sie sich auf den Verbrauch an Kaliumpermanganat oder Sauerstoff oder auf organische Substanz unmittelbar beziehen. Nehmen wir ersteres an, so ergibt sich, daß der Gehalt an organischer Substanz im Blautopf sehr viel kleiner ist als in Seen, so klein, daß er die von Blau abweichende Farbe nicht verursachen kann, um so weniger, als die Analysenergebnisse in gar keinem Zusammenhang mit den Farbänderungen schwanken.

Bleibt noch die Sichttiefe. Diese wurde mit Hilfe einer quadratischen Scheibe aus Eisenblech festgestellt. Größe: 50×50 cm, Anstrich: weißer Lack. Ihre Anwendung erfolgte so, daß sie vom Boot aus ins Wasser versenkt wurde, so tief, bis sie von ihrer Umgebung nicht mehr zu unterscheiden war und verschwand. Die Ursache für das Verschwinden der Scheibe liegt einmal in der Absorption der Lichtstrahlen durch das Wasser, weiter in der Schirmwirkung der feinen schwebenden Staubteilchen und schließlich noch in dem psychophysischen Grundgesetz von WEBER. Nach ihm empfindet das Auge die Unterschiede zweier Reize nur dann, wenn das Verhältnis dieser Reizunterschiede ein konstantes Maß überschreitet. HELMHOLTZ bestimmte dieses Verhältnis für Flächenhelligkeiten zu $1:133$. Es verschwindet also die Scheibe, wenn ist: (Helligkeit der Scheibe weniger Helligkeit der Umgebung) : Helligkeit der Umgebung = $1:133$. Daher wird in einem trüben See die Scheibe schneller verschwinden als in einem klaren. Der Punkt des Verschwindens, die Sichttiefe, ist bis auf eine Genauigkeit von 30 cm leicht festzustellen.

Zunächst zeigt die Tabelle, daß die Höchstsichttiefe des Blautopfs recht groß ist. Bei klarem Wetter ruht die Scheibe in einer Tiefe von

18,5 m auf und ist dann noch deutlich sichtbar. Sie dürfte also wohl erst zwischen 20 und 25 m verschwinden. Somit ergibt sich eine Höchstsichttiefe, wie sie etwa der Gardasee mit 21,6 m und der Walchensee mit 24 m aufweisen. Dabei ist gar nicht berücksichtigt, daß wir ja in einem Schacht messen, wo die Sichttiefe an sich nicht so groß sein kann wie in einem offenen See. Zum Vergleich seien noch andere Gewässer angeführt: Genfer See 18,6 m, Bodensee 11,5 m, Züricher See 9,5 m, Rotes Meer 51 m. Leider sind diese Zahlen nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar, weil die Größe der verwendeten Scheiben nicht angegeben und diese von Einfluß auf die Sichttiefe ist. Jedenfalls ist aber das Blautopfwasser von ungewöhnlicher Klarheit¹.

Bei einem Vergleich der Zahlen und unter Berücksichtigung der Zeit der Beobachtung wird nun ohne weiteres klar, daß die Farbe des Blautopfs unmittelbar von der Sichttiefe abhängt. Je größer letztere ist, desto blauer ist das Wasser. Daraus geht mit Sicherheit hervor, daß Beimengungen und nicht Lösungen an der Veränderung der blauen Farbe schuld sind. Es ist also tatsächlich so, daß die grüne Farbe zustande kommt als Mischfarbe von dem Blau des Wassers und dem Gelb des Tons. Außerdem trägt noch zum Farbumschwung das geringere Eindringen der Lichtstrahlen und die dadurch verminderte Absorption im Grünen und Gelben bei. Ein direkter Beweis liegt noch in der Tatsache, daß beim Aufwühlen des Schlammes mit dem Ruder Farbtöne ähnlich denen bei natürlichen Trübungen entstehen.

Jedoch auch am Blautopf wird die Theorie von Aufsess' bestätigt, daß Beimengungen nur die Tiefe der Farbe beeinflussen. Das gilt für den Fall, daß die Trübung ganz gering ist. Dann nämlich tritt nur eine Aufhellung des Blau ein, aber noch kein Umschlag ins Grüne.

Die vorstehenden Ausführungen ändern natürlich nichts an der von Aufsess'schen Theorie, daß nichtblaue Seen in der Regel gelösten Stoffen ihre Farbe verdanken, vorausgesetzt, daß gefärbte Beimengungen fehlen. Es liegt eben nicht ein Fall wie der andere.

4. Lebewesen.

Über den Gehalt an Lebewesen im Blautopf liegen bis jetzt keine eingehenden Untersuchungen vor. Klunzinger war nur eineinhalb

¹ Die von Klunzinger angegebene Höchstsichttiefe von 10 m kann unmöglich richtig sein; sie wurde auch nur mit Hilfe eines Planktonnetzes festgestellt.

Tage zur Untersuchung am Blautopf und konnte daher diese Frage nicht erschöpfend beantworten. Auch ich konnte mich dieser Untersuchung nicht eingehend widmen und so seien nur einige ergänzende Bemerkungen gestattet.

Das von KLUNZINGER im Blautopf festgestellte flutende Laichkraut (*Potamogeton fluitans*) konnte weder von Reallehrer HEIDEKER und mir, noch im Jahre 1905 von BAUER gefunden werden (4). Es handelt sich zweifellos um eine Verwechslung mit *P. natans*, was um so leichter möglich ist, als die Pflanzen seinerzeit nach getrocknetem und nach Formolmaterial bestimmt wurden. Bis jetzt nicht aus dem Blautopf bekannt ist der von uns festgestellte Wasserehrenpreis, *Veronica anagallis*.

Die seichteren Randstellen des Blautopfs sind überall bewachsen. Sehr reich sind hier *Betula angustifolia* und *Potamogeton densus* vertreten, ferner *Ranunculus aquatilis* und *Veronica anagallis*. Am wenigsten tief, nämlich 4,70 m, geht *Betula*, wohl deshalb, weil Blüten und Früchte über dem Wasser entwickelt werden (Fig. 3, c). Keiner der bisherigen Beobachter hat jedoch am Blautopf aus dem Wasser ragende Sprosse gesehen. Tiefer gehen *P. natans* (5,20 m, Fig. 3, d) und *P. densus* (5,50 m). Während die genannten Blütenpflanzen die Schutthalden nicht überschreiten, kann man *Fontinalis antipyretica* (Quellmoos), die Armleuchtergewächse *Chara fragilis* und *Nitella flexilis*, sowie die Fadenalge *Cladophora glomerata* mit ihren teils hängenden Polstern tief in den Naturschacht hinein verfolgen und Moose sogar auf dessen Grund, also in 21 m Tiefe, feststellen.

Die Fauna ist sehr spärlich; außer Wassermilben und Limnäen fand sich bis jetzt nichts. Limnäenlaich holte ich einmal aus mehr als 10 m Tiefe herauf. — Voriges Jahr (1928) versuchte man es nach vielen früheren vergeblichen Versuchen wieder mit dem Einsatz von Forellen. Sie halten sich bis jetzt gut, wohl wegen des Fehlens von Hochwasser im Frühjahr 1929¹. — Von Plankton findet sich keine Spur. Kälte und Strömung des Wassers verhindern seine Entwicklung. Um so auffallender ist es, daß KLUNZINGER einen hohen Bakteriengehalt im Blautopfwasser fand, etwa 200—300 Keime, ja sogar Tausende von Keimen in einem Kubikzentimeter (14 und 15). Er bezeichnet das Wasser als äußerst unrein, für Trinkwasser nicht rein genug. Daß

¹ Ob die Anwesenheit von Forellen im Blautopf dessen Reize erhöht, darf füglich bezweifelt werden. Meines Erachtens gehören in ein offenes natürliches Gewässer keine Tiere, die sich nicht von selbst einstellen, selbst dann nicht, wenn sie, wie im vorliegenden Fall, Reklamezwecken dienen.

Bakterien vorhanden sind, soll nicht bestritten werden. Sie können jedoch viel weniger auf die mancherlei faulenden Stoffe usw. im Blautopf zurückgeführt werden, wie es K. tut, als auf den Umstand, daß das Wasser die Keime aus dem Humus der Alb aufgenommen hat. Denn sonst müßten sie schon nach kurzer Zeit weggeschwemmt sein, weil selbst bei sehr geringer Schüttung sich das Wasser des Toptes innerhalb von etwa 3—4 Stunden erneuert. Höchstens am Rande könnten sich Bakterien halten und KLUNZINGER hat seine Proben aus $\frac{1}{2}$ m Tiefe entnommen. Im übrigen kommt der Frage praktisch keine Bedeutung zu. Wohl wird das Trinkwasser für die Stadt in etwa 1 m Tiefe gefaßt, aber es wird vor dem Gebrauch durch ein Kiesfilter gereinigt und weiterhin ist es sehr fraglich, ob überhaupt irgendwelche krankheitserregenden Keime vorhanden sind. Jedenfalls hat Blaubeuren und die anderen Orte, die ihr Wasser ähnlichen Quellen entnehmen, nicht mehr unter von schlechtem Wasser verursachten Krankheiten zu leiden, als andere Städte, selbst dann nicht, wenn ein Leichnam, wie es vor einigen Jahren der Fall war, monatelang in der Tiefe des Naturschachtes liegt¹.

II. Teil.

Der Blautopf im Lichte der Karsthydrographie.

1. Die Karstwassertheorie.

Restlos versinkt auf der Hochfläche der Alb alles Wasser ohne oberirdischen Abfluß. Denn das Gestein ist infolge von Störungen stark zerklüftet und die Klüfte und Spalten sind durch die lösende Wirkung des Wassers noch erweitert. Dieser Zustand hat eine Menge einzelner Erscheinungen zur Folge, die man unter dem Begriff Karsterscheinungen zusammenfaßt. Die Zerklüftung ist auch auf der Alb, nicht nur im eigentlichen Karstgebirge, außerordentlich groß, kann man doch z. B. in Laichingen kaum eine Grabung vornehmen, ohne auf Naturschächte zu stoßen. Erst vor kurzem ist wieder ein solcher aufgedeckt worden, der eine Mindesttiefe von 70 m senkrecht in den Boden hinein haben dürfte².

¹ Es kommt hie und da vor, daß sich Menschen zum Zwecke der Selbsttötung in den Blautopf stürzen. In dem genannten Fall war die Leiche nicht zu finden; Pioniere, die aus Ulm herbefohlen waren, hatten mit Sprengungen ebenfalls keinen Erfolg. Erst das Frühjahrshochwasser brachte den Leichnam an die Oberfläche.

² Freundliche Mitteilung von Herrn Schlossermeister Lehmann in Laichingen.

Durch solche und ähnliche vertikale Klüfte, die miteinander in Verbindung stehen, fällt das Sickerwasser in die Tiefe und bildet dort eine zusammenhängende Wasserfläche, die aus einer großen Zahl dünner Adern zusammengesetzt zu denken ist. Das ist nach ALFRED GRUND, dem Begründer dieser Theorie, der Karstwasserspiegel (KWS.) (10, 11, 24). Derselbe ist nicht vollkommen eben wie ein Seespiegel, sondern es gibt in ihm Täler und Berge. Er steigt auch langsam gegen das Gebirge an, d. h. senkt sich in der Richtung, in der das Wasser abläuft, gegen das Meer oder einen benachbarten Fluß, bei uns gegen die Donau. Der KWS. kann steigen oder fallen, je nachdem viel oder wenig Sickerwasser zufließt. Diese Karstwassertheorie (KWT.) GRUND's erklärt ohne Zweifel viele Erscheinungen der Karstgebiete ganz ungezwungen, vor allem aber ist es durch sie möglich, alle die vielen Einzelercheinungen unter einem einheitlichen Gesetz zu begreifen. Das kann man von den anderen Theorien nicht sagen. Nach diesen sollen die Karstgebirge von mächtigen Gängen und Höhlen durchzogen sein, die in ihrer Gesamtheit ein System von Gängen und kommunizierenden Röhren bilden, rings luftdicht abgeschlossen und daher mit Saugwirkung versehen sind. Sie sollen wie ein Fluß durch zahlreiche Seitenbäche ein Gebiet entwässern und wie ein Fluß das Wasser nach der Quelle hinleiten. Also geschlossene, unzusammenhängende unterirdische Flußsysteme wie an der Oberfläche auch (13, 24). Ich kann mich nicht auf das Für und Wider jeder dieser Theorien an dieser Stelle einlassen; es sei nur bemerkt, daß die Karsterscheinungen unserer Alb sehr einleuchtend durch die GRUND'sche Theorie erklärt werden können. Sie hat vor allem den großen Vorzug der Einfachheit.

Der erste, der die Theorie auf die Alb anwandte, war GRADMANN in der Oberamtsbeschreibung von Münsingen (9). Er hat eingehend ihre Anwendbarkeit auf die Alb geprüft und fand bestätigt, daß sich alle Karsterscheinungen der Alb sehr schön in die Theorie einfügen. Er hat auch auf Grund der Höhenlagen der Quellen eine Karte des KWS. entworfen, so daß wir wenigstens theoretisch die Höhe des KWS. für jeden Punkt genau annehmen und weiterhin die Theorie auf ihre Richtigkeit hin prüfen können.

Fragen wir uns nun: „Inwiefern geben die Verhältnisse am Blautopf und in seiner Umgebung eine Stütze für die KWT.? Sprechen sie gegen oder für sie?“

2. Die Entstehung des Blautopfs.

Die Bildung des Tales, in dem der Blautopf liegt, ist ein Werk der Donau. Diese floß gegen Ende des Tertiärs (Pliocän) auf der Hoch-

fläche der Alb, von Hausen über Seißen, Sonderbuch, Wippingen nach Ulm. Von ihr rühren die Quarzitschotter verschiedenen Alters her, die man im Zug dieses Flußlaufs überall mehr oder weniger reichlich findet.

Infolge von Hebungen der Alb glitt diese alte Donau nach S ab; da, wo heute das Tal von Ehingen über Allmendingen, Schmiechen, Schelklingen, Blaubeuren nach Ulm führt, blieb sie längere Zeit stationär und schnitt sich immer tiefer in den Albkörper ein (180 m). Des öfteren wird sie dabei den KWS. angeschnitten haben, der früher höher lag, und aus mancher jetzt trockenen Höhlenmündung am Talhang wird das Wasser der Donau zugeflossen sein. Aber mit der fortschreitenden Hebung und damit verbundenen Verkarstung der Alb sank der KWS. immer tiefer und so fließen heute nur noch die wenigen Quellen im Tal, die beiden Achquellen und der Blautopf, an den Stellen, wo die Donau am tiefsten sich in den Albkörper einfraß und wo sie am stärksten nach NW, dem Gefälle des KWS. entgegen, ausbog. Mit ziemlich starkem Gefälle mag damals das Wasser aus dem Blautopf der tiefer fließenden Donau zugesprudelt sein. Die Ausflußöffnung ist noch deutlich zu erkennen, sie liegt bei Fig. 1 und 2, da, wo der Rand des Naturschachtes plötzlich eine Lücke aufweist und der Schutt zungenförmig hereinragt. Dieser Einschnitt entstand durch die abtragende Tätigkeit des Quellwassers. Ob dieses dann zunächst als Wasserfall auf den Boden des Tales fiel oder unmittelbar als sprudelnder Quellbach weiter floß, läßt sich nicht mehr sagen.

Die Hebung der Alb ging weiter. Dadurch verminderte sich das Gefälle der Donau immer mehr und ihre Kraft nahm ab. Sie schnitt sich nicht mehr ein, sondern schotterte auf. Schutt der Donau und Schutt der Nebenbäche wurde im Tal abgelagert. Damit verminderte sich auch das Gefälle des ursprünglichen Blautopfbaches und der Blautopf selbst wurde gestaut. „Er gewann an Tiefe, verlor aber dafür an Höhe über der Talsohle.“ Daß der Naturschacht nicht vollständig zugeschüttet wurde, verdankt er neben seiner Tiefe und seiner Lage am Talhang der starken Schüttung bei Hochwasser, die ihm immer wieder gestattete, den in der Nähe liegenden Schutt wegzuräumen und eine trichterförmige Oeffnung freizuhalten. Achtopf und Urspring dagegen wurden zugeschüttet.

PENCK bezeichnet den Blautopf als Lösungswanne (9). Zweifellos ist der Naturschacht durch Auflösung des Kalks entstanden, aber er ist nicht wannenförmig. Die eigentliche Wannenform verdankt der Blautopf sicher nicht der lösenden, sondern der transportierenden Kraft des Wassers, denn in seinem oberen Teil besteht er ja aus Schutt.

Auch die Tatsache, daß die wasserführenden Quellen alle im Tal liegen, findet durch die KWT. ihre Erklärung. Warum befinden sich keine Quellen am Talhang, wo doch im Blaubeurer Kessel Dutzende von mehr oder weniger geräumigen Höhlen ausmünden? Eine Quelle entsteht ja meist dann, und wir sind dies vom Nordabhang der Alb gewöhnt, wenn das Wasser an einer undurchlässigen Schicht zum Austritt gezwungen wird. Am Südfuß der Alb ist es anders. Als wasserhaltende Schicht kommt nur Weiß-Jura γ in Frage, die Tenuilobatenmergel. Nur wenige Quellen können mit Sicherheit auf sie zurückgeführt werden, vielleicht die Schmiechquelle bei Springen, an der Weiß-Jura γ ansteht. Am Südrand der Alb aber befindet sich diese Schicht weit unter dem Talboden, so daß es ganz ausgeschlossen ist, daß unsere Talquellen aus den Tenuilobatenmergeln kommen. Die befriedigendste Erklärung gibt wieder die KWT. Es ist der KWS., der ein weiteres Versinken des Wassers verhindert. Bis auf ihn muß das Wasser in senkrechter Richtung durchfließen, dann geht es in die horizontale über. Daher können wir am Hang keine Quellen erwarten. Wohl lagen dort zweifellos früher auch welche, aber zu einer Zeit, als der Talboden und der KWS. viel höher lagen. Mit der Hebung der Alb schritt ihre Verkarstung in immer größere Tiefen weiter fort; der KWS. sank immer mehr und liegt heute etwa in der Höhe der Talsohle. Daher liegt auch der Blautopf im Tal.

3. Andere Quellen im Tal.

Wenn diese Verhältnisse richtig sein sollen, so muß erwartet werden, daß noch mehr Quellen im Talkessel liegen. Dies ist der Fall und entsprechend dem tiefen Einschneiden der Donau und ihrer starken Ausbiegung nach NW ist es sogar eine ganze Anzahl, nämlich die Quelle in Weiler, der Gieselbach bei der Bleiche, die Riedquelle etwas weiter talabwärts und die zahlreichen Weiherquellen am Rücken (Fig. 5). Andere werden unter der Schuttdecke des Tales begraben liegen. Diese Quellen müssen, wenn die GRADMANN'sche Annahme und seine Karte richtig sind, ganz bestimmte Höhenlagen haben. Auch das trifft zu. Die Quelle in Weiler darf nicht höher als 535 m entspringen, tatsächlich liegt sie um 525 m. Der Gieselbach darf nicht höher als 521 m aus der Erde heraustreten, tatsächlich um 510 m. Beides sind Quellen, die GRADMANN bei der Konstruktion seiner Karte nicht berücksichtigt hat. Sie geben also eine Bestätigung für deren Richtigkeit.

Ein weiterer Beleg ist folgender. Am Osthang des Rückens befinden sich auf der Talsohle ganz am Hang über ein Dutzend Quellen,

die Weiherquellen (Fig. 5). Sie liegen zwischen 505 und 503 m ü. N. N. Die Annahme liegt nahe, daß sie unterirdische Abflüsse der Ach darstellen. Dagegen spricht jedoch ihre konstante Temperatur von $9,9^{\circ}$ bis $10,1^{\circ}$, sommers und winters, ganz einerlei, welche Temperatur die Ach aufweist, ferner ihre Klarheit, auch wenn die Ach trübe fließt. Außerdem ist das Achbett sehr gut abgedichtet, denn bei Grabarbeiten in seiner Nähe kommt man in 8–10 m Tiefe noch auf kein Grund-

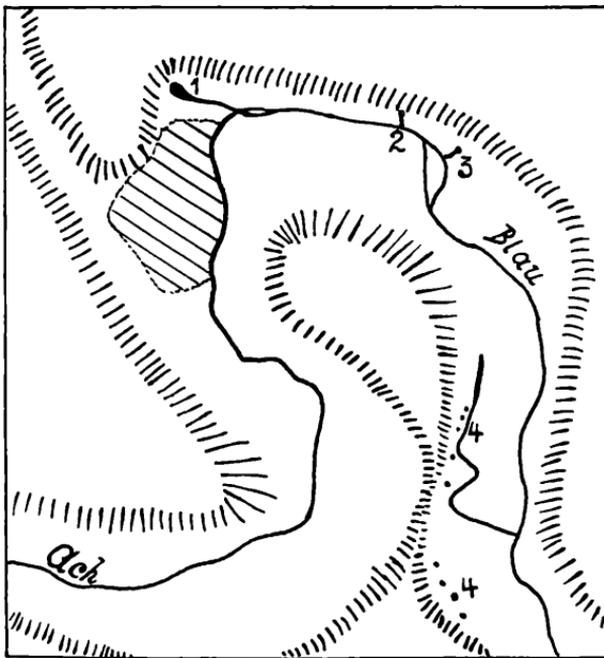


Fig. 5.

wasser. Die höchste dieser Quellen fließt aus unbekannter Ursache seit etwa 25 Jahren nicht mehr. Die etwas tiefer liegenden sind periodisch fließend; in trockenen Jahreszeiten versiegen sie. Daher dürfen wir, wenn sie am Versiegen sind, in ihrer Höhe den KWS. annehmen und können daraus nach der GRADMANN'schen Karte die Höhenlage des KWS. an dem einen Kilometer davon entfernten Blautopf berechnen. Auf diese Entfernung macht der Anstieg der Fläche 7 m, so daß diese am Blautopf um 510 m liegen muß. Dies stimmt höchstwahrscheinlich ganz genau, wie ich nachher noch zeigen werde.

4. Temperatur.

Man sollte meinen, daß wenigstens hinsichtlich der Temperatur des Blautopfs Sicherheit herrsche. Das ist aber nicht der Fall. Im allgemeinen nimmt man an, daß die Temperatur beständig 10° C betrage (27). Mißt man an der Oberfläche, so treten Schwankungen zwischen $9,1$ und $11,1^{\circ}$ auf. Das Ergebnis hängt ab von der Stelle, an der man mißt, von der Außentemperatur von der Tiefe des Einsenkens des Thermometers, von der Stärke der Schüttung und von dem Grad der Bedeckung des Himmels. Alle solchen Messungen haben nur bedingten Wert. Daher habe ich drei Wochen lang täglich mittels eines Minimumthermometers die Tiefentemperatur im Schacht festgestellt und dabei beständig $9,4^{\circ}$ C gefunden, während zu gleicher Zeit die Wärmegrade an der Oberfläche bis auf $11,1^{\circ}$ stiegen. Die Temperatur von $9,4^{\circ}$ habe ich auch im letzten kalten Winter mehrmals etwa einen Meter unter der Oberfläche gefunden, so daß sie als die wahre und beständige Temperatur des Blautopfwassers angesehen werden muß¹.

Auch die anderen Quellen in der Nähe des Blautopfs weisen beständig dieselben Wärmegrade auf: Gieselbach $10,1$, Riedquelle $10,1$, Weiherquellen, die in ihrer Schüttung und daher oberflächlichen Erwärmung recht verschieden sind, $9,9$ — $10,1^{\circ}$. Schon diese Feststellungen geben eine gute Stütze für die KWT. Denn es ist nicht einzusehen, warum die Temperatur so gleichmäßig sein sollte, wenn die Quellen nicht aus ein und demselben Reservoir gespeist würden. Vor allem vertragen sich die Werte nicht mit der Theorie von Wasser in auf und absteigenden Röhren.

Im allgemeinen zeigt sich an den Karstquellen der Alb, daß die am höchsten gelegenen die kältesten sind, eine Gesetzmäßigkeit, die durch die geothermische Tiefenstufe bedingt ist, d. h. durch die Zunahme der Wärme um 1° bei rund 34 m Tiefenbohrung. Je tiefer das Wasser einsinkt, desto mehr muß es sich erwärmen. Es muß sich daher, wenn wir die mittlere Temperatur der Luft und die mittlere Höhe des Einzugsgebiets einer Quelle und deren Höhenlage kennen, mit Hilfe der geothermischen Tiefenstufe die Quellwärme errechnen lassen. GRADMANN ist den umgekehrten Weg gegangen. Er berechnete die mittlere Höhe des Einzugsgebiets mit Hilfe der anderen Daten. Dabei

¹ Interessant ist, daß die Sage berichtet, in der Tiefe des Blautopfs herrschten sehr hohe Wärmegrade. Es sollte unmöglich sein, die Tiefe festzustellen, weil das Lot unten schmelze. Dieser Aberglaube mag darauf zurückzuführen sein, daß es schwer ist, die Lote aus der großen Tiefe wieder heraufzubekommen. Auch mir sind drei Gewichte in den Spalten hängen geblieben.

zeigte sich, daß die errechneten Werte mit den tatsächlichen aus der Karte bekannten nahezu übereinstimmen. Dies gilt für das ganze Gebiet, von der Lone bis nach Zwiefalten, und läßt sich ebenfalls nicht mit der Röhrentheorie vereinbaren. Mitten drin aber liegt ein Gebiet, wo die Sache nicht stimmt, nämlich am Blautopf, an der Lauterquelle, an den beiden Achquellen und an der Brunnenquelle bei Hütten. Die errechneten Werte sind gegenüber den tatsächlichen viel zu klein, oder anders ausgedrückt, die Quellen sind zu kalt. Beim Blautopf ergibt sich ein Fehler von mindestens 150 m bzw. eine um 3—4° zu tiefe Temperatur des Wassers. Woher kommt das? GRADMANN erklärt dies damit, daß Sickerwässer aus höheren kälteren Schichten in besonders starkem Maße die Temperatur des Karstwassers herunterdrücken würden. Das kann meines Erachtens nicht schuld sein, denn dann müßte die Temperatur des Blautopfwassers sehr stark schwanken, sie müßte sinken, wenn solche kalten Sickerwässer in besonders reichem Maße zuströmen, also bei Regenwetter und Schneeschmelze. Das ist aber nicht der Fall. Dann, wenn die Sickerwässer nahezu ganz aufhören, zu fließen, wie in Zeiten monatelanger Dürre oder Kälte, müßte die Temperatur merklich ansteigen. Davon kann aber keine Rede sein. Ich glaube, daß die Ursache für das abweichende Verhalten tiefer steckt, nämlich darin, daß die geothermische Tiefenstufe für unser Gebiet nicht gilt, wenigstens nicht in dem gleichen Maße gilt, wie in der weiteren Umgebung. GRUND (11) hat gezeigt, daß allgemein die geothermische Tiefenstufe für Karstgebiete nicht gelten kann, infolge des Eindringens der kalten Winterluft in die Höhlen und Klüfte des Gebirges. Noch andere Umstände, auf die ich hier nicht näher eingehen kann, sind von Einfluß. Nun ist aber die Zerklüftung im Einzugsgebiet des Blautopfs besonders groß, wesentlich größer als in der Umgebung. Wir dürfen wohl in der Dichte der Erdfälle einen Maßstab für die Stärke der Verkarstung erblicken. Diese ist nun in dem fraglichen Gebiet ganz erheblich, im Durchschnitt kommen auf den Quadratkilometer etwa 3—4 Erdfälle, im Maximum bis zu dreißig. Die Erdfälle dürften aber nach unseren Anschauungen von ihrer Entstehung wieder ein Maßstab für die Zerklüftung des Gebirges sein und diese wieder hängt von der Stärke der Zerrüttung des Gesteins, also von dem Grade der Störung ab. BERTZ hat letzteres an der Versickerung der Donau gezeigt (5). Es liegt also nahe, anzunehmen, daß die relativ starke Verkarstung auf besonders starke Störungen des Gebiets zurückzuführen ist. Diese wären hier so stark gewesen, daß winterkalte Luft stärker in den Boden eindringen und so eine Störung der geothermischen

Tiefenstufe herbeiführen konnte. Dies erscheint mir als die einleuchtendste Erklärung für das abweichende Verhalten der Quellen.

5. Der Wasserhaushalt.

Über den Wasserhaushalt des Blautopfs seien zunächst nach dem Verwaltungsbericht der Min.-Abt. f. Straßen- und Wasserbau einige Zahlen genannt: absolut niederster Stand 350 l/sek, Wasserklemme etwa 700 l/sek, gemittelter mittlerer Wasserstand etwa 2000 und ge-

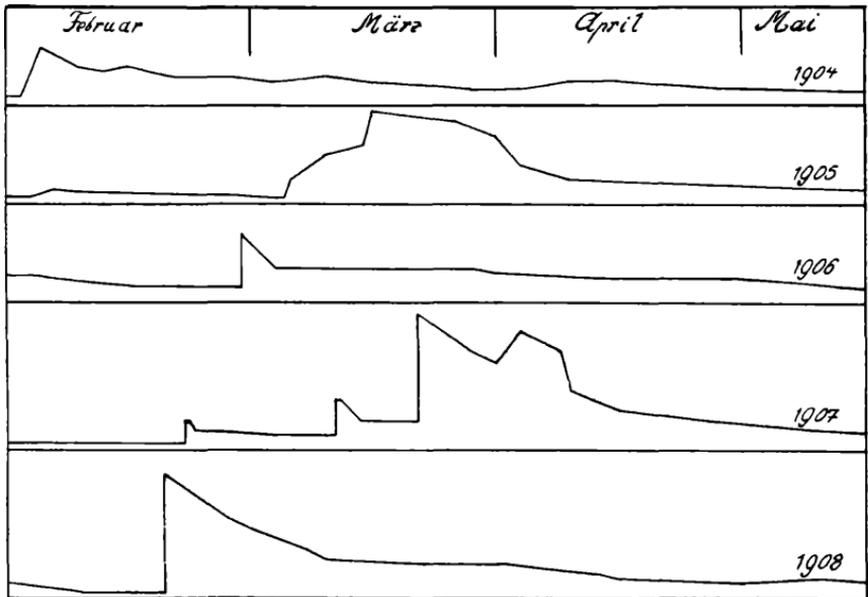


Fig. 6.

mittelter Hochwasserstand 4400 l/sek. Der Höchststand bei Hochwasser ist aber wesentlich größer; er wurde bis vor einigen Jahren auf 15 000 l/sek geschätzt; neuere Schätzungen und Messungen machen aber eine Menge von 25 000 l/sek oder 25 cbm/sek wahrscheinlich. Man sieht normalerweise der Quelle diese Leistung nicht an, kann sie aber verstehen, wenn man den sonst so ruhigen Topf „kochen“ und die Wassermassen brausend und schäumend 60 cm hoch über das Wehr schießen sieht. Mit dieser Schüttung tritt der Blautopf hinsichtlich der Größe in die erste Reihe der Quellen Deutschlands, wenn nicht an die erste Stelle überhaupt und dürfte nur noch von der Achquelle übertroffen werden.

Die Hochwasserstände zeigen ihre Merkwürdigkeiten (Fig. 6 und 7). Die Hochwasserkurve nach einer Schneeschmelze steigt außerordentlich steil an, fast senkrecht, bleibt aber auf dem Höchststand nur kurze Zeit, fällt dann rasch wieder, um im allgemeinen längere Zeit auf einem höheren Stand als vor dem Hochwasser zu bleiben. Ganz anders verhalten sich die benachbarten Fließchen Ach und Lauter. Bei der Blau große Unterschiede zwischen Hoch- und Tiefstand, steile Aufstiege der Wassermengenkurve, bei den beiden anderen kleine Unterschiede und sanfte Bewegungen in der Wassermengenkurve. Die Kurvenbilder verdanke ich Herrn Maschinenmeister HAUG von der Albwasserversorgungsgruppe Blaubeuren.

Wie ist das zu verstehen und wie sind diese Verhältnisse mit der GRUND'schen Theorie in Einklang zu bringen? Die Beobachtungen bei kleinen Wasserständen entsprechen ihr durchaus. Die monatelang trotz Dürre oder Kälte fast gleich bleibende Menge des Wassers wird am besten erklärt durch ein ungeheures Reservoir im Bergesinnern, das Karstwasser. Dann aber erhebt sich die Frage: Wie kann ein so ausgedehnter Wasserspiegel solche Hochfluten in so kurzer Zeit erzeugen? Die Abflußmenge ist abhängig vom hydrostatischen Druck und von der Größe der Ausflußöffnung. Letztere ist konstant. Also ist allein eine Erhöhung des hydrostatischen Drucks schuld an der größeren Ausflußmenge oder die Schüttung ist direkt proportional der Höhe des KWS. über dem Blautopf. So kam HAUG dazu, anzunehmen, daß bei Hochwasser der KWS. um etwa 60—80 m ansteige (12). In Anbetracht der kurzen Zeit, die bis zum Höchststand vergeht, und der großen Ausdehnung des KWS. im Bergesinnern ist eine Hebung des gesamten KWS. um den angeführten Betrag wenig wahrscheinlich. Schon innerhalb von 24 Stunden müßte dieser Anstieg erreicht werden. Durch die Annahme enger Klüfte kommt man einigermaßen über die Schwierigkeit hinweg, doch nicht ganz, denn dann muß man annehmen, daß, bei Berücksichtigung der übrigen Verhältnisse, die Dichte der Klüfte eine sehr große ist und dieser Umstand gleicht dann die Enge wieder aus.

Meines Erachtens hilft über diese Schwierigkeiten die Annahme von Hauptabflußbahnen hinweg, wie sie STILLE an den Paderquellen (23) und BERTZ an der Donauversickerung wahrscheinlich gemacht haben (5). Es handelt sich dabei um mehr oder weniger breite, im Bereich des Karstwassers gelegene Zonen, innerhalb derer die Geschwindigkeit des KW. größer ist als in der Umgebung. Wegen der höheren Geschwindigkeit muß sich in ihnen jede reichlichere Wasserzufuhr zuerst auswirken.

So steigt in ihrem Bereich der KWS. rascher und höher als in der Umgebung und damit steigt auch die Schüttung. Die Klüfte in diesen Bahnen müssen dann allerdings verhältnismäßig eng und hoch sein. Dadurch sinkt das Wasser in ihnen auch wieder rasch bis zur Höhe des mittlerweile ebenfalls angestiegenen KWS. der Umgebung, um auf dieser Höhe längere Zeit zu verweilen. So glaube ich, daß sich die Kurvenbilder am widerspruchlosesten deuten lassen. Bei Ach und

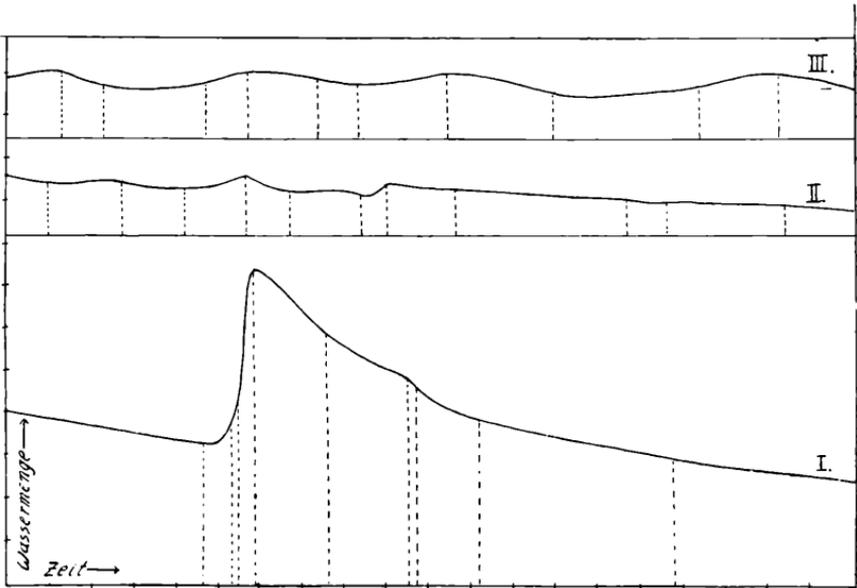


Fig. 7.

Lauter fehlen solche Ausflußbahnen in größerem Ausmaße. Ihre Schüttung wäre allein von der Hebung und Senkung des gesamten KWS. abhängig und daher auch gleichmäßiger. Daß an Ach- und Urspringquelle andere Verhältnisse herrschen als am Blautopf, geht schon aus dem Eintritt oder Ausbleiben von Verfärbungen an ihnen unabhängig vom Blautopf hervor, wovon sich die Teilnehmer an der Vorexkursion überzeugen konnten.

Eine weitere Erscheinung im Wasserhaushalt des Blautopfs wird ebenfalls ungezwungen durch die KWT. erklärt. GUGENHAN (29) hat am Brenztopf gezeigt, daß bei dessen Ablassen und Wiederfüllen das letztere viel langsamer vor sich geht, als dem bekannten Zufluß entsprechen müßte, etwa 50mal langsamer. Er nahm daher an, daß mit dem Brenztopfspiegel im Innern des Gebirges ein Seespiegel sich hebt und senkt von etwa 360 ar Größe, eine Fläche 17mal größer als die

alte Nebelhöhle. Er schlägt vor, einen Stollen in den Berg zu treiben und das Naturwunder zugänglich zu machen. HAUG (12) kam am Blautopf unabhängig von GUGENHAN zu einem ähnlichen Ergebnis. Auch der Blautopfspiegel hebt und senkt sich viel langsamer, als es dem Zu- und Abfluß und dem Inhalt des sichtbaren Quelltopfes entsprechen müßte. HAUG nimmt daher einen 10mal größeren Seespiegel im Bergesinnern an. Dasselbe Ergebnis hatte ein Stauungsversuch am

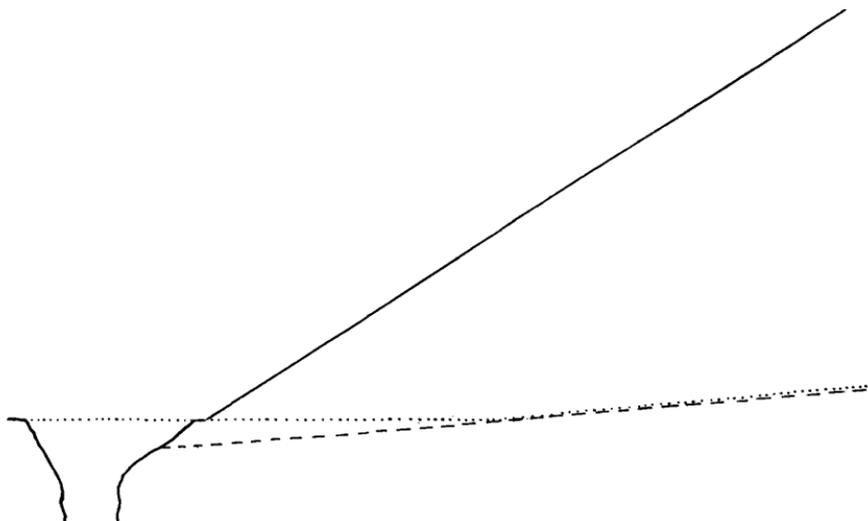


Fig. 8.

Urspring; die innere Seefläche wird 5mal größer geschätzt als der Quelltopf (27, S. 6). Nun ist das Vorkommen dreier solcher Höhlen an diesen Quellen nicht gerade wahrscheinlich und man ist geneigt, die Ähnlichkeit in ihrem Verhalten auf ein allgemein auf der ganzen Alb geltendes Prinzip zurückzuführen. Nehmen wir einmal an, der Blautopf wäre nicht da, so läge hinter ihm im Berg der KWS. in einer Höhe von 509 m ü. N. N. (s. Fig. 8). Von da steigt er langsam mit einem Gefälle von etwa $7/_{00}$ an. Nun ist aber durch den Blautopf natürlich und künstlich außerhalb des Berges das Wasser auf 512 m gestaut. Dadurch mußte im Bergesinnern der KWS. ebenfalls gehoben werden und zwar jetzt nicht zu einer geneigten Fläche, sondern zu einer wagrechten bis zur Höhenlinie 512 m der sich sanft neigenden Karstwasserfläche. Beim Ablassen des Blautopfs und Wiederfüllen um $1\frac{1}{2}$ m, wie es in der Regel geschieht, hebt und senkt sich diese Fläche mit und dadurch entsteht der Eindruck einer sich mit dem Blautopfspiegel bewegendem Seefläche. Dasselbe gilt für Brenz und

Ursprung. So wird auch diese Erscheinung zu einer Stütze der KWT. und beim Eintreiben eines Stollens würde man sicherlich nur Enttäuschungen erleben.

6. Geschwindigkeit des Karstwassers.

Die Bestimmung der Geschwindigkeit des Karstwassers erfolgte am besten durch Färbeversuche. Leider wurden noch nie welche angestellt, weshalb wir genötigt sind, zu anderen Hilfsmitteln zu greifen. Vor etwa 5 Jahren mußten plötzlich im Sommer bei völlig klarem Himmel sämtliche Fallen gezogen werden. Die Ursache des Anstieges der Schüttung war völlig rätselhaft. Daher unternahm es Maschinenmeister HAUG, den Ursachen nachzuspüren und fand zu seiner Verwunderung, daß tags zuvor in der Gegend Hohenstadt-Drakenstein, also ganz am Nordrand der Alb, ein wolkenbruchartiger Regen niedergegangen war. Nur daher konnte die gewaltige Wassermenge rühren. Nehmen wir an — genau läßt es sich leider nicht mehr feststellen —, das Wasser hätte zu dem Weg vom Niederschlagsgebiet (17 km Luftlinie) 24—30 Stunden gebraucht, so errechnet sich daraus eine Geschwindigkeit von 0,16—0,19 m/sek. Das wären sehr hohe Beträge für ein Karstgebiet, denen aber auch noch andere gegenüberstehen. Am 25. Okt. 1927 brannte es in Treffensbuch. Einige Tage darauf wurde der Blautopf trüb; Ach und Lauter blieben klar. Auf meine Anfragen in Tageszeitungen und bei Schultheißenämtern wurde von nirgends her Regen gemeldet. Da stellte es sich heraus, daß bei dem Brand eine große Magirusmotorspritze das Wasser aus der Hülle herausgepumpt hatte, das dann zum großen Teil neben der Brandstätte in einer dem Besitzer längst bekannten Versickerungsstelle verschwunden war. Der Eintritt der Trübung erfolgte nach etwa 72 Stunden. Bei einer Entfernung von 7 km in der Luftlinie berechnet sich somit eine Geschwindigkeit von 0,02 m/sek. Wir hätten somit ganz verschiedene Fließgeschwindigkeiten im Einzugsgebiet des Blautopfs. Zum Vergleich sei angegeben, daß die Grundwasser der Schmiech zwischen ihrer Versickerungsstelle bei Teuringshofen und ihrem Wiederaustritt als Springe bei Allmendingen eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 0,07 m/sek erreichen. Auch an der Donauversickerung schwankt die Geschwindigkeit ungefähr zwischen denselben Werten wie am Blautopf, nämlich zwischen 0,17 und 0,02 m/sek (5). Aus diesen Erscheinungen müssen wir auf zonenweise recht verschiedene Fließgeschwindigkeiten schließen und die Annahme von Hauptabflußbahnen erscheint somit durchaus nicht abwegig. Auch diese Verhältnisse sprechen für starke

Störungen in unserem Gebiet, denn nach BERTZ herrschen sie besonders da, wo das Gebirge in erhöhtem Maße zerrüttet und zerklüftet ist.

7. Einzugsgebiet des Blautopfs.

Wenn ich zum Schluß noch versuche, auch das Einzugsgebiet des Blautopfs zu bestimmen, so bin ich mir wohl bewußt, auf recht schwankendem Boden zu stehen. Auch seine Bestimmung erfolgt am besten durch Färbeversuche. Da solche nicht vorliegen, muß man die Lösung auf anderem Wege suchen. Einen solchen hat STILLE an den Paderquellen gezeigt. Er versuchte mit Hilfe von Erdfällen die Abflußbahnen festzulegen, wobei ihn der Gedanke leitete, daß das unterirdische Karstphänomen auch oberirdisch zum Ausdruck kommen müßte, daß also die Anordnung der Erdfälle nicht willkürlich ist, sondern den unterirdischen Abflußbahnen entspricht. Eine weitere Hilfe bietet die Beobachtung benachbarter Quellen bei örtlich beschränkten Regengüssen oder anderen Ereignissen. Um Fehlschlüsse zu vermeiden, müssen diese Untersuchungen aber über einen längeren Zeitraum ausgedehnt werden. Von einzelnen Quellen ist bekannt, woher sie ihr Wasser beziehen, so z. B. vom Gieselbach, dessen Einzugsgebiet in der Gegend von Asch liegt. Auf Einzelheiten möchte ich jedoch nicht näher eingehen. Ich möchte nur bemerken, daß das Gebiet mutmaßlich umrissen ist durch eine Linie, die vom Barmen bei Blaubeuren dem Tiefental entlang nach Ennabeuren, weiter nach Donnstetten, am Rande der Alb bis in die Gegend von Drakenstein, das durch den früher erwähnten Regen einzubeziehen ist, und von da dann südwärts westlich an Asch vorbei zum Landsitzle führt. Diese Grenzföhrung ist wohl sehr roh, aber gewisse theoretische Überlegungen zeigen, daß sie doch nicht außerhalb des Bereichs der Möglichkeit liegt. Einmal liegt die Achse des Gebiets in der Südostrichtung, etwa in der Richtung des stärksten Fallens der Schichten und ebenso in der Richtung des stärksten Gefälles des KWS. nach der Karte von GRADMANN. Das Gebiet umfaßt eine Fläche von 170—180 qkm, woraus sich ein sekundlicher mittlerer Abfluß von 12 l pro qkm errechnet, eine Zahl, die mit der von der bayerischen obersten Baubehörde für die ganze Alb oberhalb der Illermündung festgestellten, nämlich 12,3 l, gut übereinstimmt. Die Größe des Gebiets wird also stimmen, eine andere Frage ist, ob die Lage auch richtig angenommen ist.

Der vielfach problematische Charakter der vorstehenden Ausführungen läßt sich nicht verbergen. Das liegt in der Natur der Sache,

denn alle Naturereignisse, aus denen wir unsere Schlüsse ziehen, wiederholen sich nie, oder doch sehr selten in gleicher Weise. Daher rührt es, daß uns oft die so notwendigen Vergleiche fehlen, daß wir aus einzelnen Ereignissen manchmal weitgehende Schlüsse ziehen müssen, ohne die Beobachtung selbst einer Nachprüfung unterziehen zu können. Da hilft nur geduldige und langjährige Beobachtung weiter und manche Tatsache, die wir heute vielleicht im Lichte einer bestimmten Theorie sehen, wird dann nach Jahren unter anderer Beleuchtung und bei größerem Material auch anders gedeutet werden. Für den heutigen Stand unserer Kenntnisse aber glaube ich sagen zu können, daß nichts im Verhalten des Blautopfs gegen die KWT. von GRUND spricht, sondern daß im Gegenteil durch diese, wenn auch etwas abgeänderte Theorie die Verhältnisse am besten gedeutet werden können. Für die zukünftige Forschung bleibt aber trotzdem noch viel zu tun übrig.

Schrifttum.

1. A u f s e ß, Frhr. v. u. z., O t t o: Die physikalischen Eigenschaften der Seen. Braunschweig 1905.
2. — Die Farbe der Seen. Annal. d. Phys. 4. Flge. Bd. 13, der ganz. Folge Bd. 318. 1904.
3. — Der Blaumann. Blaubeuren. Nr. 92 vom 8. August 1904.
4. B a u e r, T h. E.: Flora des württ. Oberamts Blaubeuren. Blaubeuren 1905. S. 31.
5. B e r t z, K. C.: Die Grundwasserverhältnisse im Versickerungsgebiet der oberen Donau. Mitt. d. geol. Abt. d. Württ. stat. Landesamts. Stuttgart 1928.
6. B e s c h r e i b u n g des Oberamts Blaubeuren. Stuttgart 1830.
7. B u n s e n, R.: Über die Farbe des Wassers. Ann. Chem. Pharm. 72, 44. 1847.
8. F o r e l, F. A.: Le Léman. 2. Band. Lausanne 1895.
9. G r a d m a n n, R.: Beschreibung des Oberamts Münsingen. 2. Bearbeitung. 1912. S. 72—93.
10. G r u n d, A.: Die Karsthydrographie. P e n c k s Geogr. Abh. 7. Heft 3. 1903.
11. — Beiträge zur Morphologie des Dinarischen Gebirges. P e n c k s Geogr. Abh. 11. 3. 1910. S. 167.
12. H a u g, G.: Der Wasserhaushalt des Blautopfs. Bl. d. Schwäb. Albvereins. 1924. Heft 4. S. 71.
13. K a t z e r, F.: Karst und Karsthydrographie. Zur Kunde der Balkanhalbinsel. Heft 8. 1909.
14. K l u n z i n g e r, C. B.: Über den Blautopf bei Blaubeuren. Diese Jahresh. Jahrg. 58. 1902. S. 352.

15. Klunzinger, C. B.: Diese Jahresh. Jahrg. 57. 1901. S. LXXIX.
 16. — Über die physikalischen, chemischen und biologischen Ursachen der Farbe unserer Gewässer. Diese Jahresh. Jahrg. 57. 1901. S. 321.
 17. — Nachtrag. Diese Jahresh. Jahrg. 58. 1902. S. 365.
 18. Knebebel, W. v.: Höhlenkunde. Die Wissenschaft. Heft 15. 1906.
 19. Sihler, H.: Von einer neuen Höhle und ihrer Entstehung. Bl. d. Schwäb. Albver. 39. Jahrg. 1927. S. 267.
 20. — Zum Wasserhaushalt des Blautopfs. Ebd. 1927. S. 295.
 21. — Gedanken eines Reisenden über die Alb und den Blautopf aus dem Jahre 1776. Bes. Beilage d. Staatsanzeigers f. Württ. 1928. Nr. 12.
 22. Spring, W.: Bull. Acad. Roy. Belg. 12. S. 814. 1886.
 23. Stille, H.: Geol.-hydrol. Verhältnisse im Ursprungsgebiet der Paderquellen zu Paderborn. Abh. d. Preuß. Geol. Landesanstalt. Berlin 1903. S. a. Artikel „Quellen“ im Hdwb. d. Naturwissenschaften. Bd. VIII. S. 15.
 24. Teppner, W.: Die Karstwasserfrage. Geol. Rundschau. 4. Bd. 1913.
 25. Ule, W.: Der Würmsee. 1901. S. 160.
 26. Wagner, G.: Junge Krustenbewegungen im Landschaftsbilde Süddeutschlands. Rau, Öhringen 1929.
 27. Verwaltungsbericht d. kgl. Min.-Abt. f. Straßen- u. Wasserbau. 1901—1904. II. Abt. Wasserbauwesen.
 28. Weil, W.: Altes und Neues vom Blautopf. Bl. d. Schwäb. Albver. 39. Jahrg. 1927. S. 108.
 29. Gugenhan, M.: Zur Talgeschichte der Brenz. Diese Jahresh. 59. Jahrg. 1903. S. 232.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1929

Band/Volume: [85](#)

Autor(en)/Author(s): Sihler H.

Artikel/Article: [Blautopf und Karsthydrographie 210-241](#)