

DR. J. KNETT:

Grundzüge der Mineralquellentechnik.

Separatabdruck aus dem österreichischen Bäderbuch.

Alle Autorrechte vorbehalten.



Nicht im Handel.

URBAN & SCHWARZENBERG

BERLIN

N., FRIEDRICHSTRASSE 105 B.

WIEN

I, MAXIMILIANSTRASSE 4.

1914.

SEPARATABDRUCK

aus dem

„ÖSTERREICHISCHEN BÄDERBUCH“.

Herausgegeben von Dr. KARL DIEM.

Verlag: URBAN & SCHWARZENBERG, Wien.

Grundzüge der Mineralquellentechnik.

Topik, Physiographie und Statik; Fassung, Behandlung und Verwendung von Mineralquellen.

Von Dr. techn. Josef K n e t t, k. k. Quelleninspektor (Karlsbad).

Mit 8 Figuren auf 2 Tafeln.

Wohl auf keinem anderen Gebiete des Wissens und der Praxis ist bisher so Weniges und dabei so viel Unrichtiges in Wort und Schrift verlautbart worden, wie über diesen Gegenstand, insbesondere über die Fassung von Mineralquellen. Die meisten Äußerungen hierüber lassen den erforderlichen Weitblick und geordneten Gedankengang vermissen und entbehren auch deswegen eines Wertes für die Allgemeinheit, weil sie, nur von bestimmten Verhältnissen ausgehend, unzulässige Übertragungen auf andere hiervon ganz verschiedene ins Auge fassen. Die bezüglichen Erörterungen treffen daher beispielsweise für zehn ähnliche Fälle zu, für hunderte dagegen nicht.

Wiewohl immer wieder betont wird, daß jede Mineralquelle ihrem ganzen Wesen nach als ein Individuum für sich betrachtet werden müsse, fehlt es bisher gerade an einer zutreffenden Charakterisierung dieser individuellen Momente und sie werden zumeist auch bei der Ausführung mineralquellentechnischer Arbeiten, resp. von Quellenfassungen, häufig ganz außer acht gelassen. Darüber vermögen auch Berichte über angeblich erfolgreiche Arbeiten über diese oder jene Aufschluß- und Fassungsmethode durchaus nicht hinwegzutäuschen, zumal hierin oft vermeintlich neue oder universelle Ideen zum Ausdruck kommen, die in merito weder neu, noch manchmal richtig sind oder gar einen allein zum Ziele führenden Gedanken beinhalten.

Solcherart sind in die interessierten Kreise schon vielfach falsche Anschauungen getragen worden, die mitunter schwere finanzielle Einbußen mancher Quellenbesitzer und sogar dauernde Schädigungen einzelner Heilquellen im Gefolge hatten.

Wenn es in den bisherigen Bearbeitungen dieses umfangreichen Stoffes an der notwendigen Klarheit und wünschenswerten Systematik fehlt, so liegt die Ursache zweifellos in der Schwierigkeit dieses vielgestaltigen Themas, dessen Behandlung eingehende theoretische Kenntnisse und praktische Erfahrungen zur Voraussetzung haben muß. Das gleiche gilt auch für die selbständige Durchführung mineralquellentechnischer Arbeiten, die heutigentags nicht mehr in Mineralquellen-Fassungen allein bestehen, wie vor Jahrhunderten, wo man die Details der Quellentopik nicht ermaßen konnte und auch von dem physiographischen Verhalten der Mineralquellen fast nichts wußte.

Auf die Einzelheiten der bisherigen Schriften kann in vorliegender Abhandlung nicht eingegangen werden; sie selbst kann ja innerhalb des verfügbaren Raumes nur versuchen, eine kurzgefaßte Orientierung über die Hauptfragen der Mineralquellentechnik zu geben, entwickelt nach eigenen Gesichtspunkten, die sich dem Verfasser in seiner langjährigen Betätigung auf diesem Gebiete herausgebildet haben. Einschlägige Arbeiten sollen, soweit sie brauchbar erscheinen oder spezielle technische Leistungen betreffen, an den bezüglichen Stellen angeführt werden. Quellentechnische Fälle des Auslandes werden nur berührt, wenn es sich um besonders typische oder ungewöhnliche hydrogeologische Verhältnisse handelt. Die fremdsprachige Literatur konnte hier nicht in Berücksichtigung gezogen werden.

Alle einschlägigen Momente, welche für die Beurteilung mineralquellentechnischer Fragen, namentlich vor, während und nach Bewerkstelligung von Fassungsarbeiten in Be-

tracht kommen, sollen tunlichst durch allgemein gehaltene Ausführungen erläutert, dabei wird aber doch eine Anlehnung an häufiger vorkommende Sachlagen angestrebt werden. Nur auf diese Weise kann der Allgemeinheit gedient sein. Daß es in dem Zusammentreffen der einflußnehmenden Faktoren noch manche quellentechnische Spezialfälle gibt, die eine separate Behandlung erfordern, ist einleuchtend.

Mineralquellenphänomene sind nach einer ganzen Reihe von Gesichtspunkten zu beurteilen; es kommen hiefür in Betracht: 1. Sowohl die regional- wie die lokalgeologischen Verhältnisse; 2. die Genesis und Tiefenwanderung der Mineralquellen; 3. die topischen Verhältnisse sowie 4. die Physiographie in mechanischer bzw. physikalischer und chemischer Hinsicht; 5. eine ganze Reihe hydrostatischer und dynamischer Beziehungen, weiters 6. die speziellen hydrotechnischen Aufgaben, wie endlich 7. der Wert der Mineralquellen und die Verwendungsart derselben (Wasserwirtschaft).

Die beiden ersten Gesichtspunkte gehören in das spezielle Kapitel der Mineralquellengeologie, bilden also nicht den Gegenstand der nachstehenden Ausführungen; wir müssen daher die Entstehungsart¹ und Zirkulation von Mineralquellen in großer Tiefe sowie einschlägige Beziehungen zum Alter und Aufbau resp. zur Tektonik der Gebirge u. s. w., übergehen und wenden uns gleich den nächsten Abschnitten zu mit dem nochmaligen Beifügen, daß dieselben wegen des vorgezeichneten knappen Rahmens nur in kurzen Umrissen zur Erörterung gelangen können. Diese vorausgehende Besprechung der wichtigsten Momente aber erscheint zum Verständnis der einzelnen Phasen mineralquellentechnischer Arbeiten unbedingt erforderlich.

I. Mineralquellentopik.

Sie umfaßt im Wesen alle Erscheinungen, welche mit dem unmittelbaren erdoberflächlichen Auftreten von Mineralquellen im Zusammenhange stehen, also in erster Linie die Zirkulationsverhältnisse nahe der Erdoberfläche, die Arten der natürlichen Quellwege, die Gesamtheit ihrer Mündungen in Bezug auf gesetzmäßige Anordnung oder ungesetzmäßige Verbreitung zu ganzen Quellengebieten, sowie die geographische Lage der letzteren. Mangels einer bisher strenger gehandhabten Terminologie sollen hier die richtig anzuwendenden quellentechnischen Bezeichnungen auch strenger auf ihren Begriff gebracht werden.

Die Arten natürlicher Mineralquellenwege.

Darunter sind zu verstehen die von dem Mineralwasser vor seinem Austritt eingenommenen Wege des relativ geringsten Widerstandes; sie sind sowohl ihrer Richtung wie ihrer Gestalt nach in Betracht zu ziehen. In ersterer Hinsicht gibt es: 1. Mehr oder weniger steile Mineralquellenwege, die häufigste Richtung von Tiefenquellen; 2. horizontale, manchmal nur streckenweise oder durch besondere stratigraphische Verhältnisse zu diesem Lauf veranlaßte Quellwege; endlich 3. absteigende, meist an Berglehnen austretende Mineralquellen. Hinsichtlich der Formen der Quellenwege unterscheide ich: 1. Quelladern, in gerader oder geschlängelter Form in Klüften, korrodierten Gesteinen oder in Sedimentärgebilden verlaufende Quellenwege. Sie sind, welcher Detailgestalt immer, besonders nach einer Richtung hin bevorzugt dimensioniert, treffen daher an der Erdoberfläche mit einem Austrittspunkt ein. 2. Quellspalten, charakterisiert durch verhältnismäßig geringen Breitenabstand und unterirdisch vorherrschende Flächenausdehnung; die Spur dieser „Ebene“ ist daher erdoberflächlich eine Linie. Quellspalten können zur Gänze von dem Mineralwasser eingenommen werden oder aber durch mechanische Sedimentationen oder Mineralneubildungen erfüllt sein und solcherart der Mineralquelle wieder nur in ganz geringem Maße einen oft vielgestaltigen schlauchartigen Weg freilassen (Quellader in einer Spalte). Die quellentechnisch als „Spalten“ anzusprechenden Zirkulationsräume können Gebilde von geologisch sehr verschiedener Bedeutung sein, und zwar entweder das Ausgehende tektonischer Spalten, klaffende Unterbrechungen des normalen Gesteinsverbandes oder windschiefe Flächen verschiedenster Richtung und Neigung, Gebirgsverbrüche, Verwerfungen, Überschiebungsflächen und teils das Grundgebirge, teils Sedimentärformationen betreffen; ferner Absonderungsklüfte in Eruptivgesteinen und Schwundklüfte in Schichtgesteinen; endlich

¹ Eine gute Übersicht über diese genetischen Fragen, wie überhaupt hinsichtlich der Fortschritte auf dem Gebiete der Mineralquellenforschung hat R. Delkeskamp in der Zeitschr. f. prakt. Geologie 1908 gegeben.

Quellspalten rein stratigraphischer Bedeutung, wie Anlagerungsklüfte bei Diskordanzen und mineralwasserführende Lagerfugen zwischen konkordant sedimentierten Gesteinen. 3. Unterirdische Höhlen als Wege des Tagwassers sind bekanntlich vielfach festgestellt worden; auch aus der Tiefe aufsteigende Mineralwässer können entweder vorgebildete (beispielsweise auf Gesteinszertrümmerung, Auswaschung oder Auslaugung zurückzuführende) Höhlen einnehmen, wie z. B. das Studium des unterirdischen Laufes der Riesenquelle (Akrotherme) bei Dux ergibt, welche Quellenerosions-Höhlengänge im Porphyr teilweise zugänglich sind; endlich auch syngenetische Hohlräume, wofür der sogenannte Sprudelkessel in Karlsbad sowie die unterirdischen Höhlungen, welche die Schwefeltherme von Ilidže bei Sarajevo in einem System ausgedehnter und tieferreichender Aragonitschichten einnimmt, Beispiele sind. 4. Das Gegenteil dieser weitdimensionierten Quellwege bilden die sogenannten Haarrisse (in den verschiedensten Austrittsgesteinen), die — oft kaum Bruchteile eines Millimeters weit — das Mineralwasser manch berühmter Heilquelle zu Tage bringen; solche gesetlos verlaufende Gesteinsrisse können beispielsweise an Gebirgsabhängen von mechanischen Sedimenten oder Sinterbildungen (Karlsbad, Mühlbrunnhauptquelle) bedeckt sein, und die Auflagerungsfläche dann vom Wasser als Austrittsweg nach oben hin nach Art einer Quellspalte benutzt werden. Auf diese Weise erhellt, daß die einzelnen Arten von Mineralquellenwegen sich miteinander zu eigentümlichen Zirkulationsverhältnissen vereinigen können. Über die häufigen Verzweigungen von Quellenwegen wird noch gesprochen werden. 5. Eine fünfte Art des unterirdischen Vorkommens von Mineralwässern bilden räumlich weitreichende Auslaugungswässer (Solen, Bittersalzwässer u. s. w.), welche alle Gesteinszwischenräume (Klüftungen, Porenvolumen u. s. w.) genau wie das Grundwasser erfüllen, oder aus besonderen Gründen auf relativ große Weite verstaute sind und solcher Art das gewöhnliche Grundwasser unterirdisch verdrängen und ersetzen (Karlsbader Thermalgebiet). Erdoberflächlich müssen sich solche Mineralwasserräume daher auf weite Flächen hin kundgeben.

Hinsichtlich der Austrittsarten von Mineralquellen an der Erdoberfläche (Propagation der Quellengebiete) innerhalb eines bestimmten Gebietes haben wir daher zu unterscheiden: 1. Punktförmiges Auftreten von Mineralwasser, respektive Vorhandensein eines einzigen Quelladernaustrittes. 2. Mehr oder weniger lineare Anordnung, als Ausgehendes vorhandener Quellspalten, manchmal auch parallele Spaltenzüge oder in der Gesamtheit ein längliches Mineralquellengebiet ergebend. Lokale Quellenlinien (Krondorf-Sauerbrunn), Kreuzung zweier solcher (z. B. in Rohitsch-Sauerbrunn) oder schmale, beziehungsweise lange Quellenzonen (Karlsbader Thermalgebiet u. s. w.), endlich elliptische Quellengebiete (Gastein u. a.). Innerhalb der beiden letzteren Propagationsformen lassen sich mitunter noch spezielle Quellenanordnungen erkennen, wozu aber bemerkt werden muß, daß nicht alle Mineralquellenlinien rücksichtlich ihrer tektonischen Bedeutung sichergestellt sind, und daß es sich auch häufig nur um zufällige lineare Anordnungen oder bloß um Quellenverbindungslinien handelt, denen lediglich eine topographische, aber nicht geologische Bedeutung (Übereinstimmung mit dem Talverlauf u. dgl.) zukommt. 3. Das Auftreten mehrfacher Mineralquellen auf einer Fläche von länglicher oder mehr weniger kreisförmiger Gestalt, veranlaßt durch ein detailliertes, in die Tiefe anhaltendes Kluftnetz des Austrittsgesteines, also durch „räumliches“ Empordringen unterirdischen Mineralwassers. Mit den vorstehenden Propagationsformen wären die „primären“ Mineralquellenausstritte ins Auge gefaßt, worunter jene zu verstehen sind, die aus dem festen Untergrundgestein (quellen-technisch das „Grundgebirge“) ausbrechen.

Die Bezeichnung Quellenausstritt ist der vulgär gebräuchlichen Quellenursprung jedenfalls vorzuziehen, da der „Ursprung“ gewiß anderswo liegt, als der erdoberflächliche Quellenausstritt. Mit der Betrachtung der Austrittsfläche eines räumlichen Mineralwasservorkommens aus einem stark zerklüfteten Grundgebirge kommen wir 4. zur diffusen Quellenpropagation überhaupt, charakterisiert durch zahlreiche einzelne Mineralwasserausstritte auf einer großen Fläche, veranlaßt durch totale Zerstückelung (Zerhackung) der obersten Partien des Austrittsgesteines, durch Haldenanhäufungen an Berglehnen, Bedeckung der primären Quellenausstritte durch die Alluvionen der Talsohlen oder endlich durch das Vorhandensein mächtiger, lockerer Sedimente in Mulden- und Senkungsgebieten. Solcherweise wird der primäre Mineralquellenausstritt aus dem Untergrundgebirge durch die natürlichen Verhältnisse gezwungen, noch desintegrierte Gesteinsmassen zu durchwandern, wodurch in vielen Fällen eine Verästelung des ursprünglichen Mineralquellenausstrittes nach oben hin stattfindet und anstatt des einzigen dann eine ganze Reihe verstreuter sekundärer Mineralwasserausflüsse an der Erdoberfläche in Erscheinung tritt. Auch abdeckende Quellsedimente

können durch seitliche Verstaung die Veranlassung zu weitverbreiteten, scheinbar gesetzlos auftretenden Mineralquellen bieten, während es sich häufig bloß um eine Verundeutlichung des auf ganz einfache z. B. lineare Anordnung zurückzuführenden Sachverhaltes handelt.

Was die topographische Lage von Mineralquellenmündungen anbelangt, muß zunächst hervorgehoben werden, daß sie im allgemeinen in Niederungen gelegen sind und dadurch ihre Herkunft aus der Tiefe bekunden; solche Quellen nehmen die sich ihnen bietende Gelegenheit wahr, eher an tiefgelegenen Stellen auszutreten, als noch einige Meter höher zu steigen. Die Austrittsorte von Mineralquellen sind demnach vornehmlich Erosionstiefen und Senkungsgebiete. Ausnahmen von dieser Regel sind entweder auf besondere lokale Verhältnisse, wie Austrittsbehinderungen in der Tiefe oder aber darauf zurückzuführen, daß es auch absteigende Mineralwässer gibt oder solche, die aus einem vorhandenen Grunde bereits im Gebirge über Erosionsniveau heraufstiegen und dann erst gravitationsartig das Gehänge erreichen (Akratotherme Johannisbad, Ottoquelle in Giesshübl u. s. w.).

Die hauptsächlichsten Fälle der Lage von Mineralquellengebieten sind folgende: 1. An der Sohle oder am Rande enger Täler mit relativ starkem Gefälle und geringer Anhäufung von Anschwemmungsprodukten (häufig). 2. Desgleichen in weiteren Tälern mit geringerem Gefälle. (Die unteren Quellen Marienbads, Sauerbrunn Klösterle u. a.). 3. An der Sohle weiter Talniederungen tief erodierter Flüsse mit mächtigen Alluvien (Pistyan, Ungarn). 4. Aus der Sohle von weiten, oft außerordentlich tief hinab von jüngeren Sedimentärformationen erfüllten Depressionen, wie Mulden oder Senkungsgebieten (Franzensbad u. s. w. im Egerer Becken u. a.), wobei es manchmal auch hauptsächlich nur an der tektonischen Begrenzung, beziehungsweise an den peripherischen Bruchlinien zu vorzugsweisen Äußerungen der Tiefenquellenphänomene kommen kann (Wiener Thermenlinie). Auch von großen, noch wassererfüllten Depressionen sind derartige Erscheinungen bekannt geworden (Warmquellen im westlichen Teile des Wörthersees). Ich unterlasse es, neuere Mitteilungen über Mineralquellen in großen Seen und Meeren anzuführen, da sie mir noch nicht hinreichend verbürgt zu sein scheinen. 5. An Berglehnen, respektive an dem Gehänge von mehr weniger durch die Zerfallsprodukte der Gesteine, oft ganzer Schutthalden bedeckten Gehänge von Tälern (Badgastein, Franz Josefstollen u. a.). 6. In Gefällsbrüchen von Gebirgstälern (Badgastein, Wasserfalltherme u. s. w.). 7. In höher gelegenen Seitentälern benachbarter Flußtäler oder Senkungsgebiete (Krondorfer Stephaniequelle über dem Egerfluß, Preblauer Sauerbrunn über dem Lavanttal u. s. w.). 8. Auf Plateaus, doch meist an kleine Wassergerinne gebunden (wie die Säuerlinge des Tepler Hochlandes). 9. Auf Wasserscheiden, also zwischen beiderseitigen Abdachungen, ein außerordentlich selten vorkommendes Auftreten von Mineralquellen, das jedoch auf besondere tiefegeologische Verhältnisse zurückzuführen ist (Thermalgebiet von Slatina-Ilidže bei Banjaluka). Ein „bedecktes Analogon“ hierzu bildet 10. das Austreten von Mineralquellen aus Grundgebirgsrücken oder Kuppen, umgeben von mächtigen Sedimentärformationen, also innerhalb großer erdoberflächlich ausgebneter Mulden; aber gerade die abdichtenden Sedimente geben in solchen Fällen die physikalische Erklärung für diese Zirkulationsverhältnisse (Thermalquellen aus dem Teplitzer Porphyry innerhalb der Kreide und Tertiärmulde u. a.). 11. Aus klippenartig erodiertem Taluntergrund, ausgeschüttet mit den Zerfallsprodukten der anstehenden Gesteine und überdeckt von normalen Alluvionen, ebenfalls eine außerordentlich seltene Sachlage (Thermalsäuerlinge von Vrnjce in Serbien). Mit der Betrachtung des letzten Falles sind wir wieder zu den Mineralquellenaustritten in Tälern, der häufigsten topographischen Situation, zurückgekehrt.

Die vorstehenden Betrachtungen haben notwendigerweise zur Folge, daß wir auch die hauptsächlichsten

Veränderungen der natürlichen Quellenwege

ins Auge fassen müssen; sie laufen im Wesen entweder auf eine Widerstandsverstärkung oder -Verminderung für Mineralquellen hinaus. 1. Erstere Wirkung kann durch *V e r e n g u n g* der Quellenwege infolge mechanischer Alluvion, Versandung von Quellenwegen durch Absatz natürlicher „Schlammrückstände“, wie der spezifisch schweren Quarzkörnchen u. s. w., oder direkter Schlamm- und Schotterablagerungen ehemaliger oder gegenwärtiger Flüsse hervorgerufen werden. Das Ausgehende der Schloßbrunnspalte in Karlsbad wies nach meinen Beobachtungen 1905 bis in mehrere Meter Tiefe Diluvialschotter auf, dessen Zwischenräume später durch feinst geschlammte Massen reinsten Eisenoxydes erfüllt wurden. An einer anderen tieferen Stelle war dieselbe durch kaolinigen Quarzsand förmlich ausgestampft.

Die in der Tiefe fast stagnierende Urquelle (Schwefeltherme) in Trencsin-Teplitz brachte ich 1900 durch bloße Beräumung der alluvialen Schlammassen mit eingebetteten Gesteinstrümmern auf eine bedeutend höhere Steigfähigkeit und zu dauernd ergiebigem Abfluß. Auch bei meinen Fassungsarbeiten an der kohlenäurereichen Badetherme wie an der Trinkquelle in Vrnjačka banja erwiesen sich die handbreiten Quellenspalten in einem kristallinen Dolomit durch ehemalige Hochwassersedimente total verstopft. Eine zweite Ursache der Verengung natürlicher Quellenwege bilden chemische Sedimentationen, respektive Mineralneubildungen, vorzugsweise der Absatz von Eisenocker (zahlreicher Sauerlinge), von kohlen-saurem Kalk (Sprudelstein des Thermalwassers von Karlsbad, Iidže u. a., und der Aragonitabsatz manch kalter, namentlich magnesiumreicher Mineralquellen, wie Rohitsch-Sauerbrunn u. s. w.), dann von Gips (besonders als Kristallabscheidung und in Pisolithform bei Kochsalzquellen bekannt) und von schwefelsaurem Baryt (in großen Kristallen in der Riesenquelle bei Dux u. s. w.).

Doch noch andere Absätze sind von den verschiedensten Mineralquellen bekannt geworden, wie beispielsweise die Schwefelbeläge von Theiothermen und die Kieselsäure-Inkrustationen (Geysirit) an mehreren Siedequellen. In der Tiefe der Quellenspalten des früher erwähnten serbischen Thermalsäuerlings fand ich ganze Klumpen löcheriger Kieselgallerte. Bei den Thermalquellen von Plombières sind Zeolithneubildungen zum Vorschein gekommen, andere wieder setzen ihren geringen Mangangehalt in verschiedener Oxydationsform ab, welche Abscheidung mit der Zeit zu beträchtlichen Massen anwachsen kann (Russische Kronquelle in Karlsbad; Reissacherit der Gasteiner Thermen). Manche Gesteins- und Erzgänge (Hornstein, Siderit u. s. w.) in ehemaligen oder noch bestehenden Mineralquellengebieten sind zweifellos Produkte derselben und können ebenso wie zur Jetztzeit die Quellenwege teilweise oder gänzlich, d. h. bis zur totalen Verlegung oder Verwachsung geschlossen haben. Die Sedimente von Mineralquellen sind demnach entweder kristallin (wie die Sinter) oder kolloide Bildungen (weiche Gallerten, erhärtete Gele, erdige Absätze), und zwar sind es Produkte aus Mineralwasser allein oder Diffusionsprodukte zweier Wasserarten.

Die 2. Art der Veränderung natürlicher Quellenwege betrifft die Erweiterung derselben, einerseits durch mechanische Tätigkeit (Quellenerosion) oder andererseits durch die auflösende Wirkung des Mineralwassers (Korrosion). Die in früherer Zeit nicht selten angestellten Berechnungen, wie viel feste Bestandteile dem Boden durch einzelne Mineralquellen im Laufe längerer Zeit entzogen werden, haben seit E. S u e ß' Theorie der juvenilen Phänomene eine Einschränkung erfahren, zumal danach auch die mineralischen Bestandteile mancher Quellen aus dem tiefsten Erdinneren stammen würden. Zweifellos haben Betrachtungen über die Entstehung großer Hohlräume infolge der Tätigkeit von Mineralquellen vorzugsweise nur bei effektiven Auslaugungswässern im Kalkgebirge, in salzführenden Formationen u. dgl. ihre volle Berechtigung, wenngleich es in dieser Hinsicht noch zahlreiche Mineralquellen anderer Herkunft gibt, denen eine solche Funktion, ein Transport vados gelöster Mineralsubstanzen nach der Erdoberfläche hin, nicht ganz abgesprochen werden kann.

Bei vielen Mineralquellen dagegen sind die Austrittsgesteine völlig unschuldig an der Beschaffenheit des Mineralwassers, weil dieses schon in viel größerer Tiefe seine Anreicherung an Mineralstoffen erfährt und die höher gelegenen Gesteine im fertigen Zustande bloß durchwandert; hiedurch sind eine ganze Reihe von Anomalien erklärbar, deren Erörterung hier zu weit führen würde.

Die Veränderungen, welche natürliche Quellenwege in der Tiefe mit der Zeit erfahren, können bis nahe ihrem erdoberflächlichen Ausfluß in Erscheinung treten, ja, viele Mineralquellen zeigen gerade hier intensivere Verlegungen, sei es durch die Möglichkeit von Überflutungen mit Flußwasser oder durch den Kontakt mit sauerstoffhaltigem Süßwasser (Eisenausscheidungen) oder endlich durch die leichtere Gasentbindung (Kalkabsätze) in der Nähe der Erdoberfläche vor Erreichung des Abflusses. Gerade an dieser Stelle, wo gespanntes (aufsteigendes) Mineralwasser in einen spannungslosen, völlig unbehinderten Abfluß übergeht, findet man bei unberührtem Quellenbestand nicht selten große Anhäufungen von Mineralquellensedimenten. Hieraus ergeben sich zugleich die *V e r ä n d e r u n g e n* der natürlichen *Q u e l l e n m ü n d u n g* selbst. Auch hier haben wir es sonach mit Verlegungen zu tun. Ansehnliche Ockermoräste, meterhohe Kalksinterkegel u. dgl. bezeichnen da oft, je nach dem Chemismus der betreffenden Mineralquelle, den Urzustand, mit dem bei erstmaligen Fassungsarbeiten natürlich gründlich aufgeräumt werden muß. Ausweitungen des Quellenmundes dagegen kommen verhältnismäßig selten vor, wenn wir von den trichterartigen Erweiterungen durch die Wasser- und Gastätigkeit bei tonigen Austrittsgesteinen sowie von der kolkenden

Wirkung reißender Bäche und Flüsse auf eine in ihrem Bereiche gelegene Mineralquellenmündung absehen.

Es wird später noch auf die Wirkung von Verlegungen in der nächsten Quellenumgebung zurückzukommen sein; so wie derartige Widerstände in dem Quellenweg und über dessen Ausmündung auf den Auftrieb, respektive Austritt, hemmend wirken, sind sie in der Quellenumgebung von günstigem Einfluß, weil sie die Nachteile „wilder“ Mineralwasserausbrüche teilweise oder fast ganz zu beheben vermögen. In dieser Hinsicht spielen namentlich auch infolge der Mineralwasser- und Kohlensäure-Einwirkung lettig zersetzte, feldspathältige Gesteine eine gewisse Rolle. Hingegen hat die Erweiterung schädlicher Nebenquellen meist Einbußen an der Hauptquelle zur Folge; die Geschichte einzelner Quellenkurorte ist reich an derartigen Wechselbeziehungen.

II. Mineralquellenphysiographie.

Diese umfaßt sowohl den Quellenmechanismus als auch den Chemismus; beide sind durch die für Mineralquellen oft außerordentlich wichtigen Beziehungen der Statik zwischen Haupt- und Nebenquellen sowie zwischen Mineral- und Grundwasser aufs innigste miteinander verknüpft.

Mechanik der Mineralquellen.

Sie betrifft in erster Linie die Zirkulationsvorgänge in den natürlichen Quellenwegen, aber auch die korrespondierenden Verhältnisse im Umkreise einer Mineralquelle, weil das Zusammenwirken beider für den Bestand, resp. die Beschaffenheit derselben von größter Wichtigkeit ist. Die meisten Mineralquellen sind „Flüssigkeits- und Gasgemische“, zu welcher Bezeichnung¹ mich meine Beobachtungen an zahlreichen Mineralquellen in den Neunzigerjahren und die daran angeschlossenen quellentechnischen Versuche² veranlaßt haben; nur gasfreie Soolen, Bittersalzwässer u. dgl. stellen Mineralwasser allein dar. Thermalwasser oder kalte gasreiche Mineralwässer sind spezifisch leichter als gewöhnliches Wasser, weshalb sie unter gegebenen Verhältnissen das Grundwasser überhöhen. Hingegen ist kaltes, konzentriertes und dabei gasarmes oder gasfreies Mineralwasser spezifisch schwerer als Süßwasser, daher die Tendenz des letzteren nach Verdünnung, beziehungsweise Überlagerung solcher Wässer. Das Relativverhältnis zwischen Wärmegrad, Konzentration und Gasführung vieler Mineralquellen bedingt nun ihre, gegen das eine oder andere Extrem hinneigende Mittelstellung, woraus sich bei solchen Mineralquellen im Vergleiche zum benachbarten Grundwasser im allgemeinen nicht besonders differierende natürliche Spiegelstände ergeben. Die Wirkung des spontanen Quellengases vermag jedoch, quellentechnisch ausgenützt, selbst solche Mineralquellen weit über Grundwasserniveau zu treiben. In einer an letztzitiert Stelle veröffentlichten kurzen Erörterung dieser Verhältnisse wurden vier Ursachen des Aufsteigens gewisser Mineralquellen unterschieden: 1. Das geringe spezifische Gewicht von gasreichem oder warmem Wasser im Vergleiche zu gasfreiem oder kaltem. 2. Wasserdrängung nach oben infolge Durchstreichens von spontanem Quellengas in Form zahlreicher kleiner Gasblasen. 3. Eine wichtige Quelle der Emporbewegung ist die lebendige Kraft spontaner Quellengase, die in relativ engen Quellenwegen beträchtliche Wassersäulen vor sich herzutreiben und nachfolgende anzusaugen vermögen (L ö s c h e r s „aërostatiches Kunstzeug“, 1797. Prinzip der Mammutpumpen). Endlich wurde 4. noch die, besonders örtlich ausgebildete wichtige Gasdruckwirkung nach unten in seitlichen Klüften oder Höhlungen erwähnt, welche mit Mineralquellenadern mehr weniger in direkter Verbindung stehen (alte Geisertheorie, Karlsbader Sprudelkessel, Heronsball, Wirkung von Druckluftpumpen, Bierdruckapparaten und der Spritzflasche der Chemiker). Entsprechend den seinerzeit von mir experimentell geprobten Kombinationen von 2., 3. und 4. habe ich in der zitierten Schrift das mögliche Zusammenwirken solcher Vorgänge, beziehungsweise die ein- oder mehrmalige Zwischenschaltung von Gasdruckwirkung in Gasauftriebssystemen beim Empordringen natürlicher Mineralquellen hervorgehoben.

Für die nachfolgenden Betrachtungen sei zunächst Mineralwasser allein ins Auge gefaßt und vorerst der wichtigste Faktor erörtert, der den Quellenbesitzer nebst der chemischen Beschaffenheit am meisten interessiert: die E r g i e b i g k e i t; es ist dies die von der Mineral-

¹ In K n e t t, Zur Frage des staatl. Schutzes von Heilquellen. Int. Min.-Qu.-Ztg. Nr. 15. Wien 1901.

² Vgl. K n e t t, Zur Kenntnis der statischen und dynamischen Vorgänge in Mineralquellenadern. Int. Min.-Qu.-Ztg. Nr. 155. Wien 1907. — In dieser Schrift sind die wichtigsten Ergebnisse meiner ersten quellentechnischen Versuche in populärer Form besprochen und in ein Resumé zusammengefaßt worden.

quelle gelieferte Wassermenge pro Zeiteinheit. Sie ist, wie sich rechnerisch und an vielen Quellen experimentell beweisen läßt, in jedem Spiegelniveau eine andere, und zwar bei hochgelegenen Quellenablauf eine geringere und bei tiefer Spiegelhaltung eine größere. Trägt man auf einer Abszissenachse die Ergiebigkeit und auf einer (zweckmäßig nach unten gerichteten) Ordinatenachse die zugehörige Spiegelhöhe auf, so resultiert ein parabolischer Kurvenverlauf. Der Scheitelpunkt der Parabel ist durch die Ergiebigkeit = Null gegeben; die zugehörige Spiegelhöhe repräsentiert die maximale Steigfähigkeit, auch piezometrisches Niveau genannt. Von zwei im selben Quellengebiete gelegenen Mineralquellen ist diejenige die steigfähigere, welche einen höheren maximalen Spiegelstand einzunehmen imstande wäre. Praktisch soll man nämlich eine Mineralquelle niemals unter so hohen Druck setzen, daß sie ihren Überlauf ganz einstellt, weil sich daraus sofort das Bestreben entwickeln muß, an seitlicher und tiefer gelegener Stelle auszubrechen; auch würden sich daraus andere Veränderungen der Mineralquelle, namentlich Verdünnungen ergeben, wie aus den späteren Erörterungen noch hervorgehen wird. Man setzt daher Mineralquellen stets in geringere Spannung, d. h. man gibt ihnen in einem tieferen (als dem früher betrachteten) Niveau einen Ab- oder Überlauf. Die Höhe des Wasserspiegels hierbei repräsentiert dann die Quellenspannung und dieser wieder entspricht bei jedem Quellenindividuum — je nach seiner Steigfähigkeit, respektive der Differenz (Druckhöhe h) zwischen dem maximalen und dem wirklichen Quellenspiegel — eine bestimmte Wassermenge. Die letztere bezieht sich sonach stets auf eine bestimmte Spiegelhöhe und ist von dem Querschnitt der Fassung unabhängig, sofern derselbe nicht geringer ist, als der natürliche Quellenweg. (Wirksamer Querschnitt f).

Die Spiegelhöhe und das Niveau des Quellenablaufes sind nur in dem besonderen Falle identisch, wenn der letztere bei genügend großem Ablaufquerschnitt frei (ungehindert, überdrucklos) erfolgen kann; ist der Quellenüberlauf dagegen geringer dimensioniert (gedrosselt), so stellt sich der Mineralquellenspiegel über dem Ablaufniveau ein. Dieses und das wirkliche Spannungsniveau sind dann voneinander verschieden; die Differenz beider bezeichnet das Maß der Drosselung des Quellenablaufes. Es ist dies theoretisch eigentlich der allgemeine Fall und der frühere, wie schon erwähnt, bloß der spezielle. Die Quellenspannung wird also nicht immer durch die Höhenlage des Mineralwasserablaufes, sondern durch die Spiegelhöhe zum Ausdruck gebracht. Sie würde sich bei Anwendung eines Quellenauslaufes mit Rohrkrümmer und Piëzometerrohr in letzterem durch einen gewissen Wasserstand (Quellenspiegel- oder Spannungshöhe, sp in Fig. 8) markieren oder bei Entfernung des Überdruckrohres und Ersatzes durch ein geeignetes Manometer an letzterem in einem gewissen Stand des Zeigers ausdrücken. Das gleiche träte ein, wenn man etwa die Verrohrung einer erbohrten Quelle (anstatt sie durch ihren eigenen Wasserstand bis Abflußlosigkeit zu unterdrücken) vollends verspunden und die gedachte Wasserhöhe, respektive Spiegelhöhe durch ein Manometer ablegen wollte. Die Ziffer drückt dann nichts anderes als die theoretische Höhe des stagnierenden Wasserspiegels aus. (Maximale Steigfähigkeit, Steighöhe, Druckniveau, auch „Druck“ schlechtweg genannt.)

Es ist daher für den Spannungszustand einer Mineralquelle bei gegebenem Spiegelniveau eigentlich gleichgültig, in welcher Tiefe und ob an einer oder mehreren Stellen das Wasser abgelassen oder durch Pumpen aus verschiedener Tiefe entnommen wird; ins solange der Spiegel hierdurch nicht unter das bestimmte Maß abgesenkt wird, bleibt die Quellenspannung dieselbe. Sie ist identisch mit jenem Niveau, auf das sich die Quelle bei einer bestimmten Ergiebigkeit einspiegelt; sie findet in der bekannten Formel: $f \cdot \sqrt{2gh}$ ihren einfachsten Ausdruck.

Der Wasserabfluß verschiedener Mineralquellen ist sowohl seiner absoluten Menge nach, wie auch in Anbetracht seiner Beständigkeit bei ein und derselben Quelle sehr verschieden. Gleichbleibende Spiegelhöhe vorausgesetzt, kann die Ergiebigkeit innerhalb sehr kurzer Zeiträume, ja sogar innerhalb von Minuten außerordentliche Schwankungen (bei intermittierenden Quellen) erleiden oder aber solche Änderungen erst innerhalb größerer Zeiträume aufweisen. Hieran können entweder Quellengase beteiligt sein, dann wechselnde meteorische Niederschläge, also schwankende Bildungsverhältnisse, oder aber indirekte Druckwirkungen benachbarten variablen Grundwasserstandes mitwirken. Im zweiten Falle wird sich häufig eine korrespondierende, wenn auch fallweise nur sehr geringe Konzentrationsänderung einstellen, während im letzteren Falle die Zunahme der Wasserquantität bis zu einem gewissen Grad nicht auf Kosten der Qualität stattfindet. Es wird dies aus den späteren Grundsätzen über die hydrostatischen Beziehungen von Mineralquellen und Grundwasser noch klarer hervorgehen, welche Beziehungen den Kontakt beider Wasserarten, respektive irgend eine Kommunikationsmöglichkeit zur Vorbedingung haben, die in den allermeisten Fällen durch sogenannte wilde

Ausbrüche einer Mineralquelle gegeben ist. Eine Verstärkung solcher Nebenausbrüche, z. B. infolge Erweiterung der Mündungen oder wegen geringerer, auf Niederwasser zurückzuführender Belastung, muß ein Zurückgehen der Wasserlieferung an der Hauptquelle zur Folge haben und umgekehrt eine Erhöhung, wenn ihre Nebenquellen durch Austrittsbehinderungen verschiedener Art unterdrückt werden. Dieselben gegensinnigen Beziehungen finden statt bei Veränderungen der Hauptquelle; Spannungsvermehrung bewirkt Ergiebigkeitsrückgang und zugleich Verstärkung seitlicher Austritte, während Entspannung der Hauptquelle ihre Ergiebigkeit vermehrt und jene der Nebenquellen vermindert.

Ganz anders stellt sich diese Wechselbeziehung, wenn es sich um tiefere Ursachen der Ergiebigkeitsänderungen an Mineralquellen handelt; nimmt der unterirdische, gegen die Erdoberfläche gerichtete Wasserzufluß ab, so werden gleicherweise Haupt- und Nebenquellen Wasserrückgänge aufzuweisen haben, während ein stärkerer unterirdischer Zudrang sowohl Haupt- als Nebenquellen erhöhen wird. Das Verhalten der beiden letzteren ist sodann ein gleichsinniges. Daraus kann erriethen werden, von welcher außerordentlichen Wichtigkeit fortlaufende Messungen und Beobachtungen an Mineralquellen sein können; denn diese Daten sind gleichsam die Sprache der Quelle, die uns Kunde gibt, wie es mit ihrer Herkunft und ihrem Befinden steht.

Aus den vorstehenden Betrachtungen erhellt indirekt, wie man die Ergiebigkeit einer Mineralquelle erhöhen kann¹: Erstens durch Tieferlegung des Quellenspiegels; ein Notbehelf, durch den man aber die wirklichen Quellenverhältnisse nicht verbessert, es wäre denn, daß hierdurch schädliche Nebenausbrüche verringert werden, oder daß mit dieser Maßregel eine seit jeher zu hoch aufgestaute Mineralquelle auf eine ihrer richtigen Spannung näherliegende Spiegelhöhe gebracht wird; einen quellentechnischen Erfolg aber involviert eine derartige Ergiebigkeitsvermehrung nicht. Ein zweites Mittel, um eine Vermehrung der Wassermenge zu erzielen, beruht in dem freieren Entströmen des Mineralwassers aus seiner Quellenmündung, setzt sonach voraus, daß der ursprüngliche Auftriebsweg aus irgend einem Grunde eine natürliche Drosselung (Querschnittsverminderung) erfahren hat. In solchen häufig vorkommenden Fällen kann durch Freimachen des letzten Wegstückes vor dem Quellenaustritte eine erhebliche Verbesserung des Quellenbestandes erreicht werden. Eine dritte Methode der Ergiebigkeitserhöhung von Mineralquellen besteht in der besseren Verwertung, beziehungsweise vollen Ausnutzung der motorischen Kraft der spontanen Quellengase, worauf später noch zurückgekommen wird. Eine vierte und fünfte endlich liegt in der direkten Nutzbarmachung bisher unverwerteter Nebenausstritte oder indirekten Heranziehung derselben nach vollständiger Abdichtung der Quellenumgebung gegen Mineralwasser- und Gasverluste.

An dieser Stelle sollen nun einige Worte über *Quellenmessungen* eingeschaltet werden. Man ermittelt die abfließende Wassermenge mittels eines Behälters von bekanntem Inhalt und eines Chronometers (Taschenuhr mit Stoppwerk, wie bei Wettrennen in Verwendung). Um in dem Meßgefäße einen möglichst ruhigen Wasserspiegel zu erhalten, bringt man entweder alternierend eintauchende oder perforierte Blechscheidewände als Wellendämpfer an. Bedeutet nun v das Volumen des Meßgefäßes in Litern und t die Messungszeit in Sekunden, d. i. die Zeit, in welcher das erstere vollgeworden, so ist $\frac{v \cdot 60}{t}$ die Quellenergiebigkeit in Litern pro Minute. Je größer das Meßgefäß, beziehungsweise je länger die Messungsdauer, desto richtiger wird das Ergebnis sein, namentlich bei intermittierend abfließenden Mineralquellen; diese erfordern sogar die Ermittlung der einzelnen Stoßdetails und Zwischenpausen, wonach die Mengenummessung stets eine oder mehrere solcher Perioden berücksichtigen und Teile solcher gesetzmäßiger Perioden ausschalten muß, da es nicht gleichgültig ist, ob vor Messungsschluß noch ein Wasserstoß mitgenommen wird oder nicht. Derlei Messungen können daher nicht mit einem fixen Volumen vorgenommen werden, da sich die Zeit nicht nach dem Vollaufen des Gefäßes, sondern nach dem Bau der Intermittenzperiode richten muß². Man nimmt hiefür zweckmäßig als Verbindung zwischen dem Brunnenauslauf und dem Meßgefäße eine Einrückrinne in Verwendung und muß nach erfolgtem Ausrücken das aufgefangene Wasservolumen erst ermitteln, wozu man sich eventuell verschraubbarer Messungskästen und der sogenannten Wägungsmethode bedient (Gewichtsermittlung gefüllter Gefäße von bekannter Tara auf einer kleinen physiologischen Tischwage). Dies ist namentlich bei Thermalquellen

¹ Vgl. K n e t t, Mechanismus der Quellenbildung. Int. Min.-Qu.-Ztg. Nr. 133. Wien 1906.

² Eine Vernachlässigung des Intermittierens und Ergiebigkeitsmessung mit einem bestimmten Volumen ist nur dann zulässig, wenn die Messung mit einem sehr großen Gefäß, also während sehr langer Dauer vorgenommen wird, wodurch die Unregelmäßigkeiten des Abflusses ausgeglichen erscheinen.

von verschiedenen Wärmegraden zu empfehlen, weil man hierbei von der Temperaturberücksichtigung unabhängig wird und lediglich eine Korrektur wegen des höheren spezifischen Mineralwassergewichtes in Abzug zu bringen hat.

Es kommt mitunter vor, daß man zwei oder mehrere benachbarte Wasserabflüsse gemeinschaftlich messen will, wobei es von Wert sein kann, von vornherein die zu erwartende Messungsdauer zu kennen. War die Füllzeit der einen Quelle t , der zweiten T , einer dritten d und einer vierten D , so beträgt bei Verwendung desselben Meßgefäßes die Füllzeit für die beiden ersten Quellen zusammen: $z = \frac{t \cdot T}{t + T}$, bei drei Quellen: $z = \frac{t \cdot T \cdot d}{t \cdot T + t \cdot d + T \cdot d}$, endlich bei vier Quellen: $z = \frac{t \cdot T \cdot d \cdot D}{tTd + tTD + tdD + TdD}$.

Nur in Ausnahmefällen findet man eingebürgerte Installationsanlagen vor, welche die Ermittlung der absoluten Wassermenge entweder nur sehr schwer oder gar nicht, beziehungsweise erst nach einer völligen Umgestaltung der betreffenden Anlage möglich machen; in solchen Fällen helfen Wasserstands- oder Druckbeobachtungen, Teilmessungen oder andere unter möglichst gleichbleibenden Verhältnissen (bei der einen Sachlage nach unvermeidlicher Heraufspannung, bei der anderen nach Herabspannung) vorgenommene Relativmessungen hinweg, um einen genügenden Einblick in das Verhalten der betreffenden Mineralquellen zu erhalten.

Hauptbedingung für eine richtige Quellenmessung ist das Vorhandensein eines Beharrungszustandes, respektive die Einhaltung des normalen Quellenspiegels, da den früheren Darlegungen nach einer jeden Änderung desselben auch eine Änderung der Wassermenge im Gefolge steht. Einer Quellenmessung daher, welche das Auspumpen und Wiederauffüllen eines Schachtes o. dgl. zum Gegenstande hat, wohnt meist nur ein problematischer Wert inne.

Der zweitwichtigste Faktor bei Mineralquellen ist das mit dem Wasser vermengt austretende Gas, das verschiedene chemische Beschaffenheit haben kann und, wie schon vor einem Jahrhundert richtig erkannt wurde, bei vielen Mineralquellen das eigentliche treibende Element ist; insbesondere haben später Bischof, Lersch und Ludwig diese motorische Kraft bei „Gemengen von Wasser und Gas“ stärker betont, nachdem Bergmeister Löschers Experimente zur Erhebung von Grubenwässern mittels eingeblassener Luft offenbar ganz der Vergessenheit anheimfielen. Auch in der früher zitierten Schrift¹ wurde nicht nur das Bestehen dieses natürlichen Vorganges, sondern auch die Möglichkeit einer künstlichen Verwertung der lebendigen Kraft von Quellengasen auf emporzubringendes Mineralwasser und speziell die dadurch bewirkte Überhöhung eines sogar maximal stehenden Mineralwasserspiegels hervorgehoben. Bildlich kommt diese Gaswirkung somit in einer Höherverlegung des (die gasfreie Wassermenge = 0 bezeichnenden) Scheitelpunktes der Ergiebigkeitsparabel zum Ausdruck; durch diese Kurvenverlegung nach oben im Sinne erhöhter Steigfähigkeit, sind die zugehörigen Parameter größer geworden, worin bei der jeweiligen gleichen Spannungshöhe, respektive Ausgußtiefe, die vermehrten Ergiebigkeiten ausgedrückt erscheinen, gegenüber jenen ohne Gaswirkung. Die Ergiebigkeitskurve ist dann (nach meinen im Jahre 1898 an einer Reihe von Mineralquellen vorgenommenen Studien) infolge des Gaseinflusses oft nur mehr eine entfernt parabelähnliche, und zwar im oberen Teile gegen die Ordinatenachse überhöht, dagegen für die tieferen Spannungsniveaus im Sinne der Abszissenachse verzerrt, wie denn auch das Kurvenbild bei mittleren Spannungshöhen sehr häufig ein ziemlich unruhiges ist².

Bei Siedequellen ist Wasserdampf der treibende Motor des Sprungphänomens, während bei der Mehrzahl der Mineralquellen, namentlich bei kalten und warmen Sauerlingen, der blasenförmigen Kohlensäure diese Hauptrolle zukommt; bei Schwefelquellen gesellt sich hierzu noch der Schwefelwasserstoff, bei Kochsalzwässern das Methangas, welches bei manchen Jodquellen allein die Hebung bewirkt³. Hingegen dürfte den spärlichen Quellengasen (Stickstoff, Sauerstoff u. s. w.) bei Akratothermen wohl keine Hebekraft innewohnen.

Durch ein inniges Gemisch von aufstrebendem Mineralwasser und Gas können geltende hydraulische Gesetze (Bodendruck einer Wassersäule u. s. w.) teilweise in Frage gestellt werden; es dürften demnach auch manch ältere Betrachtungen über die völlige Gasabsorption in verhältnismäßig geringer Tiefe von Mineralquellen nicht ganz stichhältig sein.

Im allgemeinen ergibt sich für ausfließende Mineralwässer die Beziehung, daß die Absorptionsfähigkeit nicht bloß mit der Quellentemperatur, sondern in gewissem Sinne auch

¹ L. c. Stat. u. dyn. Vorgänge in Mineralquellenadern.

² Vgl. K n e t t, Verhalten der Karlsbader Thermen. Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. Wien 1898.

³ K n e t t, Sitzungsber. des naturwiss.-medizin. Ver. „Lotos“. Prag 1904.

mit der Menge des spontanen Gases in einem entgegengesetzten Verhältnisse steht, dagegen mit höherer Spannung der Mineralquellen wächst; daraus resultiert umgekehrt, daß unter sonst gleichbleibenden Umständen (unterirdische Gaslieferung) bei ein und derselben Mineralquelle zu verschiedenen Zeiten wechselnde Mengen spontaner Gase entweichen, und zwar umso mehr, je geringer fallweise die Quellenspannung gehalten wird oder je mehr die Temperatur gestiegen und endlich, je tiefer der herrschende Luftdruck gewesen war.

Luftdruckverminderung erleichtert den Mineralwasser- und Gasaustritt bei gleichzeitiger Verminderung der absorbierten Gasmenge, während hoher Luftdruck die Ergiebigkeit beider herabsetzt, jedoch den Gehalt an absorbiertem Gas erhöht; hingegen kann großer Barometersturz derart namhafte Gasmengen entbinden, daß hiedurch die zweite Quellenkomponente, das Mineralwasser, in der Tiefe mitunter zurückgestaut wird, woraus scheinbar gleichsinnige barometrische Beziehungen zur Wassermenge resultieren können. Die Abhängigkeit der Mineralquellen vom Luftdruck wurde bereits im XVIII. Jahrhundert richtig erkannt; sie ist in verschiedenen Quellengebieten von außerordentlich verschiedenem Grade, der jedoch mit den lokalen Auftriebsverhältnissen auf das innigste zusammenhängt. Entsprechend solchen Änderungen kann sich auch mit der Zeit ein anderes Maß des Luftdruckeinflusses einstellen. Ist die barometrische Dependenz für eine bestimmte Mineralquelle (angenommen eine absolute Quelleneinheit) eine bekannte Ziffer, so kann sie, wenn wir uns diese Einheit in Haupt- und Nebenquellen geteilt denken, nicht für alle diese von gleichem Ausmaße sein, sondern wird sich nach Maßgabe der Wasser- und Gasführung und der Möglichkeit direkter oder nur verminderter Luftdruckwirkung auf die mehr oder weniger grundwasserbedeckten Nebenquellen ebenfalls aufteilen. In manchen Quellengebieten stellt sich aber eine ziemlich gleiche Abhängigkeit der einzelnen Pseudoeinheiten vom Luftdrucke ein. Mineralquellen dagegen, welche aus tieferliegenden Ursachen in Rückzug (Abnahme der Steigfähigkeit) begriffen sind, scheinen in diesem Stadium eine ganz bedeutende barometrische Empfindlichkeit aufzuweisen.

Wie bei den Quellengasen hat man auch bei der Radioaktivität zu unterscheiden zwischen dem Emanationsgehalt des Mineralwassers und der Radium- oder Thor-Emanation, welche neben anderen, in den Quellen enthaltenen „Edelgasen“ (Helium, Argon) in spontaner Form entweicht. Bei den höchst radioaktiven Wässern (Joachimsthal) handelt es sich vielleicht um eine Anreicherung durch das aus der Pechblende emanierende Radium, ähnlich einer direkten „Auslaugung“. Bei anderen Vorkommnissen (Brambach und Oberreuth bei Asch) ist es noch völlig fraglich, ob es sich um eine seichte Beladung mit Radiumemanation oder aber um wahre Tiefenemanationen des Erdinnern handelt. Die Radioaktivität steht nicht selten mit der Wasserergiebigkeit in gegensinniger Beziehung, so daß bei Vermehrung derselben der gleichsam konstante Emanationsfaktor sodann auf eine größere Wassermenge aufgeteilt erscheint, wodurch die Radioaktivität relativ sinkt, ähnlich, als würde es sich um einen „Aktivitätsstau“ oder um vorher „überaktiviertes“ Wasser gehandelt haben.

Vorgenannte „Radiumwässer“ sind indessen nur sehr schwach mineralisierte Quellen. Besonders bevorzugt scheinen gewisse Thermalgebiete (Badgastein) zu sein; dagegen hat sich bei anderen (Karlsbad) die Beziehung herausgestellt, daß die kalten oder mittelwarmen Quellen die höchste, respektive eine höhere Aktivität gegenüber den heißen aufweisen¹.

Hinsichtlich der Temperatur unterscheidet man bekanntlich thermale und subthermale Mineralquellen, je nachdem ihr Wärmegrad über oder unter der mittleren Ortsisotherme gelegen ist. Die heißesten, mir auf dem europäischen Festlande bekannt gewordenen Thermen sind jene von V r a n j a in Serbien, nahe der türkischen Grenze (90° C). Bei ein und derselben Mineralquelle ist der höhere Wärmegrad unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen namentlich von dem Querschnitte des Quellenweges und der Wasserergiebigkeit abhängig, da sich der Grad der Abkühlung nahe der Erdoberfläche ebenso wie in Leitungen hauptsächlich nach der Geschwindigkeit des Thermalwassers richtet. Daß die Temperatur von Thermalquellen durch direkte Vermischung mit — von oben oder der Seite her zusitzendem — Kaltwasser sinken muß, ist einleuchtend; auch anhaltende tiefe Absümpfung einer Thermalquelle kann Ansaugen benachbarten kalten Grundwassers, also auch Wärmeeinbuße zur Folge haben. Am häufigsten kommen Kaltwasserbeimengungen bei Akratothermen und Schwefelthermen mit Bassinfassungen vor, während es für sehr ergiebige Thermen, die keine Verdünnung durch kaltes Wildwasser aufweisen, meist kein Mittel gibt für eine oft wünschenswerte Temperatur-

¹ M a c h e und M e y e r, Über die Radioaktivität der Quellen der böhmischen Bädergruppe. Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. Wien 1905.

erhöhung. Hieraus ergibt sich im allgemeinen, daß eine solche Absicht nur unter Beachtung dieser beiden Faktoren (Kaltwasserabwehr und Ergiebigkeitsvermehrung) möglich ist. Von Süßwasser überlagerte Thermalquellen diffusen Auftretens können durch technisches Eindringen unter diese Deck- und Mischzone sowohl auf vermehrte Konzentration als auch auf bedeutend höhere Temperatur gebracht und durch rationelle Fassung in diesem Zustande dauernd erhalten werden.

Hiermit wären die wichtigsten Momente aus dem Gebiete der Mineralquellenphysik erwähnt worden; sie stehen aber mit den chemisch-physiographischen sehr häufig in derartigem Konnex, daß es oft schwer fällt, den einen Faktor zu erörtern und dabei den anderen von der Betrachtung ganz auszuschalten.

Diese Verhältnisse hat insbesondere der geniale Hydrotechniker *F r a n ç o i s* schon im Jahre 1840 in scharfsinnigster Weise richtig erfaßt. Seiner Ansicht nach haben Wässer verschiedener Wärme und eben solchen Gehaltes wenig Tendenz, sich miteinander zu vermengen; er betont weiters, daß Mineralquellen bei Hochwasser oder künstlicher Überflutung der Quellenumgebung „nach und nach größere Schüttung, höhere Wärme und Mineralisation annehmen, und zwar bis zu einem gewissen Punkte, der dem Gleichgewichtszustand zwischen dem Mineralwasser im Inneren (der Fassung) und dem äußeren kalten Druckwasser entspricht. Darüber hinaus, respektive bei weiterem Druck, mischt sich kaltes Wasser zu, wodurch zwar das Volumen (Wassermenge) der Mineralquellen wächst, Wärme und Gehalt aber fallen.“ — *F r a n ç o i s* hatte sonach wohl als erster die Gleichgewichtsbeziehungen zwischen Mineralquellen im undichten Gelände und dem umgebenden Grundwasser erkannt und „die Wirkung des hydrostatischen Gegendruckes“ auch durch großartige technische Arbeiten in die Praxis umgesetzt — zuerst zur Erhaltung der Schwefelthermen von *U s s a t* in Frankreich, wobei er sein „kaltes Druckwasser“ 2 km weit herleitete und glänzende Erfolge in Bezug auf die Konstanz des Quellenphänomens mit weit größerer Ergiebigkeit, höherem Wärme- und Konzentrationsgrad erzielte. Bei anderen mineralquellentechnischen Arbeiten eliminierte er die Schädlichkeit von Nebenausbrüchen in der Umgebung von Heilquellen „durch tiefe oder offene (weite) Aufgrabungen“ und errichtete über den bloßgelegten Mineralquellenaustritten Staufassungen, deren Spiegelhöhe er regulierbar einstellen konnte, um jenen „hydrostatischen Punkt“ zu ermitteln. Auch in den folgenden Jahrzehnten ist von anderen Sachverständigen (*F r e y n* in Königswart u. a.) so manche mineralquellentechnische Arbeit ausgeführt und diese wichtige Beziehung fallweise stets im Auge behalten worden. Es ist daher auf Unkenntnis der Verhältnisse zurückzuführen, wenn in unseren Tagen jemand meint, diese längst bekannte Wechselbeziehung erst entdeckt zu haben; zu verwundern ist bloß, daß diese Frage des Flüssigkeitsgleichgewichtes und der chemischen Konstanz von Mineralquellen in den Kreisen der Brunneninteressenten noch so wenig bekannt ist, wiewohl sie auf außerordentlich einfache kinetische beziehungsweise statische und dynamische Erscheinungen zurückzuführen ist, weshalb man im Interesse der vaterländischen Heilquellen immer wieder auf diese alte Sache aufmerksam machen muß.

Es erübrigt nun noch, mit einigen Worten der

chemischen Physiographie

der Mineralquellen hier Erwähnung zu tun, obzwar dieselbe ein eigenes Kapitel für sich bildet und in dem vorliegenden Werke von anderer Seite speziell behandelt werden wird. An dieser Stelle soll nur an die Veränderlichkeit der Mineralquellen hinsichtlich ihrer chemischen Beschaffenheit erinnert werden. Es ist dies eine Frage, die nicht nur den Quellenbesitzer, sondern namentlich auch den Arzt interessiert. So wie die Ergiebigkeit von Mineralquellen eigentlich keine konstante Größe ist, ebenso gibt es auch eine Reihe von Mineralquellen, die ständige Schwankungen in ihrer Beschaffenheit aufweisen; bewegen sich dieselben innerhalb geringer Grenzen, so mögen sie weiter belanglos erscheinen. Jene Mineralquellen dagegen, deren Beschaffenheit sich aber bedeutend nach den wechselnden meteorischen Niederschlagsverhältnissen richtet, also bald Abnahme, bald Zunahme der Mineralstoffe aufweist, sollen einer zeitgerechten Sanierung unterworfen werden, um von den bezüglichen Süßwasserbeimengungen unabhängig gemacht zu werden; nicht, daß damit gesagt sein sollte, ein derart schwankendes Mineralwasser wäre unbedingt vom hygienischen Standpunkte aus zu beanstanden, was wohl nur in dem Falle zutrifft, wenn es sich um Beimengung von unreinem Wildwasser handeln würde; aber der Begriff des Mineralwasserindividuums, vornehmlich in therapeutischer Hinsicht, erfordert es, sofern es sich um ein Medizinalwasser und nicht ausschließlich um ein Tafelgetränk handelt, daß die bezügliche Mineralquelle eine gewisse

Konstanz der Beschaffenheit aufweist. Noch dringlicher müssen Sanierungsarbeiten zur Erhaltung der chemischen Individualität erscheinen, wenn es sich um eine offenkundlich seit längerer Zeit bereits in Erscheinung tretende Aussüßungstendenz einer Mineralquelle handelt. In allen solchen Fällen gibt es quellentechnisch Mittel und Wege, um die frühere Beschaffenheit wieder zu erlangen und dauernd zu erhalten, vorausgesetzt, daß die bezüglichen Maßnahmen nicht nur auf rationelle Weise ausgeführt und wegen der nötigen Mittel voll und ganz durchgeführt werden können, sondern daß danach auch die richtige Quellenbehandlung Platz greift, wie aus den späteren Darlegungen noch hervorgehen wird, die vielfach auch von chemisch-physiographischer Wichtigkeit sind.

Es ist einleuchtend, daß die chemische Konstanz von Mineralquellen namentlich bei jenen von Wichtigkeit ist, die zur Trinkur verordnet werden, während solche, die ausschließlich für Badezwecke Verwendung finden, dieser rigorosen Forderung im allgemeinen weniger ausgesetzt werden. Immerhin liegt es im Interesse eines jeden Quellenbesitzers, ebenso wie die Wasserquantität auch die Qualität der Mineralquelle durch fortlaufende Beobachtungen evident zu halten, wozu es keiner großen Analysen bedarf; es genügt für solche Zwecke die zeitweise Ausführung weniger Kontrollbestimmungen, aus deren Abweichungen ein hinreichend sicherer Schluß auf die Schwankungen, beziehungsweise Veränderungstendenz gezogen werden kann. Die chemische Physiographie der Mineralquellen hat hauptsächlich zwei Momente ins Auge zu fassen: einerseits den Charakter der Mineralisation, der in dem Relativverhältnisse der Einzelbestandteile zum Ausdrucke kommt, und andererseits die Konzentration des Mineralwassers. Durch einfache Verdünnung mit weichem Süßwasser wird zwar der Mineralisierungscharakter der Quelle nicht geändert, dagegen wohl der Gesamtgehalt an gelösten Bestandteilen; hingegen können zusitzende Kalkwässer, Moorwässer u. dgl. nicht bloß verdünnend, sondern auch auf den Mineralcharakter verändernd einwirken. Es empfiehlt sich daher im Anschlusse an die jeweiligen Quantitätsmessungen Wasserproben zu entnehmen und sie wenigstens auf die wichtigsten oder charakteristischen Bestandteile (z. B. Trockenrückstand bei 120°, Chlor und Schwefelsäure) untersuchen zu lassen, aus welchen Kontrollermittlungen oft wertvolle Schlüsse gezogen werden können, wenn sie nur einigermaßen systematisch, beziehungsweise fortlaufend gemacht werden. Derartige ständige Beobachtungen sind bisher noch viel zu wenig gewürdigt worden; den Wert derselben werden nur jene Quellenbesitzer zu ermessen wissen, die ihren Schatz schon bei Zeiten in Evidenz gehalten haben. An anderen Orten (Rohitsch-Sauerbrunn u. a.) sind dagegen seit Jahrzehnten Kontrollbestimmungen des spezifischen Gewichtes mittels Areometer ausgeführt worden, woraus sich ebenfalls manche Schlüsse bezüglich der Konzentrationsverhältnisse ergaben, die zum Vorteil der Quellen verwertet werden konnten. In jüngster Zeit wurden vom Verfasser eigene Mineralwasserprober konstruiert, die den Gehalt an gelösten Substanzen auf hundertstel Gramm pro Liter Wasser, beziehungsweise das spezifische Gewicht bis auf die 5. Dezimale ablesen lassen. Endlich ist auch eine refraktometrische Konzentrationskontrolle gebräuchlich, wobei also das verschiedene Lichtbrechungsvermögen der Mineralwässer zur Prüfung des Gesamtsalzgehaltes herangezogen wird; solche Eintauchrefraktometer stehen erst seit einigen Jahren in Verwendung.

Die Beobachtung der Mineralquellen, sowohl ihrem Abflusse, wie ihrer Beschaffenheit nach, ist von außerordentlicher Wichtigkeit nicht bloß vor beabsichtigten Fassungsarbeiten, sondern auch während derselben und lange nach Bewerkstelligung solcher Veränderungen an dem Quellenbestande; die erlangten Ziffern bringen bleibend wertvolle Bilanzen zum Ausdruck.

III. Mineralquellenstatik.

In vielen Fällen treten die detailtopischen Verhältnisse der Quellenumgebung mit den physiographischen der Mineralquelle in engste Beziehungen, wie von mir vor Jahren experimentell ermittelt und bestätigt wurde. Nachstehend sollen die wichtigsten Axiome in kurzgefaßten Sätzen mit den von mir gewohnter Weise angewendeten Bezeichnungen zusammengestellt werden.

1. Jede Mineralquelle im dichten Gelände, welche von benachbarten Mineralquellen oder Grundwasserverhältnissen der Umgebung unabhängig ist, stellt hydrologisch ein eigenes Individuum, eine absolute Einheit dar.

Das entgegengesetzte Extrem bilden die zwei oder mehrfachen Ausflußstellen einer einzigen Mineralquelle, also geteilte Einheiten, wie „Quellenzwillinge“ u. s. w. (Karlsbad, Sprudel V und VI) sowie manche überzähligen Bohrlöcher in einem Quellengebiete, die

deswegen keine weitere Wassermenge mehr heraufbringen, sondern zusammen ebensoviel liefern als ein einziges, genügend weit dimensioniertes Bohrloch¹ (Fig. 1, 2, 3). Dazwischen gibt es eine Reihe von Übergängen, welche die gegenseitige Abhängigkeit benachbarter Quellen mehr oder weniger zum Ausdruck bringen; dieses Abhängigkeitsverhältnis von Haupt- und Nebenquellen kann im Laufe der Zeit Änderungen im positiven oder negativen Sinne unterworfen sein.

2. Weiter entfernt voneinander gelegene Nebenquellen einer und derselben Hauptquelle können unter sich die Rolle unabhängiger Mineralquellen spielen; ich bezeichne sie als *Pseudoeinheiten* (z. B. Karlsbad: Marktbrunn-Kaiserbrunn u. a.). Dieses Verhältnis tritt unter besonderen Umständen sogar bei ganz nahe gelegenen Mineralquellen auf (Karlsbad: Springer II, im Gegensatz zu den übrigen Sprudelquellen), weil hierfür nicht bloß die Entfernung allein, sondern auch die Verhältnisse in der Tiefe maßgebend, ja mitunter ausschlaggebend sein können.

Viele in Gebrauch stehende Mineralquellen desselben Quellengebietes sind bloß Abzweigungen oder Nebenausstritte einer Hauptquelle, welcher dann nur der Charakter einer *relativen Quelleneinheit* zukommt. Im allgemeinen nimmt die Hauptquelle eine höhere Lage, die Nebenquellen eine tiefere ein. Das umgekehrte Verhältnis kommt wohl nur selten vor (Karlsbad, Sprudel-Schloßbrunn) und setzt zur Erhaltung hochgelegener Neben- (Manometer-) Quellen (Fig. 4) eine gewisse Mindestspannung der Hauptquelle und relative Dichtigkeit des Quellengebietes voraus². Auch die Intensität tiefer gelegener Nebenquellen ist von dem Spannungszustande der Hauptquelle abhängig, hat aber eher die Undichtheit der letzteren Umgebung zur Voraussetzung.

3. Die *Umgebung* einer Mineralquelle soll, wenn sie nicht schon von Natur aus „quellensicher“ ist, durch entsprechende Maßnahmen gegen Ausbrechen seitlicher beziehungsweise tieferer Nebenquellen *abgedichtet* werden sowie von Grundwasserschwankungen unabhängig gemacht sein. Von Natur aus völlig dichte Mineralquellengebiete sind gegen die Schwankungen des oberen Grundwasserhorizontes vollends indifferent. Tonige Sedimente stärkerer Mächtigkeit in der Quellenumgebung bilden natürliche Abdichtungen, so wie plastische Kluftausfüllungen (Lettenklüfte) mitunter den Schutz aufsteigender Mineralquellen gegen seitliches Ausweichen bieten oder aber die Auftriebszone von Mineralquellen gegen benachbartes Süßwasser begrenzen³. In manchen Fällen aber hat man mit solchem gar nicht zu tun.

4. Die *Wirkung vorhandener oder zunehmender Auftriebsbehinderungen* in der Hauptquelle ist für diese meist ungünstig, während Austrittswiderstände in der Quellenumgebung für den Bestand der Hauptquelle von Vorteil sind. Die nachteilige Wirkung einer Querschnittsverminderung (Versinterung oder mechanischen Verlegung) im Hauptquellenweg kann innerhalb gewisser Grenzen durch den Vorteil kompensiert werden oder in das Gegenteil umschlagen, wenn hiedurch die spontanen Quellengase eine erhöhte Triebkraft auf das emporsteigende Mineralwasser auszuüben vermögen.

5. Ist die Umgebung einer Mineralquelle undicht, sind häufig Wasser- oder Gasverluste vorhanden. Die Quelleneinheit ist dann auf eine Haupt- und auf (meist unbenutzte, also schädliche) Nebenquellen aufgeteilt. In solchen häufig vorkommenden Fällen besitzt die Hauptquelle als *Relativeinheit* eben nur eine relative Ergiebigkeit, bildet daher bloß einen *Aliquoten*, der praktischen Verwertung zugänglichen Teil der ganzen Quelleneinheit, während der Rest meist in lockeren Überlagerungsmassen, somit sekundär in Form von Nebenausbrüchen austritt, die unkontrollierbare Verluste bedeuten und das Maß der Verwendbarkeit der Hauptquelle beeinträchtigen.

Die Wassermenge aller Quellenausflüsse zusammen bildet dann die absolute oder *wahre Ergiebigkeit* des verteilten Mineralwasserkomplexes, bezogen auf das Spiegelniveau der höher gelegenen Hauptquelle.

Mineralquelle und Nebenausbrüche stehen sonach im gegenseitigen *Abhängigkeitsverhältnisse*, das sich infolge mechanischer Verlegung oder höherer Spannung der Hauptquelle zu Ungunsten derselben und umgekehrt, durch mechanische Verlegung oder Unterbindung der Nebenquellen zu Gunsten der Hauptquelle ändern kann. Das lokale Unterdrücken eines schädlichen Ausbruches gewährleistet aber noch nicht eine quantitative Verbesserung der Hauptquelle; es kann auch bloß eine Verstärkung anderer, benachbarter Verluststellen in

¹ Vgl. Vortrag Czernicki, Über Quellenfassungen. Baln.-Ztg. Berlin 1896.

² Die seltsamen „Übersprung“-Erscheinungen (z. B. bei Warmbad Villach) gehören physikalisch wohl nicht zur Kategorie der Manometerquellen.

³ Vgl. Knett, Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. Wien 1900.

Erscheinung treten. Abdichtungen ausbruchsreicher Quellengebiete sollen daher möglichst weitreichend durchgeführt werden.

6. Ist die undichte Umgebung einer Mineralquelle mit Grundwasser bedeckt, so steht dieses nach dem Gesetze kommunizierender Flüssigkeiten mit der Hauptquelle je nach dem Grade der Undichtheit, respektive dem Berührungsausmaße mehr weniger im Abhängigkeitsverhältnisse. Das Grundwasser bildet in solchen Fällen eine natürliche, aber nicht vollwertige oder stationär bleibende Abdeckung schädlicher Mineralwasser-Ausbruchstellen. Die Schwankungen des Grundwasserstandes übertragen sich in gleichem Sinne auf die Hauptquelle; jedem Steigen des Grundwassers entspricht eine stärkere Belastung (Unterdrückung) der Nebenausstritte, infolgedessen eine Vergrößerung der Wassermenge — bei Thermalquellen auch eine Temperaturerhöhung — in Erscheinung tritt; und umgekehrt geht die Mineralquelle durch Sinken des Grundwasserstandes zurück. Diese gleichsinnigen Mineralquellenschwankungen sind also nicht auf Hinzutreten oder Wegnahme von Süßwasser, sondern auf eine Annäherung der relativen Quelleneinheit an die absolute oder auf eine Entfernung von derselben zurückzuführen infolge Verminderung oder Verstärkung des Wirkungsgrades schädlicher Nebenquellen. Dieses konkurrenente Verhalten von Mineralquellen mit dem umgebenden Grundwasser ist in zahlreichen Fällen sichergestellt; desgleichen ist die herabsetzende, beziehungsweise befördernde Wirkung von Ebbe und Flut auf die Ergiebigkeit und Temperatur nahe vom Meeresstrande gelegener Mineralquellen erwiesene Tatsache. (Die Therme von Monfalcone bei Triest widerspiegelt sogar die geringen Gezeitenunterschiede der $1\frac{1}{2}$ km entfernten Adria, natürlich ohne Änderung der chemischen Beschaffenheit¹).

7. Erst bei Überhöhung der Mineralquelle durch den Süßwasserspiegel liegt die Tendenz vor, auf erstere qualitativ verschlechternd (verdünnend) einzuwirken, infolge Addition von Süßwasser zum Mineralwasser². Eine Senkung des Grundwasserstandes dagegen wirkt auf eine im Abhängigkeitsverhältnisse stehende Mineralquelle wegen der geringeren Belastung der Nebenquellen quantitativ beeinträchtigend, d. h. infolge weiterer Entziehung von Mineralwasser auf die Hauptquelle ergiebigkeitsvermindernd.

8. Dieselben Störungen des Gleichgewichtes zwischen Mineral- und Süßwasser treten durch natürliches Sinken oder infolge künstlicher Absenkung einer Mineralquelle ein, wodurch benachbarte Entwässerungen stattfinden und Misch-, beziehungsweise Süßwasser herbeigezogen werden; umgekehrt bewirkt Anstau der Mineralquelle seitliches Verdrecken in der undichten Umgebung. Eine öftere Wiederholung solcher Störungen versetzt die Mineralquelle mechanisch- und chemisch-physiographisch in andauernde Unruhe. Eine Quellenwirtschaft, welche fortgesetzt an der Quellenspannung rüttelt, kann dauernde Schädigungen der Mineralquelle hinsichtlich Mengenabflusses und chemischer Beschaffenheit zur Folge haben. Eine richtige Quellenbehandlung respektiert die Quellenruhe durch Einhaltung einer möglichst stationären Spiegelhöhe, respektive des Beharrungszustandes der Mineralquelle durch gleichbleibende Überlaufhöhe in dem einmal vorhandenen, beziehungsweise richtig ausgemittelten Niveau. Die ungeachtet dessen in Erscheinung tretenden Schwankungen einer Mineralquelle sind dann meist nur die Folgewirkung wechselnder natürlicher Faktoren, wie Luftdruckänderungen über dem Quellenaustritt und Grundwasserschwankungen in der Quellenumgebung.

9. Mineralquellen und Grundwasser, welche vorstehenden Betrachtungen nach infolge unterirdischer Verbindung in gegenseitigem Abhängigkeitsverhältnisse stehen³, bilden ein „Flüssigkeitspaar“ von ganz verschieden chemischer Beschaffenheit. Die Kommunikation beider kann selbst durch tief gelegene, nicht immer zutage ausmündende Abzweigungen des Hauptquellenweges stattfinden oder aber durch große Berührungsflächen gegeben sein. Letzterer Fall kommt häufig bei Tiefenquellen, seien sie jetzt juveniler oder vadoser Herkunft, namentlich in kristallinen Massengesteinen vor; unterirdische Auftriebs- oder Staubezirke solcher Mineralquellen sind dann meist von einem Gebirgsgrundwassermantel umgeben. Starke, künstliche Absenkung desselben kann die Steigfähigkeit und damit die Wasserlieferung einer hiedurch tangierten Mineralquelle in Frage stellen. (Teplitz 1879 u. s. w.) Ob zwei heterogene Flüssigkeiten gegenseitig beeinflussbar sind, hängt lediglich davon ab, ob seitliche oder tieferliegende Kontakte vorhanden sind, und nach dem Ausmaß oder Grade

¹ Vgl. Ludwig und Panzer, Über die Therme von Monfalcone. Wr. klin. Wochenschr. Wien 1900.

² Siehe Knett, Über Abstimmungserscheinungen, besonders an Mineralquellen. Int. Min.-Qu.-Ztg. Festnummer 1909. — Die dort behandelten Fragen der Quellenphysik wurden vorher experimentell geprüft.

³ Vgl. Fig. 1.

dieser Kommunikation richtet sich dann auch die mehr oder weniger ausgesprochene Abstimmungsmöglichkeit zwischen beiden.

10. Stark konzentrierte Mineralwässer, welche in Tälern oder Depressionen unmittelbar unter der betreffenden Sohle, respektive Erdoberfläche weite Räume auslaugungsfähiger Sedimentgesteine erfüllen, werden meist von einer Süßwasserzone überlagert; ein ähnlicher „Süßwasserhut“ schließt sich über höchstgespannte relative Quelleneinheiten, selbst wenn es sich um gasführende Thermalquellen handelt, weil die maximale Spiegelhöhe in solchen Fällen durch die herabsetzende Wirkung starker Nebenausbrüche unter Normal- und selbst Grundwasserniveau sinken kann.

Die früheren Erörterungen haben zur Genüge erkennen lassen, daß es auch an Mineralquellen eine Reihe von Krankheiten gibt, denen gegenüber sachlich angepaßte, also ebenso verschiedene Heilmethoden in Anwendung gebracht werden müssen. In dem zuletzt betrachteten Falle haben wir die Überwucherung eines Mineralquellenschwächlings durch Süßwasser vor uns; bringt man durch entsprechende Mittel den infolge seitlicher Verblutung erschöpften Quellenorganismus wieder zum kräftigen Aufleben, dann erwehrt er sich des überfallenden Süßwassers schon von selbst¹.

In einer großen Zahl von Fällen liegt nicht einfache Überschichtung salzreichen Mineralwassers durch hangendes Süßwasser vor, sondern ein stufenweiser Übergang des letzteren in immer angereichertere Mischwasseretagen bis zur Höchstkonzentration in der Tiefe, worauf schon Czernicki (1896) aufmerksam machte. Eine Generalisierung dieser Verhältnisse wäre aber nicht zutreffend, weil sie hauptsächlich für Auslaugungsquellen gelten, die besondere topische Eigenheiten, namentlich räumliche Verbreitung in Sedimentärgebilden aufweisen und erdoberflächlich in Grundwasser erfüllten Niederungen auftreten.

In anderen Fällen ist sichergestellt, daß die nach der Tiefe zunehmende Konzentration nicht auf obere Süßwasserbeimengung, sondern auf das Zusammenwirken zweier Mineralwasserkomponenten² zurückzuführen ist, womit nicht bloß eine Änderung in der Konzentration, sondern auch im Mineralisierungscharakter Hand in Hand geht (Rohitsch-Sauerbrunn: Tempel-, Styria- und Donatiquelle). Diese Fälle gehören sonach einerseits dem geologischen Kapitel über die Entstehung der Mineralquellen und andererseits speziell ihrer chemischen Physiographie an. Die bisherigen Darlegungen über das wechselnde Verhältnis zwischen Mineral- und Süßwasser bestätigen die Richtigkeit des von Lersch seinerzeit ausgesprochenen Satzes, daß chemische und physikalische Differenzierung der Wässer, respektive Quellen nicht ihre unterirdische Kommunikation verhindert, wie dies insbesondere auch aus den früher zitierten Darlegungen über Abstimmungserscheinungen an ganz heterogenen Flüssigkeitspaaren (Wasser und Petroleum u. s. w.) hervorgeht.

11. Auch benachbarte und ihrem chemischen Charakter nach völlig verschiedene Mineralquellen (z. B. ein eisenfreier Natronsäuerling und ein etwa 10 m weit davon entfernter, parallel von unten aufsteigender arsenhaltiger Eisensäuerling) können unter besonderen Verhältnissen mittels zufälliger unterirdischer Kluft- oder Schichtwege miteinander in Verbindung stehen, wiewohl sie primäre Quelleneinheiten sind, die erst durch eine „operative Trennung“ voll und ganz zur Geltung kommen. Die anzutreffende Mineralisierung eines solchen Quellenpaares (Fig. 5) entspricht gewöhnlich nicht dem ursprünglich differenten Charakter, sondern erscheint infolge der herrschenden Verbindung schon etwas ausgeglichen; das Maß dieser Vermischung, beziehungsweise der noch vorhandenen chemischen Verschiedenheit ist eine empfindliche Funktion der Spiegelstände und des Verbindungsquerschnittes, ähnlich wie bei dem Verhältnis zwischen Mineral- und Süßwasser.

Während einerseits ein trennender Eingriff zwischen einer gewöhnlichen Haupt- und Nebenquelle und die rationelle Unterbindung des letzteren Seitenweges die beabsichtigte Eliminierung eines Nebenaustrittes erzielen läßt, kann andererseits die Scheidung eines mehr weniger vermengten Quellenpaares die ursprüngliche Verschiedenheit zurückbringen (vgl. Fig. 6). Die Separation solcher Quellenpaare wird man nur auf besondere Forderung hin unternehmen; sie setzt eingehende Untersuchungen, richtiges Ermessen aller chemischen Details sowie der kleinsten topischen Einzelheiten während der Aufschluß- und Dichtungsarbeiten voraus, mehr denn jede andere quellentechnische Arbeit. Fassungsarbeiten entfallen hierbei zur Gänze, wenn sie nicht außerdem noch gewünscht werden.

¹ Vgl. Knett, Mechanismus der Quellenbildung und die Biliner Mineralquellen. Int. Min.-Qu.-Ztg. Nr. 133. Wien 1906.

² Knett, Die geologisch-quellentechnischen Verhältnisse von Rohitsch-Sauerbrunn. Wr. klin. Wochenschr. 1909, Nr. 30.

Differenzierungen benachbarter Mineralquellen, welche nicht primärer Natur sind, können nur die Folge sekundärer Veränderungen in dem Seitenweg einer Hauptquelle sein, ein häufig vorkommender Fall, der sonach nicht dem Kriterium eines Quellenpaares entspricht, sondern den geteilten Quelleneinheiten angehört. Ein Durchschneiden und Unterbinden des Kommunikationsweges würde somit das dauernde Versiegen der anderen Mineralquelle zur Folge haben; es wird dies bei Betrachtung der Fig. 7 ohneweiters einleuchtend erscheinen.

Fälle aus der Praxis.

Schon aus den bisherigen Darlegungen wird erkennbar gewesen sein, wie vielseitig sich mineralquellentechnische Arbeiten gestalten können und daß es sich keineswegs immer nur um Neufassungen, respektive um Auswechslung älterer schadhafter Quellfassungen handelt. Um über diese Fragen eine Übersicht zu geben, möge eine kleine Auswahl aus der Reihe einschlägiger Probleme angeführt werden dürfen, welche mir häufig teils als Experten in verschiedenen Ländern zur Begutachtung gestellt wurden, teils bei der faktischen Durchführung von Mineralquellenfassungen oder der Leitung größerer Sanierungsarbeiten untergekommen sind. Die häufigste Aufgabe, vor welche man gestellt wird, ist eine wünschenswerte Vermehrung der Ergiebigkeit, wofür, nach den vorstehenden Erörterungen (s. auch S. 113), ebenso häufig die natürlichen Vorbedingungen gegeben sind, die bei richtiger Disposition und zweckentsprechender Durchführung der Arbeiten von Erfolg begleitet sein müssen. In einem anderen Fall war die abfließende Wassermenge, ihrer absoluten Ziffer nach, zwar hinreichend gewesen, wogegen sich aber das Bedürfnis nach einer größeren Steigfähigkeit, also eines höheren Quellenüberlaufes fühlbar machte, ohne daß hiedurch eine quantitative Einbuße die Folge sein sollte; diese Frage ist quellentechnisch eigentlich ident mit einer Ergiebigkeitserhöhung, weshalb es in solchen Fällen nicht selten gelingt, tatsächlich die frühere Wassermenge in einem höheren Abflußniveau zu erlangen; auch kann zur Erreichung dieses Effektes die Arbeitsleistung der spontanen, also blasenförmigen Quellengase herangezogen werden.

In einem dritten Falle handelte es sich um eine Verhinderung zu starker Entgasung, wodurch andere nachteilige Erscheinungen im Gefolge standen, in einem vierten um Unregelmäßigkeiten, beziehungsweise wiederholtes Aussetzen des Quellenabflusses durch angestautes Gas in der Umgebung der Mineralquelle, in einem fünften um eine Schwächung der Quelle durch hohen Gasdruck über dem Wasserspiegel in der Fassung selbst u. s. w.

Daran schließt sich die Reihe der Wünsche in Bezug auf die natürliche Wärme von Thermalquellen verschiedenster Genesis und Beschaffenheit; an einem Orte war eine bedeutende Temperaturerhöhung notwendig, um für das Wasser eine ideale Schwefelbadtemperatur zu erlangen, was sich durch Freimachung des natürlichen Quellenweges, respektive durch eine Erhöhung der Ergiebigkeit auf Kosten bisheriger Verluststellen erreichen ließ, bei anderen Sachlagen handelt es sich um bassinartige Umfassungen von Thermen, woselbst zusetzendes Kaltwasser zu eliminieren war, wieder in anderen Fällen war die Temperatureinbuße eine Folge zu hoher Quellenspannung u. s. f.

Außerordentlich verschieden aber sind die Aufgaben in Bezug auf die Erhaltung, Verbesserung oder sogar Änderung der chemischen Beschaffenheit einer zu behandelnden Mineralquelle, welche Fragen selbstverständlich auch eine Spezialisierung auf hydrochemischem Gebiete voraussetzen; so sollen an verschiedenen Mineralquellen teils Kalk- oder Gipsabsätze, teils Ockerabscheidungen in Fassungen und Leitungen verhindert werden, was durch prophylaktische Maßnahmen auch meistens gelingt. Selbst dort, wo beispielsweise die letzteren Absätze in den Wasserwegen nicht von Bedeutung sind, hat man besonders häufig mit der Ockerabscheidung in den abgefüllten Flaschen zu tun; es gibt aber auch Fälle, wo man diesbezüglich mit keiner der modernsten Füllmethoden ein befriedigendes Resultat erzielt, weil das Mineralwasser infolge Vermischung mit sauerstoffhaltigem Tag- oder Grundwasser schon in der Fassung opalisiert, diese Eisenabscheidung daher später in den abgefüllten Flaschen unbedingt zur Konsolidierung gelangt. Vielfach allerdings handelt es sich nur um Luftzutritt bei der Abfüllung der Flaschen selbst, welche Frage noch im Schlußkapitel eine kurze Besprechung finden wird.

Eine häufige Aufgabe bildet auch die, eine Mineralquelle mit größerer Konzentration, also höherem Gehalt an festen Bestandteilen oder aber mit größerem Reichtum an absorbierter Kohlensäure zu erlangen, was insbesondere bei Tafelwässern nicht bloß wegen der besseren Haltbarkeit, sondern auch Schmackhaftigkeit von großem Wert ist. Bei anderen

Wässern handelte es sich um Beseitigung eines schwachen Schwefelwasserstoffgeruches, wieder bei anderen um vermutete Verunreinigungen, was sich denn auch nach erfolgter Sanierung der betreffenden Quellengebiete aus der bedeutenden Abnahme, wenn nicht gänzlichem Verschwinden von Ammoniak und Salpetersäure als richtig erwies; erstere Substanz kommt allerdings auch in reinen chlornatriumreichen Mineralwässern vor. Die mannigfachen pharmakologischen Wünsche, welche nicht selten die Änderung des chemischen Charakters von Mineralquellen zum Gegenstande haben und entweder das Alkalienverhältnis oder die Anionen (z. B. Vermehrung des SO_4) betreffen, sollen hier übergangen werden. Nachdem manche Mineralquellen auf das Zusammentreffen verschiedener Quellenkomponenten zurückzuführen sind, gelingt es unter gegebenen Verhältnissen, einer solchen Forderung Rechnung zu tragen; ein mir häufiger untergekommener Fall, die Separation eines Arsenquellenzulaufes o. dgl. von einem gewöhnlichen Sauerling, wurde bereits bei Erörterung von Quellenpaaren erwähnt.

In neuerer Zeit wird man nicht selten auch vor die Frage gestellt, auf welche Weise der Gehalt an Radiumemanation erhöht werden kann; es dürfte aus den bisherigen, an verschiedenen Quellen mit diesbezüglichen Erfolgen durchgeführten Neufassungsarbeiten wohl geschlossen werden können, daß manche Mineralquellen in größerer Tiefe überhaupt eine höhere Radioaktivität besitzen, ebenso wie es außer Zweifel steht, daß auch andere Faktoren (wie Wassermenge, Quellenbehandlung) hiebei von Einfluß sind. Endlich handelt es sich noch um Verhinderung von Gas- oder Emanationsverlusten, wenn die Benutzungsstätte nicht in der Nähe der Fassungen selbst, sondern mitunter weit entfernt hievon gelegen ist; hierauf wird ebenfalls noch am Schluß dieser Abhandlung kurz eingegangen werden.

IV. Fassung der Mineralquellen.

Darunter ist jene Vorrichtung zu verstehen, welche die Benutzbarkeit des Wassers bei Erhaltung der natürlichen Eigenschaften gewährleisten soll. Eine Mineralquellenfassung stellt zugleich die direkte Verbindung des natürlichen Quellenaustrittes mit dem Wasserweg dar, der dem Mineralwasser späterhin vorgezeichnet wird, und hierin liegt auch die einzig richtige Definition einer Mineralquellenfassung: sie ist die Verbindungsstelle des natürlichen mit dem künstlichen Quellenweg. Es war daher wohl angebracht, wenn wir uns vorhin auch mit den natürlichen Mineralwasserläufen und den Austritterscheinungen ein wenig beschäftigten.

Zweck von Mineralquellenfassungen ist also, dem Mineralwasser oder bestimmten Zuflüssen — von ihren primären Austrittsstellen an — sichere Führung und weiteres Geleite zu geben, um die spezifischen Eigenschaften des betreffenden Mineralwassers zu erhalten, respektive zu verbessern und dementsprechend therapeutisch und kaufmännisch ausnützen zu können. Dieser Zweck betrifft demnach hauptsächlich die physikalischen und chemischen Eigenheiten der Mineralquellen: Wasser-Giebigkeit, Gasführung, chemische Beschaffenheit, Wärme und Radioaktivität. Den Anlaß zu Mineralquellenfassungen können sonach verschiedene Umstände bieten, die aber immer wieder auf das Bestreben des Quellenbesitzers hinauslaufen werden, einen oder mehrere der obgenannten Faktoren zu verbessern und dauernd zu sichern. Einen häufigen Anstoß zu Neufassungsarbeiten bildet auch die Erzielung einer besseren Haltbarkeit des abgefüllten Mineralwassers, in welcher Hinsicht indessen nicht bloß der Fassungszustand und die Quellenumgebung, sondern auch die spezielle Quellenbehandlung und Füllmethode von Einfluß sind. Mit der Erhaltung oder Verbesserung aller spezifischen Eigenschaften eines Mineralwassers ist indirekt zugleich gesagt, daß Mineralquellenfassungen einen Schutz gegen seitliche Wasser- und Gasverluste (gegebenenfalls auch gegen Emanationsverluste) gewähren sollen und auch unerwünschte Abkühlungen von Thermalquellen verhindert, wie insbesondere auch Verdünnungen oder Verunreinigungen der Mineralwässer verhütet werden sollen.

Soll eine bisher ungefaßte Mineralquelle, die seit undenklichen Zeiten bloß einen natürlichen Weg bis an die Erdoberfläche genommen und hier gleichermaßen ihren natürlichen Abfluß gefunden hat, einer erstmaligen Fassung unterzogen werden, so handelt es sich neben dem Hauptzwecke, dieses Wasser seiner spezifischen Eigenschaften wegen der Benutzung zugänglich zu machen, auch häufig darum, eben diese gleichzeitig zu verbessern, weil die natürlichen Verhältnisse, unter welchen ungefaßte Mineralquellen an der Erdoberfläche zum Austritt gelangen, in den meisten Fällen nicht so ideale sind, daß die betreffende Quelle ohneweiters in dieser Form und Beschaffenheit verwendet werden kann. Das Studium

ungefaßter Mineralquellen ergibt, daß sie vielfach infolge der Durchwanderung mehr weniger zerklüfteter Gesteine oder der aus Zerfalls- und Anschwemmungsprodukten aufgebauten Erdoberfläche sowie durch das Passieren der obersten Grundwasserhorizonte Verzweigungen und Verdünnungen erlitten haben, weshalb es erst einer Abräumung dieser quellentechnisch unbrauchbaren Austrittsgesteine und all der zwischen und darüber gelagerten früheren Quellenabscheidungen bedarf. Anderenfalls kann es sich bei Neufassungen schon gefaßter Mineralquellen, wie erwähnt, entweder um die Erhaltung ihrer guten Eigenschaften handeln oder aber um eine Verbesserung einer oder mehrerer dieser Eigenschaften. So sind denn auch die Aufgaben, vor die sich der auf diesem Gebiete tätige praktische Geologe und Mineralquellentechniker fallweise gestellt sieht, nicht bloß wegen der stets verschiedenartigen geologischen und quellentopischen Verhältnisse, sondern auch wegen der heterogenen physiographischen Momente außerordentlich vielfältig.

Hieraus kann abermals entnommen werden, daß es sich keineswegs immer nur um Quellenfassungen allein handelt, wie vielfach irrümlicherweise noch heutzutage angenommen wird. Ebenso wie die eigentliche Fassungsarbeit zunächst die Beseitigung des alten künstlichen Bestandes sowie eine Bloßlegung des Austrittsgebietes, beziehungsweise Aufschließung des Mineralwassers zur Voraussetzung hat, erfordert sie schließlich auch entsprechende Verbauarbeiten und wird erst durch die richtige Einstellung der Mineralquellen auf ihre Normalspannung beendet; hieran muß sich weiters eine rationelle Quellenbehandlung schließen, soll nicht der Erfolg der Fassungsarbeiten wieder in Frage gestellt werden.

A. Aufschluß des Quellengebietes.

Die Art und Weise, wie eine Mineralquelle zwecks Fassung aufzuschließen ist, also hinsichtlich der Form und des Ausmaßes, richtet sich ganz nach ihren topischen Verhältnissen, dann der hiemit verbundenen Absicht sowie nach dem Umstande, ob noch benachbarte in Gebrauch stehende und beeinflussbare Mineralquellen vorhanden sind, deren Bestand höchstens nur vorübergehend in Frage gestellt werden darf. Viele Mineralquellen, die vordem keinen natürlichen Austritt an der Erdoberfläche gefunden haben, sind durch Tiefbohrungen oder Schachttiefung erschlossen worden, in welcher Hinsicht die Geologie und Bohrtechnik eine Reihe glänzender Erfolge aufzuweisen haben; sie setzen jedoch bekannte tektonische oder sichere quellentopische Verhältnisse voraus, soll der Erfolg nicht bloß ein zufälliger, sondern zu erwartender und dauernder sein. Diese Methoden sind daher nicht überall anwendbar, ebenso nicht die anderen, mehr weniger bergmännischen Methoden der Erschließung durch Stollen, Gesenke und Strecken; dagegen genügen nicht selten einfache Aufgrabungen, wie kleine seichte Gruben oder flache weite Bloßlegungen des Mineralquellengebietes. Andererseits erheischen manche Verhältnisse die Anlage großer Tagbaue, um eine diesbezügliche rationelle Arbeit zu vollführen und einen Dauererfolg zu sichern; indessen haben selbst in letzter Zeit derart umfangreiche und kostspielige Arbeiten mitunter nur Augenblickserfolge gezeitigt, deren Ursachen aber nicht in dem großen Aufschluß, sondern in der unrichtigen Beurteilung und Auslegung der lokalen geologischen und hydrologischen Verhältnisse sowie in verfehlten Fassungsdispositionen gelegen waren.

Motive und Methoden der Erschließung.

Um die Frage eines richtigen Aufschlusses einer Mineralquelle erschöpfend zu behandeln, müßten der Reihe nach die zahlreichen topischen Verhältnisse, unter welchen die verschiedensten Mineralquellen zutage treten, betrachtet werden, desgleichen der unterschiedliche Charakter derselben hinsichtlich der Auftriebserscheinungen, der physikalischen und chemischen Eigenheiten, ferner alle Ursachen und Arten physiographischer Quellenveränderungen, endlich alle Umstände, welche sonst noch den Anlaß zu Neufassungen geben können, als Motiv genommen und darnach die vielen, durch Kombination der einzelnen Momente möglichen Einzelfälle im Detail besprochen werden. Nachdem diese Erörterungen im Rahmen der vorliegenden Abhandlung ganz unmöglich sind, sollen bloß einige Beispiele unter Zugrundelegung der häufigst vorkommenden Frage, der Quellenergiebigkeit, in kurzen Zügen Erwähnung finden. Ist es beispielsweise evident, daß die betreffende Mineralquelle im Laufe der Jahre keine Ergiebigkeitsrückgänge aufgewiesen hat, dann kann man annehmen, daß keine Verschlechterung der Quellenumgebung durch tiefer gelegene Seitenaustritte stattgefunden hat; in solchen Fällen, sowie dort, wo es sich zweifellos nur um einen einheitlichen Quellenaustritt ohne Nebenausbrüche handelt, wird ein räumlich beschränkter Aufschluß

genügen, um eine Neufassung, beziehungsweise einfache Fassungswechselung vornehmen zu können. Bei verteilten Quelleneinheiten und beabsichtigter Ergiebigkeitsvermehrung durch direkte oder indirekte Einbeziehung von Nebenquellen (seien sie auch für den Bestand der Hauptquelle, seit sie wenigstens in Benutzung steht, unschädlich gewesen), wird man einen möglichst weiten Aufschluß des Quellengebietes ins Auge fassen müssen. Das Gleiche wird der Fall sein, wenn die betreffende Mineralquelle zwar eine nicht schlechte Fassung aus neuerer Zeit besitzt, aber dennoch Rückgänge aufgewiesen hatte, die eine Folge allmählich verstärkter Nebenausstritte von Mineralwasser und Gas gewesen waren; in diesem Falle handelt es sich sodann weniger um eine direkte Verbesserung der Hauptquelle, als vielmehr um eine Sanierung der Quellenumgebung durch Aufschluß-, eventuell Fassungs-, in jedem Falle aber durch Dichtungsarbeiten, die eben früher nicht bewerkstelligt worden waren.

Liegt anderseits die Wahrscheinlichkeit oder Gewißheit vor, daß ein Quellenrückgang nicht die Folge verschlechterter Quellenumgebung ist, sondern auf Ursachen im Hauptquellenwege selbst (wie etwa Versinterung, Verockerung oder Versandung) zurückzuführen ist, dann muß sich das Hauptaugenmerk naturgemäß auf eine Beseitigung des betreffenden Übelstandes richten, ohne daß diesfalls ein weiterer Aufschluß notwendig sein wird. Wieder in anderen Fällen kann es sich darum handeln, durch die Neufassung einer Verschlechterung der Qualität durch andersbeschaffene oder gar unreine Zuflüsse oder aber nur einer Konzentrationsverminderung vorzubeugen, in welchem Falle dann wieder der weite Aufschluß in seine Rechte tritt, um die zusitzenden Wildwässer künftig fernzuhalten.

Im Gegensatz zu dieser Richtung der Aufschlußarbeiten kommt noch die Tiefe derselben zu erwägen; sie muß sich vornehmlich nach der Mächtigkeit der lockeren Überlagerung des festen Untergrundes, also nach der Tiefenlage des Austrittsgesteines richten. Wie aus dem früheren Abschnitt über die Topik der Mineralquellen hervorging, erblicken viele derselben bei ihrem Austritt aus dem festen Untergrundgebirge keineswegs schon das Tageslicht, sondern müssen häufig noch tonige, sandige oder schotterige Sedimente nach oben durchwandern, wobei eine Verästelung des primären Quellenauftriebes stattfindet. Je diffuser demnach die erdoberflächliche Verbreitung des Mineralwassers infolge mächtiger Überlagerungsmassen in Erscheinung tritt, umso weiter und tiefer soll der Aufschluß des Quellengebietes bewerkstelligt werden. In letzterer Hinsicht sind aber der direkten Bloßlegung und Verfolgung der Quellenauftriebe technisch und finanziell baldige Grenzen gesteckt, namentlich, wenn sich Schwierigkeiten in der Wasserhaltung einstellen. Man wird also bestenfalls tiefe und weite Aufschlüsse nicht nur dort ins Werk setzen, wo es die geologischen Verhältnisse erfordern, sondern auch die hydrologischen Umstände praktischerweise zulassen, dagegen hievon Abstand nehmen, wo es sich nicht nur darum handeln würde, die eigentlichen Mineralwässer zu Sumpfe zu halten, sondern auch große Massen seitlicher Zuflüsse aus wasserlästigem Gebirge, beispielsweise aus tiefen grundwasserführenden Alluvionen oder aus mächtigen tertiären Schwimmsandlagen bewältigen zu müssen. Wenn man dessenungeachtet anlässlich von Quellensanierungsarbeiten selbst bei einer derartigen Sachlage versuchte, das tiefliegende Untergrundgebirge durch tagbauartiges Eindringen aufzudecken, so mußten die Beteiligten an solchen Experimenten gar bald eines Besseren belehrt werden — allerdings zum finanziellen Schaden der betreffenden Quellenbesitzer. Man war übrigens seit jeher bemüht, zu fassende Mineralquellen an dem festen Austrittsgestein zu „packen“, sofern es die Umstände zuließen und die Arbeiten von „Kunstverständigen“, wie man sie in der Vorzeit nannte, bewerkstelligt wurden. Die modernen Wasserhebevorrichtungen (elektrische, Dampf- und Preßluftpumpen sowie Ejektoren) haben die früheren Schwierigkeiten zwar wesentlich verringert, indessen nicht völlig behoben; auch erfordern sie nicht geringe Geldopfer.

In sehr wasserlästigem Terrain ist schon eine Tiefe von 8—10 *m* eine solche, daß man eine Mineralquelle — ihren therapeutischen und kaufmännischen Wert vorausgesetzt — praktischerweise nicht mehr mit einem großen, d. h. weiten und tiefen Aufschluß erlangen kann; in anderen Fällen, wo die Alluvionen oder Zertrümmerungsprodukte des Gebirges wegen ihrer tonigen Beschaffenheit oder aus anderen Gründen weniger wasserführend sind, gelingt es allerdings, bei Anwendung von viel Geld dem primären Mineralquellenaustritt auch auf diese und noch größere Tiefe entgegen zu gehen. In solchen Fällen empfiehlt es sich, vorerst Sondierungsbohrungen über die Tiefenlage des Untergrundes vorzunehmen, eventuell den beabsichtigten Aufschluß vorerst auf einer kleinen Fläche zu beginnen. In vielen Fällen wird bestenfalls nur ein derartiger, schachtähnlicher Aufschluß selbst im festen Gestein möglich sein, wenn es sich um ein tieferes Verfolgen der Mineralquelle handelt.

In manchen Mineralquellengebieten mit undichtem resp. sehr tief gelegenen Austrittsgestein sind demnach direkte Aufschluß-, Fassungs- und Abdichtungsarbeiten am Untergrundgebirge unmöglich, daher Flußregulierungen mit Schleusenwehren oft nur das einzige Mittel, um die Grundwasserverhältnisse zu stabilisieren und die unerwünschten Einwirkungen außerordentlich variabler Flußwasserstände, die sich auf Mineralquellen in sehr schwankenden Ergiebigkeiten widerspiegeln, hintanzuhalten. Auch Mineralwasser- ausbrüche aus der Sohle tiefer Flüsse sind, sofern die Aufgabe der Nutzbarmachung gestellt wäre, nicht anders zu fassen, als man bereits vor Jahrzehnten im Waagflusse bei Pistyan ins Werk setzte (Rohrfassung u. s. w. unter Anwendung der Taucherglocke). Aus dem gleichen Grunde wäre die weite Aufschließung, Fassung und Abdichtung auch nur eines einzigen der zahlreichen Säuerlinge des Egerer Beckens (Franzensbad, Kotigau, Mühlgrün u. a.) sowohl technisch, wie finanziell völlig undurchführbar, nachdem wiederholte und mächtige Schwimmsandzonen auf Tiefen von 100—200 m hinabreichen und die hohen Standwässer dieses Senkungsgebietes entleert werden müßten.

Andere Situationen wieder bieten in mächtigen steilen Gehängeschuttmassen große Schwierigkeiten gegen direkte und weite Quellenbloßlegungen, weshalb Stollenaufschlüsse bisher die einzigen Mittel gewesen waren, um zu den primären Mineralwasser- austritten zu gelangen (Gastein). Wo es sich um weniger steilen, also um stabileren und noch unverbauten Bergschutt handelt, wird der steinbruchar tige Aufschluß (Gehänge- anschnitt an Berglehnen) in Anwendung zu kommen haben.

Sicher ist, daß, je weiter unter zulässigen Umständen der Aufschluß eines Mineral- quellengebietes bewerkstelligt wird, desto klarer die Verhältnisse erkennbar sind, weil die primären Austritte, befreit von überlagernden Zerfalls- und Anschwemmungsprodukten der sicheren Beurteilung offen zutage liegen; anderseits steht fest, daß, wo zulässigenfalls ein weiter und namentlich tiefer Aufschluß bewerkstelligt wurde, die Mineralquelle künftig aus der Beeinflussungszone des wechselnden Niederschlags-, beziehungsweise Grundwassers gerückt wird. In dieser Hinsicht muß das Augenmerk namentlich in engbesiedelten Gebieten, wie in Kurorten zumal mit schlechter oder gar keiner Kanalisation, auf eine Sicherung ein- wandfreier Verhältnisse gerichtet sein; denn das Kapitel: hygienischer Quellen- schutz ist für den Bestand und das weitere Aufblühen eines Kurortes unbestreitbar ebenso wichtig als jenes über externen Quellenschutz, der im Gegensatze zur qualitativen Erhaltung die Abflußquantität sichern soll¹. Schon im Altertum sowie im Mittelalter hat der Mensch Wasserläufe, beziehungsweise Täler als Besiedelungsstätten vorgezogen; anderseits hat auch das Auftreten von Mineralquellen — sei es durch ihre Temperatur oder Gasentwicklung — die Aufmerksamkeit unserer Vorfahren auf sich gelenkt. Wo menschliche Besiedelungen, dort auch ihre Abfallstoffe. Gegenwärtig ist man bestrebt, nach jahrzehntelangen trüben Erfahrungen Hausbrunnen, welche durch Grundwasser unter Besiedelungsstätten gespeist werden, aufzulassen und einwandfreies Trinkwasser aus jungfräulichen Gebieten, frei von menschlichen Wohnstätten und animalischer Düngung weit herzuholen. Umsomehr muß das Bestreben aller Kurorte darauf gerichtet sein, durch eine den vorliegenden Verhältnissen ganz speziell angepaßte Kanalisation jene Zone nahe der Erdoberfläche zu verbessern und deren fernere Verunreinigung hintanzuhalten, durch welche Zone häufig die letzten Weg- stücke der aus der Tiefe emporsteigenden Mineralquellen hindurchführen. Was würde die „juvenile“ Herkunft einer Mineralquelle nützen, wenn sie unmittelbar vor Erreichung des Tageslichtes mehrere Meter verunreinigten Bodens durchwandern müßte? Daher wird man auch, wo immer es nur die hydrologischen und finanziellen Verhältnisse gestatten, mög- lichst tiefe Heilquellenfassungen herstellen, weil ihre fernere Leitung in einem künst- lichen Wege sodann jedwede Verunreinigung oder Verdünnung durch obere Siel- und Grund- wässer ausschließt.

Manchmal finden sich allerdings auch Verhältnisse vor, wo ganz besonders weit- und tieferreichende Aufschlüsse aus dem Grunde nicht notwendig sind, weil die bezüglichen Mineralquellen mit außerordentlich starker Triebkraft an die Erdoberfläche dringen und sich des Grundwassers und eventueller von oben her zusitzender verunreinigter Tagwässer von selbst erwehren. In solchen Mineralquellengebieten mit weitreichenden, in Spannung befind- lichen Staubezirken sind besondere Tieffassungen nicht erforderlich, wenn auch hier der Satz gilt, je tiefer gefaßt, desto quellsicherer der Bestand.

Nach den in den früheren Abschnitten gegebenen Gesichtspunkten wird man daher eine Quelleneinheit, die der Fassung zu unterziehen ist, je nach Tiefenlage des Austritts-

¹ Vortrag K n e t t, Über Quellenschutz. Int. Min.-Qu.-Ztg. Nr. 158, Wien 1907.

gesteins entweder mittelst einer seichten Grube oder eines tiefen Schachtes aufschließen; liegt indessen nicht ein einziger Quellenpunkt, sondern bloß eine relative Einheit mit Nebenaustrittstellen vor, so wird auch die nächste Umgebung der Hauptquelle aufgeschlossen werden müssen, sonach flache Abräumung, beziehungsweise tagbauartiger Aufschluß in Anwendung zu kommen haben. Allerdings erkennt man oft erst nach bewerkstelligtem weiten Aufschluß, ob bloß der primäre Austrittspunkt einer einzigen Quellenader vorliegt, woran sich dann die weitere Frage nach dem tieferen Verfolgen des Mineralwasserauftriebsweges reiht. Liegt ein lineares Auftreten mehrerer Mineralquellen vor, so wird der Aufschluß naturgemäß eine ähnliche Gestalt, beispielsweise die Form eines länglichen Schurfes von genügender Weite annehmen müssen, während bei flächenförmig verstreuten Mineralwasseraustritten wieder eine nach allen Richtungen ausgedehnte Beräumungsform, sei es nun eine flache Abdeckung oder ein tieferer Tagbau in Anwendung kommt; unrichtig wäre es in einem solchen Falle, sich die nötigen Erkenntnisse über die Zirkulation und die vorhandene Menge des Mineralwassers durch schlitzartiges Eindringen und Anschneiden des mineralwasserführenden Gebirges verschaffen zu wollen, sei es durch schmale Grabenaufschlüsse von einem zentralen Punkte aus oder durch quer über die Arbeitsfläche oder an deren Peripherie angelegte Aufschlußgräben. Solche Dispositionen können höchstens in dem Falle in Anwendung kommen, wo es sich um das Erschließen von Mineralwasser für Badezwecke handelt und nicht um die sichere Erkennung und Erlangung eines Mineralwassers von ganz bestimmter chemischer Beschaffenheit; denn durch das lokale Eindringen und Entwässern längs bestimmter Schurflinien werden derart gestörte hydrologische Verhältnisse geschaffen, daß eine sichere Erkennung der unterschiedlichen, den Schurfgräben depressionsartig zusitzenden Wasseraustritte verschiedener Beschaffenheit zur Unmöglichkeit wird. Bei mächtiger Überlagerung der primären Quellaustritte durch lockere Gesteinsmassen treten an Stelle des tiefen Tagbaues, je nach Sachlage, Schacht- oder Stollenaufschlüsse; letztere werden mitunter auch hergestell, um benachbarte Süßwässer über dem Quellenniveau abzuleiten, was nur in speziellen Fällen die gewünschte Verbesserung der Verhältnisse bringt, während in anderen Fällen die Gefahr damit verbunden ist, daß durch Stollendrainierungen auch Mineralwasser zum Abzug gelangt. Das sog. „der Quelle entgegengehen“ ist ohne Störung des hydrostatischen Bestandes nur bei absteigenden Quellenläufen möglich.

Liegen besondere stratigraphische oder tektonische Verhältnisse vor, so kann man sich vorteilhaft des Bohrloches als Aufschlußmethode bedienen; so reichen z. B. die nur wenige Meter tiefen Bohrlöcher des Karlsbader Sprudels in bestimmte Lagerfugen, respektive Hohlschichten der sogenannten Sprudelschale (Aragonitbänke), während zahlreiche andere Mineralquellen durch Tiefbohrungen an Dislokationen (Bruch- und Verwerfungsspalten) erschlossen worden sind, die ihrerseits wieder in größerer Tiefe durch Sedimentärgebilde überdeckt sein können. Die Bohrlöcher von Bad Poděbrad erreichten das Sauerbrunnwasser in ca. 90 m Tiefe, jene von Bad Bělohrad bereits in 52 m Tiefe. Vielfache Bohrungen dagegen zielen direkt auf auslaugungsfähige Lagerstätten ab (Jodquellen von Bad Hall in Oberösterreich — im Schlier u. s. w.). Durch die Mittel der modernen Tiefbohrtechnik können demnach gewisse Mineralwässer auf wohlfeile Weise der Nutzbarmachung zugeführt werden, was wegen des Bildungsherd, respektive der großen Tiefe des Mineralwasservorkommens praktischerweise auf eine andere Art niemals erzielt werden könnte¹. Der Bohrerfolg hat aber häufig noch zur Voraussetzung, daß das Mineralwasser sich in großer Spannung befindet oder daß eine hinreichende Menge spontaner Gase vorhanden ist, welche das Wasser an die Erdoberfläche heraufbringen. Die Bohrlochverrohrung spielt dann dieselbe Rolle, wie das Steigrohr einer tiefeingebauten Quellenfassung.

Nicht bloß als Erschließungs-, sondern auch als Fassungsmethode bewähren sich Bohrlöcher insbesondere auch dort, wo es sich zugleich um ein Mittel zur Erhaltung des normalen Auslaufquerschnittes kalk- oder gipsabscheidender Mineralquellen handelt (Nachbohrung der Karlsbader Sprudelöffnungen und mancher Solquellen). Überdies bedient man sich der Bohrmethode häufig als Orientierungsmittel hinsichtlich der Tiefenlage des festen Untergrundgebirges; wäre dies bei mancher Sachlage anläßlich sogenannter Sanierungsarbeiten befolgt worden, dann würden den betreffenden Quellenbesitzern große Auslagen erspart geblieben sein. Wenn manche Bauunternehmungen selbst unbedingte Gegner von Orientierungsbohrungen sind, so liegt der Grund wohl in dem eben Gesagten,

¹ Vortrag K n e t t, Org. des Ver. der Bohrtechniker. Wien 1901.

denn diese Methode der Sondierung und Aufschließung ist relativ billig und klärt die Sachlage rasch auf. Dies ist manchem Quellenbesitzer nicht bekannt, und es werden ihm noch scheinbar sachliche Beweggründe gegen Bohrungen zu erwägen gegeben, wie die angeblich geschlängelte Form der Bohrlöcher und Vermischungsmöglichkeit des tiefer gelegenen Mineralwassers mit dem seichteren Grundwasser, was indessen auf ziemliche Verkenntung der bohrtechnischen Mittel und Wege zur Sicherung des erschlossenen Mineralwassers zurückzuführen ist. Keineswegs aber bedeuten Bohrlöcher solch brutale Eingriffe in die Erde und ihre Wasserführung, wie manche oft unnötigerweise angelegten offenen Tiefbaue von ovaler oder kreisförmiger Fläche, die hernach beim tieferen Fortschreiten der Aufschlußarbeit wegen der einzuhaltenden Böschungen eine nach unten immer mehr zugespitzte Gestalt annehmen, so daß die schließliche Arbeitsfläche bloß ein ganz kleines Ausmaß besitzt; solcherart werden tiefe trichterartige Tagbaue in des Wortes wahrstem Sinne bis auf die Spitze getrieben, worauf der weitere Aufschluß zuweilen dennoch mit einem von vornherein negierten Schachte fortgeführt wird. Es ist einleuchtend, daß solch riesige Erdbewegungen diesfalls völlig zwecklos sind, sofern sie das Gesteinsmaterial im Umkreise des nach obenhin verlängert gedachten Schachtes betreffen; die Notwendigkeit der Anlage von 40—50 m tiefen Tagbauen zum Zwecke der bloßen Neufassung und Sicherung einer Mineralquelle erweist sich wohl nur in außerordentlich seltenen Fällen als eine unbedingte Notwendigkeit.

Wo es sich um die Erhaltung, respektive Wiedererlangung eines chemisch bestimmt charakterisierten Mineralwassers handelt, sind Bohrungen nicht am Platze und sollen, wenn nicht aus anderen Gründen erfolgversprechend, in solchen Fällen unterlassen werden. Wie ich vor Jahren wiederholt darauf verwies, sind Bohrungen häufig nur von Zufalls- oder negativen Erfolgen begleitet, während sichere Resultate bloß unter bestimmten Voraussetzungen zu gewärtigen sind. Auch die Anlage schachtartiger Aufschlüsse erfordert nicht selten eine genaue geologische und hydrologische Lokalkenntnis; es ist sogar schon vorgekommen, daß Quellschächte ganz verfehlt angelegt wurden und schließlich außerhalb einer schräg einfallenden Mineralwasserspalte zu stehen kamen. Dagegen ist es klar, daß die völlige Bloßlegung eines Quellengebietes von allen lockeren Überlagerungen sämtliche Mineral-, Misch- und Süßwasseraustritte vollständig überblicken lassen, wonach die notwendigen Maßnahmen zur Fassung und Abdichtung am sichersten getroffen werden können; aber nicht überall sind die Vorbedingungen (geologische Sachlage, örtlich günstige Situation, Besitzverhältnisse, Quellenwert und Kostenfrage) hierfür gegeben. Wenn auch solche Aufdeckungen großen Stiles mitunter ergeben haben, daß der Verluststellen an Mineralwasser nicht viele waren, so hat der Quellenbesitzer nun nicht bloß in dieser Beziehung dauernde Gewähr, sondern auch hinsichtlich der künftig ausgeschlossenen Süßwasserzutritte im engeren, rationell abgedichteten Quellengebiet, sofern diese Frage überhaupt einen Gegenstand der Sanierung bildete.

Den vorstehenden Ausführungen nach, sind die Methoden der Erschließung eines Mineralwassers, respektive des Aufschlusses eines Quellengebietes sonach vollends von dem Quellenindividuum abhängig, indessen vielfach auch von dem Quellenbesitzer selbst, der sich häufig nicht zur einen oder anderen, ihm empfohlenen Art der Behandlung entschließen will oder kann, sei es der Kostenfrage wegen oder aus Sorge um das eigentliche Objekt oder Angst vor den Folgen an benachbarten Quellen, wozu nicht selten noch andere Motive kommen; und schließlich ist die Aufschlußmethode auch in Hinsicht der betreffenden zu Rate gezogenen Gutachter oder Quellenbauunternehmer nur allzu häufig noch eine ganz individuelle, weil die Auffassungen derselben, je nach dem Grade ihrer Schulung und ihrer praktischen Erfahrungen eben sehr verschiedene sind¹.

Hierin liegt die Erklärung, weshalb Bloßlegungs-, Fassungs- und Abdichtungsarbeiten an Mineralquellen ganz ähnlicher Beschaffenheit und topischer Verhältnisse sehr häufig selbst heutzutage noch nach völlig verschiedenen Methoden vorgenommen werden. Wie zu jedem

¹ Für das erstere kann nicht das aus der Hochschule mitgebrachte Wissen allein einen Maßstab abgeben, denn dort werden zwar die grundlegenden Disziplinen ausführlich, dagegen über Mineralquellen nur wenig und über die technische Behandlung derselben nichts gelehrt. Es muß daher fortgesetztes theoretisches Studium und damit schritthaltende praktische Betätigung in den verschiedensten konkreten Fällen Platz greifen, um den notwendigen Weitblick und die Sicherheit in der Erkennung aller einschlägigen Verhältnisse zu erlangen, worin die Hauptbedingungen liegen, denen ein mineralquellentechnischer Sachverständiger entsprechen muß. Nachdem dieses Spezialfach in so vielfache Wissenszweige, wie Geologie, Hydrologie, Chemie, Physik, Tiefbautechnik, Medizin u. s. w. einschlägt, ist es nicht zu verwundern, wenn einzelne Experten ganz verschiedener Anschauung über die Frage der

Werke das Wissen und Können erforderlich ist, zu dem sich das Wollen des Betreffenden gesellen muß, liegt das letztere hier auch an dem Quellenbesitzer selbst, wodurch erst das Dürfen des Quellentechnikers zur Sanktion für eine zu bewerkstelligende Arbeit wird. Es genügt nicht, zu wissen, wie eine richtige Bloßlegung eines Mineralquellenvorkommens zu bewerkstelligen ist, vergeblich, es zu können und zu wollen, wenn man es dem Ausführenden nicht machen läßt; dasselbe gilt auch für die eigentliche Fassung selbst.

Was die Frage des Untergrundgebirges betrifft, welches die Basis einer Quellenfassung bilden soll, so gehen auch hier die Meinungen manchmal weit auseinander. Als Grundgebirge des Mineralquellentechnikers ist jenes feste Gestein zu betrachten, das unter den lockeren Überlagerungsmassen zunächst erreicht werden kann und dem das Mineralwasser entströmt; es ist dies sonach weder identisch mit dem Grundgebirge einer tektonischen Senke, noch mit jenem der Petrographen. Das Aufsuchen des quellentechnischen Grundgebirges bezweckt, für die Fassungs- und Dichtungsarbeiten eine feste, womöglich felsige und nicht sehr durchlässige Unterlage zu erlangen. Indessen ist dies häufig nicht erreichbar; man muß sich namentlich in Sedimentärformationen oft begnügen, den Aufschluß bis zu einer festen Strate bewerkstelligt zu haben, wenn sie auch bloß aus gebundenen Psephiten oder Psammiten (Konglomeraten, Breccien, Sandsteinen) besteht. Andernfalls können auch unter dichten Peliten (Ton-, Mergel- und Kalkgesteinen) wieder lose, also durchlässige Sedimente in große Tiefe hinabgehen. In anderen Fällen reicht der mächtige, mehr weniger „weiche Untergrund“ (Tonschlamm, Schwimmsand, zersetztes Gestein), welcher ganz verschiedenen geologischen Horizonten angehören kann, bis an die Erdoberfläche herauf, während wieder bei anderer Sachlage der günstigste Fall, das direkte Zutageliegen des „nackten“ Felsens fast jede Beräumungsarbeit entbehrlich macht. Endlich handelt es sich mitunter bloß um das Ausmeißeln eines Quellbeckens in einem Fels mit haarrissigen Einmündungsstellen oder aber um Beräumungsarbeiten innerhalb weiter, aber verlegter Quellspalten.

Es ist daher z. B. unrichtig, daß man beim Aufsuchen einer Mineralquelle zunächst die Alluvial- und Diluvialschichten zu durchteufen habe, bevor man auf den festen Felsen anlangt; vielmehr kann es sich um die verschiedensten Glieder der einzelnen geologischen Formationen, auch um zersetzte Eruptivgesteine etc. handeln, die ebenfalls noch zu durchbohren oder zu beräumen sind, um quellentechnisch auf ein brauchbares Grundgebirge zu gelangen. Das Durchteufen des „Alluviums und Diluviums“ gewährleistet noch lange nicht das Erreichen „festen Felsens“; andernfalls sind Alluvien u. dgl. oft gar nicht vorhanden.

Wie schon erwähnt, gibt es geologische Verhältnisse, die das praktische Erreichen einer richtigen Aufschlußtiefe zum Zwecke der Auffindung einer festen Fassungsbasis unmöglich machen und es wurde hiefür bereits das tiefe Egerer Becken als Beispiel genannt; anlässlich einer solchen konkreten Frage hatte ich speziell für die Franzensbader Untergrundverhältnisse im Jahre 1908 eine eigene Methode in Vorschlag gebracht, um dennoch den einzubauenden Fassungen eine stabile Basis zu gewährleisten. Diese Methode bestand darin, daß der unter dem Moorlager anstehende und tiefreichende Schwimmsand mit durchlocherten Platten aus dichtem Steinzeug bedeckt wird und über den betreffenden Mineralwasser-, respektive Gasauftriebsstellen sodann Fassungstrichter aus Zinn oder ebenfalls gebranntem Ton gesetzt und mittelst Letten umdichtet werden. Ebenso gibt es noch manche andere Situation, die spezielle Anordnungen zur Notwendigkeit macht.

Beurteilung der Wasserzuflüsse.

Eine wichtige Betätigung harret des Quellentechnikers während der Aufschlußarbeit hinsichtlich der Untersuchung und Beurteilung der verschiedenen Mineral-, Misch- und Stüßwasserzuflüsse. Hiebei handelt es sich teils um die genaue Ermittlung der rein topischen Details, teils um die physiographischen Eigenheiten der zuzitenden Wässer, also vornehmlich

Behandlung einer aufzudeckenden und zu fassenden Mineralquelle sind. Selbst Fachgenossen, beispielsweise Geologen unter sich, stellen einander in diesen Fragen häufig diametral entgegengesetzte Ansichten gegenüber; während der eine in jedem Falle nur Bohrungen den Vorzug gibt, was sicherlich ungerechtfertigt ist, will ein anderer von solchen absolut nichts wissen, was ebenfalls nicht immer begründet ist. Danach wird es erklärlich, wenn die Gutachten sogar in einem und demselben Falle einander völlig entgegengesetzt sind, und überdies erklärlicher, wenn die Meinungen verschiedener Mineralquellenbauunternehmer unter sich und im Vergleiche mit Geologen, Chemikern, Bauingenieuren u. s. w. noch mehr differieren.

um Erhebungen bezüglich der Zirkulation und der gegenseitigen Abhängigkeit der verschiedenen Austritte, wie auch um die Menge und Beschaffenheit derselben. Zu diesem Zwecke müssen ständige, bei komplizierter Sachlage mindestens tägliche Ergiebigkeitsmessungen eines jeden provisorisch hiefür eingerichteten Wasseraustrittes vorgenommen werden, um sowohl die Abstimmungsphase richtig zu ermessen, wie auch um den Zusammenhang der einzelnen Austritte unter sich schon vorzeitig zu erkennen. Bei Thermalquellen werden noch Temperaturmessungen und bei chemisch sehr empfindlichen Verhältnissen auch tägliche Konzentrationsbestimmungen nebst Kontrolle der charakteristischsten Bestandteile hinzukommen, namentlich wenn es sich um kalte Mineralwässer verschiedenster Beschaffenheit handelt; übrigens gestatten Temperaturbeobachtungen von warmen Quellen nur unter besonderen Umständen einige Schlüsse auf den Verdünnungsgrad des Mineralwassers, da die Temperatur auch von der Gestalt und Länge der natürlichen Quellenwege, beziehungsweise von ihrem Querschnitt abhängig ist, oder mit anderen Worten, von der betreffenden Geschwindigkeit und der damit im Zusammenhange stehenden Abkühlung des Wassers. Die Beurteilung dieser Verhältnisse setzt also voraus, daß man einerseits alle Austritts- und Spiegelniveauverhältnisse durch Nivellierungen ständig evident hält, wie auch, daß man sich über das betreffende Stadium der gestörten Gleichgewichtsbeziehungen innerhalb des durch die Aufschluß- und Absümpfungsarbeiten entstandenen Depressionsgebietes¹ nicht täusche und insbesondere Zufuhrwege nicht mit Verluststellen verwechsle. Es ist dies sehr leicht möglich, weshalb es nur zu häufig vorkommt, daß unter all den naturgemäß dem Aufschluß zuströmenden Wässern manche derselben im Gegensatze zu den Wasserbringern als ehemalige Verlustwege gedeutet, abgeschnitten und verbaut werden, worin namentlich die Gefahr liegt, natürliche Zufuhradern einer benachbarten Quelle für alle Zeiten zu unterbinden und ein dauerndes Verschwinden derselben hervorzurufen; leider sind auch solche Fälle schon dagewesen.

Diese Möglichkeit falscher Beurteilung zusitzender Mineralwässer ist insbesondere dann gegeben, wenn bloß ein stellenweises Eindringen in ein der freien weiten Aufdeckung reifes Quellengebiet vorgenommen wird, sei es durch einzelne Gräben und Schächte oder aber durch Schlitz- und Entwässerungsgräben, weil dadurch an verschiedenen Stellen lokale Störungen des ursprünglich vorhanden gewesenenen hydrologischen Gleichgewichtes eintreten. Es mag zwar bei vielen anderen hydrotechnischen Arbeiten, bei welchen es auf den Chemismus der einzelnen Wasserarten nicht ankommt, ganz praktisch sein, das Wasserniveau eines Arbeitsgebietes durch Entwässerungsgräben oder einzelne Sumpfstellen vorzeitig zu senken, um die Erdbewegungen im Trockenem ausführen zu können; wo es sich aber um das Erkennen einzelner, ganz bestimmt charakterisierter Mineralwasserauftriebe handelt, wäre es im hohen Grade unfachlich, die ohnehin oft schwer genug zu erkennende chemisch-hydrologische Sachlage gänzlich zu verschleiern. In einem solchen Falle, namentlich dort, wo es sich um örtlich verschiedene, besonders nach der Tiefe zunehmende Quellenkonzentrationen handelt, soll man das ganze Aufschlußgebiet möglichst gleichmäßig zu vertiefen trachten, um die hiedurch gleichsam angeschnittenen Querköpfe ständig frei austreten zu lassen. Kleine lettenumstampfte Einfassungen, ganz niedere, aber weite Blech- oder Tonzylinder oder massive Holzkisten ohne Boden genügen, um die einzelnen Austritte für Beobachtungszwecke aufzunehmen und ihre provisorischen Ableitungen gegen einen mineralwasserfreien etwas tiefer gelegenen Punkt oder gegen mehrere solche seicht gelegene Sumpfstellen hinzuführen, wenn man keine Hochdruckwasserleitung zur Verfügung hat, um mit den viel bequemeren Ejektoren an den einzelnen Austrittsstellen selbst abzusaugen.

Durch eine möglichst gleichmäßige Beräumung erzielt man ein viel sichereres Bild der hydrologischen Sachlage, weil alle — namentlich in der Mitte eines großen, weiten Aufschlußgebietes gelegenen — Wässer unter sich sehr bald abgestimmt sind, respektive sich beim allmählichen und gleichmäßigen Vertiefen der Aufschlußfläche immer wieder ziemlich rasch auf einen neuen Beharrungszustand einspiegeln, was eine Vorbedingung für die halbwegs richtige Beurteilung der einzelnen Zuflüsse bildet. Fortgesetzte Untersuchungen während einer Mineralquellenaufschlußarbeit ergeben sehr bald hinsichtlich der Wasserergiebigkeit und meist auch der chemischen Beschaffenheit recht geänderte Verhältnisse gegen früher, doch nicht in einem bestimmten Sinne, da dies ganz von den lokalen Verhältnissen

¹ Die Beurteilung des Entwässerungsbereiches erfolgt am sichersten durch Wasserstandsbeobachtungen an Grundwasserbrunnen der Umgebung, eventuell in eigens hiefür abgestoßenen Pegelbohrlöchern sowie insbesondere auch durch wiederholtes Messen von benachbarten Mineralwasserabflüssen (Indikatorquellen).

abhängt. Nur die Wassermengen sind im Vergleich zum früheren (höheren) Quellenniveau größere, bei Thermalquellen demgemäß auch die Temperaturen höher und sofern nicht übermäßig tiefes Eindringen stattgefunden, auch der Gehalt an gelösten Stoffen; dagegen zeigt sich bei sehr tiefen Aufschlüssen und starker Wasserhaltung nicht selten, entsprechend den früheren Betrachtungen über das Gleichgewicht zwischen Mineral- und Süßwasser, daß die in mittleren Horizonten vorhanden gewesenen Wärme- und Konzentrationsgrade wieder abnehmen, was auf direktes Ansaugen benachbarten Kalt- respektive Süßwassers hinweist; eine solche Tiefe des Aufschlusses erfordert sonach bereits eine weit größere Entwässerung, als die Natur an Mineralwasser allein sozusagen nachzuliefern im Stande ist, ein Fall, der mitunter auch bei mancher Quellenwirtschaft und zwar infolge künstlicher Erschöpfung der Mineralquelle angetroffen wird. Die Beobachtungen während der Aufschlußarbeiten lassen dagegen ungemein wichtige Schlüsse inbezug auf die einzelnen der Fassung zu unterziehenden Auftriebsstellen sowie hinsichtlich der später zu erwartenden Resultate nach erfolgter Spannung der Quellen zu, sofern die Beobachtungsreihe seit dem ersten Tage der Aufschlußarbeiten eine lückenlose ist; ins solange es sich noch um sehr verstreut austretende Mineralwässer ganz geringer Ergiebigkeit und sehr verschiedener chemischer Beschaffenheit, namentlich hinsichtlich der Konzentration handelt, befindet sich der Aufschluß in einem noch viel zu seichten und demgemäß fassungsunreifen Stadium. Fortschreitende Beräumung der durchlässigen, d. h. losen oder zerklüfteten Austrittsgesteine ergibt dann häufig schon in den allernächsten Tiefenmetern, daß sich die früher nach oben verzweigten Quellenästchen nun auf bevorzugte Auftriebsstellen reduzieren und daß gleichzeitig auch der Mineralgehalt aller Quellenaustritte bedeutend zunimmt; erst in dieser Aufschlußphase ist dann die Frage der eigentlichen Fassung spruchreif geworden. Viele der bestehenden Mineralquellenfassungen sind in dieser Hinsicht zu seicht eingebaut worden.

Mineralquellen dagegen, welche mit großer Spannung zutage treten, oder Aufschlüsse, die aus anderen Gründen nicht mit nahen Süßwasserkontakten zu rechnen haben, wo es sich vielmehr nur um gleichbleibende Konzentrationsgrade handelt, lassen derlei penible Untersuchungen während der Bloßlegungsarbeiten entbehrlich erscheinen und erfordern auch keine besonderen Tieffassungen.

B. Beschaffenheit von Mineralquellenfassungen.

Dieses Kapitel betrifft die Fassungsverfahren im allgemeinen und im besonderen die Fassungsarten hinsichtlich ihrer Formen, Dimensionen und Materialien. In erster Hinsicht ist zu unterscheiden zwischen Einzelfassungen und solchen kumulatorischen Fassungen, durch welche mehrere Mineralquellen eingefangen werden, weshalb ich sie seit langem als „Summenfassungen“ bezeichne. Zu den ersteren gehören: Decksteinfassungen, Bohrlochfassungen, Rohr- (und Zylinder)fassungen, ferner Trichter-, Glocken- und Kastenfassungen; zu den letzteren: große Zylinder- respektive Schachtfassungen, dann Bassinfassungen sowie große Glocken- und Pyramidenfassungen, sofern mehr als ein Mineralwasserzufluß einbezogen wird. Hiermit erscheinen zugleich die seit Jahrzehnten, ja seit Jahrhunderten in Gebrauch stehenden Fassungsformen aufgezählt.

Zylinderfassungen sind bereits von den Prähistorikern angewendet worden¹. Die Römer wendeten bekanntlich sowohl Bassin- wie Schacht- und Lochsteinfassungen an; letztere Methode fand ich (1903) auch bei der Demolierung der alten Bernhardsbrunnfassung in Karlsbad aus dem Jahre 1768, und zwar in Verbindung mit einem hölzernen Steigrohr. Genau dieselbe Methode einer „kombinierten Fassung“ wurde 1864 noch bei der vorderen Mühlbrunnhauptquelle in Karlsbad angewendet; das im Felsen ausgehauene Quellbecken war mit einer Granitplatte gedeckt, in deren quadratischen Loch ein Holzrohr eingesetzt war. Um die gleiche Zeit faßte man hier die neuentdeckte Kurhausquelle mittels eines großen Holztrichters, der mit einem massiven Lochstein bedeckt war, welche Fassung in einem hölzernen Steigrohr nach Art gewöhnlicher Brunnenrohre ihre Fortsetzung fand. Die Methode, mittels vierseitiger Trichter, beziehungsweise hölzerner Pyramidenstütze Mineralquellenfassungen zu bewerkstelligen, reicht, soviel mir bekannt, auf mindestens hundert Jahre zurück, wie die kürzlich bloßgelegte und noch vorzüglich erhaltene Gasquellfassung in Franzensbad aus dem Jahre

¹ Heierli, Der bronzezeitliche Quellfund von St. Moritz im Engadin. Baln. Ztg., Berlin. Sept. 1907. — Es handelte sich um eine doppelte Holzzyylinderfassung der Mauritiusquelle, welche vor ca. 3000 Jahren eingebaut worden sein mag.

1812 bezeugte. Später hat auch Czernitzky diese Fassungsart propagiert und sie wohl in Unkenntnis der älteren Bestände als „System Czernitzky“ beschrieben. Auf die gleiche Art (mittels großer Trichter) hat man vor Jahren die Alois- und die Amandquelle in Luhatschowitz gefaßt. Metallglockenfassungen sollen bereits in den Fünfzigerjahren in Frankreich angewendet worden sein. Die meines Wissens in Österreich erstmalig angewendete Glockenform, und zwar aus Gußeisen, hat Örtl bei der Fassung des Sprudelausbruches im Teplgerinne (Karlsbad 1900/1901) in Anwendung gebracht, während die noch älteren Steinfassungen mit halbkugelförmiger Aushöhlung, die einzeln auf die fünf Säuerlinge in Konstantinsbad gesetzt sind, dem Wesen nach nichts anderes als Glockenfassungen darstellen. Später hat man solche an verschiedenen Orten aus Phosphorbronze eingebaut.

Eine der ältesten Fassungsarten dürfte wohl jene sein, die in nichts anderem, als einem ausgehöhlten Baumstamm besteht. Solche Holzfassungen findet man häufig in Westböhmen, doch traf ich sie auch in Bosnien an. Interessant, wenn auch quellentechnisch nicht einwandfrei, ist die aus dem Jahre 1648 stammende, aus dem Boden herausragende viereckige Quaderstein-Umfassung des Hammersäuerlings im Egerland.

Die zur Fassung von Mineralquellen anzuwendende Methode richtet sich in erster Linie nach der Art und dem Ergebnisse des Aufschlusses, sowie die spezielle Fassungsart in Bezug auf Gestalt, Dimensionen und Material der Fassung vornehmlich dem Untergrund, den Austrittsverhältnissen, der Auftriebskraft, endlich den chemischen Eigenheiten und der Verwendungsart der Mineralquelle angepaßt sein muß.

Fassungs-Formen.

Die Gestalt von Fassungsrichtungen kann, wie bemerkt, eine mannigfache sein; bei vielen Verhältnissen, die sich aus dem Quellencharakter und der Benützungsart ergeben, kann die Form des Aufschlusses direkt für die Gestalt der Fassung bestimmend sein. So sind Mineralquellen, welche durch Bohrung erschlossen wurden, namentlich Badethermen, aber auch manche Säuerlinge, meist durch einfache Verrohrung oder zylindrische Fassungsstutzen an der Bohrlochmündung gefaßt worden; bei jenen Mineralwässern, welche in Bezug auf ihre Mineralisierung mehr weniger zu Schwankungen neigen, hat man seit jeher getrachtet, das oberste Stück des Bohrloches durch eine Schachtteufung und nachfolgende Verdichtung oder durch eine weitere Materialaushebung und Abdichtung gegen zuzitendes Grundwasser in Bezug auf den Mineralisierungsgrad konstant zu erhalten.

Schacht- und Zylinderfassungen. Ähnliches gilt für manche durch Schachtteufung erschlossene Mineralquellen, wie beispielsweise bei Bittersalzwässern, wo die direkte Verwendung des Brunnenschachtes als Fassung häufig vollständig genügt, sofern nur sonst einwandfreie Verhältnisse in der Umgebung vorliegen. Die direkte Verwendung von Aufschlußschächten als Fassung trifft man in Bosnien auch bei Kochsalzquellen, in Frankreich, Deutschland, Ungarn, Serbien und Italien auch vielfach für Mineralwässer ganz verschiedener Beschaffenheit, wie Schwefelthermen, Eisenquellen u. s. w.

Diese Methode findet man übrigens in ganz Europa, am häufigsten auch bei Säuerlingen in Anwendung, obzwar sie gerade bei dieser Klasse von Mineralquellen am verwerflichsten ist; man kann wohl behaupten, daß 90 Prozent aller schacht- und zylinderartigen Sauerbrunnfassungen verfehlte quellentechnische Anlagen bedeuten, die sich jedoch auf rationelle Weise rekonstruieren lassen. Es liegt gar keine Notwendigkeit vor, einer solchen Quelle eine so große Spiegelfläche zu geben; die Folge der überaus leichten Entgasungsmöglichkeit ist dann eine Störung des empfindlich ausbalancierten Gleichgewichtes zwischen den einzelnen Ionen, namentlich zwischen dem Ferro-Ion, dem Carbonat-, respektive Hydrocarbonat-Ion und der absorbierten Kohlensäure. Letztere veranlaßt in dem Maße, als sie zugleich mit der spontanen Kohlensäure durch die mehr weniger lebhaftere Wasserbewegung des Mineralwasser- und Gasgemisches und des sich in der Nähe des Quellenspiegels allmählich vermindernenden Druckes entweicht, die Ausscheidung des Eisenoxydulcarbonats zunächst in kolloidaler Form, welches die sich ihm bietende Gelegenheit benutzt, um gierig Sauerstoff aufzunehmen und Eisenoxydhydrat als Zersetzungsprodukt auszufällen. Bei eisenoxydulreichen Mineralquellen muß daher stets das größte Augenmerk auf die Verhinderung direkten oder indirekten Sauerstoffzutrittes durch Abhaltung atmosphärischer Luft und sauerstoffführender Süßwässer gerichtet werden. Die vielfachen Unannehmlichkeiten, denen Brunnenunternehmungen durch die Beanstandung ihrer Versandwässer ausgesetzt sind, sind in den

allermeisten Fällen auf einschlägige Fassungsübelstände zurückzuführen. Man trifft derlei mit Kunstfehlern ärgsten Grades behaftete Sauerbrunnfassungen nicht selten sogar aus der allerneuesten Zeit an, so daß es vielleicht zweckmäßiger gewesen wäre, ein Kapitel „über Fassungen, wie sie nicht sein sollen“ einzuschalten. Die vorhin erwähnten Nachteile besitzen selbstverständlich auch jene Fassungen von Säuerlingen, auf deren Quellaustritt lediglich ein weites Steinzeugrohr gesetzt oder andere weite Zylinderfassungen errichtet wurden. Bald leuchtet dann diesem oder jenem Quellenbesitzer oder seinem Brunnenverwalter der Nachteil dieser leichten Entgasung ein, was mitunter den Anlaß zu einer weiteren verfehlten Quellenbehandlung gibt: zur Bedeckung der Zylindermündung mit einer dicken Glasplatte, wodurch der Gasraum über dem Quellspiegel noch mit Zuhilfenahme eines Kautschukringes abgedichtet wird. Die Folge davon ist, daß die ausströmenden Quellengase zwischen dem Wasserspiegel und dem angedichteten Glasdeckel eine Pressung erleiden, die einen Widerstand für das austretende Gas und dadurch aber auch, je nach Sachlage einen mehr weniger großen Widerstand für die aufstrebende Mineralquelle bildet. Ich habe in einer Unzahl von Fällen dahin aufklärend gewirkt, daß die Annahme, das entwichene Gas kehre hierdurch wieder in das Mineralwasser zurück, ein Irrtum ist; niemals kann auf diese Weise das einmal aus dem Quellspiegel getretene Gas wieder in das Mineralwasser zurückgedrückt werden. Zwar wird durch diese Maßnahme der Austritt der Quellengase überhaupt behindert, aber auf die gleiche Weise auch der Wasserauftrieb. Es sind mir sogar einige Fälle von Fassungs-Explosionen bekannt geworden, veranlaßt durch unverständiges Manipulieren an der Füllvorrichtung oder durch irrtümliches Verschließen des Ablaufhahnes; in einem solchen Falle tritt sofort das Bestreben ein, daß das durch die obere Abdeckung komprimierte Gas entgegen der Tendenz des aufstrebenden Mineralwassers das letztere so tief niederdrückt, bis sich ein Ausgleich dieser beiden Spannungen eingestellt hat, wie etwa bei dem Unterbinden, beziehungsweise Unterdrücken gefaßter schädlicher Nebenaustritte, die aber bei einer derartigen Maßnahme dem Hauptquellenaustritt zudringen. In dem Falle aber, als der letztere selbst auf solche Weise behandelt wird, muß sich naturnotwendig die umgekehrte Tendenz einstellen: das Ausbrechen der durch die Gasspannung unterdrückten Mineralquelle an weniger widerstandsfähigen Stellen in der Umgebung der Fassung, wenn es nicht schon vorher durch eine Berstung des Fassungsdeckels zu einer Entspannung der Druckkräfte gekommen ist. Wo derartige Fassungen vorliegen, trachte man der nun einmal schon stattfindenden Entgasung an der einen oder anderen Stelle ein wenig „Luft zu machen“, sei es durch einen kleinen Ausschnitt in der Kautschukdichtung oder durch Anbringung einer Gasentlüftung in Gestalt eines kleinen Röhrchens. Diese Entlüftungen sollen nur den Zweck haben, das überschüssige Gas nicht zu einem auf dem Mineralwasserspiegel wirkenden Widerstand anwachsen zu lassen, sondern abzuleiten. Durch richtige Dimensionierung wird dies stets gelingen, ohne daß durch dieses Röhrchen selbst Luft eindringt; es genügt ein ganz geringer Gasüberdruck (wenige Millimeter Wassersäule), um das Auspuffen des Gases richtig einzustellen, wobei man sich vorteilhaft eines kleinen Hahnes an der Entlüftungsvorrichtung bedient; ein daneben angebrachtes U-Rohr aus Glas, im unteren Teile mit Wasser gefüllt, läßt den notwendigen geringen Überdruck ganz genau ausmitteln und kontrollieren.

Rohrfassungen. Solche, namentlich Holzrohre, wurden bereits in sehr alter Zeit allein oder in Verbindung mit L o c h s t e i n- oder Trichterfassungen in Anwendung gebracht dort, wo man sicher war, daß es sich nur um den Austritt einer Quellenader handelte. Es kann übrigens vorkommen, daß man aus lokalen topischen Gründen sowie bei dringenden Arbeiten und namentlich da, wo eine andere Vorrichtung nicht zu beschaffen ist, noch heute zu Rohrfassungen aus Holz, Eisen, Zinn u. dgl. schreitet. Ich habe Situationen, namentlich in den Balkanländern, gesehen, wo Mineralquellen an einer steilen Felslehne aus Quellspalten im wahrsten Sinne seitlich austreten und wo jeder Versuch einer Abbergung der Felswand oder ein anders geartetes Eindringen entweder an der Sachlage selbst oder an den technischen oder finanziellen Mitteln scheitern müßte. In solchen Fällen haben sich die Leute durch Eintreiben horizontaler Eisenrohre in die Quellspalten geholfen, und unter ähnlichen Umständen würde auch jeder andere zu demselben Mittel greifen, vielleicht nur unter Anwendung eines anderen Materials. Solche primitive Fassungen entsprechen oft voll und ganz ihrem Zweck und dem Werte des betreffenden Objektes; sind nur alle übrigen Verhältnisse von Natur aus danach angetan, keine nachteiligen Veränderungen in Erscheinung treten zu lassen, so mag eine derartige Fassung vollends und lange ihren Dienst tun. Unter ähnlichen Verhältnissen können Rohrstutzenfassungen auch bei klaffenden Spaltenmündungen

im horizontal abgetragenen Austrittsgestein in Anwendung kommen, wobei die auf demselben Spaltenzug liegenden Einzelfassungen bloß die Rolle zweier oder mehrerer Mündungen einer und derselben Mineralquelle übernehmen; das zwischen den einzelnen Fassungsstellen offen liegende Ausgehende der Quellspalte ist in einem solchen Falle natürlich mit indifferentem Metall, Steinzeugplatten oder Klinkerziegel zu bedecken und abzudichten, wenn man — umgekehrt — nicht von vornherein eine Spaltenabdeckung durch Deck- beziehungsweise Lochsteine aus natürlichem oder künstlichem Material und das Einsetzen von Steigrohren ins Auge gefaßt hat. Hölzerne Fassungsrohre hat man in früherer Zeit namentlich auch in weite Spalten oder Quellbecken eingetrieben und einfach umdichtet.

Kleine Rohrfassungen wendet man mit Vorteil auch bei Dichtungsarbeiten an, wo es sich um die Unterdrückung kleinerer Wasseraustritte oder stärkerer Gasausströmungen handelt und wo durch die eingesetzten Metallrohre lediglich eine vorübergehende Ableitung von Wasser oder Gas bezweckt wird, bis die Abdichtung stabil geworden beziehungsweise beendet und erhärtet ist. Ich habe bei Dichtungsarbeiten manchmal solche Rohrableitungen eingebaut, die, nachdem sie ihren Zweck erfüllten, entweder dicht abgezwickelt oder verschraubt wurden; nach Jahren, als sich Wassermangel an einer Nachbarquelle oder eine wünschenswerte Wassersteigerung einstellte, hat man diese Rohre wieder aufgesucht, geöffnet und an Brunnenausläufe angeschlossen, und es ergab sich, daß selbst derart einfache Vorrichtungen genügen, um dauernd gutes Mineralwasser abzugeben, wenn die übrigen Verhältnisse danach angetan, d. h. keine schädlichen Nebenausritte, Süßwasserzuflüsse o. dgl. vorhanden sind. Kurze Rohrfassungen, respektive Fassungsstutzen kommen sonach bei der Fassung von Bohrlöchern, Spaltquellen u. s. w. mit oder ohne Verwendung von Lochsteinen in Anwendung. Längere Rohre, sogenannte Fassungsständer, welche in Lochsteine eingeführt oder an eine andere Fassungs- vorrichtung aufgesetzt werden, gehören streng genommen nicht mehr zu den eigentlichen Fassungs- vorrichtungen, indem ihnen bereits die Rolle eines Steigrohres zukommt. Nicht mehr den Charakter eigentlicher Quellenfassungen besitzen demnach jene Vorrichtungen, welche das Wasser von der Fassung (im engeren Sinne) in Form eingetriebener, angeflanschter oder aufgeschraubter Rohre und Leitungen dem Mineralwasser als spätere Führung dienen. Erstere, die Fassungsständer, sind meist aus Holz, Zinn, Eisen oder Steinzeug hergestellte Steigrohre, die bei vielen Quellenanlagen ganz oder teilweise durch die Fassungs- oder Steigleitungen ersetzt erscheinen, welche dieselbe Bestimmung haben: das Mineralwasser von der Fassung im engeren Sinne bis zum Ausguß zu führen, der nicht immer mit dem Brunnenauslauf identisch sein muß; es wird darauf noch gelegentlich der Besprechung von Quellenleitungen eingegangen. In jenen Fällen, wo Lochsteinfassungen ohne hohe Steigrohre in Anwendung kommen, ist es in den meisten Fällen unvermeidlich, Rohrstutzenfassungen damit zu verbinden.

Wie schon früher erwähnt, datieren Lochsteinfassungen bis ins Altertum zurück; sie wurden auch namentlich bei den älteren Verbauen der Karlsbader Sprudelausbrüche in Verwendung genommen, wobei man die Auflagerfläche mit Reisig, Holzkeilen u. s. w. seitlich möglichst gut verstopfte und das andere dann der natürlichen Verheilung durch Sprudelsinter überließ. Lochsteinfassungen können zweckmäßig aus widerstandsfähigem Granit, Syenit, Porphyr, schwefelkiesfreiem, dichtem Quarzitsandstein oder endlich aus Kunststein dort in Verwendung kommen, wo es sich bloß um wenige habituelle Quellaustritte oder um unausgesprochene, klaffend verlaufende Quellspalten oder endlich um sogenannte natürliche Quellbecken handelt. Größere Steinfassungen, hergestellt aus einzelnen Quadern u. dgl., findet man stellenweise aus früheren Jahrhunderten, wie die eingemeißelte Jahreszahl (1648) an der schon erwähnten Steinfassung des sogenannten Hammersäuerlings bei Eger dartut. Quellentechnisch ist eine derartige, zu weite und übrigens offen zutage liegende Quellfassung natürlich für einen Säuerling unhaltbar und hat die erwähnte Fassung bloß ein historisches Interesse, indem sie zugleich den Übergang zu den großen Bassinfassungen vermittelt.

Bassinfassungen trifft man namentlich bei Badethermen an, und zwar im Ausmaße von wenigen Quadratmetern bis zu großen Vollbädern. Hierher gehören beispielsweise die alten türkischen Fassungen der einzelnen Wildbäder in Gorni Šeher bei Banjaluka, die großen Vollbäder mit indifferentem Thermalwasser in Warmbad Villach, Johannisbad u. s. w., endlich die Spiegelbäder in den Kurorten Baden bei Wien, Trentschin-Teplitz und anderen Badeorten mit Schwefelthermen. Es ist einleuchtend, daß sich diese Fassungs- und Verwendungsmethode bei warmen Bäderquellen sozusagen von selbst herausgebildet hat, indem die Badegäste seit jeher großen Wert darauf legten, sich bei Gebrauch eines Vollbades direkt

über die Quellaustrittsstellen zu postieren und des mechanischen Hautreizes wegen, sich von den Quellgasen bestreichen zu lassen. Derartige Anlagen entsprechen vollständig dem damit verbundenen Zweck und es wäre diese Wasserwirtschaft auch quellentechnisch eine einwandfreie, wenn sich nicht vielenorts der Brauch eingebürgert hätte, das Badewasser täglich abends abzulassen und früh morgens wieder anzustauen. Hierdurch wird, wie bei Schachtfassungen mit temporärer Abpumpung, eine fortgesetzte Quellunruhe erzeugt, die nicht zum Vorteil der Beschaffenheit des betreffenden Mineralwassers ist. Indessen ist man bei Akratothermen und Schwefelquellen in dieser Hinsicht weniger rigoros, wiewohl an vielen solchen Orten nicht immer von Natur aus quellensichere Bestände vorliegen. Es gibt aber auch Methoden, um allen Anforderungen in dieser Hinsicht gerecht zu werden, wo man die Wasser- und Gasaustritte nach wie vor an der Sohle belassen, auch die etwa wünschenswerte tägliche Bassinentleerung durchführen kann und dennoch die Quellspannung nicht täglich zu irritieren braucht; derartige Anlagen wurden nach speziellen Vorschlägen meinerseits bereits an mehreren Orten verwirklicht. Bedingung zur Anlage von Bassinfassungen muß oder sollte es sein, daß nur gleichwertige Thermalquellen einmünden und zusetzendes Kaltwasser namentlich dort abgehalten wird, wo die Badetemperatur ohnehin noch eines Wärmegrade zu wünschen übrig läßt. Deshalb müssen nicht nur an der Sohle des Fassungsbeziehungsweise Badebassins Kaltwasserzuflüsse eliminiert werden, sondern auch die Umfassungsmauern durch möglichst festgestampften Letten außen und besonders an der Seite ansteigender Berglehnen sorgsam gedichtet werden. Die Sohle des Badebehälters wird bei Wildbädern meist mit kleinem Quarzsotter bedeckt, während man namentlich bei alten Schwefelbadanlagen häufig noch gelochte Bretterböden antrifft, durch welche das Wasser und namentlich die Quellgase ihren freien Aufstieg finden. Bei neueren Anlagen kommen natürlich andere Mittel in Verwendung. Daß es völlig verfehlt wäre, kalte Mineralquellen oder solche, die eine ganz andere Bestimmung haben, mit Bassinfassungen zu versehen, braucht wohl nicht erst hervorgehoben werden; daß aber auch beispielsweise bei Akratothermen die Emanationsgase auf diese Weise zu leicht verflüchtigen, soll hier nur nebenbei erwähnt werden.

Pyramiden- und Trichterfassungen. Wie erwähnt, ebenfalls eine im Prinzip schon alte Methode, die sich ursprünglich aus dem schachtartigen Aufschluß und dem verstreuten Auftreten mehrfacher Wasser- und Gasauftriebe auf einer relativ kleinen Fläche herausgebildet haben dürfte. Dem Grundrisse nach gibt es vier-, sechs- und achteckige oder kreisrunde Trichter und endlich ovale, je nach Form der Quellaustritte; Trichterfassungen werden in verschiedenen Größen zur Durchführung gebracht, entsprechend der Wassermächtigkeit, beziehungsweise Gasintensität. Als Summenfassungen angewendet, haben sie stets größere Dimensionen, beispielsweise 1—2 *m* Basisdurchmesser. Als Material wird je nach der betreffenden Beschaffenheit des Mineralwassers entweder Holz oder ein widerstandsfähiges Material (reines Zinn u. dgl.) in Anwendung gebracht. Namentlich wurden derartige Zinntrichter mit unterem würfelförmigem Ansatz seit 20 Jahren an den einzelnen Karlsbader Thermen verwendet. Ob man nun bloß Teiltrichter, vierkantig oder kreisrund wählt, hängt davon ab, ob die Abdichtung mit oder ohne Verwendung von Klinkerziegeln oder Steinplatten vorgenommen werden soll. Im ersteren Falle gibt man den Zinntrichtern am zweckmäßigsten einen kleinen kubischen Ansatz mit Bordrand sowie oben einen Hals, an dem ein Flansch aufgezogen ist. Auf diese Weise gelingt ein tadellos dichter Klinkerverbau der Fassung sowie das Absaugen des Mineralwassers aus dem Trichterhalse während der Abdichtungsarbeiten. Das Steigrohr des Trichters kann dann durch entsprechenden Einsatz oder konischen Aufsatz verjüngt und direkt mit der Steigleitung in Verbindung gebracht werden. Bemerkt wird, daß Fassungstrichter, welche nur durch Lettenstampfung eingedichtet werden sollen, auch eine kreisrunde Form besitzen können.

Das definitive Anlöten von Steigleitungen an Trichterfassungen ist verwerflich, weil dies das sofortige Ansteigen des Mineralwassers voraussetzt und andererseits bei der Fassung stark auftreibender Quellen eine nicht einwandfreie Methode der Wasserhaltung, nämlich der seitlichen, zur Folge haben muß. Ein außerhalb der Fassungsfläche eingerichteter Sumpf aber wird und muß die zu fassenden Mineralwässer während der Fassungarbeit selbst ablenken und neue oder stärker ausgewaschene seitliche Mineralwasserorte schaffen; es bleibt dann äußerst zweifelhaft, ob durch die Verdichtung dieser seitlichen Sumpfsungsstelle in Hinkunft absolut kein Verlustweg offen bleibt, also andererseits die abgezapften Mineralwässer wieder ihren vorher innegehabten Weg in die aufgesetzten Trichterfassungen nehmen werden. Die fixe Verbindung von Fassungstrichtern, namentlich

mit engen Steigleitungen, wäre ein quellentechnischer Kunstfehler, dem jeder erfahrene Quellentechniker dadurch aus dem Wege geht, daß er die Sumpfungsmöglichkeit in die Fassungsverrichtung selbst verlegt oder das Wasser durch eine tief angebrachte seitliche Ableitung an dieser Vorrichtung wegführt, wodurch die gefaßte Mineralquelle unmittelbar nach der Andichtung höchstens um 3—5 cm steigen muß. Die fixe Fortsetzung einer Fassungsverrichtung in eine Steigleitung kann höchstens dort ohne Nachteil in Anwendung gebracht werden, wo es sich nur um spärliche Wasser- oder Gasauftriebe handelt, deren Steigen um einen Viertelmeter namentlich bei sofort wirksam angebrachter Dichtung der Umgebung keine Gefahr des Ausbrechens schädlicher Nebenquellen bedeutet.

Dagegen ist es in jedem Falle, gleichviel ob die zu fassende Mineralquelle sofort steigfähig wäre oder nicht, im höchsten Grade unzweckmäßig, kreisförmige Metalltrichter mit fix verlöteten (also nicht erst zu verflanschenden oder anzuschraubenden) Rohrleitungen zu versehen, weil es bei dem nachfolgenden Biegen und Richten derselben unvermeidlich ist, daß sich runde Trichter um ihre Achse drehen und hiedurch Undichtheiten an der Fassungsbasis entstehen, die dann beim Aufspannen der Quellen verminderte Wasserergiebigkeiten im Gefolge haben.

Die Pyramiden- beziehungsweise Trichterform bildet im allgemeinen die idealste Gestalt für Mineralquellenfassungen, welche eine weitere Steigung des Wassers vermitteln sollen, weil die Gasblasen an den geneigten Mantelflächen die natürliche Aufwärtsbewegung vollführen können und sich am oberen, verjüngten Ende der Fassung zusammenfinden, von wo aus sie in den Steigrohren und Leitungen bis zum Ausguß der Quelle mit dem Mineralwasser aufs innigste gemengt verbleiben. Der ersteren Erwägung nach kann demnach die **Glockenform**, sofern sie eine halbkugelähnliche Gestalt besitzt und als wahre Quellen- (und nicht als später zu verschließende Ausbruchs-) Fassung in Verwendung kommt, nicht als die beste Form angesprochen werden, zumal sie gleichsam einen unnötig großen Hohlraum an der Fassungsstelle bildet, und hierdurch die Auftriebswirkung blasenförmiger Quellengase unterbrochen und in Frage gestellt werden kann; auch ist die Herstellung einer Trichter- oder Pyramidenform einfacher als die einer Glockenform. Große Fassungs-glocken (Überwölbungen) aus zusammengesetzten Formsteinen aufgebaut, sind im höchsten Grade unpraktisch und aus verschiedenen Gründen direkt zu verwerfen. Im übrigen ist die Funktion einer Glockenfassung ähnlich, wie die einer Trichterfassung. Bei letzterer hat man es durch die richtige Wahl des Neigungswinkels in der Hand, den oft nur sehr schmalen Querspalten, beziehungsweise kleinen Austrittspunkten nicht zu große Hohlräume aufzusetzen und andererseits doch den aufstrebenden Gasen keinen zu großen Reibungswiderstand entgegenzusetzen; für viele Mineralquellen ergibt sich als zweckmäßigste Trichterform jene mit 45—60gradigem Winkel an der Basis.

Schließlich sollen noch die sogenannten **Flaschenfassungen**, die man mitunter antrifft, Erwähnung finden; es sind dies Schacht- oder Zylinderfassungen, welche in ihrem mittleren oder oberen Teile gewölbeartig verjüngt sind und ihre Fortsetzung sodann in einem zylindrischen Hals von geringerem Durchmesser finden, als die Fassungsbasis besitzt. Solche halsförmig zusammengeschnürte Schächte (Königswart in Böhmen, Bad Kiseljak in Bosnien u. s. w.) bilden ihrer Form nach eigentlich einen Übergang von den Schacht- zu den Glockenfassungen und vereinigen daher die Nachteile beider Fassungsarten. In früheren Zeiten hat man auch ganz kleine Flaschenfassungen aus Metallblechen für Einzelfassungen kleiner Mineralquellenaustritte verwendet.

Was die **Flachkastenfassungen** anbelangt, sei nur bemerkt, daß sie bloß unter ganz speziellen örtlichen Verhältnissen zur Anwendung gelangen, namentlich dort, wo das Mineralwasser von der Fassungsstelle aus keine Steigung mehr zu überwinden hat.

Man findet zuweilen auch **kombinierte Fassungen**, wie beispielsweise Brunnen-schächte mit Sohlbohrlöchern, dann die schon erwähnten Decksteinfassungen mit Ständerrohren u. s. w., zu welchen Anlagen mitunter die lokalen Verhältnisse Anlaß geben oder geradezu zwingend erscheinen können.

Fassungs-Dimensionen.

Hierunter sind sowohl die Gesamtgröße einer Mineralquellenfassung, wie auch ihre Konstruktionsdicke (Wandstärke) zu verstehen; beide müssen im richtigen gegenseitigen Verhältnis stehen. Die Größe einer Quellenfassung richtet sich hauptsächlich nach der Größe der Quellenmündung, respektive der Stärke des Quellenauftriebes, wie auch danach,

ob mittels einer solchen Fassung bloß ein Austrittspunkt oder mehrere Auftriebsstellen gemeinschaftlich gefaßt werden sollen. Im allgemeinen sind Einzelfassungen den Summenfassungen vorzuziehen, namentlich wenn es sich um die Erhaltung eines bestimmten chemischen Charakters handelt, wie vorzugsweise bei Mineralquellen, welche zur Trinkkur dienen oder zum Versand gelangen sollen. Diesen Erwägungen nach, wie überhaupt nach der verstreuten Lage verschiedener Mineralwasser-Auftriebsstellen richtet sich auch die Anzahl der nach erfolgtem Aufschlusse eines Quellengebietes einzubauenden Mineralquellenfassungen. Hinsichtlich der Fassungsgröße trifft man häufig sehr natur-, beziehungsweise zweckwidrige Anlagen an; es ist ganz unbegreiflich, wie viele bloß fingerstarke Mineralquelladern oder nur wenige Millimeter weite Quellspalten mit Fassungen versehen werden konnten, die bis 100fache und noch größere Dimensionen aufweisen, wie z. B. bei Sauerbrunnen mit Schacht- oder weiten Tonrohrfassungen. Insbesondere sind solche Anlagen bei wenig ergiebigen Quellen ganz verfehlt; einige Nachteile wurden bereits erörtert, wozu noch die bedeutend verlangsamte Erneuerung des Mineralwassers in dem zu großen Fassungsvermögen kommt, wodurch auch die Zersetzungsmöglichkeit empfindlicher Mineralwässer, bei Thermalquellen auch die Abkühlung befördert wird. Die Natur zeigt uns, daß viele Mineralquellen aus Hunderten Metern Tiefe oft in ganz engen Gesteinsklüften emporsteigen und sie verlangt bloß, daß der Quelle nicht ein noch größerer Widerstand entgegengesetzt wird; nicht selten erheischen aber auch diese natürlichen Austrittsverhältnisse eine gewisse Korrektur. Eine Mineralquellenfassung soll mindestens der Dimension des natürlichen Quellenweges entsprechen, braucht aber auch nicht um ein unverhältnismäßig Vielfaches weiter¹ zu sein, als der natürliche Wegquerschnitt; ähnliches gilt auch für die Fortsetzung einer Fassung, d. i. für die Quellenleitungen, die bloß analoge, beziehungsweise etwas erleichterte Widerstandsverhältnisse im Vergleiche zu den natürlichen Quellenwegen gewähren sollen. Eine Ausnahme von dieser Regel tritt nur bei solchen örtlichen Verhältnissen ein, wo die eine oder andere Quelle eine Drosselung wegen der Erhaltung benachbarter Quellen erfordert oder aber dort, wo man mittels enger Steigleitungen ein Sprungphänomen erzielen will, wozu es überdies eines gewissen Verhältnisses zwischen Wasser- und Gasergiebigkeit, wie auch einer gewissen Größe der Gasblasen bedarf. Unrichtig ist dagegen die Anschauung, daß weite Quellenfassungen (z. B. Brunnenschächte) — über viel kleineren Quellenausstritten errichtet — einen erhöhten Druck auf die Mineralquelle bewirken, denn es gelten selbstverständlich auch hier die bekannten Gesetze des Bodendruckes von Flüssigkeiten; der letztere Umstand gestattet die genaue Ausmittelung des Querschnittes des natürlichen Quellenweges, beziehungsweise seiner Widerstandsverhältnisse, was von unerfahrenen Quellentechnikern meist gänzlich außer Acht gelassen wird. Namentlich in Bezug auf Dimensionen der Leitungen wird da viel gesündigt, und manche Quellenrückgänge sind darauf zurückzuführen. Daß man anderseits bei stark sinternden Quellen mit etwas weiteren Dimensionen rechnen muß, ist einleuchtend.

Die Frage der Wandstärken von Fassungsschächten, die meist mit Quadersteinen oder Klinkerziegeln ausgemauert werden, dann von Quellzylindern aus Steinzeugmasse, Rohrfassungen aus Gußeisen u. dgl. kann hier wohl übergangen werden. Die Gußbeziehungsweise Plattenstärke von Bronze- oder Zinnfassungen wertvollerer Mineralquellen soll $\frac{1}{2}$ —1 cm betragen, da geringere Dimensionen bei Fassungstrichtern u. dgl. den Eindruck von Spenglerware erzeugen und durch das nachfolgende Stampfen der Beton- oder Lettenabdichtungen vielfach deformiert oder ganz beschädigt werden.

Material für Mineralquellenfassungen.

Eine außerordentlich vielseitige Frage, die hier nur andeutungsweise erörtert werden kann! Zwar läßt sich die Frage, welches Material genommen werden soll oder darf, kurz dahin beantworten: dasjenige, welches gegen das betreffende Mineralwasser am widerstands-

¹ Eine solche Notwendigkeit ergibt sich nur bei gasreichen Mineralquellen, die aus Tonboden austreten; hier wäre es gänzlich verfehlt, die einzelnen Austrittsstellen einfach durch kleine Fassungstrichter oder Glocken zu fassen und mit engen Leitungen emporbringen zu wollen, weil die große Durchzugsgeschwindigkeit ständig Tonteilchen mitreißen würde. Manche, selbst neueste Quellenfassung ähnelt in dieser Hinsicht mehr einer Schlammereinlage, indem fortgesetzt trübes Mineralwasser austritt; eine solche Erscheinung kann sich zwar nach Monaten „beruhigen“, aber auch Jahre hindurch anhalten. — Bei derartiger Sachlage muß die betreffende Tonschicht zwischen den Auftriebsstellen mittels Schneckenbohrer durchteuft werden; diese kurzen „Bohrlöcher“ können dann leicht vollständig dicht verrohrt und mit möglichst weitdimensionierten Fassungsrichtungen überbaut werden, so daß die nur mehr spurenweise mitgeführten Tonteilchen infolge der geringen Wassergeschwindigkeit innerhalb der Fassung auf den hierfür vorgesehenen Stellen sicher zur Sedimentation gelangen.

fähigsten ist, sich also weder durch das Mineralwasser verändert, noch dieses selbst oder gar schädlich beeinflusst. Es ist klar, daß sich diese Beantwortung aber nicht so einfach in der Praxis nutzbar machen läßt, wenn man bedenkt, daß es sehr viele Materialien gibt, die überhaupt in Betracht kommen und der Mineralwässer noch mehr sind, welche eine ganz verschiedene chemische Beschaffenheit und daher eine ganz verschiedene Wirkung auf die einzelnen Materialien aufweisen. So wird beispielsweise Zink sowohl von alkalischem als auch von saurem Mineralwasser angegriffen, desgleichen wird Blei sowohl von weichen wie von stark mineralisierten und kohlenensäurehaltigen Wässern (Akratothermen, Säuerlingen u. s. w.) gelöst; hingegen haben sich Bleirohre für die Leitung des Schwefelwassers in Baden b. W. gut bewährt. In anderen Schwefelbädern werden wieder nur Holzrohre verwendet. Kupfer erweist sich bedeutend widerstandsfähiger und wird häufig bei Kochsalzquellen in Verwendung genommen, doch greift die Kohlensäure das Kupfer mit der Zeit doch an; Kupfermünzen und Bronzeschmuck, welche in der Vorzeit vielen Heilquellen als Obolus geopfert wurden, sind in manchen Mineralwässern fast gänzlich aufgezehrt, in anderen wieder durch eine solide Patinaschicht vollständig erhalten worden, wie die Funde aus Ilidže bei Sarajevo, aus der Riesenquelle bei Dux u. a. O. dartun. Die Haltbarkeit der Bronzen gegen verschiedene Mineralwässer hängt von dem Mischungsverhältnis zwischen Kupfer und Zinn ab.

Eisengegenstände gehen in den meisten, besonders schwefel- und kohlen-sauren Mineralwässern zugrunde, namentlich haben sich Mannesmann-Rohre in sehr vielen Fällen nicht bewährt, wogegen sich Gußeisen weit haltbarer zeigt. Das äußerliche Korrodieren derselben, wie übrigens auch anderer Metalle ist hauptsächlich auf feuchte Luft (Schutzmittel: Asphalt) und nur in seltenen Fällen auf direkte Einwirkung fließenden Mineralwassers zurückzuführen. Unter den praktischerweise verwendbaren Metallen erweist sich nur reines Zinn am indifferentesten gegen die meisten Mineralwasserarten; Antimon- und Bleigehalt setzen die Widerstandsfähigkeit herab. Bei vielen Fassungen und Leitungen aus Metallen findet ein Angriff weniger durch das Mineralwasser selbst, als durch Verbaumaterialien (Mörtel, Zement) statt, also namentlich durch äußere Einflüsse, wie zerstörende Feuchtigkeit an Eisenrohren, bei anderen Metallen sogar an trockenen Auflagerungsstellen. Von sonstigen Materialien ist Glas und verklinkertes, d. h. dicht gebranntes sogenanntes ordinäres Steinzeug am widerstandsfähigsten gegen die verschiedenen Mineralwässer; ersteres kommt wegen seiner Gebrechlichkeit nicht in Betracht, dagegen findet letzteres zu Trichterfassungen und Steigrohren häufige Verwendung. Beußglasur, weil meist bleihaltig, ist zu vermeiden, sondern stets rißfreie Ware mit Salzglasur in Verwendung zu nehmen, da letztere aus Silicatschmelzen besteht¹. Die meisten anderen Kunststeine sind nicht genügend wasser-dicht und widerstandsfähig, um als Fassungs-material in Betracht zu kommen. Ganz un-verwendbar ist Zement, beziehungsweise Beton für die Auskleidung von Fassungs-schächten bei Säuerlingen u. dgl. wegen der zerstörenden Wirkung der aggressiven Kohlensäure; dasselbe gilt für Marmor². Dagegen erweisen sich viele andere natürliche Gesteine (Granit, Syenit, Porphyr, Serpentin und verschiedene verkieselte Gesteine) sehr widerstandsfähig gegen die Angriffe der Mineralwässer, soferne keine Klüfte oder Haarrisse die Gesteine durchziehen. Am häufigsten ist von altersher und selbst bis in die neuere Zeit Holz (Lärche, Eiche u. a.) bei Mineralquellenfassungen verwendet worden, wiewohl man bei allen sulfat-haltigen Mineralwässern die Beobachtung sekundärer Schwefelwasserstoffbildung macht, weshalb eigentlich nur bei Schwefelquellenfassungen kein Einwand dagegen zu erheben wäre; die organische Substanz reduziert die schwefelsauren Verbindungen zu Sulfiden, die weiters durch die Wirkung der Quillenkohlensäure unter Freiwerdung von Schwefelwasserstoff zersetzt werden³. Nach längerer Zeit dagegen unterbleibt die Schwefelwasserstoffbildung fast vollständig und das Holz erweist sich von guter Haltbarkeit, wie z. B. die älteste Baumstammfassung (Tanne) der Franzensquelle in Franzensbad ergab; dasselbe betrifft die alten Fassungsstände (Holzrohre) des Bernhardbrunnens (1787—1903) und der Neuen Hygiea-Sprudelquelle (1855—1894) in Karlsbad, die allerdings durch fingerdicke Sinter-inkrustationen geschützt wurden⁴. Doch erwiesen sich auch bei meinen Neufassungen des

¹ K n e t t, Künstlicher Eisenglanz an gesalzenen Tonwaren. Tonindustrie-Zeitung, Berlin 1896.

² T i l l m a n n und H e u b l e i n, Die Kohlensäure der natürlichen Wasser im Angriff auf kohlen-sauren Kalk. Gesundheits-Ingenieur, 1912.

³ K n e t t, Schwefel und Pyrit als Absatz von Mineralwasser. N. Jahrb. f. Mineralogie, Stuttgart, 1899; ferner: Die geologisch-balneotechnischen Verhältnisse von Trencsin-Teplitz. Trencsin 1902.

⁴ K n e t t, Der Boden der Stadt Karlsbad und seine Thermen (Taf. V). Naturforsch. Festschr. Karlsbad 1902. — An jener Stelle finden sich auch zahlreiche historische Daten über die früher geübten Fassungs-methoden und die hiebei verwendeten Materialien.

Neubrunnens, der Franz Josefs- und der Felsenquelle in Karlsbad die alten, nicht angesinterten Holzständerrohre gut erhalten; die weiße Sprudelsteinschichte im Steigrohre der alten Kurhausquelle (1866—1898, seither Franz Josefsquelle genannt) betrug bloß $\frac{3}{4}$ cm Dicke.

Die Versinterung von Materialien kann natürlich kein Argument gegen ihre Widerstandsfähigkeit Mineralwässern gegenüber bilden; im Gegenteil läßt die sinternde Eigenschaft einer Quelle mitunter sogar die Verwendung von sonst unbrauchbaren, z. B. zersetzbaren oder zersetzenden Materialien für Fassungs Zwecke zu. Was die Fassungs materialien häufig, wie erwähnt, weit mehr als das Mineralwasser zerstört, ist die äußere feuchte Luft, sowohl in Schuttmaterialien, wie in Leitungskanälen und bei Fassungen insbesondere im Horizonte des schwankenden Quellen- beziehungsweise Grundwasserspiegels.

Will man schon von dem erwiesenermaßen widerstandsfähigsten Material, dem reinen Zinn, abgehen oder lassen die Verhältnisse bei sehr mächtigen Mineralquellen und demgemäß großen massiven Fassungs vorrichtungen die Verwendung dieses immerhin kostspieligen Materiales nicht zu, so geht man am sichersten, die Erfahrungen, welche man mit den weiters noch in Betracht kommenden Materialien bei Mineralquellen analoger Beschaffenheit anderenorts an langjährig eingebauten Fassungen oder Leitungen machte, zu beachten. Bleiben hierüber noch Zweifel offen, so trachte man die Widerstandsfähigkeit verschiedener Materialien, seien es jetzt verschiedene Holz-, Stein- oder Metallsorten mindestens durch ein halbes Jahr in dem ständig fließenden Mineralwasser zu prüfen; namentlich genügt es bei Metallen nicht, einfach Feilspäne in einer räumlich beschränkten Mineralwasserprobe auf ihre Angriffsfähigkeit zu prüfen, zumal bei Metallen insbesondere der äußere Spiegel, manchmal sogar auch die innere Struktur von großem Einfluß auf die Widerstandsfähigkeit gegen Mineralwässer ist.

C. Eigentliche Fassungs- und Abdichtungsarbeit.

Die Durchführung einer Mineralquellenfassung soll hier nur in aller Kürze beschrieben werden, zumal sie keine Kunst ist, sondern nur einige Erfahrung erfordert und die Schwierigkeit mineralquellentechnischer Arbeiten in den meisten Fällen nicht in der eigentlichen Fassungsarbeit, d. i. in dem Aufsetzen und Einbau einer Quellenfassung besteht, sondern in der genauen Erkennung der gesamten Quellenverhältnisse, der richtigen Disponierung bei den Aufschlußarbeiten und der Wahl der Fassungs methoden hinsichtlich Form, Größe und Material der Fassungs vorrichtungen und schließlich in der richtigen, keineswegs gleich hohen Spannungseinstellung der verschiedenen gefaßten Quellen. Von Schwierigkeiten bei der eigentlichen Durchführung einer Mineralquellenfassung kann man höchstens bei sehr ergiebigen und namentlich bei hochgradig temperierten Mineralquellen sprechen, in welcher Hinsicht unten einige Kunstgriffe mitgeteilt werden sollen, welche bei der Fassung der im Teplbette gelegenen Sprudelquelle (sogenanntes Oberes Zapfenloch) in Karlsbad 1899 in Anwendung kamen¹.

Während andauernden Niederhaltens des zusitzenden Mineralwassers werden an den Auftriebsstellen die vorher wohl überlegten Fassungs vorrichtungen aufgesetzt, was bei schweren Metallfassungen namentlich in engen Aufschlüssen, Schächten u. dgl. mittels Flaschenzuges geschehen muß. Das Anpassen erfolgt direkt auf der durch die Bloßlegungsarbeiten auf dem Untergrund vorgerichteten Fassungs basis, wobei es noch manche Uneben-

¹ Ich stand vor der Aufgabe, eine 73° heiße, aus einem unverrohrten Bohrloch unausgesetzt in armdickem Strahle senkrecht empor springende Quelle von mehreren Hundert Minutenlitern fassen zu sollen; für einen abdichtenden Verbau stand fast keine Konstruktionshöhe zur Verfügung. Die Fassungsarbeit mußte innerhalb eines Tages vollendet sein, eine Zeitspanne, die sonst zur Ausführung der eigentlichen Fassung einer Mineralquelle viel günstigerer Situation mitunter erforderlich ist. — Eine solche Sachlage sieht oft schwieriger aus, als sie wirklich ist, wiewohl sich auch die Beschreibung der angewandten Fassungs methode einfacher liest, als sich die faktische Durchführung tatsächlich gestaltete. Ich ließ zunächst die Bohrlochmündung durch Ausstemmen des Gesteins auf eine geringe Tiefe und Weite freilegen, hierauf ein der Sprunghöhe entsprechend hohes Knierohr in das Bohrloch einstecken und mittels Holzkeilen fixieren, beziehungsweise provisorisch abdichten, um das Heißwasser zur Gänze seitlich abzuleiten. Über diese improvisierte Steigrohfassung und Ableitung wurde nun die definitive Fassungs vorrichtung (schwerer Rohrstutzen mit Flanschen und sonstiger spezieller Konstruktion) darüber geschoben und bis zur Mündung des Bohrloches herabgezogen, um dort die Verbindung desselben mit der neuen Fassung durch quellsicheren Einbau und vollständige Andichtung zu bewerkstelligen.

Bei anderer Sachlage, z. B. bei sehr schwach laufenden kühlen Quellen, wo sich aus irgend einem Grunde ebenfalls keine andere Wasserhaltung möglich erweist, verwendete ich mit Vorteil kleine Schlauchheber während der Fassungs- und Abdichtungsarbeiten.

heiten zu eliminieren gibt; bei unebener Terrainoberfläche hilft man sich auch durch — nach oben sich erweiternden — trichterartigen Klinkeraufbau um den zu fassenden Quellpunkt herum und stellt erst auf die 3. oder 4. Klinkerschar die Fassungs- vorrichtung. Muß man eine Fassungs- type wählen, die zwischen bestimmt geformten Spaltenwänden eingebaut werden soll¹, dann erfordert die Fassungs- vorrichtung selbst eine peinlichst genaue modellgerechte Konstruktion, doch gilt es auch dann noch, den soliden Kontakt mit der Felsfläche zu vervollständigen. War durch den Aufschluß kein hartes Untergrundgestein zu erlangen, so schafft man sich eine feste Fassungs- basis durch Bedecken des sandigen oder schotterigen Untergrundes mit durchloch- ten Steinzeugplatten und baut auf diese die Fassungs- vorrichtungen. Daraus folgt umgekehrt, daß es widersinnig ist, einen Aufschluß bis auf festen Fels zu bewerkstelligen und diesen dann mit Schlägel- oder Flußschotter zu bedecken, um erst darauf die Fassungs- vorrichtungen aufzusetzen; diese im letzten Jahrzehnt in mehreren Kurorten praktizierte Methode ist verwerflich, weil hierdurch sozusagen neuerdings wieder ein zerstückelter instabiler Untergrund geschaffen wird, der dann seitliche Kommunikationen unter der Fassungs- basis zuläßt, geradeso als wäre der Aufschluß nicht genügend auf festem Untergrund bewerkstellt worden. Diese Methode ist insbesondere da geübt worden, wo man gleich mehrere Quellenzuflüsse mit einer einzigen Fassung unter einen Hut bringen wollte, ein sehr zweifelhaftes Beginnen namentlich dort, wo die Gefahr besteht, Zufuhr- und Verlustwege dadurch förmlich zusammenzuschließen. Tatsächlich sind solche Fälle schon vorgekommen und Mineralquellen, die vorher von Natur aus viel ausbruchssicherer gewesen, nunmehr in einen künstlichen, freilich unbeabsichtigt gewesenem Kontakt mit benachbartem Flußgrundwasser gebracht worden; die Folge davon war einerseits eine weit geringere Spannungsfähigkeit und anderseits eine viel empfindlichere Abhängigkeit vom wechselnden Grundwasserstande.

Die größte Sorgfalt erfordert die Andichtung der Fassungs- vorrichtung auf der festen Unterlage. Unsere Vorfahren haben ihre Lochstein- oder Holztrichterfassungen an der Auflagefläche seitlich mit Holzkeilen, Werg oder Reisig verstopft; die übrigen, noch vorhandenen kleinen Kommunikationsstellen wurden mit Lettenschlag verdichtet; in Karlsbad überließ man sie zum Teil noch der „Naturheilung“, die denn auch bei dem Verbau von Sprudelausbrüchen immer ihr Übriges zur gewünschten Abdichtung tat, wie spätere Bloßlegungen ergeben haben. Die Verwendung dieser Dichtungsmaterialien hat jedoch bei sulfathaltigen Quellen längere Zeit hindurch die schon erwähnte Schwefelwasserstoffbildung im Gefolge; man ging daher später auf eigens präparierte Asbestplatten und Kompositionsstreifen über. Indessen erscheint dies nicht notwendig, sofern man die erste Klinkerschar in nicht zu suppigem Zementmörtel oder Letten verlegt und die Bordstreifen von Zinnfassungen u. dgl. durch Klopfen an die Fels- oder Klinkerunterlage möglichst dicht anpaßt; die eigentliche bleibende Abdichtung² muß überdies der unmittelbar anschließende Verbau bewerkstelligen. Schachtartige Aufschlüsse verbaut man um die Fassung herum nur an der Sohle mit Letten und Beton, dichtet dann auch die Wände ab und läßt im übrigen die Fassungs- stelle zugänglich; das Gleiche betrifft Stollenaufschlüsse und Gesenke (Zugangsstollen zur Ursprungsquelle in Baden b. Wien, dann in Badgastein u. s. w.).

Der zwischen den einzelnen Fassungen gelegene Teil eines weiten Aufschlußgebietes wird, sofern es sich um feste Untergrundverhältnisse, also um hartes Austrittsgestein handelt, zweckmäßig mit einigen Scharen bester Klinkerziegel abgedichtet, welche man bei sehr ergiebigen oder kohlen säurearmen und namentlich sinternden Quellen mit (mineralwasser- freiem) Zementmörtel bindet, bei tr ägzirkulierendem und sehr kohlen säurereichem Wasser dagegen besser in weichen, steinchenfreien Letten verlegt. Jeder, auch der kleinste Hohlraum in dem Bindemittel zwischen den Stoß- und Lagerfugen ist peinlichst zu vermeiden. Über diese untere Abdichtung soll eine mindestens einen halben Meter mächtige Letten- stampfung aus fettem, d. i. mit Wasser homogen durchgearbeitetem plastischen Ton aufgebracht werden, die in den oberen Partien durch gewöhnlichen Lehm, eventuell Schutt

¹ Diese, wie noch einige andere Formen von Fassungs- vorrichtungen, wurden früher, weil sie eben nur für ganz spezielle Sachlagen (z. B. bei dringenden Arbeiten in fast unbearbeitbarem Hornstein u. s. w.) Geltung haben, übergangen; solche Zinntrichterfassungen mit Spaltenauskleidung wurden von mir 1897 und 1904 bei der Neufassung des vorderen Mühlbrunnens und der Felsenquelle in Karlsbad ausgeführt.

² Es gibt neuestens ein Dichtungsmittel, welches in frischem Zustande sehr plastisch ist und bald völlig erhärtet, sonach die Vorteile des Lettens und des Zements vereinigt, ohne deren Nachteile (Ausschleimbarkeit und Zersetzbarkeit durch Mineralwasser und Gas) zu besitzen, doch können hierüber vor Erwirkung des Patentschutzes keine näheren Mitteilungen gemacht werden, als daß es sich um die Mischung eines Magnesiumsilikates mit einem organischen Körper handelt.

ersetzt und endlich mit einer Betonplatte abgedeckt wird. Das Einbringen aufgeschlämmten Tones (sog. Lettenbrühe) in der irrigen Meinung, hierdurch den natürlichen Absatzvorgang der so sehr abdichtenden pelitischen Gesteine nachzuahmen, ist gänzlich verfehlt, denn die Natur hatte hohen Wasserdruck von oben und überdies Jahrtausende für die Sedimentation von Tonschichten zur Verfügung, während bei Quellenarbeiten rasch wirksame Dichtungen erzielt werden müssen. Zwar setzt der Konsolidierungsvorgang sehr bald ein, die Folge davon aber ist, daß darüber wassererfüllte Hohlräume und demgemäß Setzungen der aufgetragenen Schutt- oder Steinschichtung, beziehungsweise Einbrüche der Betonabdeckung eintreten, welche letztere man schon aus Gründen der obertägigen Stabilität des Quellensanierungsgebietes und zur Vorbeugung der oberflächlichen Austrocknung der Lettenabdichtung herstellen muß.

Die vorbeschriebenen Verbaue haben in erster Linie den Zweck, wirksame Abdichtungen zu erreichen; deshalb hat man schon von alters her fette Tone für „Vertestungen“ in Verwendung genommen. Weicher Letten, gut eingebracht, dichtet vollständig ab, ist dagegen weniger tragfähig; andererseits ist Beton sehr druckfest, aber nicht wasser- und gasdicht, namentlich, wenn zu grobe und trockene Mischungen genommen und unzulänglich gestampft werden. Zementschliff an den Wandungen unterirdischer Räume wirkt dann zwar der austretenden Feuchtigkeit entgegen, verhindert aber nicht die innere Durchtränkung der Betonmassen mit Mineralwasser.

Die Mächtigkeit und namentlich die Weite einer Abdichtung richtet sich im allgemeinen nach der Tiefe und Weite des bewerkstelligten Aufschlusses; indessen dichtet man einen tiefen Aufschluß nur selten bis zur Terrainoberfläche ab, da diese Funktion schon von den unteren Dichtungszonen ausgeübt werden muß. Man benutzt die verfügbaren Räume vielmehr zweckmäßig als Manipulationsräume und insbesondere als untertägige Zugangsstrecken für die Quellenleitungen und Fassungsstellen, da sich erfahrungsgemäß immer wieder einmal die Notwendigkeit ergibt, an denselben aus verschiedensten Gründen Nachschau halten zu müssen. Es betrifft dies eine Sache, auf welche von manchen „Quellenteknikern“ nur zu häufig ganz vergessen wird, zum Schaden des Quellenbesitzers, der dieses Versehen dann früher oder später mit großen Kosten gutzumachen sich gezwungen sieht. Noch leichter lassen sich von vornherein kleine Revisionsschächte für die einzelnen Fassungsstellen in nur wenigen Meter tief bewerkstelligten Sanierungsgebieten zur Anlage bringen.

Die Verwendung von Metallplatten zwischen dem Klinker- oder Lettenverbau ist bei gewissenhafter Arbeit unnötig und überdies kostspielig, wenn man von den billigen Bleiblechen absieht, die durch Mineralwasser und Kohlendioxid nach längerer Zeit vollständig zerstört würden. Wenn die unteren Abdichtungen eines Aufschlusses nicht sorgfältig genug hergestellt wurden, dann nützen auch Metallplatteneinlagerungen nichts, unter welchen in einem solchen Falle das Mineralwasser und Gas auf weite Flächen hin innerhalb der Dichtungszonen zirkulieren würden. Will man dennoch zur besonderen Sicherheit noch in der mittleren Letten- oder Betonstumpfung eine neuerliche Dichtungsschicht einbetten, so genügen hierfür verklinkerte und glasierte, neben- und übereinander verlegte und auf rationellste Weise miteinander verbundene Steinzeugplatten von Zollstärke vollkommen.

Die Wirkungsweise der umgebenden Abdichtung von Mineralquellenfassungen besteht in dem Verhindern einerseits des Zutritts von Süßwasser und andererseits des Verlustes von Mineralwasser und Quellengas. Letzteres sammelt sich unter der Dichtungsfläche und drückt das Mineralwasser in den Gesteinsklüften allmählich zurück, bis das gepreßte Gas dem Auftrieb des Mineralwassers dortselbst das Gleichgewicht hält. Das Mineralwasser- und Gasgemisch kann dann bloß oder vorzüglich nur an den Fassungsstellen austreten und entsprechend den Spannungsverhältnissen an den Quellenausgüßorten stellt sich in der ganzen Umgebung ein unterirdischer Druckbeharrungszustand ein; ist die Ausflußstelle des gefaßten Mineralwassers gedrosselt oder sehr hoch gespannt, so ist auch der gesamte unter der Dichtungsfläche herrschende Druck weit größer, als bei geringerer Quellenspannung. Abdichtungen müssen demnach je nach Sachlage nicht nur durch einfachen Verschluß beziehungsweise durch Belastung, sondern gewissermaßen auch durch Verspannung wirken. Aus der früheren Betrachtung ergibt sich einerseits, daß Fassungs- und namentlich Leitungsquerschnitte auch der Größe der Dichtungsfläche Rechnung tragen müssen, und andererseits, daß man namentlich in gasreichen Quellengebieten nicht das ganze erschlossene Mineralwasser und Gas durch Abdichtungsmaßregeln zu einem einzigen Punkt hindrücken versuchen soll; denn es können die unterirdischen Querschnittsverhältnisse an demselben unzureichende sein, so daß nicht alles verdrückte Mineralwasser d a h i n wandern

beziehungsweise dortselbst zum Austritt gelangen kann. In einem solchen Falle werden Unmengen von Gas und Mineralwasser nicht nur unter der Dichtungsfläche, sondern insbesondere letzteres auch in dem Hauptquellenweg zurückgestaut, wenn sich Gas und Wasser nicht schon früher gewaltsam Austrittswege geschaffen haben. Die Geschichte der Karlsbader Sprudelausbrüche und ihrer Verbauarbeiten, wie so mancher analogen Fälle, bietet in dieser Hinsicht lehrreiche Beispiele. Doch auch in Fällen, wo es sich nicht um ein gänzlich Verschließen von Ausbruchsstellen, sondern um die Fassung einer mächtigen und hoch zu spannenden gasreichen Mineralquelle handelt, gebietet die Vorsicht, die Fassungsanordnung durch große Gewichtsmassen oder darüber gespannte Träger niederzuhalten. Als Folge zu ausgiebiger Abdichtungen stellt sich mitunter auch das starke Verdrücken des Mineralwassers auf unbekanntem Wege ein, wodurch benachbarte, in Benutzung stehende Quellschichten angesaugt und zum Rückzug an ihrer normalen Ausflußstelle gebracht würden; durch derartige dynamische Wirkungen kann demnach unter gegebenen Verhältnissen, wie erwähnt, an benachbarten, außerhalb des Sanierungsgebietes gelegenen Mineralquellen gerade das Gegenteil der beabsichtigten Wirkung in Erscheinung treten.

So wie das hohe Aufsteigen von Mineralquellen also die Dichtigkeit der nächsten Quellenumgebung zur Voraussetzung hat, ebenso setzt die Abdichtung eines Quellengebietes bis zu einem gewissen Grade wieder die Dichtigkeit seiner weiteren Umgebung voraus. Es empfiehlt sich daher bei weiten Aufschlüssen und bei dem Vorhandensein von nur wenigen Wasseraustrittsstellen nicht bloß, die einzelnen Mineral- und Mischwässer wegen ihrer noch harrenden Gleichgewichtseinstellung zu fassen, sondern auch wasserarme und zugleich gasreiche Austrittspunkte mit einfachen Fassungen zu versehen und sie dann im Einklange mit den Spannungsversuchen erst nach und nach zu verschließen. Solche selbstverständlich ebenfalls stets zugänglich zu belassende Verschlüßfassungen können zu späteren Zeiten, wenn sich beispielsweise bei großen Gasstauungen an Tagen außerordentlich tiefen Barometerstandes oder bei Gesamtverstärkung des Quellenzudranges überhaupt die Notwendigkeit einer Verminderung des Gasdruckes unter der Dichtungsfläche ergibt, immer wieder als Entlüftungsstellen geöffnet und nach Bedarf auf das richtige Maß eingestellt werden.

Ein Ausbruchgebiet, das gegen schädliche Mineralwasser- und Gasaustritte verbaut werden soll, behandelt man im allgemeinen wie das eigentliche Quellengebiet, schließt daher womöglich bis auf festes Gestein auf, versieht die Ausbruchsstellen mit provisorischen Fassungen und verschließt dieselben nach Maßgabe des notwendigen oder zulässigen Druckes erst nach vollständiger Abdichtung beziehungsweise Erhärtung des Verbauaterials. Solche Arbeiten erweisen sich namentlich in der Umgebung von Quellenschichten an dem Gehänge von Tälern oder Flußrändern als notwendig zur Erhaltung der normalen Quellenergiebigkeit; insbesondere aber besteht eine solche Notwendigkeit häufig in den Flußbetten benachbarter Mineralquellen — sie hat aber, wie wir früher gesehen haben, die Erreichung des festen Erosionstiefsten (z. B. der eigentlichen Flußsohle) zur Voraussetzung, widrigenfalls eine Ersatzabdichtung durch Stauwasser Platz greifen müßte. Andere Sachlagen wieder erfordern mitunter bloß eine Hemmung von Mineralwasserverlusten nach einer bestimmten im Sinne des natürlichen Gefalles gelegenen Richtung, was zur Anlage unterirdischer Sperrdämme oder Grundwehren und damit aber auch zu einer teilweisen Auslösung des Quellengebietes führen kann.

Bemerkt soll hier noch werden, daß man sich dort, wo man eine sofortige Abbindung des Betons erzielen muß, eines Zusatzes von Sodalösung bedienen kann; in neuerer Zeit kommt für die rasche Erhärtung von Zementmörtel „Cementon“ in den Handel, das vorzugsweise aus doppeltkohlensaurem Natron versetzt mit etwas Engelrot besteht, sonach eine ähnliche Wirkung wie Sodazusatz ausübt. Desgleichen wird in neuerer Zeit dem Zementmörtel für spätere, nicht gerade am Fassungskontakte notwendige Mauerungen „Ceresit“, eine Kalkseifenlösung zugesetzt; nach den bisherigen Erfahrungen bei Wasserbauten dürfte es außer Zweifel stehen, daß Ceresitmilch die Wasserundurchlässigkeit von Zementmischungen bedeutend erhöht und daß man sich dieses Zusatzes insbesondere bei Verdichtung von Schachtwänden und unterirdischen Gängen mit großem Vorteil bedienen kann.

V. Quellenbehandlung und Wasserwirtschaft.

Dieses Kapitel umfaßt die Frage der richtigen Spannungseinstellung einer Mineralquelle, ihrer Ausgußarten, dann der Quellenleitungen, Aufspeicherungsanordnungen (namentlich von Badewasser) und endlich der Abfüllung von Versandwässern.

Richtige Quellenspannung, Leitung und Überlauf.

Jede neugefaßte Mineralquelle soll nach erfolgter Abdichtung des Aufschlußgebietes sukzessive gespannt, d. h. allmählich ihrer zugehörigen Spiegelhöhe näher verlegt werden. Intensive Wasserhebungen von längerer Dauer und aus größerer Tiefe haben zur Folge, daß sich der normale hydrostatische Zustand oft erst nach Wochen oder Monaten einstellt, auf welche allmähliche Stabilisierung bei den nachfolgenden Beobachtungen Rücksicht zu nehmen ist. Bei mancher Sachlage besteht die Möglichkeit, den durch energische Wasserhaltung erschöpften Quellenzustand rascher wieder zu „Kräften“ zu bringen durch Beschleunigung der Wiederauffüllung des Depressionsgebietes resp. Einlassen des kurz vorher gepumpten und aufgespeicherten Mineralwassers in die Neufassungen, wozu man sich auch benachbarter, analog zusammengesetzter Quellenabflüsse bedienen kann. Bei dem Aufziehen einer Mineralquelle sollen korrespondierende Mengenmessungen und Prüfungen der chemischen Beschaffenheit vorgenommen, desgleichen benachbarte Mineralquellen und Grundwasserstände beobachtet werden. Auch bestehende, schon vor längerer Zeit gefaßte Mineralquellen sollen auf ihre richtige Spannung eingestellt werden, besonders dort, wo sich solche Quellen im Abhängigkeitsverhältnisse mit dem Grundwasser befinden. Die Begründung dieser chemo- und hydrostatischen Notwendigkeit geht aus den früheren Erörterungen (Kap. III, Abs. 6 u. 7) hervor. Für viele Mineralquellen gilt der Satz, daß die richtige Quellenspannung bzw. Spiegelhöhe durch jenen ungefähren Mittelwert gegeben ist, der einem Niveau zwischen der Fassungsbasis und dem maximalen, sogenannten abflußlosen Spiegelstande entspricht, wobei die höchstmögliche Konzentration des Mineralwassers erzielt wird. Eine höhere Verlegung des Quellenspiegels hat Ergiebigkeitsabnahme zur Folge, womit die Gefahr seitlicher Verluste wächst, während eine tiefere Verlegung und namentlich maschinelle Absümpfung aus großer Tiefe zwar die Ergiebigkeit vermehrt, aber auch die Gefahr seitlichen Zuströmens von Süßwasser erheblich vergrößert. Je dichter die Quellenumgebung ist, desto mächtiger ist allerdings die Zone, innerhalb welcher eine Mineralquelle auf verschiedenen hohen Niveaus ohne Nachteil für ihre chemische Beschaffenheit eingestellt werden kann. Die durch längere Versuche, respektive Beobachtungen einmal als richtige Quellenspannung erkannte Spiegelhöhe soll sowohl tagsüber, wie während der Nacht, als auch durch Monate und Jahre tunlichst beibehalten werden. (Vgl. Kap. III, Punkt 8, über die einzuhaltende *Q u e l l e n r u h e*). Sind die Unruhe des Abflusses und die Schwankungen der chemischen Beschaffenheit nicht auf eine unrationelle Quellenwirtschaft, sondern auf sehr variable Niederschlags resp. Grundwasserhältnisse zurückzuführen, dann können Maßnahmen behufs Erzielung eines mittleren Grundwasserstandes zur unumgänglichen Notwendigkeit werden.

Das temporäre Herauspumpen von Mineralwasser aus Fassungen während der Trink- oder Füllstunden und das Wiederanstauen der Quelle während der Nacht ist ebenso naturwidrig¹, wie das saisonmäßige Abfließenlassen starker Mineralquellen und Verschließen derselben über Winter. Letztere Behandlung mag bei künstlich erbohrten Auslaugungsquellen in der befürchteten Erschöpfung an unterirdischem Wasser- und Salzvorrat begründet sein und wird beispielsweise bei manchen Solsprudelquellen in Deutschland gehandhabt; indessen setzt dies eine gewisse Tieffassung oder ausgezeichnete dichte Verrohrungen von Bohrquellen voraus². An Mineralquellen, welche von Natur aus an einer bestimmten Stelle ausgetreten sind und dort gefaßt wurden, wird man derartige Experimente niemals wagen dürfen. Je gleichmäßiger eine Mineralquelle dauernd abfließen kann, desto größer wird auch ihre chemische Konstanz sein, wenn die übrigen Bedingungen hiefür gegeben sind.

Die Abflußarten von Mineralquellen lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten beurteilen, vornehmlich aber nach dem Abflußniveau, beziehungsweise dessen Höhen- (Tiefen-) Lage hinsichtlich des unmittelbar umliegenden Terrains und nach der Differenz zwischen Spiegel- und Ablaufhöhe. In ersterer Hinsicht gibt es Quellen, welche hoch über Erosionstiefe austreten und selbst noch das Tagniveau in der unmittelbaren Quellenumgebung überhöhen, andererseits wieder (meist gasarme) Mineralquellen, die dies nicht erreichen, sondern im Niveau des Grundwassers „stagnieren“. Mit diesen Unterschieden

¹ L. c. Abstimmungserscheinungen an Mineralquellen.

² Daß solche bei solider Durchführung möglich sind, beweisen meine seinerzeitigen Untersuchungen an dem Colberger Kalisalzbohrloch in der Keuperformation, dessen erschrotenen Therme wochenlang verschlossen gehalten ward, ohne daß sich eine Spur Ausbruchswassers in der Umgebung zeigte, wiewohl das aufgesetzte Manometer mehr als 6 Atmosphären Druck anzeigte und sich beim Öffnen ein hoher Springer einstellte.

kommen aber bloß relative Begriffe zum Ausdruck, denn künstliche Beräumungen (Vertiefungen, Stufenzugänge) lassen diese Verhältnisse mitunter leicht korrigieren, ebenso wie man dem sogenannten Stagnieren oft durch eine einfache Ablaufleitung abhelfen kann. In zahlreichen Fällen liegt freilich hierfür nur eine geringe Gefällsmöglichkeit vor, namentlich dort, wo die Mineralquellen nicht wesentlich über Erosions- oder Grundwasserniveau heraufsteigen. Dem zweiten Gesichtspunkte nach ist zu unterscheiden zwischen Mineralquellen mit freiem und solchen mit gedrosseltem Ausguß; hiervon wurde bereits im Kapitel II bei Erörterung der Ergiebigkeit einer Mineralquelle gesprochen.

Der Ort des Quellenausgusses oder Wasserüberlaufes kann sich entweder an der Stelle des eigentlichen Brunnenauslaufes befinden oder aber zwischen der (meist tiefer gelegenen) Fassung und dem Wasserauslauf (Reservoirreinlauf bei Bäderquellen) situiert sein; im ersteren Falle spricht man auch von einem direkten Quellenauslauf. Hierher gehören alle jene genügend weit dimensionierten Leitungs- und Auslaufvorrichtungen, welche entweder unmittelbar an Fassungschächten oder Zylinderfassungen angebracht sind oder mittels einer direkten Rohrleitung von der tieferen Fassung irgendwelcher Form zu einem höheren Brunnenauslauf führen (Zylinderablauf in Krondorf, Vasenüberlauf in Gießhübl, Auslaufständer der kleinen Karlsbader Thermen u. s. w.). Die Zwischenschaltung einer Quellenausgußvorrichtung dagegen ist dort anzuwenden, wo der Benutzungsort des Mineralwassers (Brunnenauslauf für Trinkzwecke, Reservoir zur Aufspeicherung von Badewasser) verhältnismäßig weit von der Fassungsstelle entfernt liegt und namentlich gasreiche Mineralwässer zur Leitung gelangen sollen. Die betreffenden Überlaufvorrichtungen können von verschiedener Konstruktion sein, z. B. in Form von Stoß- oder Sammelkästen (wie sie von mir in verschiedenen Kurorten bei intermittierenden oder für mehrere zusammenzuleitende Quellen eingeführt wurden) oder in Gestalt von Brunnenvasen u. dgl. Hierher gehören auch die neuen Überlauftöpfe¹ von Sipöcs und Kampe für das Sprudelwasser aus den drei ergiebigsten Bohrlöchern in Karlsbad; das nun auch den Kurgästen sichtbare Bäderquellenwasser fällt von diesen Ausgußstellen in Rohrleitungen in die Kellerreservoirs. Das kohlenensäurereiche Mineralwasser von Bad Poděbrad dagegen, welches durch Tiefbohrungen erschlossen wurde, steigt direkt in Hochbehälter, die im Dachraume des Badehauses untergebracht sind und gießt dort selbsttätig aus. Die kleinen Trinkbrunnenausläufe im Parke stellen bloß Abzweigungen von diesen Steigleitungen dar, stehen daher unter hohem Druck; in diesem Sinne kann man einen solchen Auslauf sowohl als gedrosselten bezeichnen, wie auch als Tiefenentnahmestelle einer hochgespannten und ständig frei ausgießenden „Monstrequelle“ betrachten. Die im Jahre 1912 an der Stadtbadtherme in Aussig installierte Anlage stellt ihrem Wesen nach eine den Ausgußverhältnissen der Poděbrader Säuerlinge und Karlsbader Bäderquellen ganz analoge Einrichtung dar, nur steigt das Thermalwasser in Aussig ohne Mitwirkung von Gasblasen, ausschließlich durch hydrostatischen Druck mehr als 20 m über Terrain in das Reservoir des Wasserturmes empor.

Im Prinzip sind Stoßkästen, Brunnenvasen, Überlauftöpfe identisch; es findet der Ausguß des Mineralwassers entweder aus einem engen Steigrohr (Karlsbad, alte Marktbrunnenquelle Nr. 20, Theresienbrunn-Bohrlochquelle Nr. 40) oder aus der Rohrverlängerung eines Bohrloches (Karlsbad, Bäderquellen) oder endlich aus einem weiten Steigrohr einer tief eingebauten Quellenfassung (Gießhübl, Elisabethquelle) in einen geschlossenen kastenförmigen oder vasenartigen Raum statt; das überlaufende Wasser kann entweder, wie bei Brunnenvasen, direkt in Verwendung genommen werden oder es fließt, wie bei Stoßkästen, Überlauftöpfen u. dgl. in Gravitationsleitungen zum entfernteren Gebrauchspunkte (Trink- oder Füllstelle, Bäderreservoir) ab. Das in dem Ausgußbehälter abgespaltene Quellengas kann mittels einer Entlüftungsleitung ins Freie geführt werden oder, wenn reine Kohlensäure vorhanden, beispielsweise durch Verflüssigung weiter nutzbar gemacht werden. Das Lumen des Gasableitungsrohres muß so ausgemittelt sein, daß stets genügend Gas ausströmen kann, ohne einen Druck auf den Wasserspiegel der überlaufenden Quelle auszuüben, andererseits aber auch, daß keine Luft eindringen kann; dadurch wird auch jeder sekundären Ockerung vorgebeugt. Am sichersten ist es daher, an einem solchen Überlaufkasten ein geeignetes Wassermanometer anzubringen und den Austrittsquerschnitt des Gasröhrchens durch ent-

¹ Sie demonstrieren sehr gut den Ersatz eines gedrosselten Quellenausgusses (der früher unter dem Kolonnadenniveau in ein Bäderreservoir stattfand) durch einen freien Wasserüberlauf in der gleichen Höhe, als vordem das Mineralwasser (mit gewöhnlich unsichtbar gewesener Spiegelhöhe) gespannt war; diese Spannungshöhe war früher nur in angebrachten gläsernen Überdruckröhren für Beobachtungszwecke ablesbar.

sprechende Hahnstellung zu regeln. Wir haben hier sonach denselben Fall, wie bei der Druckregulierung des Gasraumes über dem Spiegel einer zugedeckten Zylinderfassung, die ja nichts anderes ist, als eine kumulierte Fassung mit einem viel zu weiten „Steigrohr“, von welchem aus im Niveau des Überlaufspiegels eben eine Gefällsleitung abzweigt.

Aus den vorstehenden Betrachtungen ergibt sich zugleich die Beantwortung der so oft gehörten und doch bei einiger Überlegung unschwer zu lösenden Frage, welche Lage einer Mineralquellenleitung gegeben werden soll. In dieser Hinsicht wurden im letzten Jahrzehnt in manchen Kurorten viele Fehler begangen, die schließlich den Erfolg von teuren Sanierungsarbeiten sehr arg in Frage stellten; solche Mißgriffe werden überdies noch dadurch zu bedenklich schweren Kunstfehlern, wenn die Quellenleitungen vollends überbaut, beziehungsweise verstampft oder einbetoniert werden, anstatt sie — ebenso wie die Fassungsstellen — möglichst zugänglich zu erhalten oder sie in weite Holzlutten zu legen. Dies empfiehlt sich selbst bei richtiger Legung von Leitungen, namentlich bei ockernden oder sinternden Quellen schon deshalb, um sie gelegentlich durchreifen oder auswechseln oder aus irgend einem Grunde einer Nachschau unterziehen zu können. Die richtige Legung der Leitungen ist namentlich bei jenen Quellen von großer Wichtigkeit, die zugleich mit dem Mineralwasser auch Quellengase führen.

An einem anderen Orte¹ wurde darauf hingewiesen, daß Quellenleitungen von einer (tieferen) Fassungsstelle bis zum Auslauf wenigstens sanft ansteigen sollen, was in dem Bestreben des spezifisch leichten Gases, nach aufwärts zu wandern, begründet ist; Mineralwasser und Gasblasen werden in einem solchen Falle eine gleichsinnige (ansteigende) Bewegungstendenz aufweisen. Für alle mehr oder weniger gasführenden Mineralquellen, deren Fassung also tiefer als die nahegelegene Auslaufstelle sitzt, gilt mit aller Sicherheit, daß die Verbindungsleitung zwischen diesen beiden Stellen nur ansteigend verlegt werden darf (Steigrohre, Steigleitungen). Handelt es sich aber selteneren Falles um eine hochgelegene Fassungsstelle, beispielweise an einem Talgehänge, deren Wasser nach einem tieferen Gebrauchsorte geleitet werden soll (Gastein, Franz Josef-Quelle; Schwefelbad St. Leonhard i. Lav.; Karlsbad, Elisabethquelle u. a.), so muß selbstverständlich eine absteigende Rohrleitung gelegt werden; in einem solchen Falle fließt das Wasser nach unten, während die Gasblasen das Bestreben haben werden, in entgegengesetzter Richtung, also nach aufwärts zu wandern. Sie werden sich daher an der höchstgelegenen Stelle (an irgend einer Rohrkürmung oder an der Fassungsstelle selbst) ansammeln und wenn nicht für eine Entlüftung vorgesorgt würde, einen Druck auf den Quellenspiegel ausüben. Solche Gefällsleitungen kommen auch dann in Betracht, wenn, wie früher erörtert, die Ausgußstelle respektive der Quellenüberlauf nicht mit dem Brunnenauslauf identisch ist, sondern zwischen dem letzteren und der Fassungsstelle eingeschaltet wurde; es wird dies dann zur unbedingten Notwendigkeit, wenn der Fassungs- und Verbrauchsort sehr weit (etwa mehr als 5 oder 8 m, je nach Quellenstärke und Gasführung) voneinander gelegen sind und gasreiche oder intermittierende Mineralquellen aufsteigen sollen. Das Schaltungsschema ist dann also:

Fassung—Steigleitung—Überlaufgefäß mit Gasentlüftung—Gefällsleitung—(indirekter) Quellenauslauf (vgl. Fig. 8).

Für die Fällleitung genügt dann eine ganz geringe Neigung nach abwärts, denn stärkeres Gefälle würde einen relativ hohen Überlauf, also eine unnütze Höherspannung der Quelle zur Voraussetzung haben.

In einem horizontal liegenden Rohr haben Gasblasen von selbst weder die Tendenz zur Vor- noch Rückwärtsbewegung, sondern werden einen Ruhezustand einzunehmen trachten, worauf bekanntlich das Prinzip der Wasserwage beruht. Sollen Gasblasen in einer horizontalen Leitung dennoch weiter transportiert werden, so müßte dies die aufsteigende Mineralquelle selbst besorgen. Noch naturwidriger wäre es, eine ansteigende gasreiche Mineralquelle auf längere Strecken hin in horizontalen Rohrleitungen und dann plötzlich wieder in aufsteigender Richtung zu führen; denn es ist klar, daß dann der bezügliche Wasserdruck in dem steilen Rohrstück die tieferliegende horizontale Rohrleitung ganz, d. i. bis an die innere Wandung vollzufüllen bestrebt sein wird, also dort, wo die Gasblasen verweilen. Dieser Druck muß sich daher in einer Anpressung der letzteren nach oben äußern und sie noch mehr in ihrer Trägheit unterstützen. Sollen sie dennoch im Sinne der Quellenflußrichtung weiter-

¹ K n e t t, Verhalten der Karlsbader Thermen während des Erdbebens im Oktober-November 1897. Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. Wien 1898.

befördert werden, so muß diese Drucküberwindung von der aufsteigenden Quelle selbst bewirkt, also eine noch erheblichere mechanische Arbeit geleistet werden. Nach dem Gesetze der Erhaltung der Kraft kann diese Verarbeitung aber nur mit einer Einbuße an Steigfähigkeit beziehungsweise Ergiebigkeit geschehen; das Gleiche gilt für alle plötzlichen Richtungsänderungen an Steigleitungen, was man unter allen Umständen stets zu umgehen trachtet, weil eine jede solche Stelle indirekt einen Wasserverlust bedeutet. Denn die Ergiebigkeit einer Mineralquelle ist nur der Ausdruck der Quellenspannung und diese eigentlich identisch mit dem Druck, unter dem die Quelle steht; je größer derselbe, desto weniger Wasser tritt in die Fassung ein, desto geringer ist also die Schüttung der Mineralquelle.

Lange horizontale Rohrleitungen und plötzliche Richtungsänderungen würden demnach in jedem Falle für ein aufsteigendes Gemisch von Mineralwasser und Quellengas fehlerhafte Installationen bedeuten, die eine Herabsetzung des Ergiebigkeitseffektes je nach Sachlage um 20 bis 60 Prozent im Gefolge hätten; diese Ziffern fußen auf Beobachtungen, die ich vor Jahren an zahlreichen Mineralquellen älteren Bestandes anzustellen Gelegenheit hatte. Dasselbe Maß der Ergiebigkeitsabnahme kann auch bei stark intermittierenden Quellen in Erscheinung treten, selbst wenn der Rohrleitung keine horizontale Strecken gegeben wurden, sondern bloß eine gleichmäßig ansteigende, aber sehr lange Quellenleitung gelegt worden war. In einem solchen Falle wird die Sprunghöhe der sukzessorisch ausstoßenden Quelle durch das Hineinschleudern in die lange, bloß gelinde ansteigende Rohrleitung in eine gewisse Wurfweite umgesetzt, die aber nicht bei jedem Stoß hinreicht, um das Wasser an der entfernt gelegenen Auslaufstelle auszuwerfen; alle schwächeren Wurfmen gen laufen daher in den Stoßpausen wieder zurück und füllen gleichsam die ausgießende Mineralquelle immer wieder von neuem auf. Dieser Vorgang ist daher gleichbedeutend mit einem Ergiebigkeitsverlust. Vertauscht man (wie ich 1897 an der Sprudelquelle I in Karlsbad u. a. O. experimentell feststellte) eine solche Rohrleitung durch eine steil ansteigende und plötzlich nach abwärts gekrümmte Leitung oder setzt an die Krümmungsstelle einen „Stoßkasten“, so gelangen die Wasserstöße mit Leichtigkeit über diese höchste Stelle hinüber, wobei sich trotz Einhaltung gleicher Überlaufhöhen im Vergleich zur früheren Installation eine fast doppelt so große Wassermenge, richtiger gesagt, die normale Ergiebigkeit einstellt, während sie in dem früheren Falle praktisch dadurch verringert wurde, daß sie in die Quellfassung größtenteils wieder zurückfloß. Daraus erhellt zur Genüge, daß stark gasführende beziehungsweise intermittierende Mineralquellen, welche von einer tiefer gelegenen Fassungsstelle nach einer entfernt gelegenen Gebrauchsstelle geführt werden sollen, niemals mit einem direkten Quellenauslauf zu versehen sind, d. h. nicht einmal gering ansteigende Verbindungsleitungen — und noch weniger solche mit wagrechten Strecken — erhalten dürfen, sondern daß man solchen Mineralquellen Gelegenheit geben muß, mittels einer steilen Leitung (Steigrohr) möglichst nahe der Fassungsstelle in einen Sammelbehälter (Stoßkasten, Überlaufgefäß) auszuschütten, von wo das Wasser gefällsartig abfließen kann.

Ein besonderer Vorteil, der einer solchen Anlage innewohnt, ist, daß der primäre, also unabwendbare Ockerabsatz eisenhaltiger Mineralquellen zum großen Teil schon in dem Überlaufgefäß (Sammelkasten) vor sich gehen kann, den man an der Basis geradezu mit einem Ockerfang für stark eisenabscheidende Quellen versehen kann. Hieraus ergibt sich einerseits ein weit geringerer Absatz in den übrigen Leitungen, in den abgefüllten Flaschen u. s. w. und überdies ist die Gefahr der mechanischen Aufwirbelung von flockigem Leitungsocker, der sich bei vielen Quellen schon aus Gründen des gestörten Gleichgewichtes zwischen dem Ferro-, Hydrocarbonat-Ion und der absorbierten Kohlensäure infolge der Wasserbewegung bilden muß, erheblich verringert. Die minimalen Mengen freien Sauerstoffes, die dafür notwendig sind, enthalten sehr viele Mineralquellen, ganz abgesehen von jenen, die mit na hem, stets Sauerstoff führendem Süßwasser im Kontakte stehen oder gar direkte Mischwässer repräsentieren. Ein weiterer Vorteil liegt endlich darin, daß man eine ganze Reihe langer und kostspieliger Einzelleitungen der verstreuten Fassungsstellen erspart, d. h. von den Sammelbehältern an nur mit den Kosten der Erhaltung und Revision einer einzigen gemeinschaftlichen Rohrleitung (oder bloß mit wenigen solchen bei den Sammelbehältern ansetzenden Leitungen) bis zu dem entfernt gelegenen Brunnenauslauf zu rechnen hat.

Aus den vorstehenden Betrachtungen resultiert also, daß es bei Mineralquellenanlagen je nach Sachlage nur Steig- oder Falleitungen geben kann, niemals aber horizontale Einschaltungen, namentlich nicht in Steigleitungen. Dies erscheint nur bei gasfreien Mineralwasserleitungen (Solwasserleitungen u. dgl.) zulässig, während wagrechte Strecken in Gefällsleitungen selbst bei gasreichem Mineralwasser unschädlich sind, da hiedurch keine

Rückwirkung auf die Quelle stattfinden kann; man wird sie, wenn tunlich, aber auch hier vermeiden, besonders wo es sich um Anhäufungen von Sinterbildungen im wagrechten Rohrstücke handeln könnte.

Ein häufig vorkommender Fehler ist weiters der, daß zwei oder mehrere Steigleitungen verschiedener Fassungen, beziehungsweise von Quellen verschiedener Steighöhe (Spannungsfähigkeit) miteinander unterhalb des Spiegelniveaus in einer Leitung vereinigt werden, woraus je nach dem Grade der gegenseitigen Unabhängigkeit der zusammengeschlossenen Quellen stets eine geringere Wassermenge resultiert, als der wirklichen Summe der Einzelergiebigkeiten entsprechen würde; denn die steigfähigere Quelle wird das Bestreben haben, die andere gleichsam stets aufzufüllen — vulgär gesprochen, die schwächere wird von der stärkeren bis zu einem gewissen Grade unterdrückt. Außerdem benimmt man dadurch die Möglichkeit, die einzelnen Fassungsstellen auf das erforderliche hydrostatische Gleichgewicht mit benachbartem Misch- oder Süßwasser einzustellen. Man spannt daher verschiedene, wenn auch chemisch analoge Quellenindividuen niemals zusammen, weder mittels einer Rohrleitung, noch durch Ausmündenlassen einzelner Steigrohre in gewisser Tiefe unter dem Wasserspiegel eines Sammelbehälters, einer Brunnenvase u. dgl. In letzterem Falle würde namentlich bei intermittierend eintretenden Quellen während der Stoßintervalle das Wasser der Brunnenvase dem fallweise sinkenden Quellenspiegel naheilen, also ein fortgesetztes künstliches Auffüllen der einzelnen Fassungsstellen erfolgen, was praktisch gleichbedeutend mit einem Wasserverluste ist. Es ist dies sonach ein ähnlicher Vorgang, wie bei dem Zusammenschließen verschiedener Quellenaustritte mittels Schotterunterlagen unter der Fassungsbasis oder beim Einfangen einer Reihe von Quellen verschiedener Spannungsfähigkeit mittels einer Summenfassung, durch welche nur im Falle völlig geteilter und direkt kommunizierender Quelleneinheiten, niemals aber bei wirklich einheitlichen Quellenindividuen die volle Ergiebigkeitssumme desselben Spiegelniveaus erlangt werden kann.

Nachdem vorher das Prinzip der Ausguß-(Überlauf-)arten von Mineralquellen erörtert wurde, seien nur noch einige Worte bezüglich der äußerlichen Gestaltung von Quellenausläufen erwähnt. Diese ist je nach dem Werte und der Verwendungsweise einer Mineralquelle, den Mitteln und dem künstlerischen Geschmacke¹ des Quellenbesitzers ganz verschieden. In vertikaler Richtung austretende, namentlich unter wallenden und springenden Bewegungserscheinungen aus Fassungszyclindern, Steigrohren u. dgl. ausgießende Mineralquellen bezeichnet man als „Sprudel“². Zur Erreichung eines Springers (Karlsbad) ist in erster Linie das Vorhandensein einer gewissen Menge großer Gasblasen im Vergleiche zur Wasserergiebigkeit notwendig, welchem Verhältnisse der Querschnitt des Springerrohres Rechnung tragen muß. Ist die Gasmenge zu gering und das Wasserquantum zu groß, dann kann kein imposantes Sprungphänomen mit abwechselnden Wurfmengen erzielt werden, ebensowenig wenn die Springvorrichtung zu weit gehalten ist; umgekehrt aber ergeben zu enge Springerrohre einen fast kontinuierlichen Wasserstrahl oder, wenn noch große Gasmengen dabei im Spiele sind, fortgesetzt ein kurzes explosionsartiges Abreißen und völlige Zerstäubung des Wassers. Durch geeignete Anordnungen kann demnach die motorische Kraft spontaner Quellengase zum Emporbringen von Mineralwasser (mehrere Meter hoch über dem früheren Spiegel) verwendet werden, wovon schon in einem früheren Kapitel gesprochen wurde³.

Andere Ausgußformen für überwallende Mineralwässer wurden bereits erwähnt (Fassungszyclinder, Brunnenvasen). Soll dem Mineralwasser ein wagrechter (parabolischer)

¹ In dieser Hinsicht hat namentlich K. Baur vor mehreren Jahren bereits in einigen Aufsätzen beachtenswerte Winke und Anregungen gegeben.

² Nach dem Altkarlsbader Namen des Urquells (Brudler) dürfte sich derselbe ursprünglich auf dampfende, heißbrodelnde Quellen bezogen haben; der Anblick, den eine infolge heftiger Gasaustritte wallende kalte Quelle bietet, ist allerdings ein ganz ähnlicher, und zu einer Zeit, als man noch nicht einmal etwas vom Wesen der „fixen Luft“ (CO₂) wußte, nannte man manchen wallenden Sauerling eine „wilde Quelle, denn sie koche, sei aber kalt“. Die Bezeichnung Sprudel auch für kalte Quellen ist übrigens ebenfalls schon ziemlich alt; andererseits zeigen dieselbe Erscheinung auch starke Gasexhalationen, die bloß durch Grundwassertümpel hindurchblasen und dadurch eine große Wasserergiebigkeit vortäuschen, die in Wirklichkeit gar nicht vorhanden ist. Immerhin bleibt das Charakteristische einer Sprudelquelle nebst der Wasserschüttung das sichtlich starke Aufwallen und demgemäß hörbare Brodeln. Ein Sprudeln infolge Kochens liegt natürlich auch bei hochgradigen Thermen nicht vor, sondern nur bei Siedequellen, die sonach durch Wasserdampfblasen in wallende Bewegung versetzt oder darin erhalten werden.

³ In dieser Hinsicht sei noch auf die erste Springquelle in Trencsin-Teplitz verwiesen, woselbst ich eine der Schwefelthermen (Freibadquelle) 1902 mittels engen Steigrohres zum Springen brachte, was jedoch über Einsprache des Anrainers später wieder aufgelassen wurde.

oder direkt nach abwärts gerichteter Ausfluß gegeben werden, so kommen hierfür kleine Auslaufständer mit seitlichen Armen oder einfache Auslaufrohre, Brunnensteier u. dgl. in Verwendung. Mineralquellen dagegen, welche von Natur aus oder infolge verfehlter Fassung, mangelnder Abdichtung u. dgl. nicht genügende Steigfähigkeit besitzen und zur Trinkkur oder Abfüllung verwendet werden sollen, versieht man mit kleinen Pumpenvorrichtungen, in welcher Beziehung es spezielle balneotechnische Fabriken gibt, die sich durch geschmackvoll ausgestattete und allen Anforderungen entsprechende Hebewerke mit Auslauf- und Füllvorrichtungen (Vasen, Verteilungsringe u. s. w.) in den Kreisen der Brunneninteressenten einen anerkannten Namen erworben haben. Solche Vorrichtungen bestehen beispielsweise bei der Franzensquelle in Franzensbad und beim Rudolfsquellenauslauf (Ferdinandsbrunn-Kolonnade) in Marienbad.

Mit der Erwähnung des oberen Rudolfsquellenauslaufes gelangen wir zu den Fernleitungen, wie sie nicht selten in einzelnen Kurorten in Gebrauch stehen, wenn es die Verhältnisse besonders erfordern. Der genannte Quellenauslauf bietet ein Beispiel für jene Fälle, in welchen die Trinkstelle im Zentrum des Kurortes erwünscht ist, die Quellenfassung aber einen Kilometer oder noch weiter davon entfernt ist. Ein anderes Beispiel gibt die 600 m lange Ableitung des Mühlbrunnens in Karlsbad in das Gebäude der Wasserversendung¹, wo die Füllung auch während der Nachtstunden vor sich geht, Frequenzbehinderungen und andere Störungen also vermieden werden. Ein drittes beachtenswertes Beispiel bietet die Leitung, welche nach den von mir empfohlenen Gesichtspunkten vom Quellenzentrum in Bad Königswart zum neuerrichteten Füllgebäude nächst der tieferliegenden Bahnstation gelegt wurde, wodurch die Frachtspesen erheblich verringert werden. Das in mancherlei Beziehung reichste Beispiel über Fernleitungen und eine auch in bezug auf mustergültige Durchführung des Problems erwähnenswerte Arbeit bildet die mehr als 8 km lange Thermalwasserleitung von Badgastein nach Hofgastein, welche 1905 von G. Rumpel (Wien) gelegt wurde; der Wärmeverlust beträgt auf der ganzen Strecke $46.8 - 44.6 = 2.2^\circ \text{C}$ und die Abnahme an Radiumemanation $112 - 84.6 = 27.4$ Macheeinheiten; es kommt demnach auf 100 m Rohrlänge bloß ein Verlust von 0.027°C und 0.34 M.-E. — Fernleitungen haben daher unter Umständen auch mit der Isolierung gegen Wärmestrahlung u. s. w. zu rechnen, eine Frage, die auch bei der Aufspeicherung naturwarmen Badewassers eine große Rolle spielt.

Verwertung von Mineralquellen.

Die Nutzungsmöglichkeit von Mineralquellen ist, wie hinlänglich bekannt, eine vielseitige. Die gewöhnlichste Verwendungsart besteht in Trink- oder Badekuren oder in der Versendung als Medizinal- und Tafelwässer. Dies hat eine Reihe balneotechnischer Probleme im Gefolge, die der Vollständigkeit halber wenigstens Erwähnung finden müssen, da eine eingehendere Besprechung den Rahmen dieser Abhandlung überschreiten würde. Eine weitere Verwendung finden Mineralwässer als Beimischung zu Moorbädern und zur Regenerierung von gebrauchter Moorerde, andere wieder wegen ihrer hohen Radioaktivität zu natürlichen Emanatorien (Badgastein, Teplitz), ferner zur Salzbereitung (Karlsbad, Marienbad, Franzensbad, Hall in O.-Ö., Darkau u. s. w.), während endlich die am häufigsten vorkommende Kohlensäure bislang nur selten für natürliche Gasbäder (Franzensbad seit 1812) ausgenutzt wurde. In der „Erzeugung“ autochthoner Quellenabsätze (Thermalschlamm, Fango) scheinen die österreichischen Mineralquellen noch etwas „rückständig“ zu sein, wiewohl es sich bei anderen Vorkommnissen dieser Art auch nicht immer um direkte Quellenausscheidungen, sondern, wie in Pistyan, Trencsin-Teplitz u. s. w., höchstens nur um Mineralquellen-Schlammprodukte handelt².

Hier sollen nun bloß zwei der häufigst wiederkehrenden Aufgaben kurz besprochen werden, welche bei der Verwertung von Mineralquellen zu lösen sind und viele Quellen-

¹ Vergl. Festnummer d. Baln. Ztg. Berlin, Sept. 1907. — Die Skizze, welche L. Sipöcs dort gibt, wonach direkt auf einer weiten Quellspalte die Brunnenchale mit dem Auslaufständer sitzt, entspricht natürlich nicht der Wirklichkeit; der Mühlbrunn entströmt ganz engen Quellwegen, welche 1897 durch konisch zulaufende Fassungskästen aus Zinn mit ebensolchen Steigrohren gefaßt und umdichtet worden sind, die sodann durch Zinnleitungen mit dem Auslaufständer verbunden wurden. Es sei dies hier aus dem Grunde richtiggestellt, um nicht unrichtige Vorstellungen über Fassungsverhältnisse aufkommen zu lassen, die mit den Erörterungen dieses quellentechnischen Kapitels in Widerspruch stünden. Der Beschauer der fraglichen Skizze könnte den Eindruck erhalten, daß das Fassen einer Mineralquelle doch eine viel einfachere Sache ist, als aus den früheren Erörterungen hervorgeht.

² K n e t t, Geolog.-balneotechn. Verhältnisse von Trencsin-Teplitz u. s. w.

interessenten fortgesetzt beschäftigen: einerseits die Magazinierung und andererseits die Abfüllung von Mineralwässern. Die außerordentliche Verschiedenheit der Mineralquellen in chemischer Beziehung bringt es mit sich, daß diese Fragen einen ebenso vielgestaltigen Komplex von theoretischen Grundlagen und praktischen Gesichtspunkten zum Gegenstande haben.

Hinsichtlich der Aufspeicherung von Mineralwasser soll hier insbesondere nochmals vom Standpunkte des internen Quellenschutzes darauf aufmerksam gemacht werden, daß das temporäre Absümpfen oder gar gänzliche Auspumpen wenn auch sehr geräumiger, also gewissermaßen Selbstspeicher bildender Quellenfassungen für eine Mineralquelle nur von Schaden sein kann und demgemäß ebenso verfehlt ist, wie eine solche Fassungsanlage an sich selbst. Mangelt es infolge unzulänglich ausgefallener Fassungsarbeiten an Mineralwasser für die frequentiertesten Trinkstunden in der Hochsaison, so Sorge man für geräumige, stets peinlichst rein gehaltene Behälter aus indifferentem Material (Zinn u. s. w.) und lasse dieselben einige Zeit vor den Trinkstunden durch den Quellenauslauf, sei es direkt oder durch Überpumpen aus einem Nebenbehälter, füllen; es gibt in den meisten Fällen Mittel und Wege, um einer Änderung des Mineralwassers in dieser kurzen Zeit vorzubeugen. Fehlt es an entsprechendem Gefälle, um das aufgespeicherte Mineralwasser wieder an eine geeignete Auslaufstelle zu bringen, so entnehme man es mit einem speziellen Hebewerke oder bringe den Mineralwasserbehälter (eventuell unter Verwendung hydraulischen Druckes oder elektrischer Kraft) durch temporäre Höherverlegung auf das entsprechende Niveau, um das nötige Gefälle zum Brunnenauslauf zu erzielen. Mit einem Worte, man fasse diese oder jene Methode ins Auge, aber vermeide es, die Quelle direkt unter ihr normales Spiegelniveau abzupumpen. Noch bedenklicher ist es, eine Mineralquelle in den frühen Morgenstunden durch forciertes Pumpen zu erschöpfen, um hinreichend Badewasser zur Verfügung zu haben. Die Quelle würde mit der Zeit völlig ruiniert werden, indem der Kontakt zwischen Mineral- und Süßwasser ständig herbeigezogen und dann wieder zurückgedrängt würde, so daß schließlich überhaupt nur minderwertiges Mischwasser resultieren müßte. Dem entgegen schaffe man geräumige Anlagen, um das Nachtquantum der Quelle aufzustapeln und sie auf einen bleibenden hydrostatischen Bestand einstellen zu können. Auch das Überlaufenlassen aus einer Quellenfassung in einen unmittelbar umgebenden Schacht o. dgl., der meist von vornherein als Zugänglichkeits- oder Revisionsraum geschaffen wurde, ist nicht zu empfehlen. Zwar wird bei dieser nicht selten anzutreffenden Methode dadurch die Quelle nicht irritiert, dagegen ist das Fassungsmaterial der steten äußerlichen Einwirkung des Mineralwassers ausgesetzt sowie die Fassungsstelle im erforderlichen Momente nicht zugänglich, da der Raum mit Wasser oder dessen Absatzprodukten erfüllt ist; auch die Reinigungsmöglichkeit solcher Wasserspeicher läßt oft vieles zu wünschen übrig, weshalb man die Magazinierung zweckmäßiger in einem benachbarten, aber getrennten Raume vornehme. Solchen tiefgelegenen Behältern kann nur die Rolle einer Überpumpstelle zukommen; es genügt hierfür ein relativ kleines Volumen, da die Hauptmenge des Mineralwassers in einem Hochbehälter aufgespeichert werden muß, um das nötige Gefälle zu den Badekabinen zu erzielen; solche Reservoiranlagen werden — je nachdem Mineralwässer aufgespeichert werden sollen, die von Natur aus noch zu heiß sind oder gerade die richtige Badetemperatur haben, also keine weitere Abkühlung mehr erleiden sollen — aus entsprechendem wärmeabgebenden oder isolierenden Material hergestellt, das wieder der chemischen Beschaffenheit des Wassers angepaßt sein muß.

Liegt ein kaltes Mineralwasser vor, das für Badezwecke erwärmt werden soll, so ist es in den meisten Fällen wegen der sofort in Erscheinung tretenden Zersetzung naturwidrig, das Mineralwasser direkt zu erhitzen; namentlich würden natürliche kohlensäure Mineralwasserbäder (wie sie beispielsweise einen Ruf Franzensbads und Marienbads bilden) in ihrem Werte sehr herabgemindert werden, da nicht nur die absorbierte, sondern auch ein großer Teil der halbgebundenen Kohlensäure vorzeitig ausgetrieben würde, wodurch der beabsichtigte Effekt in Frage gestellt wäre. Solche Wässer sind daher unmittelbar vor Gebrauchnahme entweder durch Dampfeinlaß oder besser mittels Dampfschlangen, die in einem Doppelboden der Wanne untergebracht sind, auf die richtige Badetemperatur zu bringen, wenn man schon von direkter Beimischung heißen Nutzwassers Abstand nehmen will.

Emanationshaltige Mineralwässer verlieren beim gewöhnlichen Aufspeichern einen großen Teil ihrer Radioaktivität; es sind daher besondere prophylaktische Maßnahmen in dieser Hinsicht erforderlich, auf welche hier aber nicht eingegangen werden kann. Kalte „Radiumwässer“, die meist für Badezwecke Verwendung finden, sollen vorerst möglichst

ruhig in die Wannen einfließen gelassen werden, um jedwedes Aufprallen des Wassers und Ausschütteln der Emanation zu vermeiden; das zur Erlangung der Badetemperatur nötige gewöhnliche Warmwasser darf erst dann und nur vom Boden aus in die Wanne eintreten. Jede andere Mischmethode hat große Emanationsverluste zur Folge.

Die zweitwichtigste Frage, welche die Verwendung von vielen Mineralwässern betrifft, liegt in der Haltbarkeit als Versandwasser. Hier handelt es sich also nicht um ein Magazinieren in großen Behältern für ganz kurze Zeit, sondern ein Abfüllen auf kleines Volumen für wochen- und monatelange Lagerung. Um die wünschenswerte Haltbarkeit zu erzielen, müssen daher besondere Vorsichtsmaßregeln bei der Abfüllung der Mineralwässer beobachtet werden, namentlich bei jenen, die leicht zur Zersetzung neigen, welche in den meisten Fällen in der Abscheidung des Eisens als Oxydhydrat besteht. Solche Quellen dürfen erfahrungsgemäß nicht direkt beim Auslaufstrahl in Flaschen gefüllt werden, da hiedurch nicht nur die in der Flasche vorhandene Luft mit dem Mineralwasser durchgewirbelt, sondern auch ein großer Teil der absorbierten Kohlensäure ausgeschüttelt würde, wodurch die bereits früher erwähnte Bedingung für die Löslichkeit des Eisens gestört würde. Man bedient sich deshalb eigener Füllapparate mit langröhrigen Hähnen, die jedoch derart konstruiert sein müssen, daß die Quellenspannung (Spiegelhöhe) dadurch keine Alteration erleidet. Das Mineralwasser läuft nun langsam am Boden der Flasche aus und füllt sie auf; aber selbst trotz bester Verkorkung zeigt sich bei vielen Wässern, daß dennoch Eisenabscheidungen stattfinden. Man hat die Ursache derselben in früheren Jahren in dem Luftpolster gesucht, der sich zwischen dem Wasserspiegel und der Unterseite des Korkes befindet; es hat dies vielfach seine Richtigkeit, worauf schon der Umstand deutet, daß sich Versandwässer häufig um so haltbarer zeigen, je voller die Flasche angefüllt, also je kleiner der restliche Luftraum ist. Andere Beobachtungen wieder haben ergeben, daß schlechte Korke die Haltbarkeit wesentlich herabsetzen und namentlich die Schwefelwasserstoffbildung befördern, was keiner weiteren Erklärung bedarf; es ist aber auch nicht jede Glassorte gleichermaßen indifferent hinsichtlich der Eisenabscheidung. Selbst die Farbe des Flaschenglases, beziehungsweise das Licht scheint bei manchen Mineralwässern sogar von diesbezüglichem Einfluß zu sein; ob sich später die Ausscheidung in Form eines tonigen Schlammes, einzelner Flocken, stellenweiser Kolonien oder aber als ganze festhaftende Kruste an der Flaschenwandung absetzt, hängt einerseits von der Art und Menge des Niederschlages, anderseits von der Flaschengröße und endlich auch von der Dauer der Lagerung ab.

Zweifellos kommt bei der Frage der Haltbarkeit eisenhaltiger Mineralwässer dem Sauerstoff die größte Bedeutung zu; Mineralquellen, die demnach Beimengungen von Tag- oder Grundwasser, wenn auch nur in ganz geringem Maße aufweisen, werden stets oder zeitweise Ockertrübungen aufweisen. Solche Ausscheidungen sind bei manchen Quellen schon unmittelbar nach der Abfüllung — am besten in weißen Flaschen — zu erkennen, und zwar in kolloidaler Form¹; das Wasser opalisiert jedenfalls bereits in der Fassung, so daß man in der abgefüllten Flasche Molke vor sich zu haben glaubt. Die völlige Oxydation und spätere Sedimentation dieses Niederschlages ist in einem solchen Falle unausbleiblich; darüber helfen auch alle erprobten Methoden naturreinsten Füllung nicht hinweg. Was ferner bei der Abfüllung selbst völlig einwandfrei gefaßter Mineralquellen am naturwidrigsten ist, das ist und bleibt der Sauerstoff, beziehungsweise die Luft, die sich schon in den leeren Flaschen befindet. Daher war schon vor Jahren der theoretische Gedanke aufgetaucht: wenn diese Luft entfernt würde, könne sich keine Eisenoxydation und daher kein Ockerausfall einstellen. Dieses Prinzip ist zweifellos richtig; die erfolgreiche Übertragung desselben in die Praxis setzt aber voraus, daß die Quelle frei von zusitzendem Süßwasser ist und daß auch jeder sonstige Luftsauerstoffzutritt peinlichst hintangehalten wird. Es muß sich daher auch die Durchführung einer solchen luftfreien Abfüllung zur ersten Aufgabe stellen, jede Möglichkeit eines solchen Zutrittes zur Fassung und zu den Installationsteilen vollständig auszuschließen, dieselben aber auch den Eigenheiten und sonstigen Verwendungsarten der Quelle anpassen.

Auf dem vorerwähnten Prinzipie beruhen die Füllverfahren von Beilstein (1907) und von Göke (1912). Bei ersterem fließt die aufsteigende Mineralquelle in einen geschlossenen Sammeltopf, aus welchem die über dem Quellenspiegel befindliche Kohlensäure in mehreren absteigenden Röhrchen, jedoch unter einem gewissen Drucke ausströmt, der hinreicht, um die Luft aus der aufgesteckten Flasche ins Freie auszutreiben, worauf in einer anderen Stellung der Flasche die Füllung derselben mit dem Mineralwasser vor sich geht;

¹ Mineralwässer stellen in diesem Zustande keine reinen Lösungen mehr dar, sondern „Sole“, d. h. Übergangsstadien von Lösungen zu den Suspensionen.

der Apparat kann außerdem mehrere Flaschen zugleich bedienen. — Bei dem Gökeschen Vakuumfüllapparat, der mit einer Verkorkmaschine in direkter Verbindung steht, wird die Flaschenluft zuerst durch einige Pumpenzüge möglichst entfernt und die Kohlensäure sodann aus einem gasometerähnlichen Behälter einströmen gelassen, worauf sofort die Füllung und Verkorkung folgt. Da die Spülkohlensäure eigentlich immer wieder in den Gasbehälter zurückwandert, kann diese Methode auch für gasärmere Mineralquellen Anwendung finden; nur reichert sich auch das Spülgas fortgesetzt mit jenen Luftresten an, die trotz des Evakuierens noch in den Flaschen zurückgeblieben und durch das Wasser später verdrängt worden waren. Es muß daher für ein zeitweises Ausblasen des Gasometers gesorgt werden. Proben von ockerndem Mineralwasser, die mir vorliegen, erweisen sich bei Anwendung dieser Füllmethoden selbst nach Monaten augenscheinlich ganz kristallklar. Beide Methoden setzen jedoch, wie nochmals hervorgehoben werden soll, die Abwesenheit von Süßwasser in der betreffenden Mineralquelle bzw. von Sauerstoff in deren Quellgasen sowie eine dem Beharrungszustand der Quelle richtig angepaßte Installation voraus. Dem Nachteil der Beilstein-Methode, daß die bezügliche Mineralquelle unter höheren Gasdruck gesetzt wird, steht im Vergleich zu anderen Füllmethoden der Vorteil einer rascheren Abfüllung gegenüber.

Den Beschluß der vorstehenden Abhandlung soll eine schematische Aneinanderreihung und Gegenüberstellung der häufigst vorkommenden Phasen mineralquellentechnischer Arbeiten und einschlägiger Maßnahmen bilden:

Früherer Quellenbestand. Topische (geolog. und hydrolog.) Voruntersuchungen.		Physiographische Quellenbeobachtungen. (Mengenmessungen und chemische Kontrolle.)
Eventuelle Demolierung des alten künstlichen Bestandes.		
Quellentechnische Arbeiten.	I. Aufschlußarbeiten: Blosslegung des Quellengebietes resp. Erschließung des Mineralwassers. Topische Detailuntersuchungen und Ausmittlung der Fassungsverfahren.	
	II. Eigentliche Fassungsarbeit: Aufsetzen und Einbau der Fassung.	
	III. Abdichtungsarbeiten im übrigen Aufschlußgebiete.	
	IV. Leitungsanlage und Ausmittlung der künftigen Normalspannung.	
Neuer Quellenbestand mit bleibenden Abflußverhältnissen, also richtiger Quellenbehandlung bzw. Wasserwirtschaft.		

Während I., II., III.
 und eventuell auch
 IV.: Wasserhaltung.

Erklärung der Figuren auf S. 152 u. 153.

Fig. 1. In Haupt- und (grundwasserbedeckte) Nebenquellen aufgeteilte Quelleneinheit. *H* Hauptquellenader, *N* in Gebrauch stehende Nebenquelle, *n* unbenutzter respektive schädlicher Nebenquellenausstritt, *B* eine sogenannte „blinde“, d. h. nicht zutage mündende Mineralquellenader.

Fig. 2. Beispiel eines künstlichen (nicht einfach gegabelten) Quellenzwillings, und zwar stellt die Skizze die Verhältnisse der Bohrlöcher V und VI des Karlsbader Sprudels im Maßstabe von 1:200 dar. Zwei Ausflüsse derselben Quellenspalte.

Es bedeutet: *c* den Fußboden der Sprudelkolonnade, *s* die Überlaufständer (Steigrohre), welche auf den einbetonierten Rohrstützenfassungen angeflanscht sind, *L* die Sprudelbohrlöcher V und VI in den Aragonitschichten *A*. *h*₁, *h*₂ und *H* die „Hohlschichten“ und Höhlungen in der Sprudelschale und *b* das seit 1905/06 etwas abgetragene kleine Sprudelbergl (mit antiklinal gestellten Sprudelsteinschichten) am rechten Ufer des Teplflusses *T*. Schief schraffiert: Mauerungen und Verbaue¹.

Fig. 3. Auf eine Hauptquellenspalte abgestoßene überzählige Bohrlöcher. (Zur Förderung des gesamten Mineralwassers würde beispielsweise ein Bohrloch genügen).

Fig. 4. Schema einer hochgelegenen Nebenquelle (Indikatorquelle *J*), deren Auftriebsweg als Piézometerrohr *p* dargestellt ist, abzweigend von einem Trichter (Talwinkel oder Hohlraum), erfüllt von gespanntem Mineralwasser; *t* die Talgehänge; *n* eine tiefere Nebenquelle. Das Trichterrohr versinnbildlicht die in die Tiefe setzende Gebirgsstörung oder Hauptspalte; in den „Deckel“ des Trichters reichen Bohrlöcher (gedrosselte Hauptquelle *H*).

Fig. 5. Ein Quellenpaar (*A* und *B*) verschiedener chemischer Beschaffenheit. Die seitlichen Abzweigungen (α und β) vermitteln den gegenseitigen Kontakt.

Fig. 6. Durchschneiden und Unterbinden der Kommunikationswege und völlige Scheidung eines vermengten Quellenpaares. (Schachtteufung oder Schurfraben mit eingebrachter Dichtung).

Fig. 7. Schematische Darstellung eines gefährlichen Trennungsversuches zwischen relativen Quelleneinheiten (z. B. Quellenzwillingen, die beide in Benutzung stehen). Versiegen der Nebenquelle *N* infolge Abschneidens der Seitenader und dauernder Unterbindung der Kommunikation. Der gleiche Vorgang ist dagegen zulässig, beziehungsweise notwendig, wenn *N* eine zu eliminierende Verluststelle der Hauptquelle *H* bildet.

Fig. 8. Skizze einer Mineralquellenanlage behufs Veranschaulichung der verschiedenen Niveauverhältnisse und ihrer gebräuchlichen Bezeichnungen. *G* Untergrundgebirge mit Quellzulauf *Q*, *f* Fassungsbasis (Aufschlußhöhe, Schachtsohle u. s. w.), *F* Fassung, *D* untere Dichtung (z. B. Klinker), *L* obere Abdichtung (Letten, Beton), *s* Steigrohr (Fassungständer oder Steigleitung), *i* Überlaufhöhe im Niveau des Quellenausgusses, *p* Überdruckröhrchen mit dem Quellspiegel *sp*, der die Quellenspannung respektive Spannungshöhe zum Ausdruck bringt. *K* Überlauftopf oder Stoßkasten mit Manometer *m* (eventuell Sammelgefäß zur Vereinigung mehrerer Quellenzuflüsse), woselbst das Flüssigkeits- und Gasmisch zur Trennung gelangen kann; *g* Gasentlüftung respektive Ableitung, *w* Wasserablauf (Gefällsleitung zum Brunnenauslauf oder Reservoirereinlauf); *hh* Horizontale. Erst über der Spiegel- (Spannungs-) Höhe *sp* liegt die absolute Steighöhe. Dieses piézometrische Niveau — eine ideale Linie respektive horizontale Ebene — ist auf der Skizze nicht zur Darstellung gebracht worden.

¹ Nähere Erläuterung: Anlässlich der Tiefer-Bohrung der Sprudelöffnung Nr. V am 24. Oktober 1879 um den Betrag von 1·8 m wurde dieses Bohrloch infolge Antreffens der tieferen (zwischen den Sprudelsteinbänken befindlichen thermalwasserführenden) Lagerfuge *h*₂ sehr ergiebig, gleichzeitig aber auch das damals ebenfalls wasserleer gewesene Bohrloch VI, ohne daß an diesem irgend eine Maßnahme ergriffen worden war; zugleich stellte sich auch am sogenannten Felsel oder kleinen Sprudelbergl ein Heißwasserausstritt ein. — Seither haben sich die unterirdischen Verhältnisse wahrscheinlich infolge teilweiser Versinterung des Bohrlochortes von Nr. V geändert, so daß Sprudel VI bereits seit einer Reihe von Jahren als Hauptausstritt fungiert. Bei vollkommen gleicher Spannung oder Überlaufhöhe stellt Nr. V den Ablauf ein und es ergießt sich die ganze Wassermasse (bei Normalspannung: rund 1500 l pro Minute) aus Nr. VI, wiewohl das letzte Wegstück des unterirdischen Sprudellaufes dorthin umständlicher erscheint; es mußte daher seit längerer Zeit bereits die Sprudelquelle VI etwas stärker gespannt werden (früher durch Querschnittsdrosselung, jetzt durch geringe Höhenverlegung des Überlaufspiegels), damit auch aus dem Ständer V Sprudelwasser ausgeworfen wird. — Ganz ähnliche Verhältnisse haben sich übrigens auch bei anderweitigen Bohrquellen desselben topischen Charakters gezeigt.

Fig. 1.

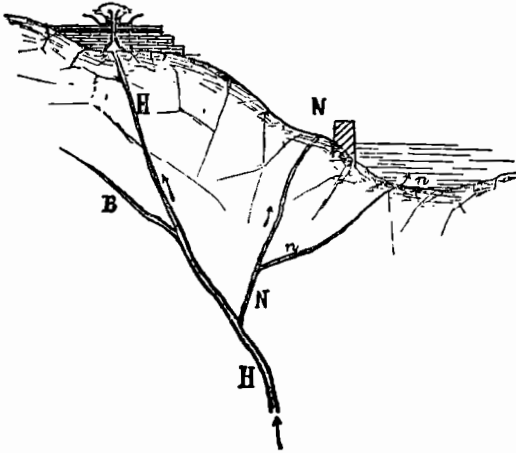


Fig. 2.

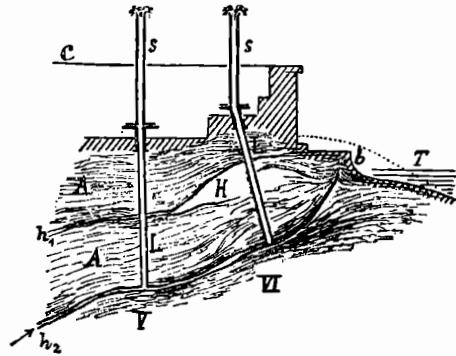


Fig. 3.

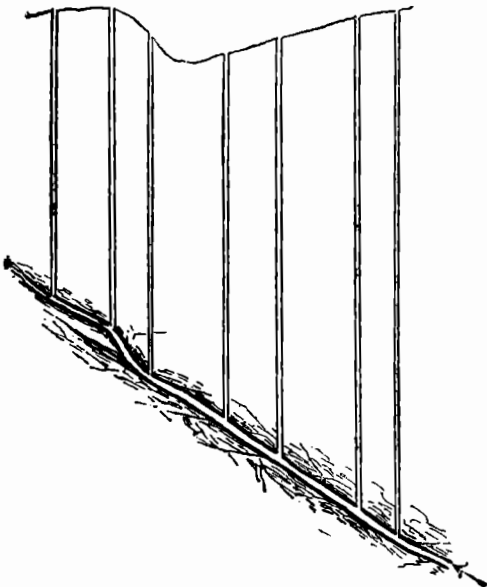


Fig. 4.

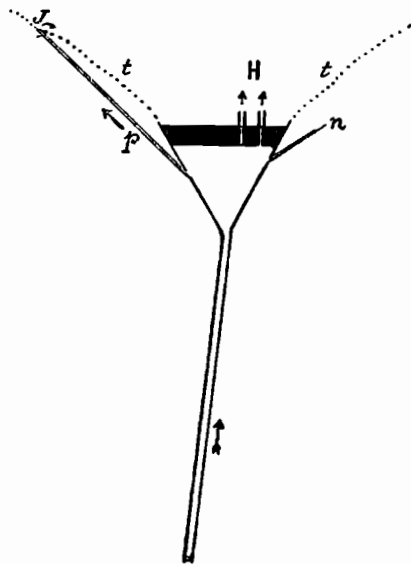


Fig. 5.

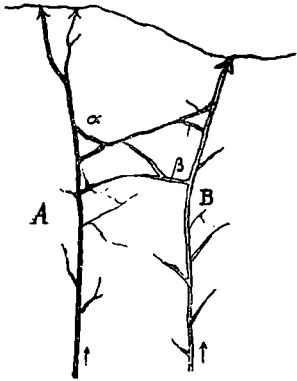


Fig. 6.

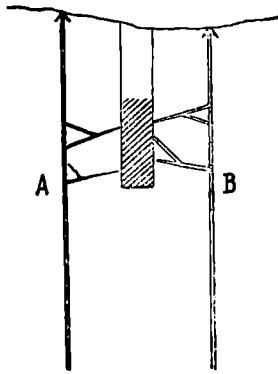


Fig. 7.

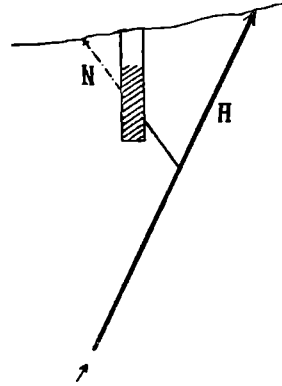


Fig. 8.

