

Geologische Nachlese No. 28

von

ALBERT HEIM
ZÜRICH

Die Therme von Pfäfers

(Mit 3 Tafeln und 7 Figuren.)

Ausgegeben am 1. März 1928

Sonderabdruck aus der
Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich
Jahrgang LXXIII (1928).

Redaktor: Prof. Dr. Hans Schinz, Zürich.

Geologische Nachlese

von

ALBERT HEIM.

(Als Manuskript eingegangen am 23. November 1927.)

Nr. 28. Die Therme von Pfäfers.

Mit 3 Tafeln und 7 Figuren.

Inhalt:

	Seite
Kurze geschichtliche Notizen	65
I. Das Gebirge und seine Therme	67
A. Bisherige Vermutungen	67
B. Geologische Verhältnisse in der Umgebung der Therme	71
C. Herkunft der Therme und ihr Weg	88
D. Die Wärme der Therme	96
E. Chemische Eigenschaften der Therme	101
II. Der Ertrag der Therme	104
A. Notizen aus früherer Zeit	104
B. Der Niederstand 1921 und 1925	111
C. Der Einfluss der Trockenheiten	114
D. Die jährliche Schwankung	115
E. Einige besondere Erscheinungen der Ertragsschwankung	118
F. Verzögerung zwischen Sammelgebiet und Quelle	121
III. Zur Auswertung der Resultate	124
A. Vom unterirdischen Reservoir	125
B. Vom unbekanntem unterirdischen Weglauf	128
C. Von der Vertiefung der Fassung	132
D. Andere Hilfsmittel	137
E. Pfäfers und Baden	138

Kurze geschichtliche Notizen als Einleitung.

Im Jahre 1038 bemerkte KARL VON HOHENBALKEN, „Jäger des Gotteshauses Pfäfers“, aus der Tiefe der ungangbaren Taminaschlucht aufsteigende Dämpfe. Er liess sich an einem Seil herunter und entdeckte die Therme. Der Fund geriet wieder fast in Vergessenheit, bis 1241 zwei Klosterjäger von Vilters, Vils und Thuli, die warme Quelle zum zweiten Mal fanden. 1241 bis 1360 bestunden Badkasten unter überhängender Felswand. Man liess die Kranken mit verbundenen Augen an Seilen in die grausige Tiefe hinab, und versah sie mit den nöti-

gen Nahrungsmitteln. Mehrere Tage blieben sie im Bade sitzen, sie assen im Bade und schliefen im Bade, bis sie „geheilt“ wieder heraufgezogen wurden. 1360 erbaute man auf Balkenbrücken über dem schäumenden Flusse ein erstes hölzernes Badehaus. 1523 sandte ZWINGLI den kranken HUTTEN mit Empfehlung an den Abt zur Kur nach Pfäfers-Bad. 1535 gelang es, an der östlichen Felswand einen Zugangsteg zu errichten. Dann wurde ein dreistöckiges und bald noch ein fünfstöckiges Badehaus mit zusammen Raum für 300 Badegäste erstellt. Pestflüchtlinge erfüllten die Häuser, als 1629 eine Feuersbrunst sie zerstörte. Schon ein Jahr früher war es J. MADER und nachher Badmeister RISCH gelungen, bei niedrigem Wasserstande die Taminaschlucht von der Therme bis zu ihrem untern Ende zu durchschreiten. Abt JODOKUS HÖSLI fasste nun den Entschluss, das Thermalwasser durch die Schlucht hinaus nach sicherer Stelle zu leiten. Baumeister ZELLER (Allgäu) erstellte die 451 m lange Leitung aus Lärchenholz, ruhend auf Lärchenen in den Fels eingelassenen Konsolen. 1630 floss die Quelle zuerst nach der Stelle des jetzigen Bades. Aus dem Jahr 1631 stammt das merkwürdige Buch des Klostersekretärs KOLWECKEN über Bad Pfäfers und seine Therme.

1680 begruben Felsstürze die Quelle. Sie wurde mit grosser Mühe wieder ausgegraben. 1704 bis 1716 wurden die Badgebäude am Ausgang der Schlucht verbessert und erweitert, 1799 aber von den Franzosen zerstört. Ein Neubau — das jetzige klassische klösterliche Badehaus — wurde begonnen und 1825 vergrössert. 1838 wurde auf Wunsch der KONVENTUALEN das Kloster Pfäfers aufgelöst, und ging mit Quelle und Bad in den Besitz des Kantons St. Gallen über. 1839 erbaute man die Strasse von Ragaz nach Bad Pfäfers. 1840 wird der grössere Teil des Thermalwassers in Holzleitung unter der Strasse nach Ragaz geführt; Ragaz wird Badeort (Länge der Leitung von der Quelle bis Ragaz 4202 m, Gefälle vom Bad Pfäfers bis Ragaz 168 m, Durchflusszeit 25 bis 45 Minuten). 1868 folgt Verpachtung von Quelle und Bädern auf 100 Jahre an die Firma SIMON unter Vorbehalt einer gleichzeitigen begrenzten Benützung durch die Gemeinde Ragaz.

Im Laufe der Zeit sind sehr oft von Fachmännern Gutachten eingeholt worden und es haben auf Grundlage derselben Verbesserungen an den Fassungen stattgefunden. Solche Untersuchungen und Begutachtungen liegen vor: 1820 von DR. ZOLLIKOFER, DANIEL MEYER und Mechaniker TOBLER, 1847 von ARNOLD ESCHER v. D. LINTH, 1850 von Ingenieur HARTMANN, 1856 von ALB. MOUSSON mit HARTMANN, 1860 von Ingenieur HEFTI, 1922 von den Ingenieuren BERNOLD und GUGGENBÜHL (Einsetzung eines Hebers).

Im August 1925 hatte der Gemeinderat von Ragaz im Einverständnis mit dem Regierungsrate des Kantons St. Gallen an Herrn Ingenieur H. BERNOLD in Mels und mich den Auftrag erteilt, die Erscheinungen der Therme von Pfäfers allseitig zu prüfen, um unser Gutachten abzugeben über die Ursachen des erschreckenden Rückganges im Ertrag der Quelle Sommer 1925 und über die Hilfsmittel, welche für sofort den Rest der Saison und sodann für die Zukunft zur Milderung der Übelstände helfen könnten. Am 31. VIII besuchten wir die Quelle. Am 1. IX. fand im Rathaus Ragaz eine Beratung statt, an welcher Herr Kantonsingenieur ALTWEGG, der Gemeinderat und der Kur- und Verkehrsverein sich beteiligten. Am Nachmittag des gleichen Tages verfassten wir auf dringenden Wunsch des Gemeinderates einen kurzen vorläufigen Bericht. Vor allem aber verlangten wir weitere Versuche durch Abpumpen an der Quelle, indem die vorangegangenen Versuche und Messungen vom 19. und 20. VIII. viel zu rasch durchgeführt werden mussten, so dass die Quelle niemals Zeit hatte, sich auf die veränderten Bedingungen richtig einzustellen. Der Herr Kantonsingenieur erklärte sich damit einverstanden. Diese ausgedehnten Versuche begannen am 7. XII. 1925 und dauerten bis 10. III. 1926. Sie wurden umsichtig und gut durchgeführt vom Kantonsingenieuramte durch Herrn Ingenieur MEYER. Am 7. IV. 1926 erhielten wir die Resultate in Zahlentabellen und reichhaltigen graphischen Darstellungen. Ausserdem stunden uns alle vorangegangenen Messungen aus verschiedenen Jahren von den Ingenieuren ZIEGLER und BÖSCH zur Benützung. Herr BERNOLD beschäftigte sich dann eingehend mit der Verarbeitung all dieser Messungen, während ich die Fragen über das gesamte Regime der Quelle studieren und bearbeiten sollte. Von grossem Werte war mir dabei die Mithilfe der Meteorologischen Zentralanstalt (Herrn Direktor DR. MAURER). Der Gang meiner Arbeit war von Anfang Februar bis Ende September 1926 durch schwere Krankheit unterbrochen, konnte aber nachher wieder aufgenommen und auch noch durch Begehungen unterstützt werden. Unser Gutachten ist an den Gemeinderat Ragaz am 16. VII. 1927 abgegeben worden. Es schien mir angezeigt, die gewonnenen Einsichten, soweit sie allgemeines Interesse bieten, nicht nur in wenigen Kopien in Archiven aufbewahren zu lassen, sondern auch in einer wissenschaftlichen Zeitschrift z. T. erweitert, z. T. gekürzt, mitzuteilen, wofür vorerst der Gemeinderat von Ragaz um sein Einverständnis angefragt worden war. Im Oktober 1927 ergänzte ich noch verschiedene Beobachtungen durch gemeinsame Begehungen mit Herrn DR. OBERHOLZER und Herrn BERNOLD.

I. Das Gebirge und seine Therme.

A. Bisherige Vermutungen.

Zunächst müssen wir Stellung nehmen zu einigen der noch heute weit verbreiteten Vermutungen betreffend die Herkunft und die Entstehung der Therme, und die Mittel, diese zu prüfen.

Eine alteingewurzelte und überall verbreitete, vielfach mystisch umhüllte Meinung besteht darin, es könnten und müssten überhaupt die merkwürdigen Quellen aus Seen stammen. Wenn der See noch so klein ist, sein Zufluss noch so gering oder ganz fehlend, so mutet man ihm doch zu, eine beständige grosse Quelle speisen zu können. Dabei übersieht man, dass die Existenz eines Seeleins hoch oben im

Gebirge gerade ein Beweis dafür ist, dass der Boden darunter undurchlässig ist. Die schon aus dem Mittelalter stammende phantastische Meinung, die Therme von Pfäfers komme aus dem Wildseeli auf den Grauen Hörnern, hat sogar noch vor einigen Jahren zu technischen Arbeiten verleitet. Man versuchte das Seelein durch eine kleine Staumauer an seiner Abflußstelle höher zu füllen, um den Ertrag der Therme zu vermehren. Herr BERNOLD hat beobachtet, dass auch beim kleinsten Zufluss im Winter das Wildseeli nicht unter den stets noch vorhandenen Überlauf sinkt. Das Seeli hat also keinen bedeutenden unterirdischen Ablauf. Zudem sind die Wasserschwankungen des Wildseeli ganz regelmässig mit Minimum im März, Maximum im August. Das Maximum der Therme dagegen ist etwa 3 Monate früher, als dasjenige des Wildseeli. Bei Speisung der Therme durch das Seeli müsste ihr Maximum in den Herbst fallen.

Man wies hin auf die Zerrissenheit der Grauen Hörner und des Gebietes der Laufböden, wo das Wasser Löcher und Spalten finde und in solchen stehe, — beachtete aber nicht, dass gerade diese Erscheinungen ausser der Zerklüftung und Verrutschung der obersten Gesteinskruste, die Undurchlässigkeit des Untergrundes schon in geringen Tiefen beweisen. Rings um die Laufböden herum finden sich eine ganze Anzahl von Quellen in 1500 bis 1800 m Höhe, in denen das untief eingedrungene Wasser schon hoch über der Therme wieder ausfliesst. Das Wangerseeli ist durch eine 1600 m, und das Wildseeli durch 1750 m tiefe und über 5 km bis 8 km weite, fast ganz undurchlässige Gebirgsmasse von der Therme und von der warmen Tiefe abgesperrt. Keine durchlässige Gesteinsschicht, keine Spalte gibt eine Verbindung. Auch die an sich gewiss ganz richtigen Beobachtungen des Herrn Lehrer SPRECHER und Ingenieur BÖSCH am 5. und 6. VII 1925 gelegentlich ihrer Begehung des Gebirges N oberhalb Vättis sind ohne Bedeutung für die Entstehung der Therme; denn alle die zahllosen Risse und dieser Zerfall der Felsen, wie sie ihn gesehen haben, reicht nicht tief in den Boden hinein, sondern ist hier nur der äussersten Gebirgsrinde einer schon in geringer Tiefe undurchlässigen Gesteinsmasse eigen.

Selbst der treffliche THEOBALD, der so manche gute Angaben und Überlegungen über die Therme von Pfäfers gemacht hat, findet einen ganz besonderen Grund für die Herleitung der Therme aus dem Wildseeligebiet: „Das Thermalwasser enthält wenig gelöste Bestandteile. Nur der Verrucano auf den obersten Teilen der Grauen Hörner ist so schwer löslich, dass er eine so reine Quelle liefern kann. Alles andere Gebirge der Umgebung müsste ein härteres Wasser liefern.“

Allein diese Reflexion enthält drei Fehler: 1. Der Verrucano tritt nirgends nahe an die Therme heran. Er ist stets von derselben noch durch wenigstens 7000 m Kalk-, Sand- und Tonschiefergestein getrennt, welche durchflossen werden müssten. 2. Das Thermalwasser ist zwar auffallend weich im Vergleich mit vielen anderen Thermen, aber gar nicht so ausserordentlich weich, wie angenommen wurde. Es enthält die gleichen Bestandteile in ungefähr gleicher Menge ($\frac{3}{10000}$) wie eine gewöhnliche Quelle aus Kalkschiefergebirge. Wir brauchen keinen Verrucano zur Erklärung der chemischen Beschaffenheit der Therme. 3. Dazu kommt, dass das Versickerungswasser aus dem klüftigen Wildseelgebiete sichtlich anderswo zutage tritt. Dem Gebirgsbau nachastend bewegt es sich nördlich abwärts und bildet im unteren Weisstannental und ob Mels bis über Gargums zahlreiche kalte Quellen (Fig. 1, rechts).

Von mehreren andern Schriftstellern ist sogar die schöne grünlichblaue Farbe des Thermalwassers als „Beweis der Abkunft vom Gletscher“ (Piz Sol-Gletscher ob dem Wildseeli) gedeutet worden. Allein das Gletscherschmelzwasser hat gar keine eigene andere Farbe, als jedes weiche oder gar das destillierte Wasser. Diese Beweisführung ist nur poetische Phantasie.

Nach schwerem Unglück, wie einer langen Kriegszeit, neigt die Menschheit immer zum Mystischen. So kam es auch, dass sich mit der Therme von Pfäfers, der Frage nach ihrer Herkunft und ihrer gründlicheren Fassung — eventuell auch an einem anderen Orte ihres Laufes —, drei Rutengänger (zwei Ausländer und ein Schweizer-Arzt) befassten, die ersteren in offiziellen Aufträgen, der letztere aus eigenem Interesse für die Sache. Die schriftlichen Gutachten der beiden ersteren haben mir nur konfidentiell zur Einsicht vorgelegen. Allein der Hauptteil ihrer „Feststellungen“ ist von Reichenau bis Ragaz durch aller Ohren und Mund ohne Vorbehalt verbreitet worden, so dass man diese als jedermann bekannt, ohne indiskret zu sein, besprechen darf. Ich empfinde dies sogar als eine Pflicht. Was ich dagegen nur aus den Gutachten weiss, lasse ich hier unberücksichtigt.

Es gibt Menschen, welche einen unterirdischen Wasserlauf, ohne oder mit dem Fühlhebel der Rute, empfinden und Erstaunliches darin leisten können. Auch unsere drei Rutengänger gehören tatsächlich zu den in dieser Art begabten Menschen. Die falschen Angaben der Rutengänger, die im Durchschnitt meiner Erfahrungen an solchen nicht weniger häufig sind, als die zutreffenden, rühren wohl zu einem grossen Teil davon her, dass es im Boden noch andere Ursachen, als Quellläufe, für eine sehr ähnliche Empfindung des Rutengängers

gibt, was die Deutung erschwert. Auch Verwicklungen mit der Psyche und der mentalen Einstellung des Rutengängers sind Fehlerquellen.

Die beiden beauftragten, unabhängig von einander arbeitenden Rutengänger waren: „Ingenieur Oberst CARL BEICHL“ aus Wien und W. BRAUCH „Chemiker und Wünschelruten-Forscher“ von Blankstadt (Baden). Offenbar hängen sie beide, vielleicht unbewusst, an der alten falschen Vorstellung, dass die Täler, grosse wie kleine, ausgearbeitete Spalten seien, und in diesen oder begleitenden Nebenspalten die Quellen nahe an den Talwegen in gleicher Richtung fliessen. BRAUCH findet einen verborgenen unterirdischen Hauptüberlauf der Therme linksseitig des Talweges NW von Ragaz, BEICHL aber rechtsseitig unter Dorf Pfäfers und SE Ragaz in den Untergrund des Rheintales mündend. Uns zeigt der Gebirgsbau, dass ein solcher erst etwa 8 km SE und E der Therme möglich wäre. Zwei der Rutengänger kommen dem Volksglauben freundlich entgegen, indem sie wenigstens einen Hauptzufluss der Therme aus dem Wildseeli nehmen, was nach dem Gebirgsbau ganz unmöglich ist. BRAUCH will die Therme aufwärts bis unter die Taminserseite des Calanda verfolgt haben. Die beiden anderen leiten sie vom Gotthard her und der Arzt will sogar schliesslich zu der Entdeckung gelangt sein, dass sie eine Abzweigung der warmen Quellen im Simplontunnel sei! Keiner von den dreien hat die quellentech-nisch massgebendste Erscheinung des Gebietes, die altkristalline, total undurchlässige, gewaltige, bei Vättis etwas mehr als 1 km breite, W-E ziehende Scheideschwelle, die von grosser Tiefe bis in Gipfelhöhe wirkt, und alle eingesickerten Wasser nach S und N trennt, bemerkt. Ihre vermeintlichen Quellenwege laufen in unmöglicher Weise teils längs teils quer durch diesen Ausläufer des Aarmassives, den sie gar nicht empfinden. BEICHL sagt von manchen Stellen im Tamina-gebiete nicht nur auf den Meter, wie tief dort die Wasserader liege, er sagt auch noch wie viel Minutenliter stark und von welcher Temperatur sie dort sei! An Stellen, wo es möglich wäre, solche Aussagen zu prüfen, bleiben sie ausweichend und unbestimmt, oder es wird aus irgendwelchen Gründen vom Nachgraben abgeraten. Bei der Therme selbst bringen BEICHL wie BRAUCH nach langem Herumtasten mit der Rute nur ungefähr das heraus, was für jeden in Sachen erfahrenen Geologen oder Ingenieur ohne weiteres ganz selbstverständlich ist. Die meisten Angaben dieser Rutengänger zeugen von einer totalen Unkenntnis und Verständnislosigkeit für den Gebirgsbau und die Möglichkeiten der Quellwege. Ihre hauptsächlichsten Behauptungen widersprechen einander und sind nicht nur unerwiesen, sondern sicher unmöglich richtig. Die „Untersuchung“ der drei Herren Ruten-

gänger schliesst an der Pfäfersertherme mit einem Dokument totaler Täuschung und Unfähigkeit ab.

BEICHL hat ferner die Gemeinden Vättis und Tamins in unheilvolle Aufregung versetzt dadurch, dass er unter dem Dorf Vättis ein Uranpecherzlager, und 207 m unter dem Stalle auf der Höhe des Kunkelspasses ergiebige Golderze und unfern davon auf der Taminsenseite des Kunkelspassgebietes Kupfer und Quecksilberlager „gefunden“ hat. Diese „Funde“ lägen in Gesteinsformationen, in denen sie gar nicht vorkommen können! Also auch in Beziehung auf Erze sind die Angaben unserer zwei Berufsruetengänger von 1921 bis 1923 nur ein gefährliches Phantasiespiel. Wir können den Instanzen, welche dieselben berufen haben und den Bewohnern des Gebietes, welche durch sie irreführt worden sind, nur die Mahnung zurufen: „Hütet euch vor den falschen Propheten!“

B. Die geologischen Verhältnisse in der Umgebung der Therme.

Das für unsere Therme in Betracht fallende Gebirge ist in den Jahren 1840 bis 1870 zuerst von ARNOLD ESCHER v. D. LINTH und dann von G. THEOBALD untersucht worden. Sie haben die Gesteinszusammensetzung und den Gebirgsbau in seinen HAUPTerscheinungen richtig erkannt und dargestellt. 1870 bis 1890 folgten weitere ergänzende Untersuchungen von mir (ALB. HEIM „Mechanismus der Gebirgsbildung“ 1878; „Dufourblatt No. XIV geologisch bearbeitet“; Textband zu Blatt XIV in „Beiträge zur Geol. Karte der Schweiz“ Lfg. 25, 1891; „Geologie der Schweiz“ Band II, 381—417). Es folgten Arbeiten meiner Schüler: Über die Grauen Hörner ist 1908—1911 eine gute Untersuchung von K. TOLWINSKI und über die Ringelspitzengruppe 1909 bis 1911 von M. BLUMENTHAL (Chur) ausgeführt worden. Endlich hat J. OBERHOLZER (Glarus) im Auftrage der schweizerischen geologischen Kommission die geologisch-kartographische Darstellung des ganzen Gebietes zwischen Linth und Rhein allseitig revidiert und ergänzt, so dass dann die herrliche geologische Spezialkarte No. 68 in 1 : 50 000 im Jahre 1920 herausgegeben werden konnte. Dieselbe hilft wesentlich zum Verständnis des Folgenden. Der Text zu dieser Karte liegt noch nicht vor. Einige auf die Geologie des Thermengebietes bezügliche Fragen konnte ich noch im X 1927 zusammen mit Herrn DR. OBERHOLZER und in Begleitung von Herrn Ing. H. BERNOLD und Herrn A. BOSSHARD lösen.

Die Strasse von Ragaz zum Bad Pfäfers führt an der Westseite der Tamina flussaufwärts durch ein enges Felsental. Dasselbe wird

beidseitig begleitet von Terrassen 200 bis 270 m höher, die mit Weilern und kleinen Dörfern besetzt und durch gute Strassen verbunden sind. An der Tamina unten ist kein Raum für Ansiedelungen. Die Terrassen sind die Reste eines älteren Talbodens des ehemaligen Westrheins, der von Schams ob der Viamala über den Kunkelsspass das heutige Seeztal und Walenseetal erreichte. Sie sind in der Hauptsache Felsterrassen, durch Moränen, Flussläufe und Seitenbäche weiter ausgebaut. Die Abhänge beiderseits des Tales werden von fast immer nach SSE fallenden Flyschschiefern in zahlreichen Gesteinsabänderungen gebildet. Erst ist das Einfallen ca. 20° . Taleinwärts wird es steiler, meistens schwankt es dann um 30° bis 40° , erreicht aber auch 60° . Dadurch ist die Ungleichheit der beiden Talseiten bedingt. Die östliche Talwand, an welcher die Schichtung und Schieferung bergewärts fällt, ist eine 100 bis 300 m hohe, vielfach unerklärliche Felswand. An der westlichen Talwand fallen die Schichten aus dem Berge heraus. Diese linke Talseite ist deshalb weniger steil geböschet und

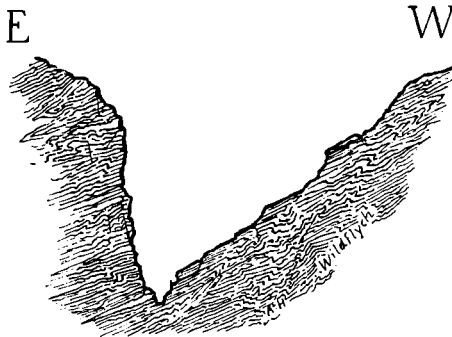


Fig. 3. Taminatal zwischen Ragaz und Bad Pfäfers

ca. 1 : 4000

zeigt stets Neigung zu Abrutschungen, welche sehr oft die Strasse gefährden und ihren Unterhalt schwierig machen (Fig. 3). Der sogenannte Wildflysch dieses Gebietes enthält oft ausgedehnte aber dünne Linsen von Quarzitsandsteinen. Nummulitenkalke, die abgestürzt in grossen Blöcken an der Strasse liegen, stammen aus Fetzen solcher Schichten, die im Wildflysch stecken. Die ganze Gesteinsmasse ist von Transversalschieferungen, Verschiebungen, Falten, Knickungen, Verrutschungen durchsetzt. Sie muss gewaltige Bewegung erduldet haben. Etwa 650 m nördlich des Badgebäudes, nördlich vom Schrepfenbach, taucht aus der Tiefe, vom Wildflysch von S her überschoben, eine tiefer gelagerte Flyschgruppe auf. Dies sind die sehr mächtigen

Globigerinenmergel. Diese Schiefer sind viel gleichmässiger, glatter als der Wildflysch. Die Globigerinen sind an der Oberfläche fast jeden Schieferblättchens als kleine dunkle Punkte von Auge zu sehen. Hier fehlen eingelagerte Linsen fremder Gesteine, wie sie den Wildflysch auszeichnen. Die ganze Gesteinsmasse ist viel einheitlicher. An der grosswelligen Grenzfläche, gut sichtbar an der Ostwand, berühren sich die beiden Flyscharten in vielfach diskordanter Schichtung und Schieferung. Höher oben gesellt sich noch ein dritter Typus von Flyschgesteinen, die „Dachschiefer und Sandsteine“ hinzu, die vielfach zwischen den erstgenannten lagern. Alle diese Flyschgesteine sind, wo sie nicht zufällig eine klaffende Spalte durchsetzt, für Wasser undurchlässig. Schon in 10 m Tiefe sind in der Regel die aussen sichtbaren Spalten wieder geschlossen oder mit lehmigen Einspülungen ausgedichtet.

Hinter dem Badgebäude, Strassenhöhe 686 m, beginnt taleinwärts eine der grossartigsten Erosionsschluchten unseres Landes, und damit treten wir auch in festere Gesteine. Unter und hinter dem Badgebäude erscheint, in mehreren Schuppen aus der Tamina treppenförmig emporsteigend, an den beidseitigen Gehängen entblösst, der Nummulitenkalk in mehreren kompakten Bänken. Die etwas späthigen Kalke enthalten reichlich grünliche Glaukonitkörner und Schalen der Assilinen. Wir stehen also hier in helvetischem Faziesgebiete des Eocæn. Wir finden den nummulitischen Kalkstein in Bänken unter der Tamina-Brücke und unter dem Badgebäude. Sodann an der S-Ecke des Gebäudes und noch höher im Walde an der Westseite. An der Ostseite reichen in drei Höhen, schätzungsweise 685 m, 695 m und 705 m, die Nummulitenkalke spitz ausgezogen horizontal 20 bis 50 m, die oberste sogar ca. 150 m nach N in die Globigerinenschiefer hinaus. Es sind geschuppte kleine Falten mit abgerissenem Mittelschenkel und spitz ausgezogener Gewölbeumbiegung. Über Globigerinenmergel folgt je-weilen an schief gegen N ansteigender Fläche aufgeschoben Seewerkalk mit einem Dach von Nummulitenkalk. Ohne einen ganz genauen Plan ist es kaum möglich, genaue Profile zu zeichnen. Fig. 4 entspricht so gut als möglich dem, was wir beobachten konnten. Die Hauptsache besteht darin, dass durch diese Verzahnung hinter der Masse der Globigerinenschiefer, der Nummulitenkalk und der Seewerschiefer und Seewerkalk, also die obere Kreide, emporsteigt, und beidseitig der Tamina die Schlucht bis an ihre Oberkante bildet.

Hinter der Brücke über die Tamina, die uns nun schluchteinwärts an die Ostseite der Tamina führt, treten die beidseitigen Felswände auf 50 bis 70 m Höhe so nahe zusammen, dass sie meistens nur um die Flussbreite (5–10 m) auseinander stehen (Fig. 5 u. 6). Oben ist der spalten-

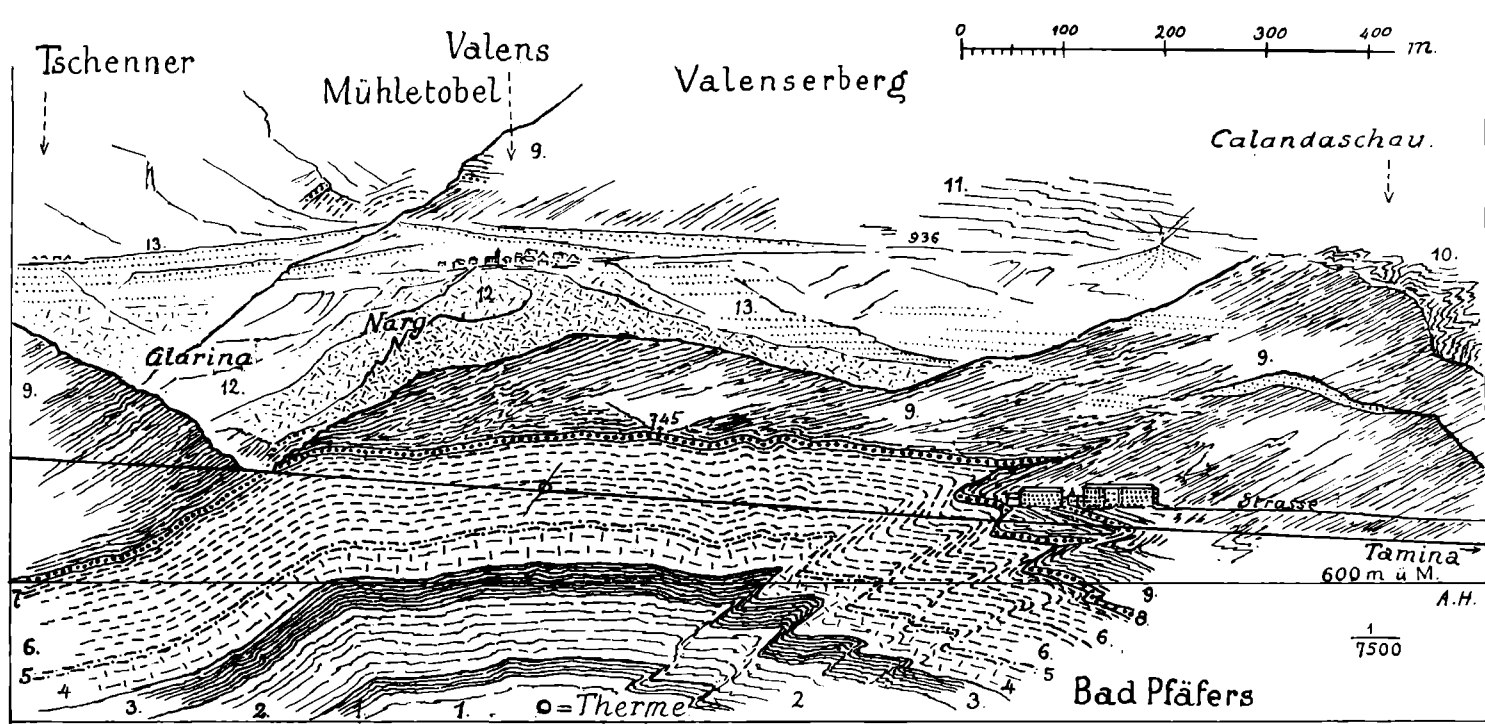


Fig. 4. Querprofil durch das Thermal-Gewölbe in der Taminaschlucht mit westlicher Parallel-Ansicht

- 1 = Malm, 2 = untere Kreide, 3 = Drusbergschichten, 4 = Schrattekalk, 5 = Gault, 6 = Seewerkalk, 7 = Seewerschiefer, 8 = Nummulitenkalk, 9 = Globigerinenschiefer, 10 = Wildflysch, 11 = Sandstein u. Dachschiefer, 12 = Moränen und Glaciallehm, 13 = postglacialer Terrassenschotter.

förmige Gebirgseinschnitt an 8 Stellen durch Naturbrücken geschlossen. Zwei derselben sind durch eingeklemmte Blöcke gebildet, die anderen durch den kompakten etwa 7—8 m mächtigen Komplex der Nummulitenkalke, die durchwegs die Oberkante der Schluchtwände bilden. Sie sind das festeste Gestein des Gebietes. Ohne ihren Schutz hätten sich die Schluchtwände abgeschrägt. Wie die Naturbrücken entstanden sind, ist unbestimmt. Wasser, das seinen Weg unter dem Nummulitenkalk gefunden hat, kann dort Gerinne ausgeweitet und die Tamina hinabgelenkt haben. Es kann auch erst ein ganz schmaler Einschnitt des Flusses die Nummulitenkalke durchschnitten haben und nachher, nach der weitem Ausspülung darunter, ist das Gebirge von beiden Seiten wieder bis zum Schluss der Nummulitenkalke zusammengedrückt. Für dieses letztere spricht die Fuge, die man von der Schlucht aus überall an der Unterseite der Naturbrücken sieht. An eine Spalte als Anfang der Schluchtenbildung kann man hier nicht denken, indem dem Gebirge jede Spaltung in der Schluchtrichtung fehlt und überdies derart Geschiebe führende Flüsse Spalten gar nicht zu benützen vermögen, vielmehr dieselben rasch mit Geschieben, Sand und Lehm verkitten.

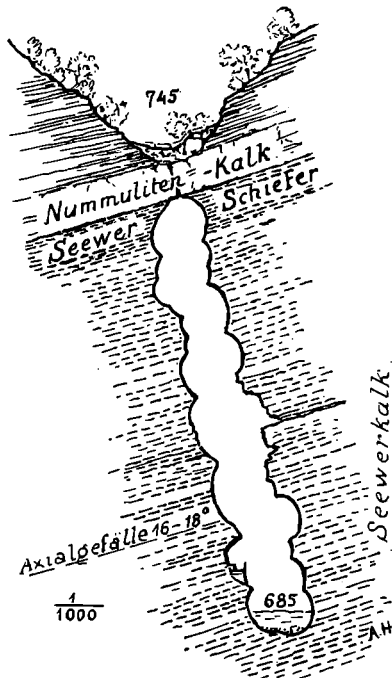


Fig. 6. Querprofil der Taminaschlucht an der Naturbrücke.

Der Treppenweg nach Ragol und Dorf Pfäfers hinauf, der sogenannte Badsteig, führt über die stärkste der Naturbrücken. Die Nummulitenbänke, hier beiderseits zugänglich, bilden das Brückengebälk, der Weg darüber liegt auf Schutt (Fig. 6). Kaum dass man von der Brücke 745 m in der Schlucht, die nur wie ein enger schwarzer Schlitz von oben aussieht, die Tamina und die Quellenstelle erblicken kann. Von hier wohl ist zuerst der Dampf der Quelle gesehen worden.

Wir gehen zurück und vom Badhaus weg auf dem Leitungssteg zur Quelle (Fig. 5). Die beidseitigen parallelen Schluchtwände stehen schief mit etwa 70° bis 72° gegen Westen einfallend. Es ist dies die Lage senkrecht zur Schichtung. Im Jahre 1629/30 ist dieser Teil der Schlucht durch den Steg an der Ostwand gangbar gemacht worden. Von der Brücke beim Bad bis zur Therme sind 451 m. Die Schlucht reicht aber noch ein gutes Stück ungangbar hinter die Therme taleinwärts und ist im Ganzen etwas über 750 m lang. Oberhalb der Schlucht treten die Wände, besonders westseitig, zurück, das Tal weitet sich aus. Auch hier finden wir am oberen Ende der Schlucht den Nummulitenkalk als Abschluss, gegen S unter den Talboden tauchend und weiter talaufwärts ebenfalls die Ostseite steilwandiger als die Westseite.

Die fast plötzliche Einengung des Tales auf eine Strecke von ca. 750 m deutet sofort darauf hin: 1. dass wir hier in einer Partie widerstandsfähigeren festeren Gesteines uns befinden und 2. in einem jüngeren, durch Ablenkung entstandenen „epigenetischen“ Talstück. Betrachten wir zuerst die Schlucht im festen Gestein und nachher die Geschichte der Epigenese.

In der Tat bestehen die Schluchtwände beiderseits ganz aus Seewerkalk und Seewerschiefer und sind talauswärts, oben und taleinwärts vom Nummulitenkalk begrenzt und bedeckt. (Fig. 4 und 6.) Der Seewerkalk mit dem Nummulitenkalk tauchen hier in Form eines breiten Gewölbes unter den Flyschschiefern auf und sind hier von der Tamina durchsägt. Hier ist der Seewerkalk ein dichter fester grauer Kalkstein, durch schwarze Tonhäute in Schichten abgesondert. Im oberen Teil („Seewerschiefer“) sind die Kalkschichtchen so dünn, dass das immerhin feste Gestein schiefrig erscheint. Im unteren Teil sind sie etwas dicker (einige Millimeter dick), und mehr in kompakte starke Bänke vereinigt („Seewerkalk“). Der Globigerinenschiefer könnte sich nicht in Wänden halten, wie die Taminaschlucht sie zeigt, der Seewerkalk und der Seewerschiefer, gekrönt vom Nummulitenkalk, sind hierfür befähigt. Der letztere bildet meistens den oberen Rand der Schlucht. Der Seewer-

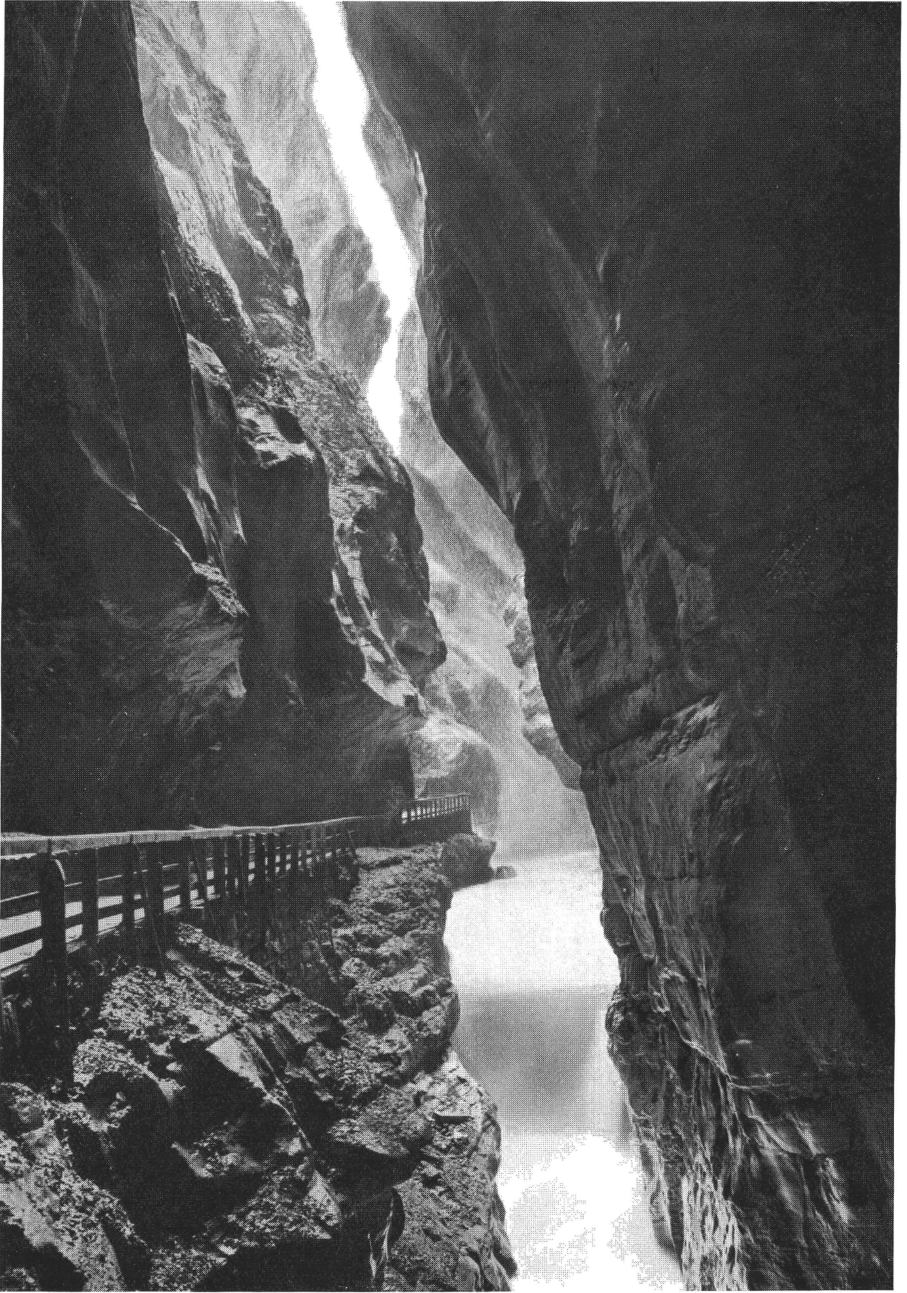


Fig. 5.

TAMINASCHLUCHT

gegen S gesehen

(rechts am Ende des Steges ist der Überlauf der Therme
in die Tamina sichtbar)

kalk in der Schlucht streicht häufig WSW—ENE und fällt mit 12 bis 20° gegen SE bis SSE ab. Die Schwankungen sind ziemlich stark. Durch den grössten Teil der Schlucht aber, vom nördlichen Schlucht-
eingang bis nahe an die Therme, verlaufen die Schichtfugen fast schwebend (Fig. 4 und 7), d.h. die Schichten streichen in der Schlucht-
richtung N—8° NE. Sie stehen aber an der Westwand höher als an der Ostwand. Sie haben ein Einfallen gegen E von 15 bis 20°. Da wir hier auf dem breiten Scheitel des Gewölbes stehen, so ist dieses Gefälle ein reines Axialgefälle. Nahe der Quelle biegt der breite Gewölbescheitel in den S-Schenkel ab. Bei der Therme bestimmte schon ARNOLD ESCHER v. D. LINTH Streichen des Seewerkalkes N—55° E—S—55° W und Fall 30 bis 40° E—55° S. Spärliche Klüfte im Gestein stehen fast senkrecht und streichen E—40° bis 70° S (Fig. 7). Die Thermalspalte steht sehr steil zur Schichtlage.

Das von der Taminaschlucht durchschnittene Seewerkalkgewölbe steigt also am N-Eingang mit zackiger oder schuppiger Fältelung treppenartig auf, zeigt dann breiten, flachwelligen Rücken mit axialem Gefälle nach E, und dann bald bei der Quelle Absteigen des S-Schenkels gegen S. Die Therme liegt im S-Schenkel unfern vom Scheitel. Wir befinden uns hier in der die Alpen von Dornbirn über Chur und über den Septimer durchquerenden ziemlich breiten Zone, wo nicht nur die Schichten, sondern die Alpenfalten und Decken als solche gegen Osten absinken. Diese ungewohnte Schichtlage ist bedingt durch ein allgemeines „Axialgefälle“, mit welchem hier die Westalpen als Ganzes gegen Osten unter die Ostalpen hinabtauchen. Unser Seewerkalkgewölbe der Taminaschlucht — das „Thermengewölbe“, wie wir es kurz bezeichnen können —, muss daran teilnehmen. Es verschwindet in der Tiefe gegen Osten ohne im Rheintal oder irgendwo weiter östlich wieder sichtbar zu werden.

Selbstverständlich hat man früher in der spaltenförmigen schief gestellten Schlucht direkt die Thermalspalte zu sehen geglaubt. Tatsächlich tritt hier die Therme aus einer Spalte herauf. Diese wirkliche Thermalspalte durchquert aber die Taminaschlucht. Man kann sie beiderseits an den Schluchtwänden gegen NE emporsteigen sehen. Sie streicht NW—SE bis NNW—SSE, und fällt ca. 50° nach SW. An der S-Seite zeigen sich die Schichten an der Spalte nur um etwa 1½ m abgesunken. Auf der Spaltfläche findet man Rutschflächen mit 20° bis 30° nach SE fallenden Streifen. Die horizontale Bewegung war somit bei diesem Gebirgsbruch grösser als die vertikale. Verglichen Fig. 7.

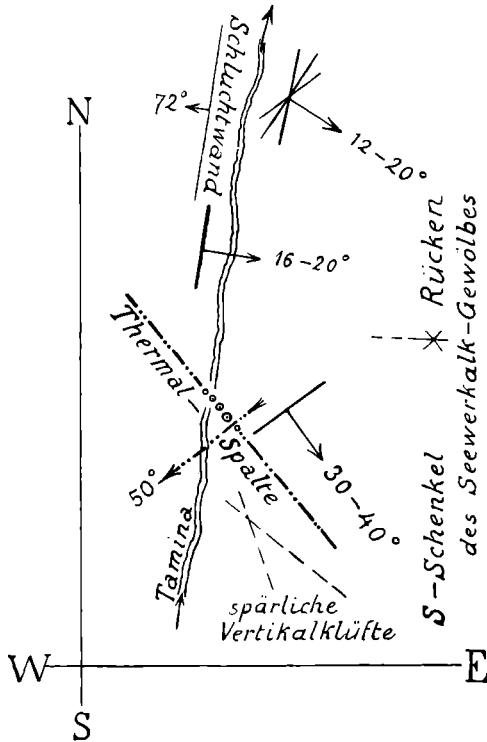


Fig. 7. Gegenseitige geometrische Lage von Schichtung, Thermalspalte, Schluchtwände, Klüftung, Tamina im Grundriss.

Also Thermenspalte und spaltenförmige Taminaschlucht sind zwei verschiedene, sich mit ihrer Horizontalrichtung unter 45° kreuzende Flächen. An der Thermenspalte sieht man noch hoch hinauf beiderseits der Schlucht durch etwas roten und gelben Quellabsatz bezeichnet die Spuren früherer höherer Thermenaustritte. An den Schluchtwänden (Fig. 5 und 6) findet man keine Rutschflächen, keine Reste geschlossener Gebirgsbewegung, keine Merkmale von Spaltung, vielmehr sind dieselben von unten bis oben oft ganz geschlossen besetzt mit gut erhaltenen, glatten Einbuchtungen oder Aushöhlungen, in grosser Zahl, eine neben der andern, und in stumpfen Kanten zusammenstossend. Sie haben stets Durchmesser von mehreren Metern, Das sind die typischen Erosionskessel, welche der Fluss mittelst seiner Geschiebe an seinem Grunde in wirbelnden Bewegungen ausgeschliffen hat. Der ganze Flussweg ist eine Kette von solchen Kesseln und im Laufe der Zeit hat sich stets wieder eine Kesselkette in die frühere eingefüllt, wobei stets das Wasser als Motor, das Geschiebe als Feile oder Schleifstein wirkte. Nur nahe

am Flussgrunde, wo das Geschiebe bleibt, können diese Erosionskessel entstehen. Wir sehen dort bei starkem Wasser wirbelnde Bewegung, bei niedrigem klarem Wasser die Umrissform der Kessel und ihre Geschiebefüllung. Das grösste Hochwasser könnte aber die Kessel nicht auch nur 3 m über dem Flussgrunde erzeugen, weil dorthin nur noch Sand und Schlamm, kein schweres Geschiebe mehr reicht. Die Erosionskessel an den Schluchtwänden, erhalten bis hoch oben, beweisen, dass einst die Flußsohle dort oben lag, und sich dann allmählich immer tiefer eingeschnitten hat. Die Taminaschlucht ist keine Spalte, sondern eine Erosionsschlucht. Sie hat sich so gewaltig ohne jede Abschrägung wie ein Sägeschnitt im Gebirge genau so weit talauf und talab und in die Höhe gehalten, als der standfeste Seewerkalk und seine Nummultitenkalkbedeckung reichen. Sehr wesentlich half dazu der Mangel an steilen Klüftungen, die annähernd in der Schluchtrichtung streichen würden.

Die Thermalspalte dagegen ist ein Bruch im Felsgerüste, der bei der Zusammenstauung der Alpen zum Gebirge entstanden ist. Die Taminaschlucht ist eine viel spätere Erscheinung, welche dann glücklicherweise die Thermalspalte getroffen, durchschnitten und dadurch dem Thermalwasser einen Austritt ermöglicht hat.

ARNOLD ESCHER v. D. LINTH war wohl 1846 der erste, der klar beobachtet hat, dass die Quellspalte mit ca. 45° quer die Schlucht schneidet, und dass der Schluchteinschnitt die Quelle ausgelöst und aus dem Einschluss im Gebirge befreit hat.

Bei Gelegenheit der Fassungsarbeiten an den Quellen durch Ingenieur Hefti 1857/58, da bei niederem Taminastande der Fluss in einem Holzkanal geleitet wurde, deckte man den Felsgrund der Tamina auf die ganze Breite ab. Unter dem Geschiebe liegt der in Erosionskesselform, glatt geschliffene Kalkstein zusammenhängend und geschlossen von einer Bergseite zur andern sichtbar. Keine Spur einer Talspalte war zu finden, die der Tamina den Weg hätte weisen können! Wohl aber sah man die Thermalspalte schief das ganze Felsbett durchquerend. Sie zeigte sich hier als eine einzige, meistens ganz geschlossene Fuge ohne parallele Begleitpalten und ohne zerstreute Thermalaussickerungen. Wohl aber mündeten mit der Spalte einige in ihr liegende röhrenförmige Kanäle mit rundlichen Löchern, die Thermalwasser in das Taminabett ergossen, das dann gefasst worden ist.

Ein Umstand, der viele Beschauer dazu verleitet, in der Taminaschlucht eine Spalte zu sehen, ist ihre schiefe Stellung. Die beidseitigen Schluchtwände oder die Mittelebene der Schlucht fällt mit

71° bis 72° nach W ein, während die Gesteinsschichtung an den Schluchtwänden mit 16° bis 20° nach E einfällt. Diese Fallwinkel nach entgegengesetzten Richtungen ergänzen sich auf den rechten Winkel (Fig. 5, 6 und 7) mit andern Worten: Der Erosionsschnitt der Taminaschlucht steht senkrecht zur Schichtung. Alle anderen ähnlichen Erosionsschluchten, an die ich mich erinnere, sind annähernd senkrecht eingesägt — sei es im Kalkgebirge oder im Altkristallin, oder in jüngeren Intrusiva. Schiefe Schluchtstellung kommt nur gelegentlich an einzelnen Stellen vor und erklärt sich dann sofort durch eine entsprechende Steilstellung der Schichten, oder eine Klüftung im Gestein oder anderes. Die Taminaschlucht bei Bad Pfäfers aber ist einheitlich durchgreifend und gleichmässig schief gestellt, und nirgends kommen entsprechende Gesteinsklüftungen vor. Der Einschnitt ist nur durch Erosionskessel entstanden. Soll die Ursache in der Erdrotation gesucht werden? Nein!, denn ob man die Peripheriegeschwindigkeiten nach den Parallelkreisen oder nach den Radien vom Erdmittelpunkt zu der Höhenlage der verschiedenen Flußstellen in Rechnung zieht, so sollte hier der einschneidende Fluss sich beim Einschneiden rechts drängen, also die östliche Schluchtwand die unterhöhlte sein. Wenn die Rotation der Erde solchen Einfluss auswirken könnte, so müssten wir in den höheren Breiten das Phänomen der schiefgestellten Erosionseinschnitte recht häufig finden. Im Gebirge sind zahlreiche andere Einwirkungen viel kräftiger als die Erdrotation und verdecken die Wirkung der letzteren. Wenn in dieser Beziehung die Taminaschlucht etwas Besonderes ist, so muss sich auch eine besondere Ursache finden. Mir scheint, dieselbe liegt in dem Zusammentreffen der scharf ausgebildeten ebenen Dünnschichtung des hiesigen Seewerkalkes mit mässiger Neigung bei Streichrichtung parallel dem Fluss. Klüftungen sind in unserem Seewerkalk sehr spärlich. Die Schichtung aber durchsetzt die ganze Masse, wobei die Schichtchen meistens nur wenige bis 10 mm dick, und die Schichtflächen spiegelglatt sind. Eine dünn-schichtige Masse ist senkrecht zur Schichtung leichter zu durchsägen oder durchschneiden, als schief dazu. Beim Angriff der rollenden Geschiebe wird der Schlag, der senkrecht auf die Schichtfläche trifft, stets grössere Wirkung im Zermalmen des Gesteines haben, als der schief auf die glatten Tonüberzüge der Schichtfugen gerichtete Schlag, von welchem stets eine Komponente der Kraft gleitend abgewiesen wird. Senkrecht auf die Dünnschichtung muss immer die Zertrümmerung durch den Geschiebegang stärker sein, und somit das Einfeilen schneller vorschreiten, als in anderer Richtung. Der Seewerkalk

vom Bad Pfäfers wird aber nicht nur von einzelnen Schichtfugen durchsetzt, sondern die ganze Gesteinsmasse ist, unbeschadet ihrer massigen Festigkeit, von solchen dicht durchzogen. Die Vorzugsrichtung der gesteinszermalmenden Wirkung senkrecht zur Schichtfuge kommt nicht nur hie und da ins Spiel, sie ist stets gegeben. Sie wirkt in jedem Kubikzentimeter Gestein. Es besteht bei mässigem Schichtenfall keine andere Flächenrichtung im Gestein, welche solches Vorrecht hätte, und sich so überall und immer wieder darbieten könnte. Am Grunde der Erosionskesselkette wird der zerschlagende und abreibende Effekt der Geschiebe auf den Fels nicht auf der Linie der grössten Tiefe, sondern auf der Zone der Tangenten der Schichtflächen an den Hohlkesseln am allerwirksamsten sein. Das Einsägen der Schlucht muss sich also in die Vorzugsrichtung senkrecht auf die Schichtung einstellen. Die Schluchtebene wird sich auf 90° — Schichtenfall gleich 70 bis 72° einstellen.

Fehlt eine solche durchgreifende Dünnschichtung, oder stehen die Schichten steil, sind sie zudem ungleich fest u. a. m., so müssen ganz andere Erscheinungen auftreten. Die möglichen Verumständungen in Beschaffenheit des Gesteines, seiner Klüftung und Schichtung, der Lage derselben im Raume und zur Flussrichtung und die Kombinationen all dieser Faktoren sind fast unendlich mannigfaltig. Nur **sehr selten** werden die Bedingungen derart sein, dass eine prägnant schiefgestellte reine Erosionsschlucht entstehen kann oder entstehen muss. Die Taminaschlucht bei Pfäfers zeigt uns die seltene Tatsache, dass die Austiefung eines Erosionsschlundes sich senkrecht auf die schiefen Schichtflächen gestellt hat. Sie ist wohl das schönste und erste Beispiel derart bedingter schiefer Erosionsschluchtenbildung.

Seitlich der Tamina, besonders an der Ostseite, findet man höher oben an der Thermalpalte Stellen, wo sie nicht geschlossen ist. Mehrere Nebenspalten in einer Zone von 4 bis 5 m Breite begleiten dort die Hauptpalte, oder ihre beiden Wände sind durch eine fast 1 m breite Lage zermalnten rot gefärbten Gesteines getrennt. Im Gebiete der jetzigen Thermalaustritte ist sie stellenweise auf $\frac{1}{2}$ bis über 1 m weit geöffnet und bildet Kamine und Kammern, durch die das Thermalwasser aufsteigt. An manchen Stellen sieht man Rutschstreifen an den Spaltenwänden, welche etwa 20° gegen SE fallen.

Wenn aus Felsspalten das Wasser an mehreren Stellen austritt, bei hohem Wasserstand auch an den höheren, bei niedrigem nur an den tiefsten oder gar nicht mehr, wie es hier war, so haben wir es mit einem durch ein Spaltenbüschel aufsteigenden Quell

wasserstrom zu tun. Alle Spalten hängen als kommunizierende Röhren zusammen! Wir stehen nicht vor einer Anzahl von einzelnen Quellen, sondern vor einer Quelle mit mehreren Mündungen. Die oberen sind nur die „Überschluckquellen“, „le tropplein“ der tieferen und fließen nur, wenn die unteren zu eng sind, um den angeschwollenen Wasserstrom vollauf austreten zu lassen. Die tiefste Quelle ist dann immer die konstanteste und zuverlässigste. Eine ideale Fassung ist erreicht, wenn alles Wasser an einer einzigen tiefsten Stelle ausfließen kann, und alle oberen für immer abstehen.

Die Taminaschlucht hat durch ihr stets tiefer greifendes Einschneiden schon in vorhistorischer Zeit den Thermalaustritt tiefer gelegt.

In der alten unrichtigen Meinung, jeder Wasseraustritt sei eine besondere Quelle, benützte man die verschiedenen Austritte getrennt für sich und unterschied bis 1849:

1. Auf Meerhöhe 702 m die „Herrenquelle“
2. Auf Meerhöhe 692 m im Überlauf, 690,86 m im Leerlauf, die „Kesselquelle“, auch „Hauptquelle“ oder jetzt „Alte Quelle“
3. Auf Meerhöhe 685 m die „Gumpenquelle“ im rechtsseitigen Felsbord der Tamina gelegen.

(Verglichen Fig. 8 Grundriss und Fig. 9 Vertikalschnitt.)

Von den drei Ausflüssen stand der oberste im Winter alljährlich ab, der mittlere nur nach trockenen Wintern, der unterste nur nach ausnahmsweise trockenen Zeiten. 1850 wurde von Ing. HARTMANN die Quelle Nr. 3 gefasst und dann stets „Hartmannsquelle“ genannt. Sie wurde aufgestaut und in die Sammelstube oder den „Sammelschacht“ (Leerlauf in 690,60 m) geleitet. 1857 auf 58 wurden die Quellen im Taminagrunde gefasst und ebenso behandelt. 1860 wurde durch den 28 m langen Stollen (Ingen. HEFTI) die Herrenquelle durchschnitten und abgegraben. 1921 auf 22 wurde im Hintergrunde des Stollens auf der Quellspalte abgetieft (Ing. BERNOLD) und 1925 in diesen „Stollenschacht“ ein Heber eingesetzt mit Wirkung bis 688,0 m hinab. Diese tiefste Entnahmestelle heisst jetzt die „Stollenquelle“. Sie vereinigt in sich alle die früheren getrennten Ausflüsse. Bei kleinem Wasserstande wird durch den Heber auf diesem Niveau der gesamte Quellertrag abgesaugt und alle anderen Austrittsstellen stehen ab. Bei hohem Wasserstand fließen noch 6 Mündungen in den Sammelstube über. Von diesem geht das Wasser durch die grosse Leitung geschlossen nach

Bad Pfäfers und Ragaz und was dieselbe nicht zu schlucken vermag, giesst der Überlauf in die Tamina.

Geordnet von Osten nach Westen sind, auf 54 m verteilt, die folgenden 6 Mündungen:

1. Stollenquelle
2. Alte Quelle (früher Kessel- oder Hauptquelle genannt)
3. Hartmannsquelle, im rechten Taminabord
4. Rechtsufrige Quelle
5. Taminaquelle (4 und 5 sind an der Sohle der Tamina gefasst)
6. Stauquelle oder linksufrige Quelle im linken Felsbord der Tamina.

Nr. 3, 4, 5 und 6 sind die „Stauquellen“, weil sie dadurch gefasst sind, dass sie mittelst der aufgesetzten Rohre bis in den „Sammelschacht“ emporgestaut sind.

Alle diese sechs Austrittsstellen und dazu noch die frühere „Herrenquelle“ liegen auf der Thermalspalte und stehen untereinander in hydrostatischer Verbindung. Wir brauchen sie also nicht getrennt einzeln zu fassen. Ihr Wasser wird der einen tiefsten Quelle zufließen, wenn dort freier Ausfluss und Abfluss geschaffen wird.

Es ist schon angedeutet worden, dass die Taminaschlucht nicht nur dem festeren Gestein, sondern auch noch dem geringeren Alter dieses Talwegstückes ihre frische Erhaltung ohne Abschrägung der beidseitigen Felswände verdankt. Herr Dr. J. OBERHOLZER hat mich zuerst auf die Spuren des älteren, weniger tiefen, zugeschütteten Talweges aufmerksam gemacht, der, oben etwa bei Glarina-Narg beginnend, unter der Terrasse von Valens-Quadra durch, und ausgehend NW unter Calandaschan etwa 200 bis 250 m westlich der Taminaschlucht gelegen war. Etwa 500 m talauswärts vom Badgebäude biegt die heutige Tamina wiederum nach W (links) in ihren älteren Weg ein. Sie ist nun aber 60 bis 80 m tiefer, als das in der Austiefung zurückgebliebene tote alte Tal eingegraben. Der alte Talboden ist vom neuen etwa 40 m über der Strasse abgeschnitten. Der jüngere (epigenetische) Teil ist im ganzen etwa 1250 m lang. Ihm gehört die Taminaschlucht mit ca. 750 m Länge an. Diese ist dasjenige Stück, das in den Seewerkalk geraten war.

Die Ablenkung der Tamina war bedingt erst durch ungeheure Einschüttung von Rhein-Kunkelspass End- und Grund-Moräne von 100 bis 150 m Mächtigkeit. Bei Narg kann man sie als erhärteten Lehm voll eckiger und gerundeter vielfach ausgezeichnet geschrammter Geschiebe, ein fester „béton glaciaire“, in steiler Böschung haltend

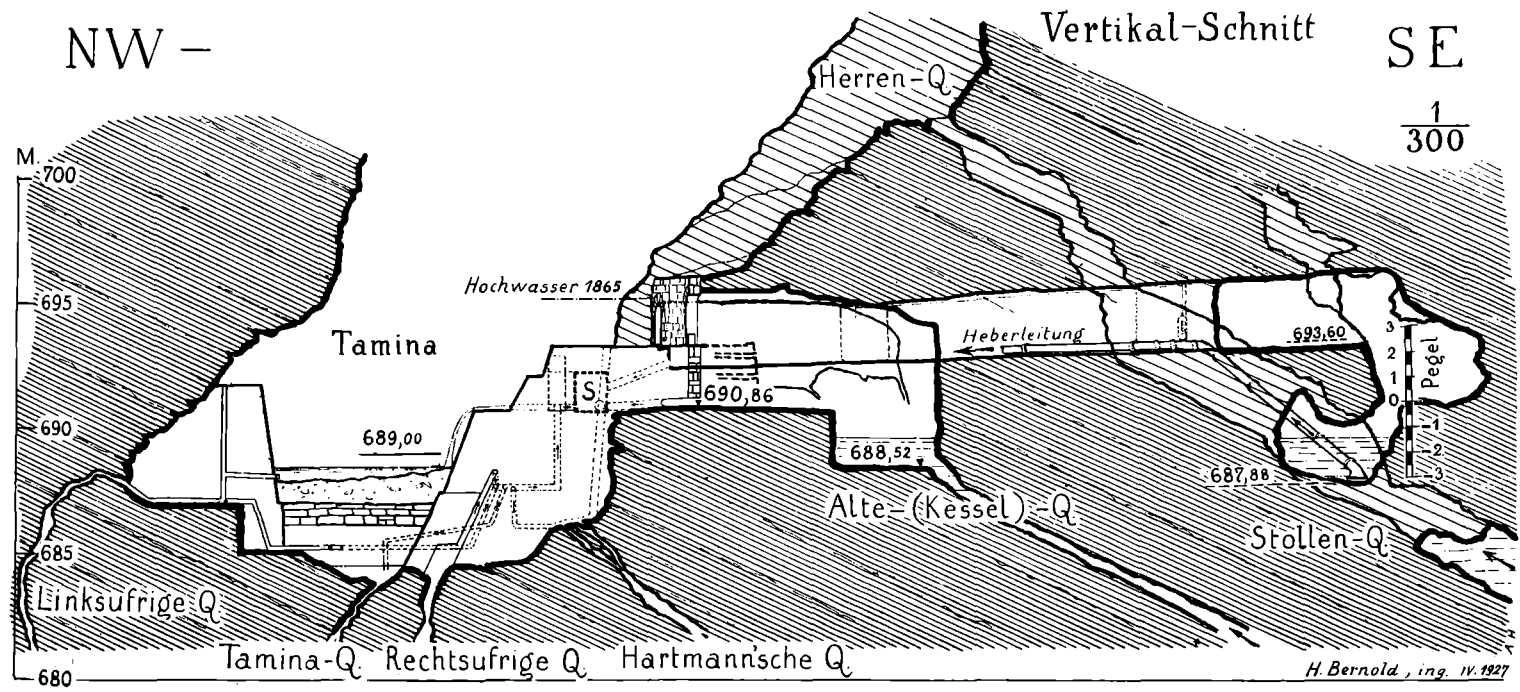


Fig. 8. FASSUNG der THERME von PFÄFERS - RAGAZ

FASSUNG der THERME von PFÄFERS - RAGAZ

Grundriss

$\frac{1}{300}$

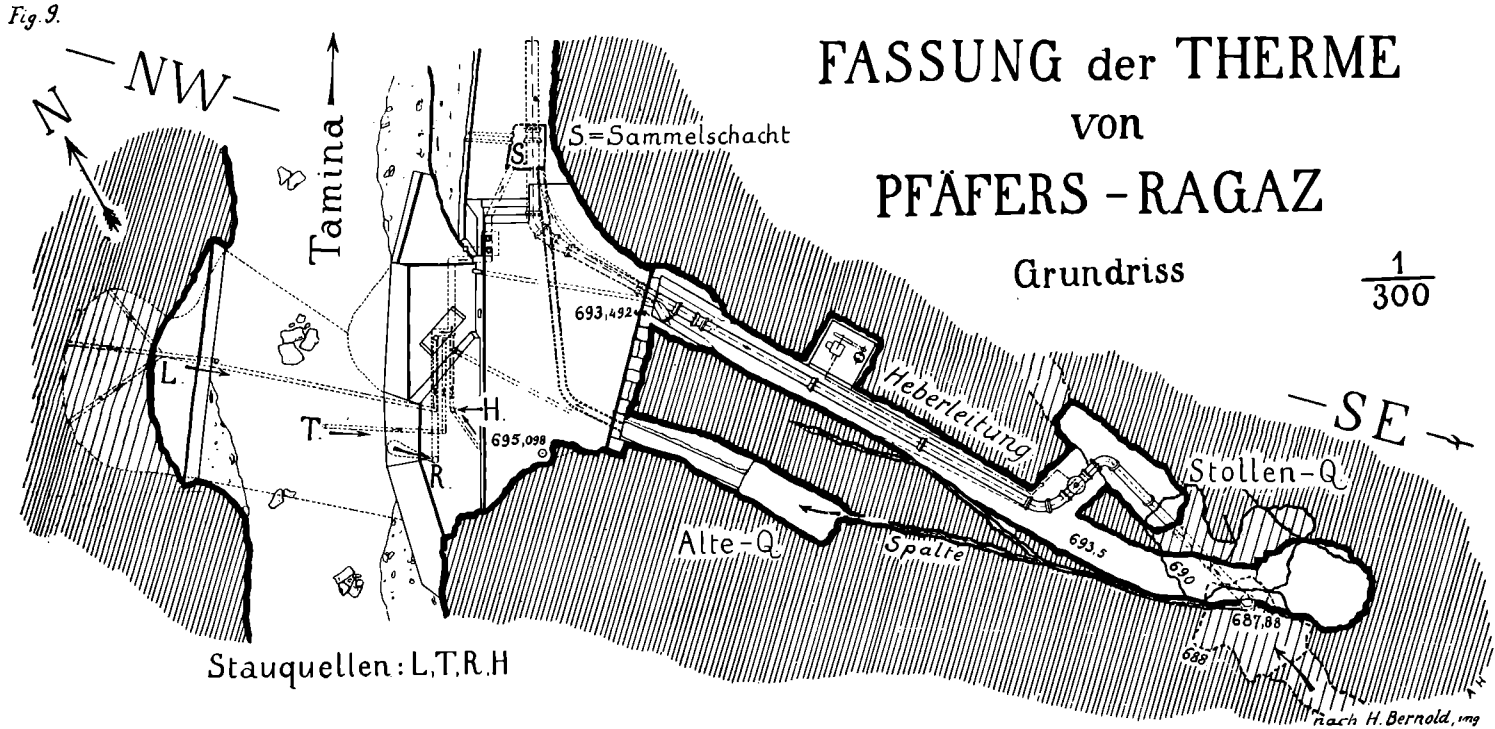


Fig. 9.

Stauquellen: L, T, R, H

und „Erdpfeiler“ bildend, sehen. Sie enthält neben vorherrschenden Kalkgesteinstrümmern aus dem Taminagebiet auch ziemlich viele Vorder-Rheintaler, die über den Kunkelspass gekommen sind, darunter Diorte, Ilanzer-Verrucano und auch viele Blöcke von Puntaiglasgranit. In der Bachfurche östlich unter Valens liegen solche von $\frac{1}{2}$ m Durchmesser ausgewaschen und gesammelt. Bei 680 m im Tälchen NE Valens fand Dr. OBERHOLZER eine ganze Gruppe von Puntaiglasgranitblöcken, darunter einer von mehreren m^3 . Das westseitliche Mühletal scheint an der Bildung des Moränenriegels zwischen Valens und Ragol nicht wesentlich beteiligt zu sein. Stellenweise, z. B. nahe S der Häuser von Valens und E unter Tschenner, liegen in oder auf der Grundmoräne dunkelblaue, fast geschiebe-freie, homogene Seetone, anscheinend in Tümpeln hinter der Stauung niedergeschlagener Gletscherschlamm — leider ohne abzählbare Bändertonschichtung. Im Haupttal der Tamina fehlen deutliche Wallmoränen — es sei denn, dass man den Moränenhaufen bei Narg-Valens selbst, der wohl ursprünglich bis Ragol reichte, als solche gelten lassen will. Über den Grundmoränen und Seelehmen folgen dann flach geschichtete stellenweise verkittete Schotter. Nach den Beobachtungen von J. OBERHOLZER erstrecken sich dieselben von der Valenser Moränenzuschüttung in Resten an den Terrassen beiderseits des Tales, taleinwärts fast zusammenhängend, bis etwa 1 Km SSW von Vättis in der Richtung gegen den Kunkelspass, während sie talauswärts fehlen. Der äusserste nördlichste Kiesrest reicht bis zur „Calandaschau“ (Fig. 4, 10). Erratische Blöcke kommen oben auf diesen Terrassen nicht mehr vor, sind aber hie und da in denselben eingeschlossen. Alte Schuttkegel der Seitenbäche sind über den Terrassenschotter aufgebaut und verschmelzen mit demselben.

Es scheint, dass die grosse Moränenzuschüttung von Valens nicht nur die Tamina gegen Osten zu drängen, sondern auch das ganze Talgebiet auf gegen 900 m zu stauen vermocht hat. Die Terrassenschotter sind wohl als postglaziale Stauschotter aufzufassen, die sich mit $7\frac{1}{2}\text{‰}$ Gefälle von oberhalb Vättis bis Valens aufgeschüttet haben. Durch diese Art neuer Bekleidung treten auch die alten Felsterrassen in der jetzt postglazial ausgespülten Erosionslandschaft wieder kräftiger ins Bild. In zahlreichen ineinander eingeschnittenen Erosionsterrassen der Tamina wie besonders der Seitenbäche, in vielen Abrutschungen, im Einschnitt der Tamina, am prägnantesten in der Taminaschlucht zeigt sich die kräftige postglaziale Talbildung. Sie hat über 200 m unter die Stauhöhe und durchweg um 60 bis 80 m unter die vor der Ablenkung vorhanden gewesene

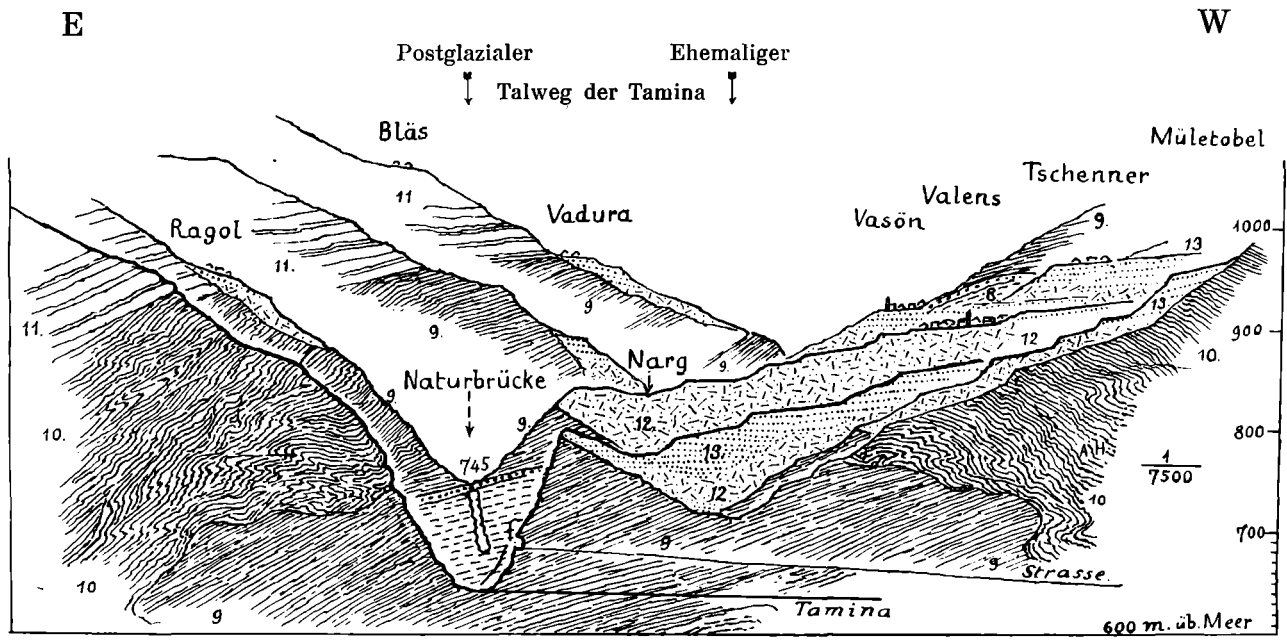


Fig. 10. Querprofil durch das Taminatal, ca. 200 m N des Bades Pfäfers, mit hinterliegenden Parallelprofilen, gesehen gegen Süden
(Erklärung der Nummern unter Fig. 4)

Taltiefe gegriffen, und das Sturzmaterial der nachfolgenden Abschürungen zerrieben und exportiert.

Die Moräne, welche zwischen Ragol und Valens das Tal gestaut und die Tamina nach Osten abgedrängt hat, gehört einem späteren Rückzugsstadium der letzten Vergletscherung an. Der ganze epigenetische Taleinschnitt, an der Ablenkungsstelle wenigstens 200 m tief, wovon etwa $\frac{1}{3}$ — allerdings der härteste Teil — auf die eigentliche Taminaschlucht fällt, ist also in postglazialer Zeit vollbracht worden. Dazu standen im Ganzen 15,000 bis 20,000 Jahre zur Verfügung. Nehmen wir für die eigentliche Taminaschlucht 8000 Jahre an, so würde sich eine jährliche Eintiefung von $\frac{1}{2}$ bis 1 cm ergeben. — Wir kennen aus moderner Zeit viele direkt beobachtete Beispiele vom Einschneiden eines geschiebereichen Baches oder Flusses in festen Fels um $\frac{1}{2}$ bis 3 oder sogar 5 cm im Jahr. Die Arbeit des Einschneidens steht bei der Tamina unter heutigen Gefällsverhältnissen noch nicht still, sie geht weiter.

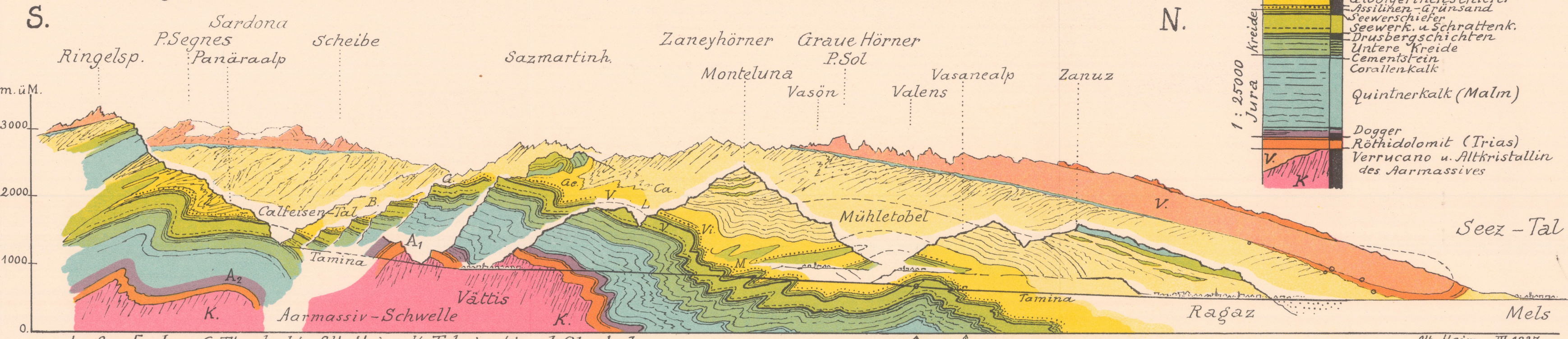
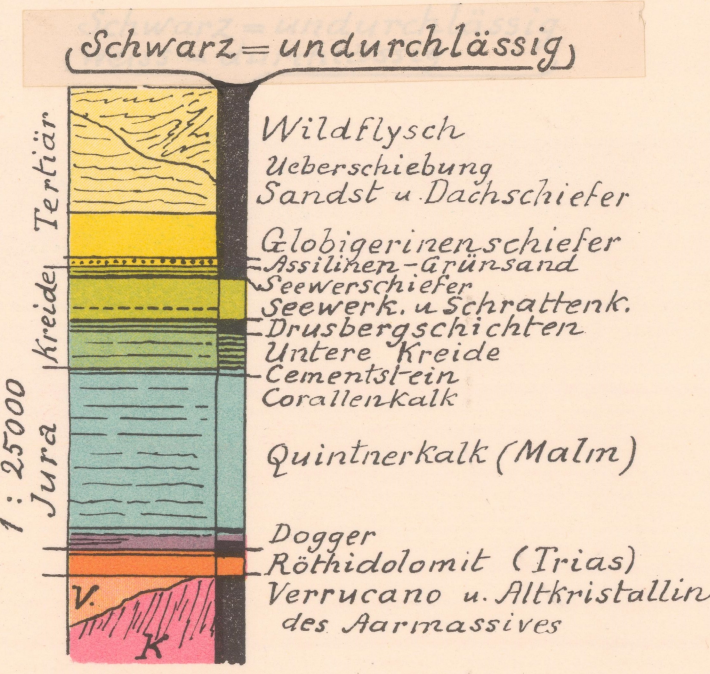
C. Die Herkunft der Therme und ihr Weg.

(Fig. 1 u. 2.)

Die Bildung von Quelladern und der Verlauf derselben im Boden hängt ab von dessen Aufbau aus durchlässigen und undurchlässigen Gesteinen. Nur die gründliche geologische Untersuchung kann darüber Auskunft geben. Wir haben schon eingangs über den Stand derselben in dem hier in Betracht fallenden Gebiete berichtet.

Wir haben schon dargelegt, dass die Therme von Pfäfers aus einer Spalte im Seewerkalk hervorbricht, welcher hier, gewölbeförmig auftauchend, unter einem mächtigen Mantel undurchlässiger Mergel- und Tonschiefer (Flysch) von der Taminaschlucht aufgeschnitten ist. Taleinwärts wie talauswärts sinkt der Seewerkalk unter den Flysch. Nach Osten taucht sein Gewölberücken mit etwa 16° Axialgefälle unter die Flyschgesteine hinab. Alle Gesteinsmassen östlich der Tamina, das ganze Calandagebirge, in den Schichten wie in den Falten fallen von der Tamina weg mit 15° bis 22° gegen Osten ab. Es ist das allgemeine Abbiegen und Untertauchen der Westalpen unter die Ostalpen. Das die Therme liefernde Seewerkalkgewölbe, das „Thermalgewölbe“ wie wir es nennen können, ist in seinen obersten Schichten noch ein Stück weit durch das Mühletobel hinauf entblösst, bis es bei etwa 1200 m unter das Grauhörnergebirge hineinsticht und weiter gegen W stets bedeckt bleibt, nie mehr erscheint. Die kleine Entblössung am Mühletobel ist viel zu unbedeutend und zu nahe gelegen, um als Sammelgebiet der Therme in Frage zu kommen.

Geologische Profile im Gebiet der Therme von Pfäfers 1:50000 Fig.1.



nach Arn. Escher, G. Theobald, Alb. Heim, K. Tolwinski u. J. Oberholzer. Alb. Heim III. 1927

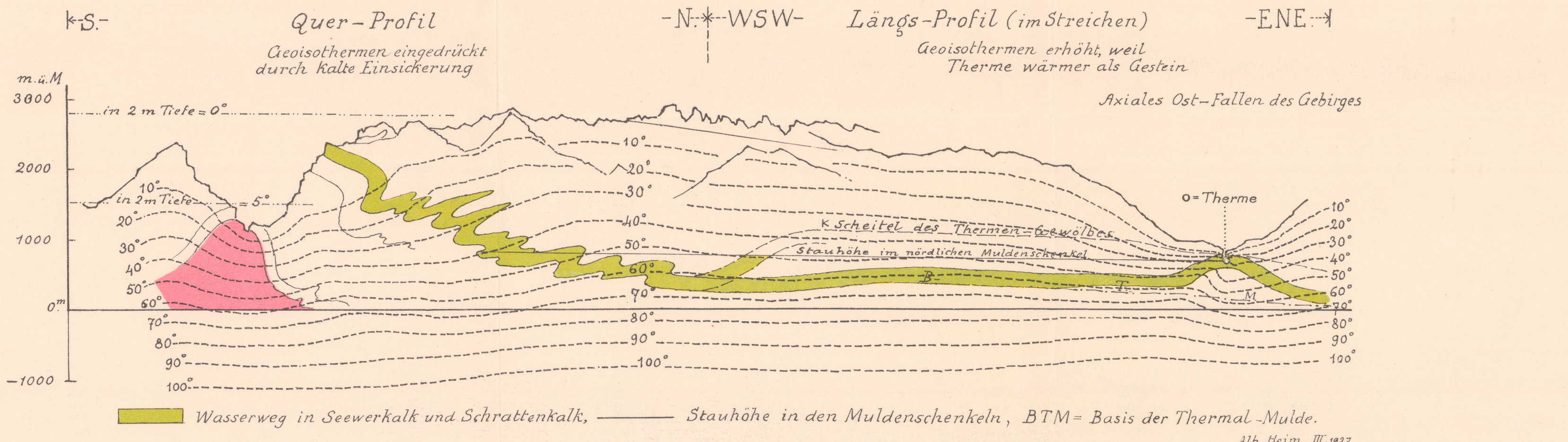
o = Thermē u. Bad Pfäfers

B = Brändlisbergalp, G = Gigerwaldspitz, Ge = Gelbberg, V = Vättiserälp, Ca = Calvina, L = Ladils, V = Vättnerberg, Vi = Vindels, M = Maprugg

In der hinteren Profil-Coulisse erscheint der Aarmassivrücken um 2½ km gegen S. verschoben, A₂ = Fortsetzung von A₁.

o = Quellen

Geothermisches Profil auf dem Wasserwege der Therme von Pfäfers 1:50000. Fig.2.



Alb. Heim, III. 1927

Das Sammelgebiet (Einzugsgebiet) der Therme muss nun dort gesucht werden, wo der Seewerkalk in höherem Niveau an der Oberfläche hinaustritt. Nach dem gesamten Gebirgsbau kann das weder gegen E noch gegen N oder W zutreffen. In diesen Richtungen hält das Absinken der Schichten auf grosse Entfernungen an. Wir müssen gegen S und SW suchen!

Am oberen Ende der Taminaschlucht sinkt der Seewerkalk gegen S, von undurchlässigem Flysch bedeckt, etwas über 2 km weit unter den Talboden der Tamina. Dann aber steigt er gegen S plötzlich wieder in Falten in die Höhe (Fig. 1). Hier gibt uns das Taminatal prachtvollen Aufschluss über den Gebirgsbau: Von Mapragg und Langwies bis über St. Peter sehen wir alle Gesteinsschichten sich gegen S aufrichten. Zuerst taucht bei ca. 860 m Meerhöhe der Seewerkalk aus der Tiefe auf, südlich davon ebenso die mittlere und untere Kreide, dann der Jura (Zementsteinschichten, Korallenkalk und Quintnerkalk und dann der Dogger). Endlich steigen aus der Tiefe herauf der Quartenschiefer und der Röthidolomit (Trias). Vättis liegt eingetalt mitten in einem 5 km E-W lang, und 1 km breit entblösten Gewölberücken der altkristallinen Gesteinsunterlage. Dies ist der nördlichste Zipfel des hier zweiteiligen, östlichsten Ausläufers des gewaltigen Aarmassives. Das Altkristallin ist ringsum unter dem Röthidolomit, der den Kessel von Vättis einrahmt, entblösst. Es reicht am Calanda im E. und am Bannwald im S von Vättis bis ca. 1300 m hinauf. Granit, Gneis, gequetschte sericitische kristalline Schiefer setzen ihn zusammen. Dieser altkristalline Rücken bildet eine undurchlässige dichte Schwelle, welche hier für das eingesickerte Wasser eine scharfe Scheide zwischen N-Seite und S-Seite ist. Die Scheidelinie läuft über Vättis W-E mit etwa 5 bis 10° Ablenkung gegen ENE. Die Wasserscheide greift bis in die höchsten Regionen hinauf, indem auch alle jüngeren Sedimentgesteine, die darüber liegen, einerseits gegen N, andererseits gegen S vom Scheitel dieses unterliegenden altkristallinen Rückenkernes abfallen, und stets durch den Wechsel durchlässiger mit undurchlässigen Schichten das eingedrungene Wasser in ihre Gefällsrichtung zwingen. Die unterirdische Fortsetzung dieses Scheiderückens sinkt wie das ganze Gebirge gegen Osten ein, und sein altkristalliner Kern wird östlich von Untervatz schon tief unter dem Meerniveau liegen. Gegen W hingegen tritt der Rückenscheitel zwischen Hausegg und Panäraalp bei 2100 m Höhe mit seinem oberen Seewerkalkrande des Gesteinsmantels unter die Ringelspitze hinein. Erst im Limmernboden und dann in der Sandalp ist der altkristalline Massivkern wieder entblösst.

Die Schichtfolge in den

Schichten-System (Alter)	Ungefähre Mächtigkeit in Meter	Gesteinsbenennungen	
Tertiär	700	Wildflysch, Tonschiefer, Sandsteine mit Einschürfungen	
	0 bis 300	Sandstein und Dachschiefer	
	150	Globigerinen-Mergel	
	3 bis 10	Glaucanit führender Numm. (Assilinen)-kalk	
Kreide	obere	0 bis 30	Seewerschiefer, mergelig, dunkel, dünn-schichtig
		100	Seewerkalk (dunkelgrau, bankig und dünn-schichtig)
		10	Gault (Glauconitkalk)
	untere	20	Schrattenkalk (heller, reiner Kalkstein)
		30	Drusbergschichten, tonige Schiefer und Kalke
		80	Kieselkalk (Hauterivien)
			Valangienkalk Oehrlkalk
Jura	Malm	20 bis 30	Zementstein (Portlandien)
		120	Korallenkalk (Tithonien)
		570	Quintnerkalk (Kimmeridgien, Sequanien)
		20	Schiltkalk (Argovien)
	50	Dogger (brauner Jura)*)	
Trias	15	Quartenschiefer (Keuper)	
	50	Röthidolomit (Muschelkalk)	
	5	Melsersandstein (Buntsandstein)	
Paläoz.	$x \times 1000$	Altkristallin (Aarmassiv)	

Umgebungen von Vättis.

Verhalten zum eindringenden Wasser (quellentechnische Bewertung)	Bemerkungen
<p>sehr schwer durchlässig schwer und unregelmässig durchlässig bis undurchlässig ganz undurchlässig schwer durchlässig</p>	<p>undurchlässig</p>
<p>undurchlässig leicht durchlässig, durchklüftet und durchlaugt, wasserführend schwer durchlässig sehr leicht durchlässig (klüftig und karrig) undurchlässig (obere 15 m) schwer durchlässig (untere 15 m) unregelmässig undurchlässig unregelmässig durchlässig ziemlich leicht durchlässig</p>	<p>obere Wasserzüge 120 m Gestein wasserführend Ober - Kreide - Quellen</p> <p>wenig durchlässig</p>
<p>wenig durchlässig leicht durchlässig schwer durchlässig</p>	<p>mittlere Wasserzüge Hochgebirgskalkquellen in Kun- kels, Tamins, Mulins, Flims, Linthal, Stille Reuss etc.</p>
<p>vorherrschend undurchlässig</p>	<p>*) Lias fehlt oder erreicht < 2 m</p>
<p>undurchlässig leicht durchlässig schwer durchlässig</p>	<p>untere Wasserzüge Röthidolomitquellen (Baden an der Limmat, Schinznach an der Aare)</p>
<p>undurchlässig</p>	

Das Sammelgebiet der Pfäfersertherme kann nur in den Kalkgesteinszonen gefunden werden, welche dem **N-Rand des Vättiser-Rückens anliegen**, das ist in der sogenannten autochthonen helvetischen Zone. Dieser Mantelrand der Trias-, Jura- und Kreide-Formation ist nördlich Vättis an der linken Seite der Tamina entblösst vom Calfeusental hinter St. Martin (1400 m) bis Mapragg (860 m) und erreicht auf den Alpterrassen N Vättis bis 2400 m hinauf.

Geologisch-quellentechisch besteht dieser sehr gut geschichtete Gesteinskomplex aus den in der Tabelle auf Seite 90/91 schematisch und ganz auf den Gesichtspunkt der Quellenfrage zusammengestellten Gliedern.

Da die Therme aus Seewerkalk heraufquillt, kommt auch als Sammelgebiet in erster Linie der ca. 100 m mächtige Seewerkalk in Betracht. Dazu ist noch der sehr leicht durchlässige Schrattenkalk, 20 m, zu rechnen. Eine Trennung zwischen beiden durch den bloss 6 bis 10 m mächtigen, nicht ganz dichten und oft von Brüchen durchsetzten Gault ist auf grössere Entfernungen im Gebirge nicht anzunehmen. Seewerkalk und Schrattenkalk werden kommunizierende Wasserfüllung enthalten. Dieser ganze Komplex misst ca. 130 m, wovon 120 m sehr leicht durchlässig und wasserführend zu rechnen sind.

Unter dem Schrattenkalk folgt ein guter undurchlässiger Abschluss durch die Drusbergsschichten. Sie bestehen aus Lagen von tonigen Kalken, wechselnd mit Mergeln und Tonschiefern. Die untere Kreide zeigt viel Wechsel im Verhalten zu Wasser. Sie ist nicht einheitlich durchlässig und enthält viele undurchlässige Einlagerungen. Dagegen bilden die Malmkalke wieder einen gewaltigen leicht durchlässigen Schichtenkomplex. Diese Schichten aber kommen weiter nördlich von der Randzone des Aarmassives nirgends mehr zu Tage. Sie tauchen unter und erscheinen in veränderter Fortsetzung erst wieder im Juragebirge. Dafür, dass etwa die Malmkalke irgendwo durch einen grossen Bruch oder eine Verschiebung in Quellenverband mit der oberen Kreide gebracht sein könnten, fehlt in unserem Tamina-gebirge jedes Anzeichen. Zudem ist der Malmkalk fast nur in steilen Wänden aufgeschlossen, während die obere Kreide die breiten Alpterrassen einnimmt, wo eine starke Infiltration stattfinden kann. Das an der Nordseite der Tamina in den Malmkalk einsickernde Regen- und Schneewasser findet die nächste entblösste tiefere Austrittsstelle im Streichen hinter Linthal bei etwa 800 m Höhe, oder noch entfernter zwischen Altdorf und Erstfeld bei 450 bis 460 m. Dort durchschneiden

Linth und Reuss die autochthone helvetische Malmkalkzone tief, und mächtige (kalte, nicht warme!) Quellen treten aus (Reitschachenquellen hinter Linthal, die „stille Reuss“ unterhalb Erstfeld u. a. m.) Wo gegen N der Malmkalk am S-Rande des Juragebirges wieder aufsteigt, kennen wir keine grossen aufsteigenden Quellen, und wenn solche vorhanden wären, so müssten sie auch Thermen geworden sein. Dagegen treten in den Gewölbekernen der innersten (südlichsten) Jura-falten Einsickerungen aus dem Röthidolomit vom Gebiete von Vättis, Sandalp, Engelbergertal, Gadmental, Urbachtal, zutage als Mineralthermen von Baden, Schinznach, Lostorf, Hauensteintunnel.

Für die Therme von Pfäfers kann also nur die Einsickerung in die obere Kreide (Seewer- bis und mit Schratten-Kalk **nördlich** des Scheitels des altkristallinen Rückens von Vättis in Betracht fallen. Das ist das Alpterrassengebiet:

Mapragg 825 m, unter Vindels 1600 m, Vättnerberg 1614 m bis 1800 m, Ladils, Vättnerälpli 1948 m, Gelbberg 2100 bis 2300 m, Tersol unterhalb der Alp im oberen Teil der Steilschlucht; Gebiet des Gygerwaldspitz 2100 bis 2400 m, Brändlisbergalp 1931 m, St. Martin 1350 m. Dazu kommt noch eine Verlängerung durch den Calfeisentalboden hinein bis „Tieferwald“ und ferner S der Tamina noch der nördliche Flügel des Gewölbes an der Panäraalp bis auf den dort 2100 m hohen Seewerkalksichel über dem darunter steckenden altkristallinen Vättiserrücken.

Die ganze Grundrissfläche des hier offen zu Tage liegenden Seewerkalkes und Schrattenkalkes bestimmt sich aus der geologischen Karte auf 6 km². Die bergwärts darüber liegenden ganz undurchlässigen Globigerinenmergel und z. T. auch noch der höhere Flysch lassen ihr Regen- und Schneeschmelzwasser auf den Seewerkalk hinabrieseln, wo es in der karrigen Gesteinsfläche versickert. Es darf also die Sammelfläche des Seewerkalkes im Grundriss auf ca. 8 km² angesetzt werden.

Was kann der Ertrag einer Sammelfläche von 8 km² in 1000 bis 2000 m Meerhöhe sein? Vom Schnee wird über 90% der Schmelze versickern, vom Regen wohl keine 20%. Die Gesamtniederschläge steigen hier von im Mittel 1 m im Jahr unten, bis über 2 m in den höheren Regionen unserer Sammelgebietsfläche. Nach Mitteilung von Herrn Direktor MAURER fallen in diesen Gebieten in 1500 m Höhe schon 40% der Niederschläge als Schnee, bei 2000 m 60%, bei 3000 m 90%. Die Gesamtversickerung im Jahresmittel mag in unserem hoch gelegenen Sammelgebiete einen Meter betragen. Um ja nicht zu über-

schätzen, wollen wir aber für unsere weitere Rechnung nur $\frac{3}{4}$ Meter Versickerung annehmen.

$8 \text{ km}^2 = 8\,000\,000 \text{ m}^2$ zu $\frac{3}{4}$ m Versickerung, ergibt im Jahre = $6\,000\,000 \text{ m}^3$ Quellwasser. Dies sind in einen mittleren ständigen Quellertrag umgerechnet = $\frac{6\,000\,000\,000}{365 \cdot 24 \cdot 60} = 11\,400$ Minutenliter.

Wir wollen eine noch bescheidenere Annahme machen mit $\frac{1}{2}$ m Versickerungshöhe im Jahr. $8\,000\,000 \text{ m}^2 \times \frac{1}{2} \text{ m} = 4\,000\,000 \text{ m}^3$ im Jahr = 7600 Minutenliter im Mittel.

Unsere Therme schwankt sehr stark im Ertrag. In niedrigstem Stande liefert sie nur 500 MI. oder verschwindet ganz. Meistens hat sie im Sommer 2000 bis 3500 MI, im Mai oder Juni kann sie auf 6000 bis über 15 000 MI. anschwellen. Der Jahresertrag war in den Jahren 1914 bis 1920 im Mittel $1\,750\,000 \text{ m}^3$. In manchen Jahren beträgt er $2\,000\,000 \text{ m}^3$. Die Therme von Pfäfers bringt uns also kaum die Hälfte dessen, was ihr Sammelgebiet liefern könnte. Wir werden darnach zu der Annahme gezwungen, dass noch andere Ausläufe des Thermalstromes, als bloss die Quellen in der Taminaschlucht, bestehen. Sie bleiben unter der Oberfläche verborgen.

Wir können den Vergleich von der Leistungsfähigkeit unseres Oberkreidesammelgebietes mit der Therme auch noch auf andere Art suchen. Im umgebenden Gebirge ist schon öfter der minimale Quellenertrag von 1 km^2 Sammelgebiet zu 6 Sekundenliter bestimmt worden. 8 km^2 würden dadurch $8 \times 6 \times 60 = 2880$ Minutenliter liefern, was dem wirklichen Ertrag während eines grossen Teiles der Saison, nicht dem Minimum, entspricht. Dass unsere Quelle weit mehr liefert, ist selbstverständlich, weil das von uns erkannte Sammelgebiet nicht mittleres Bergland, sondern auserlesen infiltrierbares Gebirge ist.

Welchen Weg wird nun das eingesickerte Wasser zurücklegen? Es ist in einem Netz von kommunizierenden Spältchen und Kanälen, Schichtfugen und Löchern eingeschlossen in den Schichtenkomplex der obern Kreide und in diesem geleitet und eingedämmt zwischen dem Globigerinenmergel, Assilinengrünsand und Seewerschiefer oben und den Drusbergschichten unten. Der wasserführende Schichtenkomplex der obern Kreide streicht im ganzen WSW-ENE. Er fällt (Fig. 1) von den Alpenterrassen steil, in einer Art Treppe von Schichtfalten, nach NNW zur Tiefe. In dieser Richtung muss zuerst das Wasser in das Gebirge hinein tief unter das Massiv der Grauen Hörner gelangen. Dem nördlichen Fusse dieses tiefen Abstieges entlang zieht sich eine noch tiefer eingesenkte, ebenfalls WSW-ENE streichende Mulde von etwa $2\frac{1}{2}$ bis 3 km Breite. Aus dersel-

ben erhebt sich der wasserführende Schichtenkomplex der obern Kreide wieder gegen N zu einem sanften Gewölbe: Es ist dies das uns schon bekannte Thermalgewölbe. Im Taminatal lässt sich die Mulde zwischen dem gefalteten Abstieg vom Aarmassivrücken und dem Thermalgewölbe wie folgt beobachten: Bei Langwies-Mapragg liegt der S-Rand der Mulde bei ca. 850 m. Gegen N bleibt der Seewerkalk der Mulde auf über 2 km Muldenbreite unter dem Talweg der Tamina, bis er in der Taminaschlucht als durchschnittenes Gewölbe bis auf ca. 750 m Höhe ansteigt. Die Seewerkalk-Mulde zwischen Langwies und Taminaschlucht mag mit ihrer Oberkante 100 bis 200 m unter den Talboden hinab reichen. Die Felssohle der Tamina bei der Therme liegt bei 688,5 m, die verschiedenen Thermenausgänge lagen bei 687,88 der tiefste, bei 702 (Herrenquelle) der höchste, bei 690,78 alle zusammengefasst, wenn der Heber nicht in Gang gesetzt ist; bei Heberarbeit kann bis auf 687,88 abgesogen werden. Andererseits steigt der Südrand des Seewerkalkes von Mapragg über die Vättiserberge an bis auf 2400 m und sinkt dann wieder bis St. Martin auf 1350 m hinab (Fig. 1).

Daraus geht hervor: das aus dem Seewerkalkeinzugsgebiet einsinkende Wasser gelangt nach NNW in eine Schichtmulde, deren S-Rand vom Abfall der Schichten vom Vättiserrücken gebildet wird. Der Nordrand der Mulde ist gegeben durch die Fortsetzung des Thermengewölbes nach WSW. Diese Mulde mag 2 bis 3 km breit sein und sich 10 bis 15 km lang vom Taminatal weg gegen WSW erst sanft ansteigend, dann flacher unter Tschenner, Zaneyhörner, Satzmartinhorn und Plattenalp durchziehen. Das hier bereits ausgebildete Axialgefälle gegen Ost wird alles erst nach NNW eingesunkene Wasser in dieser Muldenzone wie in einem Dachkennel sammeln und gegen ENE umwenden (verglichen Fig. 2). Im Seewerkalk und Schrattenkalk der Muldenzone steht das Wasser wie in einem Siphon unter hydrostatischem Druck. Der unter das Thermalniveau von ca. 700 m eingebogene Teil der obern Kreidekalke muss in allen Klüften und Schichtfugen mit Druckwasser erfüllt sein. Er bildet, ähnlich einem Grundwasser, für die Therme ein Reservoir. Der Nordschenkel der Mulde ist in der Taminaschlucht aufgeschnitten und bringt dort ihren Inhalt zum Quellerguss. In der Seewerkalkmulde reicht die Wasserfüllung bis auf 500 bis 250 m Meerhöhe hinab und geht in der Gruppe der Grauen Hörner unter bis 2000 m Gebirgsüberdeckung durch. Im einzelnen kann der Weg nicht genau bestimmt werden. Er ist auch nicht eine einzelne Rinne, sondern ein aus hunderten von Rinnsalen zusammengesetzter erst breiter, dann mehr und mehr zusammengefasster Strom. Die Zerklüftung des See-

werkalkes und seine Durchlässigkeit ist gegen Norden und gerade gegen den Quellenaustritt hin oft unregelmässig. Es rührt dies von einer allgemeinen Erscheinung her: der Seewerkalk ist in der „autochthonen“ (d. h. dem Aarmassiv auf- und anliegenden) Zone (Kette Calanda, Vättnerberg, Ringelspitz, Kistenpass, Bifertenstock) durchweg ein sehr leicht durchlässiger, dichter, hellgrauer, dünnschichtiger, mit flaserigen dunkeln Tonhäuten durchzogener Kalkstein. Gegen N nimmt er im Autochthonen allmählich etwas Tongehalt an, wird dunkler, dünnschichtiger, weniger knollig, die tonigen Häute mehren sich und werden glatter. Der Seewerkalk verliert dadurch mehr und mehr an allgemeiner Durchlässigkeit. Das Wasser bewegt sich auf einzelnen Klüften. Die Thermalspalte im Seewerkalkgewölbe ist ein merkwürdiges Glück. Ohne sie hätte vielleicht das Wasser seinen Ausweg aus dem Seewerkalk kaum mehr gefunden.

Die beschriebene und in Fig. 1 und 2 abgebildete Mulde im Faltenwurf der Sedimentschichten zwischen Sammelgebiet und Thermalgewölbe ist sicherlich sehr wesentlich für die gleichmässige Erwärmung des Wassers bei allen Ständen. Sie ist es auch, die als Reservoir in den Weg der Therme eingesetzt wirkt; und ihr Nordschenkel ist es, dem wir das Aufsteigen der Therme im letzten Wegstück des Wassers verdanken. Die Eigentümlichkeiten des Gebirgsbaues haben hier das Sickerwasser so weite lange und tiefe Wege geführt und es dadurch erwärmt.

D. Die Wärme der Therme (Fig. 2).

Schon in alter Zeit wurde die Wärme der Pfäferser Therme oft gemessen. Allein diesen ältern Angaben fehlt meistens die Zeitbestimmung, es fehlt uns auch die Möglichkeit, den Genauigkeitsgrad jener Thermometer zu bestimmen, und es fehlt auch meistens die Angabe, an welcher Stelle die Messung gemacht worden war. ARNOLD ESCHER v. D. LINTH bestimmte 1847 an der Quelle $37\frac{1}{2}^{\circ}$ C, 1862 THEOBALD $36,875^{\circ}$ C, TREADWELL 1894 $36,85^{\circ}$ C. Die höchste je notierte Zahl war $38,7^{\circ}$ C. Durch die Leitung nach Ragaz, die eine Länge von ca. 4200 m hat, wird das Wasser um $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}^{\circ}$ abgekühlt. KÖNIGSBERGER meint, die Therme müsste in hohem Stande etwas kühler sein, in tiefem etwas wärmer. Mir scheint das Umgekehrte viel wahrscheinlicher.

Es wäre wünschenswert, dass in Zukunft mit einem auf $\frac{1}{10}^{\circ}$ genauen Thermometer (ganz eingetaucht oder mit Maximal und Minimal Index) und immer an der tiefsten zugänglichen Stelle der aufsteigenden Quelle regelmässige Temperaturmes-

sungen, wenigstens einmal jede Woche, gemacht und notiert würden. Solche Temperaturmessungen könnten noch über verschiedene, auch technisch wichtige Fragen Auskunft geben.

So weit unsere Kenntnis bis jetzt reicht, können wir sagen, dass die Therme, am Austrittspunkte gemessen, eine erstaunlich konstante Temperatur von $37\frac{1}{2}^{\circ}$ C mit einer Variationsbreite von kaum $\pm 1^{\circ}$ durch alle Jahreszeiten und Wasserstände beibehalten hat. Es erklärt sich dies durch den weiten Weg und die Reservoireinstauung, die das Wasser so tief unter dem Gebirge der Grauen Hörner durchleben muss.

ARNOLD ESCHER war der erste, der die Thermalwärme von der Gebirgsüberlagerung, also von der allgemeinen Wärmezunahme nach dem Erdinnern ableitete. Er sagte, dass 4000 Fuss Gesteinsüberlagerung wohl 31° R erzeugen müssten, dass aber die Quellwege unserer Therme wohl 6000 Fuss Überlagerung tragen. Er erkannte auch, dass eine Art Siphon vorhanden sein müsse, um die Therme in ihrem Endlauf aufsteigen zu machen. THEOBALD, obschon er die Alpterrassen S ob Vättis noch nicht als Sammelgebiet der Therme erkannt hatte, sagt doch schon 1862 sehr richtig: „Nach tieferem Einsinken des Wassers folgt hydrostatisches Aufsteigen.“ Auch betont er, dass der Mastrilserberg zu schmal wäre, dass dort der Schnee zu rasch verschwinde, und dass die Ostseite zu wenig Überlagerung biete, um diese Therme zu erzeugen; das Sammelgebiet müsse gegen W liegen.

Dass zur Erwärmung des Wassers hier an juvenile (vulkanische) Dämpfe und Wasser gedacht werden solle, hat seit 1840 niemand mehr verlangt. Denn das war nach der chemischen Beschaffenheit (sehr wenig Kohlensäure, kein Bor, Fluor, Schwefel etc.) und nach den grossen jahreszeitlichen Schwankungen im Ertrag der Quelle ganz ausgeschlossen. Sodann finden sich im umschliessenden Gebirge keine Spuren von jüngerer vulkanischer Tätigkeit.

Wir haben nun noch zu prüfen, ob Wasserweg und Gebirgstemperatur zusammenstimmen, um der Quelle $37\frac{1}{2}^{\circ}$ C zu geben.

Ich habe nun in Fig. 2 auf Grundlage aller unserer bisherigen Erfahrungen über Temperaturen in Gebirgstunnel, Einfluss der Wasserführung, der Gesteinsbeschaffenheit und Gesteinslagerung, der Durchtalung des Gebirges, der mittleren Bodentemperatur in geringer Tiefe unter der Oberfläche etc. ein Erdwärmeprofil aufzustellen versucht, das dem Wege des Wassers folgt: Vom Calfeisental durch die hohen Alpterrassen, Drachenberg bis Piz Sol von S nach N. Dann, ins Streichen der Schichten umknickend, gegen ENE und E bis

zum Thermenpunkt. Dabei wollte ich vorsichtig sein und die Temperaturzunahme nach dem Berginnern nicht zu stark, lieber etwas zu schwach annehmen. In den äusseren höheren Teilen des Gebirges wird die geothermische Tiefenstufe wohl erst 45 m, dann etwas tiefer 40 m betragen, nach der Tiefe allmählich sich der 30 m nähern. Als ausgeglichene geoisothermische Tiefenstufe in der Zone etwa an der Untergrenze des Einflusses von Berg und Tal nahm ich $30\text{ m} = 1^\circ\text{ C}$ an und schätzte diese Zone bei etwa 2000 m unter Meer. Das scheint mir nicht zu viel, denn in grosser Tiefe nimmt die Tiefenstufe wieder zu — vielleicht zwischen 2000 und 3000 m auf 32 bis 35 oder gar, wie gegen den Grund der tiefsten Bohrlöcher $40\text{ m} = 1^\circ$.

In dem uns vorliegenden Falle muss sodann die Bodenabkühlung in der Zone der einfallenden Wasserinfiltration eine bedeutende nach oben konkave Einkrümmung der Geoisothermen ergeben; in der Region hingegen, wo das erwärmte Wasser durch wieder kühlere Schichten aufsteigen muss, wird es diese erwärmen, und eine Aufwölbung und Zusammendrängung der geoisothermalen Flächen unter gleichzeitiger Abkühlung seiner selbst erzeugen.

Auf dem Niveau der Therme führt mich meine Konstruktion unter dem Piz Sol auf etwas über 50° und an der tiefsten Zone der Seewerkalmulde eine kurze Strecke auf etwas mehr als 60° . Der Wasserweg führt horizontal gemessen auf den ersten 4 km in erwärmendes Gebirge, dann bleibt er etwa 5 km lang in einer Gebirgszone von über 50° und nachher kommen noch 4 km Bewegung durch abkühlendes Gebirge bis zum Quellaustritt mit $37\frac{1}{2}^\circ$. Es ist ferner zu bedenken, dass nicht alle Wasserfäden vom Sammelgebiete bis zur Therme genau diesen Weg gehen. Aus dem östlichen Teil werden Wasser in die Reservoirmulde fliessen, die viel kühler bleiben. Im Reservoir im Berginnern werden solche Differenzen alle ausgeglichen. Das Endresultat sind die $37\frac{1}{2}^\circ \pm 1^\circ$. Die Durchsickerung schon ohne Siphon würde unter dem Piz Sol ausreichen, die Thermentemperatur zu erzeugen. Ohne die Siphonmulde und deren Reservoirwirkung müsste sie dann aber mit der Jahreszeit veränderlich sein.

Gewiss, die thermischen Voraussetzungen und Annahmen, mit welchen ich Fig. 2 konstruiert habe, sind in der Anwendung auf unseren Fall nur Schätzungen. Wir müssen die Möglichkeit eines Fehlers für die inneren Temperaturen um $\pm 5^\circ$ zugeben. Aber auch ein noch etwas grösserer Fehler, als $\pm 5^\circ$, würde dennoch das Resultat unverändert belassen, das dahin geht, dass das Sickerwasser von den oberen Kreidekalken der Alpterrassen N der Tamina auf seinem durch den geologischen Bau des Gebirges

gegebenem Wege die vorhandene Thermalwärme annehmen muss.

Wir können in unseren Vorstellungen über den Wasserweg, der zur Ausbildung unserer Therme führt, noch einen Schritt weiter gehen (Fig. 2). Wir wollen versuchen, das Volumen der Seewerkalk- und Schrattenkalk-Gesteinsmasse zu schätzen, welche als Mulde unter dem hydrostatischen Rückstau durch die Höhe des Thermenauflusses steht. Diese Mulde hat im Querschnitt des Taminatales vom absteigenden Seewerkalk bei Langwies bis zur Quelle eine Breite von 2500 m. Sie erstreckt sich von der Tamina aus gegen W oder WSW, wohl auf über 5 bis 10 oder mehr km Streichlänge. Leider bleibt für unsern Berechnungsversuch das gegen Ost gerichtete Gefälle des Muldenuntergrundes unbekannt. Wie weit gegen WSW oder W die Stauung vom Quellenpunkte weg sich erstreckt, ist deshalb unbekannt. Wir wissen nur, dass dieses Gefälle im östlichen Teile ziemlich stark ist, wahrscheinlich im W bald abnimmt und schwebend wird und schliesslich nach 10 oder 20 km sich gegen W wendet. Die Unterlage des Muldengrundes ist unter der Tamina (östlich Vasön) auf etwa 300 m Meerhöhe (500 m unter der Tamina) zu schätzen (vergl. Fig. 1). Die Stauung wird gegen W im Gebirge wegen dem zum Durchfliessen notwendigen Gefälle etwas ansteigen — schätzungsweise auf 750 m — weiter gegen WSW vielleicht auf 800 m. Das mit Druckwasser gefüllte Gesteinsreservoir im Gebirge wird also ungefähr gleich sein der Muldenbreite 2500 m; mal der Muldenlänge unterhalb Niveau 800 m, schätzungsweise 5 bis 10 km; mal der Dicke des wasserführenden Gesteinskomplexes 120 m. Dies ergibt eine Gesteinsmasse von 1500 bis 3000 Millionen m³. Bleiben wir vorsichtshalber bei 2000 Millionen m³.

Nehmen wir nun weiter an, dass die im Gestein enthaltenen, wasseraufnehmenden Hohlräume (Spalten, Schichtfugen, Kanalgänge, Höhlen etc.) den tausendsten Teil des Volumens des Gesteinsganzen ausmachen, so ergibt sich eine Reservoirkapazität unserer Seewerkalk-Schrattenkalk-Gesteinsmulde von 2,000,000 m³ Wasser. Setzen wir den Wassergehalt in den Gesteinslücken auf bloss $\frac{1}{2000}$ des Gesteinsvolumens an, so erhalten wir 1,000,000 m³ Reservoirwasser.

Der Jahreserguss der Therme beträgt im Mittel etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Millionen m³. Wir sehen hieraus, dass das Reservoir im Gebirgsinneren wahrscheinlich einen Jahresertrag aufzunehmen vermag — dass also im Mittel die Wasserteilchen sich ein Jahr Zeit nehmen, um vom Sammelgebiet zum Thermalaufluss zu gelangen.

Die Pumpversuche 1925/26 an der Quelle haben ergeben, dass ca. im Niveau der Quelle 1 cm Höhe einem Reservoirinhalt von 140 m^3 Wasser entspricht. Da das Reservoirgestein eine 120 m hohe wasserhaltige Gesteinsmasse ist, so würde die gesamte Reservoirwassermasse sein: $12,000 \times 140 = 1,680,000 \text{ m}^3$, welche Zahl ganz auffallend gut sich in unsere obige Berechnung aus dem Gesteinsbau einfügt. Die Schätzung des Reservoirinhaltes aus der beobachteten Senkung um 1 cm für 140 m^3 Wasserentnahme darf gewiss sehr wohl als ein Mittel für den Wassergehalt im Gestein angenommen werden, weil sie sich durch die ganze Niveaufläche ausdehnt, und diese wegen der Gestalt und Lage der Reservoirmulde alle Teile des durchlässigen Gesteinskomplexes, die höchsten wie die tiefsten, durchschneidet und trifft.

Wenn auch diese Zahlen keineswegs genau sein können, so werden sie doch im Ganzen nach ihrer Grössenordnung stimmen. Auch zugegeben, dass unser Profil betreffend die Reservoirmulde im Gebirge (Fig. 1 und 2) nach Höhen und Längen nicht genau sein kann, so geht doch die Tatsache eines so geformten Thermalweges aus den Beobachtungen über den Gebirgsbau mit voller Sicherheit hervor. Ob nun der Schrattenkalk an seiner Unterlage nur auf 600 m Meerhöhe (das möglichste Mindestmass unter der Tamina) oder bis auf 200 m Meerhöhe hinabtauche, ob der Quellenweg in der Mulde im Streichen 5, 10 oder 15 km lang sei, ändert nichts Wesentliches an unseren Darlegungen und Schätzungen.

Manche Erscheinungen unserer Quelle sind nun verständlich geworden:

Das schnelle Ansteigen der Therme bei beginnender Schneeschmelze im Gebirge bringt uns nicht das eben einsickernde Wasser schon in wenigen Tagen zur Quelle, sondern die Einsickerung, sobald sie das Stauniveau erreicht, stösst Wasser vor sich her, das schon ein Jahr früher eingesickert ist, und, gestaut, lange vorher unterwegs in der Druckzone brütend weilte und nur langsam (mit etwa 0,2 bis 0,3 mm per Sekunde = 30 m per Tag sich vorbewegte — ähnlich so, wie das Hochwasser eines Seenzufusses sofort auch den weit entfernten Seenabfluss vermehrt, ohne dass unterdessen das neue Hochwasser selbst vom Einfluss zum Abfluss geströmt wäre. Der vermehrte Druck pflanzt sich viel rascher fort, als das Wasser durchfliessen könnte, weil er schon durch eine ganz geringe Bewegung in grossem Querschnitt die Ausgleichung findet. Das Wasser der zwischenliegenden Querschnitte bedarf nur einer geringen Bewegung zur Weiterleitung des Druckes und zum Vorstossen der alten Wasservorräte. Die besonderen Eigenschaften unserer Therme sind dadurch bedingt:

Grosse und rasche Veränderlichkeit im Quantum des Quellenergusses im Zusammenhang mit der Schneeschmelze (siehe späteren Abschnitt) und trotzdem grosse Ausgeglichenheit und Beständigkeit in der chemischen Beschaffenheit und besonders in der Wärme. Auch da liegt wieder der Vergleich mit einem Grundwasserstrom oder mit einem offenen See sehr nahe. Die zeitlichen Schwankungen in Temperatur und chemischer Beschaffenheit der Zuflüsse sind im Abfluss durch das lange Verweilen des Wassers in der Tiefe ausgeglichen auf grosse Beständigkeit, aber das Quantum des Abflusses folgt mit nur unbedeutender Verzögerung und Ausgleichung dem Wechsel der Zuflüsse.

In den letzten Jahren haben einige Geologen die Behauptung aufgestellt, der Auftrieb so vieler Thermen sei nur durch ihre Wärme erzeugt. Siphonartige Verbindung mit einem höheren Sammelgebiet und hydrodynamischer Druck von dorthier sei nicht anzunehmen.

Dem entgegen muss festgestellt werden, dass der hydrodynamische Auftrieb durch die Erwärmung in der Tiefe nicht grösser sein kann, als die durch die durchschnittlich höhere Temperatur im aufsteigenden Aste entstandene Dichteabnahme des Wassers. Dieselbe ist sehr gering. Das spezifische Gewicht des Wassers ist bei $10^{\circ} = 0,999727$, bei $50^{\circ} = 0,98807$, bei $80^{\circ} = 0,97183$. Recht oft wird die Gewichtsverminderung durch Wärme mehr als wieder aufgehoben durch die vermehrte Mineralisation. Zudem wirkt die Abkühlung beim Aufsteigen dem Auftrieb ebensoviel entgegen, wie die Erwärmung im absteigenden Aste das Einsinken bremst. Aus der Wärme kann für eine aufsteigende Therme von 50° kein stärkerer Auftrieb entstehen, als etwa ein, höchstens einige Meter, und dieser Auftrieb würde kaum genügen, die Reibung im Boden zu überwinden. Zudem müsste man sich fragen, warum der Auftrieb durch Erwärmung nicht schon im absteigenden Aste die Zirkulation zum Stillstande bringen würde. Der aus der Erwärmung sich ergebende Auftrieb ist praktisch ohne Belang und ohne Macht. Bei der Siphonanordnung mancher bekannter vadoser Thermenwege handelt es sich dagegen um mehrere hundert bis über tausend Meter Überdruck von der Seite des Sammelgebietes. In manchen Fällen ist die Siphonanordnung der Gerinne durch den Gebirgshau tatsächlich gegeben, wie gerade für Baden und Pfäfers. Andere, wie die meisten Thermen im Simplontunnel, sind nur absteigende Wasseradern, die bei grosser Bedeutung des Wärmeauftriebes umgekehrt fliessen sollten. Nicht Wärmeauftrieb ist es, sondern der Überdruck des einflussenden Wassers, der die Thermalgerinne treibt!

E. Die chemischen Eigenschaften der Therme.

Das Wasser der Pfäfersertherme ist schon seit über 200 Jahren chemisch untersucht worden — jeweilen nach dem damaligen Stande der Analysekunst. Die verschiedenen Analysen können nicht benutzt werden, um etwa zeitliche Veränderungen in der Zusammensetzung nachweisen zu wollen. Die Alten schlossen nach der Heilwirkung auf

einen Gold- und Kupfergehalt. Allmählich stellte sich mehr und mehr heraus, dass unser Thermalwasser von relativ grosser, für eine heisse Quelle überraschender Reinheit ist. Unser Zürcherforscher JOH. JAK. SCHEUCHZER, der 1704 und 1708 zur Kur in Pfäfers weilte, bestimmte als der erste, dass das spezifische Gewicht des Thermalwassers dem des Regenwassers „ungefähr gleich“ komme und er fand es im Gehalt an gelösten mineralischen Substanzen etwa so arm, wie ziemlich weiche Quellwasser oder Seewasser. Allmählich passten sich auch die medizinischen Auffassungen diesen Erkenntnissen an. 1792 spricht es DR. J. G. AM STEIN (Bregenz) aus, dass die so starke Heilwirkung nicht vom Gelösten herrühren könne, sondern „dem Wasser selbst innewohnen“ müsse, es sei denn, dass es „noch feinere Stoffe enthalte, die wir noch nicht kennen“. HUFELAND meinte, die innere Erdwärme, die dieses Wasser enthalte, sei eben eine ganz andere Art Wärme von besonderer Wirkung. Immer hat sich das Quellwasser gezeigt als geschmackloses, geruchloses, klares und reines Wasser vom spezifischen Gewicht 1,0003.

Jedem in Sachen Bewanderten muss beim Betreten der Quelle sofort die Spärlichkeit an Inkrustationen oder anderen Absätzen auffallen, wie sie sonst der Mehrzahl anderer, besonders warmer, Quellen zu eigen sind. Auch in der Küche verwendet bildet es nicht viel Kesselstein. Nur an den alten Wänden der ehemaligen Quellenklüfte oder Austrittsstellen finden sich warzige Krusten von gelblichem Kalk und Ton — Absatz von $\frac{1}{2}$ bis 2 cm Dicke. Tropfsteingebilde fehlen vollständig — offenbar weil das absätzgebildende Wasser nicht von oben zufliesst und herabtropft, und die Absätze sich nur im aufsteigenden Wasser und unter Wasser bilden können. Inkrustationen schliessen auch die Thermalspalten, wo sie nicht weiter klaffen. Dieser Thermalsinter ist chemisch noch nicht untersucht.

Unsere Therme gehört also zu den nicht wesentlich mineralisierten Quellen. Sie ist keine Mineralquelle. Man hat Thermen dieser Art mit dem Namen Akratothermen (akratos = ungemischt) bezeichnet. Wenn eine Akratotherme, wie dies nicht selten ist, in einem wilden Taleinschnitt erscheint, so werden deren Bäder gerne „Wildbad“ genannt. So spricht man auch vom „Wildbad zu Pfäfers“.

Genaue Analysen des Wassers der Therme von Pfäfers sind gemacht worden:

1841 von LÖWIG, 1846 von E. v. FELLEBERG, 1868 von A. v. PLANTA-REICHENAU, und mit den besten Hilfsmitteln 1894 von TREADWELL (Zürich). In der Summe fanden in 10 kg Wasser: LÖWIG 2,9130, v. PLANTA 2,88783, TREADWELL 2,949540 Gramm Gelöstes. Auch Gase

sind nur wenig im Pfäferserthermalwasser enthalten. Es perlt nicht im Glase stehend, auch nicht an der Haut des Badenden. TREADWELL bestimmte in 10 kg Wasser 159,74 cm³ Stickstoff, 85,71 cm³ Kohlen- säuregas und 9,09 cm³ Sauerstoff. TREADWELL rechnete die Zahlen der vorangegangenen Analysen in Jonen um und stellte sie alle vergleichend zusammen. Er findet: „dass das Wasser der Therme von Pfäfers im Laufe der Jahre keine Veränderungen erlitten hat“.

Indessen scheint es mir doch, dass die Analysen Differenzen aufweisen, die nicht bloss den Fehlerquellen oder den ungleichen Prüf- methoden zugeschrieben werden dürfen. So findet:

	Natrium	Kieselsäure	Schwefel- säure	Chlor
LÖWIG	0,231	0,155	0,226	0,329
V. PLANTA	0,328	0,178	0,263	0,3
TREADWELL	0,292	0,209	0,292	0,346

Solche Differenzen sind im ganzen wohl unbedeutend, sie be- einflussen den Charakter der Quelle nicht. Allein sie sind doch zu gross, um sicher auf Unveränderlichkeit zu schliessen. Leider ist es noch niemandem eingefallen, mit den ganz gleichen Methoden etwa jeden Monat einmal oder doch in verschiedenen Jahreszeiten bei verschie- denen Wasserständen auf die Mengen einzelner Bestandteile oder auf den Gesamtgehalt des Gelösten genau zu prüfen. Es gilt, hier noch eine Lücke in unserer Kenntnis auszufüllen. Diese Untersuchung wird, ge- rade so wie die regelmässige Temperaturbestimmung uns durch eventuell kleine Schwankungen im Gehalt an Gelöstem wertvolle Aufschlüsse und Einblicke bieten können.

Zum Vergleiche sei noch notiert, dass Wasser von $\frac{1-2}{10000}$ Gelöstem als „weiche Wasser“ gelten. Soviel haben gewöhnlich Flüsse und Seen. Die gewöhnlichen Quellen haben $\frac{2-6}{10000}$ Gelöstes. Wasser von $\frac{3-6}{10000}$ sind „harte Wasser“. Von „Mineralwasser“ sprechen wir bei $\frac{10}{10000}$ oder mehr Mineralgehalt. Die Pfäferserquelle hat nicht vollauf $\frac{3}{10000}$. Das „grosse Wunder“ der Pfäfersertherme besteht chemisch darin, dass sie nicht mehr an gelösten Bestandteilen enthält, als die Mehrzahl der gewöhnlichen „kalten“ Quellen auf viel kürzeren, kühlen und ungespressten Quellwegen aus dem Gestein auflösen. Sie ist ein ziemlich weiches Quellwasser, und keiner ihrer Be- standteile ist etwas Besonderes. Die Spaltenwände, zwischen denen das Wasser der Pfäfersertherme rinnt, zeigen, so weit sie beobachtet werden konnten, keine rauhen karrigen Auslaugungsformen. Sie sind

unangegriffen, ungelöst geblieben, dagegen spärlich inkrustiert in den zugänglichen aufsteigenden Gerinnen. Die Ursache hierfür kann wohl nur darin liegen, dass das Wasser zu arm an Kohlensäure als Lösungsmittel ist. Und die Ursache für den geringen Kohlensäuregehalt des eingedrungenen Wassers finden wir darin, dass es zum geringsten Teil als Wasser durch die Luft gefallen und auch nicht durch humusreichen Boden gesickert ist, sondern wohl zu 90 % nur vom Schnee stammt, reine eingedrungene Schneeschmelze ist. (Die Beweise dafür folgen nach.)

Die elektrische Leitungsfähigkeit des Pfäferserwassers soll nach TREADWELL infolge der Jonisation der gelösten Salze 150 mal grösser sein, als bei destilliertem Wasser; sie ist aber geringer, als bei härteren Quellwassern. Der Gehalt an Radiumemanation wurde von SCHWEIZER zu 0,73 bis 0,76 Mache-Einheiten bestimmt. 1 bis 5, oder auch 10 solche sind bei gewöhnlichen Quellen häufig. Von einer hervortretenden Radioaktivität kann erst gesprochen werden, wenn der Gehalt 20 solche Einheiten übersteigt. Das Thermalwasser von Pfäfers hat also auch ungewöhnlich wenig Bestandteile dieser Art. Es kann deshalb die starke Heilwirkung kaum von Radioaktivität abgeleitet werden. Die wirklichen Ursachen derselben bleiben vorläufig noch unaufgeklärt; vielleicht liegen sie gerade in der homöopathischen Verdünnung, gepaart mit der ausgiebigen, durch den ständigen Wasserdurchfluss im Bade bedingten Erneuerung, vielleicht in noch gar nicht bekannten Erscheinungen. Diese Frage aufzuklären ist nicht eine Aufgabe des Geologen, sondern des Mediziners.

II. Der Ertrag der Therme.

A. Berichte und Notizen aus früheren Zeiten und die heutigen Anforderungen.

Im Sommer 1925 war Angst und Jammer über den Rückgang des Quellenertrages entstanden. Man hielt die Sache für ganz unerhört und so noch nie dagewesen. Man beschuldigte sogar die Arbeiten zur Tieferfassung, welche 1922 und im Winter 1924/25 zum Einbau eines Hebers ausgeführt worden waren, und meinte, es sei damals durch dieselben die Quelle „verdorben“ worden. Gerade diesen Arbeiten war aber die teilweise Rettung der Saison 1925 zu danken. Wir wollen die Notizen über die Ertragsschwankungen von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart zusammenstellen. Es geschieht dies zunächst in der folgenden Tabelle, die nebenbei auch noch andere historische Notizen enthält. Die Tabelle ist selbstverständlich lückenhaft. Es gibt viele Jahre, über welche keine Notiz sich findet. Es werden dies besonders die Jahre mit mittlerem Quellenertrag ohne auffallende Besonderheiten sein.

Tabelle zur Geschichte der Therme von Pfäfers.

Quellenstände			Bemerkungen über den Quellenertrag und dessen Erscheinungen		Notizen über Installationen etc.
niedrig Mangel	mittler	hoch Reich- tum			
1595- 1596			Die Therme floss bis Anfang IV. Ende IV. war sie versiegt, erst Anfang VII. erschien sie wieder und verschwand bald wieder	1038	Jäger K. v. HOHENBALKEN von Valens entdeckt die dampfende Stelle, und, am Seil hinuntergelassen, die Therme
				1240	Die Klosterjäger VILS und THULI von Vilters entdecken die Quelle abermals. Zuerst zum Baden benützt
				1360	Erstes hölzernes Badehaus auf Balkenbrücke neben der Quelle
				1523	ZWINGLI sendet HUTTEN dem Abt empfehend zur Kur
				1535	Erster Zugangssteg an der östlichen Felswand
				1625- 1626	Steinschläge zerstören das Haus. Bau neuer Holzhäuser, eines 3stöckig, eines 5stöckig, auf Holzbrücken. Bis 300 Badegäste gleichzeitig.
				1627	Pestflüchtlinge bewohnen das Bad den ganzen Winter und Felsabstürze beschädigen das obere Haus
		1628			1628

1629		Die Therme blieb nur 8 Tage ganz aus, im ganzen aber Niederstand, fast Wassermangel	1629	3. XII. Feuersbrunst zerstört die Gebäude XII. Abt JODOKUS schliesst Vertrag mit Baumeister ZELLER (Sonthofen) für Hinausleiten gegen N.
	1630		1630	18./19. V. fliesst die Quelle zuerst durch lärchene Kanäle über lärchenen Konsolenstützen an der Ostwand neben 60 cm breitem Wegbrett zur jetzigen Badhausstelle. Länge der Leitung 451 m
1631		Die Quelle ist fast 3 Monate ganz ausgeblieben. Am 14. IV. ging der Abt durch den Quellweg, fand die Quelle ausgetrocknet, die Felsbecken kalt. Nach einer Stunde ging er nochmals zurück, hört rauschen, sieht dampfen, der «Kessel» ist voll warmen Thermalwassers. So plötzlicher Eintritt der Quelle wird hie und da beobachtet. Der Stand der Quelle blieb aber das ganze Jahr 1631 niedrig	1631	Klassisches Buch von JOH. KOLWECKEN, Klostersekretär, darin folgendes: Nach Mitteilungen «der Alten» verschwinde die Quelle meistens Mitte X. und komme im V. des folgenden Jahres wieder. Schon zweimal ist das Wasser ausgeblieben <i>bis Mitte Sommer zum längsten Tag</i> . «Das Verschwinden und Wiederkommen richtet sich nach Tröckne oder Nässe des vorangegangenen Winters»
			1680	11. III. Die Quelle wird durch Steinschläge mit Eiszapfen verschüttet, wird wieder ausgegraben und <i>gefasst</i> = «alte Quelle» von heute
			1704u.	
			1708	J. J. SCHEUCHZER Kurgast
			1704–1716	Bauten als Badgebäude unterhalb der Schlucht verbessert und erweitert
1781		Quelle lange ausgeblieben und früh wieder versiegt		
1800		Langes Ausbleiben der Quelle und meistens wenig	1799	Die Franzosen zerstören das Bad
	1816	Die Quelle fliesst reichlich und lange		
1817		Quelle spärlich		
1819		Quelle spärlich	1820	Expertise über Fassungsfrage durch Dr. ZOLLIKOFER, DANIEL MAYER und Mechaniker TOBLER
		Es gibt 3 Thermalaustritte von 0 bis 7 m über Tamina. Der oberste setzt alljährlich aus, der mittlere in Trockenjahren, der unterste nur nach sehr schneearmem Winter		

	1824	1821	Reichlicher Thermalerguss		
	1825		Quellertrag ziemlich spärlich		
			Quellertrag ziemlich spärlich		1825 Neue Badhausbauten
	1839		Quellertrag gering		1838 Auf Wunsch der Konventualen wird das Kloster Pfäfers aufgelöst und geht mit Quelle und Bad an den Kanton St. Gallen
	1840		Quelle spärlich		1839 Erstes Geländer an dem 60 cm breiten Quellensteg Es wird die Badstrasse Ragaz-Bad Pf. erbaut
					1840 Mit Holzleitung in der Badstrasse wird (HARTMANN) der grössere Teil des Wassers nach Ragaz geleitet. Ragaz Badeort
					Die Leitung Pfäfers-Ragaz kann höchstens 2300 Ml. führen. Länge der Leitung 3751 m, Gefälle 168 m, Fliesszeit 25 bis 43 Minuten, Gesamtlänge 4202 m, 31. V. Eröffnungsfeier.
					Gutachten von GLENCK, HARTMANN und STADLER
	1842	1841	Quellertrag «sehr reichlich», Messungen 650 bis 2000 Ml.		
	1843		Verzögertes Erscheinen im Frühsommer, verfrühter Rückgang im Spätsommer		
	1845				
		1847	Die Sage vom beständigen Ertrag der Therme von 4000 bis 10,000 Ml. fixiert sich		1847 Gutachten ARNOLD ESCHER v. D. LINTH
	1848		Wegen drohendem Wassermangel wird an die Hartmannsquelle eine Pumpe eingesetzt, um ihr Wasser in die Hauptquelle hinaufzupumpen		1849 Buch von Dr. G. RÜSCH, Verlag Huber, St. Gallen
	1849				1850 Im Bord der Tamina wird nach Angabe von HARTMANN die «Hartmannsquelle» gefasst
					1851 Die Idee, die Quellen in der Tamina aufzustauen, taucht auf

1856		1855	Ertrag sehr reichlich Winter 1855/56 bringt nur $\frac{1}{5}$ des normalen Niederschlages Starker Wassermangel, grosse Verlegenheit	1856	Expertise durch MOUSSON und HARTMANN, die Quellen im Taminagrunde nachgewiesen
				1857	Die Quellen im Taminabett werden abgedeckt,
				1858	gefasst und zur Ableitung aufgestaut durch Ing. HEFTI. Stollenbau diskutiert
	1859		Am 29. V. Messung an den 3 Austrittsstellen ergibt zusammen 3500 Ml.	1859	Erscheinen: Dr. J. A. KAISER, «Die Heilquelle etc.»
1860				1860	Stollenbau durch Ing. HEFTI, 28 m lang, trifft auf Spalte, Herrenquelle abgegraben
1861			Wassermangel für die Bäder		
1862			Starker Wassermangel	1865	VII. Grosses Taminahochwasser. Ueberschwemmung der Fassungen bis Niveau 695,4
1865		1866	Reichliches Thermalwasser		
		1867	Schneereicher Winter	1868	Verpachtung der Quelle und Bäder vom Kanton St. Gallen an Firma Simon auf 100 Jahre für 1,658,000 Fr. mit Bedingungen *)
		bis	Keine besonderen Nachrichten Mittelstände?		Dorfbadhalle für 450 Ml. eingerichtet
		1880		1872	Erstes Schwimmbad errichtet (Ragaz)
1881			Sehr verzögerter Quellaussuss im Frühsommer		
1882			Grosser Wassermangel, spätes Erscheinen der		
1883			Therme. Die Kurverwaltung wehrt sich in den Zeitungen gegen die bösen Gerüchte vom Verschwinden der Therme		
1885			Verspäteter Quelleintritt, Angst um die ganze Saison		

*) 1868: Der Kanton kann von der Pächterin Verbesserung von Fassung und Leitung verlangen.

1886		Nach sehr schneearmem Winter starker Verzug der Quelle	
	1887 bis 1901	Keine besonderen Notizen, anscheinend mittlere Quellenstände	
1902 1903		Niederstand, im September rascher Rückgang der Therme	
	1916 1920	Die Therme fliesst reichlich die ganze Saison	Winter 1920 auf 1921 sehr schneearm
1921		Grosser Wassermangel, 1,2 m Absenkung der Stollenquelle mittels Notheber, der 500 Ml. mehr liefert, total 2200 Ml.	1921 Notheber
	1922	I. bis III. Ausräumen und Vertiefen der Stollenquelle	Ausräumen der Quellspalte, die mit Geschiebe gefüllt war. Arbeiten an der Fassung Gutachten KÖNIGSBERGER
	1923 1924	V. und VI. trotz Heber nur noch 2200 Ml. in Ragaz, 28. VIII. nur noch 980 Ml.	Winter 1924 auf 1925 sehr schneearm I.—III. Nach Vorschlag BERNOLD wird von Ing. GUGGENBUHL eine starke Heberleitung eingebaut. Saisonschluss Dorfbad 28. VII. 20. VIII. Experiment über Ertrag und Absenkung. Experten: ALB. HEIM und H. BERNOLD für Dorf R.
1925			
	1926	Viel Schnee im Frühling im Gebirge, bis in den Sommer reichlicher Erguss	1926 XII. 1925 bis III. 1926 ausgiebige Pumpversuche durch kantonales Ingenieuramt
	1927	I. bis IV. sehr viel Schnee im Gebirge, reichlicher Erguss. Noch im Oktober über 2000 Ml. Ueberlauf in die Tamina	1927 Gutachten von HEIM und BERNOLD

Aus allen den Notizen ergibt sich, dass die Therme von Pfäfers von jeher nicht nur sehr grosse Schwankungen im Ertrag der Jahreszeiten, sondern auch nach den verschiedenen Jahrgängen gezeigt hat. Im besonderen ist man schon vor Jahrhunderten zu der Einsicht gekommen, dass die Sommersemester des schwersten Wassermangels jeweilen auf die Wintersemester mit der geringsten Schneeaufhäufung im Gebirge folgen, und dass der Schneefall und die Schneeschmelze im Gebirge die Hauptmasse des Thermalwassers liefern. KOLWECKEN berichtet 1631, dass die Quelle schon zweimal „bis Mitte Sommer zum längsten Tage ausgeblieben“ sei, und WALTHIERI warnt 1749 ausdrücklich: „Wenn der Winter fast ohne Schnee war, hat man nicht allezeit zu den Bädern genug“. Schon lange vor den Badeeinrichtungen in Ragaz war öfter der früher noch viel bescheidenere Wasserverbrauch durch Mangel beeinträchtigt. Aus den alten Berichten ist die Tatsache ersichtlich, dass bei den damaligen Thermalmündungen — von Fassungen kann man noch nicht sprechen — in einzelnen Jahren die Therme im Winter ganz abstund und zur Zeit des normalen Saisonbeginnes überhaupt noch gar nicht floss. In alter Zeit sind eigentliche Messungen des Quellertrages nur selten und unvollkommen, und nur in der Badesaison gemacht worden. Alle Messungen vor 1820 ergaben Zahlen zwischen 500 und 2140 *Ml.* Damals waren 2000 *Ml.* für den Kurgebrauch noch überreichlich — jetzt aber bedeuten sie Mangel und teilweises Abstellen der Betriebe. Nun ist aber in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts und bis heute der Kurverbrauch von Thermalwasser enorm ausgebaut und erweitert worden. Neue Badeeinrichtungen bis zum Schwimmbad sind erstellt worden. Dabei hat man — medizinisch sicherlich sehr begründet — am Prinzip des ständig durchlaufenden Badewassers ohne künstliche Erwärmung festgehalten. Ob das natürliche Wasserquantum dafür reiche, darnach ist jeweilen nicht gefragt worden. In den massgebendsten Druckschriften und Projekten stösst man immer wieder auf die Angabe, die Therme sei „beständig und liefere 4000 bis 10000 *Ml.*“ Und immer wird auf diesen Irrtum aufgebaut. Wohl aber erschrickt man und hält es jedesmal wieder für nicht in der Ordnung, wenn einmal die Therme im Mai noch ausbleibt oder nur ganz schwach ist, und wenn sie Anfang Herbst versagt, obschon dies alle par Jahrzehnte von jeher geschah. Heute besteht ein sichtliches und seit Jahren zunehmendes Missverhältnis zwischen dem natürlichen Quellenertrag nach schneearmen Wintern

einerseits und den Vermehrungen wasserbedürftiger Einrichtungen anderseits. Tiefere Fassung, Hebereinrichtung etc. haben die nutzbaren Erträge schon bedeutend vermehrt. Es kann noch mehr geschehen, aber alles das hat seine von der Natur unwiderruflich gegebene Grenze.

Man könnte unsere Therme nach ihren enormen Ertragsschwankungen, und so wie sie vor der Stollenfassung 1860 war, mit Recht zu den intermittierenden Thermen rechnen. Sie ist gewissermassen ein gewaltiger „Maibrunnen“. Sie springt im Mai zu oft mächtigem Ertrage an und fällt im Sommer rasch wieder ab. Seitdem die Fassungen verbessert (— noch nicht vollkommen!) sind, und genauer beobachtet wird, hat sich ergeben, dass beim jetzigen Zustand der Fassung ohne Heberwirkung die Quelle alljährlich während $1\frac{1}{2}$ bis 5 Monaten unter 1000 Ml. sinkt, ausnahmsweise sinkt sie auf 100 Ml. oder steht gar ganz ab. Während einem halben Jahre, gewöhnlich von Oktober bis in den April, erreicht sie nicht 2000 Ml. Von Mai bis August steht sie in der Regel über 4000 Ml. und im Maximum kann sie für einige Tage oder Wochen, höchstens ein bis zwei Monate, auf 10000 Ml. und darüber anschwellen. Die Unregelmässigkeiten von einem Jahr zum andern sind aber sehr gross, und es kann Jahre geben, wo das Maximum nicht 2000 Ml. erreicht (z. B. 1921)! Jeder Jahrgang unserer Therme ist ein für sich selbständiges Erlebnis derselben.

Bei Vermeidung von Vergeudung reichten früher 2000 Ml. zum Kurgebrauch reichlich aus. Heute genügt das nicht mehr. Schon bei 3000 Ml. fühlt man sich beengt, man hatte auf 4000 gerechnet. Das ist nicht möglich nach der Natur unserer Quelle. Die Leitung von der Quelle bis Ragaz hinaus kann übrigens nicht mehr fassen, als 2300 Ml. Diese Zahl sollte in Ragaz immer als Verbrauchsmaximum berücksichtigt und festgehalten werden. Die Zahl 2300 Ml. für Ragaz ist an sich vernünftig, denn in der grossen Mehrzahl der Jahre wird, wie bisher, die Quelle während der Saison diesen Betrag noch nach Abgabe des Notwendigen an Bad Pfäfers, an Ragaz zufließen lassen können.

B. Der Niederstand 1921 und 1925.

Sehr empfindlich waren die Quellenrückgänge 1921 und 1925. Die Meinung, die Arbeiten zur Vertiefung der Fassung und die Heberableitung nach 1921 und von 1924 und 1925 hätten die Quelle gestört und verdorben, sind von der Natur selbst durch den reichlichen

Quellenertrag während der Saison 1926 und den Überfluss von 1927, die den schneereichen vorangehenden Wintern folgten, schon als irrtümlich beantwortet. Im Februar 1926 war die Therme auf 400 ML. zurückgegangen. Ohne neue Niederschläge, bloss durch Wärmezunahme, stieg sie im April und Mai wie in den besten früheren Jahren an und hielt durch die ganze Saison mit Überfluss an. Im Sommer 1927 floss sie sehr stark. Am 10. Oktober 1927 sah ich den Überlauf in die Tamina mit noch wenigstens 2000 ML., der Gesamtertrag war über 4000 ML. Unsere Therme hat sich abermals als die alte bewiesen, die nach trockenen Wintern sich nur zu spärlichem Erguss steigert, nach schneereichem Winter viel reichlicher und viel anhaltender fliesst. THEOBALD sprach 1862, zusammenfassend, klar und schlicht, die alte Erfahrung aus und bestätigte sie: „Wenn sehr wenig Schnee im Gebirge lag, nimmt die Therme auf bedenkliche Weise ab.“

Hand in Hand mit der Erkenntnis, dass Wassermangel von Zeit zu Zeit immer wieder sich einstellen kann, geht auch die Gewissheit, dass so geringe Quellergüsse wie 1921 und 1925 niemals einen dauernden Rückgang der Quelle bedeuten, dass sie meistens nur ein Jahr, sehr selten zwei, kaum je mehrere Jahre nacheinander sich zeigen, und dass die Jahre mit besserem Quellertrage viel zahlreicher sind, als diejenigen mit bedenklichem Mangel. Die Quelle bleibt bei ihrer Art und wird davon nicht lassen. Das Dasein unserer Therme liegt tief im Gebirgsbau begründet. Es besteht keinerlei Gefahr, dass sie einmal bleibend verschwinde. Und wenn sie auch einmal noch schwächer als je bisher werden sollte, so wird sie doch bald wieder voller kommen. Sie ist wohl 10000 Jahre alt und wird auch bis in eine weite Zukunft hinaus noch so bleiben. Ihr Weg und ihre Eigenschaften sind im Felsbau gegeben, ihre Nahrung im Klima. Der jeweilige Ertrag hängt ab von den Schwankungen der Witterung.

Die Schweizer. meteorologische Zentralanstalt hat uns freundlichst Auszüge aus den Beobachtungen der Station Vättis und weiteres Vergleichsmaterial zur Verfügung gestellt. Ich entnehme denselben die Zahlenreihen, die in der Tabelle auf S. 113 mit dem Gesamtjahreserguss zusammengestellt werden.

Aus diesen Messungen ist zu ersehen, dass die Jahresschneemasse in den Wintern 1920/21 bis 1924/25 im Durchschnitt nur halb so gross war, als in den normaleren Wintern 1913/14 bis 1919/20, und dass sie im Winter 1924/25 sogar auf $\frac{1}{3}$ des Normalen zurückgegangen war.

Jahr	Tamina mittl. Pegel- stand in Vättis	Gesamt- Niederschlag Vättis mm	Vorangehen- de Gesamt- schneehöhe Vättis in mm Wasser i. März	Jahreserguss der Therme von März bis März des folg. Jahres in m ³
1914	1620	1103	323	2,376,000
1915	1392	1055	506	1,555,000
1916	1729	1439	701	2,786,000
1917	1246	1058	512	1,252,000
1918	1205	1134	514	1,145,000
1919	1337	1126	674	1,378,000
1920	1547	889	555	1,770,000
1921	78½	782	213	341,000
1922	+	1465	244	×
1923	+	1214	336	×
1924	+	1027	446	×
1925	+	861	159	560,000
				berechnet einschl. Heber
1926	+	1220	300	××
1927	+	ca. 1400 ?	425	> 2,000,000

× wegen Unregelmässigkeiten durch Heber, Tieferfassung etc. sind keine vergleichbaren Zahlen erhältlich.
 + leider nicht ständig notiert worden, so dass eine richtige Mittelzahl nicht gegeben werden kann.
 ×× leider nicht mehr regelmässig gemessen worden.

Vergleicht man die Niederschläge statt nach Kalenderjahren nach Wintersemestern, so ergibt sich, dass überhaupt die Wintersemester von IX 1920 bis III 1925 eine ununterbrochene Reihe von fünf schneearmen Trockenwintern gewesen sind, wie sie in den bisherigen 25-jährigen meteorologischen Aufzeichnungen des Taminagebietes sonst noch nicht dagewesen sind und auch in den ostschweizerischen Alpen überhaupt wahrscheinlich seit 1781 oder vielleicht noch länger vorher niemals vorgekommen sind! Der peinliche Quellenrückgang, der 1921 so erschreckend eingesetzt hat und 1925 sich wiederholt hat, entspricht Anfang und Ende dieser fünf schneearmen Winter. Mit dem ersten Winter von einigermaßen normalem Schneefall, besonders im Frühling, der I bis IV einsetzte, war die alte Kraft der Quelle wieder da. Die Ursache des Wassermangels 1921 und 1925 war also ganz natürlich und vollständig ausserhalb menschlichem Einflusse gelegen. Sie kann sich wiederholen, wird aber in dieser Masse glücklicherweise eine Seltenheit bleiben, die kaum jedes Jahrhundert sich einstellen wird.

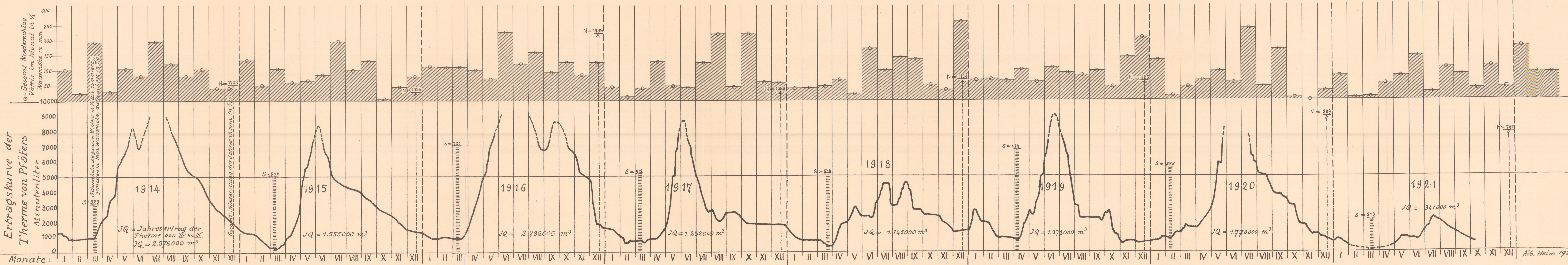
Herr W. SPRECHER, Lehrer in Vättis, der schon seit vielen Jahren Beobachtungen über Winterschnee und Lawinen macht, und meteorologischer Beobachter in Vättis ist, berichtet von einer Begehung des Sammelgebietes unserer Quelle gemeinsam mit Herrn Ingenieur BÖSCH vom 5. und 6. VII 1925: „Die diesjährigen Schneereste in hohen Lagen sind weit geringer als normal. Die Schneemengen des letzten Winters waren sehr gering, so dass es im Frühling keine Lawinen gab. Der Alpboden ist ausgetrocknet, der Graswuchs im Rückstand. Die Quelle westlich der Gigerwaldspitze ist ungewöhnlich klein, die Alp Gelbberg sehr trocken. Überall treffen wir auf einen bedenklichen Rückstand des Graswuchses. Im Mai und Juni wehten kalte, trockene Winde, während der Boden nur wenig durch Schnee geschützt war.“

C. Der Einfluss der Trockenheiten.

Bleiben wir erst noch einen Augenblick bei den Jahren 1921—25. Im Jahre 1921 fallen in Vättis zusammen: sehr geringe Schneehöhe des vergangenen Winters (213 mm in Wasser gemessen), sehr niedriger mittlerer Pegelstand der Tamina (781 mm) und geringer Gesamt-Jahresniederschlag in Vättis (778 mm). Dann zeigt sich, dass 1922 die Niederschlagsmenge hoch steigt (1465 mm) und dann bis und mit 1925 wieder abnimmt (1465, 1214, 1027 und 760 mm), während gleichzeitig die Schneehöhe bis 1924 langsam steigt (244, 336, 446). Darin zeigt sich recht deutlich, dass der Prozentsatz der Niederschläge, der in Form von Schnee fällt, von Jahr zu Jahr sehr wechselnd sein kann. Die Sommersemester 1922, 1923 und 1924 waren im Quellenertrag viel besser als 1921 und 1925, entsprechend dem z. T. sehr hohen Gesamtniederschlag und der wieder bescheiden zunehmenden Schneehöhe. Leider fehlen für diese paar Jahre die Pegelstände der Tamina und die Messungen des gesamten Thermalergusses.

Für gewisse Fragen ist es am besten, so wie es Herr BERNOLD eingehend getan hat, die Jahresmittel oder Monatsmittel von Quellenertrag, Niederschlag, Taminapegelstand, Temperatur etc. vergleichend zusammenzustellen. Wir wollen aber ausserdem noch etwas Einsicht in die Schwankungen in kürzeren Zeiträumen zu gewinnen versuchen. Beim Studium der Zahlentabellen oder der graphischen Darstellungen treffen wir dann auf folgende Erscheinungen, welche alle die weitaus vorherrschende Bedeutung der Schneeschmelze für die Ernährung der Therme beweisen.

Jede trockene Periode von einigen Wochen ist stark und rasch am niedrigen Pegelstand der Tamina spürbar. Dagegen wirken nur solche Trockenzeiten auch auf die Therme, die zu-



gleich einen Mangel an Schneefall oder Schneeschmelze (durch Kälte) bedeuten.

Beispiele: Die Trockenheit vom XI 1902 fiel noch nicht in die Zeit der Schneeanhäufung, und zugleich ausserhalb der Saison. Sie war deshalb auch für den Thermalerguss ohne Belang und nicht bemerkbar. Die grosse Trockenheit des heissen Sommers 1911 brachte der Therme keinen auffallenden Wassermangel, weil sie in Zeiten fiel, die keinen Schnee mehr erzeugen könnten und auch keinen mehr zu schmelzen vorfanden. Die grosse Trockenheit vom X und XI 1920 fiel wiederum nach Saisonschluss und nicht in die Zeit des ernährenden Schneefalles. Sie alle schaden dem Thermalerguss nichts. Die grosse Trockenheit im II und III 1921 dagegen konnte nicht ersetzt werden durch die Regen im VII. Die starken Regen im VII und wieder im IX 1922 lieferten eben keinen Schnee. 1923 waren III und IV besonders trocken, der ganze Sommer brachte wenig Regen und die Regenmassen erst im XII ergaben nur etwas Schnee in der Höhe. I, II, und III waren 1923, 1924 und besonders 1925 sehr trocken und im Gebirge lag nur wenig Schnee. Die Trockenheiten in der schneelosen, warmen Jahreszeit vom IV bis X vermindern den Thermenerguss **nicht** oder nur wenig, dagegen bringt Trockenheit vom XI bis IV (Wintersemester) den Wassermangel in die Therme!

So kommt es, dass während des Jahres der Pegelstand der Tamina und der Ertrag der Therme sehr oft nicht parallel laufen, während sie in der Jahressumme in ihren Schwankungen ähnlichere Bilder ergeben.

D. Die jährliche Schwankung (Fig. 11).

Unsere Thermalquelle ist fast immer im II und III am kleinsten. Ihr Minimum von gewöhnlich 300 bis 1000 Ml fällt meistens in den III. Dann steigt die Ertragskurve plötzlich rasch auf, wenn die erste Schneeschmelze in den Höhen von 1000 bis 2000 m eintritt. Manchmal findet das Anschwellen ganz plötzlich statt (1631). In einigen wenigen Tagen steigt der Ertrag auf 2000 bis 5000 Ml.

Jahr	Minimum Ml.	Beginn des Ansteigens
1914	1000	15. III
1915	100	15. III
1916	550	18. III
1917	200	18. III und 15. IV
1918	200	1. IV
1919	350	10. IV
1920	400	30. III
1921	200?	14. V und 15. VI

Im Jahre 1918 reagierte die Quelle auf eine Wärmewelle Ende III und stieg vor der Tamina. Das plötzliche Ansteigen der Therme mit der Schneeschmelze gibt — besonders beim Anblick der Ertragskurve — ganz den Eindruck, dass da zu der Niederstandsquelle plötzlich etwas ganz neues hinzutrete. Das ist eben die Schneeschmelze. So lange im Sammelgebiet noch viel Schnee liegt, nimmt der Thermalerguss mit jeder Wärmewelle rasch zu. Aus solchen Jahreszeiten stammt die vielfach verbreitete Behauptung, jede Wärme bringe die Quelle zum Ansteigen. Für Sommer und Herbst, da kein Schnee mehr zu schmelzen ist, trifft dies nicht zu — dann ist die Wärme ohne Einfluss auf die Therme. Stets ist der Anstieg im Ertrag der Quelle im Frühling rasch und meistens einheitlich. Nach zwei bis höchstens drei Monaten nach dem Minimum erreicht die Quelle ihr Maximum. Das Ansteigen des Quellertrages vollzieht sich in 3 Monaten, der Rückgang in 9 Monaten. Das Maximum konnte aus Mangel an genügenden Messvorrichtungen nur in wenigen Jahren gemessen werden. Es traf ein und betrug:

1914	{	Ende V	ca. 8000 MI
		Mitte VII	über 10 000 MI
1915		31. V	ca. 8000 MI
1916		Ende VI	über 11 000 bis 12 000 MI
1917		Anfang VI	ca. 8500 MI
1918		Anfang VII	4500 MI
1919		Mitte VI	9000 MI
1920		ca. Mitte VI	über 8000 MI
1921		Mitte VII	2200 (nur!) MI.

Das Maximum hält nur kurze Zeit, oft nur wenige Tage an. Dann kommt sofort die Abnahme. Diese geht weniger stürmisch, gemächlicher vonstatten, als die Zunahme. Sie erstreckt sich meistens durch 7 bis 8 oder 9 Monate, bis wieder im I, II, meistens im III das Minimum erreicht ist. Das Minimum kann 1 bis 2 Monate andauern oder auch nur ganz kurzen Bestand haben, so dass auf ein langsames Zurückgehen der Wassermenge während des Winters plötzlich mit Frühlingseinbruch wieder der rasche Anstieg folgt.

Die absteigende Ertragskurve ist fast immer zuerst steiler und wird allmählich flacher. Manchmal ist ihr Verlauf ziemlich gleichmässig, der Rückgang regelmässig, manchmal aber etwas gestuft, sogar treppenförmig. Nur selten zeigt sich darin ein Unterbruch durch ein kleines, kurz vorübergehendes Wiederansteigen — so z. B. IX 1916, Ende VIII 1917, I 1918, Ende IX 1919. Der Abstieg war kontinuierlich 1914, 1915, 1920, 1921.

Stellt man die Ertragskurven zusammen mit den Niederschlagsmengen, so sieht man mit Erstaunen, dass die Rückgangskurven der Quelle in der ganzen zweiten Hälfte des Jahres **keine** oder nur **sehr wenig** Rücksicht nehmen auf die Niederschläge der Sommers- und Herbstzeit.

Bezügliche Beobachtungen:

1914: wird die Abnahme der Therme nicht um eine Spur verlangsamt durch die vielen Regen von X 1914 oder I 1915 — das letztere wohl deswegen nicht, weil die Niederschläge des I im Sammelgebiete schon Schnee waren, der zunächst liegen blieb, als Aufspeicherung für die Frühlingschmelze.

1915: Die vielen Regen von VII, VIII und IX vermögen den Rückgang der Quelle nicht aufzuheben, nur zu bremsen. Der Rückgang beträgt in diesen drei Regenmonaten noch 2000 Ml., während er ohne die Regenzeit wohl 2500 bis 2800 Ml. betragen hätte. Dann geht im X die Abnahme wieder schneller.

1917: In zwei Monaten bis Mitte VIII fällt der Quellergruss von 8000 Ml. auf 2000 Ml. ab. Der VIII war ungewöhnlich regenreich. Die Quelle vermehrte sich Ende VIII um 500 Ml. Der X war abermals ein sehr regenreicher Monat, allein er brachte doch den Quellertrag nicht zum zweiten Steigen. Die Quelle bleibt XI und XII gleich und fällt dann wieder stark.

1918 zeigt, dass nach einem vorangegangenen trockenen Winter die Sommerregen deutlicher zu guter Wirkung kommen und den Quellerttrag noch bis in den Herbst hinein strecken können.

1919: Die enormen Niederschläge von XI, XII und I 1920 lassen das Minimum unberührt stehen. Sie lieferten eben nur Schnee für das bessere folgende Sommersemester.

1920 haben ein sehr nasser VII und ein ähnlicher IX den steilen Abfall der Ertragskurve zu einer Treppe gebremst, aber ihren Sinn nicht ändern können.

Der stärkste Einfluss von Sommer- und Herbstregen auf den Ertrag der Quelle im Sommer und Herbst, der sich aus den Jahren 1914 bis 1924 feststellen lässt, ist eine vorübergehende Verzögerung der Abnahme um 200 bis höchstens 800 Ml., ausnahmsweise bis 1000 Ml.

Die sehr starken Anschwellungen der Tamina, welche sehr kräftig jedem starken Sommerregen, Herbstregen oder Winteranfangregen folgen, zeigen sich im Thermalertrag gar nicht.

Beispiele hierfür (Fig. 11):

XII 1915, I 1916, VIII 1917, VIII und IX 1918, 20. IX 1920.

Gesetzt, die frühere Annahme wäre richtig, dass das Wildseeli-gebiet mit seinem Piz-Solgletscher das Hauptsammelgebiet der Pfäferser Therme sei, so müsste Gletscherschmelze wie Schneeschmelze wirken, und die heissesten Sommerwochen müssten ein Quellsteigen veranlassen. Das ist nicht der Fall. Der Ertragsabfall der Therme wird auch im heissesten Sommer durch keine Gletscherschmelze aufgehoben oder gar umgestellt. Im Gegenteil, sobald der Winterschnee weg ist, fällt der Ertrag rücksichtslos und rasch, während die Sommerhitze den Piz-Solgletscher noch stark verflüssigt. Die heisseste Zeit des Jahres und der wärmste Tag fallen in die Zeit des raschen Quellenrückganges. Die kleinen Seen (Wildseeli und Schottensee) der Grauen Hörner, die Gletscherwasser erhalten, haben ihren Maximalstand Ende August, die Therme schon Ende Mai.

Es ist wirklich schade, dass nicht ein Gletscher im Sammelgebiet unserer Therme liegt. Wenn das der Fall wäre, so bekäme sie in jeder Saison, ganz wie unsere stark gletschergespiesenen Flüsse und Seen, zwei Maxima, eines im Mai, eines Ende August. Wir erhielten stets bis an einen späten Saisonschluss Thermalwasser in Überfluss. Es ist nicht so.

E. Einige besondere Erscheinungen der Ertragschwankungen (Fig. 11).

Bezeichnend für die Speisung der Therme durch den Schnee im Gebirge ist die Tatsache, dass Winterregen, welche Ragaz und Pfäfers notieren, die Quelle nicht zum Steigen bringen. Die tieferen Zonen, welche solche Regen empfangen, fallen also für das Quellsammelgebiet ausser Betracht. Auf den höheren Alpenterrassen dagegen, in welchen wir nach dem Gebirgsbau das Sammelgebiet erkannt und bestimmt haben, sind dann noch tief schneebedeckt. Dort fällt dann entweder gleichzeitig Schnee, der sich weiter anhäuft, oder wenn dort in den tieferen Teilen auch etwas Regen fällt, so wird er vom Schnee aufgenommen und festgehalten und gefriert bei nächster Kälte. Er gelangt nicht zur Versickerung, sondern zur Aufspeicherung. So haben die Niederschläge I 1915, I, II und III 1916, XII 1916, XI und XII 1919 und I 1920 die gleichzeitigen oder nachfolgenden Minimalstände der Therme nicht im geringsten zu heben vermocht.

Es sind viele Faktoren zusammenwirkend, so dass uns auch Ausnahmen von Regeln nicht im Erkennen der Hauptsache stören dürfen. Ich stiess beim Studium auf folgende Ausnahmen:

Die fast unerhörte Regenmenge vom XII 1918 hat mit ca. 1 Monat Verspätung die Therme im I 1919 von 1500 ML. für einige Tage auf 2800 ML. gehoben, genug für volle Saison! Ende II war das normale Minimum jenes Winters wieder da und der abnormale Winteraufsprung der Ertragskurve war abgetan. In diesem Falle ist es ausser Zweifel, dass der andauernde Regen in den tieferen Zonen des Sammelgebietes eine ziemlich starke Schneeschmelze zur Folge gehabt hat — diesmal in ungewöhnlicher Zeit.

Ein gewissermassen umgekehrt gestellter Ausnahmefall wird uns geboten durch die Vergleichung der Ertragskurven von 1917 und 1918. Der Schneefall des Wintersemesters war in beiden Jahren ziemlich reichlich und gleich gross: 512 und 514 mm (als Schmelzwasser gemessen). Ebenso war der Jahresertrag nicht stark verschieden: 1917 = 1252000 m³, 1918 = 1145000 m³. Aber ganz verschieden war die Verteilung des Quellergusses. 1917 sprang der Ertrag wie gewöhnlich im V hoch auf und erreichte Anfang VI das Maximum von ca. 8500 ML. Im Jahre 1918 begann der Anstieg Anfang IV, erreichte Ende V für kaum 2 Tage erst 3000 ML., ging dann wieder zurück auf 2200 Mitte VI, stieg für den 10. bis 25. VII auf 4550, fiel wieder ab, erreichte Mitte VIII ein drittes Mal ein Maximum, wieder beinahe 4600 ML. und stund noch Ende X auf 2550 ML. Der Ertrag war also ausnahmsweise hier nicht in einem plötzlichen Maximum vergeudet, sondern verteilte sich besser auf den ganzen Sommer mit 3 Maxima. Welchen Ursachen verdankt man diese bade-technisch so viel günstigere Verteilung des Ertrages — oder, wie wir auch sagen können: Der Einsickerung? Weder die im ganzen spärlichen Niederschläge des Winters noch die starken des Sommers können sie erklären. Im ganzen war das Sommersemester 1918 etwas kühler. Die Wärme stieg im Frühling etwas langsamer und war im Maimittel etwas höher als im Junimittel. Der Vollzug der Schneeschmelze mag dadurch in günstiger Art verzögert worden sein. Ein anderes Moment scheint mir indessen noch massgebender gewesen zu sein: den Schneefällen des Winters und der stufenförmig tiefer greifenden Schneebedeckung des Gebirges ging voran, oder griff dazwischen, eine ungewöhnliche andauernde Kälte von -10° bis -16° (in Vättis). Der Boden, auf den der Schnee fiel, war tief gefroren. Gefrorener Boden ist zunächst für einige Zeit undurchlässig für die Schneeschmelze. Die drei Maxima und die zwischenliegenden niedrigeren Quellstände sind verständlich als das Abbild der Kältewellen und der Schneefälle der verschiedenen Höhenzonen im Sammelgebiete. Das Einsickern der Schneeschmelze fand in den verschiedenen Höhenstufen zu ungleicher Zeit statt.

Die Abspaltung eines kleineren Ergussmaximums 1914 Mitte VI vom Hauptmaximum ist durch eine Kältewelle mit neuen Schneefällen in den hohen Lagen bedingt worden. Hie und da wird die begonnene Schneeschmelze durch eine Kältewelle vorübergehend unterbrochen, und diese zeigt sich im Quellertrag — so z. B. 1. bis 6. V 1919. Die Wirkung ist nicht gross. Das Ungestüm der Frühlings-Anschwellung verdeckt kleine abweichende Ursachen.

Recht eigentümlich ist der Unterschied von 1914 und 1915. 1914 hatte weniger Schnee (323 cm) und reichlichen Thermalerguss, 1915 mehr Schnee (506 cm) aber viel weniger Thermalerguss. Hier liegt die Erklärung in dem 1914 allmählichen Ansteigen der Frühlingswärme mit vielen Rückfällen unter Frostpunkt in der massgebenden Höhe bis in den VII hinein. Im Gegensatz dazu hatte 1915 schon von Ende IV bis Ende IX bei 1000 bis 2000 m Höhe stets über 0° bleibende Wärme. Das Tauwetter setzte kompakt ein und zögerte von Mitte IV ab nie mehr. Schnell war der Schnee verschwunden, der Vorrat vergeudet.

Ungünstig für die Saisonerträge der Quelle sind: Starker, einheitlicher Bodenfrost vor dem bleibenden Winterschneefall, wenig Winter- und Frühlings Schnee im Gebirge, plötzliches heftiges Einschlagen des Tauwetters und Fortsetzung der Schneeschmelze ohne Unterbruch, rasches, vollständiges Abgehen des Schnees in 1000 bis 2500 m Meerhöhe.

Günstig für die Saisonerträge der Therme sind: Periodischer Bodenfrost zwischen den einwinternden, auf stets tiefere Stufen reichenden Schneefällen, mächtige Anhäufung von viel Winter- und Frühlings Schnee in 1000 bis 2800 m Höhe, lang hingezogenes, vielfach unterbrochenes und wieder einsetzendes Tauwetter im Frühling, langsames Schwinden des Schnees im Gebirge.

Von günstigem, aber leider etwas schwachem, Einfluss auf den Saison-Quellenertrag sind die Sommer- und Herbstniederschläge und nutzlos, aber auch unschädlich, ist anhaltende Spätsommerhitze.

Die Quelle führt sich in ihren Erträgen von Jahr zu Jahr wieder etwas anders auf, je nach der Verteilung der meteorologischen Faktoren — besonders nach der Verteilung der Niederschläge der Kälte und Wärme. Kein Jahr ist genau wie das andere. Genaue und sichere Voraussage wird im einzelnen nie möglich sein. Bestimmen wir auch in Zukunft mit Hilfe von Totalisatoren den Hauptthermenspeiser, den Schnee aufgespeichert bis Ende des Wintersemesters, so wissen wir doch wieder nicht, wie das Sommersemester mit dem

angehäuft Vorräte verfahren wird. Es kann ihn haushälterisch zur Versickerung verwenden, oder rasch verschwinden machen.

F. Verzögerung zwischen Sammelgebiet und Quelle.

Versuchen wir, aus den vorhandenen Beobachtungen die Zeiten zu bestimmen, welche verschiedene meteorologische Faktoren bis zur Auswirkung im Thermen'ertrag bedürfen. Dies sind die Verzögerungen auf dem Quellwege. Wenn man die Erscheinungen in Jahresmitteln oder Monatsmitteln in Kurven aufträgt, so gewinnt man nur unscharfe Anhaltspunkte hierfür. Nur die täglichen Aufzeichnungen können genauere Antworten geben.

Der Hauptcharakter in den Schwankungen des Quellenergusses unserer Therme ist: Rasche Zunahme mit der Schneeschmelze, kurz andauernde Höhe, dann, langsamer als der Anstieg, ein unwiderruflicher Rückgang, den starke Regen nur sehr wenig zu bremsen vermögen. Es war im Winter Anhäufung der Schneefälle ohne Versickerung im Gebirge bis zum Ende des Winterminimums, dann Tauzeit mit rascher Schmelzwasserversickerung bis zum Verschwinden des Schnees.

Der Quellenanstieg im Frühling findet manchmal fast völlig gleichzeitig mit der ersten Temperaturzunahme auf über 0° in Höhen von 1000 bis 1500 m statt. Auch kleinere Schwankungen in der Temperaturzunahme, oder kurze Unterbrüche derselben zeigen Folgen im Quellertrage manchmal mit kaum einigen Tagen Verspätung, am häufigsten und deutlichsten mit 7 bis 8, seltener mit 10 bis 15 Tagen Verspätung. Die Ungleichheiten in der Verzögerung sind wohl dadurch bedingt, dass jeweilen verschiedene Höhenregionen oder verschieden entfernte, westlichere oder östlichere Teile des Schmelzgebietes in Tätigkeit kommen. Im allgemeinen ist die Verzögerung die Zeit, welche das Wasser zu seinen Sickerwegen gebraucht. In unserem Falle ist der Durchsickerungsweg kurz und steil. An denselben setzt sich dann ein längerer Weg an, in welchem die Verzögerung die Zeit ist, in der eine Veränderung des hydrostatischen Druckes durch das wassergefüllte Gebirge sich fortpflanzt.

Vorübergehender Wärmerückschlag während der Frühlingsschmelze zeigt sich in etwas Anhalten oder spurweisem Rückgang des Quellensteigens ebenfalls manchmal fast sofort, am häufigsten mit 2 bis 6 oder auch 9 bis 11 Tagen Verzögerung. Nur selten dehnt sich die Verzögerung noch länger aus. Eine ganz grosse Kälte kann auch noch im Winter mit 10 bis 12 Tagen Verspätung den Quellertrag vermindern.

Starke und anhaltende Regen im Sommer, Herbst und Winter während dem allgemeinen Rückgang des Quellertrages haben oft gar keine, oder nur eine geringe Einwirkung auf den Quellertrag. Immerhin kann man eine ziemliche Anzahl Fälle erkennen, in denen eine Speisung der Quelle durch Regen deutlich ist. Hierbei treffen wir auf Verzögerungen von 7 bis 30 und mehr Tagen, am häufigsten und deutlichsten auf 15 Tage. Manchmal dauert es 1 bis 2 Monate, bis ein Herbst- oder Winterregen sich im Quellenguss als ein Bremsen im Rückgang oder — seltener — als ein Steigen bemerkbar macht. Mehrere Male war zu erkennen, dass ein Ansteigen der Quelle 15 Tage nach starken Niederschlägen begann, dass der darauf folgende Abfall aber langsamer war und sich über 30 Tage erstreckte.

Die Parallelität der Schwankungen von Therme und Tamina besteht teilweise schon in den Monatsmitteln, aber viel deutlicher in den verschiedenen Jahreserträgen — im einzelnen der Zeit aber nicht. Wo die Quelle eine gewisse Parallelität in ihrem Ertragsgang mit der Tamina erkennen lässt, so folgt sie mit wechselnden Verzögerungen von bloss 2 bis 5, häufiger von ca. 20 Tagen oder noch mehr, nach. Jeder Einzelfall hat seine Besonderheiten. Der Zusammenhang in den Ertragsschwankungen von Tamina und Therme ist eben bloss ein indirekter, da keines der beiden das andere speist und die Speisung beider aus den Niederschlägen mit verschiedener Auslese geschieht. Davon her rührt auch die verschiedene Empfindlichkeit der beiden auf verschiedene Witterungsfaktoren. Die Tamina reagiert das ganze Jahr sofort auf warme Niederschläge (Regen), die Therme nicht. Die Quelle zeigt sich sehr empfindlich auf Wärme im Frühling. Die Tamina steigt bei grosser Wärme durch Gletscherschmelze auch noch im Spätsommer, die Therme nicht.

Im höchsten Fall, und nur sehr ausnahmsweise, bringen es Sommer-, Herbst- und Winter-Niederschläge dazu, den Thermalertrag für etwa 1 bis 2 Monate um 500 bis 1500 Ml. zu heben, häufiger bleibt ihre zeitweise Wirkung unter 500 Ml.

Wir kommen zu der Erkenntnis, dass der Thermalerguss besteht aus:

1. Schneeschmelze

Maximum über 10 000 Ml.

Normal im Frühsommer 6000 Ml.

Minimum im II oder III 0 bis 1000 Ml.

2. Niederschläge von Sommer, Herbst und Winter
hie und da während 1 bis 2 Monaten

200 bis 1500 Ml., selten bis 2000 Ml.

Im Mittel scheint mir, dass unsere Therme zu mehr als $\frac{4}{5}$ aus Schneeschmelze, zu kaum $\frac{1}{5}$ aus anderer Niederschlagsversickerung erzeugt wird. Man bekommt den Eindruck, es seien hier gewissermassen zwei Quellen oder doch zwei Quellenkomponenten miteinander verknüpft oder aufeinander gepfropft:

1) Eine periodische Schneeschmelzquelle, ein „Maibrunnen“, fliessend von IV bis ca. X.

2) Eine Quelle gespeist von den Niederschlägen der schneefreien Zeiten, fliessend das ganze Jahr.

Beide greifen ineinander, indem warme Regen auch im Winter vorkommen können und die Schneeschmelze sich bis in den VIII ausdehnen kann. Die Quelle No. 1 ist die gewaltige Variable von 0 bis über 10 000 Ml. schwankende, die Quelle No. 2 ist die kleinere aber bedeutend konstantere, weil ihre Ernährung durch den grössten Teil des Jahres stattfinden kann. Beide gehen im Boden die gleichen Wege, beide fliessen zusammen aus. Am deutlichsten und wertvollstes äussert sich No. 2 immer im Spätsommer und Herbst, wenn No. 1 dem Verschwinden entgegengeht.

Im ganzen ist die Pfäfersertherme vollständig das Kind der Witterungserscheinungen. Sie ist das Produkt der Witterungsfaktoren, übermittelt durch das Sieb des Gebirgsbaues. Wie ihre grosse Jahresschwankung ein rasches Temperament im Anstieg des Frühlings zeigt (3 Monate), während der nachfolgende Rückgang etwas gemächlicher stattfindet (9 Monate), so gehen auch im einzelnen Kleinen alle Zunahmen rascher, die Abnahmen langsamer vor sich. Der Quellenanstieg folgt der Wärmezunahme des Frühlings in 2 bis 8, die Abnahme folgt einer Kältewelle in 9 bis 11 Tagen nach. Auch diese Erscheinung entspricht dem Charakter des Reservoirs im Berginneren. Auf vermehrten Zufluss steigt jedes Reservoir, auch ein See, schneller, als er nachher wieder sinkt.

Die Schwankungen im Ertrag unserer Therme sind also sehr gross, die Verzögerungen der atmosphärischen Einflüsse sehr kurz. Unsere Therme hat ein sehr lebhaftes Temperament. Welcher Unterschied gegenüber den Thermen von Baden, bei denen keine monatlichen Schwankungen vorkommen und die Verzögerung $1\frac{1}{2}$ bis 2 Jahre beträgt! Für unsere Therme ist das Reservoir im Berginneren ein Glück. Es hilft ihr zur sicheren Reinigung und zur konstanten Temperatur. Ein Glück sind auch die grossen Höhendifferenzen im Sammelgebiet. Ohne Staureservoir und Höhendifferenzen wären die Ertragsschwankungen noch grösser und dann auch begleitet von

Schwankungen in Temperatur und chemischer Zusammensetzung, eventuell Reinheit. Die Schneeschmelze setzt im Mittel der letzten 15 Jahre auf 900 m Höhe (Vättis) im April ein. Anfang Mai steigt sie auf 1500 m, erreicht im Juni 1600 bis 2000 m (Dir. MAURER). Im Anfang Juli ist der Boden von 2000 bis 2250 m in der Hauptsache schneefrei geworden. Je höher, desto wechselvoller gestaltet sie sich nach der lokalen Exposition und Anhäufung, so dass dann die allgemeine Schneedecke in Flecken sich auflöst, von denen manche noch bis in den Sommer aushalten. In ihrem Ertragswechsel gleicht unsere Therme einer Quelle des Kalksteingebirges — das ist sie ja! Sie ist so tief im Gebirgsbau begründet, dass sie, trotz ihren erschreckenden zeitweisen Niederständen, uns sicherlich nicht verloren gehen, sondern immer zunehmen und abnehmen wird, wie es seit bald 700 Jahren beachtet worden ist, fort und fort, noch durch Jahrhunderte und Jahrtausende! Sie ist durch den Einschnitt der Tamina zum Austritt befreit worden. Die Taminaschlucht ist gleich alt wie der Rheinfall. Wie dieser ist auch sie durch eine Verschiebung des Talweges („Epigenese“) zu Ende der letzten Vergletscherung entstanden.

III. Zur Auswertung der Resultate.

Die nähere Auswertung der Pumpexperimente an der Quelle, welche vom XII 1925 bis III 1926 vom Ingenieuramte des Kantons St. Gallen ausgeführt worden und uns dann in Tabellen und graphischen Darstellungen gegeben worden sind, zusammen mit Beobachtungen aus früheren Jahren, ist eingehend von Herrn Ingenieur BERNOLD ausgearbeitet und in unserem Expertenbericht an die Gemeinde Ragaz niedergelegt worden. Darauf kann hier nicht näher eingetreten werden, weil dazu ein grosses Material graphischer Darstellungen notwendig wäre. Wohl aber sollen hier noch einige Resultate unserer Zusammenarbeit dargelegt werden.

Wir sind sowohl bei der Betrachtung des Gebirgsbaues als auch der Eigenschaften und des Verhaltens der Quelle darauf gestossen, dass: ein unterirdisches Reservoir und ein unbekannter unterirdischer Ablauf („Weglauf“) vorhanden sein müssen. Das sind neue Erkenntnisse von grosser praktischer Bedeutung, denn hieraus ergibt sich die Möglichkeit, in Zeiten der Niederstände viel mehr Wasser zu gewinnen, als von selbst ausfliessen kann. Ich stelle die hierauf bezüglichen Tatsachen, Beweise und Schlüsse kurz zusammen.

A. Vom unterirdischen Reservoir der Therme.

Dass zwischen dem Sammelgebiet und der Thermalquelle im Wasserwege eine unterirdische Vorratskammer eingeschaltet liegt, oder dass ein Teil des unterirdischen Quellaufes als solche wirkt, geht aus folgenden Erscheinungen mit Sicherheit hervor:

1. Der geologische Bau des Gebietes zeigt uns in hohen Alpterrassen den durchlässigen, Wasser aufnehmenden Seewerkalk und Schrattenkalk, eingeschlossen zwischen den undurchlässigen Globigerinenschiefern oben und den undurchlässigen Drusbergschichten unten, als zum Sammelgebiete entblösst. Dann fallen diese Schichten steil gegen NNW in die Tiefe, bilden dort eine Mulde, worauf sie weiter nördlich wieder zu einem Gewölbe emporsteigen, aus dessen S-Schenkel nahe dem Scheitel die Quelle entspringt. Die sämtlichen, gewiss reichlich netzförmig untereinander zusammenhängenden Wassergänge im Gebiete der Mulde müssen also alle bis zum Niveau der Therme mit Wasser gefüllt sein, damit, und so lange die Therme fließt. Ihr Summeninhalt bildet das unterirdische Reservoir, das die Therme als seinen Überlauf speist.

Wir haben schon früher (S. 99) das Gesteinsvolumen des Reservoirs auf 2000 bis 3000 Millionen m³, den Wassergehalt auf 2 000 000 m³ schätzungsweise berechnet.

2. Bezeichnend und beweisend für das Vorhandensein eines Reservoirs bis dicht an den Austrittspunkt der gesamten Quellwege ist die Erscheinung, dass bei den starken Variationen im Quellertrage die Zunahme sehr rasch, der Rückgang viel langsamer stattfindet. Beim Ansteigen handelt es sich eben nur um die rasche Übertragung des vermehrten Druckes von der Einflußstelle zur Ausflußstelle des Reservoirs, beim Sinken dagegen kommt in höherem Masse die Zeit für das Durchlaufen zur Geltung.

3. Die hohe Konstanz in Temperatur und chemischer Beschaffenheit trotz den gewaltigen Wechseln im Ertrag nach Jahreszeiten und Jahrgängen beweist eine gründliche Ausgleichung, wie sie nur durch Lagerung des Wassers in einem grossen Reservoir zustande kommen kann.

Herr Ingenieur BERNOLD berichtet wie folgt:

„Im Winter 1921/22 stand das Wasser in der Quellspalte tiefer als alle bekannten Ausläufe, es war gar kein Ausguss der Therme vorhanden. Trotzdem sank der Wasserspiegel in der Quellspalte täglich um etwa 2,5 cm. Also sind unsichtbare unterirdische Abläufe vorhanden. Mit einer Pumpe, die bis zu 3000 Ml. lieferte, wollten wir den Quellschacht auspumpen, um ihn zu vertiefen. Wurden einige

Stunden lang 1000 Ml. abgesogen, so brachte man den Wasserspiegel 0,62 m tiefer. Bei 2000 Ml. Entnahme 1,00 m, bei 3000 Ml. 1,30 m hinab, und nicht weiter. Wurde die Pumpe abgestellt, so stieg der Wasserspiegel wieder auf die gleiche Höhe, wie er vor dem Pumpen stand. Das regelmässige Verhalten der Einsenkung des Wasserspiegels je nach der Entnahme war ganz dasselbe wie bei einem Grundwasserbrunnen. Bei der Thermalquelle ist die Einsenkung das Gefälle, das nötig ist, um das Thermalwasser aus dem Reservoir im Berginnern durch die Felsspalten zu der Quelle zu drücken. Ist das Gesetz zwischen Einsenkung und Wasserentnahme aus der Quelle bekannt, so kann man auf die Höhenlage des Wasserspiegels im Reservoir des Berges schliessen.“

„Bei den 4 Monate dauernden Pumpversuchen im Winter 1925/26 wurde das 1921/22 gefundene Gesetz für die Einsenkung bestätigt und viel wertvolles Material über die Bewegung des Wasserspiegels im Berginnern und die Grösse des Reservoirs gewonnen. In der Versuchsreihe konnten mit Sicherheit manche Punkte bestimmt werden, an denen der Wasserspiegel im Reservoir annähernd ruhig blieb. In einem solchen Zustande ist der unterirdische Zufluss aus dem Einsickerungsgebiete gerade so gross wie der unterirdische Abfluss zusammen mit der Entnahme durch die Pumpe. Was gepumpt wird, ist der Zuflussüberschuss über den unterirdischen unbekanntem Weglauf. Wird mehr gepumpt, so fällt der Spiegel im Reservoir, wird weniger gepumpt, so steigt er.“

Der Wasserspiegel in der Thermalspalte blieb in den Versuchen unverändert:

1. bis 4. I 1926	bei	Abpumpen	von	1300	Ml.
17. I	„	„	„	1000	„
6. II	„	„	„	700	„
19. II bis 13. III	„	„	„	800	„

„Die Wassermengen, die über oder unter dem Zuflussüberschuss gehoben wurden, konnten aus den Aufzeichnungen ermittelt werden und dazu die Wasserspiegelbewegung im Bergreservoir. Für jeden Zeitabschnitt in der Versuchsreihe, in dem mehr gepumpt wurde, als der Zuflussüberschuss war, wurde die aus dem Reservoir entnommene Wassermenge gesondert berechnet und durch die entsprechende Absenkung des Wasserspiegels im Reservoir dividiert. Dadurch ergab sich der Reservoirinhalt für je 1 cm Absenkung. Das gleiche wurde gemacht für die Zeitabschnitte, in denen weniger Wasser gepumpt wurde, als der Zuflussüberschuss ausmachte und in denen der Was-

erspiegel des Reservoirs infolgedessen stieg. Aus allen diesen Verhältnissen der Wassermengen, welche über oder unter dem Zuflussüberschuss entnommen wurden, zu den entsprechenden Absenkungen oder Auffüllungen des Reservoirs, ergab sich übereinstimmend die Zahl von je 140 m^3 Wasserertrag von je 1 cm Reservoirsenkung; ein Meter Reservoirhöhe enthält also 14000 m^3 Wasser.“

Dieses wichtige Resultat von Herrn BERNOLD führt uns zu weiteren nützlichen Betrachtungen: Das Reservoir im Gebirge wird durch einen muldenförmig umgebogenen nach Ost sanft abfallenden Schichtenkomplex von Gesteinen, durchsetzt von wasserführenden Spalten, gebildet, der eine Dicke von in Summe etwa 120 m hat. Ob derselbe flach liege oder muldenförmig eingebogen sei, ändert an seinem Inhalt nicht wesentlich. Der Gesamtwassergehalt des Bergreservoirs würde sich nach dem Ergebnis der Pumpversuche berechnen lassen als $= 120 \times 14000 = 1680000 \text{ m}^3$. Wir haben früher (S. 99) aus dem geologischen Bau und dem wahrscheinlichen mittleren Wassergehalt der Gesteine den Reservoirinhalt auf 1,620,000 bis 2,000,000 m^3 geschätzt. Wenn auch in dieser überraschenden Übereinstimmung ein gewisser Einschlag von glücklichem Zufall nicht in Abredé gestellt werden kann, so bleibt ihr doch eine wesentliche gegenseitige Bestätigung zwischen unseren verschiedenen Schätzungen und Resultaten zu eigen.

Die Zahl 1 cm Reservoir = 140 m^3 ist als eine mittlere Zahl für die ganze Höhe des wasserführenden Schichtenkomplexes zu betrachten, indem bei der vorhandenen Schichtlage jeder Horizontalschnitt von den untersten bis zu den obersten Teilen alle Schichten desselben trifft und bei jedem Pumpexperiment auch sie alle in Wirkung treten. Auch die Grösse der Füllungsoberfläche, die jeweilen die Absenkung von 1 cm zu ertragen hat, ändert sich nicht allzu sehr mit ihrem Niveau.

Alle Pumpversuche haben erwiesen, dass man durch noch wesentlich tieferes Abpumpen durchaus nicht Gefahr läuft, plötzlich ein vorhandenes unterirdisches Reservoir oder einen Zulauf zu erschöpfen. Man kann anscheinend die Quelle nicht „auspumpen“. Es muss ein sehr ergiebiges Reservoir vorhanden sein, das noch viel tiefer reicht. Der geologische Aufbau kann uns über die Tiefe des Bergreservoirs Aufschluss geben. Die normale Mächtigkeit des durchlässigen Komplexes von Seewerkalk bis an den Grund des Schrattenskalkes beträgt in diesen Gebieten ca. 130 m. Senkrecht durch Schichten von etwa 30° Neigung (bei der Quelle) gemessen, ergibt dies ca. 145 m. Der obere Rand des Seewerkalkes,

von dem aus diese Zahl zu rechnen ist, liegt an der Unterseite der Naturbrücke (Fig. 6) bei etwa 735 m, die Therme darunter bei ca. 690 m. Die undurchlässige Unterlage, das ist der randliche Boden des Reservoirs, wird bei $735 - 145 = 590$ m Meerhöhe, das ist bei ca. 100 m senkrecht unter der Therme vorhanden sein. Wegen schwankender Schichtlage und wechselnder Mächtigkeit der Schichtenkomplexe möchte ich für diese Tiefenberechnung eine Unsicherheit von ± 20 m annehmen. Auf so viel höher oder tiefer kommt es für unseren Zweck nicht an. Wir haben das Resultat gewonnen, dass wir noch weit mehr als 50 m tiefer abpumpen dürften, was einem Thermalwassergewinne von $5000 \times 140 = 700000 \text{ m}^3$ entsprechen würde, ohne das Reservoir im Gebirgsinneren zu erschöpfen! Eine Erschöpfung desselben ist für uns unerreichbar. Zudem handelt es sich ja nur um künstliche Mehrgewinnung in einzelnen Jahren nach trockenen Wintern und auch in solchen fast immer erst für die zweite Hälfte der Saison, oder gegen den Schluss derselben. Der Reservoirinhalt aus dem obersten Zehntel seiner Tiefe unter der normalen Quelle wird reichlich genügen.

B. Vom unbekanntem unterirdischen Weglauf.

Dass ein verborgener unterirdischer Zweigabfluss der Therme — wir wollen ihn kurzweg „Weglauf“ nennen — vorhanden ist, lässt sich aus folgenden Erscheinungen erkennen:

1. Nicht nur die früheren einzelnen verschieden hohen Ausflussstellen der Therme, sondern die ganze Therme als solche verrät durch ihre gewaltigen Ertragsschwankungen, die von über 10000 Ml. bis zum völligen Verschwinden gehen können, den Charakter einer grossen aufsteigenden Überschluckquelle, zu deren uns zugänglichen „Spitzenausläufen“ ein tieferer konstanterer Thermalstrom gehört.

2. Schon in früheren Zeiten der ungewöhnlichen Niederstände, dann wiederum im Winter 1921/22 und 1925/26, wenn die Therme gar keinen selbständigen Ausguss mehr lieferte und ruhig sich selbst überlassen blieb, zeigte in trockener Zeit ihr Wasserspiegel in der Quellspalte ein ständiges langsames Sinken. Es hielt also eine weitere Entleerung des Reservoirs auch ohne die sichtbaren bekannten Ausläufe stetsfort an.

3. Beim Wiederansaugen durch Heber oder Pumpe hatte je weilen das der abflusslosen Stauung entnommene Wasser immer sofort wieder seine normale hohe Temperatur. Es war also durch das Stehen in geringer Tiefe im Winter nicht abgekühlt.

Nur ein naher ständiger Durchlauf und eine gewisse Verbindung mit demselben kann die hohe Temperatur unter solchen Umständen erhalten.

4. Bescheiden gerechnet ergibt das Sammelgebiet (Alpterrassen N Vättis etc.) von über 6 km² mit $\frac{3}{4}$ m Jahresversickerung einen Quellenertrag von 4500000 m³ im Jahr. Im Jahresmittel bringt die Therme von Pfäfers aber nur etwa 2000000 m³. Das Sammelgebiet hat keine sichtbaren anderen Ausläufe, als nur unsere Therme. Es muss also die volle Hälfte des Eingesickerten einen anderen unsichtbaren, unterirdischen Weglauf benutzen.

Wohin gehen verborgene Wegläufe unserer Therme? Sie müssen aus dem Reservoir im Berginnern gespiesen werden (Begründung oben in Nr. 2), sie müssen z. T. auch unfern der Therme sich bewegen (Begründung oben in Nr. 3). An Vermutungen verschiedener Art fehlt es nicht.

Die kleine Therme am Ostfuss des Calanda 2 km N Untervaz mit 14° wurde für ein Anzeichen einer Abzweigung der Therme von Pfäfers angesprochen. Allein diese ist nur eine wenig tiefe „relative“ Therme, von den Wegen der grossen Therme durch tausende von Metern undurchlässigen Gebirges getrennt und einem ganz anderen geologischen Stockwerk des Gebirges angehörig.

Weit verbreitet ist die Meinung, der gesuchte Weglauf trete zerstreut unter der Tamina hervor. Diese Vermutung wäre im Winter bei niedrigem Wasserstande mit dem Thermometer in der Hand, die Tamina hinaufwatend unter Anwendung sichernder Hilfsmittel, leicht zu prüfen. Ein starker Thermalausguss in der Sohle der Tamina wäre freilich schon längst beobachtet worden. Übrigens spielt in diesen Vermutungen immer noch die Verwechslung von „spaltenförmiger Taminaschlucht“ mit „Thermalspalte“ die bewusste oder unbewusste Hauptrolle.

Aus Gründen des geologischen Baues und wegen Mangel an Gefälle ist es aber sehr unwahrscheinlich, dass Thermalausflüsse ausserhalb der einzig vorhandenen Thermalquerspalte am Taminagrunde sich finden und unterhalb wie oberhalb der eigentlichen Taminaschlucht im Gebiete der Flyschschiefer ist es unmöglich.

In der Umgebung ist der Seewerkalk sonst nirgends von einem tieferen Tale angeschnitten. Auch hat kein Tal eine Möglichkeit, ihn schon nach Jahrhunderten oder Jahrtausenden anzuschneiden. Kein Nebental kann durch Vertiefung uns die warme Quelle abgraben. Das ist günstig und beruhigend.

Wohl aber gibt es alte tiefere Talwege in der Umgebung, die

jetzt hoch zugeschüttet sind. Sie konnten dereinst den Seewerkalk angeschnitten und der Therme einen Teil ihres Wassers weggenommen haben. Das gilt vor allem vom grossen Rheintal, gegen dessen ehemaligen Boden hin der Scheitel des Thermalgewölbes abfällt. Am wahrscheinlichsten münden die gesuchten Thermalstromzweige unter 150 bis 250 m tiefer Schuttauffüllung am Rande des einstigen Rheinthales zwischen Ragaz und Tardisbrücke etwa 2 km talauswärts der letzteren. Suchen kann nicht auf Erfolg hoffen, Finden ist praktisch fast ausgeschlossen, Benützen unmöglich.

Der Talweg der Tamina vor der letzten Vergletscherung lag etwa 200 m westlich der Taminaschlucht. Vielleicht hat vor etwa 10000 bis 20000 Jahren die Therme dort ihren Austritt gefunden? Der Untergrund von Tal und Tamina ist ausserhalb des Thermalgewölbes undurchlässig. Ein dortiger Quellaustritt könnte sich nicht verborgen halten. Das dortige zugeschüttete Tal ist aber in der Austiefung um etwa 50 m zurückgeblieben. Das neue (epigenetische) Tal hat ihm seinen Thermalfluss abgeschnitten. Die Mündungsstelle der höheren älteren Talfurche in das neuere tiefere Tal ca. 500 m nördlich des Badgebäudes und ca. 50 m westlich über der Strasse (Fig. 10) ist trocken.

Man hat auch die Frage aufgeworfen, ob nicht durch ein tiefes Bohrloch in der Nähe der Therme noch mehr Thermalwasser gewonnen würde. So lange der Bohrer im Seewerkalk bleibt, ist es wohl möglich, dass er Thermalwasseradern trifft, aber schon das wäre ein glücklicher Zufall. Ob dies dann eine etwas selbständige Ader mit kräftigem Auftrieb sein wird, oder ob wir damit nur ein Stück der Therme an anderer Stelle abfangen, ist fraglich. Da wir das Bohrloch der örtlichen Verhältnisse halber nicht an einer wesentlich tieferen Stelle, als die Therme ansetzen können, würde das „natürliche Bohrloch“, das ist der Wasserweg in der Thermalspalte, die Oberhand behalten. Wir würden nur der Therme einen Teil ihres Wassers wegnehmen, wahrscheinlich ohne den Gesamtertrag wesentlich zu vermehren. Wenn wir das Bohrloch bis in den Malmkalk des Thermalgewölbes hinab treiben würden, was eine Tiefe von ca. 240 m (Oberrand des Malmkalkes, 30° Schichtenfall angenommen) bis 1030 m (Basis des Quintnerkalkes) ergeben würde, so würde wahrscheinlich warmes Wasser angetroffen. Dabei könnten drei verschiedene Fälle eintreten: Der Malmkalk ist nicht ganz gefüllt, sein Wasser steht nicht unter einem höheren hydrostatischen Druck. Dann steigt es im Bohrloch nicht auf. Oder es steigt auf, aber nicht hoch genug, um zu überfliessen. In diesen beiden Fällen bestünde die Gefahr, dass uns nun

das Wasser der höheren Schichten, darunter vom Thermalwasser des Seewer- und Schrattenkalkes, durch unser Bohrloch nach unten verschwinden würde. Nur bei stark gedrückter hydrostatischer Füllung des ganzen Malmkalkes wäre es möglich, in demselben eine aufsteigende und überfließende Therme zu erbohren. Das könnte mit mehr Aussicht auf Erfolg an vielen anderen tiefer gelegenen Stellen zutreffen. Allein gross wäre die Aussicht auf Erfolg aus dem Malmkalk wohl nirgends. Denn der autochthone Malmkalk, wo er in den Alpen in den tiefsten Anschnitten entblösst ist, lässt grosse kalte Quellen ohne viel Auftrieb ausfliessen (Tamins, Trins, Linthal, Erstfeld etc. etc.), und, wo er am S-Rande des Juragebirges unter der Molasse aufsteigt, bringt er keine Thermen.

Weder für das Auffinden und Nutzbarmachen des wahrscheinlichen unterirdischen Wegflusses aus unserem Thermalstrom in die Grundwasser des Rheintales hinaus, noch für das Auslösen neuer vermehrender Thermalergüsse durch Bohrungen sind die Aussichten günstig. Dagegen haben wir in der Vertiefung von Fassung und Abpumpen ein sicheres und gutes Mittel, um einen Teil des Weglaufes in die bestehende Quelle zu rufen.

Herr BERNOLD hat durch eine interessante Überlegung den wahrscheinlichen Betrag des gesuchten unterirdischen Wegflusses zu bemessen vermocht. Er kommt dabei auf den gleichen Betrag, den wir auch auf Grundlage der Leistung des Sammelgebietes als in der Therme fehlend berechnet haben. Er schreibt darüber wie folgt:

„Wenn schon der sichtbare Ertrag der Quelle in seinen Schwankungen von einem Jahr zum andern grosse Ähnlichkeit mit den Schwankungen der jährlichen Abflussmengen der Tamina zeigt, so ist anzunehmen, dass für die ganze Versickerung im Sammelgebiet der Therme diese Ähnlichkeit noch viel deutlicher wird. Beide, der jährliche Abfluss in der Tamina und der jährliche Zufluss zu der Therme sind über die jahreszeitlichen Differenzen hinaus der Ausdruck von ausgeglichenen Summenwirkungen von Niederschlag und Temperatur. Der unsichtbare unterirdische Wegfluss muss als die tiefstliegende auch die konstanteste Komponente des Thermalstromes sein.“

„Wenn man nun zu den verschiedenen Jahreserträgen an der Quelle je noch 2 Millionen Kubikmeter hinzurechnet, so erhält man eine ganz überraschende Parallelität in der Kurve der Jahreserträge des so ergänzten Thermalstromes mit derjenigen des Taminaabflusses. Man erhält also einen Jahreszufluss zu der Therme, der von Jahr zu

Jahr sich prozentual ähnlich verändert wie der Jahresabfluss der Tamina. Durch die Annahme von 2 Millionen Kubikmeter unterirdischen Wegflusses sind also die vorangestellten Bedingungen erfüllt. Diese Grösse kann deshalb als wahrscheinlich bezeichnet werden“.

„Wir stossen damit abermals auf die schon notierte Zahl, wonach der Jahresertrag der Quelle nur etwa die eine Hälfte der Versickerung, der unsichtbare Weglauf die andere Hälfte sein muss. Das gilt durchschnittlich. In trockenen Jahren wird der Ausfluss an der Quelle viel kleiner, in nassen Jahren viel grösser. Der unterirdische Weglauf bleibt annähernd konstant, ca. 2 Millionen Kubikmeter oder 3800 Liter in der Minute.“

C. Von der Vertiefung der Fassung.

1. Aussichten zur Wassergewinnung.

Das Reservoir im Berginnern und der unterirdische Weglauf sind die beiden neuen Erkenntnisse, auf Grund welcher eine Vermehrung des Quellertrages in Zeiten des Niederstandes gefunden und die ungerechtfertigte bisherige Ängstlichkeit gegen jeden Eingriff abgewiesen werden kann.

Alle Pumpversuche haben auf das Bestimmteste gezeigt, dass man bei wesentlich tieferem Abpumpen durchaus keine Gefahr läuft, plötzlich ein untiefes unterirdisches Reservoir zu erschöpfen oder auf den Boden eines kleinen beschränkten abfallenden Zulaufes zu treffen. Das vorhandene Reservoir, an dessen N-Rande die Therme liegt, ist hydrostatisch wie geologisch noch viel tiefer und ist ergiebig auch weit unter die bisherigen Absenkungen des Quellenspiegels hinab. Es reicht viel tiefer, als wir mit unseren Fassungen je hinabgreifen könnten oder als die Vertiefung nützlich wäre. Überdies hat sich aus den Versuchen ergeben, dass wir es auch im Winter bei tiefgreifendem Abpumpen nicht nur mit einem stagnierenden Reservoir zu tun haben, sondern dass überdies noch ein steter Zufluss von Thermalwasser vorhanden ist, das, wenn es nicht abgepumpt wird, oder soweit es nicht abgepumpt wird, nach anderen unbekanntem tieferen Austrittspunkten seinen Ausweg (Weglauf) findet. In Zeiten des Wassermangels bei natürlichem Überlauf stehen uns zur Benützung durch Absaugen oder Abpumpen unter den natürlichen Überlauf der Stollenquelle zu Gebote:

1. Eine Reservoirentnahme aus dem Berginnern von 140 m³ mit je 1 cm Absenken des Wasserstandes der Stollenquelle, den wir langsamer oder rascher bis auf beliebige Tiefe beziehen können.

2. Je nach der Tiefe, zu der wir abpumpen, ein unterirdischer „Reservoirzufluss-Überschuss“ von 500 bis 1500 ML., den wir dem unterirdischen „Weglauf“ (Abwegen) des Thermalstromes wegsaugen.

Selbstverständlich können wir diese beiden Wasserzuflüsse nicht getrennt finden, sie werden uns zusammen auf dem gleichen Wege und durch das gleiche Mittel in die gleiche Fassung fließen.

Sicherlich dürfen wir sagen, dass wir ohne Gefahr alles uns Mögliche tun dürfen, um, wenn der Wassermangel bei natürlichem Quellüberlauf einsetzt, und die Niederstände drohen, vom inneren Reservoir und vom Weglauf abzusaugen und abzupumpen. Es ist dies auch keine Raubwirtschaft. Der mit seltenen Ausnahmen ungeheure Überfluss des Schmelzwassers von Anfang Mai bis in den Juni, der sonst nutzlos in die Tamina hinaus überfließen muss, wird in wenigen Tagen alles Weggenommene wieder reichlich ersetzen, oder dieser Ersatz ist schon teilweise im Laufe des Winters eingetreten. Es müssten schon 2 oder 3 Jahre mit ausserordentlich trockenen Wintern aufeinander folgen, bis der natürliche Ersatz nicht mehr genügen würde.

Bei den derzeitigen Einrichtungen ist der Stollenquellenstand im Maximum um $3\frac{1}{2}$ m gesenkt worden, was $350 \times 140 = 49\,000 \text{ m}^3$ erzielt hat. Dies, auf 2 Monate vor dem Saisonende verteilt, ergäbe eine tägliche Absenkung um 5 cm und einen ständigen Mehrausfluss von 570 ML. Thermalwasser. Eine Absenkung um 5 m würde während 2 Monaten entstanden 810 ML. mehr liefern, als der freie Quellüberlauf bei 693,6 Meerhöhe (Fig. 8). Dies wenigstens sollten wir bei Bedürfnis immer erlangen.

Es ist nun sehr wahrscheinlich, dass wir nach tieferer Fassung und bei möglichster Vertiefung des Absaugens oder Abpumpens noch weiter in diesem gleichen Verhältnis den Ertrag steigern und verlängern können. Es ist aus gewissen Gründen möglich, dass in der Wirklichkeit der Erfolg sich noch günstiger stellt, als nach obigen Zahlen. Schon bisher konnte durch den Heber in der Thermalspalte (Stollenquelle) mehr Wasser entnommen werden, als sonst aus ihr überfließt, wobei ihr Wasserspiegel auf eine bestimmte Tiefe und dann nicht mehr weiter absinkt. Wahrscheinlich kommt das her vom Herbeisaugen aus dem „Weglauf“.

Die Saison 1925 ist durch die Tieferfassung der Quelle 1921/22 und durch Einsetzen des Hebers (Fig. 8 und 9) einigermaßen gerettet worden. Wir können in gleicher Art noch weiter gehen, um noch mehr Sicherheit zu verlangen. Je intensiver abgesogen wird, desto

mehr liefert die Quelle. Es scheint uns, dass man bei richtiger Vertiefung der Fassung und Verstärkung der Vorrichtungen zum Abpumpen und Absaugen dazu gelangen könne, mit seltenen Ausnahmen den Thermalertrag bis Schluss der Saison auf 2500 *ML.* zu erhalten.

2. Zur Ausführung der Tieferfassung.

Jede Beobachtung, jede Überlegung drängt uns auf die Forderung: Vertiefung der Fassung und dadurch des Niveau, aus welchem das Thermalwasser zur Benützung abgeführt werden kann. Jetzt liegt die tiefstmögliche Wasserentnahme bei 687,88 *m* Meerhöhe. Die Taminasohle daneben steht auf 688,50. Wir befinden uns also im Grunde der Stollenschachtquelle 0,62 *m* unter der Taminasohle (Fig. 8). Wie weit darf die Fassung und die Wasserentnahme noch vertieft werden, und wie hat dies zu geschehen? Leider sind die natürlichen Gefällsverhältnisse ungünstig. Die Quelle sollte bedeutend tiefer als die Tamina abfließen können, aber nicht einmal das Gefälle der Tamina steht zur Verfügung, weil die Bäder des Bades Pfäfers nicht noch tiefer gesetzt werden können. Es muss auf Heber und Pumpwerk abgestellt werden.

Irgend ein nach der Lage oder Richtung planartig geometrisch vorgezeichneter Schacht zur Tieferfassung ist nicht anzuraten. Er könnte uns abseits der Hauptquelladern führen und es wäre dann vielleicht sehr schwierig, das Wasser wieder zu finden. Von Vertikal-schacht oder Bohrung nach starrem Projekt ist abzuraten. Wir müssen uns der Natur anpassen, indem wir auf dem vorhandenen natürlichen Quellwege als Wegweiser dem Hauptquellenarm entgegen unter stetem Abpumpen des Wassers in die Tiefe vordringen. Wenn auch dieses dem Wasser Entgegengehen uns krumme Wege führen kann, sind wir dann doch sicher, nicht von der Hauptquelle abseits zu geraten und dieselbe nie zu verlieren. Je mehr wir dem Wasser den Zutritt zu unserer Fassungsstelle erleichtern, desto mehr werden andere verborgene Wege abnehmen. Der Wasserandrang wird sich unter allen Umständen stets am meisten gegen die Pumpstelle wenden — ob wir im senkrechten Schacht oder auf dem Quellwege arbeiten. Die Arbeit auf dem Thermalwege und der Thermalspalte wird das Ausbrechen des Felsens wesentlich leichter gestalten, als die Arbeit in einem Schacht im geschlossenen Fels sein würde.

Brüchige Stellen der Spaltwände sind zu säubern und dann gut mit Zement oder Zementmauerwerk auszukleiden. Möglicherweise ist auch hie und da ein Stützpfiler oder ein Sprengbogen, vielleicht sogar geschlossenes Auswölben schachtartig oder stollenartig empfehlens-

wert. Auf das Einsetzen dauernder Pumpwerke ist Bedacht zu nehmen. Schlägel und Meissel sollen den Quellzutritt und unsern Weg nach der Tiefe erleichtern. Kleine Sprengungen halte ich für erlaubt, möglichste Beschränkung der Sprengarbeit für wünschenswert. Absatzkrusten der Quelle an den Wänden des Quellganges sind möglichst zu schonen. Man muss sich da ganz nach der Beschaffenheit des Felsens und des Hauptquellganges richten. Es lässt sich kein genaueres Projekt im voraus festlegen. Auf die Geschicklichkeit des Vorarbeiters kommt vieles an.

Die Frage: Wie tief man mit der Fassung gehen solle, ist in unserem Falle zunächst bedingt durch die Gefällsverhältnisse für den Ablauf. Vorerst soll man allerwenigstens so tief sich praktisch einrichten, als es noch möglich ist, das Wasser durch den Heber herauszubefördern. Dies bedingt für den tiefsten Wasserstand ein Niveau von 688,0 m über Meer. Das wird nicht gründlich helfen. Wir wünschen wesentlich tiefer zu gehen — 10 (vielleicht mehr?) m unter den Pegel-0-Punkt. Dafür muss ein Pumpwerk eingesetzt werden. Wir denken uns zunächst eine Pumpe mit etwa 6 m Saughöhe unter dem Heber angesetzt. Selbstverständlich handelt es sich dabei um Vorrichtungen, welche später nur zeitweise in Betrieb gesetzt werden müssen. Dafür sind Studien von Ingenieur und Mechaniker notwendig.

Wir könnten die Fassung um 50 bis 100 m vertiefen, bevor wir an den Untergrund des Gebirgsreservoirs gelangen oder dasselbe verlieren würden. Das wäre aber weit tiefer, als technisch und wirtschaftlich möglich oder wünschenswert wäre. Aber auf eine weitere Vertiefung um über 10 m darf man sich einstellen. Wenn das Thermalwasser uns den Weg weisen sollte, so würde ich es keinen Augenblick scheuen, ihm mit Tunnel unter der Tamina durch entgegen zu gehen. Bei richtigem Bau ist kein Einbruch des Taminawassers zu fürchten. Dabei ist angenommen, dass die bestehenden Quellfassungen in der Tamina, die aus einer Zeit stammen, da man noch nicht über einen vollwertigen Zement verfügte, revidiert und verbessert werden. Man kann entweder die bisherigen Fassungen nur reparieren, oder man verschliesst die Quellaustritte im Fels vollständig und zwingt dadurch ihr Wasser in der Hauptader, aus der sie ja irgendwo in der Nähe abzweigen, zu bleiben und mit dieser in die Hauptfassung zu gehen („Abstauen“). Vielleicht kann man durch die neue Hauptfassung diese Taminabodenquellen in der Tiefe durchschneiden. Dann treten sie von selbst in die Hauptfassung, und es bleibt uns nur noch übrig, ihr abgeschnittenes Rinnsal unter der Taminasohle auch noch von der Seite der Hauptfassung aus zu verschliessen.

Die Hauptfassung selbst tiefer als das Taminabett zu setzen, bietet keine besonderen Gefahren. Ein allfälliger Eintritt von Taminawasser wird leicht zu bewältigen sein. Sollten noch auf bisher nicht gefundenen Umwegen feine Verbindungsklüfte zwischen Tamina und Therme bestehen, so werden dieselben fast von selbst unschädlich bleiben: Bei Thermalstand niedriger als Taminabett dadurch, dass die Tamina ihr Bett durch ihre Geschiebe mit Sand und feinem Schlamm rasch vollkommen abdichten wird — bei Thermalstand höher als Tamina wird der Überdruck des Thermalwassers kein Taminawasser in die Fassung eindringen lassen.

Noch andere Sicherungsmittel sind möglich.

Unter allen Umständen würde man während einer Vertiefung der Fassung jeden Eintritt von kaltem Wasser — sei es Taminawasser oder Wasser kalter Felsquellen — sofort an Temperaturabnahme wahrnehmen und die betreffenden Zutrittsstellen könnten abgeschlossen werden. Der Überdruck allfälliger Kaltwasserzuflüsse kann nicht gross sein und im ganzen kann man sagen: es ist recht unwahrscheinlich, dass man bei der Vertiefung der Fassung auf irgend welche Adern von Wasser treffe, das nicht zur Therme gehörte.

Vielleicht, und das wäre sehr zu wünschen, trifft man bei der Vertiefung auf Quellgerinne, die von der Therme weg gegen Ost oder Nordost abwärts weggleiten. Das wären solche, welche die „Thermalverluste auf unbekanntem Abwegen“ ergeben. Die Ansatzstellen dieser Abwege müssten erst gut geöffnet und dann mit starkem Zementpfropfen fest abgeschlossen werden.

In einem Gutachten (von 1921?) warnte Prof. KÖNIGSBERGER: „Starkes Abpumpen sei nur dann ungefährlich, wenn man in gleicher oder grösserer Höhe Quellwasser austretend kenne und starke Wasserentnahme bringe die Gefahr von schädlichen Zusammenbrüchen von Klüften auf Quellwegen im Inneren des Gebirges mit sich.“ Nach unserem Ermessen ist dies eine unbegründete Ängstlichkeit in diesem Gebirge. Die erstere Reflexion ist mir bei einer weit aufsteigenden Quelle unverständlich. Zur zweiten ist zu sagen, dass, wenn das Gebirge im Innern so brüchig und blöde wäre, solche Zusammenbrüche längst durch die natürlichen Schwankungen im Wasserstand ausgelöst worden wären, und dass durch den schon viele Jahrtausende alten Bestand der Therme die inneren Wasserwege bereits stabil genug geworden sein werden, so dass sie einer Kleinigkeit wegen, wie einige Meter Wasserdruckabnahme, nicht zusammenbrechen werden.

D. Andere Hilfsmittel.

Unser Gutachten enthält ein Register von im ganzen 20 Vorschlägen, die der Abwehr der Folgen von Rückgängen im Thermalertrag direkt und indirekt dienen können. Viele Einzelheiten, die da in Betracht fallen, betreffen nur die interne Organisation des Kurbetriebes wie z. B. Sparmassnahmen, Abwehrmittel gegen Vergeudung. In letzterer Beziehung haben wir empfohlen, von dem Moment an, wo bei vollem Betriebe der Überlauf der Therme in die Tamina absteht, gewisse Sparsamkeitsmassregeln zu handhaben, um das Wasser, das sonst unnütz durch die Bäder fliesst, zur Aufspeicherung im Bergreservoir zu zwingen (entsprechende Einstellung von Durchflusshähnen etc. etc.). Die Tendenz muss dahin gehen, nicht mehr ablaufen zu lassen, als dem nötigen Verbrauch entspricht.

Im übrigen sei nur auf zwei Gesichtspunkte hingewiesen:

1. Zuleitung von Wasser, das sonst vorbeifliesse, zur Versickerung in das Sammelgebiet der Therme. Die Aussichten für die Möglichkeit und den Erfolg eines solchen Vorgehens sind nicht ungünstig.

2. Mehr Beobachtung. Die Beobachtung unserer Therme sollte wesentlich verbessert und vertieft und die Registrierung ihrer Erscheinungen erweitert und z. T. automatisiert und jedenfalls stetig durchgeführt werden. Dadurch könnten noch wesentliche Ergänzungen für unser Verständnis gewonnen werden. Um den Erguss der Therme zu messen, sind bessere Messvorrichtungen notwendig, um die Temperaturschwankungen kennen zu lernen, feine angepasste Thermometer. Ein Objekt wie diese Therme sollte beständig beobachtet und über ihr Benehmen Tagebuch geführt werden.

Von ganz grosser praktischer Bedeutung scheint uns, dass die meteorologischen Beobachtungen ausgedehnt werden. Am liebsten hätten wir eine meteorologische Station auf Vättnerberg, Ladils, oder Gelbberg errichtet. Die Schneemengen der Winterszeit im Sammelgebiet unserer Therme sollten an verschiedenen Stellen — St. Martin, Gelbberg, Vättnerberg — gemessen werden. In dieser Richtung ist das beste und einfachste Hilfsmittel die Aufstellung von einer Anzahl „Totalisatoren“ (Mougin-Apparate). Man kann dieselben jeweilen Ende März und bei Winteranfang ablesen, um die gesamte Schneemenge des Winters und die Niederschläge des Sommers daraus zu entnehmen. Vielleicht kann wenigstens einer der Apparate allwöchentlich abgelesen werden. Die Apparate müssen in verschiedenen Teilen, Höhen und Expositionen des Sammelgebietes aufgestellt werden. Wenn solche Messungen erst nur einige Jahre gemacht

worden sind, so werden wir schon viel besser als heute über Menge und Verteilung der Niederschläge und besonders des Schnees im Sammelgebiet der Therme und das Verhältnis zur Station Vättis aufgeklärt sein. Ich denke, es sollte ein Totalisator bei Vättis und deren wenigstens 4 auf den Alpterrassen errichtet werden.

Der grosse praktische Wert dieser Beobachtungen wird sich dann bald ergeben: Sind die Schneemengen an den Apparaten gegen Ende Februar oder im März abgelesen, so wird man im Vergleich mit den Schneemengen der Vorjahre und ihrer Quellerträge sofort erkennen können, welcher Art die kommende Saison werden kann. Man wird im voraus wissen, ob ein starker aushaltender Erguss möglich, oder ein kurzer mit früh einsetzendem Mangel zu erwarten ist und man wird allmählich lernen, auch alle anderen Einflüsse, wie grosse Kälte etc., viel sicherer zu beurteilen. An der Natur und an dem, was sie aus ihren Niederschlägen machen wird, können wir ja nichts Wesentliches ändern. Dagegen kann man sich in den Vorbereitungen zur Badesaison auf die Voraussicht hin einrichten. Man steht nicht mehr vor Dingen, die unvorhergesehen einschlagen können. Wir haben die beteiligten Kurortsbehörden darauf hingewiesen, dass wir zwar heute nicht sagen können, was alles die vermehrte Beobachtung ergeben wird, dass wir aber daran festhalten, dass Hilfe der einen oder anderen Art stets nur an Hand möglichst weitgehender genauer Beobachtung der Natur, von der wir abhängen, gefunden werden kann.

E. Pfäfers und Baden.

Ich will nicht eine Einteilung unserer Quellen versuchen. Wohl aber kann ich es nicht unterlassen, die Therme von Pfäfers noch in Vergleich zu bringen mit der Thermengruppe von Baden an der Limmat. Trotz grossen Verschiedenheiten in ihrem Verhalten haben sie grosse Ähnlichkeiten in ihrer Entstehung.

Beide werden durch Sickerwässer genährt, welche auf hohen Terrassen oder in hohen Tälern der Alpen in einem leicht durchlässigen Komplex von Kalksteinen oder Dolomiten eindringen, der zwischen tonigen undurchlässigen Schichtmassen eingeschlossen ist. Die Lagerung der Schichtmassen bestimmt den Quellenweg. In beiden Fällen sinken die Schichten gegen N in die allgemein warme Tiefe ein. Kein vulkanischer Vorgang ist an ihrer Erwärmung beteiligt. Dann steigen sie wieder im Gewölbe einer Erdrindenfalte auf, wo ihre Adern dann von einem Fluss aufgeschnitten werden. Siphonförmige

Lagerung mit hoch gelegenem Einflussgebiet und tieferem Befreiungspunkt treiben das Wasser.

Die Therme (oder Thermengruppe) von Baden (und ebenso Schinznach und Hauensteintunnel) werden geführt durch die Kalksteine und Dolomite der mittleren Trias — Rötidolomit in den Alpen, übergehend in den Muschelkalk des Juragebirges — und sind festgehalten nach oben abgeschlossen durch die Quartenschiefer, Keupermergel und Liasschiefer, nach unten durch das altkristalline Gebirge oder die Anhydritgruppe des unteren Muschelkalkes. Das Sammelgebiet der Thermen von Baden liegt z. T. vielleicht auch in der Umrandung von Vättis, sodann im Limmernboden, der Sandalp, dem Engelbergertal, Gadmental und Urbachtal. Die sie führenden Schichten tauchen am Nordrand der Alpen wohl über 3000 m tief. Nach N gegen den Jura hin steigen sie langsam wieder höher. Unter Zürich mögen sie noch etwa 1500 m unter der Oberfläche bei 50 bis 60° Wärme liegen. Dann in der Lägern sind die Schichten aufgestaut zur südlichsten Faltenkette des Juragebirges. Die Limmat durchschneidet mittelst Quertal die Kette bis auf ihren Triaskern. Aus dem Scheitelbruch der nördlich überliegenden Falte tritt an etwa 20 Stellen die warme Quelle mit Auftrieb hervor. Alle liegen beisammen in dem kleinen Fleck, wo die Limmat die Falte bis in die Kernschichten aufgeschnitten hat. Das Sammelgebiet liegt in den Alpen, die Quelle im Jura. Baden war die erste und nächste Stelle, wo der undurchlässige überliegende Schichtmantel ein Loch und zudem die Schichten einen erleichternden Bruch haben.

Die Unterschiede im Benehmen der beiden Thermen sind bedingt durch den sehr ungleich langen Weg, den ihre Wasser von der Einsickerung bis zur Quelle durchfliessen müssen. Für die inneralpine Therme von Pfäfers ist der Wasserweg 6 bis höchstens 12 km lang mit etwa 1500 m mittlerem Gefälle ($= 160\text{‰}$). Die ausseralpine Therme von Baden hat eine Weglänge von 80 bis 100 km mit 500 bis 1500 m Gefälle ($= 10\text{‰}$) hinter sich. Der steile, kurze Weg lässt die Pfäfersertherme ihren Ertrag rasch und stark ändern. Sie empfindet die Ereignisse im Sammelgebiet, Frost oder Tauwetter, schon nach 2 bis 7, spätestens nach 30 Tagen und schwankt im Ertrag zwischen 0 und 15000 Minutenliter, Ertragsveränderlichkeit also über 1000‰. In grossem Gegensatz zu diesem stürmischen Temperament und dieser wechselnden Stimmung der alpinen Schwester ist die Therme von Baden durch den langen hemmungsreichen Weg ausgeglichen, so dass sie, alle Ausflüsse zusammengerechnet, mit Minimum 800 Minutenliter, Maximum 900 Ml. kaum um 9‰ schwankt. Die

Jahreszeiten sind im Quellenerguss ausgeglichen. Nur noch stark verschiedene aufeinanderfolgende Jahre werden in Baden mit $1\frac{1}{2}$ bis 2 Jahren Verzögerung bemerkbar. Pfäfers ist Akratotherme, das nach Baden fließende Alpenwasser dagegen hatte Kontakt und Zeit und Reibung genug, um sich kräftig zu mineralisieren.

Ähnlich sind die beiden in ihrer Temperatur, Pfäfers hat $37\frac{1}{2}^{\circ}$, Baden 48° . In sich selbst sind sie, jede für sich, vollständig ausgeglichene Persönlichkeiten. Seit Menschen sie beobachten, ist jede jahraus jahrein in ihrer eigentümlichen chemischen Zusammensetzung und ihrer Wärme konstant geblieben.

Beide Thermen sind auf ihren Wegen Felsschichtquellen. Beide treten zuletzt noch mittelst eines Felsbruches in einem Faltenscheitel zutage. Beide sind durch ihren Tiefgang durch die Erde erwärmt. Beide sind erst dadurch als Quellen aus geschlossenem Felsenbett befreit worden, dass ein sich mühsam einsägender Fluss das Faltengebölbe, in welchem sie wieder näher an die Oberfläche steigen mussten, angeschnitten hat. In Baden fand dies gegen Ende der grössten Interglazialzeit statt. Die Therme von Pfäfers wurde erst zwei Eiszeiten später, am Ende der letzten Vergletscherung, abgedeckt; sie ist das jüngere von den beiden warmen und heilbringenden Kindern des alpinen Schnees.
