

SUNDERABDRUCK AUS »ÖSTERREICHISCHES BÄDERBUCH 1928.«
HERAUSGEGEBEN
VOM VOLKSGESUNDHEITSAMT IM BUNDESMINISTERIUM FÜR SOZIALE VERWALTUNG
DRUCK UND VERLAG DER ÖSTERREICHISCHEN STAATSDRUCKEREI

DIE THERMAL- UND MINERALQUELLEN

(GEOLOGIE, HYDROLOGIE, QUELLENTECHNIK
UND CHEMISMUS)

VON HOFRAT ING. DR. JOSEF KNETT, WIEN

WIEN 1928
DRUCK DER ÖSTERREICHISCHEN STAATSDRUCKEREI

DIE THERMAL- UND MINERALQUELLEN

(GEOLOGIE, HYDROLOGIE, QUELLENTECHNIK UND CHEMISMUS)

VON HOFRAT ING. DR. JOSEF KNETT (WIEN)

EINFÜHRUNG

MINERALQUELLENWESEN IM ALLGEMEINEN UND DIE HEILQUELLEN ÖSTERREICHS

Wer sich mit Mineral- oder Thermalquellen theoretisch und praktisch zu beschäftigen beginnt, ahnt nicht, welch weites Feld und vielfach Neuland er betritt. Überall stellen sich ihm die anregendsten wissenschaftlichen Fragen und praktisch-technischen Arbeitsprobleme aller Art entgegen. Zwar ist es ein Spezialgebiet, das freilich nur für den ein Fragment bleibt und ihn zur lokalen Einseitigkeit verurteilt, der stillesteht auf diesem Boden oder dauernd haltmacht in einem Quellengelände und sich weiter nur an den selben, bereits mehr weniger gut studierten Quellenindividuen nach gleicher Richtung hin betätigt, mögen daraus auch manchmal Höchstleistungen hervorgehen, wie sie bis in die historische Zeit zurückreichen. Als eines der vielseitigsten Spezialgebiete hingegen von kaum zu beherrschendem Umfang erweist es sich, wenn man diese oft wunderbaren »mineralischen Lebewesen« von hundertfältig verschiedener Beschaffenheit, für die divergierendsten Zwecke bestimmt und auswertbar, in den verschiedensten Orten und Landen unter stets anderen Entstehungs-, Bewegungs- und Austrittsbedingungen zu studieren, aufzuschließen und nutzbar zu machen Gelegenheit hat.

Je länger und tiefer man solcherart in das Wesen dieser Naturprodukte eindringt, desto mehr wird man gewahr, daß die Mineralquellenkunde eine ungeheure Materie umfaßt, daß sie mit vielen Wissenschaften in engster Berührung steht; daß dennoch Dinge und Begriffe, die längst Gemeingut weiter, gebildeter und speziell fachlicher Kreise zu sein schienen, sich viel verwickelter gestalten, ja selbst schwerer definierbar sind als man vermeinen möchte; daß es ein Grenzgebiet ist, mehr oder weniger übergreifend auf Meteorologie, Hydrologie, Geologie, Mineralogie, Chemie, Physik, Medizin, auf Tiefbau- und Maschinenteknik u. a. m.

Wenn auch mit Ausnahme weniger Disziplinen nur Teile dieser naturhistorischen Richtungen und technischen Errungenschaften gleichsam hilfswissenschaftlich angewandt in Betracht kommen, so finden manche unter ihnen gerade auf dem Gebiete des Mineralquellenwesens doch wieder für sich eine ausgiebige Spezialisierung und Vertiefung. Alles in allem genommen, resultiert ein ganz beträchtliches Maß von Wissen und Können, das in dem Gesamtgebiet der Mineralquellen vereinigt ist und unausgesetztes Schritthalten in jeder Hinsicht erfordert.

Die rein wissenschaftlichen Probleme, die die Mineralquellen in sich bergen, sind allein überaus vielgestaltiger Natur. Meist spielen quellenbildende oder hydraulische Fragen, sogar Luftdruckwirkungen eine Rolle. Das regionalgeologische Hauptbild und noch häufiger die in die kleinsten lokalgeologischen Einzelheiten gehenden örtlichen Verhältnisse haben fast immer das erste Wort zu sprechen — mitunter kommen sogar vulkanologische und seismologische Beziehungen in Betracht. Die oft sehr fragliche Herkunft der vielen Salzbestandteile der Mineralwässer als Auslaugungseffekt gesteinsbildender Minerale leitet hinüber zur Petrographie und Lithologie, während die verschiedenartigen Mineralneubildungen, Sinterabsätze und kolloiden Quellenabscheidungen mineralgenetische Winke geben und manche Schlüsse bezügl. Gesteins- und Erzlagerstättenentstehung zulassen. Hydro- und radiophysikalische Anwendungen und Ermittlungen, physikalisch-chemische Aufgaben, namentlich aber chemisch-analytische Arbeiten subtilster Art und chemisch-diagnostische Auswertungen nehmen einen breiten Raum in dem genannten Spezialgebiet ein. Alle diese Fachwissenschaften schlagen verschiedenartig in die rein theoretische Behandlung der Quellenphänomene wie auch in die oft schwerwiegenden praktischen Richtungen der Mineralquellengeneses, der Wasserwirtschaft, der Quellenpflege und -kontrolle, der Quellen-

fassungen und Quellenschutzfragen ein, von denen jede für sich wieder, je nach den wechselnden örtlichen Verhältnissen, umfangreiche Kapitel ausmachen. Weiters ist manchen medizinisch-chemischen, bzw. hygienischen, pharmakologischen und balneotherapeutischen Forderungen, namentlich bei Neufassungs- und Quellenbehandlungsfragen, weitmöglichste Rechnung zu tragen. Endlich kommen bei der praktischen Durchführung rein quellen- und bädertechnischer Arbeiten Stollenbau, Schacht- und Brunnenteufung, Bohr- und Sprengtechnik, Pumpensysteme, Installationswesen und Materialkunde in Betracht, deren richtige Anwendung mitunter für den Enderfolg der verschiedenen Arbeiten ausschlaggebend sein kann.

Es wird hier nicht der Ort sein, dieses gewaltige Rüstzeug der theoretischen und praktischen Mineralquellenlehre auszubreiten, das allein Bände eines diesbezüglichen Spezialhandbuches füllen würde. Es kann hier nur ein bescheidener Beitrag nach einigen österreichischen Richtungen hin geliefert werden, die durch die Art und Bestimmung des neuen Österreichischen Bäderbuches bis zu einem gewissen Grade vorgezeichnet sind. Es würde nicht dem Zweck des Buches entsprechen, eine ausführliche Schilderung der geologischen Verhältnisse unserer Republik geben zu wollen; es könnte dies nicht das Verständnis des breitesten Leserkreises, der Ärzteschaft, Kurorte und Mineralbrunnenbranche, finden. Es kann vielmehr nur in äußersten Umrissen eine geologische Skizzierung unseres Bundesstaates versucht werden, die lediglich einen flüchtigen Blick auf eine mineralquellengeologische Karte ersetzen soll, deren Beigabe leider unmöglich ist. Hierauf sollen allgemeine hydrologische Erörterungen über Thermal- und Mineralquellen und das Wichtigste über deren Fassungen vorgebracht werden, in welcher Hinsicht sich nicht oft eine Dauergelegenheit bietet, bei Quelleninteressenten bezüglich ihres wertvollsten Besitzes, aber auch unter Geologen und Ingenieuren aller Fachrichtungen aufklärend zu wirken. Diese beiden Kapitel sind zwar im alten Österreichischen Bäderbuch ausführlicher behandelt worden, doch hat dieses bei Kriegsausbruch erschienene Werk infolge dieses Ereignisses keine Verbreitung gefunden. Um den knappen Rahmen des geologischen Teiles wettzumachen und die rein wissenschaftliche Seite nicht durch die eben erwähnten technischen Kapitel in den Hintergrund zu drängen, soll schließlich die Chemie der Mineralwässer und ihre Systematik etwas eingehender abgehandelt und die Anwendbarkeit einer neuen Klassifikation an Übersichtstabellen der österreichischen Thermal- und Mineralquellen dargetan werden. Auch dieser Teil ist vorwiegend zwecks Aufklärung der Ärzteschaft und Quelleninteressenten, aber auch geologischer, mineralogischer und technischer Kreise über den noch immer viel zu wenig bekannten und komplizierten Chemismus der Mineralwässer geschrieben worden. Die angeschlossenen Quellentabellen werden überdies einen raschen geordneten Überblick über unsere vielfach noch unzulänglich ausgewerteten Naturschätze gewähren.

Wien, im Juli 1927.

I. GEOLOGISCHER TEIL

EINLEITENDE DEFINITIONEN

Wenn unter einem Kurort im weiteren Sinne jede Örtlichkeit verstanden werden kann, der von Natur aus gewisse Kurmittel (sonnige Lage, mildes Klima, Wald, Moorerde, Seewasser) reichlich zu Gebote stehen, die für die Gesundung kranker Personen von anerkannter Bedeutung sind und eine solche Örtlichkeit auch mit den nötigen modern-sanitären Einrichtungen versehen ist, so muß speziell unter einem Heilquellenkurort jener verstanden werden, der nicht nur diesen allgemeinen Bedingungen entspricht, sondern unter seinen Gesundheitsgütern auch mindestens über eine Heilquelle verfügt, die vornehmlich über ärztliche Anordnung und unter entsprechender Kontrolle für Trinkkuren oder Badezwecke in öffentlicher Verwendung steht und diesbezüglich auch tatsächlich Kurerfolge aufzuweisen hat. Stehen die betreffenden Heilquellen insbesondere oder ausschließlich für Kurbadezwecke in Benutzung, dann liegen ausgesprochene Heilbadeorte (Heilbäder) vor, in welchem Falle natürlich auch die entsprechenden Kuranstalten bzw. bädertechnischen Anlagen unter ärztlicher Leitung vorhanden sein müssen.

Wohl kann nicht gerade jedes Mineralwasser unter allen Umständen als Heilquelle bezeichnet werden; es gibt auch konzentrierte »Erzwässer«, kupfer- oder zinkvitriolreiche, die geradezu giftig wirken müßten. Andererseits muß zwar nicht jede heilungbringende Quelle eine Heilquelle, wohl aber wird jede ausgesprochene Heilquelle eine Thermal- oder Mineralquelle sein.

Wir können daher Heilquellen in Badequellen und in Trinkquellen scheiden und die letzteren wieder in Medizinalwässer engeren Sinnes und in natürliche Tafelwässer für den Alltags-

gebrauch (zum Unterschied von den künstlichen Tafelwässern). Das österreichische Sanitätsgesetz vom Jahre 1870 spricht denn auch von »Heilbädern und Gesundbrunnen«.

Es ist daher zunächst der Begriff Heilquelle darzutun. Heilquellen sind Wasserquellen, von denen anzunehmen oder erwiesen ist, daß sie vermöge ihrer besonderen Beschaffenheit (Naturwärme, Mineralbestandteile, Gase) Heilwirkungen ausüben. Es ist demnach bei dieser Begriffsbestimmung die reine Wasserwirkung auszuschalten, wobei es allerdings fraglich bleiben kann, ob nicht reine Wasserwirkung oder gar Suggestion in Mitwirkung ist, deretwegen man aber gewöhnliche Wasserbäder nicht als Heilbäder und deren Wässer nicht als Heilquellen bezeichnen kann. Die Mineralwässer, ob warm oder kalt, und die Thermalwässer, ob stoffarm oder salzreich, müssen ihre Mineralisierung, wie dies schon der Name sagt, der mineralischen Bodenbeschaffenheit entnehmen, also natürliche Mineralsubstanzen enthalten.

Die Thermal- bzw. Mineralquellen sind demnach stets Naturprodukte, die sich durch ihre besonderen bereits angedeuteten Eigenschaften von den gewöhnlichen Wasserquellen und stoffarmen Grundwässern erheblich unterscheiden, wobei es freilich auch solche gibt, die an der Grenze zwischen den beiden vermittelnd zu stehen kommen. Damit erscheint die Notwendigkeit gekommen, den Begriff »Quelle« überhaupt zu definieren, um so mehr es bisher an einer einwandfreien Beantwortung dieser Frage mangelt; es soll dies im folgenden versucht werden.

Quellen im weitesten Sinne des Wortes sind flüssige oder gasförmige, mehr weniger beständige Austritterscheinungen über dem zunächst befindlichen Erosionstiefsten oder über der Basis einer vorhandenen, wenn auch wassererfüllten Muldung, Senkung u. dgl. Bedingung für den strengen Begriff »Quelle« ist demnach die Möglichkeit des Aus- oder Überquellens, des Überfließens des festen Bodens, sohin nicht unbedingt das Aufsteigen über Grundwasserniveau. Meistens sind es natürliche Quellenaustritte, vielfach aber erst durch Schacht- abteufungen oder Bohrungen künstlich erschlossene. Es handelt sich daher in diesen Fällen um Austritterscheinungen verhältnismäßig tief gelegener, schon vorhanden gewesener flüssiger oder gasförmiger Lagerstätten (Mineral- oder Thermalwasser, Petroleum; Kohlensäure, Methangas), die aus bestimmten Gründen vorher nicht bis zur Erdoberfläche gelangen konnten oder können, deshalb erst künstlich erschlossen oder gehoben werden müssen. Es gibt eine ganze Reihe von »Mineralbrunnen«, die nicht überfließen können, weil es wegen Überlagerungsmassen an dem nötigen Gefälle auf »gewachsenem Boden« mangelt, und denen daher nicht der hydrologische Charakter einer Quelle zuerkannt werden kann. In solchen Fällen handelt es sich um mineralische Standwässer, wie ja die tieferen Grundwasserzonen wohl ausnahmslos als warm und mineralisiert angenommen werden müssen. Dennoch werden diese Mineralbrunnen von der Balneologie den übrigen Quellen zugezählt, da für die Balneotherapie nicht die Quellenercheinung als solche, sondern die Wasserqualität ausschlaggebend ist.

Obige Definition ist also selbst dann hydrologisch berechtigt, wenn es sich, wie beim Wörthersee, unter andern um Ausflüsse, bzw. Ausmündungen unter Süßwasser- oder Meereswasserbedeckung handelt, weil das Charakteristikon des faktischen Aufquellens des betreffenden Wasserindividuums meistens nicht in Frage gestellt ist. Es gehören daher streng genommen die verschiedenen Thermen ausbrüche am Grunde einzelner Alpenseen sowie die untermeerischen Karstwasserausmündungen hydrologisch zu den echten Quellen.¹ Die strikte Definition eines Mineralwassers wieder kann logischerweise nur auf die von gemeinem Wasser unterschiedliche Mineralisierung bezogen werden, weniger schon auf den Gasgehalt und noch weniger auf die Wärmeleitung. Stoffarme Warmquellen, Akratothermen, sind, namentlich wenn sie sich nicht durch besondere Mineralstoffe auszeichnen, keine Mineralquellen; sie werden nur herkömmlicherweise diesen angereicht. Als obere Grenzziffer für ihre gelösten Substanzen wird das für Mineralwässer normierte Mindestmaß von 1 g in 1 kg Wasser angenommen. Diese Ziffer ist für Akratothermen zu niedrig und wäre aus Gründen, die hier nicht erörtert werden können, auf etwa 1·4‰ zu erhöhen.

Da es, wenigstens geologisch, nicht gut angeht, solch stoffarme Warmquellen wegen eines minimalen Eisengehaltes oder einer verschwindenden Schwefelwasserstoffleitung wegen von den übrigen Akratothermen abzutrennen und zu den Eisen- oder Schwefelquellen allein zu stellen, so unterscheide ich grundsätzlich nach der Totalmineralisierung: stoffarme Warmquellen (Akratothermen, ohne Rücksicht auf die Qualität) von den stoffreicheren Mineralthermen. Wenn es auch medizinisch berechtigt sein mag, eisenhaltige oder schwefelwasserstoffführende Akratothermen zu den Eisen- oder Schwefelquellen zu stellen, so ist es doch nicht angezeigt, sie der

¹ Ein scheinbares Paradoxon, daß ein spezifisch leichtes Süßwasser (ähnlich einem Gasstrom) untermeerisch ausmündet und hier eine »Quelle« genannt wird; ein solcher Karstfluß hat sohin seine eigenen Ursprungsquellen und bildet schließlich selbst eine salzwasserbedeckte Mündungsquelle.

großen geologisch-genetisch wohlbegründeten Konzentrationstypen der Akratothermen zu rauben. Diese Typen, in der man schon bisher alle möglichen chemischen Charaktere zusammenwarf, weil es sozusagen nicht der Mühe lohnte, wegen der geringen Stoffmenge nach vorherrschenden Mineralcharakteren zu unterscheiden, gehört überhaupt in kein Klassensystem nach chemischen Gesichtspunkten. Die Typen der Akratothermen stehen lediglich der der Mineralthermen und allenfalls den Akratopegen und Mineralpegen noch gegenüber und muß mit dem gleichen Anspruch wie die stoffreicheren Mineralquellen (Thermen und Pegen) nach dem Charakter ihrer Mineralisierung unter die Lupe genommen werden. Wie noch gezeigt werden wird, zerfallen diese dann nach chemischen Merkmalen gewissermaßen in einzelne Bausteine, die zusammengenommen der Klassifizierung der Thermal- und Mineralquellen dienen. Klassifizierung nach Haupt- und Nebenklassen; die ersteren nach den Hauptbestandteilen, die letzteren nach den Nebenbestandteilen. Zur ersten Klassenreihe gehören die Steinsalz-, Glaubersalz- und Natronwässer, die Gyps- und Kalkwässer, die Bittersalz- und Magnesitwässer, dann die Eisenvitriol- und Eisenkarbonatwässer (Sideritwässer) und endlich die Alaun- und Zementwässer. Einen Anhang hierzu bilden die natürlichen und künstlichen Endmutterlauge (Calcium-Magnesiumchlorid). Kommen in dieser Hauptklassenreihe Mineralwässer vor, die sich durch besondere Nebenstoffe auszeichnen, so dürfen sie nicht von dieser Reihe abgetrennt werden, sondern sind nach dem Gesichtspunkt eben dieser sekundär beachtenswerten Stoffe in einer Nebenreihe zu vereinigen, die aus Nebenklassen bestehen muß. Hieher gehören z. B. die Kalium-, Lithium-, Strontium-, Mangan-, Zink- sowie Eisenwässer, die Fluor-, Brom- und Jodwässer, die Thiosulfat-, Phosphat- und Arsenatwässer, endlich die sulfidischen und schwefelwasserstoffführenden Quellenwässer. Auch die nitratischen Wässer Chiles und die boratischen Italiens gehören hieher, wenn sie nicht einen bedeutenden Gehalt an diesen Stoffen aufweisen (Salpeterwässer, Boraxwässer der Hauptklassenreihe).

Eisen- und schwefelhaltige Akratothermen werden dann nicht nur in der betreffenden Hauptreihe, sondern auch Nebenreihe, hier eben bei den Eisen- und Schwefelquellen aufscheinen. Damit ist sowohl den geologischen, chemischen und vielleicht auch medizinischen Gesichtspunkten Rechnung getragen. Akratistische Eisen- oder Schwefelquellen mögen ihre therapeutische Bedeutung haben; vom chemischen und namentlich geologischen Gesichtspunkt ist dieser Nebencharakter in den allermeisten Fällen gänzlich belanglos.

GEOLOGISCHE SKIZZIERUNG ÖSTERREICHS

Als Torso Altösterreichs bildet das jetzige bloß einen winzigen Ausschnitt Mitteleuropas. Dennoch haben an seinem Bau drei große geologische Elemente Anteil: Das Hercynische Massengebirge oder Bojsche Massiv, die Alpen und die tertiären Niederungen. Sie sind nach Alter, Entstehungsart und Gesteinsaufbau gänzlich verschiedene Gebilde. Aller Art Gesteine, von der geologischen Urzeit der Erde bis zur Gegenwart, sind vertreten: die ältesten kristallinen Schiefer und massigen Erstarrungsgesteine besonders im Bojschen Massiv und in den Zentralalpen; die Kalk-, Dolomit- und Tongesteine sowie Konglomerate und Breccien des erdgeschichtlichen Mittelalters vorzugsweise in den Voralpen, die sandigen und tonigen Sedimentär-, aber auch vulkanischen Gebilde der geologischen Neuzeit in den Ebenen und Hügellandschaften.

Von dem genetischen Alter dieser petrographisch, beziehungsweise lithologisch überaus verschieden zusammengesetzten Eruptiv- und Sedimentgesteine ist das tektonische Alter der Gebirge und Senkungsgebiete selbst, die von diesen Gesteinen aufgebaut werden, scharf zu unterscheiden.

Vom Bojschen Massiv, das ganz Böhmen und die anliegenden Länderteile umfaßt, reicht nur der südliche Teil in das oberösterreichische Mühlviertel sowie in das niederösterreichische Waldviertel herein. Der erdoberflächlich sichtbare Süd- und Ostrand ist ungefähr durch die Orte Schärding am Inn, Linz, Blindenmarkt, Melk, Krems, Maissau und Retz umschrieben. Diese stellenweise sehr unregelmäßig verlaufende und durch vorgelagerte Urgesteinsinseln angedeutete Linie zwischen den stehengebliebenen und niedergegangenen Anteilen dieses geologisch sehr alten Gebirges begrenzt den unmittelbaren Untergrund der Sedimente des o. ö. Donau- und Tullner Beckens. Weiter südlich sind über die in der Tiefe ruhenden Urgesteinsmassen zunächst die Flysch-, dann die Kalkdecken der Ostalpen in der mittleren und jüngeren Tertiärzeit hinübergeschoben worden; erstere überhängen zum Teil wie Schneedecken über den Sedimenten des oberösterreichischen Donau- und außeralpinen Wiener Beckens. Die tektonischen und morphologischen Einzelheiten des bezeichneten Südrandes zeigen mannigfaltige Verschiedenheiten. So sind bei Passau ausgesprochene Überschiebungen des Kristallins über jüngere Sedimentärgebilde festgestellt oder richtiger: Unterschiebungen des anliegenden, niedergebrosenen Urgesteinsstaffels

samt seinen jüngeren Auflagerungen unter die kristallinen Massivgesteine an einem widersinnig (massengebirgseinwärts) verflächenden Verwurf. An anderen Stellen ist es allmähliches Untertauchen der kristallinen Massengebirgsanteile unter die Tertiärbildungen, wieder anderwärts (Gegend von Melk, St. Pölten, Horn) scheint es zur förmlichen Auflösung der Ostgrenze in einzelne Buchten und kleine Inselhorste gekommen zu sein. Daß in dem beschriebenen Grenzgebiet tiefreichende Störungen stattgefunden haben, beweisen einzelne Quellenerscheinungen, die trotz ungünstiger quellentopischer Sachlage teils durch natürliches Vorkommen, teils durch künstliche Erschließung bekannt worden sind. (Säuerling-Brunnenthal bei Schärding, die Bohrthermen von Lahöfen, Simbach, Leppersdorf-Scharten, Wallern, Schallerbach.)¹

Der zweite große Faktor, der an dem geologischen Aufbau Österreichs teilnimmt, sind die Alpen, und zwar die Ostalpen. Es ist unser größtes Gebirge überhaupt, ein relativ junges, sehr kompliziert gebautes Falten- und Deckengebirge, dessen Entwirrung hier nicht einmal angedeutet werden kann. Dieser Gebirgszug ist überreich an Mineral- und Thermalquellen; ihm gehören daher auch die meisten Heilquellen Österreichs an. Sieht man von den typischen kalten Auslaugungs- und Reaktionsquellen (Kochsalz-, Bitter- und Vitriolwässer) ab, so lassen sich die tektonisch bedeutsamen Tiefenäußerungen des Erdinnern (Thermen und Sauerbrunnen) in drei Gruppen gliedern: in die westalpine, mittlere und ostalpine. In den Westalpen (Frankreich und Italien) überwiegen hepatische, beziehungsweise solfatarische Phänomene (Schwefelthermen), die mit der Lage von Heustrich und Brieg in der Schweiz abschließen. Hievon getrennt durch die Gotthardkette wird die mittlere Quellengruppe zu beiden Seiten der Rheinspalte (Schweiz und Tirol) vorzugsweise von moffetischen Quellen (Säuerlingen) eingenommen; nur den Südrand des Gebirges (Italien) bezeichnen noch Schwefelthermen. Die Sauerbrunnen von Ladis und Umgebung sowie von Tarasp-Schuls gehören dem Nord-, beziehungsweise Südrand des sogenannten »Engadiner Fensters« an. Die Hauptmenge der mittleren Quellengruppe liegt westlich von der Judikarielinie, an welcher die Alpen nach Nord abgelenkt erscheinen. Die Thermen von Badgastein und Umgebung nehmen innerhalb des »Tauernfensters« in der ostalpinen Decke eine Sonderstellung ein. Eine Reihe kleiner Südtiroler Badquellen (kalte Schwefelquellen und Säuerlinge) sowie die Sauerbrunnen von Ebriach und Eisenkappel an der tektonisch hochbedeutsamen »Dinarischen Narbe« vermitteln die Verbindung mit der östlichen Quellengruppe, die ein ausgedehntes Gebiet von ungefähr dreieckiger Gestalt einnimmt und sämtliche Mineralquellen Kärntens, Steiermarks einschließlich Sloweniens (Südsteiermark und Krain) sowie der angrenzenden ungarischen Teile enthält, und zwar vornehmlich Akratothermen und kalte Sauerbrunnen. Im Norden grenzt die östliche Quellengruppe bereits an die des alpin-karpathischen Einbruchgebietes (Wiener Becken mit dem westlichen Saum des pannonischen, d. i. des großen steirisch-ungarischen Beckens), denen wieder warme Schwefelquellen, aber auch Säuerlinge eigen sind.

Diese östliche noch innerhalb des Alpenzuges gelegene Quellengesellschaft nördlich wie südlich der alpidinarischen Grenze bietet das Bild eines von Bruchlinien durchzogenen Falten- und Deckengebirgsteiles gewissermaßen vor dem gänzlichen Einbrechen, in welchem Falle, wie im heutigen Wiener Becken, hauptsächlich die peripherischen Mineralquellenäußerungen verbleiben würden. Diese mehr weniger steil in die Tiefe setzenden Verbrüche von geologisch jungem Datum sind es vornehmlich, die den mineralisierten, mit Erdwärme oder profunden Gasen beladenen Dislokationsquellen die vermittelnden Wege zwischen dem Erdinnern (oder wenigstens den tieferen Anteilen der Erdkruste) und der Erdoberfläche weisen. Wir kommen auf diese Beben- und Quellenlinien noch zurück.

Ein ansehnlicher Teil der Quellenphänomene Österreichs gehört sonach den Ostalpen an, ein anderer dagegen tritt an den Alpenrändern zutage, also dort, wo das erwähnte Ketten- und Deckengebirge Wunden, beziehungsweise Bruchränder gegen die Senkungsgebiete aufweist. Eine der bekanntesten Dislokationen, bezw. Verwurfflächen ist die »Wiener Thermenlinie«, die von Saubersdorf bei Wiener Neustadt über zahlreiche habituelle Stoßpunkte und Quellenorte wie Fischau, Vöslau, Baden gegen Meidling und unter Wien hindurch zieht; sie findet ihre nördliche Fortsetzung über Poysdorf nach Buchlau usw. in Mähren. Südlich setzt der Verbruch über den vorspringenden Teil (Rosalingebirge) der aus Urgesteinen aufgebauten Zentralzone der Ostalpenausläufer und zieht über Kurort Sauerbrunn, den vulkanischen Pauliberg bei Kobersdorf gegen Bad Tatzmannsdorf in die Gegend von Graz und über das Thermalgebiet von Tobelbad noch weiter gegen Süden. Andererseits zieht die Wiener Thermenlinie vornehmlich als Erdbebenlinie (Mürzlinie) von Gloggnitz über den Semmering, Bruck a. d. Mur (Sauerbrunnzlaten), Fentsch-Lorenzen (Säuerlinge) und den Thalheimer Sauerbrunn entlang der westlichen

¹ Diese Bohrungen sind zwar noch in der Tertiärformation angesetzt, reichen jedoch bis nahe an die Urgesteine hinab.

Murlinie in der Richtung gegen Badgastein. Die eigentliche SW-Verlängerung der Mürzlinie verläuft von Judenburg über Bad Einöd gegen die Katastrophenbebenzentren der Jahre 1348 und 1690, bezw. Warmbad Villach. Endlich setzt bei Judenburg-Zeltweg beginnend eine ausgesprochene Gebirgsstörung (Lavanttaler Verwurf) über Schwefelbad St. Leonhard, das Sauerbrunngebiet von Preblau und die Thermenlinie von Kliening-Weißbach nach Süden in die Gegend von Unterdrauburg fort. Kürzere Verwerfungs- und Quellenlinien vornehmlich nordnordöstlicher Richtung sind die Tauernthermenlinie Badgastein-Liechtensteinklamm, die Sauerbrunn- und Bebenlinie des unteren Liesertales südlich von Gmünd in Kärnten u. a.

Noch wären einige Worte über die einschlägigen Verhältnisse des an Neuösterreich angegliederten Burgenlandes zu sagen, das schon nach seiner ganzen Entstehung bereits in geologischer Vorzeit ein Grenzgebiet geworden war. Es gehört eigentlich noch der Zentralzone der Alpen an, ist jedoch der Hauptsache nach an dem Verbruch der Zentralalpenausläufer gegen das pannonische Becken sowie in dem von ehemaligen Meeressedimenten sowie Brack- und Süßwasserablagerungen erfüllten Senkungsgebiet gelegen, welches das große steirisch-ungarische Tiefland bildet.

Im nördlichen Burgenland erfolgte das Abbrechen der alpinen Urgesteine nicht an einer geraden Linie; es ist vielmehr eine ausgesprochene Zerstückelung zu erkennen, die teils in länglichen Grundgebirgshorsten (Leithagebirgskern), teils in kleineren und größeren bis zutage anstehenden Schollen (Angerwald, Brentenriegel, Lampelhöhe usw.) zum Ausdruck kommt. Dieses Gebiet ist heute noch durch tektonische Begleiterscheinungen wie erkaltete vulkanische Ergüsse, seismische Zuckungen, beziehungsweise Linien habitueller Erdbebenpunkte sowie durch mineralische und gasführende Tiefquellen gekennzeichnet. Ausgesprochene Dislokations- und Quellenlinien sind die nördliche Leithagebirgslinie mit den thermalen Quellenpunkten: Wampersdorf, Leithaprodersdorf, Mannersdorf, Sommerein (Schwefelabsätze im Leithakalk), Bruck a. d. L. und die südliche Leithagebirgslinie mit den (teils ehemaligen) Quellenpunkten: Sauerbrunn-Aecker bei Goys am Neusiedler See, Schützen a. G., Groß-Höflein und Kurort Sauerbrunn. Dann die Neusiedlerseelinie mit den Quellenpunkten Schützen a. G., Rust, Kroisbach und Wolfs (die beiden letzteren gehören zu Ungarn); auch Deutsch-Kreutz scheint noch derselben Linie anzugehören, gleichzeitig aber auch einer Störungslinie, die nach Westen zum Kobersdorfer Waldsäuerling verläuft, also zu dem schon erwähnten vulkanischen Pauliberg.

Der mittlere Teil des Burgenlandes wird durch einen aus zentralalpinen paläozoischen Gesteinen aufgebauten, weit vorspringenden Riegel eingenommen, der östlich bis Güns reicht und im Hirschenstein (862 *m*) seinen Kulminationspunkt findet. Von hier an verläuft die Abbruchgrenze auffallend bogenförmig, zuerst südlich, dann über die Sauerbrunnorte Tatzmannsdorf—Oberschützen—Goberling nördlich und greift dann weit nach West in das steirische Gebiet hinüber. Deshalb liegt der südliche Teil des Burgenlandes auch viel weiter seewärts im pannonischen Becken, also fernab vom Gebirgsverbruch; in diesem Teil kennen wir auch nur einen Quellenpunkt: die drei Säuerlinge von Sulz bei Güssing.

Zu erwähnen wäre noch der Neusiedler See, der jeweils nach Jahren allmählich einer Austrocknung und hierauf wieder Vollenfüllung entgegengeht und in letzterem Zustand seiner Fläche nach größer ist als der Traun- und Attersee zusammen. Er gleicht einem großen Mineralwassertümpel und gehört seines bekannten Sodagehaltes wegen zu den Natronseen.

Urgesteinshorste westlich vom Neusiedler See schließen die Buchten und Kanäle ein, die ehemals, wie auch der südliche Teil des Burgenlandes, vom Wasser des pannonischen Meeres bedeckt gewesen, heute der dritten geologischen Einheit im Aufbau Österreichs angehören: den tertiären Ebenen, beziehungsweise Senkungsgebieten.

Sie waren ehemals, wie erwähnt, vom Miocänmeer überflutet gewesen und wurden, namentlich das inneralpine Wiener Becken, allmählich von den marinen und später brackischen und endlich limnisch-fluviativen Sedimenten ausgefüllt. Diesen Ebenen gehört auch das oberösterreichische Donaubecken zwischen dem Hercynischen Massiv und dem Nordrand der Alpen an. Ein schmaler Kanal, etwa in der Gegend von St. Pölten, stellte die Verbindung zwischen dem oberen Donaubecken und dem außeralpinen Wiener Becken (Tullner Becken) her. So häufig sich, besonders im Randgebiete des inneralpinen Wiener Beckens¹ wegen der Zer-

¹ Besonders zu erwähnen wäre Pyrawarth inmitten des inneralpinen Wiener Beckens nördlich der Donau mit seiner verhältnismäßig natriumreichen Parkquelle, die auch artesischen Überdruck verrät. Diese diophrantische Quellentypen ist deswegen besonders interessant, weil das Na gewiß nicht dem sarmatischen Kalksandstein entstammen kann, aus welchem der unmittelbare Untergrund der Quellenumgebung besteht. Der Mineralcharakter Pyrawarths läßt einen geologisch völlig unbekanntem, aber immerhin sehr möglich erscheinenden tiefliegenden Granituntergrund gewissermaßen durchschimmern. — Dieser eine Fall sei wenigstens angemerkt, zumal auf die geologische Herkunft der Mineralwasser-salzbestandteile in diesem Beitrag nicht weiter eingegangen werden kann.

stückelung des Untergrundes Mineralquellen vorfinden und hiehergehörige Erscheinungen (warme und mineralische Grundwässer, Kluftaussinterungen, Schwefelabsätze) feststellen lassen, so spärlich ist dies im außeralpinen Wiener Becken der Fall aus Gründen, die hier nicht näher erörtert werden können. Hingegen birgt der auf rund 1000 m hinabreichende Schlier des oberen Donaubeckens ausgiebige Jodwasser- und Erdgaslagerstätten (Bad Hall, Wels).

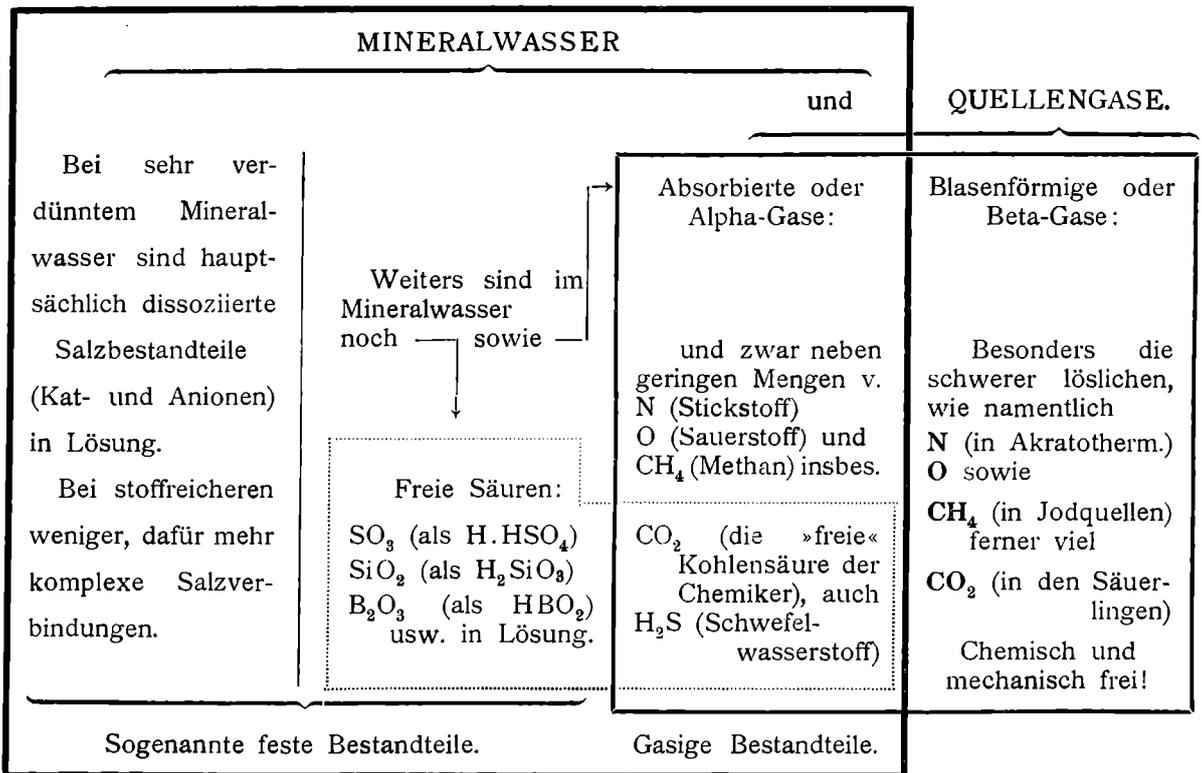
Zu erwähnen wären noch die verschiedenen, mehr oder weniger ausgebreiteten jüngsten Torfmoorbildungen des oberen Ennstales, dann bei Aussee und zahlreichen anderen Orten, welche teils (wie bei Gmünd in Niederösterreich) direkt auf granitischem Urgestein oder (wie bei Salzburg) zum Teil auf Flysch der Kreide- und Eocänformation, meist aber auf alt- bis jungquartären (diluvialen bis subrezentem) Schottern und Lehmschichten auflagern.

DIE QUELLENERSCHEINUNGEN

Es kann, so verlockend es wäre, hier weder auf die hydrologischen Entstehungsweisen und chemischen Bildungsvorgänge der Thermal- und Mineralquellen im allgemeinen, noch auf besondere typische Spezialfälle des österreichischen Heilquellenschatzes eingegangen werden. Auch die geologische Bedeutung der Quellenphänomene überhaupt, die durch Belege aus österreichischen Quellengebieten beleuchtet werden könnten, muß Raummangels wegen übergangen werden.

Auf einen wichtigen Punkt aber soll an dieser Stelle hingewiesen werden, das ist auf die einzelnen Komponenten, die zusammen eine Thermal- oder Mineralquellenerscheinung ausmachen. Die untenstehende Übersichtsform ist gewählt worden, um die in Betracht kommenden Momente in die Augen springen zu lassen und viele Worte der Erläuterung überflüssig zu machen.

In einer Quellenerscheinung können an Komponenten teilnehmen:



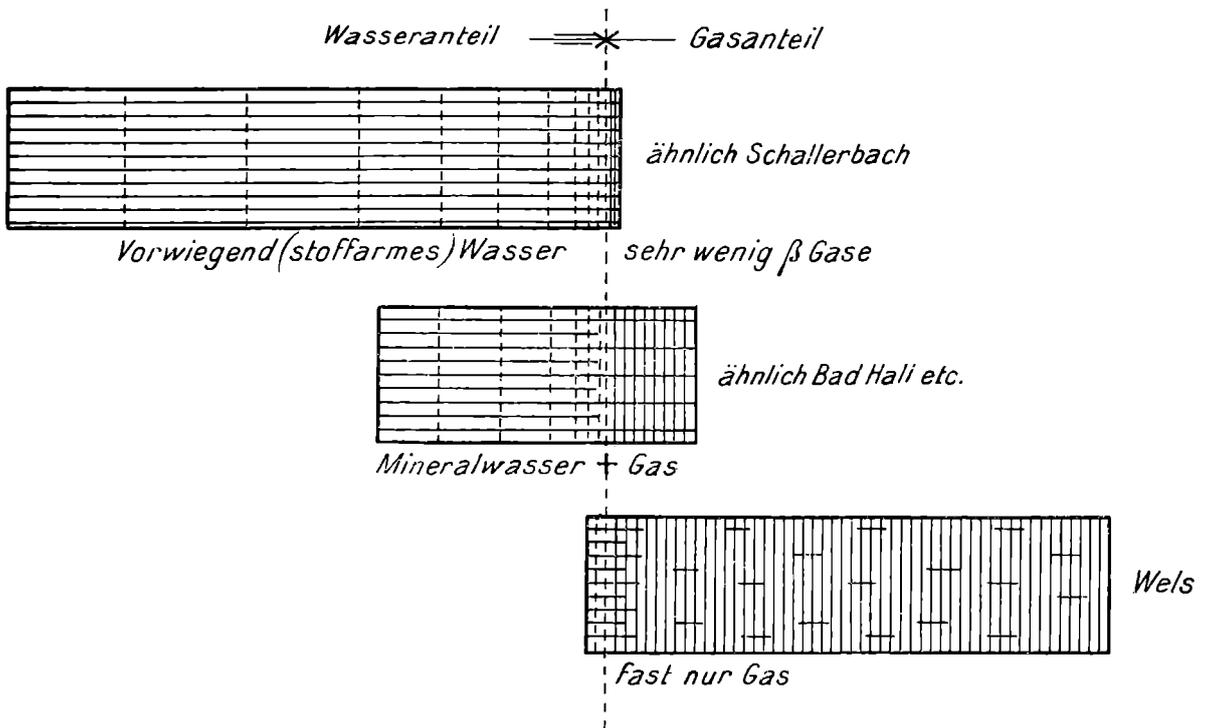
< In der Wasserprobe enthalten > < in der Gasprobe >

So wie das vorstehende Schema zur allgemeinen Charakterisierung der Quellenphänomene dient, bilden die speziellen Betrachtungen über das Verhältnis von Wasser und Gas ein eigenes Kapitel der Mineralquellengeologie für sich. Um auch diesen Gesichtspunkt rasch vor Augen zu führen und einige Fälle schematisch zu skizzieren, seien Beispiele von natriumreichen Quellen und den hauptsächlichsten Gasarten vorgeführt.

| Chemischer Hauptcharakter des Wasseranteiles: | Hauptcharakter des Gasanteiles: | |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| | Bei konzentrierten Mineralwässern ¹ | Bei weniger konzentrierten Mineralwässern ² |
| NaCl Steinsalzquellen | carbonisch (CO ₂), methanisch (CH ₄), hepatisch od. gasfrei | carbazotisch (N+CO ₂) hepatisch (SH ₂) oder gasfrei |
| Na ₂ SO ₄ Glaubersalzquellen | mofettisch (CO ₂) oder gasfrei | carbonisch, carb- azotisch oder gasfrei |
| NaHCO ₃ Natron- oder Sodaquellen | — | meist CO ₂ , seltener SH ₂ , N |

Über diese Einzelheiten wird im chemischen Teil ausführlicher abgehandelt werden. Betreffs der gegenseitigen quantitativen Verteilung der Hauptanteile (Wasser und Gas) geben die folgenden Skizzen einen orientierenden Einblick.

SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES CHARAKTERS
VON QUELLENERSCHEINUNGEN



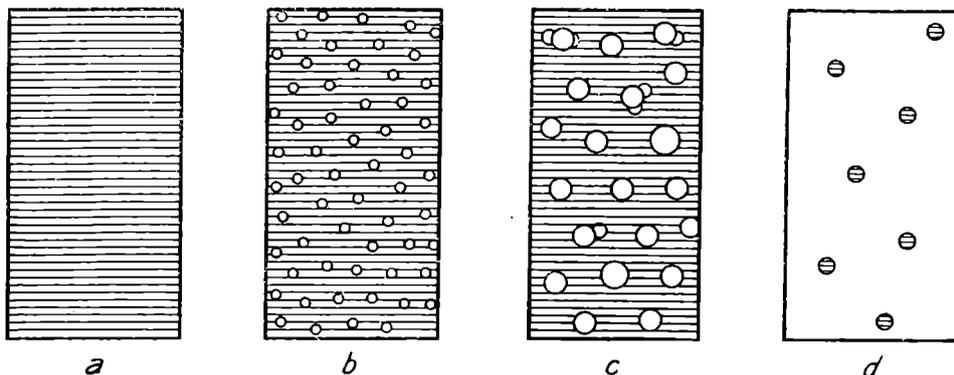
Hiezu sei bemerkt:

- a) In den Soolen des Salzkammergutes, wie auch anderer Salzgebiete und Bitterwasserlagerstätten sind meist gar keine blasenförmigen Gase vorhanden.
- b) An der Schallerbacher Therme treten gleichzeitig mit großen Wassermengen nur sehr spärliche Gase in Form feinst verteilter, winziger Bläschen zutage.
- c) An einigen Jodquellen von Bad Hall kommen mit dem kochsalzreichen Mineralwasser gleichzeitig erhebliche Mengen von Methangas herauf. Die Wassermenge überwiegt hier aber noch die Gasmenge.

¹ Über 90/100 Salzbestandteile = hypertonische Konzentration (vergl. Tafel I).
² Unter 90/100 Salzbestandteile = hypotonische bis akrotische Konzentration.

d) Die bekannten Erdgasquellen von Wels reißen stellenweise Wassertröpfchen mit, die sich in Gasometern abscheiden lassen und mit den Jodwässern von Bad Hall fast chemisch identisch sind. Die Mengen an brennbarem Gas bilden ein Vielfaches des meist nur in zerstäubter Form heraufkommenden Wasservolumens.

Wir können diese vier Fälle auch auf folgende Weise veranschaulichen:¹



Es wird im nachfolgenden hydrologischen Teil gelegentlich der Quellenphysiographie Näheres über die Ermittlungsmöglichkeit dieser Komponenten unter Berücksichtigung der im Wasseranteil enthaltenen absorbierten Gase dargelegt werden.

II. HYDROLOGISCHER TEIL

Es kann auch hier nicht des näheren auf die quellenbildenden Momente und die verschiedenen Arten von Quellen eingegangen werden. Wir betrachten vielmehr das fertige Quellenindividuum, wie es nahe vor seinem »Entsprung«, das heißt vor seinem Erreichen des Tageslichtes im Boden wandert; dann in welchen allenfalls vorgezeichneten Wegen es wandert, welche Begegnung sich mit anderen Wassergenossen abspielt, mit welchen Veränderungen oder Gefahren und auf welche Weise das Mineralwasser trotz verschiedener Hindernisse an die Erdoberfläche gelangt. Wir gliedern daher unsere Betrachtungen in die Mineralquellentopik, in die Quellenphysiographie sowie in die Quellenstatik und -dynamik, durchwegs einzelne Spezialkapitel, die aber mit der Bezeichnung Quellenmechanik oder Mechanismus der Thermal- und Mineralquellen im weitesten Sinne zusammengefaßt werden können.

MINERALQUELLENTOPIK

Die Mineralquellentopik umfaßt im wesentlichen eigentlich alle Erscheinungen, welche mit dem unmittelbaren Auftreten solcher Quellen im Zusammenhange stehen. Es sind dies in erster Linie die Aufspeicherungs- und Zirkulationsverhältnisse in seichter Tiefe unter der Erdoberfläche, die Arten der natürlichen Quellenwege, die Gesamtheit ihrer Mündungen in bezug auf gesetzmäßige Anordnung oder ungesetzmäßige Verbreitung zu ganzen Quellengebieten. Unter den natürlichen Quellenwegen verstehen wir die vom Mineralwasser vor seinem Austritt eingenommenen Gerinne des relativ geringsten Widerstandes. Was ihre Richtung anbelangt, kann zwischen mehr weniger steil aufsteigenden Quellenwegen, ferner ungefähr horizontalen und absteigenden unterschieden werden. Die erstere ist die häufigste Richtung, welche Tiefquellen zur Erdoberfläche heraufbringt und ist meist tektonischer Natur (an Verwerfungen, Blattverschiebungen und dergleichen). Die horizontale Richtung betrifft verhältnismäßig seltene, meist nur streckenweise oder durch besondere stratigraphische Verhältnisse zu diesem Lauf veranlaßte Quellenwege. Ist die Geschwindigkeit darin eine sehr geringe, weil dieser seltenere topische Fall natürliche Abdichtungen nach oben hin zur Voraussetzung hat, daher das betreffende Mineralwasser nur zufällig einen Weg ans Tageslicht findet, dann bilden derartige Sachlagen häufig die Vorbedingung zur diffusen Verbreitung des Mineralwassers, zum Beispiel in Sandeinlagerungen einer tonigen Schichtenserie oder in von Zermalmungsprodukten

¹ Im Vergleich zum Fall c und zur Wirklichkeit müßten bei b die Gasbläschen punktförmig, dagegen bei c viel größer dargestellt werden.

der Deckengebirgsbewegung ausgefüllten »räumlichen« Überschiebungsflächen. In dieser Hinsicht kommen derartigen Mineralquellenläufen und Aufspeicherungen manche Ähnlichkeiten mit den Erdöllagerstätten zu — eine Betrachtung, die allerdings schon tiefergelegene Flüssigkeitsvorkommnisse zum Gegenstand hat und bereits in das Kapitel der Mineralquellengeologie gehört. Akratistische Mineral- oder Thermalquellen weisen häufig einen aufsteigenden Hauptstrang und nach Erreichung eines gewissen Höhepunktes eine Reihe abwärts gerichteter Wasserläufe auf.

Was die Gestaltungen der Quellenwege anbelangt, ist vornehmlich zu unterscheiden zwischen Quellenadern und Quellenspalten; letztere sind entschieden die häufigsten Formen der Mineralwasserwege. Die Quellenadern, ob in gerader oder geschwängelter Form in Sedimentärgebilden oder zersetzten Gesteinen oder selbst wieder in Gesteinsklüften verlaufend, die meist mit Detritus aller Korngrößen ausgefüllt sein können, sind, welcher Detailgestaltung immer, besonders nach einer Richtung hin bevorzugt dimensioniert, treffen daher an der Erdoberfläche mit einem Austrittspunkt ein. Mehr weniger horizontal verlaufende »Quellenadern«, die so häufig von den Wünschelrutengängern angenommen werden, gehören zu den größten Seltenheiten. Die Quellenspalten, ob jetzt saiger (lotrecht) oder mit einem gewissen Fallwinkel verflächend, sind durch einen verhältnismäßig geringen Breitenabstand und vorherrschende Flächenausdehnung charakterisiert. Die geometrische Spur der »Spaltenebene« ist daher erdoberflächlich eine »Linie«. Die quellentechnisch als Spalten anzusprechenden Zirkulationsräume können Gebilde von geologisch verschiedenster Art und Bedeutung sein. Bezüglich der Detailgestaltung können Quellenspalten ausgesprochen eben oder windschief verlaufen, dabei Richtungsänderungen annehmen und hinsichtlich ihrer Klaffung sehr schwankende Breiten annehmen, die zwischen totaler Verengung bis zur förmlichen Höhlenbildung differieren können. In der nächsten Umgebung der Quellenspalten findet sich das unter Druck emporsteigende Mineralwasser meist in allen Nebenklüften und sogar in Haarrissen der Gesteine verstaubt.

Wesentlich verschieden von den Quellenspalten und Quellenadern sind jene unterirdischen Räume, die meistens den jüngeren Sedimentärformationen angehören, den Konglomeraten, Sanden und Sandsteinen, deren Porenvolumen als außerordentlich wasseraufspeichernde und leitende Mittel den Wassertechnikern wohlbekannt sind.

Die Austrittsarten von Mineralquellen an der Erdoberfläche, die Propagationen der Quellengebiete, können gleichfalls außerordentlich verschieden sein und stehen bis zu einem gewissen Grade mit der Art und Form der unterirdischen Wasserwege in Beziehung. So unterscheiden wir denn auch punktförmiges, lineares und flächenhaftes Auftreten von Mineralwasser und sprechen von einer isolierten Mündung (Quellenmund einer Quellenader), dann von Quellenspalten und Linien bis zu langen Quellenlinien selbst. Nicht allen oft kilometerlangen Quellenlinien kommt eine geologische oder tektonische Bedeutung zu, denn häufig sind es nur spekulativ entworfene Quellenverbindungslinien. Das gesellige (diffuse) Auftreten von Quellen auf einer verhältnismäßig kleinen Fläche kann auf totale Verästelung des aus der Tiefe heraufreichenden Hauptquellenweges oder aber darauf zurückzuführen sein, daß der Hauptaustritt vor seinem Erreichen des Tageslichtes noch schuttbedecktes Gelände zu durchwandern hat. Es ist die Aufgabe quellentechnischer Arbeiten, derartige Wässer möglichst an dem Austritt aus dem festen Untergrundgestein zu erfassen, sei es durch Abstoßung von Bohrlöchern, durch Schacht- abteufungen, Stollenvortrieb oder gänzliche Abräumung der Gesteinstrümmer resp. sedimentären Überlagerung.

Die natürlichen Quellenwege und der damit im Zusammenhang stehende hydrologische Zustand eines Mineralquellenphänomens kann auch gewissen Veränderungen unterworfen sein und zwar sind es entweder Verengungen oder aber Erweiterungen der Quellenwege und infolgedessen auch häufig der Quellenmündungen selbst. Die Verengungen können zurückzuführen sein auf mechanische Verlegungen durch Versandung, Verschlemmung, Verockerung und bei kalkabsondernden Quellen auch durch Versinterung. Dagegen ist die Erweiterung der natürlichen Wasserwege entweder auf mechanische Quellenerosion oder auf die gesteinsauflösende Korrosionswirkung zurückzuführen.

Was die topographische Situation von Mineralquellen anbelangt, ist hervorzuheben, daß sie im allgemeinen in Niederungen auftreten und dadurch ihre Herkunft aus der Tiefe bekunden. Solch aufsteigende Quellen nehmen die sich ihnen bietende Gelegenheit wahr, an möglichst tiefgelegenen Stellen auszubrechen, um nicht noch höher aufsteigen zu müssen. Die Austrittsorte von Mineralquellen sind demnach vornehmlich Erosionstiefen und Senkungsgebiete. Ausnahmen von dieser Regel sind entweder auf besondere lokale Verhältnisse, wie Auftriebsbehinderungen oder darauf zurückzuführen, daß es auch absteigende Mineral- oder Thermalwässer an Berglehnen gibt oder solche, die aus einem bestimmten Grunde bereits im Gebirge

selbst vorerst hoch über das nächstgelegene Erosionstiefenniveau heraufsteigen und dann erst gravitationsartig das Gehänge erreichen.

Die Mineralquellenphysiographie umfaßt sowohl den Mechanismus als auch den Chemismus der Quellenerscheinungen. Beide sind durch die oft außerordentlich wichtigen Beziehungen der Statik zwischen Haupt- und Nebenquellen sowie zwischen Mineral- und Grundwasser aufs innigste verknüpft.

MECHANISCHE PHYSIOGRAPHIE

Der Mechanismus der Mineralquellen im engeren Sinn betrifft die Zirkulationsvorgänge in den Quellenwegen, aber auch die korrespondierenden Verhältnisse im nächsten Umkreis einer Mineralquelle, während das Zusammenwirken beider für den Bestand und die Beschaffenheit derselben von größter Wichtigkeit ist. Wie schon früher betont wurde, sind die meisten Mineralquellen nicht nur Wasserquellen, sondern Gemenge von Wasser und Gas und gehören zusammen mit den Gemengen von Petroleum und Erdgas zu einer großen Gruppe quellenmechanischer Erscheinungen, die ich ehemals mit dem allgemeinen Begriff »Flüssigkeits- und Gasmischungen« bezeichnete. In der Tat werden viele Mineralwässer, insbesondere die kalten und warmen Sauerlinge durch große Mengen blasenförmiger Kohlensäure mechanisch heraufgebracht oder, wo eine aufsteigende Tendenz des Wassers schon aus anderen Ursachen vorhanden ist, wird dieses Emporwandern durch die spontanen Gasblasen noch wesentlich befördert.

Diese anderen Ursachen können, was der häufigere Fall ist, hydrostatisch, aber auch hydrodynamisch begründet sein, wozu noch das geringere spezifische Gewicht des warmen Wassers im Vergleich zum kalten befördernd in Betracht kommt. Ein ähnlicher Unterschied zwischen spezifisch leichterem, gasreichen Quellwasser und gewöhnlichem, gasfreiem Mineralwasser wurde eben vorher erwähnt.

Der wichtigste Faktor, wenn wir zunächst den Mineralwasseranteil einer Quellenerscheinung allein ins Auge fassen, ist neben der chemischen Beschaffenheit die Wassergiebigkeit oder Quellenschüttung, also die von der Mineralquelle in der Zeiteinheit gelieferte Wassermenge bezogen auf eine bestimmte Spiegelhöhe bei herrschendem Beharrungszustand. Wenn wir von gewöhnlichen Tagwasser- und sogenannten Grundwasserquellen, ob mineralisiert oder nicht, absehen und die für uns häufigste Quellenerscheinung an aufsteigendem Thermal- oder Mineralwasser betrachten, so gilt (wie übrigens auch bei manchen Grundwasserbrunnen) die Beziehung, daß die Quellenergiebigkeit in jedem Spiegelniveau eine andere ist. Bei hochgelegenen Quellenablauf ist die Wasserabgabe eine geringere, bei tieferer Spiegelhaltung dagegen eine größere. Von zwei im selben Quellengebiet gelegenen Mineralquellen ist diejenige die steigfähigere, welche einen höheren maximalen Spiegelstand einzunehmen imstande wäre. Bei diesem Höchststand würde die Mineralquelle ihren Ablauf gänzlich einstellen; ihre Ergiebigkeit würde gleich Null werden. Man trifft nicht selten Quellenbestände, beziehungsweise naturwidrige Quellenbehandlungen an, die darin zum Ausdruck kommen, daß die Quelle zuzeiten, wo man ihrer nicht bedarf, und es auch manchmal mit dem Abflußgefälle seine Schwierigkeiten hat, sich vollständig überlassen, beziehungsweise ganz abgesperrt wird. Die Folge davon ist, daß sich das Mineralwasser auf seinen Höchststand einspiegelt, entsprechend dem ihm eigenen Druck und abgestimmt auf allfällige Undichtigkeiten der Fassungs Umgebung. Glücklicherweise ist in solchen »veralteten« Fällen der Behandlung einer Mineralquelle auch ihr ganzer Bestand schon so sehr schadhaft, daß sich das Mineralwasser an tiefer gelegenen undichten Stellen »Luft macht«, um wenigstens teilweise abfließen zu können. Dann kommt in dem stagnierenden Wasserspiegel eigentlich keine maximale Steigfähigkeit oder Höchsteinspiegelung zum Ausdruck, sondern bloß ein scheinbares Totaldruckniveau. Die Quelle ist in diesem Falle durch den sehr behinderten Tiefenaustritt nur hochgespannt oder stark gedrosselt, auf welchen Widerstand sie mit dem beschriebenen hohen Spiegelniveau reagiert.¹ Der gegenteilige

¹ Das gänzliche Absperren, Anstauen und vermeintlich völlige Aufsparen des Mineralwassers kann man namentlich an unrationellen Quellenanlagen und besonders an geräumigen Sauerbrunnenschachtfassungen häufig antreffen. Dieser vielenorts eingebürgerte Brauch ist nicht nur in quantitativer, sondern auch in qualitativer Hinsicht zu verwerfen.

Das übermäßig hoch gespannte Mineralwasser sucht und schafft sich dann (sozusagen wegen der Verstopfung seines Quellenmundes) einen anderen Ausweg, andere Abflußmöglichkeiten in der Quellenumgebung, und vergrößert auf diese Weise die schon bestandenen Unsicherheiten der Quellenverhältnisse. Wünscht man später das Mineralwasser wieder aus der Quellenfassung zu haben, dann kann man gegebenenfalls nach einiger Zeit durch einen Fehlbetrag an Wasserschüttung überrascht werden, und es besteht sodann keine Möglichkeit, diese mehr und mehr verstärkten Schleichwege des Mineralwassers alsbald aufzufinden und unschädlich zu machen. Andererseits beginnt in dem angestauten Wasser die Entgasung der Kohlensäure, wodurch die Zersetzung des Sauerlings, beziehungsweise der Eisenausfall und dadurch manche Unannehmlichkeit eingeleitet wird.

Fall wäre die übergroße Entnahme von Mineralwasser in einem tiefen Fassungs-niveau, sei es durch tiefe Anbringung eines seitlichen freien Abflusses oder durch maschinelle Hebung. Es wird aus den späteren Darlegungen noch hervorgehen, daß auch dieser Fall seine Gefahren im Gefolge hat oder haben kann, indem benachbartes Grundwasser zur Herbeiströmung veranlaßt und hiedurch das Mineralwasser verwildwässert werden kann.

Es ist unwesentlich für den Spannungszustand einer Mineralquelle, ob sie in einem bestimmten Spiegel-niveau frei überläuft oder ob ihr in größerer Tiefe an einer oder an mehreren Stellen Wasser abgenommen wird, ohne daß dieser Quellenspiegel eine Höhenänderung annimmt. In diesem Falle bleibt die Quellenspannung oder der Druck, unter dem die Quelle steht, derselbe.

Hier wären nun einige Worte über Quellenbeobachtungen am Platze. Zwecks Evidenthaltung des quellenmechanisch-physiographischen Verhaltens erscheint es angezeigt, tunlichst oft, am besten täglich, den Wasserabfluß durch geeignete Messungsvorrichtungen zu erheben. Schon nach wenigen Messungstagen wird sich bei vielen Quellen ergeben, daß ihre Ergiebigkeit keine absolut konstante Größe ist, sondern diese innerhalb kürzerer oder längerer Zeiträume Schwankungen unterworfen ist. Man kann Wassermessungen auf zweierlei Weise vornehmen. Erstens, indem man während einer bestimmten immer gleichbleibenden Messungszeit die betreffende Wassermenge auffängt und dieses Volumen sodann jedesmal ermittelt; sie wird zu verschiedenen Stunden, Tagen oder Wochen eine verschiedene sein. Oder zweitens, man verwendet zur Quellenmessung immer dasselbe Raummaß und stoppt nach erreichter Vollfüllung die Zeit an einer Sekundenuhr ab. Im ersteren Fall hat man konstante Messungszeit und variables Wasservolumen, im zweiten Fall konstantes Volumen und variable Messungszeit. In dem Variieren der einen oder anderen Größe kommen die Ergiebigkeitsschwankungen zum Ausdruck. Ein seltenerer Fall ist der, daß einer Quelle ständig genau die gleiche Wassermenge entnommen wird, etwa einer maximalen Pumpenleistung entsprechend; in diesem Falle geben sich die natürlichen »Ergiebigkeitsschwankungen«, was eigentlich dasselbe ist, in Spiegelschwankungen kund.

Hauptbedingung für eine richtige Quellenmessung oder, besser gesagt, für die Erlangung eines richtigen Resultates (Beharrungsmenge) ist das Vorhandensein des Beharrungszustandes, bzw. die Einhaltung der »normalen« Quellenspiegelhöhe, wie sie vorher bestand. Ein gleichfalls wichtiger Faktor ist bei vielen Mineralquellen das mit dem Wasser zugleich austretende Quellengas in Form von Blasen. Hier ist es, was übrigens auch für den Wasseranteil der Quellenerscheinung gilt, der schwankende Luftdruck, der auf die betreffenden Ergiebigkeiten von Einfluß ist. Hoher Luftdruck bedeutet für den freien Abfluß einer aufsteigenden Mineralquelle einen größeren Widerstand, auf welchen die beiden Faktoren der Quellenerscheinung, Wasser und Gas, mit verminderten Austrittsmengen reagieren; umgekehrt gewährt ein niedriger Luftdruck dem Wasser und Gas einen erleichterten Austritt, was in vergrößerten Abflussumengen in Erscheinung tritt. Allerdings werden die Verhältnisse durch mancherlei andere Umstände teils verwickelt, teils recht verschleiert. Erhöhter Luftdruck behindert auch die Entbindung eines gewissen Anteils der blasenförmigen Quellengase, die vordem noch absorbiert gewesen waren oder, wenn man will, er befördert die Absorptionsfähigkeit. Natürlich gibt es auch da wieder gegenteilige und verschleierte Fälle, weil häufig noch gewisse Verzögerungserscheinungen, wie sie die Physik und Chemie auch von mehrfach anderen Vorgängen kennt, hinzukommen. Namentlich die Gasentbindung weist, bezogen auf den betreffenden Zeitpunkt, einen gewissen Exhalationsverzug auf, was zuerst an dem Stromboliphänomen beobachtet wurde. Endlich ist eine weitere Ursache mancher Unstimmigkeiten in der größeren oder geringeren Lebendigkeit des Wasserauftriebes, in Wirbelbewegungen, Wasserstößen usw. gelegen.

Faßt man alle diese Umstände ins Auge, so ergibt sich, daß eine einwandfreie mechano-physiographische Ermittlung, respektive Beobachtung und Evidenthaltung keine leichte Sache ist, und daß häufig die einfache Gasvolumsmessung entweder fehlerhaft oder aber unzulänglich vorgenommen wird oder endlich ganz unterbleibt. Als Gasmessungsmethoden seien erwähnt (und zwar anwendbar sowohl an gefaßten trockenen Entströmungsstellen, wie auch an Gas-Wasser-Gemengen nach Passierung eines Entmischers, Gasabscheiders, Stoßkastens oder dergleichen): 1. Volumenmessungen mittels vorher vollgefüllten Auffangbehältern (Gasometer ohne Saugwirkung oder Druckanstieg); 2. Geschwindigkeitsmessungen mittels Gasuhren; 3. manometrische Messungen mittels Über- oder Unterdruckmesser; endlich 4. akustische Geschwindigkeits-, bzw. Volumsmessungen (die ich erstmals 1907 in einem besonderen Falle der Praxis an zahlreichen Entgasungsstellen eines Sauerbrunngebietes durch Einbau provisorischer Gasquellenrohrfassungen

mit aufgedichteten Pfeifen zur Anwendung brachte).¹ Erwägt man das früher Gesagte über die Beziehungen zwischen den beiden Quellengasarten, so läßt sich beiläufig ermaßen, wie schwierig die Aufgabe ist, das Quellenphänomen als solches unter besonderer Berücksichtigung der verschiedenen Absorptionsfähigkeiten der Einzelbestandteile und unter den wechselnden lokalen Verhältnissen gewissermaßen von einer höheren Warte aus betrachten zu sollen.

Im nachstehenden soll mit wenigen Worten angedeutet werden, wie die betreffenden physiographischen Ermittlungen vorgenommen werden müssen, um die Gesamtquellenerscheinung studieren und vollends erfassen zu können. Denn das einfache Vergleichen der (im Wasser absorbierten) α -Gase und der (mit dem Wasser blasenförmig aufsteigenden) β -Gase nach den Ergebnissen der qualitativen und quantitativen Analyse führt natürlich lange nicht den wahren Sachverhalt über die quantitativen Beziehungen dieser verschiedenen Gaszustände vor Augen. Daß in den allermeisten Fällen ein gegensinniges Relativverhältnis herrschen wird, liegt auf der Hand und ist in der Verschiedenheit der Absorptionskoeffizienten der einzelnen Gasarten begründet.

Will man zu einem richtigen Urteil über die Beteiligung der Quellengase an dem betreffenden Quellenphänomen gelangen, so muß auf eine Vergleichsbasis zwischen Wasserergiebigkeit und den mit ihr zur Abschwemmung gelangenden α -Gasen sowie der gleichzeitig exhalierenden β -Gasmenge abgezielt werden. Es geschieht dies auf die Weise, daß man zum Zeitpunkt der Wasser- und Gasprobenentnahme für die chemische Untersuchung die Quellenschüttung, aber auch die Ergiebigkeit der blasenförmigen Quellengase ermittelt und sie auf dieselbe Zeiteinheit, z. B. auf eine Minute, bezieht. Die Wasseranalyse würde ergeben haben, daß in 1000 g Mineralwasser drei verschiedene Gase gelöst waren, deren Mengen x , y und z Gramm sind (oder Kubikzentimeter, bezogen auf Quellentemperatur und reduziert auf Normalluftdruck); man rechnet sodann diese α -Gasmengen auf die Wasserergiebigkeit um. Andererseits hätte die eigentliche Gasanalyse für die verschiedenen β -Gase X , Y und Z Gramm, beziehungsweise Volumsprozente ergeben, die man dann von 100 cm^3 auf die Gasergiebigkeit umrechnet, d. h. auf jene Gasmenge, welche der gleichzeitigen Wasserergiebigkeit und damit auch der gleichen Messungszeiteinheit entspricht. Man erhält sodann vergleichbare Ziffern für die Wasserergiebigkeit, für die absorbierten und die blasenförmigen Quellengase und kann erst auf Grund dieser Relation einwandfreie Erwägungen anstellen oder Beziehungen zwischen dem Wasser- und dem Gasanteil des betreffenden Quellenphänomens ermaßen.

Die eben beschriebenen Feststellungen sind allerdings solche, die man nicht zur Kontrolle der Quellenphysiographie allein oder gar sehr häufig vornehmen kann, weil eine solche Arbeit wohl doch viel Zeit und auch Kosten erfordert. Nachdem andererseits ohnehin wertvollere Quellen und besonders solche, die für Trinkkur oder Wasserversand bestimmt sind, einer ständigen chemischen Kontrolle in gewissen Zeitabständen unterworfen werden sollen, so liegt es auf der Hand, daß man diesen verhältnismäßig seltenen »denkwürdigen« Zeitpunkt jeweils ganz besonders ins Auge faßt; also an diesem Tage, wenn möglich zur selben Stunde auch jene Feststellungen macht, die sich auf die Ergiebigkeit des Wassers und der mitgebrachten Gase, demnach auch auf das mechanisch-physiographische Verhalten des Quellenindividuums bezieht. Denn solche Tage — es braucht wohl nicht betont zu werden, daß man fürsorglich Luftdruck, Niederschlagsmessungen, Grundwasserbeobachtungen und alle anderen auf die Quellenerscheinung möglicherweise Bezug habenden Umstände schon einige Tage vorher wie auch danach erheben und notieren muß — sind Marksteine in dem Lebenslauf einer solchen Quelle. Daß man, wenn es sich um Thermalquellen handelt, anläßlich der täglichen Quellenbeobachtungen auch sorgfältig mit einem geprüften richtigen Thermometer die Temperatur des Warmwassers, womöglich in der Quellenfassung selbst, zu ermitteln hat, ist wohl selbstverständlich.

CHEMISCHE PHYSIOGRAPHIE

Sie betrifft nicht die chemisch-geologische Bildungsweise der Mineralquellen, keine genetische Frage über Herkunft der Wässer, Mineralstoffe oder Gase. Sie betrifft vielmehr in erster Linie die fragliche Konstanz oder Veränderungstendenz einer Mineralquelle als chemisches Individuum infolge verschiedener Ursachen. Sie befaßt sich demnach mit dem »täglichen Chemismus« bezüglich der Gesamtmenge aller im Wasser enthaltenen Stoffe wie auch mit

¹ Daß sowohl die Querschnittsverhältnisse resp. Gasgeschwindigkeiten wie auch Luftdruckänderungen berücksichtigt werden müssen, ist selbstverständlich. Den eigentlichen »Meßapparat« hiebei muß — gleichviel ob mit oder ohne phonoskopische Beihilfe gearbeitet wird — ein tadellos musikalisches Ohr bilden, d. h. qualitatives Hören, vergleichbar dem qualitativen Sehen bei colorimetrisch-quantitativchemischen Analysen.

dem gegenseitigen Verhältnis derselben. Bei diesen Betrachtungen ist unbedingte Quellenruhe vorausgesetzt, also gleichbleibender Spiegelstand.

Es kommen in Erwägung zunächst: 1. Konzentrationsänderungen, weil die wasserquellenbildenden Faktoren, vornehmlich die atmosphärischen Niederschläge, schwankend sind. In diesen Fällen geht im allgemeinen nach kürzerer oder längerer Zwischenzeit neben gewissen Spiegelhebungen und Senkungen eine Erhöhung oder Verminderung der Wasserlieferung und, Hand in Hand damit, meist auch eine Konzentrationsänderung vor sich, dagegen keine erwähnenswerte Änderung des Mineralisierungscharakters.

2. Änderungen der Konzentration infolge Überhöhung des normalen Spiegelstandes durch übermäßiges Ansteigen des Grundwassers; in einem solchen Fall stellen sich, sofern die nächste Fassungs Umgebung undicht ist, Verdünnungen ein. Es wird noch später auf die Beziehung zwischen Mineralquelle und Grundwasser zurückgekommen werden. Dem vorgehend soll hier bloß angemerkt werden, daß eine Mineralquelle bezüglich ihres durch die Spiegelhöhe gegebenen Druckzustandes auf die nächstgelegenen Grundwasserverhältnisse abgestimmt sein muß, um eine gewisse Beständigkeit der Gesamtmineralisierung aufweisen zu können.

Wenn man sich nun auch der mitunter nicht ganz leichten Aufgabe unterzieht und die Mineralquelle in bezug auf den umgebenden Grundwasserstand in die richtige Spannung versetzt, so wird dieses Bestreben manchmal in Bälde zunichte gemacht dadurch, daß zwar der Mineralquelle durch verständige Menschen die Quellenruhe gesichert wird, daß es aber die schwankenden Grundwässer sind, die das Mineralquellenindividuum mitunter durch plötzliches und sehr intensives Ansteigen des Grundwassers in Unruhe versetzen. Es ist dies namentlich in einem Stadium gefährlich, wenn die Spiegeldifferenz der beiden Wassernachbarn eine bedeutende wird. Wohl wird in einem solchen Falle das Spiegelgefälle gar bald eine Auspiegelungstendenz bekunden, was aber häufig auf direktes Zudrängen des Grundwassers zur Mineralquelle zum Ausdruck kommt. Dann handelt es sich nicht mehr um reelles Mineralwasser, sondern um ein Gemisch der beiden Wasserarten und im Gefolge davon um Konzentrationsminderungen. Es gibt Fälle, wo der Quellenbesitzer in Gegenden außerordentlich schwankenden Grundwassers gezwungen ist, dieser Grundwasserunruhe Rechnung zu tragen und mit dem Mineralquellenablauf bald in die Tiefe, bald in die Höhe nachzuwandern. Es gibt jedoch Mittel und Wege, selbst bei sehr heiklichen Untergrundverhältnissen, diese stürmischen Grundwasser-einflüsse zu dämpfen und das Quellenobjekt dadurch bis zu einem gewissen Grade davon unabhängig zu machen.

3. Auch die Differenzierungen in der stofflichen Beschaffenheit verschiedener, nahe beieinander gelegener Mineralwasserarten eines und desselben Quellengebietes gehören in dieses Kapitel der Quellenphysiographie. Besonders dann, wenn die chemische Verschiedenheit der einzelnen Quellen nicht auf geologisch-genetische Ursachen zurückzuführen ist. Ein eigenartiges Beispiel chemischer Differenzierung bietet das Tatzmannsdorfer Quellengebiet.¹ Es muß hier den späteren Typenformen der Mineralwassercharaktere vorgegriffen werden, über die man im chemischen Teil dieser Abhandlung Näheres finden wird.

Bad Tatzmannsdorf

Konzentrationsstandards und primäre Mineralcharaktere sowie ihre Abkömmlinge; sekundäre Konzentrationsminderung bei gleichzeitiger Änderung des chemischen Hauptcharakters.

Maximalkonzentration $5\frac{1}{4}\text{‰}$ bei Max- und Karlquelle (für Trinkkurzwecke). Hauptcharakter höchst mehrdeutig, dreibasig-dreisäurig von der allgemeinen Form: Nk.yb.dc, wobei die Sulfate und Chloride je ungefähr 14 Than'sche Äquivalentprozente (Val^{0/0}) ausmachen.²

¹ Vgl. die Analysen im balneographischen Abschnitt.

² In den angeführten Typenformeln bedeuten:

| | | |
|----------|-----------|--------------------------------------------|
| <i>n</i> | | Ionen des Natriumhydro- oder -bicarbonates |
| <i>k</i> | | > > Calciumhydro- > > |
| <i>m</i> | | > > Magnesiumhydro- oder -bicarbonates |
| <i>y</i> | | > > Calciumsulfates (Gyps) |
| <i>b</i> | | > > Magnesiumsulfates (Bittersalz) |
| <i>c</i> | | > > Calciumchlorides |
| <i>d</i> | | > > Magnesiumchlorides |
| σ | | diverse Sulfate. |

Bei bezifferten Charaktertypen gibt die vorangestellte Zahl die Kilokonzentration des betreffenden Mineralwassers in Promillen (‰), d. h. Gramm Salzbestandteile pro 1000 g Wasser an; die unterzeitig beigesetzten Kleinziffern bedeuten das Relativverhältnis in Äquivalentprozenten. Der Buchstabe, der die vorwaltendsten Ionen ausdrückt, ist groß geschrieben; die anderen folgen der Reihe nach in abnehmendem Ausmaß.

Bei der Franzensquelle sinkt die Konzentration fast auf die Hälfte; der Hauptcharakter nähert sich der einfacheren Form $2.67 N_{51.7} K_{27.8} m_{10}$ (Summe: 89.5 Val %; den Rest auf 100 bilden die absolut wie relativ stark zurückgetretenen Chloride und Sulfate, die deswegen im Hauptcharakter nicht mehr aufscheinen. Beachtenswert ist die relative Übereinstimmung des Natriumgehaltes in Val %; denn die Indexziffer für N resp. Na beträgt auch bei der Maxquelle 51.5. Die Verdünnung dürfte ein chlor- und sulfatarmes, eisenreiches Grundwasser bewirken.

In den Bassinquellen (Badewasser) ist die Totalkonzentration annähernd dieselbe, der Hauptcharakter jedoch ganz verschieden; im Mittel $2.3 K_{54} n_{26} m_{11}$. Im Vergleich zu dem früheren magnesitisch-kalkigen Natrontypus liegt hier magnesitisch-sodiger Kalkcharakter vor; Natrium und Calcium haben ihre Positionen vertauscht, das Sulfat-Ion (laut Analyse) sehr gering. Da es sich fast um die gleiche Konzentration handelt, kann dieser Charakterumschlag nicht durch Verdünnung der hochkonzentrierten Quellen mittels eines kalkreichen Grundwassers, auch nicht durch Vermischung eines solchen mit dem gleichkonzentrierten Franzensquellwasser erfolgen. Es dürfte kaum einem Zweifel unterliegen, daß die Bassinquellen einem anderen reellen Mineralisierungstypus entsprechen, als die eingangs angeführten oder mit anderen Worten, daß offenbar habituelle Aufbruchpunkte zweier chemisch verschiedener Mineralwässer vorliegen: eines höher konzentrierten natronreichen (Max-Karl) und eines stoffärmeren kalkreichen (Bassin).

Bei der Wiesenquelle (Badewasser) sinkt die Konzentration auf ein Minimum, der Hauptcharakter ist gleichfalls eindeutig von der Form $1.6 K_{39.7} m_{27.7} n_{18}$. Das Natrium ist durch Magnesium verdrängt worden; das verdünnende magnesiumreiche Grundwasser setzt auch das Calcium absolut wie relativ stark herunter. Dieses Mineralwasser nähert sich daher bereits auffallend einem akratischen, sodigen Dolomitwasser.

Es gibt Heilquellen, deren Chemismus für eng aneinanderliegende chemische Kontrollbestimmungen schlecht geeignet sind, weil es sich um sehr geringe Mineralisierungen handelt. Es trifft dies in erster Linie bei den Akrothermen, also den stoffarmen Warmquellen, zu. Hier würde es schon einige Tage erfordern, durch Abdampfen größerer Wassermengen einen Trockenrückstand für dessen weitere Untersuchung zu erlangen. Sind solche Thermal- oder Mineralwässer durch besondere Stoffe ausgezeichnet, dann genügt manchmal eine Einengung des Probenvolumens auf die Hälfte oder ein Viertel, um dann weiter gewichtsanalytisch, titrimetrisch oder kolorimetrisch vorgehen zu können. Auch areometrische, also auf das spezifische Gewicht abzielende Untersuchungen, oder refraktrometrische, das Lichtbrechungsvermögen in Betracht ziehende Feststellungen, desgleichen die fortlaufende Kontrolle der Radioaktivität sind Methoden, die in gewissen Fällen zur Anwendung kommen können oder müssen. Schließlich sei noch der spektroskopischen Kontrolle gedacht, die in ganz besonders schwierigen Fällen zur Anwendung kommen kann, wenn es sich aus bestimmten Gründen um täglich zu wiederholende sofortige Feststellungen handeln soll, wo alle anderen Methoden versagen würden.

Daß sich die chemische Wasserkontrolle auch auf allfällige schädliche Stoffe wie Boden- und damit Quellenverunreinigung beziehen soll, sei hier ganz besonders betont. Überblicken wir alles bisher Gesagte, so dürfte die Überzeugung Platz greifen, daß sich bei richtiger Handhabung einer sollen Quellenpflege viele Unannehmlichkeiten zu Nutz und Frommen aller Beteiligten in Trinkkurorten wie auch in der Brunnenbranche (an Versandwässern) vermeiden ließen.

Quellenbeobachtungen dieser Art, wie Wassermessungen im Verein mit chemischer Kontrolle lassen das physische Befinden einer jeden Heilquelle erkunden. Wer sich mit Messungsvorrichtungen und analytischen Prüfungsmitteln einer Quelle nähert und hernach überlegt und rechnet und prüft, wird alsbald ihre Sprache verstehen. Wenn das technisch-wissenschaftliche Fragen recht häufig wiederholt wird, werden dem Quellenmunde früher oder später immer bedröhtere, deutlichere Antworten abzuringen sein. Die Sprache der stummen Quelle wird dann verständlich sein wie auch die Frage, ob die befürchtete Unbeständigkeit oder Krankheit des Quellschatzes bloß eine scheinbare Laune gewesen oder seine guten Gründe gehabt hatte.

Wesentlich intensivere Quellenkontrolle wird unter gegebenen Verhältnissen besonders dann gehandhabt werden müssen, wenn es sich um bevorstehende Fassungsarbeiten handelt. Wenn sich nach erfolgten Grabungen Quellenstörungen, wie Absenkungen, Verdünnungen durch andere Zuflüsse usw., erweisen würden, dann sind während der Aufschlußarbeiten, also lange vor Bewerkstelligung der einzubauenden Neufassung, alle erforderlich erscheinenden Maßnahmen zur genauen Evidenhaltung der chemischen Veränderungen zu treffen. Näheres darüber im quellentechnischen Teil.

Sie betrifft vor allem das Abhängigkeitsverhältnis benachbarter Quellen untereinander sowie die Fragen des gegenseitigen Wassergleichgewichtes oder seiner Störungen zwischen Mineralquelle und dem Grundwasser der nächsten Umgebung. Die topischen Einzelheiten derselben treten in vielen Fällen mit den physiographischen Details der Mineralquelle in engste Beziehungen. Nachstehend sollen die wichtigsten in kurz gefaßten Grundsätzen zusammengestellt werden. Was hier schlechtweg von Mineralquellen gesagt wird, gilt natürlich auch für Warmquellen und namentlich für aufsteigende Quellen (Wasser- und Gasgemenge).

1. Jede Mineralquelle im dichten Gelände, die von benachbarten Quellen oder den Grundwasserverhältnissen der Umgebung unabhängig ist, stellt hydrologisch ein eigenes Individuum, eine absolute Einheit dar. Das entgegengesetzte Extrem bilden zwei oder mehrere Ausflußstellen einer und derselben Mineralquelle, also geteilte Einheiten (Quellenzwillinge), zu welchen auch die überzähligen Bohrlöcher in einem Quellengebiet gehören, die deswegen keine größere Wassermenge mehr heraufbringen, sondern zusammen ebensoviel liefern als ein einziges, genügend weit dimensioniertes Bohrloch. Es gibt 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. Die Intensität tiefer gelegener Nebenquellen ist im allgemeinen von dem Spannungszustande der Hauptquelle abhängig.

2. Viele in Gebrauch stehende Mineralquellen desselben Quellengebietes sind bloß Abzweigungen oder Nebenausstritte einer Hauptquelle, der dann nur der Charakter einer relativen Quelleneinheit zukommt. Im allgemeinen nehmen Hauptquellen eine höhere Lage, die Nebenausstritte eine tiefere ein. Weiter entfernt voneinander gelegene Nebenquellen einer und derselben Hauptquelle können unter sich die Rolle unabhängiger Mineralquellen spielen; ich bezeichnete sie ehemals als Pseudoeinheiten.

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 sein. Von Natur aus völlig dichte Mineralquellengebiete sind gegen die Schwankungen des oberen Grundwasserhorizontes vollends indifferent.

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 im Hauptquellenweg kann innerhalb gewisser Grenzen durch den Vorteil ausgeglichen werden oder in das Gegenteil umschlagen, wenn hiedurch die spontanen Quellengase (β -Gase) eine erhöhte Triebkraft auf das emporsteigende Mineralwasser auszuüben vermögen.

5. Ist die Umgebung einer Mineralquelle undicht, dann 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 ausbrechend, Verluste bedeutet und das Maß der Verwendbarkeit der Hauptquelle beeinträchtigt. 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 in gegenseitigem Abhängigkeitsverhältnisse, das sich infolge mechanischer Verlegung oder höherer Spannung der Hauptquelle zuungunsten derselben und umgekehrt, durch mechanische Verlegung oder Unterbindung der Nebenquellen zugunsten der Hauptquelle ändern kann.

6. Ist die undichte Umgebung einer Mineralquelle mit Grundwasser bedeckt, so steht dieses nach dem Gesetz der kommunizierenden Flüssigkeiten mit der Hauptquelle je nach dem Grade der Undichtheit, resp. dem Berührungsausmaße beider mehr oder weniger im Abhängigkeitsverhältnisse. Das Grundwasser bildet in solchen Fällen eine natürliche, aber nicht vollwertige oder stationär bleibende Abdeckung schädlicher Mineralwasser-Ausbruchsstellen. 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 Quellenschwankungen 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.

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

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- oder Süßwässer herbeigezogen werden; umgekehrt bewirkt Anstau der Mineralquelle seitliches Verdrücken in der undichten Umgebung. Eine öftere Wiederkehr solcher Störungen versetzt die Mineralquelle mechanisch- und chemisch-physiographisch in wiederholte Unruhe.

9. Mineralquellen und Grundwasser, welche vorstehenden Betrachtungen nach infolge unterirdischer Verbindung in gegenseitigem Abhängigkeitsverhältnis stehen, bilden ein Flüssigkeitspaar von ganz verschieden chemischer Beschaffenheit. Die Kommunikation beider kann sehr weit entfernt selbst durch tiefgelegene, nicht immer zutage ausmündende, Abzweigungen des Hauptquellenweges stattfinden oder aber durch große Berührungsflächen gegeben sein. (Die praktische Bedeutung dieser Beziehung kommt besonders in zahlreichen Quellenschutzfragen zum Ausdruck.) Ob zwei heterogene Flüssigkeiten gegenseitig beeinflussbar sind, hängt lediglich davon ab, ob seitliche oder tieferliegende Kontakte zwischen beiden vorhanden sind.

10. Stark konzentrierte Mineralwässer, welche in Tälern oder Senkungen unmittelbar unter der betreffenden Sohle, resp. Erdoberfläche weite Räume mehr weniger auslaugungsfähiger Sedimentgesteine erfüllen, werden oft von einer Süßwasserzone überlagert. In einer großen Zahl von Fällen liegt nicht einfache Überschichtung salzreichen Mineralwassers durch hängendes Süßwasser vor, sondern ein stufenweiser Übergang des letzteren in immer angereichertere Mischwasseretagen bis zur Höchstkonzentration in der Tiefe. In anderen Fällen ist sichergestellt, daß die nach der Tiefe zunehmende Konzentration nicht auf obere Süßwasserbeimengung, sondern auf das Zusammenwirken zweier Mineralwasserkomponenten zurückzuführen ist, womit nicht bloß eine Änderung in der Konzentration, sondern auch im Mineralisierungscharakter Hand in Hand geht. (Diese Fälle gehören sonach einerseits dem geologischen Kapitel über die Entstehung der Mineralquellen und andererseits speziell dem ihrer chemischen Physiographie an.)

11. Auch benachbarte und ihrem chemischen Charakter nach völlig verschiedene Mineralquellen können unter besonderen Verhältnissen vermittelt zufälliger unterirdischer Kluft- oder Schichtwege miteinander in Verbindung stehen, wiewohl sie primäre Quelleneinheiten sind, die erst durch eine quellentechnische operative Trennung eines solchen Quellenpaares voll und ganz zur Geltung kommen. 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 oder weniger vermengten Quellenpaares die ursprüngliche qualitative Verschiedenheit zurückbringen.

12. 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.

Diesen Erörterungen nach kann es sohin auch an Mineralquellen eine Reihe von Krankheiten geben, denen gegenüber sachlich angepaßte, also ebenso verschiedene Heilmethoden in Anwendung gebracht werden müssen. Derlei technische Operationen an Mineralquellen können mitunter sehr schwieriger und verantwortungsvoller Natur sein, da es sich nicht einmal wie bei »anderen kranken Lebewesen« um einen bestimmten, bekannten Organismus, sondern fast immer um eine andere, erst zu erforschende oder klarzustellende Sachlage handelt. Zu diesen besonders schwierigen Operationen können allerdings gewöhnliche Fassungsarbeiten, von denen im nachfolgenden Teil die Rede sein wird, nicht gezählt werden.

III. QUELLENTECHNISCHER TEIL

Über diese Frage, die in erster Linie die Fassung der Mineralquellen, dann ihre richtige Spannungseinstellung und schließlich ihre Leitung zu einem allfällig weiter entfernt gelegenen Gebrauchsort betrifft, habe ich mich an anderer Stelle¹ so ausführlich verbreitet, daß es hier genügen dürfte, auf diese Arbeit auszugsweise zurückzukommen.

Unter Quellenfassung versteht man jene Vorrichtung, die die Benutzbarkeit des Wassers unter Erhaltung der natürlichen Eigenschaften Gewähr leisten soll. Eine Quellenfassung ist ihrem Wesen nach die direkte Verbindungsstelle des natürlichen Quellenaustrittes mit jenem weiteren Wasserweg, der der Mineralquelle späterhin vorgezeichnet werden soll. In dieser Erklärung liegt auch die einzig richtige Definition einer Mineralquellenfassung; sie ist die Verbindungsstelle des natürlichen Quellenweges mit dem künstlichen.

Der Zweck von Mineralquellenfassungen ist sohin, dem Wasser eine sichere Führung und weiteres Geleite zu geben, um die spezifischen Eigenschaften des betreffenden Mineralwassers zu erhalten oder zu verbessern und es dementsprechend therapeutisch oder kaufmännisch ausnützen zu können. Den Anlaß zu Mineralquellenfassungen und besonders Neufassungen können ausserordentlich verschiedene Umstände und besondere Wünsche bieten.

Bedauerlicherweise findet man am häufigsten unzweckmäßige Fassungsanlagen vor. Dieses Urteil muß allen folgenden Darlegungen vorangestellt werden; es bezieht sich nicht etwa nur auf Österreich, sondern auf alle Länder unseres Kontinents mit Mineralquellen, und gilt wahrscheinlich auch für die außereuropäischen Staaten. Die Gründe sind in vielfachen Umständen gelegen. Entweder in der bisherigen geringen balneologischen Einschätzung des einen oder anderen Quellenobjektes, was wieder zum Teil mit ungünstiger geographischer Lage, besonders in verkehrstechnischer Hinsicht, zusammenhängt. Oder in der wirtschaftlichen Unverwertbarkeit der betreffenden Mineralquellen (schlechte Haltbarkeit eines Sauerwassers beim Lagern, unzureichende Wasserergiebigkeit, Alltagsbeschaffenheit ohne besondere Wertstoffe oder mangelhafte Zusammensetzung). Heutigentags werden an Mineralquellen eben ganz andere Anforderungen gestellt als vor Jahrhunderten, wo es noch keinen Versand von Medizinal- oder Tafelwässern gab. Andererseits gibt es in allen Landen gerade auf letzterem Gebiete große Konkurrenz und leider nur geringe Nachfrage; dies bestimmt, wie bei jeder Ware, ihren Wert und ihre Wettbewerbsfähigkeit.

Kein Wunder, wenn ausgedehnte Quellengebiete beispielsweise mit hunderten mehr oder weniger ockernden Sauerwasserauftrieben unbeachtet liegen, resp. daß eines oder nur wenige dieser Objekte herausgegriffen werden, um sie mit einem besseren Fassungskleid zu versehen, während die anderen höchstens als Dorf- oder Wiesensäuerlinge den nächsten Ortsbewohnern bekannt sind. Für derlei Quellenindividuen, die für die große Allgemeinheit unverwendet bleiben, also keine Arbeit im öffentlichen Interesse zu leisten haben, ist begreiflicherweise kein Geld verfügbar. Man hat bestenfalls einige in grauer Vorzeit schlecht und recht eingefast. Derartige Quellenproletarier sind verurteilt, in einer alten oder verfallenen Einkleidung dahinzuleben — ein nicht viel besseres Los gegenüber jenen, die, »nackt, wie die Natur sie erschaffen hat«, ungekannt oder unbeachtet abfließen, wiewohl manch »guter Kern« in ihnen steckt, manch Qualitätswasser auf diese Weise nutzlos versickert.

Ein weiterer Grund liegt selbst bei guten und in Verwendung stehenden Quellenobjekten häufig in dem Mangel an Investitionskapital des Quellenbesitzers, resp. in der fraglichen Verzinsungsmöglichkeit der Kosten einer Neufassung; und so muß sich denn das Mineralwasser mit einer oft zweckwidrigen oder schadhaften Fassung bescheiden, der es mitunter schon seit undenklichen Zeiten entquillt.

All dies wären ja einleuchtende Gründe, was gleichermaßen bezüglich der Methoden, Materialien und Bestandsverhältnisse von Heilquellenfassungsanlagen aus althistorischer Zeit gelten kann, da doch die moderne Mineralquellentechnik erst auf etwa ein Halbjahrhundert zurückreicht.

Hingegen findet man mitunter heutigentags noch immer Heilquellen von Ruf mit Fassungen versehen, deren Prinzip bereits an prähistorischen Anlagen zu finden ist, die damals ihren Zweck erfüllten, aber nicht für Heilquellen der gemeinten Art in unserer Zeit geeignet sind. Andererseits kann man die eine oder andere römische oder frühtürkische Anlage als vorbildliche Arbeit mancher Quellenfassung der Jetztzeit entgegenhalten. Unverständlich bleibt noch mehr, daß selbst in jüngster Zeit noch manche quellentechnische Arbeit vollführt wurde, die entweder als prinzipiell verfehlt oder unfachlich durchgeführt bezeichnet werden muß und zwangsläufig eine zweck-

¹ Grundzüge der Mineralquellentechnik. — Österreichisches Bäderbuch (Wien 1914)

resp. naturwidrige Behandlung der Quelle selbst oder ihres Mineralwassers zur Folge hat. Manch derartige Anlagen mußten in den letzten Jahren durch völlige Kassierung unschädlich gemacht oder durch noch möglich gewesene Rekonstruktionen verbessert werden. Eines kann zusammenfassend gesagt werden: es ist noch immer besser, ein richtiges Fassungsprinzip unter Verwendung von minderwertigem Material durchgeführt zu haben, als eine prinzipiell verfehlte Anlage, über deren Nachteile dann selbst Bronzefassungen und silberglitzernde Auslaufvasen nicht hinweghelfen. Wer gegen die wissenschaftlich gebotenen und praktisch erprobten Grundsätze der Mineralquellentechnik mehrfach verstößt, handelt unfachmännisch und tut besser, sich nicht als sachverständiger Gutachter oder ausführender Techniker auf diesem Spezialgebiet zu betätigen.

Was im nachfolgenden über quellentechnische Arbeiten und insbesondere über die Einzelstadien von Fassungsarbeiten (Bloßlegung eines Quellengebietes, Fassungsart, Materialfrage u. dgl.) zu sagen sein wird, gilt nach den früheren Darlegungen in erster Linie für fassungswürdige Quellenobjekte. In dieser Hinsicht besteht eine gewisse Relation zwischen den erforderlichen Kosten und dem kurörtlichen oder kaufmännischen Wert eines Heilwassers, sei es jetzt eine Badetherme, Jod- oder Eisenbadquelle, ein Bitterwasser, eine Arsenkurquelle oder ein versandfähiger Tafel-sauerling.

Nicht bloß Ergiebigkeit und Beschaffenheit, sondern namentlich auch die Quellentopik hat diesbezüglich ein maßgebendes Wort zu sprechen. Es gibt manche Sachlage, die man geradezu als fassungsunwürdig bezeichnen muß. So zum Beispiel das Auftreten einer Thermal- oder Mineralquelle in einer unwirtlichen Gegend, ohne Verkehrsmöglichkeit, weitab von Ansiedlungen, woselbst allem Ermessen nach sich niemals ein Kurort oder eine Wasserversendung entwickeln könnte. Ebenso wäre ein diffuses Auftreten nicht hoher Anlagekosten wert, wenn es sich um totale Verästelung des Mineralwassers an unzähligen Punkten handeln würde, ohne daß man eine bestimmte Stelle als bevorzugten Quellenauftrieb bezeichnen könnte. Man müßte in einem solchen Falle ein verhältnismäßig großes Quellengebiet mittels tiefen und weiten Tagbaues bloßlegen, welcher Arbeits- und Kostenaufwand mit der erschlossenen Mineralwassermenge und deren schwermöglichen Verwertbarkeit im ärgsten Mißverhältnis stünde, namentlich wenn nicht eine ganz hervorragende Wasserqualität vorläge. Will der Quellenbesitzer dennoch trotz einer solchen außerordentlichen Sachlage das Mineralwasser verwerten, dann müssen mitunter ganz eigenartige Fassungsanlagen ausgemittelt werden, die mit manchen für eine normale Quellenfassung geltenden Richtlinien scheinbar in Widerspruch stehen.¹

Mineralquellen, die sich nicht durch besondere Beschaffenheit, bemerkenswerte Ergiebigkeit, Beliebtheit bei Kurgästen oder Wasserbestellern erfreuen, vertragen keine hohen Investitionen. Deshalb findet man auch oft, wie früher geschildert wurde, die primitivsten Seichtfassungen aus Holz oder Mauerwerk ohne jedwede Abdichtung gegen anliegendes Grundwasser bei Mineralquellen vor, die keinen Anwert finden, daher kein Erträgnis abwerfen. Es gelten daher auch die folgenden Erörterungen in erster Linie für wirklich habituelle Quellenauftriebe, das heißt von gewisser Lebendigkeit, Steigfähigkeit, hinreichender Ergiebigkeit und guter Beschaffenheit — hingegen nicht für minderwertige Quellenschwächlinge oder aus anderen Gründen fassungsunreife Objekte.

Mineralwasserfassungen setzen eine ganze Reihe quellentechnischer Vorarbeiten voraus, in erster Linie die richtige Bloßlegung der Quelle und ihrer nächsten Umgebung.

QUELLENAUF SCHLISSUNG

Der Aufschluß des Quellengebietes richtet sich völlig nach den topischen Verhältnissen des Quellenindividuums, nach der damit verbundenen Absicht sowie nach dem Umstand, ob noch benachbarte in Gebrauch stehende und beeinflussbare Mineralquellen vorhanden sind. (Vergleiche den früheren Hydrologischen Teil.)

Als Methoden kommen in Betracht: Tiefbohrungen, Schachtabteufungen, Stollenauf-fahrungen (allenfalls mit seitlichen Strecken, Aufbrüchen oder Gesenken). Bei mancher Sachlage genügen einfache Aufgrabungen bis zu förmlichen Tagbauen oder steinbruchartigen Aufschlüssen, wobei die technische Sorge in erster Linie auf die Ableitung der bloßgelegten Quellenaustritte durch entsprechende Gefällsanlagen, durch manuelle oder maschinelle Wasserhaltungsmassnahmen gerichtet sein muß.

Je weiter unter zulässigen Umständen der Aufschluß eines Mineralquellengebietes bewerkstelligt wird, desto klarer sind die Verhältnisse erkennbar. Andererseits steht außer Zweifel,

¹ Vergleiche meine Ausführungen über die Fassungsfrage des Perbersdorfer Sauerlingvorkommens (Int. Zeitschr. f. Bohrtechnik etc., Wien 1925, Nr. 1, S. 7).

daß durch tieferreichende Aufschlüsse die Mineralquellen künftig der Beeinflussung des wechselnden Niederschlag- oder Grundwassers entrückt wird. Es ist dies namentlich dort geraten, wo sich in der Nähe menschliche oder tierische Abfallstoffe oder alte schadhafte Kanäle befinden oder befunden haben, eine Frage, die in das Kapitel: Hygienischer Quellschutz gehört. Es wird unter allen Umständen auf einen möglichst festen »fassungsreifen« Untergrund, bzw. »gewachsenen« Boden abzielen sein, der in dieser Hinsicht völlig einwandfrei befunden worden ist.

Die Motive und Methoden der Aufschließung von Mineralquellen richten sich in erster Linie nach dem Quellenindividuum selbst, nach seiner Wertigkeit, aber auch nach der Höhe der Kosten. Letztere stellen sich bei leicht fassungsfähigen Quellen — deren Fassungswürdigkeit überhaupt vorausgesetzt — naturgemäß am geringsten.

Eine außerordentlich wichtige Frage während dieser Aufschlußarbeit ist die richtige Beurteilung der verschiedenen Wasserzuflüsse und deren Untersuchung, ob es sich um Mineral-, Misch- oder Wildwässer handelt. Bei dem Umstand, daß namentlich bei Tiefenaufschlüssen erhebliche Störungen der Wassergleichgewichtsverhältnisse unvermeidlich werden, sind bei derartigen Arbeiten, d. h. bezüglich der genauen Evidenthaltung, richtigen Beurteilung und Auswertung der Beobachtungsergebnisse ausreichende praktische Erfahrungen vonnöten. Was die

BESCHAFFENHEIT DER QUELLENFASSUNGEN,

deren Gestalt, Größe usw. betrifft, kommen in erster Linie die Faßungsmethoden im allgemeinen und im besonderen die dem Quellenindividuum anzupassenden Fassungsarten hinsichtlich Form, Dimension und Material in Betracht. Es ist zu unterscheiden zwischen Einzelfassungen und solchen, die mehrere benachbarte Quellaustritte »unter einen Hut« bringen sollen. Zu den ersteren gehören Rohrfassungen, Zylinderfassungen, Trichter-, Glocken- sowie Kastenfassungen, endlich die Deckstein- und Lochsteinfassungen. Zu der anderen Art von Mineralquellenfassungen sind große Pyramiden-, Schacht-, Kammer- und Bassinfassungen zu zählen.

Was die Fassungsdimensionen anbelangt, ist hierunter sowohl die Gesamtgröße der Fassungsanordnung als auch ihre Konstruktionsdicke oder Wandstärke zu verstehen; beide sind bis zu einem gewissen Grade voneinander abhängig. Die Größe einer Quellenfassung richtet sich hauptsächlich nach der der Quellenmündung oder der Stärke des Quellenauftriebes wie auch danach, ob mit einer solchen Fassung bloß eine oder mehrere Auftriebsstellen gemeinschaftlich gefaßt werden sollen. Im allgemeinen sind Einzelfassungen den Summenfassungen aus mehrfachen Gründen vorzuziehen.

Hinsichtlich der Fassungsgröße trifft man häufig sehr natur- oder zweckwidrige Anlagen an, indem einem oft nur wenige Finger starken natürlichen Quellaustritt eine Fassung aufgesetzt wird, deren Dimensionen geradezu als ungeheuerlich bezeichnet werden müssen. Dies namentlich dort, wo von Unverständigen vermeintlich zugleich eine weitere Zweckmaßnahme glücklich getroffen ist, nämlich die Quellenfassung auch als Mineralwasserspeicher zu verwenden. Es ist dies nicht nur wegen der Zersetzung des Mineralwassers durch die damit eingeleitete Geschwindigkeitsverminderung verwerflich, sondern auch aus dem Grunde, weil durch das Absenken der aufgespeicherten Wassermengen bei aufsteigenden Quellen eine Verminderung der Spiegelhöhe und damit der Quellenspannung im Gefolge steht. Man verstößt dabei gegen einen der obersten quellentechnischen Grundsätze: gegen die Erhaltung eines gleichmäßigen Abflusniveaus, also gegen die erforderliche Quellenruhe, namentlich bei Mineralwässern (wie besonders zur Versendung gelangenden Sauerbrunnen), die in dieser Hinsicht zuweilen außerordentlich empfindlich sind. Die Frage der Wandstärken von Quellenfassungen richtet sich, wie schon erwähnt, nach der Fassungsgröße, indes auch nach dem Fassungsmaterial.

Welches Material für Quellenfassungen zu wählen ist, ist eine außerordentlich wichtige und vielseitige Frage, da doch die betreffenden Materialien, ob sie jetzt die Fassung selbst oder die abzudichtende Umgebung betreffen, weder von dem Mineralwasser und seinen Gasen verändert werden, noch das Wasser selbst schädlich beeinflussen dürfen. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß für Einzelfassungen je nach der Größe reines blei- und antimonfreies Zinn am indifferentesten und für größere Einzelfassungen Phosphorbronze in Betracht kommt. Von keramischen Materialien kommen fette plastische Tone für Abdichtungen sowie Klinkerziegel in Verwendung, letztere auch neben salzglasiertem Steinzeug für größere, beziehungsweise weitdimensionierte Fassungen. Zement und Beton vermeide man nach Möglichkeit. Natürliche Gesteine von möglichst geringer Durchlässigkeit, wie feinkörnige Granite, Syenit usw., erweisen sich gleichfalls sehr widerstandsfähig gegen Angriffe des Mineralwassers, wie auch umgekehrt diese Gesteine gegen die verschiedenartig mineralisierten Wässer indifferent bleiben. Am häufigsten

sind von alters her und selbst bis in die neuere Zeit verschiedene Holzarten verwendet worden, die jedoch namentlich bei größerem Harzgehalt dem Mineralwasser häufig einen schwefeligen Beigeschmack geben. Dagegen ist in Schwefelbädern vielfach noch heutigentags das Holz als Material für große Summenfassungen (sogenannte Quellenbüchsen und Bassfassungen) in Verwendung. Eigentümlicherweise erweist sich bei manchen Schwefelthermen Gußeisen von großer Brauchbarkeit, besonders wenn es eine tadellose »Gußhaut« aufweist. Bemerkt sei noch, daß Mannesmannrohre, besonders für Bohrlochverrohrungen, Fassungen und Leitungen, alsbald schadhafte werden, selbst wenn es sich manchmal bloß um stoffarme Wässer handelt; namentlich ist es die äußere feuchte Luft in Schuttmaterialien oder Leitungskanälen, welche Mannesmannrohre oft vollständig zerstören. Man hat daher besonders bei erbohrten Säuerlingen in neuerer Zeit Einhängrohre aus Kupfer in Verwendung genommen, die auch gegen vagabundierende Erdströme wesentlich widerstandsfähiger sind als Eisenrohre. Es empfiehlt sich jedoch aus naheliegenden Gründen, einen Kontakt der äußeren Bohrverrohrungen und inneren Kupfersteigrohren tunlichst zu vermeiden oder besser ganz auszuschließen.

DURCHFÜHRUNG DER FASSUNG

Die eigentliche Fassungs- und Abdichtungsarbeit setzt dann ein, wenn der Quellaufschluß beendet, die Fassungsrichtungen richtig ausgemittelt und angeliefert sind und die Frage der ungestörten Wasserhaltung außer jedem Zweifel steht. Es naht der kritischste Abschnitt der Arbeit, weshalb ein Versagen von Pumpen oder Ejektoren gegebenenfalls zur Katastrophe werden kann. Ob die Wasserhaltung seitlich neben der Fassung oder durch die Fassungsrichtung selbst zu erfolgen hat, richtet sich völlig nach der vorhandenen Sachlage.

Die größte Sorgfalt erfordert die Andichtung der Fassungsrichtung auf der festen Unterlage, die möglichst eben zugearbeitet sein muß. Am häufigsten eignen sich entsprechend feuchte, gut durchgearbeitete plastische Tonwürste als das beste Andichtungsmaterial zwischen den (Trichter- oder Glocken-) Fassungen und der natürlichen Fassungsbasis. Ist letztere nur schwer in eine ausgeebene Zurichtung zu bekommen, dann lassen sich mit Vorteil Klinkerziegel oder deren Fragmente zur Ausgleichung der Unebenheiten verwenden. Eine Mineralquellenfassung muß durch ihr eigenes Gewicht oder, wenn dies fraglich wäre, durch entsprechende Maßnahmen niedergehalten werden, um dem künftigen Aufdruck der Mineralquelle standzuhalten.

Die nächste Umgebung der Fassungsstelle kann, soweit sie bloßgelegt worden war, teils vor, während oder nach erfolgter Fassung abgedichtet werden. Es muß das, wie die eigentliche Fassungsarbeit, eine Qualitätsleistung sein, weil von der tadellosen Dichtigkeit der nächsten Quellenumgebung bezüglich des Gelingens (namentlich was die Steigfähigkeit und damit die Wasserschüttung anbetrifft) sehr viel abhängt. Ist das weitere Aufschlußgebiet mit gut, d. h. homogen durchgearbeitetem, reichlich feuchtem Ton oder Letten in mäßiger Höhe überschichtet und festgestampft worden, welcher Vorgang sich mindestens auf eine Abdichtungshöhe von einem halben bis einem Meter wiederholen muß, dann kann mit einigen Klinkerscharen abgedeckt und mit Beton beschwert sowie der übrige Raum darüber mit Schutt ausgefüllt werden.

An dieser Stelle sei hervorgehoben, daß die Abdichtung eines Quellengebietes in den meisten Fällen eine ebenso wichtige Arbeit wie die der Fassung selbst ist. Die Wirkungsweise einer quellenumgebenden Abdichtung liegt einerseits in der Verhinderung zuzitender Wildwässer und andererseits in der Vermeidung von Mineralwasser- und Gasverlusten. Je ausbruchsverdächtiger die nächste Quellenumgebung ist, desto sorgfältiger muß die Abdichtung vorgenommen werden. Will man in dem abzudichtenden Gebiet schädliche Nebenausstritte der Hauptquelle unterbinden, so behandelt man diese einzelnen Ausbrüche wie zu fassende Quellen selbst, wobei man sich mit Vorteil kurzer einzuzementierender Eisenrohre bedient und diese dann verspundet und überdichtet.

Erst wenn die Überzeugung gewonnen ist, daß die Abdichtungsarbeit vollständig gelungen ist, kann die Wasserhaltung abgestellt und die Quelle ihrem freien Aufstieg selbst überlassen werden. Beigefügt sei noch, daß die Fassungsstellen von Mineral- oder Thermalquellen möglichst zugänglich bleiben sollen, um erforderlichenfalls späterhin Nachschau halten zu können.

Bezüglich der Quellenbehandlung und Wasserwirtschaft an einer bestehenden oder neu-gefaßten Mineralquelle ist zu bemerken, daß dieses Kapitel für sich die Frage der richtigen Spannungseinstellung oder Quellenspiegelhöhe, aber auch die verschiedenen Ausgußarten, dann die Quellenleitungen, Aufspeicherungsrichtungen (namentlich von Badewasser) und endlich die Abfüllung von Versandwässern umfaßt.

QUELLENSPANNUNG UND AUSGUSS

Wurde eine Mineralquelle neu gefaßt, dann soll sie womöglich nach und nach höher gespannt, das heißt allmählich ihrer zugehörigen Spiegelhöhe näher verlegt werden. Es muß deshalb noch immer für die Abflußmöglichkeit des Mineralwassers zwischen der Fassungsbasis und der künftigen Spiegelhöhe gesorgt werden, was entweder nach Einstellung der Wasserhaltung durch seitliche Abzweiger an dem Fassungssteigrohr oder aber, wenn diese Möglichkeit nicht bestünde, durch allmähliche Verminderung der Pumpentätigkeit gewährleistet werden kann. Die Ausmittlung der richtigen Spannungs- beziehungsweise Überlaufhöhe, die man einer Mineralquelle geben soll, ist mitunter eine ziemlich heikliche Frage namentlich bei Mineralquellen, die mehr oder weniger mit dem benachbarten Grundwasser in hydrostatischer Beziehung stehen. Denn es ist schon an anderer Stelle ausgesprochen worden, daß in solchen Fällen bei zu geringer Quellenspannung die Gefahr einer Verwildwässerung durch das höherstehende Grundwasser besteht, während gegenteiligen Falles eine zu hohe Quellenspannung zwar diese Gefahr ausschließt, die Wasserqualität gesichert ist, nicht aber die Quantität, weil bei übermäßiger Quellenspannung wieder die Gefahr des seitlichen Ausbrechens von Mineralwasser an tiefer gelegenen Stellen in das Grundwassergebiet hinein zu besorgen ist. Aus diesen Erwägungen heraus, die im allgemeinen für viele Sachlagen zutreffen, ergibt sich, daß die richtige Quellenspannung, das heißt die Spiegelhöhe, die man einer Mineralquelle für ihren Abfluß geben soll, jeweils den entsprechenden Mittelweg einzuhalten hat. Eine Thermal- oder Mineralquelle ist denn auch stets dann in ihrer richtigen Spannung, wenn sich bei größtmöglichstem natürlichem Abfluß die höchste Konzentration und beste chemische Beschaffenheit einstellt.

Hat man einmal diese Abflußhöhe ermittelt, dann lasse man die Quelle in Ruhe, das heißt, man Sorge dafür, daß sie Tag und Nacht, Sommer und Winter ihre gleichbleibende Überlaufmöglichkeit hat. Das temporäre Herauspumpen von Mineralwasser aus weiten Fassungen während der Trink-, Abfüll- oder Badestunden und das Wiederanstauen der Quelle während der Nacht ist ebenso naturwidrig wie das saisonmäßige Abfließenlassen stärkerer Mineralquellen und Verschließen derselben über Winter.

Viele Mineralquellen läßt man über ihren Fassungsstellen ausgießen und bedient sich zu diesem Zweck verschiedener Vorrichtungen wie Quellenvasen, Wasserspeier oder einfacher Auslaufhähne. Vielfach ist aus lokalen Gründen die Möglichkeit eines solchen örtlichen Quellenauslaufes nicht gegeben, und es bedarf oft langer Leitungen, um das Mineral- oder Thermalwasser von seinen Fassungsstellen zum eigentlichen Gebrauchsort zu führen (Gefällsleitung Badgastein—Hofgastein). In einem solchen Falle wandern die blasenförmigen Gase entgegen der Wasserbewegung zu dem höher gelegenen Fassungsort zurück, was bei gasarmen Badewässern keinen Nachteil bedeutet. Man vermeide aber Gefällsleitungen nach Möglichkeit bei gasreichen Mineralquellen, die auch zur Flaschenfüllung verwendet werden sollen, und lege erforderliche Leitungen, wenn auch nur sanft ansteigend, damit die Quellengase mit dem Wasser sich in gleichsinniger Richtung zum Quellenausguß, bzw. zur Trink- oder Abfüllstelle bewegen.

Sehr vorteilhaft lassen sich in vielen Fällen Überlaufgefäße mit Gasentlüftungen oder Kohlensäureableitungsrohren dort anbringen, wo die anamobile Richtung des Mineralwassers in eine gravitationsartige übergeht. Dieser höchste Punkt, bis wohin das Mineralwasser bisher entgegen der Schwerkraftichtung aufsteigend gewesen war und von hier ab in gewohnterer absteigender Richtung seinen Weg nimmt, bedeutet nach den früheren Erläuterungen die Überlaufhöhe der Quelle; sie ist bei ungedrosselter, überdruckloser Ausflußmöglichkeit identisch mit dem Entspannungsort der Quelle. Besonders hier ist bei vielen Mineralquellen das Bestreben nach Entmischung des Wasser- und Gasmengens gelegen. Was die für viele Brunneninteressenten wichtige Frage der Haltbarkeit, namentlich von Sauerlingen anbetrifft, muß bemerkt werden, daß diese Frage eine derart vielseitige und häufig verwickelte ist, daß hier auch nicht annähernd darauf eingegangen werden kann. Es sprechen da nicht nur Fassungs- und Leitungsmomente mit, sondern auch zahlreiche andere Fragen und »technische Kniffe«, ganz abgesehen von der Eignung des betreffenden Mineralwassers bezüglich chemischer Beschaffenheit überhaupt. Sind die Fassungsverhältnisse und Leitungen in Ordnung und ist selbst für tadellose Flaschenreinigung und bestem Verschluß durch spanische Korke gesorgt, dann kann nach meinen Beobachtungen, wenn es sich nicht von Haus aus um einen »unangenehmen Chemismus« handelt, gesagt werden, daß faßt immer in einer naturwidrigen Behandlung der Mineralquelle oder des abgefüllten Wassers die Ursachen der vielfach beklagten Übelstände gelegen sind. Nach meinen Erfahrungen war es in allen diesen Fällen nach Beseitigung der Ursachen immer gelungen, dadurch auch die Übelstände völlig abzuschaffen.

IV. CHEMISCHER TEIL

ÄLTERE MINERALWASSERANALYSEN

Sieht man von den allerältesten »Analysen« ab, wie sie noch H. J. Crantz (Gesundbrunnen der österreichischen Monarchie, 1777) vorführt, die natürlich völlig unbrauchbar sind, so läßt sich sagen, daß man ungefähr zur gleichen Zeit die Mineralwasseranalysen verlässlicher, u. zw. in Form von Salztabelle, auszudrücken begann, eine Methode, die bis in die jüngste Zeit geübt wurde, obwohl bereits frühzeitig dagegen Stimmen laut geworden waren.

Schon 1805 hat J. B. Graf (Bayrische und oberpfälzische Mineralwässer) gegen jede Kombinierung Stellung genommen und vorausahnend behauptet, daß wohl Basen wie Säuren »in einer Art freyem Zustande in der Flüssigkeit enthalten« seien. Der einzige Weg, den man mit Gewißheit gehen könne, wäre, wenn bei der Untersuchung der Mineralwässer »nie auf eine Verbindung der Säuren mit Basen, sondern nur auf das Daseyn derselben gesehen und diese bestimmt würden«.

So hat man denn die chemische Beschaffenheit von Mineralwässern neben den Salztabelle auch in Form von Oxydtabelle (Basen und wasserfreie Säuren) zum Ausdruck gebracht, obwohl man auch in dieser Darstellungsweise bald einen gewissen Mangel fühlte. Denn, wenn in einer solchen Tabelle beispielsweise neben Natron (Na_2O) ein Säureanhydrid (z. B. SO_3) auftritt, so ist es bei dieser, wie allen sauerstoffhaltigen Säuren, wohl möglich, ein Anhydrid herauszugreifen, weil es eben Hydrate ($\text{H}_2\text{O} \cdot \text{SO}_3 = \text{H}_2\text{SO}_4$) sind; hingegen gibt es bei den sauerstofffreien oder Halogensäuren wie HCl keine Anhydride, weil sie kein Konstitutionswasser enthalten. Es mußte daher bei dem damaligen Stande der Kenntnisse strittig bleiben, ob die Mineralwässer Na oder Ca als solches (z. B. mit Cl) oder aber als Na_2O , CaO (z. B. mit SO_3) enthalten; ferner einleuchten, daß man — um die Summe der festen Bestandteile, die Totalmineralisation oder den Gehalt an »Gesamtfixa« additiv zu erlangen — für die sauerstofffreien Säureanteile, wie Chlor usw., schließlich eine entsprechende Sauerstoffmenge in Abzug bringen müsse, da ja nicht Na_2O neben Cl in Lösung sein könne — übrigens auch nicht Ammoniak (NH_3) neben Chlor wie in älteren Analysen zu finden ist.

Daraufhin entwickelte sich die Theorie der »Radikale«, die hauptsächlich auf die Säuren abzielte, für deren wasserstofffreie Reste (Radikale) man sogar besondere Bezeichnungen wie Nitran (NO_3), Sulfan (SO_4), Phosphan (PO_4) usw. einzuführen versuchte.

Besonders war es C. Than, der erstmals 1865 für die Darstellung von Mineralwasseranalysen in Form von Metallen und Säureresten eintrat und gegen die Willkürlichkeit sowie Unhaltbarkeit der gewissermaßen auf einen Höhepunkt angelangten Salztabelle zu Felde zog. Leider sind die tiefbegründeten Forderungen des genannten Forschers mit wenigen Ausnahmen fast gänzlich unbeachtet geblieben. Wohl aus dem Grunde, weil besonders in den balneologischen Werbeschriften meist nur die Salztabelle abgedruckt wurden, wenn auch der betreffende Analytiker gleichzeitig die viel einwandfreieren Oxydtabelle vorgeführt hatte. So war in die ärztlichen Kreise bis in die allerjüngste Zeit immer wieder die Vorstellung gedungen und erhalten geblieben, daß ein Mineralwasser ganz bestimmte Salzverbindungen enthalte. Man kann selbst gegenwärtig noch vielfach Erstaunen erwecken, wenn man diesbezüglich aufklärend zu wirken versucht.

Wie irreführend salzkombinierte Mineralwasseranalysen sind, ließe sich an zahllosen Beispielen dartun. So kann man z. B. eine Salzlösung in Form von CaCl_2 , CaSO_4 , MgSO_4 und $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, eine andere ohne CaSO_4 dagegen mit MgCl_2 , eine dritte ohne CaCl_2 und ohne MgSO_4 vorführen und rechnerisch beweisen, daß alle drei Lösungen isochemisch, d. h. von identischer Beschaffenheit sind. Auch B. M. Lersch betonte 1870, daß, »wo mehrere Säuren und mehrere Basen vorhanden sind, leicht ein Zwiespalt der Meinungen entstehen kann, wie die Verbindungen gedacht werden sollen«. Er meint »am richtigsten wäre die Theorie, daß jede Säure und jeder Salzbildner (er unterscheidet damit also sauerstoffhaltige und sauerstofffreie Säuren) mit jeder salzfähigen Basis in chemischer Wechselwirkung stehe... doch würde sich eine so große Zahl von Salzen herausstellen, daß man vor Bäumen den Wald nicht sähe«. Dieser Ausspruch ist insofern interessant, als sich auch später die Auffassung durchgerungen hatte, daß in dem nichtdissoziierten Anteil einer salzreichen Lösung alle chemisch nur möglichen komplexen Verbindungen enthalten sind. Andererseits tritt der genannte, trotz seiner Verdienste um die Mineralquellenkunde viel zu wenig geschätzte Aachener Badearzt dafür ein, daß man bei Salzkombinationen »so wenig Salze als möglich zu bilden suchen sollte«. Man muß diesem Standpunkt beipflichten, sofern man sich überhaupt mit einer Salztabelle abfinden will, wenn er auch mit unseren gegenwärtigen Vorstellungen über das chemische Wesen der Salzlösungen

im Widerspruch steht — sowohl mit der tatsächlichen Beschaffenheit verdünnter, resp. stoffarmer, wie auch mit der sehr salzreicher Mineralwässer.

Die vorerwähnte Radikaltheorie ließ gleichfalls die Vorstellung zu, daß die verschiedenen Salze einer Lösung chemische Verbindungen von Metallen mit den »zugehörigen« Säureresten, z. B. Sulfan-Natrium (SO_4Na . . . nach der alten Formel) seien, also das Radikal neben der wasserfreien Säure noch den Sauerstoff der Base enthalte; immerhin aber kann in dieser Hypothese der Auftakt für die spätere Theorie der Salzlösungen mit elektrolytisch gespaltenen Bestandteilen, bezw. elektrisch geladenen Ionen erblickt werden. Wenn man um jene Zeit noch Mineralwasseranalysen vielfach dahin deutete, daß sie bloß den »Kadaver« eines Wassers veranschaulichen und daß speziell die eben beschriebene Analysenform sozusagen nur die einzelnen Knochen vorführe, so mußte anderseits doch zugestanden werden, daß Analysen in Form der willkürlichen Salzkombinationen nur einem künstlich zusammengefügteten Skelett vergleichbar seien.

Ein Großteil der Geschichte der anorganischen Chemie widerspiegelt sich in den Mineralwasseranalysen. Unausgesetzt war die analytische Chemie bemüht, die vielseitigen Beschaffenheiten dieser Naturprodukte zu ergründen und neue, oft eben erst entdeckte Elemente auch in den Mineralquellen aufzufinden, was freilich nur Hand in Hand mit dem fortschreitenden Ausbau der analytischen Methoden möglich gewesen war. Bei aller Anerkennung der wissenschaftlichen Tätigkeit berufenster Männer aller Kulturstaaten — es sei nur an den berühmten Schweden Jöns Berzelius, den Franzosen Antoine Fourcroy und den Ungarn Carl v. Than erinnert — war doch frühzeitig deutsche Forscherarbeit am Werke, um die zahlreichen Rätsel, welche die Mineralquellen in sich bargen, aufzuhellen. Martin Klapproth, Robert Bunsen, Karl Remigius Fresenius, Justus v. Liebig usw. in Deutschland, dann David Becher, Franz Ambros Reuß, sowie später Ernst Ludwig u. a. in Österreich — um nur einige Namen zu nennen — haben sich unvergängliche Verdienste in dieser Hinsicht erworben. Aus der jüngsten Zeit seien besonders die beiden auf dem Gebiete der Mineralwasserchemie tätigen Gelehrten E. Hintz und L. Grünhut in Wiesbaden genannt. Wir verdanken ihnen nicht nur grundlegende Arbeiten, die manche Lücken in unserem Wissen ausfüllten, sie haben sich auch ein bleibendes Denkmal durch die einheitliche Bearbeitung des Deutschen Bäderbuches gesetzt, das als vorbildliches balneographisches Werk immerdar anerkannt werden wird.

CHEMISMUS DES WASSERANTEILES

Die physikalische Chemie hat seit jener Zeit ungeheure Fortschritte gemacht und es ist dabei sehr viel der Mineralquellenlehre zugute gekommen, da unter anderem auch die Lösungen zum Gegenstand eingehendster Studien gemacht worden sind. So haben wir denn heute einen ganz anderen Einblick in die Beschaffenheit eines Mineralwassers, wenn auch der genaue Aufbau in mancher Hinsicht noch lange nicht restlos entschleiert ist.

Wir wissen heute, daß dieser innere Aufbau wesentlich von der Menge der Mineralstoffe abhängig ist, die in der Volums- bezw. Gewichtseinheit eines Mineralwassers enthalten sind. Eine allgemeine Übersicht über den Stoffgehalt mineralischer Wässer, von Stoffarmut bis zu Stoffreichtum geordnet, gibt zunächst die Konzentrationstabelle auf Tafel I, in welcher, da es an einer solchen Übersicht bisher mangelte, der Mineralgehalt nach den verschiedensten Gesichtspunkten vor Augen geführt wird.

Konzentration und Ionisierung

Sehr verdünnte Mineralwässer, wie es die akrotischen Warmquellen und viele gewöhnlichen Trinkwässer sind, enthalten fast gar keine komplexen Salzverbindungen; das, was gelöst ist, ist nahezu ganz in seine Bestandteile (Ionen) gespalten. Dieser Zerfall ist theoretisch freilich erst bei unendlicher Verdünnung ein vollständiger, die Dissoziation dann 100%. Je stoffreicher ein Mineralwasser ist, desto weniger ist von den gelösten Substanzen ionisiert, desto mehr verbleiben ungespaltene Salzmolekel in der Lösung. Welch' bestimmte Salzverbindungen das sind, bleibt allerdings fraglich, doch dürften wahrscheinlich alle chemisch möglichen Salzkomplexe in diesem Anteil enthalten sein. Das Ausmaß oder die Spaltung hängt demnach von dem Grade der Mineralisierung oder der Konzentration des betreffenden Wassers — allerdings auch von der stofflichen Beschaffenheit der Mineralsubstanzen — ab.

Der Stoffgehalt eines Mineralwassers wird meist in Grammen pro 1000 g des Mineralwassers, sohin in Promillen (‰) ausgedrückt. Die Summe aller derart ausgedrückten Bestandteile wird Grammkonzentration genannt, auf die Wassergewichtseinheit bezogen jedoch Kilogrammkonzentration. Diese ist demnach nicht vollkommen identisch mit der Literkonzentration

und deren Ziffern, die sich eben auf 1000 cm^3 des betreffenden Wassers beziehen. Je stoffreicher ein Mineralwasser ist, um so mehr weichen naturgemäß die auf die Kilokonzentration bezogenen Werte von den Ziffern der Literkonzentration ab.

Die Konzentration, die sich aus der bloßen Auflösung eines Salzes in Wasser ergibt, heißt die molekulare; jene, die sich aus der Betrachtung der Salzfragmente ergibt, ist höher und heißt osmotische Konzentration. Wie wenig oder stark eine Lösung wirklich ionisiert ist, d. h. wieviel von den gelösten Substanzen (Salze, freie Säuren oder freie Alkalien) tatsächlich in Ionen gespalten ist, wird durch eine Ziffer ausgedrückt, die als Dissoziationsgrad bezeichnet wird und sich auf 1 Gewichtsteil der betreffenden Verbindung bezieht. Diese Ziffer drückt also den Bruchteil der in Ionen zerfallenen Moleküle aus und ist von der stofflichen Beschaffenheit der Verbindung und insbesondere von der Konzentration der Lösung abhängig. So weisen z. B. die Chloride, Bromide und Jodide der Alkalien, resp. die Halogenverbindungen der Alkalien, sowie starke freie Säuren und starke freie Basen selbst bei erheblicher Konzentration einen hohen Dissoziationsgrad auf (rund $\frac{3}{4}$, also 75%), während nur der Rest ($1 - \frac{3}{4} = 25\%$) als ungespaltene NaCl- oder H_2SO_4 -Moleküle in der Lösung verbleibt. Die Chloride der alkalischen Erden (CaCl_2 , MgCl_2), dann die Sulfate der Alkalien (z. B. Na_2SO_4) haben bereits einen geringeren Dissoziationsgrad, neigen also erst bei stärkerer Verdünnung zu ebensolcher Ionisierung; noch ausgesprochener ist dies der Fall bei den Sulfaten der Erdalkalien (CaSO_4 , MgSO_4) und den Hydraten sehr schwacher Basen und Säuren (MgH_2O_2 , H_2SiO_3 , HBO_2), die erst bei übermäßiger Verdünnung bemerkenswertere Dissoziationsgrade aufzeigen.

Umgekehrtes Konzentrationsmaß

Anstatt der häufigst geübten Methode, die in 1000 g Wasser enthaltenen Salzbestandteile in Gramm ($\%$) auszudrücken, kann speziellenfalls ein anderes Bild erwünscht sein, wenn man sich die Frage vorlegt, in wieviel Kilogramm des betreffenden Mineralwassers 100 g Salzbestandteile enthalten sind; demnach, wie wir noch sehen werden, jene Mengen, welche in den von mir vorgeschlagenen Konzentrationsprozentreihen ziffernmäßig erscheinen. Z. B., wenn in 1 kg Wasser der Vöslauer Therme 0.6625 g dissoziierte Salzbestandteile enthalten sind, in welcher Wassermenge sind 100 g ? Es resultiert 151 kg Wasser und, da dieses sehr schwach mineralisiert ist, läßt sich weiter sagen, daß $1\frac{1}{2} \text{ m}^3$ Vöslauer Warmwasser 1 kg dieser Stoffe enthalten. Ein anderes Beispiel: In 1 kg Wasser der Kochsalzschwefeltherme von Deutsch-Altenburg sind 3.72 ionisierbare Stoffe; es sind daher 100 g derselben in 26.88 kg dieses Mineralwassers enthalten. Ebenso ergibt sich, daß in rund 11 kg einer physiologischen Kochsalzlösung 100 g Ionen und Salzkomplexe enthalten sind. Endlich bezüglich des Wassers der neuerbohrten Johannesquelle in Bad Hall, welche die Höchstkonzentration unter allen dortigen im Ausmaß von 20.26% ionisiert gedachte Stoffe enthält, daß 100 g dieser Stoffe bereits in 4.93 kg Wasser enthalten sind. Selbstverständlich gilt dieses Wasserquantum für jeden beliebigen Stoff, der in dem betreffenden Mineralwasser vorhanden ist. Z. B.: in dieser Quelle sind 0.0412% Jod, entsprechend 0.203 Konzentrationsprozent; um die Frage zu beantworten, in wieviel Kilogramm des Mineralwassers 0.203 g Jod enthalten sind, ergibt sich wieder aus der Rechnung $20.3 : 4.12 = 4.93 \text{ kg}$ Mineralwasser wie oben. Ich bezeichne diesen aus der einfachen Division der Konzentrationsprozente durch die bezüglichen Promilleziffern resultierenden Quotienten als die »reziprozente« Konzentration des betreffenden Mineralwassers, ausgedrückt in Wasserquantum, u. zw. in Kilogrammen. Es ist einleuchtend, daß die Reziprozentkonzentration eine um so größere Ziffer aufweisen muß, je weniger Stoffe in dem betrachteten Wasser enthalten sind und umgekehrt.

Ebenso kann es gegebenenfalls interessieren, in welcher Wasser(gewichts)menge 100 Millival (mv) Stoffe oder ein spezieller, in Äquivalentprozenten ($\text{Val} \%$) ausgedrückter Bestandteil enthalten ist. Man erlangt die betreffende Ziffer für die Wassermenge dann auf die gleiche Weise, indem man die Zahl 100 durch die auf 1 kg Wasser entfallenden mv -Ziffernsumme dividiert. Z. B. $\frac{100}{9.1} = 11 \text{ kg}$ Vöslauer Warmwasser enthalten 100 mv ionisierte Salzverbindungen. Ferner $\frac{100}{57.617} = 1.74 \text{ kg}$ Deutsch-Altenburger Wasser enthalten 100 mv Salzbestandteile. Eine physiologische Kochsalzlösung enthält in $\frac{100}{153.9} = 0.65 \text{ kg}$ Lösung 100 mv Salzbestandteile. Endlich erlangt man für Bad Hall (Johannisquelle) $\frac{100}{344.56} = 0.29 \text{ kg}$ Wasser. Es ist daher das (in umgekehrtem) Kilogrammwaterquantum ausgedrückte Konzentrationsverhältnis folgendes:

Von den gelösten (ionisablen) Stoffen sind enthalten

| | Vöslau (akratisch) | Deutsch-Altenburg (hypotonisch) | Physiologische Lösung (isotonisch) | Bad Hall (Johannisquelle) (hypertonisch ¹) |
|-----------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 100 g in | 151 | 26·88 | 11 | 4·93 kg Wasser bezw. |
| 100 mv in | 11 | 1·74 | 0·65 | 0·29 „ Lösung. |

Daraus ist ersichtlich, daß der reziproke Ausdruck für den Stoffgehalt eines Mineralwassers typischer und leichter faßbar ist als die Reziproalkonzentration.

Wesen der Ionisierung

Erinnern wir uns an die Zeit unserer unteren Schulstufen. Wie verwundert waren wir darüber, daß der elektrische Strom unterbrochen war, wenn die Elektroden in destilliertes Wasser getaucht wurden, wie aber sofort das Lätewerk zu hören war, wenn ein Körnchen Kochsalz oder ein Tropfen Schwefelsäure zugesetzt wurde. Wie freuten wir uns, daß wir dies wußten — daß es so ist; warum es so war, wußten wir nicht, ja nicht einmal, daß wir es nicht wußten. Längst wissen wir seither, daß dieser Zusatz deswegen notwendig war, weil »jemand« den Strom drahtlos weiterführen mußte; die das leisteten, waren die Spaltungsprodukte der zugesetzten Körpermoleküle, die positiven Natrium- und negativen Chlorionen, bzw. die positiven Wasserstoff- und negativen Sulfationen. Diese Fragmente der chemischen Verbindungen sind es, die die elektrische Last wie fleißige Transportarbeiter von Elektrode zu Elektrode schleppen, weil das »Gleis« unterbrochen ist. Diese Spaltungsprodukte oder Ionen sind nicht identisch mit den elektrisch neutralen chemischen Elementen, sondern sind Molekülatome und Atomkomplexe, die schwer beladen sind mit Elektrizität. Dadurch unterscheiden sie sich von den gewöhnlichen Atomen, deren Eigenschaften uns lange viel geläufiger waren. Entziehen wir den Ionen die elektrische Ladung, dann erkennen wir sofort unsere alten Atome. Lösen wir ein Körnchen Kochsalz auf, so enthält diese zersetzte »chloridische Natriumlösung« kein verbrennbares Natriummetall und kein stechendes Chlorgas. Eine sehr verdünnte Schwefelsäure enthält keine brennenden H-Atome und kein — innegehalten! Es gibt doch gar kein SO₄-Atom, kein SO₄-Molekül; wohl aber ein SO₄-Ion als elektrolytisch von der Schwefelsäure abgetrenntes Fragment, das dieselbe »Konstruktion« aufweist, wie die früher erwähnten »Radikale«.

Mineralwasser-Definition und physikalisch-chemischer Zustand. Mineralwässer sind meist sehr komplizierte (wässrige) Lösungen unorganischer, also mineralischer Elektrolyte, d. h. einer elektrolytischen Spaltung (Dissoziation, Ionisation) fähiger Salze, aber auch anderer Verbindungen (freier Säuren usw.). Die Spaltung erfolgt jeweils in elektropositive, zur negativen Kathode wandernden Anteile, welche Kat-Ionen, auch Basen- oder Metallionen schlechtweg genannt werden, sowie andererseits in elektronegative, zur positiven Anode eilenden Säure- oder Anionen. Solche Stoffe, die sehr leicht in ihre Bestandteile zerfallen — es war früher bei der Erläuterung des Dissoziationsgrades davon die Rede — bezeichnet man als starke Elektrolyte; jene dagegen, die sich gegen einen Zerfall sträuben, also gegen die Dissoziation sehr schwerfällig verhalten, als schwache Elektrolyte. Starke Säuren dehydrogenisieren, d. h. sie spalten sich leicht in freien Wasserstoff und in den Säurerest (H—HSO₄); ersterer ist das Charakteristische einer Säure. Mehrbasigen, auch mehratomig genannten Säuren, d. s. solche mit zwei oder drei H-Atomen, kommen verschiedene Dissoziationsstufen zu. Starke Basen bezw. Laugen dissoziieren leicht in positive Kat- und in negative HO-Ionen; hier sind die Hydroxylionen das Charakteristische. Schwache Säuren, wie die Kieselsäure, Borsäure u. a. zerfallen nur sehr schwer und werden daher in Mineralwasseranalysen als praktisch nichtionisierte Mineralstoffe im Anhang der Ionentabelle angeführt. Auch die in Mineralwässern so häufig vorkommende freie Kohlensäure ist nicht nur herkömmlicherweise, sondern auch entsprechend den neuesten Forschungsergebnissen als Anhydrid, als wasserfreies CO₂ anzuführen, da nur ein verschwindender Anteil (weniger als 1%) als theoretisches Hydrat (H₂CO₃) und seiner Ionen (H—HCO₃ und H₂—CO₃) im Wasser enthalten ist, also mehr als 99% tatsächlich als freies Kohlendioxyd in Lösung bleibt. Durch Hydrolyse (d. i. Wasseraufnahme und Umsetzung) von CO₂+H₂O wird sohin nur ein winziger Anteil des Hydrats ionisiert. Die daraus resultierende Wasserstoffionenkonzentration im Verein mit jener des reinen Wassers, das übrigens nur Spuren freier H-Ionen enthält, ist dann das eigentlich »sauer« reagierende, z. B. in Säuerlingen.

¹ Betreffs der pharmakologischen Konzentrationsbezeichnungen vergleiche Tafel I.

Wie die übrigen Zertrümmerungsprodukte der Salzverbindungen, der starken freien Säuren und allfälligen Basen, endlich auch die ungespaltene, schwachen freien Säuren aussehen, darüber gibt Tafel II eine ziemlich erschöpfende Auskunft.

Bemerkungen zur »Tabelle aller chemischen Stoffe«

In dieser wurde versucht, die bisher aus Thermal- und Mineralwässern sowie deren Begleitgasen bekannt gewordenen Stoffe in geordneter Weise vorzuführen, da es an einer derartigen Übersichtstabelle fehlte. Die dem chemischen Zeichen der Ionen (rechts oben) beigegefügte Punkte und Striche geben die Wertigkeit an. Ich bin mir einiger Mängel dieser Tabelle wohl bewußt; es sind aber größtenteils Mängel unseres heutigen Wissens über die sehr selten oder nur spurenhafte vorkommenden Stoffe in Mineralwässern. Es ist bisher nicht gelungen, die Konstitutionsform aller Ionen oder komplexen Verbindungen in Mineralwässern klarzustellen. So kann es bei drei- und fünfwertigen Elementen fraglich erscheinen, welche Säureform überhaupt vorliegt. Andererseits ist es z. B. beim Vanadium noch ganz unbestimmt, ob es überhaupt als Kat- oder Anion oder als nichtdissoziierte Säure in Mineralwässern vorkommt, doch dürfte den von mir angenommenen Formen eine ziemliche Wahrscheinlichkeit zukommen.

Das Zinn wurde als freie Metazinnsäure angenommen. Es soll damit nicht gesagt sein, daß es auch dort, wo es hauptsächlich gefunden wird (in Quellenockern), in dieser Form vorhanden ist, während es andererseits nicht ausgeschlossen wäre, daß es sich um ionogene Moleküle handelt — eine Bezeichnung, die hier so aufzufassen ist, daß der Zinngehalt in Quellenockern aus positiven Zinn- oder aus negativen Stannat-Ionen entstanden sein kann. Bemerkung sei an dieser Stelle, daß das Hydrosol von SnO_2 ebenso wie von SiO_2 zur Anode, dagegen das Hydrosol von TiO_2 nach der Kathode wandert. Dennoch mußte es widerstreben, das Zinn unter die Säureionen und das Titan unter die Metallionen einzureihen.

Was vorher von noch unbekannter Konstitution bemerkt wurde, gilt besonders auch für einen ungemein häufig vorkommenden Körper; für die nur schwer ionisierbare Kieselsäure, welche nach dem Vorbild des Deutschen Bäderbuches in der noch wahrscheinlichsten Metaform hervorgehoben wurde, während es andererseits fast sicher ist, daß sie unter gegebenen Verhältnissen auch als *m*-Hydrosilikat- und Silikation in gewissen Mineralwässern vorhanden ist. Die in früheren Zeiten beliebte »wasserfreie Doppeltkohlenensäure« $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_6$ existiert weder als komplexe Verbindung, noch als Ion und wurde daher nicht aufgenommen.

Für die Antimonsäure ist lediglich per analogiam angenommen worden, daß sie in ähnlichen Zustandsformen wie die Phosphorsäure und Arsensäure vorkommen kann, obwohl sich das Antimon sowie das Zinn und manch andere Stoffe bisher hauptsächlich nur indirekt, d. h. in Ausscheidungsprodukten einiger Mineralwässer nachweisen ließ.

Mit Rücksicht auf das gesellige Vorkommen von Niob und Tantal in Mineralien wurde angenommen, daß neben Tantal- auch Niobsäure, u. zw. als Komplexverbindung vorhanden sein wird in jenen Fällen, wo es sich überhaupt um diese seltenen Stoffe handeln kann. Das Vorkommen so vieler Schwermetalle und anderer seltener Stoffe, kann namentlich in schwefelsauren (freischwefelsäurigen) Mineralwässern nicht verwundern. Andererseits sind diese Stoffe in Quellenabscheidungen, besonders in Ocker- und Sinterbildungen nachgewiesen worden, welche ihrerseits wieder chemische Sedimente aus lang durchströmenden großen Wassermengen sind. Manche seltene Alkalien wieder konnten erst in den Mutterlaugen einzelner Wässer nachgewiesen werden. Weiters verweisen die Vorkommnisse des Lautarits $\text{Ca}(\text{JO}_3)_2$ aus den Salpeterlagerstätten von Chile, des Rotbleierztes (PbCrO_4), Gelbbleierztes (PbMoO_4) sowie des Scheelits (CaWO_4) und übrigens noch andere Wolframate, Vanadinate, Niobate, Tantalate usw. darauf, daß es ähnlich beschaffene Mineralwässer gegeben haben muß, wenn es auch keiner konzentrierten jodsäuren, chromsauren, molybdänsäuren Lösungen bedurfte, da sich mineralische Konzentrationsprozesse gewiß auch mit Hilfe verdünnter Lösungen abspielen können. Diese Mineralvorkommnisse, zu denen sich übrigens noch andere hierher gehörige gesellen — es sei nur an die Schalenblende als Zinksulfidsinterbildung des weiteren Aachener Schwefelthermengebietes sowie an die Galmeilagerstätten erinnert — bilden einen Hinweis, daß sie von derart mineralisierten Wässern (erstere vielleicht vor nicht gar langer Zeit) zur Abscheidung gelangt sein mußten.

Zur Gliederung des Schemas der Mineralquellenstoffe selbst ist nicht viel zu sagen. Es wird vorerst unterschieden (I.), was in dem Wasseranteil der Thermal- und Mineralquellen vorhanden sein kann: a) die Metallionen, b) die Säureionen und c) die ungespaltene Verbindungen — andererseits (II.), was sich in dem Gasanteil der Quellenphänomene vorfinden kann, wobei nicht

näher unterschieden wurde zwischen den absorbierten »Alphagasen« und den blasenförmigen »Betagasen«. Dies um so weniger, als für diese spezielle Betrachtung zwischen beiden kein qualitativer Unterschied vorhanden ist und wohl alle angeführten Gasgenossen sowohl in den gelösten wie auch in den blasenförmigen (wenn auch hier oder dort bloß in Spuren) vorhanden sind oder sein können. Von einem quantitativen Gesichtspunkt ist in dieser Tabelle ja überhaupt ganz abgesehen. Ich hielt es nur nicht für überflüssig, jedem einzelnen Stoff eine beiläufige Schätzung beizufügen, ob es sich um häufigere oder seltenere oder noch fragliche Vorkommnisse handelt.

Bezüglich der Kationen fällt auf den ersten Blick auf, daß es fast durchwegs Metallatome sind. Von Komplexionen wurde das Ammonion an die Spitze gestellt. Befremdend wird vielen das komplexe »Mono-Hydrocarbonat-Magnesiumion«, wie ich es bezeichnen möchte, erscheinen; es wurde von L. Grünhut entdeckt, der es in die Mineralwasserchemie einführte, nachdem er zur Überzeugung gelangte, daß dieses eigenartige Ion höchstwahrscheinlich nicht selten in Mineralwässern vorkommt. Die beiden an letzter Stelle angeführten Kationen dürften keinem Widerspruch begegnen, wiewohl derartige Sauerstoffkomplexe bisher in keiner Mineralquellenanalyse erscheinen; wenn indes diese beiden Elemente überhaupt als positiv geladene Spaltungsprodukte vorhanden sind, dann könnte es sich kaum um andere, als um diese Komplexionen handeln.

Was die Kolumne der Anionen betrifft, handelt es sich mit Ausnahme der Halogene fast durchwegs um Atomkomplexe, wie es nicht anders sein kann. Die Zusammengehörigkeit der wegen ihrer Wertigkeiten analog aufgebauten Säureionen wurde durch Klammerung veranschaulicht. Das gleiche ist auch der Fall bei den in ungespaltener Form enthaltenen schwachen Säuren, welche nach der Wertigkeit des betreffenden Grundelements, die ja die Konstitutionsformel meistens bestimmt, angeordnet wurden.

Es dürfte vielleicht überflüssig erscheinen, zu bemerken, daß mit dieser Übersichtstabelle nicht gesagt werden soll, daß diese oder jene Stoffe in allen Mineralwässern vorkommen müssen, was übrigens bei manchen gar nicht der Fall sein könnte. Denn gewisse Ionen schließen sich als Lösungsgenossen geradezu aus, wenn nicht besondere Stoffarmut vorliegt; andererseits ist manche Substanz wieder die Bedingung für das Vorkommen dieses oder jenes Ions oder komplexen Stoffes.

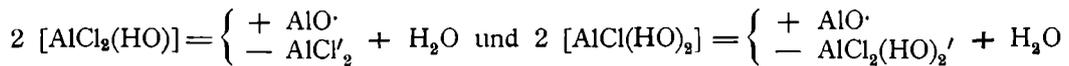
Die moderne Chemie hat die einzelnen Elemente nach ihren Eigenschaften in ein exaktes System geordnet und mit fortlaufenden Nummern versehen. Es sind deren im ganzen 92, wobei sich herausstellt, daß noch fünf Elemente fehlen, also zu entdecken sind. Der physikalische Sinn der erwähnten Atomnummern ist der, daß damit zugleich die Kernladung, wie auch die Anzahl der Elektronen ausgedrückt ist.¹ Diese Ordnungszahlen sind auf Tafel II den betreffenden Ionen vorangesetzt worden. Wo es sich nicht um einzelne Atome, sondern um Atomkomplexe handelt, wurde die betreffende Nummer in Klammer gesetzt; sie bezieht sich dann natürlich nur auf das charakteristische Element des betreffenden Komplexions oder der ungespaltenen Verbindung. Diese vorangesetzten Ziffern haben für die Quellenanalysen natürlich keine Bedeutung. Immerhin ist es nicht uninteressant, sie wegen der Reihung der einzelnen Ionen anzumerken, in welcher Hinsicht allerdings die Entscheidung manchmal gefühlsmäßig über die starren Ziffern hinweg erfolgte. Aus dieser Tabelle geht hervor, daß von den 92 Elementen bisher 60 (ohne Niob) in Mineralwässern nachgewiesen wurden, darunter allerdings viele nur in Spuren; hiezu kommen noch zwei Isotopen. Sie verteilen sich auf 38 Kat- und 28 Anionen, somit auf 66 Ionen überhaupt; weiters auf 12 ungespaltene Säuren und 17 verschiedene Quellengase. Unter den letzteren befinden sich die sechs Edelgase, welche bekanntlich im periodischen System der chemischen Elemente die Eckpfeiler bilden, weil sie nullwertig sind, d. h. überhaupt keine Verbindungen eingehen.

Zahlreiche Probleme, die sich aus Mineralwasseranalysen herauslesen lassen, können hier nicht näher angedeutet werden. Auf eines sei aber hingewiesen: es scheint mir, als ob manche dem Tageslicht zustrebenden Mineralwässer nicht immer abgeklärte Produkte wären, sondern in Bewegung befindliche Lösungsgemische, in denen selbst noch Reaktionserscheinungen im Zuge sind, die mit erheblicher Verspätung vor sich gehen und anderen Reaktionsverzögerungen an die Seite gestellt werden könnten. Es ist die Vorstellung nicht von der Hand zu weisen, daß manche Mineralwässer auf ihren unterirdischen Wanderungen und selbst noch in den letzten Wegstücken vor ihrem Ausguß, wie übrigens auch nach dem Verlassen der natürlichen Mündung oder künstlichen Fassung, solche Lösungen sind, in denen noch

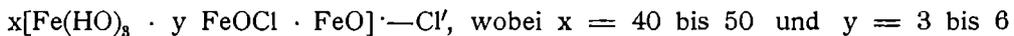
¹ Siehe die sehr knappe Erläuterung auf Seite 52 (Fußnote).

chemische Abstimmungserscheinungen vor sich gehen, wie z. B. Ionen-Gleichgewichtstörungen zwischen Fe- und HCO_3 -Ionen sowie der freien Kohlensäure oder vielleicht hydrolytische Vorgänge, die zur Ausflockung des einen oder anderen möglicherweise vorhandenen Hydrosols führen könnten u. a. m. Wir können nicht wissen, ob sich nicht im Momente der Wasserprobenentnahme und -untersuchung einzelne Bestandteile, wie das Fe oder Al, zum Teil in einem solartigen Zustande befinden und dadurch der gewöhnlichen analytischen Feststellung entgehen.

Wenn auch nicht gerade auf einen bestimmten Fall angewendet, sei daran erinnert, daß es bei der Fällung des Aluminiumhydroxyds (z. B. aus einer Lösung von Aluminiumchlorid) kolloidale Zwischenstufen: $\text{AlCl}_3 \dots \text{AlCl}_2(\text{HO}) \dots \text{AlCl}(\text{HO})_2 \dots \text{Al}(\text{HO})_3$ gibt. Diese Chlorohydroxo-, oder wie man früher sagte, basischen Verbindungen, sind in diesem Übergangszustand allerfeinst suspendiert, tragen also die Eigenschaften der Kolloide. Letztere sind gleichfalls Elektrolyte von sehr großer Verdünnung, die aber, wenn sie stabil sein sollen, bestimmte Ladungen aufweisen müssen; Entladung hat ihre Ausflockung zur Folge. Obige Zwischenstufen können unter Abgabe von Wasser folgende Kolloid- und Gegenionen aufweisen, unter denen das Aluminyl als positiv geladenes Komplexion erscheint, das allerdings in Mineralwasseranalysen nicht zu finden ist:



Es gibt noch andere Zwischenstufen eines Sols, die von oben angeführten »Bausteinen« verschieden sind, z. B. vom Eisenchlorid zum Eisenoxydhydrat von der Form



ist. Hier erscheint das FeO als Ferrylchlorid ($\text{FeO} \cdot \text{Cl}$) inmitten eines verwickelt gebauten positiven Komplexions.

Diese komplizierten Zustandsformen sind keine Phantasiegebilde, sondern durch Paulis exakte Forschungen sichergestellt worden. Im Vergleich damit muß das früher erwähnte Grünhut'sche Magnesiumkomplex-Ion in Mineralwässern als »einfach gebaut« bezeichnet werden.

MODERNE ANALYSENDARSTELLUNG

Die auf Tafel II durch fetten Druck besonders hervorgehobenen Ionen und Komplexverbindungen sind jene, die am häufigsten in Thermal- und Mineralwässern gefunden werden können. Denken wir uns dazu die entsprechenden Ausmaße, so erlangen wir ein Bild, wie eine Mineralwasseranalyse zum Ausdruck gebracht werden soll. Nachdem nur bei wenigen Mineralwässern der genaue Dissoziationsgrad und demnach auch der restliche Anteil an nichtionisierten Verbindungen bekannt ist, werden sämtliche Stoffe so dargestellt, als wären sie nur als vollständig ionisierte Salzbestandteile in Lösung. Im balneographischen Abschnitt finden sich zahlreiche aus jüngerer Zeit stammende Analysen, die auf möglichste Vollständigkeit abzielten.

Betreffs der in Verwendung kommenden

Einheitsbezeichnungen

ist hier wohl eine Erläuterung am Platze, wobei jener Leser wegen, denen die Grundbegriffe der Chemie vielleicht nicht oder nicht mehr ganz geläufig sind, etwas weiter ausgeholt werden soll.

Chemische Verbindungen bestehen bekanntlich aus zwei oder mehreren Elementen. Die kleinsten Teilchen einer Verbindung heißen Moleküle oder Molekel.¹ Die in ihnen enthaltenen Elemente können wieder aus einem oder aus mehreren Atomen bestehen. Jedem Element, resp.

¹ 1 Gramm-Molekül oder 1 Mol einer chemischen Verbindung enthält ohne Rücksicht auf die substantielle Beschaffenheit eine gleiche, u. zw. überaus große Anzahl kleinster Partikelchen (Molekel). Es ist das Verdienst Loschmidts, diese Molekelanzahl ermittelt zu haben. Sie beträgt $6,1 \times 10^{23}$, d. i. die Ziffer 6 mit nachfolgenden 23 Nullen. Wir können diese Zahl auch mit $0,6 \times 10^{24}$ anschreiben und sie dann leichter aussprechen. Ein Mol irgendeiner chemischen Verbindung enthält sohin 0,6 Quadrillionen kleinste Teilchen. Diese Ziffer ist für Gase übermäßig groß und bezieht sich auf ein Volumen von 22,4 Liter. Der genannte Forscher hat daher auch die Anzahl der Moleküle pro 1 cm^3 Gas für den gewöhnlichen Luftdruck bestimmt; sie beträgt 27×10^{18} , d. h. 27 Trillionen Molekel. Ihr Durchmesser ist, wie zu erwarten, unfaßbar klein, war aber dennoch gleichfalls zu ermitteln; er beträgt für CO_2 : $3,4 \times 10^{-7} \text{ mm}$. Ein Beispiel soll es veranschaulichen:

jedem Atom (Ion) kommt ein bestimmtes Atomgewicht zu, das sich auf eine hypothetische Einheit bezieht; bei Atomkomplexen spricht man von Radikal- oder Iongewicht, bei chemischen Verbindungen von Molekulargewicht. In den Atomgewichten kommen gleichzeitig die Wertigkeiten der Elemente zum Ausdruck. Bezieht man diese Gewichtsverhältniszahlen dagegen auf die Wertigkeit des Wasserstoffes $H = 1$, so resultieren Gleichwertigkeits-Gewichtszahlen, die man Äquivalentgewichte nennt; es sind dies die ursprünglichen Verbindungsgewichte der alten Chemie.

Neben diesen Einheiten und Verhältniszahlen bedient sich die moderne, bzw. physikalische Chemie noch anderer, die als Grammatom (*ga*), Grammolekül (*gm*), Grammion (*gi*) und Grammäquivalent (*gv*) bezeichnet werden; daraus ist gleich zu ersehen, bei welchen Anlässen sie in Verwendung kommen. Erweisen sich die betreffenden ziffermäßigen Ausdrücke praktisch-rechnerisch als zu klein, so vertausendfacht man sie und bezieht sie anstatt auf die Gewichtseinheit Gramm sohin auf Milligramm. Es kommen deshalb in der Mineralwasserchemie meistens die Bezeichnungen Milligrammolekel oder Millimol (*mm*) insbesondere für die ungespaltenen Verbindungen, ferner für die dissoziierten Salzbestandteile Milligrammionen oder Milliionen (*mi*), endlich Milligrammäquivalente oder Millival (*mw*) zur Verwendung.¹ Die nachstehenden Beispiele sollen dies kurz erläutern:

Das Atomgewicht des Natriums ist 23, des Chlors 35·46. Beide zusammen geben das Molekulargewicht von $\text{NaCl} = 58·46$. — $58·46 \text{ g NaCl}$ bilden ein Grammolekül oder 1 (Gramm-)Mol Kochsalz. Ebenso bilden 44 g CO_2 1 Mol Kohlendioxyd, desgleichen $98·07 \text{ g H}_2\text{SO}_4$ 1 Mol Schwefelsäure. Handelt es sich um Dissoziationsprodukte, dann wendet man die Bezeichnung Grammion an. So ist das Iongewicht des Schwefelsäureradikals $1 \text{ gi SO}_4 = 96 \text{ g}$; da dieses aus einzelnen Elementen bestehende, also komplexe Ion zweiwertig ist, ergibt sich daraus, daß das Äquivalentgewicht 48 beträgt.

Dividiert man die in einer Lösung enthaltenen, in Gramm pro 1 *kg* ausgedrückten Stoffe, bzw. den Promillegehalt der Ionen durch das zugehörige Atom-, resp. Atomsummengewicht (Iongewicht), so gelangt man zu den Grammionen „oder“ Molen, welche letztere Bezeichnung sich eigentlich auf die ungespaltene Verbindung bezieht. Dividiert man dagegen durch die betreffenden Äquivalentgewichte, so erhält man die in Grammäquivalenten oder Val ausgedrückten Ionenmengen. Ein Grammäquivalent gibt daher so viel Gramme an, als der Quotient aus dem Ion- oder Molekelgewicht und der Wertigkeit Einheiten anzeigt. Wie schon erwähnt, kann man diese Maße auf die tausendmal kleinere Gewichtseinheit Milligramm beziehen und erhält dann Millival.

Die Molenziffern sind insofern interessant, als sie vergleichbar sind mit den Indizes einer chemischen Verbindung. Wollte man daher die Beschaffenheit eines Mineralwassers durch eine Verbindungsformel ausdrücken, so brauchte man nur den einzelnen Stoffen die betreffenden Millimolzziffern unterzeilig beifügen. Um dies verständlich zu machen, seien nachstehend einige Beispiele vorgeführt:

Atomgewichte: Wasserstoff $H = 1$, Schwefel $S = 32$, Sauerstoff $O = 16$. Daraus berechnet sich das Molekulargewicht des Schwefelsäuremoleküls $= 98$. Nachdem S und O zweiwertige Elemente sind, d. h. die doppelte Wertigkeit eines H-Atoms besitzen, so stellen sich die auf die

Einwertigkeit ($H = 1$) bezogenen Äquivalentgewichte des S auf $\frac{32}{2} = 16$ und des O: $\frac{16}{2} = 8$.

Es waren dies, wie schon angedeutet, die Verbindungsgewichte der alten Chemie, nach der die Formel der Schwefelsäure $\text{HO}·\text{SO}_3$ gewesen war und das Äquivalentgewicht derselben 49 betrug.

$$\begin{array}{r} \text{H}_2 = 2 \\ \text{S} = 32 \\ \text{O}_4 = 64 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{r} \text{H}_2 \\ \text{S} \\ \text{O}_4 \end{array}} \right\} 98$$

$$\begin{array}{r} \text{H} = 1 \\ \text{S} = 16 \\ \text{O}_4 = 32 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{r} \text{H} \\ \text{S} \\ \text{O}_4 \end{array}} \right\} 48$$

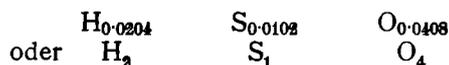
Die unterste Grenze des Kohlensäuregehaltes für Mineralwässer, die noch als Sauerlinge gelten sollen, ist mit 1 g CO_2 , also $\frac{1}{44}$ Mol festgesetzt. Diese enthalten 13.800 Trillionen kleinster Teilchen. Würde man sie eng aneinanderreihen oder auf-fädeln, so könnte man sie rund 100.000mal um den Äquator unseres Planeten wickeln. Nach St. Meyer enthält ein Mensch von etwas über 60 *kg* Gewicht $2 \times 10^{27} = 2000$ Quadrillionen kleinster Teilchen, sohin 3000 bis 4000 mal so viel Molekel als 1 Mol einer chemischen Verbindung kleinste Partikel besitzt. Wie erwähnt, bestehen diese Molekel noch aus Atomen. Und jedes Atom wieder aus einem elektrisch positiv geladenen Kern als »Sonne« eines mikrokosmischen Planetensystems, das aus negativ geladenen Elektronen besteht und wie ein Mückenschwarm um den Kern rotierend zur Vorstellung gebracht werden kann.

¹ Diese abgekürzten, in Klammern beigefügten Bezeichnungen seien hiemit aus Zweckmäßigkeitsgründen in Vorschlag gebracht; desgleichen anstatt Milligrammion: Milliion, analog der schon eingeführten Bezeichnung Millival.

Denken wir uns 1 g (100prozentige) Schwefelsäure analysiert, so würde, zerlegt in die Elemente, gefunden werden:

| | | | | | | | | | | |
|------------|----------------|--|---------------|--|----|--|---------------|--|----------|-----------|
| an H | 0.02041 | \| | dividiert man | \| | 1 | \| | so ergeben | \| | 0.020410 | <i>ga</i> |
| „ S | 0.32653 | | durch die | | 32 | | sich folgende | | 0.010204 | „ |
| „ O | 0.65306 | | Atomgewichte | | 16 | | Quotienten | | 0.040816 | „ |
| | <u>1.00000</u> | | | | | | | | | |

Die Formel dieser untersuchten Säure ist daher



d. h. sie besteht aus 2 Atomen Wasserstoff, 1 Atom Schwefel und 4 Atomen Sauerstoff.

Dividiert man dagegen die analytischen Ergebnisse nicht durch die Atomgewichte, sondern durch die z. T. auch jetzt noch gültigen alten Äquivalentgewichte, so erhält man

| | | | |
|----------------|----------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H...0.02041 | : 1 = 0.02041 | <i>gv</i> | Daraus ergab sich ehemals die alte Formel für die Schwefelsäure: $\text{H}_{0.02} \text{S}_{0.02} \text{O}_{0.08} = \text{HSO}_4 \dots^1$ |
| S...0.32653 | : 16 = 0.02041 | „ | |
| O...0.65306 | : 8 = 0.08163 | „ | |
| <u>1.00000</u> | | | |

Denkt man sich die Schwefelsäure aber in ihre Ionen dissoziiert und führt die Divisionen mit deren Atom-, bzw. Iongewichten einerseits und Äquivalentgewichten andererseits durch, so erhält man

| | | | | | |
|--------------------------------|---------------|--|--------------------------------------|---------------|---|
| $\text{H}_{(2)} \dots 0.02041$ | : 1 = 0.0204 | | : 1 = 0.0204 | <i>gv</i> | |
| $\text{SO}_4 \dots 0.97959$ | : 96 = 0.0102 | | ferner | : 48 = 0.0204 | „ |
| <u>1.00000</u> | <u>0.0306</u> | | die (Doppel-) Summe wäre 0.0408, die | | |
| | = 30.6 | | | <i>mi</i> | |

anzusetzen und zu verwenden aber nicht üblich bzw. zulässig ist, weil sie zusammen doch nur 0.0204 *gv* = 20.4 *mv* Schwefelsäure ergeben im Vergleich zu 30.6 *mm* Schwefelsäure. Die Ionen- bzw. Molenziffernsumme ist daher in diesem und anderen Fällen größer als die (der) Äquivalente; weiters muß die Valsumme der positiven Kationen stets gleich sein der der negativen Anionen, demnach je 100% entsprechen.

Die Atom-(Ion-) und Äquivalentgewichte sind nur bei einwertigen Elementen und Komplexionen ziffermäßig identisch, weshalb in diesen Fällen die gleichen Zahlenwerte für Million (Millimol) und Millival resultieren. Bei zwei- und mehrwertigen Elementen oder Ionenkomplexen ist das zugehörige Äquivalentgewicht die Hälfte bzw. das Drittel, weshalb bei den betreffenden Divisionen eine zwei- resp. dreifach höhere Ziffer für die Millivalbeträge herauskommt. Summiert man die Ergebnisse aus einer Salzgemischlösung, so müßten daher bei einwertigen Ionen auch die Summen für alle Millionen und Millival ident sein. Es ist jedoch, wie früher erwähnt, nur zulässig, die ersteren zu summieren. In den häufigeren Fällen ist daher die *mi*- resp. *mm*-Summe größer als die zugehörige *mv*-Summe.

Promillival- und Promillimolverhältnisse

Diese vielleicht noch unklar erscheinenden Beziehungen werden am besten durch jene Beispiele veranschaulicht, wie sie auf Tafel III vorgeführt sind; diese dürfte auch wesentlich zum Verständnis der komplizierten Lösungen, wie es die Mineralwässer sind, beitragen. Man wird nicht selten über die scheinbare Ungesetzmäßigkeit befragt, die zwischen dem Verhältnis der Ionenziffern in *g* pro 1 *kg* Mineralwasser, sohin zwischen dem Promillegehalt,

¹ Vergl. z. B. die alte Glaubersalzformel Tafel III, Lösung Nr. 7... NaSO_4 .

den Millionen (Millimol) und den Millival zu bestehen scheint. Die Beispiele der zitierten Tafel werden in diese Frage hineinleuchten. Es geht daraus hervor, daß bei Fall 1, 3 und 10 die *mm*-Summe doppelt so groß ist als die *mv*-Summe. In den Fällen 2, 4, 6, 7, 12, 13 und 14 ist die *mm*-Summe geringer, doch immer noch größer als die *mv*-Summe. In den Fällen 5, 8 und 9 sind beide Summen gleich groß; bloß im Falle 11 ist die *mm*-Summe kleiner als die *mv*-Summe. Es hängt dieses Verhältnis der Promillesumme zur Millimol- und Millivalsumme daher hauptsächlich davon ab, welche Wertigkeiten die Bestandteile einer Verbindung besitzen. Daß die *mv*-Summen in den ersten Fällen am kleinsten, in den letzten am größten sein müssen, ist darin begründet, daß die ersten Fälle von Salzen ausgehen, deren gegenpolare Bestandteile hohe Äquivalentgewichte aufweisen, daher die kleinsten Quotienten liefern müssen; die gegenteiligen Fälle bilden die letzten. Man erkennt aus dieser Tabelle leicht, daß die carbonatischen Fälle obenan, die sulfatischen ungefähr in der Mitte und die chloridischen unten zu stehen kommen, was in den absteigenden Äquivalentgewichten 61, 48 und $35\frac{1}{2}$ begründet ist. Je nach dem vorhandenen Metall resp. Metallion und seiner Wertigkeit finden an dem Kontakt der ersten und letzten Fälle Verschiebungen in der Reihenfolge statt.

Aus dieser Tabelle wird sohin ohne weiteres klar, daß das Millimolmaximum bei reinen Kochsalzwässern liegt, das nächste bei erdmuriatischen Kochsalzquellen (Type S. d und S. c¹), dagegen das Millivalmaximum bei natürlichen Mutterlaugen (Totes Meer, Type D. c) sowie in den künstlichen Endmutterlaugen der Salinen auftreten muß. Andererseits das Millimolminimum bei Eisenvitriolwässern, hingegen das Millivalminimum bei Sideritwässern. Die Fälle 1 und 14 werden nicht weiter in Betracht gezogen, weil es Mineralquellen von diesem Hauptcharakter nicht gibt; immerhin kann aber ein erwähnenswerter Gehalt der einen oder anderen Zusammensetzung auf die Endsummen noch fördernd oder abschwächend einwirken. Alles in allem genommen, läßt sich wohl sagen, daß in der *mv*-Konzentration eine viel leichter faßbare Gesetzmäßigkeit liegt, als in der *mm*-Konzentration. Man kann daher, wenn man den in einem Mineralwasser befindlichen Hauptbestandteil kennt, sofort wenigstens annähernd die Äquivalentsumme schätzen. Sie ist bei hochgradigen Natronquellen und selbst bei kalkigen Sodaquellen (erdgalkalischen und alkalischerdigen) sowie den erdigen Magnesitquellen ungefähr das 12- bis 13fache, bei Gypsquellen das 14- bis 15fache, bei Glauber-Bittersalzquellen von gleichem Ausmaß, bei Kochsalzquellen das 17fache und darüber usf. Ich bezeichne daher diese nicht unwichtige Relation zwischen Promillegehalt und Millivalsumme mit dem Namen Promillival-Verhältnis und verwende für das umgekehrte das Zeichen $mv^0/_{00}$.

Auf die gleiche Weise läßt sich auch eine Tabelle der »Promillimolverhältnisse« aufstellen, indem man die vorher bezeichneten Fälle nach folgenden Nummern ordnet: 5, 11, 8, 9, 2, 4, 1, 6, 7, 3, 12, 14, 13 und 10. Die geringste *mm*-Summe weist der erste Fall (Nr. 5) mit $mm^0/_{00} = 13 \cdot 16 : 1$, die größte hingegen der letzte Fall (Nr. 10) mit 34·2 auf. Die Sulfate nehmen den oberen, die Hydrocarbonate den mittleren und die Chloride den unteren Platz ein. Bei den sulfatischen Lösungen beträgt das Promillimolverhältnis 1 : 13 bis $16\frac{1}{2}$, wobei allerdings das Glaubersalz mit 21 *mm* eine Sonderstellung inmitten der carbonatischen Lösungen einnimmt. Bei den letztgenannten beträgt das $mm^0/_{00}$ -Verhältnis das $18\frac{1}{2}$ - bis 24fache, in den chloridischen das 27- bis 34fache.

Mangelhafte und vollständige Analysen

Wenn in vielen Mineralwasseranalysen gewisse Stoffe nicht angeführt werden, so liegt wohl der Grund am häufigsten darin, daß nach ihnen nicht gesucht wurde. Es ist zweifellos ein Übelstand, wenn manche Analysen sogar sehr häufig vorkommende Substanzen, wie Kalium, Eisen oder Mangan nicht anführen, die aber wahrscheinlich vorhanden waren. Man bleibt dann meist im Zweifel, ob der betreffende Bestandteil deswegen nicht angegeben ist, weil er tatsächlich nicht vorhanden, d. h. quantitativ, vielleicht nicht einmal qualitativ bestimmbar war, oder weil auf seine Anwesenheit nicht abgezielt, somit dessen Menge nicht ermittelt worden ist. So kann beispielsweise wohl Brom ohne Jod in einem kochsalzreichen Mineralwasser vorkommen; die Anwesenheit von Jod aber hat in den allermeisten Fällen das Vorhandensein von Brom zur förmlichen »Voraussetzung«, u. zw. aus genetischen Gründen. Wo in Analysen Jod neben Chlor allein angeführt wird, kann fast immer angenommen werden, daß auf Brom nicht geprüft, also

¹ Auf die Typen der Mineralwassercharaktere wird noch später ausführlicher eingegangen werden.

letzteres quantitativ nicht ermittelt wurde, weil das Jod so wie das Lithium, Radium usw. zu den »Modestoffen« in Mineralwässern gehört, nicht aber das Brom. Von offensichtlich unvollständigen, nur Na und Ca oder nur SO_4 und CO_3 enthaltenden und doch »übereinstimmenden« (wohl mit Hilfe der Kohlensäure aufgekünstelten) Analysen sei hier gar nicht viel gesprochen; wenn eine solche Salztabelle hierauf auseinandergerechnet wird, müssen sich dann, wie bei irgendeiner gegebenen heteropolaren Verbindung, freilich übereinstimmende Äquivalentsummen ergeben. Zwar gibt es Mineralwässer, die absolut frei sind von Cl^- oder SO_4^- oder HCO_3^- -Ionen; das sind jedoch andere, wohl begründete Beschaffenheiten, als hier gemeint sind.

Viele Mineralwasseranalysen lassen übrigens auch Stoffe vermuten, die dem betreffenden Wasser einen sehr bemerkenswerten sekundären Charakter aufprägen würden, wie das Strontium, Zink, Arsen usw. Daß darauf in früherer Zeit vielfach nicht geprüft wurde, beweisen spätere Feststellungen, die die betreffende Quelle geradezu zu einer Strontium- oder Arsenquelle gestempelt haben. Auch nach anderen Stoffen, die ihrem Wesen nach sehr interessant sind — ich erwähne nur das in ungarischen Schwefelthermen einige Male aufgefundene Carbonylsulfid oder Kohlenoxysulfid CO.S — wird vielfach gar nicht geprüft.

Wieder andere, die zwar zu den sehr häufigen aber nicht immer ermittelten Substanzen gehören, können schließlich und endlich auch in so geringen Mengen vorkommen, daß sie einfach absichtlich vernachlässigt werden, wie z. B. die Phosphorsäure, die dann gegebenenfalls in dieser verschwindenden Menge in der Tat ohne jegliche geologische oder medizinische Bedeutung sein mag. (Es spielt auch die Kostenfrage hierbei mit; denn die Bestimmung wertloser Stoffe geringsten Ausmaßes ist zeitraubend und kommt teuer zu stehen.) Man kann solchen Stoffen, die dann sehr häufig unter den normierten Grenzwerten zu liegen kommen, nicht einmal mehr einen sekundären oder Nebencharakter zusprechen, sondern müßte sie gewissermaßen qualitativ zu den ternären oder irrelevanten Bestandteilen rechnen, namentlich in medizinischer Hinsicht. In analytischer dagegen haben sie doch eine gewisse Bedeutung; denn es ist klar, daß bei Vernachlässigung einer ganzen Reihe von in sehr geringer Menge vorhandenen Stoffen diese in ihrer Gesamtheit doch eine Ziffer ergeben, die die absolute Vollständigkeit einer Mineralwasseranalyse, wie sie in der Identität der *mv*-Summen zum Ausdruck kommen soll, beeinträchtigen kann. Es besteht dann eine Differenz insofern, als entweder die Summe der Kat- oder der Anionen größer ist. Freilich geben selbst sehr sorgfältige, eingehendste Analysen aus der jüngsten Zeit noch immer nicht absolut übereinstimmende Summen, die möglicherweise z. T. auf die früher erwähnten Vorgänge oder besondere konstitutive Umstände zurückzuführen sind.

Ein geradezu klassisches Beispiel unfäßbarer Analysendifferenzen, die in nichts anderem, als in ganz unglaublichen Fehlerquellen begründet sein können, habe ich an einem anderen Orte eingehend besprochen.¹

Es sei hier noch an die Perrinschen, in anderer Hinsicht vorgenommenen, Untersuchungen erinnert, wonach negativ geladene, sohin zur Anode wandernde Suspensionen bei Anwesenheit von HO^- -Ionen stabil, bezw. kolloidal, dagegen durch H^+ -Ionen ausgeflockt werden. Damit stehen auch die Untersuchungsergebnisse von G. Bodländer über die Dialyse resp. Klärung von Kaolintrübungen durch Elektroosmose in Einklang. Positiv geladene Schwebestoffe verhalten sich nach den Untersuchungen anderer Forscher gerade entgegengesetzt; so wird kolloidales Eisenoxyd durch Alkalispuren ausgeflockt, durch Säurespuren dagegen stabiler, bezw. nicht beeinflusst.

Es kommt nicht selten vor, daß eisenhaltige Mineralquellen bereits molkig aus der Fassung treten, welche gelblich trüber »Stich« nicht auf mechanisches Mitbringen von aufgewirbeltem Ocker zurückzuführen ist, vielmehr einem der vermuteten Stadien entspricht, wo während der Probeentnahme chemische Bestandteile vielleicht in Sol-, sicher aber in Kolloidform vorhanden gewesen sind.²

Es wäre wünschenswert, wenn geeignete Mineralwässer auf die oben vermuteten Möglichkeiten, bei welchen vielleicht auch unausgesetzt tätige Erdströme mitwirken, geprüft würden. Vielleicht fände sich dann eine teilweise Erklärung für manche, wenn auch sehr geringe Unstimmigkeit selbst in neueren sorgfältig vorgenommenen Analysen. (Vergl. auch die Fußnote 2 auf Seite 58.)

¹ Mitteilungen des Volksgesundheitsamtes (Wien 1923), Nr. 12, S. 471.

² Es kann dann manchmal fraglich bleiben, ob nur die filtrierte Probe oder auch das Sediment in die Untersuchung einzubeziehen resp. in der Gesamtdarstellung der Analyse anzuführen ist. Letzteres sicher dann, wenn die Trübung erst beim Absetzen einer völlig klar gewesenen Wasserprobe eingetreten ist, wobei jedoch das entgangene Gegenion (meist HCO_3^-) rechnerisch in Betracht zu ziehen ist.

Den Ausgangspunkt für die Vorführung der chemischen Beschaffenheiten im vorliegenden Werke bildeten vornehmlich die schon im Österreichischen Bäderbuch vom Jahre 1914 enthaltenen Analysen. Soweit bei dieser Revision Fehler gefunden wurden (z. B. bei Gastein), sind sie eliminiert worden. Bei manchen, zumal älteren Analysen, die schon ehemals nicht mit Verwendung der neueren Atomgewichte auf die Ionenform umgerechnet worden waren, wurde auf eine solche z. T. verzichtet, da die damaligen Analysenfehler sicherlich größer waren, als die unterschiedlichen Ergebnisse bei Verwendung abweichender Atomgewichtszahlen wären. Bemerkenswert sei bezüglich der fraglichen Vollständigkeit aber noch, daß bei den meisten Analysen offensichtlich auch nicht auf alle absorbierten Gase abgezielt worden war, wie denn weiters in den häufigsten Fällen keine Untersuchungsergebnisse der spontan in Blasenform entweichenden Quellengase vorliegen.

KONSEQUENZEN DER LÖSUNGSKONZENTRATION

Wir haben früher die Ionen als stark geladene Atome oder Atomkomplexe kennen gelernt und vernommen, daß die Ionisation der gelösten Verbindungen um so größer ist, je stärker die Verdünnung. Eine wesentliche Folge des verschiedenen Stoffausmaßes, das wir in der Konzentration ziffermäßig zum Ausdruck bringen, bilden eine Reihe physikalischer Eigenschaften der Mineralwässer, wie die elektrolytische Leitfähigkeit, der osmotische Druck und die Gefrierpunktniedrigung. Wir haben schon mit dem Schulbeispiel angedeutet, daß nur die einfachen und die Komplexionen den elektrischen Strom leiten; deshalb bildet auch die Leitfähigkeit eines Mineralwassers einen Maßstab für den Grad der Ionisierung.

Eine weiteren Kreisen weniger bekannte Erscheinung betrifft die Osmose. Man versteht hierunter (spez. unter Lösungsdiffusion) das Austauschbestreben zwischen verschiedenen konzentrierten (hermetisch abgeschlossenen) Lösungen durch eine permeable Membran hindurch. Es wandern einerseits Salzbestandteile der stärkeren Lösung zur schwächeren und umgekehrt Wasser von dieser zu jener. Das Endergebnis ist ein Lösungsgleichgewicht. Ist die Trennungswand sehr schwer durchlässig, so können gegebenenfalls nur gewisse Mengen des Lösungsmittels (Wasser) der schwächeren Lösung in die stärkere gelangen, nicht aber gelöste Salzteilchen von der letzteren zur ersteren. Infolge Behinderung des gegenseitigen Austausches, also der wechselseitigen osmotischen Tendenz, wird der Gegendruck auf der einen Seite schließlich so groß, daß dem Eindringen von Wasser ein Ziel gesetzt wird. Dieser, von den an der Durchwanderung gehinderten Salzteilchen herrührende Drucküberschuß wird osmotischer Druck genannt. Derselbe kann gemessen werden und ganz respektable Werte annehmen, wie aus den folgenden Beispielen hervorgeht; er steigt besonders mit einseitig zunehmender Konzentration, aber auch mit höherer Temperatur.

| | Konzentration | Ionensumme | Millival | Osmot. Druck | Gefrierpunkt |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------|--------------|--------------|
| Badgastein | akratisch | 0·34‰ ₀₀ | 4·7 <i>mv</i> | 0·2 Atm. | —0·01 °C |
| Bad Vöslau | » | 0·66 | 9·1 | 0·37 | —0·03 |
| Mineralwässer von etwa . . | (hypotonisch) | 6—6·5 | 82·5—87·5 | 3·5 | —0·29 |
| Bad Ischl (Maria Luisenqu.) . | » | 7·9 | 131·3 | 4·96 | —0·4 |
| Physiologische Kochsalzlösung | isotonisch ¹ | ca. 9·0 | 150—153 | ca. 7·7 | ca. —0·57 |
| Bad Hall (Margaretenquelle) | hypertonisch | 14·36 | 244·0 | 10·66 | —0·88 |

Aus dieser kleinen Tabelle, in der auch die Gefrierpunktsdepressionen eingetragen wurden, geht die bekannte Tatsache hervor, daß salzreichere Lösungen eine stärkere Erniedrigung ihres Gefrierpunktes aufweisen als salzarme. Durch besondere kryoskopische Ermittlungen läßt sich der Gefrierpunkt einer Lösung oder eines Mineralwassers und daraus sowohl der osmotische Druck wie auch die Konzentration berechnen.

CHARAKTER DER QUELLENGASE

Nachdem vorher über den Chemismus des Wasseranteiles einer Mineralquelle eingehender abgehandelt wurde, ist es wohl am Platze, auch über die Beschaffenheit der Quellengase einige Worte beizufügen, obwohl schon aus dem geologischen Teil, wie namentlich aus der Tabelle auf Tafel II diesbezüglich manches zu ersehen ist. Es wäre nur noch nachzutragen, welche Gasvergesellschaftungen sich am häufigsten in Mineralquellen einstellen; dies soll an einigen Beispielen österreichischer Vorkommnisse vorgeführt werden.

¹ Entsprechend der Konzentration des menschlichen Blutserums = 300—306 Millimol. (Vergl. Tafel III, Lösung Nr. 10...9×34 *mm* oder 2×153 *mv*, da das *mm/mv*-Verhältnis 2:1 ist.)

VOLUMPROZENTIGE ZUSAMMENSETZUNG EINIGER BETA-GASE ÖSTERREICHISCHER
THERMAL- UND MINERALQUELLEN

| | Gleichenberg (Konstantinquelle) | Kurort Sauerbrunn | Bad Einöd ¹ | | | Zum Vergleiche | | Bad Vöslau | Badga- stein | Baden b. W. | | Traun- see (Sumpf- gas) | Wels ² (Erd- gas) | Bad Hall (Va- lerie- quelle) |
|-----------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|----------------|---------------------------------------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|
| | | | Neue Quelle und Stahl- quelle | Georgs- quelle | Schwimm- badquelle | Luft | Starke Exha- lation b. St. Aegyda. N. | | | (Josefs- quelle) | (Ur- sprung) | | | |
| Kohlen- oxyd CO | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1·2 | — |
| Kohlen- säure CO ₂ | 97·63 | 91·75 | 73·0 72·5 | 54 | 20·3- 15·2 | 0·04 | Spuren | 1·2 | 2·86 | 1·69 | 2·96 | 6·03 | 0·7 | 1·4 |
| Sauer- stoff O | 0·24 | 0·00 | Spuren | — | 1·7- 2·0 | 20·99 | 18 | 7·8 | 2·36 | — | — | — | 1·9 | — |
| Edelgase u. Stick- stoff N | 2·13 | 8·25 | 27·0 27·5 | 46 | 78·0- 82·8 | 78·97 | 82 | 91·0 | 94·78 | 98·31 | 97·04 | 15·58 | 16·5 | 2·5 |
| Methan CH ₄ | 0·00 | 0·00 | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | — | — | 78·39 | 79·7 | 96·1 |
| Schwefel- wasser- stoff SH ₂ | 0·00 | 0·00 | Spuren | — | — | — | 0 | 0 | 0 | Spuren | Spuren | — | — | — |
| Charakter | mofettisch (carbonisch) | | azotocarbonisch bis carbazotisch | | | oxyazotisch | | azotisch | | (sulf)azotisch | | azoto- methanisch | | metha- nisch |

¹ Die Beschaffenheit des Mineralwassers selbst ein und derselben (Georgs-) Quelle ist nach verschiedenen, direkt widersprechenden Analysen noch völlig ungeklärt. Mit Ausnahme einer, sind von den übrigen alten Quellen, wie auch von der 1924 erschlossenen neuen leider keine Analysen vorgenommen, sondern bloß die obzitierten Gase untersucht worden. Es wäre nicht ausgeschlossen, daß es sich um ein habituelles Sauerbrunngebiet handelt, in das überdies noch Akratothermen einmünden, da die Quellengase stellenweise stickstoffreicher sind, ja geradezu den umgekehrten Typus aufweisen; sie schwanken selbst an ein und derselben Stelle (Schwimmbad), was bislang nur von einer Quelle (in Deutschland) begründeter und markanter festgestellt worden ist. Das ganze Quellengebiet von Bad Einöd und seine Beziehungen zum Grundwasser sind bisher noch unerforscht und auch unsaniert geblieben.

² Die Beschaffenheit dieses Gases wurde nur wegen des Vergleiches mit dem Faulschlammgas vom Traunseeufer bei Gmunden angeführt, mit dem es in den Hauptbestandteilen gut übereinstimmt. Die übrigen Analysen der Welsler Leucht- und Brenngase, welche alle mehr oder weniger mit Jodwässern in genetischen und zum Teil auch topischen Beziehungen stehen, sind methanreicher. Einige stimmen mit den Quellengasen der Jodwässer von Bad Hall fast überein, z. B. CH₄ = 96·2, C_nH_m = 0·69, N = 2·32, O = 1·63 und CO₂ = 0·16.

Einzelne Welsler Erdgase haben freien H (bis 3·8), andere wieder CO (bis 5·6); in einem wurde 0·01 Vol.-% He nachgewiesen. Hierzu sei noch bemerkt, daß die heliumreichen Erdgase der Vereinigten Staaten von Nordamerika nicht diesen hochbrennwertigen, stickstoffarmen Naturgasen, sondern dem gegenteiligen (methanazotischen) Mischungstypus entsprechen, der CH₄-arm und N-reich ist und infolgedessen nur einen geringen Heizeffekt besitzt.

MINERALWASSERTYPEN

Mancher, der sich mit der chemischen Beschaffenheit der Mineralquellen beschäftigt, ob Arzt, Chemiker oder Geologe, wird vielleicht den Mangel knapper Ausdrucksformen für den so außerordentlich verschiedenen Quellenchemismus empfunden haben, besonders wenn die vielen Wassercharaktere im Gedächtnis bleiben oder dieselben zum raschen Vergleich kommen sollen. Man hat die kompliziertesten chemischen Verbindungen in Formeln gebracht, hat für die Zusammensetzung der Meteoriten Formentypen aufgestellt usw. Für die vielgestalteten Mineralcharaktere der Heilquellen aber hat es bisher an einem solchen Hilfsmittel gefehlt. Obwohl für den eigenen Gebrauch schon seit Jahren in Verwendung genommen, war ich mit »Mineralquellentypen« erst 1922 gelegentlich eines Vortrages¹ in Franzensbad hervorgetreten, weil der Vergleich der

¹ Die neuen Sprudel und Edelquellen Franzensbads (ebenda 1922).

dortigen neuerbohrten Quellen unter sich, wie mit den früheren und auswärtigen Glaubersalzquellen vor einem ärztlichen Forum an der Hand von Analysentabellen und selbst graphischer Darstellungen unmöglich zu dem gewünschten Verständnis geführt hätte.¹ Man mag bezüglich der detaillierten Analysentabellen überzeugt sein, daß sie von der chemischen Beschaffenheit eines Mineralwassers jenes Bild entwerfen, das nur größte analytische Mühe und wissenschaftlicher Scharfsinn zu geben vermag. Um sich die Hauptcharaktere aber einzuprägen, um raschestens Vergleiche anstellen und auf packende Unterschiede verweisen zu können, wie namentlich auch, um über ganze Quellengruppen sofort diskutieren zu können — dazu eignen sie sich nicht. Dazu sind sie mit ihren vielstelligen Zahlen zu unübersichtlich und erfordern auch zu viel Raum. Um diesem Nachteil der Unübersichtlichkeit zu begegnen, hatte ich damals die Ionendarstellung in Konzentrationsprozenten eingeführt und später mehrmals in Vorschlag gebracht, wie denn auch, daß man die alten Thanschen Äquivalentprozente (Valprozente) grundsätzlich wieder in Verwendung nehmen sollte.² Diese beiden prozentualen, vom jeweiligen Gesamtgehalt unabhängigen Ausdrucksweisen (Konzentrationsprozente und Äquivalentprozente) sind denn auch in dem balneographischen Abschnitt des vorliegenden Werkes aufgenommen worden. Daß beide Kolonnen übrigens auch allein genügen, habe ich bei späteren Anlässen mehrmals hervor-gehoben.³

In der Folgezeit hat sich die weitere Notwendigkeit ergeben, sich dieser Formeln zu bedienen; nicht bloß zur Verständlichmachung unterschiedlicher Quellenanalysen eines und desselben Kurortes,⁴ ferner zwecks rascherer Übersichtsgebung, systematischer Anordnung und Nebenreihung der Mineralquellen eines bestimmten Gebietes,⁵ sondern auch bei Gelegenheit einer unvorhergesehenen Wechselrede, die ohne Zuhilfenahme meiner Gedächtnisformeln ganz ausgeschlossen gewesen wäre.⁶

Bemerkungen über die Anwendbarkeit dieser symbolischen Ausdrucksweise sind bisher nur von einer Seite veröffentlicht worden.⁷

Die verwendeten Typenformeln bedürfen keines großen Raumes und keiner vielstelligen Zahlen. Sie lassen sich mit wenigen Buchstaben und Ziffern niederschreiben; wenn dies auf einer Tafel erfolgt, kann die Hörerschaft dem Vortragenden oder Gegenredner ohne weiteres folgen. Ein Blick auf die Beispiele der Seiten 37 (oben) sowie 64—66 wird dies bestätigen.

Um diese knappe Ausdrucksweise zu ermöglichen, ist vorerst die Analyse in Äquivalentform, oder noch besser, in Äquivalentprozente ausgedrückt, erforderlich. Man zielt zunächst auf die vorwaltendsten Kat- und Anionen ab und untersucht, ob eine ausgesprochene oder annähernde Isovalenz vorhanden ist. Damit bezeichne ich die beiläufige ziffermäßige Übereinstimmung der Äquivalentmengen eines Kations und eines oder zweier Anionen und umgekehrt, zwischen einem Anion und einem oder zwei Kationen in der betreffenden Mineralwasseranalyse. Am augenfälligsten drückt sich die Isovalenz in den Valprozente aus, die man den supponierten Verbindungen, wie wir gleich sehen werden, als Maße beisetzen kann. Um diese in Wirklichkeit aber keineswegs als komplexe Verbindungen vorhandenen Spaltungsprodukte nicht durch chemische Formeln ausdrücken zu müssen und überdies in eine gedrängtere Form bringen zu können, empfiehlt es sich für je zwei Gegenionen einen bestimmten Buchstaben zu wählen, wie in der folgenden Reihe angeführt ist:

¹ Die spontane Anerkennung, die mir damals über diese Darstellungsweise aus dem Kreise der Zuhörerschaft vielseitig zugekommen war, hat mich bestärkt, auf dem eingeschlagenen Weg auch bei späteren Gelegenheiten zu verbleiben.

² (Letztere Bezeichnung ist der von mir früher verwendeten »Thanprozente« vorzuziehen.)

Es hätte das Gute, daß den betreffenden Analytikern die schon früher berührten Unstimmigkeiten vielleicht fehlerhafter oder unvollständiger Untersuchungsergebnisse mehr zum Bewußtsein kämen, als nach den Äquivalentsummen allein, die ja bei fehlerloser und vollständiger Analyse schon »äußerstengrades« übereinstimmen sollen. Nur dürfen dann nicht erheblicher differierende Summen jeweils gleich 100 gesetzt werden, sondern stets nur die größere; die kleinere ergibt dann eben nicht 100^{0/0}. Es bleibt eine Differenz, in der sich alles Mangelhafte summiert (analytische Ungenauigkeiten wie beim Filtrieren und Wägen, Unempfindlichkeiten der Wagen, Unvollständigkeiten der Bestimmungen, Verwendung unrichtiger Atomgewichte, Rechenfehler u. dgl.).

³ Das Geheimnis von Badgastein. — Kurzeitung (Gastein 1924). — Geologie des Kurortes Vöslau und sein Thermalquellenphänomen. — Festschrift (ebenda 1926)

⁴ Bad Einöd in Steiermark. — Mitteilungen des Volksgesundheitsamtes (Wien 1923).

⁵ Die geologischen und chemischen Verhältnisse der Heilquellen Österreichs. — Mitteilungen des Volksgesundheitsamtes (Wien 1924).

⁶ Die Mineralquellenprovinz der Südost-Steiermark. (Diskussion Leoben 1924). — Internat. Zeitschrift für Bohrtechnik. (Wien 1925).

⁷ R. Drahan: Typenformeln der Mineralwassercharaktere nach Knett. — Internat. Mineralquellen-Ztg., (Wien 1924/25).

| | für isovalente Mengen von | wie in | | |
|-----------------------|------------------------------------------|--------|--------------------|--------------------------|
| j | NH ₄ - und Cl-Ionen | ..... | Salmiak | |
| i | K- » » » | ..... | Sylvin | |
| s | Na- » » » | ..... | Steinsalz | |
| c | Ca- » » » | ..... | Calciumchlorid | |
| d | Mg- » » » | ..... | Magnesiumchlorid | |
| r | Fe- » » » | ..... | Ferrichlorid | |
| l | Al- » » » | ..... | Aluminiumchlorid | |
| f | NH ₄ - » SO ₄- » | ..... | i. d. Suffioni | |
| u | K- » » » | ..... | Kaliumsulfat | |
| g | Na- » » » | ..... | Glaubersalz | |
| y | Ca- » » » | ..... | Gyps | |
| b | Mg- » » » | ..... | Bittersalz | |
| v | Fe- » » » | ..... | Eisenvitriol | |
| z | Cu- » » » | ..... | Zementwasser | |
| a | Al- » » » | ..... | Alaun (z. T.) | |
| h | NH ₄ - » HCO ₃- » | ..... | Hirschhornsalz | |
| p | K- » » » | ..... | Pottasche | (in kohlensaurer Lösung) |
| n | Na- » » » | ..... | Natron, Soda | » » » |
| k | Ca- » » » | ..... | Kalk | » » » |
| m | Mg- » » » | ..... | Magnesit | » » » |
| e ¹ | Fe- » » » | ..... | Eisenspat, Siderit | » » » |

Damit erscheinen die wichtigsten Gegenüberstellungen angeführt, die den primären, den chemischen Hauptcharakter eines Mineralwassers in den allerhäufigsten Fällen ausmachen können. Der vorherrschendste kommt in dem ersten Buchstaben mit höchster Isovalenzziffer, wenn nicht erschöpfend, so zuzüglich der nächstfolgenden mindestens im Summenausmaß von 90 Valprozenten zum hinreichenden Ausdruck. Dazu sei bemerkt, daß die Aufstellung der dritten oder vierten Formelbuchstaben manchmal auf Zweifel stößt, doch ist es meist schon ohne Belang, ob die eine oder andere »Verbindung« zur Annahme gelangt.

Ist keine Isovalenz vorhanden, dann liegt kein annähernd eindeutiger, sondern ein zwei- oder mehrdeutiger Mineralisierungscharakter vor. Dies ist namentlich dann der Fall, wenn es sich um mehrbasige und zugleich mehrsaurige Mineralwässer handelt. Es sind das jene Fälle, die schon seinerzeit, wie Lersch hervorhob, ganz unbestimmte, beziehungsweise offensichtlich widersprechende Salzkombinationstabellen zur Folge hatten und im Anwendungsfalle auch noch gegenwärtig haben. Einbasige oder einsäurige Mineralwässer sind natürlich stets eindeutigen Charakters.

Durch Zusammenziehung isovalenter Äquivalentmengen von Kat- und Anionen, geordnet nach ihren prozentualen Ausmaßen, können die leichtfaßlichen Typen aufgestellt werden, die nichts anderes besagen sollen, als daß diese oder jene Ionen vorherrschen und in einem ziffermäßigen, stets vergleichbaren Relativausmaß ausgedrückt werden können. Nicht das Vorhandensein bestimmter Salzverbindungen soll damit behauptet, sondern lediglich ein knapper Ausdruck für die wichtigsten Salzbestandteile gefunden werden, an Stelle der vielziffrigen, nur schwer faßbaren Dezimalzahlen. Dem ersten (groß zu schreibenden) Buchstaben ist die Konzentrationsziffer in Promille (oder richtiger in *mg*-Äquivalenten) voranzusetzen. Jedem einzelnen, in absteigender Reihenfolge anzuordnenden Buchstaben werden die zugehörigen Äquivalentprozentziffern gleichfalls als Index beigefügt. In dieser Reihenfolge drückt sich der chemische Hauptcharakter eines Mineralwassers, wie schon bemerkt, dann hinreichend aus, wenn die Indexsumme mindestens 90 Thansche Äquivalentprocente beträgt. Je weniger Buchstaben eine Typenformel erfordert, desto einfacher ist der Wassercharakter gestaltet und je größer der Unterschied der aufeinanderfolgenden Indexziffern, desto eindeutiger und markanter ist der Hauptcharakter.

Alle geringeren, sohin unter 10⁰/₀ gelegenen sekundären Stoffe können, in Klammer gesetzt, die Formel zum Abschluß bringen. Will man außerdem die in noch geringeren Mengen vorkommenden, medizinisch bedeutsamen Nebenstoffe zur Anführung bringen, so können mit Vorteil griechische Buchstaben in Verwendung kommen; man kann diesen besonderen sekundären Charakter sohin am Schluß der Typenformeln noch hinreichend andeuten. Mit der Bezeichnung

¹ Das Vorhandensein von Ferri-Ionen kann durch einen Strich (é) über dem betreffenden Buchstaben bezeichnet werden, die Anwesenheit von Carbonationen durch Unterstreichung (n). — So enthält z. B. das Wasser des Neusiedler Sees nach den älteren Analysen nur Natrium(mono)carbonat (Waschsoda).

sekundärer oder Nebencharakter soll keineswegs gesagt sein, daß derselbe in allen Fällen geologisch oder medizinisch etwas Nebensächliches beinhaltet, sondern nur, daß die betreffenden Stoffe gegen die übrigen quantitativ stark zurücktreten. Das schließt nicht aus, daß es sich gegebenenfalls um Bestandteile handelt, die entweder wichtige genetische Schlüsse geologisch-hydrologischer Natur zulassen oder besondere pharmakologische Wertstoffe darbieten.

Die in Mineralwässern fast immer unter dem Ausmaß von 10 Valprozenten, sehr häufig sogar unter 1 % gelegenen Nebenbestandteile, die den gemeinten sekundären Charakter betreffen können, sind vor allem folgende Ionen, denen die vorgeschlagenen Zeichen sowie die von L. Grünhut normierten Mindestmaße beigelegt werden:

| | | | |
|---------------------------|--------------------|------------------------------|------------|
| Ammonium | o | Jod | ι (1 mg) |
| Lithium | λ (1 mg = 0.001 ‰) | Sulfid | φ |
| Strontium | ζ (10 mg = 0.01 ‰) | Thiosulfat | ϑ |
| Mangan | ν | Hydrophosphat | π |
| Zink, Nickel, Cobalt usw. | κ ¹ | Hydroarsenat | ρ (1.3 mg) |
| Eisen | η (10 mg) | Nitrat | τ |
| Aluminium | ά | | |
| Fluor | ω (2 mg) | weitere Meta-Borsäure | χ (5 mg) |
| Brom | μ (5 mg) | dann freie Schwefelsäure (H) | Σ |
| | | und freie »Lauge« (HO-Jonen) | Λ |

Geringe Mengen von Chlor-, Sulfat- oder Hydrocarbonat-Ionen, demnach von Chloriden, Sulfaten oder Carbonaten, deren Trennung nach Kationen bedeutungslos oder überdies schwierig wäre, können durch δ, σ und γ angemerkt werden.³

Der chemischen Formel des im Mineralwasser vorherrschend absorbierten Quellengases wird, wenn es das normierte Mindestmaß überschreitet, das Zeichen α, dem blasenförmig entweichenden β vorangesetzt. Sind beide Gasarten an einer Quelle vorhanden, so empfiehlt es

sich, dieselben in Bruchform $\frac{\beta}{\alpha}$ anzuführen und das chemische Zeichen danebenzusetzen, z. B.

$\frac{\beta N}{\alpha CO_2}$ oder $\frac{\beta}{\alpha} CO_2$. Sind die Alphagase (wie das Kohlendioxyd in den Halbsäuerlingen) nur in geringem Maße vorhanden, kommt das Zeichen (α CO₂) in Klammer; desgleichen, wenn die betreffende Quelle nur minimale Mengen von Betagasen exhaliert, wie in Gastein (β N). Gelöste Emanation (bezw. erwiesenes Radium) wird durch ψ, (Ψ) bezeichnet, was überhaupt als Zeichen für geringe oder hohe Radioaktivität gelten kann.

Die Abgrenzung des Begriffes »Nebenstoffe« ist leichter als der der besonderen Wertstoffe, die ihrerseits meist nur einen Bruchteil des ziffermäßigen Nebencharakters ausmachen. Es handelt sich demnach um sehr geringfügige Zahlen, und es wird — wie bei einem besonderen Anlaß⁴ ausgeführt und tabellarisch⁵ belegt wurde — einleuchten, daß diesbezüglich nicht die absolute Menge dieser seltenen oder wirkungsvollen Substanzen allein maßgebend sein kann, sondern auch das Verhältnis zur Gesamtstoffmenge. Die Wirksamkeit eines solchen Wertstoffes wird in schwach konzentrierten Wässern weit mehr zur Geltung kommen als in konzentrierten. Sie wird mit dem Anwachsen der übrigen Bestandteile schließlich dermaßen zurückgehen, daß ihre pharmakologische Bedeutung zur völligen Einbuße gelangen, bezw. ihre fragliche Wirkung völlig übertönt werden muß. Mit anderen Worten, mathematisch ausgedrückt, es wird die bezügliche Relativziffer immer geringer, so daß es erforderlich wäre, neben der absoluten (unteren) Grenzziffer auch eine relative (Konzentrationsprozent-) Ziffer zu normieren, deren Unterschreitung dann, trotz hinreichenden absoluten Ausmaßes, die Aberkennung der Einreihung in eine Nebenklasse zur Folge hätte.

¹ In früheren Publikationen wurde das κ für geringe Kaliummengen angesetzt, was hiemit fallengelassen wird, da hierfür eine andere Bezeichnungsmöglichkeit vorhanden ist. Der von mir für das HS- resp. Sulfid-Ion und im weiteren Sinne für Schwefelquellen überhaupt seit jeher verwendete Buchstabe phi ist in dem Vortragsabdruck »Die geologischen und chemischen Verhältnisse der Heilquellen Österreichs« (Wien 1924) infolge Irrtums des damaligen Setzers durch ein psi vertauscht worden.

² Titrierbarer Gesamtschwefel von HS, S₂O₃ und H₂S ... 1 mg.

³ In dem Rest, der sich rechnerisch nach Ausscheidung der Hauptcharakterionen ergibt, finden sich nämlich alle nur wenige Procente ausmachenden Ionen zusammen, deren Aufteilung für die Zwecke der Typenformelaufstellung nicht nur überflüssig wäre, sondern mitunter auch recht zweifelhafte Ionengesellschaften ergeben würde. Es unterbleibt daher besser eine restlose Ausdeutung. Am zulässigsten erscheint noch die Anführung oder Zusammenziehung in der oben angedeuteten Form für Eisen-, Mangan-, Chlor-, Sulfat-Ionen usw.

⁴ Bad Einöd in Steiermark, I. c.

⁵ Die geologischen u. chemischen Verhältnisse der Heilquellen Österreichs, I. c.

Man könnte diese Verhältniszahl z. B. für Eisenquellen gefühlsmäßig etwa mit 0·5 Konzentrationsprozent ansetzen; alle unter dieser Grenze gelegenen Relativwerte werden dann hinsichtlich ihrer fraglichen Wirksamkeit, wegen der salzreichen Konzentration des betreffenden Wassers, vernachlässigt werden können, selbst wenn es sich um, absolut genommen, erhebliche Ziffern für den Wertstoffgehalt handelt. Überdies kommen überoptimal konzentrierte Mineralwässer zur Trinkkur gar nicht mehr in Betracht. So entspricht in einem isotonisch konzentrierten Mineralwasser ein absoluter Eisengehalt von 25 mg Fe-Ion nur 0·3 Konzentrationsprozent, in einem »mittelakratischen« jedoch etwa 5 Konzentrationsprozent.

Mit letzterer Betrachtung gelangen wir zum gegenteiligen Extrem, das jene Fälle bilden, wo wegen der allgemeinen Stoffarmut des Wassers ein besonderer Nebenbestandteil, absolut selbst unter dem angenommenen Mindestausmaß liegend, zum relativen Vorherrschen gelangt. Hier steht trotz hoher Konzentrationsprozentziffer schließlich die Unwirksamkeit des Wertstoffes wegen zu geringen absoluten Ausmaßes ebenso außer Zweifel wie im früher gedachten Gegenfalle. Wie bei stoffreichen Mineralwässern die Normierung eines Mindestausmaßes in absoluten Ziffern versagt, sondern in Konzentrationsprozenten erfordert, ist umgekehrt bei sehr stoffarmen Wässern selbst ein hoher Relativgehalt bedeutungslos, wenn er sich auf eine zu geringe absolute Wertmenge bezieht. Dagegen hat hier, d. h. bei tunlichst niederen hypotonischen oder gar akratischen Konzentrationen, die Normierung eines absoluten Mindestmaßes ihre größte Berechtigung, denn hier muß dem betreffenden Wertstoff sein höchster Wirkungsgrad zukommen.

Wollte man diese Übergrenzfälle dennoch wegen geologischer oder medizinischer Gesichtspunkte festhalten, so bezeichne man sie dementsprechend; etwa wie dies hinsichtlich der »kühlen« oder lauen Warmquellen (relativen Thermen) üblich ist, als relative Lithiumquellen (Badgastein) oder als relatives Bromwasser (Steinsalzsoolen des Salzkammergutes) usf.

| Beispiele: | Total- konzentration | — absolut n. Grünhut | relativ nach Knett |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Untester Grenzwert für Lithiumquellen Badgastein | — 0·33 g | 1 mg Li 0·2 » » | 0·01 Konzentrationsprozent Li » » |
| Unterste Grenze für Bromwässer | — | 5 » Br | 0·1 » Br |
| Ausser Soole | 270·1 g | 50 » » | 0·02 » » |

Alle Mineralwässer hingegen, deren besondere Wertstoffe sowohl absolut wie relativ das normierte Minimum überschreiten, haben Anspruch auf Hervorhebung ihres besonderen Nebencharakters, daher auch auf Einstellung in die betreffende Nebenklassenreihe (Strontiumquellen, Jodquellen usw.); z. B. Badgastein als echte Fluorquelle:

| | | | |
|--------------------------------------|--------------------------|------------|-------------------|
| Absolutes Mindestmaß für Fluorwässer | 2·0 mg F | Badgastein | 2·5 mg F |
| Angenommenes Relativ-Mindestmaß | 0·2 Konz. %/o F. | „ | 0·75 Konz. %/o F. |

Auch bezüglich anderer Nebenstoffe, wie der freien Säuren und Gase, gäbe es Betrachtungen anzustellen, doch soll hier nur noch hinsichtlich der freien Kohlensäure eine Bemerkung eingeschaltet werden. Auch sie bezieht sich auf das Mindestmaß, welches normiert ist, um ein Wasser, das sich ansonst vom »gemeinen« Wasser nicht unterscheidet, zum Mineralwasser zu stempeln, wenn es mindestens oder mehr als 0·25 g CO₂ im Kilogramm enthält. Wohl ist das Kohlendioxyd, wie andere Naturgase, streng genommen, ein gasförmiges Mineral (Mineralgas), so wie das Quecksilber und Petroleum flüssige Minerale sind.¹ Dennoch muß es, wie es mir scheint, widerstreben, die nomenklatorischen Konsequenzen daraus zu ziehen. Wenn z. B. ein stoffarmes Wasser von etwa 0·2 g »Totalmineralisierung« (Summe aller Ionen) sich durch nichts anderes, als durch den untersten Grenzwert 0·25 g CO₂ oder selbst durch den zweifachen Kohlensäuregehalt »auszeichnet«, so kann man es wohl nicht als Mineralwasser ansprechen, sondern allenfalls als einen akratischen Halbsäuerling. Mit letzterem Namen bezeichnete ich jene »unvollkommenen« Säuerlinge, die den für Sauerbrunnen normierten Minimalgehalt (1 g CO₂ im Kilogramm Wasser) nicht erreichen, also bloß 0·3 bis 0·9 %/o CO₂ aufweisen.

Dies leitet hinüber zu einer weiteren Bemerkung. Man hat den Mindestkohlendioxidgehalt für Sauerbrunnen ohne Rücksicht auf die Wassertemperatur angesetzt. Es müßte daher eine hochgradige Therme, die wegen ihrer Temperatur und Mineralisierung nur mit 0·5 oder

¹ Man benennt letzteres sogar als Erd- oder Mineralöl (für Laien) zum Unterschied von anderen Ölen, obzwar jenes Naturprodukt (Nafta), das auch den an sich nicht ganz richtigen Namen Petroleum, d. i. Steinöl, führt, chemisch gar kein wirkliches Öl ist.

0.7 ‰ CO₂ gesättigt sein kann, aus den Kohlensäuerlingen oder mofettischen Quellen gestrichen werden, während dasselbe Wasser, wenn es nur 15° C hätte, z. B. 2 ‰ CO₂ lösen könnte, daher zu den echten Säuerlingen zu stellen wäre. Ersteres wäre geologisch ganz unberechtigt; denn gerade jene mit freier Kohlensäure gesättigten heißen Quellen, die man als hochgradige thermofettische Phänomene bezeichnen könnte, würden letzteren Namen mit größerer Berechtigung führen als manch kalter Sauerbrunn mit 1 g CO₂ oder wenig darüber. Von zwei Mineralquellen, die gleichviel Kohlendioxyd absorbiert enthalten, ist die wärmere dennoch die kohlenäurereichere. Andererseits ist bei gleichem Naturwärmegrad das stoffärmere Mineralwasser das relativ kohlenäurereichere, das stoffreichere Wasser hingegen das kohlenäurärmere. Man erkennt sohin, daß es auch hier — und weil es sich eben um Gase handelt, weit mehr — »Relativitäten« gibt, welche die Normierung von Grenzziffern erfordern würden.

Noch verbleibt schließlich anzuführen, daß eine Einigung bezüglich Benennung der Haupt- wie auch der Nebenklassen erforderlich erscheint. Diesbezüglich besteht allerdings keine Besorgnis, daß es der Meinungen hierüber zu viele oder gar auseinandergehende geben könnte; denn die allermeisten Bezeichnungen, welche überhaupt in Betracht kommen, sind gelegentlich oder speziellenfalles bereits in Gebrauch genommen worden. Obwohl die gewählten Buchstaben der Typenformeln bloß an gewisse Minerale oder Salze erinnern sollen, also keineswegs, wie immer wieder betont sei, wirkliche Verbindungen sind, erübrigt doch praktischerweise nichts anderes, als den Chemismus durch die gedachte Ionenvereinigung zu benennen. Es genügt jedoch in den allermeisten Fällen nicht, es bei den jeweils prävalierenden Kat- und Anionen bewenden zu lassen, sondern es müssen auch die im nächsten Ausmaße folgenden zur Bezeichnung, respektive Benennung des Hauptcharakters herangezogen werden. Hingegen genügt beim Nebencharakter, namentlich für die Geltendmachung seiner geologischen oder medizinischen Bedeutung, in allen Fällen die einfache Anführung des besonderen Wertstoffes, um das betreffende Mineralwasser in die zugehörige Nebenklasse einzureihen und demgemäß zu bezeichnen. Durch die strenge Abgrenzung der Begriffe und Benennungen wird in erster Linie auf eine, alle Zweifel ausschließende, grundsätzliche Scheidung und Reihung der Mineralwasserbeschaffenheiten abgezielt. Wenn beispielsweise ein Wasser mit vorherrschenden Na- und Cl-Ionen daneben noch Ca- und SO₄-Ionen (selbstverständlich gemeint in annähernd isovalentem Ausmaß) und überdies noch eine erhebliche Brommenge führt, so gehört dieses Wasser nach seinem primären Charakter in die Hauptklasse der Kochsalzwässer, und zwar in die Gruppe der gipsigen, ferner in die Nebenklasse der Bromwässer. Wären außerdem noch beiläufig isovalente Mengen von Mg- und HCO₃-Ionen im Ausmaß von 10 Valprozenten oder darüber vorhanden, so gehört es dem Hauptcharakter nach zur Untergruppe der magnesitisch-gipsigen Kochsalzwässer. Es werden daher Mineralquellen, deren Wasseranteil sich durch seinen primären Charakter vollständig ausdeuten läßt, nur im Hauptklassensystem aufscheinen, hingegen solche, die sich durch besondere Nebenstoffe kennzeichnen, außerdem noch im Nebenklassensystem zu stehen kommen. Jedes in der Nebenklassenreihe (z. B. als Schwefelquelle) vorkommende Mineralwasser muß deshalb irgendwo in einer Hauptklasse (z. B. unter Gypsquellen) eingereiht sein, nicht aber umgekehrt, wenn das betreffende Wasser eben keinen besonderen sekundären Charakter aufweist. Beispiele hiefür werden noch folgen und gehen überdies aus dem balneographischen Abschnitt hervor.

KLASSIFIKATION DER MINERALQUELLEN

Das bisherige Bestreben, eine Einteilung der Mineralwässer nach chemischen und zugleich pharmakologischen Gesichtspunkten zu erzielen, hat, so anerkennenswert die bezüglichlichen Bemühungen sind, nicht nur bewiesen, daß dies sehr schwierig, sondern eigentlich unmöglich ist.¹ Nachdem Mineralwässer eben qualitativ wie quantitativ bestimmt charakterisierte mineralische, also mit unorganisch-chemischen Stoffen beladene Wässer sind, muß man sie diesen ihren Eigenschaften entsprechend nach chemischen Gesichtspunkten klassifizieren. Eine geologisch-hydrologische Systematik der Mineralquellen würde ganz anders aussehen — beides vereint wäre undurchführbar. So ist es auch bei dem vorerwähnten Bestreben. Es mangelt sohin noch an einer eigenen Klassifizierung der Mineralwässer nach rein pharmakologischen Richtlinien.

¹ Nach meinen Erfahrungen, denen ein langjähriger Kontakt mit akademisch gebildeten Personen der verschiedensten Fachrichtungen zugrunde liegt, die mit Mineralquellenfragen in nähere Berührung kamen, läßt sich auch sagen, daß die überwiegende Zahl von Ärzten und Geologen — von Berg- und Tiefbauingenieuren gar nicht zu sprechen — ja sogar Chemiker sich in dem bisherigen Klassifikationssystem nicht zurecht finden. Ich war zu oft Zeuge der Verwirrung, wenn es sich um die Diagnostizierung eines Mineralwassers nach seiner Analyse durch chemisch weniger geschulte Kollegen oder Ärzte handelte, die sich mit dieser Frage aus besonderen Anlässen beschäftigen mußten.

Das folgende Klassensystem, das ich nur als Geologe und Nichtarzt zur Danachachtung empfehle, konnte sich dessenungeachtet nicht anders denn von chemisch-mineralogischen Gesichtspunkten leiten lassen. Diese strenge, auf den Grundsätzen der Chemie fußende Klassifizierung der Mineralwässer kann nur nach ihrem primären, also Hauptcharakter erfolgen. Der Großteil derselben läßt sich in 10 bis 11 Klassen unterbringen:

| | |
|---------------------------------------------|---------------------------------|
| S . . . Kochsalzquellen und Steinsalzsoolen | M . . . Magnesitquellen |
| G . . . Glaubersalzquellen | V . . . (Eisen-) Vitriolquellen |
| N . . . Natron- oder Sodaquellen | E . . . Sideritquellen |
| Y . . . Gypsquellen | A . . . Alaunquellen |
| K . . . Kalkquellen | (Z . . . Kupfervitriolquellen, |
| B . . . Bittersalzquellen | bezw. Zementwässer). |

Es wird hiebei, weil für unser Gebiet kein Bedürfnis vorliegt, von exotischen Beschaffenheiten abgesehen, d. h. von solchen, die z. B. als vorwaltendste Stoffe die Ionen von Kalium-, Ammon-, Kupfer- oder Zinkverbindungen, ferner von Boraten, Nitraten u. dgl. enthalten, obwohl wir z. B. aus einem burgenländischen Erzstollen ein wahrscheinlich arsenhaltiges Kupfereisenvitriolwasser besitzen, das als Pisanitquelle (Type V. z.) zu benennen wäre.

Die in den Buchstaben i, l, u, h und p angedeutete Isovalenz kommt bei Mineralquellen meist nur für den sekundären Charakter in Betracht. Auch die in den Buchstaben c und d angedeuteten Salzverbindungen (Calcium- und Magnesiumchlorid) finden sich nur in natürlichen oder künstlichen (End-)Mutterlaugen als vorherrschender Lösungscharakter. Ein Mineral dieser Zusammensetzung ist der Tachyhydrit; es werden daher Kochsalzwässer mit einem Nebengehalt bis zu 10 Valprozenten c oder d bezw. c + d (nicht ganz richtig abgekürzt) tachydrisch bezeichnet werden. Ebenso Wässer mit bemerkenswertem k + m-Gehalt kurzweg als dolomitisch.

Mineralwässer sind sohin, namentlich chemisch-geologisch, nach folgenden Gesichtspunkten zu beurteilen und zu bezeichnen: In erster Linie nach dem Hauptcharakter und der Gasführung, ferner nach der Konzentration und endlich nach den physikalischen Eigenheiten, wie Temperatur usw. Es wird zweckmäßigerweise, wie schon bemerkt, die Ziffer, welche die Gesamtheit der Ionen in Promillen, bezw. Millival zum Ausdruck bringt, der großen Charakterformel voranzusetzen und hienach der Chemismus der Hauptmineralisierung zuzüglich der absorbierten und blasenförmigen Gase anzuführen sein; tiefer angemerkt folgen die mechano-physikalischen Hauptmerkmale, wenn möglich unter Vermerk der Höhenlage des Quellenphänomens. Abgesondert davon können die erdoberflächlichen Austritts- und die tieferen sogenannten Herdgesteine der Quellenerscheinung als geologisches Moment den Beschluß der Formel bilden, so daß sich in gedrängtester Form folgendes Bild ergibt:

$$\frac{\text{Konzentration} \times \text{Haupt- u. Nebencharakter}}{\text{Temperatur} \times \text{Wasserquantum (Seehöhe)}} \cdot \frac{\beta}{\alpha} \text{ Gase} \cdot \frac{\text{Austrittsgestein}}{\text{Herdgestein.}}$$

Nicht von allen Quellenerscheinungen werden sich diese Daten strikte anführen lassen; dann wird eben aus der großen Formel hervorgehen, daß diese oder jene Fragen noch ungelöst sind. Schon aus dieser Betrachtung ergibt sich, daß, um eine Quellenerscheinung von allen Gesichtspunkten aus zu betrachten, eine ganze Reihe von Einzelheiten chemischer, quellentechnischer und geologischer Natur erforderlich sind und daß es naiv erscheinen muß, wenn man glaubt, eine derartige Erscheinung mit einem einzigen armseligen Wort charakterisieren zu können.

Fassen wir nur das Chemische allein ins Auge und versuchen wir, es an einem Beispiel ausreichend zu beleuchten. So ist die Gindlhumerquelle in Wels nach ihrem Gesamtmineral- und vorherrschendem NaCl-Gehalt (14⁰/₁₀₀ resp. 237 mv) eine ziemlich hoch konzentrierte hyper-tonische Kochsalzquelle, die schon an der Grenze der schwachen Soolwässer zu stehen kommt. Bezüglich ihres Nebencharakters oder, besser gesagt, ihrer mehrfachen sekundären Eigenschaften, ist sie unter die Brom- und Jodquellen einzureihen, da die normierten Grenzwerte bedeutend überschritten werden. Sie ist aber auch als eine Strontiumquelle zu bezeichnen, da sie einen dreifach so hohen Sr-Gehalt aufweist, als für Strontiumquellen (mindestens 0·01⁰/₁₀₀) festgesetzt ist. Endlich kann sie auch als eine Borsäurequelle anerkannt werden, da sie doppelt soviel HBO₂ aufweist, als die unterste Grenze für diese Substanz beträgt. Der sich durch Ocker-ausflockung kennzeichnende Eisengehalt ist etwas zu gering, um sie auch den Eisenquellen zurechnen zu können; nehmen wir aber an, sie wäre auch eine solche und hätte dazu noch einen geringen SH₂-Gehalt und vielleicht noch eine höhere Temperatur, so kann man sich ohne weiteres ausdenken, auf wie verschiedene Weise dieses Quellenobjekt kombinationsweise benannt

werden könnte oder durch eine langatmige Gesamtbezeichnung chemisch charakterisiert werden müßte. Das läge aber — im vollsten Sinn des Wortes — nur in der Natur der Sache; denn es wird ohne weiteres verständlich sein, daß mit dem Namen „Jodquelle“ allein zwar etwas, aber so gut wie nichts gesagt ist, wenn außerdem eine ganze Reihe anderer, mehr weniger ebenbürtiger Wertstoffe vorhanden sind.

Schon vor langem hatte ich darauf verwiesen, daß es meistens ausgeschlossen ist, ein Mineralwasser mit einem einzigen kurzen Namen zu bezeichnen. Um ihr chemisches Wesen halbwegs der Analyse entsprechend darzutun, wäre oft ein ganzer Satz hierfür erforderlich. Es müßte zu einer Bezeichnungsweise führen, wie es die endlosen Namen vieler organischer Verbindungen sind, wodurch bekanntlich die ganze Konstitution zum Ausdruck gelangt. Mit Rücksicht auf die vielen Gesichtspunkte, die bei der Beurteilung und Benennung einer Mineralquelle und speziell für den Chemismus ihres Wasseranteiles in Betracht kommen, wird man endlich davon abkommen müssen, die Bezeichnung mit einem einzigen kurzen Namen, wie Eisen- oder Schwefelquelle, abtun zu wollen; andernfalls wären ja eingehende Analysen geradezu überflüssig. Man wird sich daher allmählich an ausführlichere Bezeichnungsweisen gewöhnen müssen, die sich freilich dem Gedächtnis schwerer einprägen lassen werden. All das fordert geradezu heraus, wenigstens für den Hauptcharakter Formentypen aufzustellen, die leichter merkbar sein werden; selbst wenn die Typenformel unbeziffert bleibt, verliert sie nicht ihren Wert, weil sie zumindest als mnemotechnisches Hilfsmittel ihren Hauptzweck erfüllen wird und das gesprochene Wort vorzüglich zu unterstützen vermag. Man kann also den Chemismus eines Mineralwassers durch eine Typenformel ausdrücken, welche anzeigt:

$$\text{Konzentration} \cdot \text{Hauptcharakter (Nebencharakter)} \epsilon + \frac{\beta}{\alpha} \text{ Gase.}^1$$

$\Sigma^0/_{00} (\Sigma mv)$ mit lateinischen Buchstaben

Im nachfolgenden Beispiel soll der Kompliziertheit einer Analysentabelle die Einfachheit einer Typenformel gegenübergestellt werden.²

Bitterbrunn von Laa a. d. Th.

Analyse von A. Kauer (1859), umgerechnet von J. Knett.

In 1 kg Wasser sind enthalten:

| | Promille | Konz.-Proz. | Millival | Valprozente |
|----------------------------------------------------|----------|-------------|----------|-------------|
| Ammonium-Ion NH ₄ ' | 0·0138 | 0·21 | 0·765 | 0·76 |
| Kalium-Ion K' | 0·0201 | 0·31 | 0·514 | 0·51 |
| Natrium-Ion Na' | 0·1862 | 2·88 | 8·096 | 8·04 |
| Calcium-Ion Ca'' | 0·4751 | 7·36 | 23·696 | 23·53 |
| Magnesium-Ion Mg'' | 0·8216 | 12·72 | 67·566 | 67·10 |
| Eisen- (und Aluminium-) Ion Fe'' (Al''') | 0·0008 | 0·01 | 0·057 | 0·06 |
| | | | 100·694 | 100— |
| Chlor-Ion Cl' | 0·0365 | 0·57 | 1·029 | 1·02 |
| Sulfat-Ion SO ₄ '' | 4·3604 | 67·53 | 90·766 | 90·14 |
| Hydrocarbonat-Ion HCO ₃ ' | 0·5428 | 8·41 | 8·898 | 8·84 |
| | 6·4573 | 100— | 100·693 | 100— |

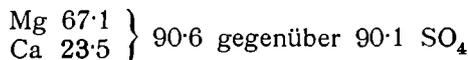
Diese Tabelle läßt erkennen, daß die erste und dritte Ziffernreihe eigentlich entbehrlich ist, weil es vollständig genügt, zu sagen: In 1 kg dieses Wassers sind 6·46‰ ionisierte und ionisierbare Stoffe von der nebenstehenden prozentualen Verteilung (Konzentrationsprozente) oder: in 1 kg des Wassers sind 100·7 mv von der nebenstehenden prozentuellen Zusammensetzung (Valprozente) enthalten.³ Es läßt sich aus diesen Prozentreihen, wie noch gezeigt wird, ohne weiteres der wirkliche Gehalt irgendeines Bestandteiles in Promille oder Millival (auch Millimol) mit Hilfe der vorangestellten Konzentrationsziffern berechnen.

¹ Der erste kleine griechische Buchstabe (ε) deutet irgend einen besonderen medizinischen Wertstoff an.

² Es war von vornherein nicht beabsichtigt, gerade ein sehr einfaches Beispiel vorzuführen. Die Wahl ist aus einem anderen Grund auf dieses Objekt gefallen, das schon vor 70 Jahren in die geologische Literatur Österreichs Einzug hielt. E. Suess hat seinerzeit auf die Beziehungen dieser Beschaffenheit mit den feuchten Stellen mancher strengen Ackerböden dort und anderwärts aufmerksam gemacht, deren unmittelbarer Untergrund miocäner Schlieren ist. Diese »Naßgallen oder Modschildwiesen« sind auf die Wassergier des Bittersalzes zurückzuführen. Der Bitterbrunn bei der alten Ziegelei und dem Staatsbahnhof von Laa a. d. Thaya reicht in den Schlier hinab. Er stand nie (als Medizinalwasser) in Verwendung und wurde deshalb in meinen früheren Quellenverzeichnissen nicht angeführt. Schlierbrunnen anderer Orte wieder haben kochsalziges oder sodaiges Grundwasser.

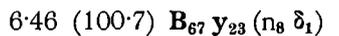
³ Es ist wegen des Gesamtstoffgehaltes ein Zufall, daß die mv-Summe fast gleich 100 ist.

Weiters läßt sich aus den Valprozenten sofort das Vorherrschen der Mg- und SO₄-Ionen sowie folgende Isovalenz erkennen



wodurch sich der Hauptcharakter erschöpfend bezeichnen läßt. Der in den restlichen 10 Valprozenten zum Ausdruck kommende Nebencharakter ist hier durch die isovalenten Quantitäten für Na 8.0 und 8.8 HCO₃ wohl zur Genüge gekennzeichnet; irgendwelche besonders wertvolle Nebenstoffe sehr geringen Ausmaßes enthält die Analyse nicht, denn die minimale Chlormenge kann nicht zu den »Imponderabilien« gezählt werden. Immerhin kann man, wenn man will, noch 1 Valprozent diverse Chloride (δ) in die Formel aufnehmen.

Die Typenformel dieses Mineralwassers ist demnach



Dieselbe Formel würde herauskommen, wenn es sich nur um den halben Salzgehalt handeln würde, nur ist die vorangestellte Konzentrationsziffer dann 3.23^{0/100} (50.35 *mv*). Die beiden Prozentreihen blieben die gleichen, infolgedessen auch der primäre Mineralisierungscharakter des Mineralwassers. Denn es ist für diesen, für seine Darstellung und Beurteilung völlig gleichgültig, ob es sich um ein stoffarmes oder stoffreiches, um ein geschwefeltes oder ungeschwefeltes Wasser oder um einen Sauerbrunn oder Nichtsäuerling handelt. Im Hauptcharakter widerspiegelt sich lediglich das Relativverhältnis der Hauptbestandteile zueinander und dieses bedingt dann die Zuteilung in die betreffende Hauptklasse des Mineralisierungssystems.

Obige Formel führt also zunächst die genaue Konzentration an und besagt weiters, das es sich nicht nur um ein hypotonisches, sondern dem Charakter nach auch um ein schwachsodiges, stark gypsiges Bitterwasser handelt. Aus der Formel ist zu ersehen, daß dieses Mineralwasser enthält:

| | | |
|--------------------------------------------------------|-------|--------------------|
| 67 Valprozente Ionen des Magnesiumsulfates, also . . . | 67 Mg | 67 SO ₄ |
| 23 » » » Calciumsulfates, also . . . | 23 Ca | 23 SO ₄ |
| 8 » » » Natriumbicarbonates, also . . . | 8 Na | 8 HCO ₃ |
| endlich | | 1 Cl |

Es geht somit als Ionensumme hervor 98 + 99 — Ionen,

wodurch die Haupt- wie auch Nebenbestandteile mehr als hinreichend zum Ausdruck gelangen.

Aus der Typenformel dieses Bitterwassers, die wie jede andere, einen besonderen Zweck erfüllen soll, kann dessen ungeachtet bis zu einem gewissen Grade auch der tatsächliche Gehalt an dem einen oder anderen Bestandteil berechnet werden. Wir müssen zu diesem Ende die früher besprochenen Beziehungen in algebraische Formen bringen; bedeutet

- e* das Äquivalentgewicht irgendeines gesuchten Ions
- ^{0/100} den Promillegehalt desselben (pro Kilogramm Mineralwasser)
- mv* den Millivalgehalt » (» » »)
- V*^{0/100} die Valprozentziffer (Indexziffer in der Formel)
- Σ_{mv} die Millivalsumme der + oder — Ionen

so ist, da *e* bekannt ist und die übrigen, mit Ausnahme des gesuchten Promille- oder Millivalgehaltes, aus der Formel ersichtlich sind,

$$mv = \frac{V \cdot \Sigma}{100} \text{ und } \text{‰} = \frac{mv \cdot e}{1000} = \frac{V \cdot \Sigma \cdot e}{100.000}$$

Soll z. B. der wirkliche Natriumgehalt in Gramm pro 1 kg dieses Bitterwassers, so weit dies aus der Formel bis zu einer gewissen Genauigkeit möglich ist, berechnet werden, so ist

$$mv = \frac{8 \times 100.7}{100} = 8.06 \text{ } mv \text{ Na (in der Analysentabelle 8.09)}$$

$$\text{‰} = \frac{8 \times 100.7 \times 23}{100.000} = 0.185 \text{‰ Na (der Analysentabelle 0.186)}$$

Auch noch andere Einzelheiten lassen sich aus der Formel selbst und mit Hilfe der *mv/mm*-Verhältnisse herauslesen und errechnen, worauf hier nicht näher eingegangen werden kann.

Im nachstehenden folgt eine kleine Auswahl österreichischer Heilquellen- respektive Wasserbeschaffenheiten derart symbolisch dargestellt, denen zum Vergleiche noch andere beigelegt werden.

| HAUPTKLASSENREIHE (In jeder Klasse geordnet nach den in großen Buchstaben zum Ausdruck kommenden vorherrschendsten Ionen.) | NEBENKLASSEN | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|-----------|----------------|----------------|------------|
| | Radiumwässer | Fluorwässer | Bromwässer | Jodwässer | Borsäurewässer | Schwefelwässer | Säuerlinge |
| KOCHSALZWÄSSER | | | | | | | |
| Bad HALL, Margarethenquelle ¹ .20 (344·5) S _{92·5} (dc _{6·3j}) μ ₁ χ | . | . | + | + | + | . | . |
| perhypertonische Steinsalzsoole | | | | | | | |
| Bad ISCHL, »Mutterlauge«277·7 (4720) S _{80·6} d ₁₃ μ | . | . | + | . | . | . | . |
| z. d. stärksten tachydrischen Soolen gehörig | | | | | | | |
| Ozeanwasser34·5 (595) S ₇₇ d _{13·5} (by ₈) | . | . | . | . | . | . | . |
| perhypertonisches tachydrisches Steinsalzw. | | | | | | | |
| GLAUBERSALZWÄSSER | | | | | | | |
| Franzensbad, Glauberquelle IV . .24·4 (347·3) G _{63·2} s ₂₁ y b ₁₁ + $\frac{\beta}{\alpha}$ CO ₂ | . | . | . | . | . | . | + |
| hyperoptimaler, bittersalzig-gypsiger und kochsalziger Glaubersalzsäuerling | | | | | | | |
| BADGASTEIN, Elisabethquelle . .0·33 (4·7) G _{57·4} k _{22·8} s ₁₅ Ψ ω χ + (βN) | + | + | . | . | + | . | . |
| akratische, hochradioaktive, kochsalzig- kalkige Glaubersalztherme | | | | | | | |
| Eaux-chaudes, Le clot0·3 (4·2) G _{48·5} c ₂₄ s ₁₃ n ₁₀ φ | . | . | . | . | . | + | . |
| akratische, sodig-kochsalzige und tachydrische Glaubersalztherme | | | | | | | |
| Malka (Kamtschatka)0·5 (7·2) G ₃₉ s ₃₁ n _{26·6} | . | . | . | . | . | . | . |
| akratische, sodig-kochsalzige Glaubersalztherme | | | | | | | |
| NATRONWÄSSER | | | | | | | |
| Bad SCHALLERBACH ²0·5 (6·5) N _{81·4} s _{16·5} φ | . | . | . | . | . | + | . |
| akratische, geschwefelte, kochsalzige Soda- therme oder kochsalzige Natron-Schwefel- therme | | | | | | | |
| GLEICHENBERG, Konst.-Qu.7·3 (97·3) N _{66·8} s _{14·3} d _{10·3} + $\frac{\beta}{\alpha}$ CO ₂ | . | . | . | . | . | . | + |
| hypotonischer, tachydrischer, kochsalziger Natronsäuerling | | | | | | | |
| Rotneusiedl b. Wien1·4 (18·8) N _{57·2} s _{35·4} (g _{7·4}) | . | . | . | . | . | . | . |
| akratisch-hypotonisches (schwach glau- bersalziges) kochsalziges Natron(grund)wasser | | | | | | | |
| KALKWÄSSER | | | | | | | |
| Warmbad VILLACH0·5 (7·2) K ₈₀ b _{14·2} (+ βN) | . | . | . | . | . | . | . |
| akratische bittersalzig Kalktherme | | | | | | | |
| OBLADIS, Sauerbrunnquelle2·2 (28·5) K _{79·4} b _{18·8} + $\frac{\beta}{\alpha}$ CO ₂ | . | . | . | . | . | . | + |
| hypotonischer bittersalziger Kalksäuerling | | | | | | | |
| Wiener Hochquellenwasser0·27 (3·4) K _{76·1} m _{19·8} | . | . | . | . | . | . | . |
| akratisches magnesisches Kalkwasser | | | | | | | |
| (Kurort) SAUERBRUNN2 (27·4) K _{41·5} m ₃₁ g ₂₂ + $\frac{\beta}{\alpha}$ CO ₂ | . | . | . | . | . | . | + |
| hypotonischer, glaubersalzig-magnesischer Kalksäuerling | | | | | | | |
| GYPSWÄSSER | | | | | | | |
| OBLADIS, Schwefelquelle2·1 (30·2) Y ₇₃ m _{24·5} φ | . | . | . | . | . | + | . |
| hypotonisches, geschwefeltes, magnesi- sches Gypswasser | | | | | | | |
| WIEN-MEIDLING, Theresienbad 2·1 (30·6) Y _{65·4} m _{21·1} (gs) _{10·8} φ | . | . | . | . | . | + | . |
| wie oben | | | | | | | |
| Tauerntunnel-Therme0·1 (1·35) Y _{49·8} n _{32·8} k _{16·5} } | . | . | . | . | . | . | . |
| akratisch kalkig- sodiges Gypswasser, bzw. gypsig-glaubersalziges Kalkwasser | | | | | | | |
| oder K _{49·3} g _{32·8} y ₁₇ } | | | | | | | |

¹ Hiedurch zugleich der Druckfehler in der angezogenen Publikation (S_{99·5}) richtiggestellt.

² Desgleichen. — Die Ionensumme beträgt nicht 0·36, sondern 0·52 $\frac{0}{100}$.

Aus dieser Beispielreihe ist folgendes zu ersehen:

Bad Halls Hauptcharakter erschöpft sich in einem einzigen Großbuchstaben: Na- und Cl-Ionen im Ausmaß von 92·5 Valprozenten. Es handelt sich demnach um den reinen, d. h. ungemischten Kochsalzquellentypus; im Nebencharakter erscheinen die Ionen der Erdalkalichloride in sehr geringen Mengen, ferner als besondere Wertstoffe Brom, Jod und Borsäure.

Die »Mutterlauge« von Ischl ist 14fach konzentrierter, der Na-Cl-Gehalt aber relativ kleiner, was auf die Auskristallisierung des Kochsalzes zurückzuführen ist; deshalb rückt das Mg, respektive samt dem Gegenion bereits in den Hauptcharakter vor. Trotz der hohen Konzentration von 277·7‰ und dem laut Analyse hohen Bromgehalt von 450 mg bleibt es ein echtes Bromwasser, da dieser Wertstoff, wenn man von einem solchen bei dieser Konzentration sprechen kann, noch immerhin 0·16 Konzentrationsprozent ausmacht. Diese zu den stärksten Soolen gehörige salinentechnische Lauge ist chemisch noch lange keine wirkliche, geschweige denn eine Endmutterlauge, wie jene der deutschen Salinen (Type C. d. oder umgekehrt) und das Tote Meer (D. c.).

Das Ozeanwasser weist fast den gleichen Hauptcharakter (Gruppe der tachydrischen Kochsalzwässer) wie die Ischler Lauge auf. Fast scheint es, daß das heutige und, aus paläontologischen Gründen zu schließen, auch das der Tertiärzeit nur eine solche, durch meteorische Wässer aber stark verdünnte »Lauge« ist, nachdem es vorher zur Bildung von Steinsalzlagerstätten gekommen war.

Zur nächsten Klasse sei einleitend bemerkt, daß Glaubersalzquellen mit ganz besonders vorwaltenden Na- und SO_4 -Ionen selten sind.¹ Grundwasserartig aufgespeicherte, doch unter großem Druck stehende und daher steigfähige glaubersalzreiche, wie andererseits solche Grundwässer, die direkte Auslaugungseffekte aus gewissen bitter- und glaubersalzreichen Schichten darstellen, sind nicht mehr ungemischt, sondern gehören bereits in bestimmte Klassengruppen; ja die meisten erfordern zur Kennzeichnung des Hauptcharakters häufig drei, sogar vier Buchstaben, gehören daher bereits Untergruppen an. Es handelt sich entweder um einbasig-dreisäurige oder ebenso eindeutige zweibasig-dreisäurige oder aber um diophantische zweibasig-dreisäurige Wassercharaktere.

Als Vergleichsbeispiel ist die konzentrierteste, vor wenigen Jahren erst durch Tiefbohrung heraufgeholtete Glauberquelle IV in Franzensbad gewählt worden, deren Salzreichtum bereits über der wirkungsvollsten (optimalen) Konzentration gelegen ist, demzufolge bei innerer Verwendung sogar gleichzeitige Zufuhr von gewöhnlichem Trinkwasser in den Magen erforderlich ist. Ihrem Hauptcharakter nach gehört sie zur Untergruppe der sulfatisch-kochsalzigen Glaubersalzquellen.

Es folgen drei akratrische in absteigendem Relativausmaß der G-Ionen. Zunächst Badgastein mit seinen höchstradioaktiven, zur Untergruppe der kochsalzig-kalkigen Glaubersalzquellen gehörigen Akratothermen mit reichlichem Nebencharakter.

Dann die gleich viel Stoffe enthaltende, ebenfalls aus Granit entspringende körperwarmer Schwefelquelle von Eaux-chaudes, Frankreich, mit wesentlich höherem Chlorgehalt, der ihr denn auch einen tachydrischen (Ca Cl_2) Gruppencharakter erteilt; diese geschwefelte Akratotherme gehört ihrem primären Charakter nach außerdem in die Untergruppe der sodig-kochsalzigen Glaubersalzquellen.

Endlich ist des Vergleiches halber noch eine der 71- bis 83gradigen Thermen bei Malka angeführt, deren primärer Charakter nur Na-Ionen nebst den drei Hauptanionen SO_4 , Cl und HCO_3 aufweist, sonach völlig eindeutig ist. Dieser Untergruppentypus nähert sich bereits stark dem isovalenten Grenzfall der (gemischten) Glauber-Kochsalzquellen, der dann an anderen Mineralquellen in den glaubersalzigen Kochsalzquellen (S. g.) seine »Fortsetzung« findet.²

An der Spitze der Natronwässer, respektive Sodaquellen steht die gleichfalls körperwarmer Schwefelquelle von Bad Schallerbach mit relativ hohem Gehalt an Ionen des Natriumbicarbonats, zur Gruppe der kochsalzigen Sodathermen gehörig.

Die nur relativ lauwarmer und stoffreichste Konstantinquelle Bad Gleichenbergs gehört bereits der tachydrischen Untergruppe der kochsalzigen Natronquellen, und zwar den Sauerlingen an.

¹ Diese Klasse hat bereits K. Zörkendörfer vor einigen Jahren requiriert, speziell die Gruppe der »alkalisch-muriatischen« Glaubersalzquellen (d. s. nach meiner Bezeichnungsweise die sodig-kochsalzigen Glaubersalzwässer), »denn reine Glaubersalzquellen oder anders kombinierte sind bisher nicht bekannt«. Die letztzitierte Begründung ist unrichtig. Denn Mülligen in der Schweiz ist mit seiner hochkonzentrierten Quelle der Hauptrepräsentant der »ungemischten« Glaubersalzquellen mit 91·9 Konzentrationsprozent Na_2SO_4 , entsprechend der abgerundeten Typenformel $35\cdot5 \text{ G}_{91} (\text{b}_{5}\text{Y}_1)$. Erst später folgt diesem reinen Typus die zwar ebenso hochkonzentrierte, bis 72·5° heiße Glaubersalzquelle von Paipa bei Tunja in Neugranada (Type G. s.) mit 73 Konzentrationsprozent Glaubersalz und 25·5 Konzentrationsprozent Kochsalz.

² Vgl. Bad Ischl: Salzberg-Schwefelquelle.

Zum Vergleich wurde noch die Beschaffenheit eines Grundwassers aus der Neogenformation bei Wien beigelegt, das gelegentlich einer Schurfbohrung auf erhofftes Petroleum angefahren und analytisch festgestellt wurde. Wie sehr diese Typenformeln auch sofortige praktisch-geologische Schlüsse zulassen, ersieht man ohne weiters. Dieses Wasser kann öligeologisch nicht als chemischer Indikator gewertet werden, da die, wenn auch nur im Nebencharakter zum Ausdruck kommende, sulfatische Beschaffenheit nicht gut auf genetische Beziehungen zum Erdöl weist; auch ist der Hauptcharakter noch viel zu sodig.

Bei den Kalkquellen steht die Bassintherme von Warmbad Villach mit dem relativ höchsten Ausmaß an Ca- und HCO_3 -Ionen an der Spitze. Hauptcharakter typisch eindeutig, Untergruppe der epsomitischen (bittersalzigen) Kalkquellen.

Fast denselben primären Charakter zeigt der Sauerbrunn von Obladis in Tirol. Wie bei allen identischen oder sehr ähnlichen Quellenhauptmerkmalen kommt der tatsächliche Unterschied in der Beschaffenheit durch die vorangestellten Promille- bzw. Millivalsummen sowie im besonderen Nebencharakter (hier absorbiertes und blasenförmiges Kohlendioxyd gegenüber den untergeordneten Stickstoff-Exhalationen der ersteren Quelle) in den Typenformeln klar zum Ausdruck, von deren Temperaturunterschieden gar nicht zu sprechen.

Zum Vergleich ist noch die Beschaffenheit des Trinkwassers der I. Wiener Hochquellenleitung angeführt, dessen geringer Stoffgehalt sich ähnlich den gewöhnlichen akrotischen Quellen stellt und das den sehr eindeutigen Gruppencharakter der magnesitischen Kalkquellen vor Augen führt.

Schließlich die Beschaffenheit der im heurigen Frühjahr neugefaßten Eßterhazyquelle in Sauerbrunn (Burgenland) bei Wiener Neustadt, deren glaubersalzig-dolomitischer Hauptcharakter wünschenswerterweise in einen vorwiegend kalkführenden geändert werden konnte.

Unter den Gypsquellen wurde wieder Obladis eingestellt, weil diese chemische Differenzierung (an zwei Mineralwässern ein und desselben Quellenortes) von besonderem Interesse ist. Auch bei dieser Schwefelquelle herrscht im Vergleich zum Sauerbrunnen von Obladis eindeutiger, und zwar gänzlich verschiedener primärer Charakter.

Eine sehr ähnliche Beschaffenheit in Bezug auf Konzentration und Charakter zeigt nach einer neuesten Analyse das Wasser aus der Tiefe des Brunnenschachtes im Theresienbad des XII. Wiener Gemeindebezirkes.

Den Beschluß dieser Beispiele bildet die Anführung des diophantischen Wassercharakters der beim Bau des Tauerntunnels erschlossenen, nur schwach radioaktiven Warmquelle, welche öfters ganz unzutreffenderweise als mit dem Gasteiner Thermalgebiet verwandt in Vergleich gebracht wird, weil sie angeblich die gleichen Stoffe führt u. dgl. Es trifft dies weder chemisch, noch streng genommen hydrogenetisch zu. Drückt man die minimalen Werte einer aus vieltstelligen Dezimalziffern bestehenden Analyse substanzarmer Wässer nicht in Konzentrations- oder Valprozenten aus, dann kann es allerdings geschehen, daß man den klaren Überblick verliert und zu völlig falschen Schlüssen gelangt. In den typenmäßigen Darstellungen dagegen springt der Unterschied deutlich in die Augen, selbst wenn man die untere Formeltype (gypsig-glaubersalziges Kalkwasser) annimmt. Dann erscheinen die beiden letzteren Hauptbestandteile im Vergleich mit Gasteiner Thermalwasser noch immer vertauscht, ganz abgesehen davon, daß der chloridische Anteil in dem Tunnelwasser so sehr zurücktritt, daß er kaum als Nebencharakter angeführt werden kann.

All diese durch symbolische Ausdrucksformeln veranschaulichten Quellencharaktere konnten in ganz kurzer Zeit ein ausreichend genaues und vergleichbares Bild über die hauptsächlichsten Merkmale liefern, die sich unschwer aus diesen Typenformeln herauslesen lassen, wenn man sich nur in das Wesen derselben einmal gründlich vertieft hat. An der Hand von 17 Analysentabellen wäre dies in der gleichen Zeit ganz unmöglich gewesen. Auf eine ähnliche Weise, wie hier nur durch wenige Beispiele in fünf Hauptklassen vorgeführt wurde, lassen sich sämtliche Thermal- und Mineralquellen eines bestimmten Gebietes nach allen Hauptklassen übersichtlich zusammenstellen. Ein solcher Versuch wurde in der mehrfach zitierten Publikation unternommen.¹ Ich hatte zugleich die Anregung ausgesprochen, daß die Heilquellenschätze aller

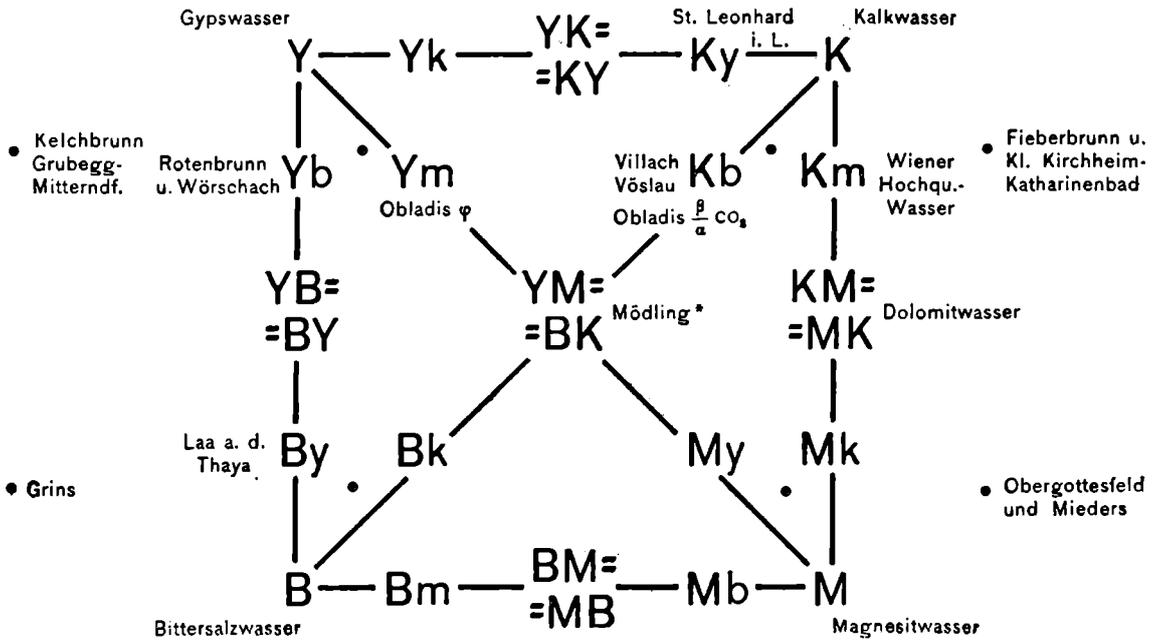
¹ Die geologischen und chemischen Verhältnisse der Heilquellen Österreichs, I. c.

Daß dies damals nicht in allen Einzelheiten erschöpfend gelang, mag man dem Umstand zugute halten, daß es sich um einen über besondere Einladung spontan zu haltenden Vortrag handelte, der die rascheste Umrechnung z. T. veralteter Analysen (Burgenland, salzkombiniert, aus der ungarischen Literatur auf Ionentabellen sowie aller auf Prozentreihen) zur Voraussetzung hatte, wobei selbst während der Drucklegung noch einige Fehler übersehen wurden. — Bei diesen und späteren Umrechnungsarbeiten hat mich mein Sohn Erwin Knett werktätig unterstützt.

Einzelne Quellenformeln in dieser Publikation stimmen mit den neuesten Analysen mehr oder weniger nicht mehr überein . . . cf. (Kurort) Sauerbrunn bei Wiener Neustadt u. a.

Staaten nach den gleichen Prinzipien verarbeitet und tabellarisch dargestellt werden mögen. »Denn nur auf diese Weise ist es dann möglich, rasch zu erfassen, was innerhalb eines politisch-geographischen oder regional-geologischen Gebietes vorhanden ist... auch die Sonderstellung gewisser Heilquellen springt dann sofort in die Augen.« Der letztere Zweck kann, wie dort gezeigt wurde, auch durch besondere Rahmenübersichten für jede Hauptklasse mit Einbeziehung der Nebencharaktere erreicht werden. In dieser Hinsicht sind verschiedene Methoden zur Darstellung gebracht worden.

Bei einer nach absteigendem Ausmaß der Hauptcharakter-Ionen geordneten Reihenfolge erkennt man innerhalb jeder Hauptklasse nicht nur die allfälligen »ungemischten«, sondern auch die häufigeren Gruppen und selteneren Untergruppen, wobei am Ende der Reihe manchmal typische Grenzfälle zur anderen Klasse hinüberleiten. Denn es leuchtet ein, daß es solche Übergänge, soferne nicht von Haus aus theoretische Hindernisse vorliegen, von Klasse zu



* YM=BK bedeutet, daß äquivalente Mengen von Gyps und Magnesit (in Kohlensäurer Lösung) die gleiche Zusammensetzung ergeben wie Bittersalz und Kalk (in Kohlensäurer Lösung); denn $\text{CaSO}_4 + \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 = \text{MgSO}_4 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ und umgekehrt. Eine solche Lösung enthält (bei jeder Konzentration) 50 Val⁰/₁₀₀ Ca und 50 Val⁰/₁₀₀ Mg, ebenso 50 Val⁰/₁₀₀ SO_4 und 50 Val⁰/₁₀₀ HCO_3 . — Für Anhänger bestimmter Salzkombinationen mag es dann Geschmacksache sein, wie sie sich die „Ionenquadrille“ oder den Tanz der Lösungsgenossen vorstellen. In Wirklichkeit bleiben diese Salzbestandteile aber größtenteils nur Bestandteile, sind also nicht miteinander zu Salzen vereinigt; und weil sie bei dem häufigsten (akratrisch bis hypotonischen) Konzentrationsgrad der Mineralwässer eben „ledig“ bleiben, unterbleibt am besten jede Copulation bzw. gekünstelte Verkuppelung zu Salztabelle.

Der Übergang von den einzelnen Hauptklassen zu den Gruppen und Grenzfällen ist von Eckpunkt zu Eckpunkt sowohl entlang den Quadratseiten, wie auch in diagonaler Richtung zu verfolgen.

Klasse geben muß, wenn auch manche derselben bisher nur selten oder noch gar nicht bekannt geworden sind. Wenn wir nur die österreichischen Heilquellen in Betracht ziehen, so erscheinen die meisten ungemischten Hauptcharaktere unter den Kochsalzwässern (Bad Hall, Ischl, Wels), bei den Natronquellen schon seltener (Preblau-Sauerbrunn) und noch seltener bei den Kalkwässern. Von den übrigen Klassen sind reine Typen bisher nicht bekannt geworden. Die überwiegende Mehrzahl aller Mineralquellen gehört bereits bestimmten Gruppen und Untergruppen innerhalb der einzelnen Hauptklassen an, wobei sich gleichfalls gewisse Häufigkeiten feststellen lassen.

So ist z. B. bei den Natronquellen die Type Nk (kalkige Natronwässer, nach der bisherigen Benennung: erdig-alkalische Quellen) vertreten durch Bad Vellach und Preblauer Auenquelle, die häufigste Gruppe; dann folgt Nc (tachydrische Natronwässer oder nach der bisherigen Bezeichnung: erdmuriatisch-alkalische Quellen), vertreten durch den Kalsdorfer Sauerbrunn und die burgenländischen Sulzer Säuerlinge, ferner namentlich die Untergruppe Nsd

(tachydrisch-kochsalzige Natronwässer), vertreten durch den Hengsberger Sauerbrunn und mehrere Quellen Bad Gleichenbergs. Unter den Kalkquellen sind am häufigsten die Gruppen Kb sowie Km vertreten; erstere namentlich durch Akratothermen wie Villach, Tobelbad, Vöslau, dagegen letztere durch die Sulzegger Säuerlinge, St. Veit a. d. Glan usw.

Unter den verhältnismäßig wenigen Gypswässern herrschen die Gruppen Yb und Ym vor. Die übrigen Klassen sind zu spärlich vertreten, um sie in ähnlicher Weise zur Sprache bringen zu können.

Aus dem vorstehenden Gruppenschema ergibt sich in leichtverständlicher Weise die gegenseitige Annäherung einzelner Hauptklassen durch Zwischengruppen bis zu dem jeweiligen Grenzfall; • innerhalb der Buchstabenfigur bedeutet Untergruppen, z. B. Kbm (Fieberbrunn u. Kl. Kirchheim), Mky (Ober Gottesfeld u. Mieders), wie außenstehend erläuternd beigelegt wurde.

QUELLENSEDIMENTE

Es verbleibt noch der verschiedenen chemischen Abscheidungen aus Mineralquellen zu gedenken. Wer einen Blick auf eine quellengeologische Detailaufnahme des Thermalgebietes von Deutsch-Altenburg wirft, erkennt sofort, daß die nördliche Hälfte desselben in der Donau gelegen ist. Denn es ist, wie früher ausgeführt wurde, quellentopisch charakteristisch, daß fast alle von unten aufsteigenden Thermen oder Mineralquellen aus hydrostatischen Gründen die erstbeste Gelegenheit, die tiefste Stelle, benützen, um auszuquellen, resp. ans Tageslicht zu gelangen. Ein gut Teil des genannten Schwefelthermenaufbruches »ertrinkt« (fassungsunmöglich) in den Fluten des Stromes. In ganz junger geologischer Vorzeit, als die Donau, lange vor Erreichung ihrer heutigen Auswaschungstiefe, noch in höherem Niveau floß, stieg dieser anscheinend weit mächtigere Quell hoch hinauf in die Klüfte des schwarzen Kalkes am Fuße des Kirchenberges. Diese einstigen Quellenspaltenverzweigungen sind heute mit Kalksinterbändern sowie kristallinen Calcit- und Gypsbildungen ausgefüllt. Auch von anderen Mineralquellen Österreichs sind Kalkabscheidungen aller Art bekannt. In Badgastein sind es stellenweise dicke Krusten eines lichtgrünen Flußspates, in ihrer Gesamtheit Kontaktviellinge darbietend, die manche Quellenspalte nahezu verschließen. Gewaltige Mengen meist wasserklarer Gypskristalle scheiden sich aus den Soolen des Salzkammergutes aus.

In der Hauptrohrleitung der Therme von Schallerbach (Type N.s.) setzen sich große Mengen eines tiefschwarzen Schlammes ab, der aus kolloidem Eisensulfür besteht. Es handelt sich offenbar um ein mit erheblicher Verzugszeit in Erscheinung tretendes Reaktionsprodukt aus jenen beiden Wasserkomponenten, die bei diesem Quellenphänomen zusammenwirken, wie ich an anderer Stelle¹ eingehend dargelegt habe: aus einem eisenführenden Granitwasseranteil (N) und einem sulfidhaltigen Schlierwasseranteil (s).

Im Gegensatz zu dieser instabilen Verbindung fand ich im Untergrund der Paulquelle des Kurortes Sauerbrunn manche Quarzschotter mit einer dünnen, messingglänzenden Schicht von Schwefelkies überzogen.

An anderen Stellen des Gasteiner Thermalgebietes wieder ist der Reissacherit zu finden, ein kolloides Sediment, das vornehmlich aus einem dunkelbraunen Schlammgemisch von Manganoxyd- und Eisenoxydhydrat besteht und deswegen besonders interessant ist, weil es nachgewiesenermaßen Radiumteilchen als solche eingeschlossen enthält, wie auch Silber- und Goldspuren aufweist. Von zahlreichen eisenhaltigen Quellen sind z. T. beträchtliche Ockerabsätze meist mit leicht nachweisbarem Arsengehalt bekannt; hingegen konnte in dem Ocker der Welser Jodwässer bisher kein Arsen nachgewiesen werden. — An dieser Stelle sei auch eine der jüngsten Feststellungen erwähnt, daß stehendes Jodwasser von Bad Hall und Wels elementares Jod abscheidet, welches dem Wasser eine schwach gelbliche Färbung verleiht und sich mit Chloroform ausschütteln läßt.² Es handelt sich somit um keinen festen, daher eigentlich nicht in diesen Rahmen gehörigen »Niederschlag«.

¹ Über die Riesentherme von Schallerbach . . . Zeitschrift des Internationalen Vereines der Bohrtechniker (Wien, 1922). — Hier findet sich nicht bloß eine ausführliche Schilderung ihrer Erschotungsgeschichte, sondern auch ihrer geologisch-hydrologischen Bildungsweise sowie der erste Hinweis auf die additive Wirkung der dortigen Thermalstrombäder. — Das erwähnte Sediment oxydiert an der Luft sehr rasch zu einer braunen erdigen Masse, läßt sich aber in Schwefelkohlenstoff lange unverändert aufbewahren. Die Wechselwirkung von eisenhaltigen Tagwässern und schwefeligen Salzwässern kann man besonders häufig in Rumänien von der Vereinigungsstelle solcher Bäche an sehr gut verfolgen, deren gemeinsamer Weiterlauf dann durch schwarzes Wasser gekennzeichnet ist.

² Nach brieflichen Mitteilungen von F. Pesendorfer in Bad Hall und H. Ducke in Wels. — Es wäre jedenfalls von Interesse zu ermitteln, ob der Prozeß unter gleichzeitiger Bildung von Jodat-Ionen oder Jodoform vor sich geht, sowie auf welche Weise sich die äquivalente Gegenionmenge für den Jodausfall schadlos hält (Substitution

Die chemischen Absätze aus Mineralquellen können demnach entweder rein minerogene, kristallisierte Neubildungen sein oder gebändert-kristallinische bis kristallin-kolloide Sintergemenge oder endlich rein schlammige, teilweise organogene Ocker betreffen. Auch die noch wenig studierten, wahrscheinlich gleichfalls z. T. organogenen Kieselgallerten sind an einzelnen österreichischen Quellen aufgefunden worden.

Wesentlich anderer Entstehung ist der Bade- oder Quellenschlamm, der von manchen Mineralwässern auf mechanische Weise, aber nie in großen Massen heraufgebracht wird; es handelt sich meist um mitgewirbelten und an ruhigen Stellen wieder abgelagerten, also umgeschwemmten Tonschlamm aus alluvialen oder älteren Untergrundschichten. Genetisch nicht vergleichbar damit ist der in Bad Ischl usw. in besonderer Verwendung stehende Salzbergschlamm, der in ungeheuren Mengen für Kurzwecke verfügbar ist. Er ist nichts anderes, als der bei der Auslaugung des sog. Haselgebirges¹ nach dem Aussprengen bzw. Innundieren der Hohlräume und schließlichem Abziehen der Soole verbleibende noch kochsalzige, aber hauptsächlich gypsig-tonige Rückstand, mit dem vorzügliche Heilerfolge erzielt werden.

Der Chemismus der Mineralquellen mit seinen oft unscheinbaren Einzelheiten ergibt, daß es sich häufigstenfalls um eine außerordentlich verwickelte innere Paragenese, um eine komplizierte »Genossenschaft« gelöster mineralischer Substanzen handelt, sowie, daß sich u. a. in manchen Mineralisierungscharakteren und ihren Begleitgasen gewisse genetische Verwandtschaften ausprägen, so zwischen Natriumbicarbonat und freier Kohlensäure, Gyps und Schwefelwasserstoff, jodiertem Kochsalz und Kohlenwasserstoffen u. dgl. m.

Die vorliegende Abhandlung dürfte zur Genüge dargetan haben, daß sich fast jedem einzelnen »Quellenfall« genug der interessanten wissenschaftlichen Seiten abgewinnen lassen — nicht bloß bei rein theoretischen Behandlungen von Mineralquellenfragen, sondern meist auch bei allen praktisch-quellentechischen Arbeiten — worauf bei sich ergebender Gelegenheit niemals vergessen werden sollte.

Umseitig werden die in den österreichischen Thermal- und Mineralquellen vertretenen Hauptklassen in Rahmenübersichten vorgeführt, denen nur die thermalen und stoffarmen Quellenwässer zur Einleitung vorangestellt werden. Es wird dabei auch die Beschaffenheit von Quellen berücksichtigt, die gegenwärtig nicht in Verwendung stehen und aus diesem Grunde in den balneographischen Abschnitt dieses Werkes nicht aufgenommen worden sind.

Hinsichtlich der sekundären oder besonderen Wertstoffcharaktere folgen gleichfalls Übersichtstabellen, und zwar zunächst eine generelle, während die anderen besonders einige im Text öfter genannte Nebenklassen betreffen.

LITERATUR

Wer sich der Einführungsworte erinnert, wird verstehen, daß es unmöglich ist, mit einem Literaturverzeichnis abzuschließen. Fast alle Richtungen der Mineralquellenkunde, wie Geschichte des Badwesens, Quellengeologie, Entstehungsweise der Mineral- und Thermalquellen, analytisch- und physikalisch-chemische Arbeiten, Radioaktivität, Haltbarkeit von Versandwässern, Quellenbakteriologie, Flora thermaler Abwasserläufe, Quellentechnik, medizinische Anwendungsgebiete usw. sind teils zusammenfassend, teils regional auf einzelne Quellenrayons oder gar nur bestimmte Quellenobjekte oder endlich auf gewisse chemische Beschaffenheiten beschränkt, zu bearbeiten versucht worden — entweder in den verschiedensten wissenschaftlichen Zeitschriften, bei besonderen Anlässen auch in Festschriften, oder aber als Manuskriptdrucke in Form kleiner Büchlein bis zu ansehnlichen Werken.

Der Versteigerungskatalog der Balneologischen Bibliothek des größten Sammlers auf diesem Gebiete, des † Hofrates Dr. W. Th. v. Renz zu Wildbad in Württemberg führte damals (1900) bereits über 2900 Titel an. Was seither Einschlägiges, wenn auch nicht gerade immer vom Gesichtspunkt der Mineralquellen allein, aber doch mehr weniger damit in Beziehung stehend, gearbeitet wurde, dürfte diese Zahl wohl auf dreieinhalb Tausend erhöht haben.

von HCO_3 -Ionen? — wenn ermöglicht!). Tatsache ist, daß die meisten Jodwässer einen, wenn auch schwachen, eigentümlichen Geruch besitzen, den ich indes weder als reinen Jod-, noch als Jodoformgeruch zu bezeichnen vermag.

Weiters kann ich aus eigener Beobachtung noch beifügen, daß die dunkelgelben Eisenocker der B. Haller Tassiloquelle und Welser Gindelhummerquelle nach einiger Aufbewahrungszeit einen intensiven jodähnlichen Geruch aufweisen.

¹ Dieses selbst ist ein basales Zermalmungsprodukt einer gewaltigen Deckengebirgsbewegung in den nördlichen Kalk- bzw. Voralpen, das namentlich im Gebiete von Hallstatt bereits von den prähistorischen Illyrikern zwecks Salzgewinnung durchörtert wurde.

ÖSTERREICHISCHE HEILQUELLEN. ÜBERSICHTEN

WARMQUELLEN (49—13° C)

| Primärer Mineralcharakter | Akratothermen | | Mineralthermen | | Einige sekundäre Merkmale |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------|--|---------------------------|
| | akratisch | | hypotonisch | | |
| Glaubersalzquelle | Badgastein | | — | | Hochradioakt. |
| Kochsalzquellen | — | | Bad Ischl (Klebensbergquelle) | | — |
| | Goisern | | Deutsch-Altenburg | | Geschwefelt |
| Sodaquellen | Bad Schallerbach | | — | | |
| | — | | Bad Gleichenberg | | |
| (Übergang) | — | | Weißenbach | | Säuerlinge |
| Kalkquellen | — | | Sauerbrunn b. Wr. Neustadt | | Halbsäuerling |
| | Bad Vöslau, Fischau Wb. Villach, Tobelbad, Kl. Kirchheim, Tuffbad, Hintertux, Iselsberg (sog. Schwefelquelle) | | Radlbach b. Gmünd (Kä.) | | |
| | Hohenems, St. Leonhard i.L. Fieberbrunn (Schwefelqu.) | | — | | — |
| Gypsquellen | Baden bei Wien Wörschach, Leithaprodersdorf | | | | Geschwefelt |
| | Grubegg-Mitterndorf | | Häring | | |
| | — | | Bad Einöd ¹ | | Säuerlinge |
| Bitterquelle | — | | Grins | | — |

¹ Diese Thermen haben eine noch ganz ungeklärte Beschaffenheit; vielleicht Kalkquellen.

AKRATISCHE QUELLEN ($\Sigma^0/_{00} = 0.1—1.4$)

| Warme | | Kalte (Akratopegen im weiteren Sinn) | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (Stickstoffgas führende) Akratothermen: | | Schwefel- quellen: (φ) | Eisenquellen: (γ) | Sauerbrunnen: (über 10/100 CO ₂) | Halbsäuer- linge (0.3—0.90/100 CO ₂) | Einfache kalte Quellen im engeren Sinne: |
| Hoch- radioaktive | Sehr schwach radioaktive | | | | | |
| Gastein, bis 49° C (Fluor- hältige Glaubers- salz- thermen) | Villach (Warm- bad 29° C Tobelbad 27.8° Vöslau . . 23.7° Grubegg-Mittern- dorf . . . 23.4° Klein Kirch- heim . . 22.5° Hintertux 22.5° Fischau . 21.0° | Steinhof bei Arzl | | Gleichenbg. (Klausenqu.) | St. Veit a. d. Glan Tuffbad | Mödling (N. Ö.) Salzerbad (Quelle II) Steinberg b. Amstetten Daxberg (O. Ö.) Grünbrunn Kirchschlag Mühlacken Böckstein (Salzbg.) B. Kelchbrunn Wolfgang-Fusch Unken Barbarabad (Kärnt.) Bad Iselsberg (Alpen.) St. Leonhard Obergottesfeld Leopoldruhe (Tir.) Steinach am Brenner Volderbad Weitlanbrunn Ingrüne (Vbg.) Roßbad Röthis Schwarzenberg etc. |
| | | Sulfakratothermen: (geschwefelte stoffarme Warmquellen) Schallerbach 36.35° C Goisern 19.0° Wörschach 18.8—15° Hohenems 18.0° St. Leonhard i. Lav. . 16.0° Fieberbrunn (Schw. Qu.) . 5.6° | Hopfreben Längenfeld Nofels | Kobersdorf (Quelle II) Sulzegg (Helenenquelle) Andelsbuch (gleichfalls Eisensäuerling) | Ladendorf Mellau Iselsberg Diezlings Bad Reuthe Übersaxen | |
| | | Bad Iselsberg (sog. Schwefelqu.) = sec.: Al-Fe-Therme 13 ³ / ₄ ° C | | | | |

Alle nicht genannten gehören den eigentlichen (stoffreicheren) Mineralquellen an.

BEISPIELE FÜR DEN SEKUNDÄREN ODER NEBENCHARAKTER

| Sekundäre Bestandteile | Gramme der »selteneren« Stoffe in 1 kg Wasser | Ionensumme: gr in 1000 gr Wasser Σ 0/100 | Quellenort (Quelle) | Chemischer Hauptcharakter |
|--------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------|
| Li | 0·004 | 5·9 | Bad Vellach (Qu. II) | kalkiger Natronsäuerling |
| K | 0·115 | 2·2 | Egerdach | bitters., bzw. gypsige Sodaquelle |
| Sr | 0·031 | 14·0 | Wels (Gindlhumerqu.) | Kochsalzquelle |
| Fe | 0·0395 | 2·24 | Bad Pyrawarth (Parkquelle) | (diophantisch) Glaubersalzquelle, bzw. Sodaquelle |
| Mn | 0·009 | 0·5 | Diezlings | sideritische Magnesitquelle |
| Al | 0·0186 | 0·4 | Iselsberg (Schwefelqu.) | alaunig-sideritische Kalkquelle |
| F | 0·0025 | 0·3 | Badgastein | kochsalzig-kalkige Glaubersalzhthermen |
| Br | 0·200 | 15·8 | Wels (Opitzbrunn) | Kochsalzquelle |
| J | 0·043 | 20·6 | Bad Hall (Marg.-Qu.) | Kochsalzquelle |
| HPO ₄ ^{''} | 0·0495 | 6·3 | Maximilianbad | (mehrdeutig) Magnesit-Bitterqu. |
| HCO ₂ | 0·0443 | 2·88 | Eisenkappel (Hel.-Qu.) | kochsalziger Natronsäuerling |

NEBENKLASSEN

1. Ammonquellen: o

Die Jodquellen von Wels und Bad Hall sowie die Grubenbrandtherme von Häring;¹ ferner Steinhof bei Arzl und Wien (Pfannbad in Meidling)

2. Lithiumquellen: λ

Geordnet nach steigenden Konzentrationsprozenten

| Quellenort (Quelle) | Hauptcharakter | Ionenkonz. Σ 0/100 | In 1 kg Wasser sind enthalten Lithium | | | Sonstige Nebensstoffe |
|----------------------------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------|-----------|----------------------------|
| | | | mg | Konz. 0/100 | Val-0/100 | |
| Wels (Gemeindebr.) | S | 16·9 | 2·55 | 0·015 | 0·13 | Br, J |
| Tatzmannsdorf (Karlqu.) | Nk. y. d. | 5·2 | 1·2 | 0·02 | 0·27 | CO ₂ |
| Eisenkappel (Helenenqu.) | N. s. y. | 8·5 | 2·83 | 0·033 | 0·36 | Mg, CO ₂ |
| „ (Konstantinqu.) | „ | 6·8 | 3·23 | 0·047 | 0·52 | Mg, B, CO ₂ |
| Preblau (Auenqu.) | N. k. | 4·7 | 2·2 | 0·05 | 0·53 | Mg, Cl, B, CO ₂ |
| Badgastein (Elisabethqu.) ^[relativ] | G. k. s. | 0·3 | 0·2 | 0·06 | 0·61 | Ra, F, B, N |
| Vellach (Qu. IV) | N. k. | 5·6 | 3·61 | 0·061 | 0·68 | Mg, Fe, B, CO ₂ |
| „ (Qu. II) | „ | 5·9 | 4·14 | 0·074 | 0·83 | Mg, Al, B, CO ₂ |
| Bad Ischl (Mar. Luisenqu.) | S | 7·9 | 6·6 | 0·08 | 0·73 | Ca, Sr, HCO ₃ |

3. Strontiumquellen: ζ

Wels (Gindlhumerquelle), Bad Einöd, Bad Hall, Bad Ischl (Maria Luisenquelle), Bad Abtenau.

4. Radiumquellen: Ψ

Die Thermen von Badgastein.

5. Manganquellen: ν

Nur durch die Siderit-Magnesitquelle von Diezlings vertreten.

6. Aluminiumquellen: α

Maximilianbad, Vellach (II), Iselsberg (Schwefelquelle), Fentsch (Doppel- und Neubrunn).

¹ Siehe die Anmerkung bei den Nitratquellen.

7. Eisenquellen: η

geordnet nach fallenden Konzentrationsprozenten.

| Quellenort (Quelle) | Chemischer Hauptcharakter (annäherungsweise) | Ionen- Konzentr. Σ ‰ | In 1 kg Wasser mg Fe | Konz.- Prozent | Val- prozent |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------|-----------------|
| Maximilianbad | kalkig-vitriolische Magnesitquelle, bzw. kalkig-sideritische Bittersalzquelle | 6.29 | 750.0(?) | 11.92 | 31.79 |
| Diezlings | kalkig-sideritische Magnesitquelle | 0.49 | 49.2 | 10.02 | 32.16 |
| Kobersdorf (Quelle II) | Kalk-Siderit-Magnesit-Säuerling | 0.97 | 95.0 | 9.82 | 28.22 |
| Bad Iselsberg (sog. Schwefelquelle) | alaunig-sideritische Kalkquelle | 0.62 | 55.3 | 8.96 | 24.72 |
| Kobersdorf (Quelle I) | dolomitischer Natron-Halbsäuerling | 2.4 | 92.6 | 3.86 | 10.80 |
| Mellau | chlorosulfatische Kalkquelle | 0.86 | 30.6 | 3.56 | 9.9 |
| Sulzegg (Helenenquelle) | sideritisch-magnesitischer Kalksäuerling | 1.1 | 37.8 | 3.43 | 9.92 |
| Steinhof bei Arzl | ammoncarbonatisch-magnesitische Kalk- (schwefel)quelle | 0.29 | 9.95 | 3.43 | 9.7 |
| Bad Reuthe | sideritischer Kalk-Halbsäuerling | 0.53 | 17.9 | 3.38 | 9.84 |
| Andelsbuch | (sideritisch-magnesitischer) Kalksäuerling | 0.64 | 19.8 | 3.11 | 8.92 |
| Übersaxen | (sideritische) Kalkquelle | 0.52 | 13.3 | 2.56 | 7.35 |
| Bad Egerdach | tachydrisch-bittersalzige, bzw. gypsige . Sodaquelle | 2.22 | 41.3 | 1.86 | 4.84 |
| Tatzmannsdorf (Wiesenqu.) | sodig-magnesitischer Kalksäuerling | 1.64 | 29.2 | 1.78 | 4.90 |
| Bad Pyrawarth | magnesitisch-kalkige Glaubersalzquelle, bzw. bittersalzige-gypsige Sodaquelle | 2.24 | 39.5 | 1.77 | 4.64 |
| Ladendorf | magnesitische Kalkquelle | 0.56 | 9.1 | 1.62 | 4.55 |
| Fentsch (Lorenzerquelle) | kalkig-sodiger Kochsalzsäuerling | 4.0 | 45.6 | 1.13 | 2.77 |
| Tatzmannsdorf (Franzensquelle) | magnesitisch-kalkiger Natronsäuerling | 2.67 | 22.8 | 0.84 | 2.43 |
| Fentsch (Fentscherquelle) | kalkig-sodiger Kochsalzsäuerling | 4.93 | 13.3 | 0.27 | 0.64 |
| Bad Vellach (Quelle IV) | kalkiger Natronsäuerling | 5.9 | 13.9 | 0.24 | 0.67 |

Ferner die Eisensäuerlinge von Ebriach, Kliening usw.

Übersicht

| Hauptcharakter | Akratische | Hypotonische |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kochsalzquellen | | Fentscher Säuerlinge |
| Glaubersalzquellen | | Pyrawarth |
| Natronquellen | | Vellach IV (Säuerling), Tatzmannsdorf (Franzensquelle, Säuerling), Egerdach, Kobersdorf (Ortsquelle I, Halbsäuerling) |
| Kalkquellen | Iselsberg (sogen. Schwefelquelle), Steinhof b. Arzl, Andelsbuch (Säuer- ling), Reuthe, Übersaxen, Sulzegg, Ladendorf u. Mellau | Bad Tatzmannsdorf (Wiesenquelle, Säuerling) |
| Magnesitquellen | Kobersdorf (Quelle II, Säuerling) | |
| Sideritquellen | | Diezlings |
| | | Maximilianbad |

8. Fluorquellen: ω

Nur die Gasteiner Thermen hierher gehörig

9. und 10. Brom- und Jodquellen: μ, †

| kg-Konzentration Σ ‰ | Brom mg | Konzentrations- prozent | Quellenort | kg-Konzentration Σ ‰ | Jod mg | Konzentrations- prozent |
|-------------------------|------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------|----------------------------|
| 15.85 | 200.0 | 1.26 | Wels (Opitzbrunnen)..... | 15.85 | 39.4 | 0.25 |
| 16.9 | 98.6 | 0.58 | Wels (Gemeindebrunnen)..... | 16.9 | 35.4 | 0.21 |
| 20.0 | 108.6 | 0.54 | Bad Hall (Margarethenquelle) ... | 20.0 | 43.0 | 0.21 |
| 20.26 | 108.1 | 0.54 | Bad Hall (Johannesquelle)..... | 20.26 | 41.2 | 0.21 |
| 13.6 | 71.0 | 0.52 | Bad Hall (Tassiloquelle)..... | 13.6 | 26.3 | 0.19 |
| 13.3 | 65.7 | 0.49 | Bad Hall (Marie-Valeriequelle) .. | 13.3 | 27.9 | 0.21 |
| 14.0 | 68.8 | 0.49 | Wels (Gindlhumerquelle)..... | 14.0 | 28.8 | 0.21 |
| 16.3 | 78.0 | 0.48 | Wels (Wolfseggerquelle)..... | 16.3 | 34.8 | 0.21 |
| 2.8 | 9.5 | 0.34 | Bad Hall (Guntherquelle)..... | 2.8 | 4.4 | 0.16 |
| 277.7 | 450.0 | 0.16 | Bad Ischl (Salinenlauge)..... | (Jod nicht vorhanden?) | | |
| 3.7 | 4.4 | 0.12 | Deutsch-Altenburg..... | (Jodmenge zu gering) | | |

11. Thiosulfatquellen: †

Nur die Schwefelthermen von Baden b. W.

12. Nitrat- oder Salpeterquellen: †

¹ Häring, Wels (Wolfseggerquelle), Zlaten (Lindensäuerling) und Wien (Pfannbad... Nitrit!)

13. Phosphatquellen: π

Maximilianbad, Fentsch (Doppelbrunn), Mellau und Dietzlings.

14. Arsen-, resp. Arsenatquellen: ρ

Von den bisher bekanntgewordenen (im Mölltal, am oberen Bockartsee und im Burgenland) liegen keine Analysen vor; sie stehen auch nicht in Verwendung.

15. Schwefelquellen: φ

| Haupt- charakter | Warme | | Kalte | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | hypotonische | akratische oder stoffarme (0.1—1.4 ‰) | hypotonische (1.5—8 ‰) | hypertonische (über 10 ‰) |
| Kochsalzquellen | Deutsch-Altenburg, 23.9° C | Goisern, 19° | | Ischl (Salzberg-Schwefelquelle), 22 ‰ |
| Natronquellen | | Schallerbach, 36 1/4° | | |
| Gypsquellen | Baden b. W., max. 35.7° Prodersdorf, 25° Wien (Theres.) | An der Konzentrationsgrenze: Wörschach 18.8—15° | Nofels, 13° | Obladis (Schwefelquelle) |
| Kalkquellen | | Hohenems, 18° St. Leonhard i. Lav., 16° Fieberbrunn, 15.6° | Hopfreben, Längenfeld, St. Nikolai b. Gmünd (Kärnt.), Steinhof bei Arzl | Fragliche chemische Beschaffenheiten: Poysdorf u. St. Ulrich (N.Ö.) Frankenthal (O.Ö.), Burgwies (Sbg.), (Unter-)Ladis u. Oberperfuß (Tir.) Kehlegg u. Schnifis (Vbg.) Reißkofelbad (Kärnt.), Felsberg b. Mariazell (Stm.) Schützen a. G. (Bgl.) u. v. a. |
| Anmerkung: Bezüglich der Schwefelquelle des Pfannbades in Wien XII vergleiche die Bemerkung bei der Tabelle (III) der Soda- resp. Natronquellen. | | | | |

¹ Was für diese Grubenbrandtherme und einige andere Mineralquellen gilt, kann allgemein dahin zusammengefaßt werden, daß durch Auslaugung von Braunkohlenschiefer-tonen und Braunkohlen selbst, besonders wenn Erdbranderscheinungen im Spiele sind (Schamottisierung von Hangend- oder Liegendletten), der organische Stickstoff in Ammoniak (NH₃) und dieser hierauf zum Teil unter Mitwirkung bestimmter Bakterien vorerst zu salpetriger Säure

16. Kohlensäuerlinge: $\frac{\beta}{\alpha} \text{CO}_2$.

| Hauptcharakter | Akratisch | Hypotonisch | | Isotonisch |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| | | kalt | warm | kalt |
| Kochsalzquellen | | Fentscher Quellen | | |
| Natronquellen | | Eisenkappel (Konst.-Qu.), Ebriach, Hengsberg, Sulz, Kalsdorf, Gleichenberg, (Konst., Emma- u. Johannis-Br., Preblau, Vellach, Tatzmannsdorf (Max-, Karl- u. Franzqu.), Zlaten | | Eisenkappel (Helenenquelle) |
| | Gleichenberg (Klausenquelle) | Deutschkreutz | Weißbach | |
| Kalkquellen | Sulzegg (Helenenqu.), Kliebing, Andelsbuch Ferner die Halbsäuerlinge: St. Veit a. d. Glan, Römerbad b. Klagenfurt, Tuffbad und Bad Reuthe | Obladis (Sauerbr.), Sulzegg, Zlating, Thalheim, Tatzmannsdorf (Bassin- und Wiesenqu.), Perbersdorf u. a. Ferner Kobersdorf I (Halbsäuerling) | Einöd *) und Radlbach (Halbsäuerlg.) | |
| | Kobersdorf, Qu. II | | | |
| Magnesiumquellen | | | | |

*) Fraglich, ob Kalk- oder Gypsquellen.

(N_2O_3) und später durch andere Bakterien zu Salpetersäure (N_2O_5) oxydiert (nitrifiziert) wird, wobei entweder Luft-sauerstoff oder sauerstoffhaltiges Grundwasser in Betracht kommt.

Daraus erklärt sich einerseits der Gehalt von Ammon-Ion ($\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+\text{HO}^-$), andererseits von Nitrit-Ion ($\text{N}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{H}\cdot\text{NO}_2^-$) und Nitrat-Ion ($\text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{H}\cdot\text{NO}_3^-$).

Weiters ist Ammon- bzw. Nitrat-Ion in vielen kochsalzreichen Tiefengrundwässern, wiewohl früher danach nicht immer gesucht worden ist, insbesondere aber in Jodquellen häufig zu finden. Auch dies kann nicht verwundern, wenn man die Bildungsbedingungen derartiger Wässer erwägt, die sich in geologischen Zeiträumen unter Mitwirkung stickstoffhaltiger Substanzen aus (fossilen) Tier- und Pflanzenleichen abgewickelt haben.

In diesen Fällen handelt es sich bei der Anwesenheit von Ammon- und Nitrat-Ionen sohin um ein begründetes Vorhandensein, dem kein hygienischer Verdacht ankommen kann. Ansonst aber muß das Vorkommen von Ammon und Salpetersäure, namentlich aber von Salpetrigsäure, wenn auch deren Menge in Mineralwässern an sich gering ist, zur Vorsicht mahnen, weil diese chemischen Stoffe — an sich zwar nicht gesundheitsschädlich — als Indikatoren unerwünschter Auslaugungen, respektive zuzitender unreiner Tagwässer gewertet werden müssen, die mit Fäulnisprozessen erdoberflächlicher stickstoffhaltiger Substanzen in naher Beziehung standen und deshalb auch pathogene Keime in ihrer Gefolgschaft haben können.

Obige genetische Bemerkungen hinsichtlich dieser »absonderlichen« Bestandteile sollten wegen der vorwiegend ärztlichen Leser des neuen Österreichischen Bäderbuches doch nicht unterlassen werden, deretwegen auch dem chemischen Teil von Haus aus ein breiterer Raum zugedacht ward. In dem aus letzterem Grunde sehr eingeschränkten Rahmen des geologischen Teiles hingegen mußte nicht nur die verschiedene Bildungsweise der einzelnen Wasserquellarten über-gangen, sondern auch davon Abstand genommen werden, die vielgestaltigen Mineralisierungsvorgänge sowie die Herkunftsmöglichkeiten der in Mineralwässern so zahlreich vorkommenden Basen und Säuren vom chemisch-geologischen Standpunkt aus zu beleuchten.

Mineralcharakter und Kohlensäuregehalt der Sauerbrunnen

Absorbiertes (freies) CO_2 : $\alpha > 1\text{‰}$. (Über 1 g CO_2 im kg Mineralwasser.)

a) Akratistische Sauerbrunnen.

| | ‰ CO_2 |
|------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Kliening b. St. Leonhard, Kalksäuerling | 3·1 |
| Andelsbuch, sideritischer Kalksäuerling | 2·3 |
| Gleichenberg, Klausenquelle, Natron-Kalksäuerling | 1·9 |
| Sulzegg, Helenenquelle, sideritischer Kalksäuerling | ? |
| Kobersdorf (Quelle II) Kalk-Siderit-Magnesit-Säuerling | ca. 1·0 |

Im Anhang zu diesen stoffarmen Sauerbrunnen wären noch die durch künstlichen Kohlensäurezusatz aus natürlichem Thermalwasser hergestellten Badgasteiner und Vöslauer Tafelwässer zu erwähnen.

b) Hypotonische Sauerbrunnen.

| | ‰ CO_2 |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Eisenkappel, Konstantinquelle, Natronsäuerling | 5·68 |
| Thalheim, glaubersalziger Kalksäuerling | 2·8 |
| Vellach, Quelle II und Eisenquelle IV, kalkige Natronsäuerlinge | 2·5 |
| Sauerbrunn b. Wr. N., glauberig-magnesitischer Kalksäuerling | 2·43 |
| Tatzmannsdorf, Maxquelle } diophant. Natronsäuerlinge { | 2·35 |
| „ Karlquelle } | 2·45 |
| Gleichenberg, Johannisbr., Natronsäuerling | 2·32 |
| Sulz, Paula- und Vitaquelle (tachydrische Natronsäuerlinge) | ± 2·3 |
| Preblau, Natronsäuerlinge | 2·25 |
| Ebriach, magnesitisch-kalkige Natronsäuerlinge | 2·2—2·0 |
| Perbersdorf, magnesitische Kalksäuerlinge (schwankend) | ± 2 |
| Gleichenberg, Konstantin- und Emmaquelle, Natronsäuerlinge | 2·0 |
| Obladis, Kalksäuerling | 1·93 |
| Kalsdorf (Gr. Sulz), tachydrischer Natronsäuerling | 1·8 |
| Tatzmannsdorf, Franzquelle, dolomitischer Natronsäuerling | 1·74 |
| Deutschkretz, Kalknatronsäuerling | 1·67 |
| Sulzegg, Sophien- und Franzensquelle, magnesitische Kalksäuerlinge | 1·5 |
| Fentsch, kalkig-sodige Kochsalzquellen | ± 1·5 |
| Weißbach, 25° C., Kalknatron-Thermalsäuerling | 1·24 |
| Zlating b. Trebesing, akrat.-hypot. Kalksäuerling | 1·07 |
| Bad Einöd, 27° C., kalkige Thermalsäuerlinge | 1·0 |
| Hengsberg, kochsalziger Natronsäuerling | ca. 1·1 |
| Zlatten, tachydrischer Natronsäuerling | 1·0 |

c) Isotonisch.

| | |
|-------------------------------------------------------|------|
| Eisenkappel, Helenenquelle, Natronsäuerling | 4·96 |
|-------------------------------------------------------|------|

Halbsäuerlinge: Hauptchar. + (αCO_2).

Schwach kohlenauer: $\alpha < 1\text{‰}$ (unter 1 g pro kg.)

| | ‰ CO_2 |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| St. Veit a. d. Glan, akratistische magnesitische Kalkquelle | 0·76 |
| Kobersdorf (Quelle I), hypot. dolomitische Sodaquelle bzw. umgekehrt | ca. 0·5 |
| Radlbach b. Gmünd (Kärnten), 15°, hypoton. Kalkquelle | 0·48 |
| Römerbad b. Klagenfurt, akratistische Kalkquelle | 0·41 |
| Tuffbad, akratistische bittersalzige Kalkquelle | 0·3 |
| Bad Reuthe, akratistische sideritische Kalkquelle | 0·28 |

17. Borsäurequellen: χ

Geordnet nach fallenden Konzentrationsprozenten¹

| Quellenort (Quelle) | Chemischer Hauptcharakter | Sonstiger Nebencharakter | Ionen-Konz. $\Sigma 0/100$ | In 1 kg Wasser sind enthalten mg HBO ₂ | Konzentrationsprozent |
|------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------|
| Badgastein | G. k. s. | Ψ, ω | 0.33 | 5.16 | 1.554 |
| Kalsdorf (Sauerbrunn) | N. c. | CO ₂ | 5.0 | 49.6 | 0.99 |
| Tatzmannsdorf (Maxquelle) | Nk. yb. dc. | CO ₂ | 5.25 | 49.0 | 0.93 |
| » (Karlquelle) | » » » | CO ₂ | 5.21 | 48.5 | 0.93 |
| Bad Vellach (Quelle II) | N. k. | $\lambda, \dot{\alpha} \dots$ CO ₂ | 5.6 | 45.5 | 0.81 |
| Tatzmannsdorf (Wiesenquelle) ... | K. m. n. | η, \dots CO ₂ | 1.64 | 10.1 | 0.615 |
| » (Bassin II) | K. n. m. | CO ₂ | 2.2 | 13.5 | 0.61 |
| » (Bassin I) | K. n. m. | CO ₂ | 2.39 | 13.2 | 0.55 |
| Eisenkappel (Helenenquelle) .. . | N. s. (y.) | $\lambda, \eta \dots$ CO ₂ | 8.54 | 44.3 | 0.516 |
| Bad Vellach (Quelle IV) | N. k. | $\lambda, \eta \dots$ CO ₂ | 5.90 | 29.1 | 0.49 |
| Eisenkappel (Konstantinquelle) ... | N. s. y. | $\lambda \dots$ CO ₂ | 6.78 | 32.3 | 0.476 |
| Preblau (Säuerling) | N(k) | $\lambda \dots$ CO ₂ | 4.22 | 14.1 | 0.334 |
| Deutsch-Altenburg | S. y. m. | | 3.72 | 11.0 | 0.32 |
| Sulzegg (Sophienquelle) | K. m. | CO ₂ | 3.41 | 9.5 | 0.28 |
| Tatzmannsdorf (Franzensquelle) . | N. k. m. | $\eta \dots$ CO ₂ | 2.67 | 7.4 | 0.277 |
| Bad Ischl (Klebensberg) | S | | 5.43 | 14.5 | 0.267 |
| Sulz (Vitaquelle) | N. c. d. | CO ₂ | 4.17 | 9.0 | 0.215 |
| Bad Hall (Guntherquelle) | S. n. | ζ, μ, ι | 2.82 | 5.1 | 0.18 |
| Wels (Gemeindebrunnen) | S | λ, μ, ι | 16.9 | 28.2 | 0.167 |
| Sulz (Paulaquelle) | N. c. | CO ₂ | 4.37 | 7.0 | 0.16 |
| Bad Hall (M. Val. Ia) | S | ζ, μ, ι | 14.36 | 19.8 | 0.137 |
| » » (Johannesquelle) | S | ζ, μ, ι | 20.26 | 26.2 | 0.13 |
| Sulzegg (Franzensquelle) | K. m. | CO ₂ | 3.98 | 5.0 | 0.125 |
| Bad Hall (Margaretenquelle) | S | ζ, μ, ι | 20.16 | 20.4 | 0.10 |
| » » (M. Val. I) | S | μ, ι | 13.32 | 12.5 | 0.094 |
| Wels (Gindlhumerquelle) | S | ζ, μ, ι | 14.02 | 11.0 | 0.08 |
| Bad Hall (Tassiloquelle) | S | ζ, μ, ι | 13.55 | 9.1 | 0.067 |

An Stelle eines Übersichtsrahmens können von borsäurehaltigen Mineralquellen Österreichs hervorgehoben werden: Die einzigen akrotischen Glaubersalzthermen Badgasteins und von den Kochsalzquellen die hypotonische Schwefeltherme von Deutsch-Altenburg. Unter den hypotonischen Natronsäuerlingen Kalsdorf, Tatzmannsdorf, Vellach, Eisenkappel, dann die hypotonischen Kalksäuerlinge Tatzmannsdorf und Sulzegg. Endlich die hypertonschen Jodsalzquellen von Bad Hall und Wels.

¹ Von der Anführung Bad Einöds wurde mit Rücksicht auf den fraglichen Borsäuregehalt Abstand genommen.

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, wird die normierte Grenze (5 mg) für den HBO₂-Gehalt namentlich bei Sauerbrunnen, aber auch bei Br-, J- und Sr-haltigen Kochsalzquellen sehr häufig überschritten. Die große Zahl der Borwässer läßt nicht nur die Empfindung aufkommen, daß das absolute Mindestmaß zu tief angesetzt, ja vielleicht auf das Doppelte zu erhöhen sei, sondern auch, daß die Borsäure nicht immer als Indikator für die profunde Herkunft der betreffenden Quellenwässer resp. Mineralisierung betrachtet werden kann. Dem gedachten rigorosen Absolutmaß könnte ein Relativminimum von 0.3 Konzentrationsprozent gegenübergestellt werden.

TABELLE DER KONZENTRATIONEN MINERALISCHER WÄSSER

NACH J. KNETT*

| Salzbestandteile ‰ | Pharmakologie und Balneologie (Mineralwasser-Konzentrationsbezeichnungen) | Geologie (insbes. ehem. u. jetzige Meere) | Salinenwesen (Soolen und Laugen) | Chemie (Löslichkeiten unorg. Salze) | | |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 0—1 | akratisch (<i>a</i>) | Teich-, Fluß- und »Wildbäder« | (fluviatil) lacustrin | — | 0.25 CaCO ₃ 0.3 (CaMg)CO ₃ | |
| 1—8 | hypotonisch (<i>h</i>) | Schwefelbäder ¹ Kohlensaure Mineralbäder ² | pontisch | Kochsalzquellen (<i>h—p</i>) (nicht sudwürdig) | 1.9 CaSO ₄ | |
| 8—10 | (9) isotonisch (<i>i</i>) | Jodbäder ³ | | | | brackisch ⁵ |
| 10—11 | suboptimal (<i>p</i>) | schwache Soolbäder | 11.7 Asow. Meer 13.8 Kaspi-See sarmatisch 17.8 Schw. Meer | sehr schwache Soolen (<i>o—pp</i>) | | |
| 11—15 | | | | | | |
| 16—18 | | optimal (<i>o</i>) | Ostseebäder ⁴ | | | brackisch ⁶ |
| 19—30 | | hyperoptimal od. perhypertonisch (<i>pp</i>) | Meerbäder | | | marin (mediterran bzw. ozeanisch) |
| 30—40 | mittelstarke und starke Soolbäder | | — | mittelschwache Soolen (<i>s</i>) | | |
| 40—50 | | | | | | |
| 50—60 | Bitterwasser-Max. 93.9 Sternhof i. M. | Sehr starke Soolbäder | — | 80 NaHCO ₃ 90 Na ₂ CO ₃ 90 K ₂ SO ₄ | | |
| 60—100 | Steinsalzwässer (s. Soolen bei Salinenwesen) | stärkste Soolbäder | — | 86—99 K ₂ CO ₃ | | |
| 100 | | Karabugas B. 203 Tökölyteich Totes Meer (verdünnt) 188—256 267 Totes Meer (Max.) 268.5 Roter Salzsee — 294.6 Bogdosee | — | mittelstarke Soolen (<i>ss</i>) | 163 CuSO ₄ 214—270 KHCO ₃ 240 NH ₄ Cl | |
| 100—150 | | | — | die stärksten | | |
| 150—190 | | | — | Soolen (<i>sm</i>) die schwächsten | | |
| 190—250 | | | — | Mutterlaugen | 290 MgSO ₄ 294 KCl | |
| 250—260 | | | — | mittelstarke Mutterlaugen (<i>m</i>) | 320 Al ₂ (SO ₄) ₃ 357 NaCl | |
| 260—270 | | | — | die stärksten Mutterlaugen (<i>mm</i>) | MgCl ₂ , CaCl ₂ 560 KBr ca. 650 LiCl | |
| 270—280 | | | — | — | NaBr, KJ, NaJ | |
| 280—300 | | | Petrolwasser ⁷ | — | — | — |
| 300—500 | | | — | — | — | — |
| 500—510 | — | — | — | — | | |
| 510—700 | — | — | — | — | | |
| 800—1600 | — | — | — | — | | |

* Aus einem Vortrag über Sinterbildungen. (Wien 1920). — Die erste Kolonne gibt den Salzgehalt in Promillen (Gramme in 1000 g Mineralwasser) an. — Die Bezeichnungen *p* und *pp* sind bisher nicht eingeführt. — Die letzte Kolonne führt die Löslichkeiten einiger Salzverbindungen in ‰ vor, jedoch bezogen auf 1000 Teile H₂O (reines Lösungsmittel) bei 4° C. — Wo die Angaben verschiedener Forscher nicht übereinstimmen, sind Mittelwerte eingesetzt; nur bei weit auseinander liegenden Löslichkeitsangaben sind beide angeführt.

¹ u. ² Konzentrationen ungefähr zwischen 0 u. 6 ‰. ³ Konzentrationen in den o. ö. Jodbädern etwa $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{10}$ ‰.

⁴ Im westlichen Teil, resp. dänischen Inselgebiet; hingegen bei Rügen nur mehr 7—8 ‰ und in der östlichen sowie nördlichen Bucht fast gewöhnliches Süßwasser (unter 1 ‰).

⁵ Erstes Brackwasserstadium an Flußmündungsstellen; späteres Aussüßungsstadium abgeschnürter Meerwassertümpel.

⁶ Späterer, landfernerer Brackwasserübergang zum Meereswasser; erstes Aussüßungsstadium isolierter Becken.

⁷ Maximalkonzentration (rund 30 ‰) der jodhaltigen Salzwässer in manchen Naftagebieten (Galizien etc.). —

Diese sowie die anderen Salzsoolen zwischen 100 und 300 ‰ gehören eigentlich in die geologisch-salinentechnischen Kolonnen und nicht in die medizinischen, weil derart konzentrierte Wässer nicht direkt, sondern nur in verdünnter Form zur ärztlichen Verwendung kommen können.

TABELLE ALLER BISHER AUS THERMAL- UND MINERALQUELLEN
BEKANNTGEWORDENEN CHEMISCHEN STOFFE

ZUSAMMENGESTELLT VON J. KNETT

I. In den Mineralwässern:

a) Kat-Ionen (+):

| | | |
|----------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| | NH₄⁺ | Ammonium, <i>h</i> |
| 1 | H⁺ | Wasserstoff <i>zh</i> (in freisäurigen Mineralwässern) |
| (Aetz-) Alkali-Ionen | 3 Li⁺ | Lithium, <i>h</i> |
| | 11 Na⁺ | Natrium, <i>hh</i> |
| | 19 K⁺ | Kalium, <i>hh</i> |
| | 37 Rb⁺ | Rubidium, <i>nh</i> |
| | 55 Cs⁺ | Caesium, <i>nh</i> |
| Erdalkali-Ionen | 4 Be⁺⁺ | Beryllium, <i>s</i> |
| | 12 Mg⁺⁺ | Magnesium, <i>hh</i> |
| | | MgHCO ₃ Magnesiumkomplex, <i>h?</i> |
| | 20 Ca⁺⁺ | Calcium, <i>hh</i> |
| | 38 Sr⁺⁺ | Strontium, <i>h</i> |
| | 56 Ba⁺⁺ | Barium, <i>zh</i> |
| | 88 Ra⁺⁺ | Radium, <i>s</i> |
| [isotop] | MsTh⁺⁺ | Meso-Thorium, <i>ss</i> |
| Schwermetall-Ionen | 25 Mn⁺⁺ | Mangan, <i>hh</i> |
| | 26 Fe⁺⁺ | Ferro (Eisen), <i>hh</i> |
| | 27 Co⁺⁺ | Cobalt, <i>nh</i> |
| | 28 Ni⁺⁺ | Nickel, <i>nh</i> |
| | 29 Cu⁺⁺ | Kupfer, <i>zh</i> |
| | 30 Zn⁺⁺ | Zink, <i>zh</i> |
| | 48 Cd⁺⁺ | Cadmium, <i>nh</i> |
| | 47 Ag⁺ | Silber, <i>nh</i> |
| | 79 Au⁺⁺⁺ | Gold, <i>ss</i> |
| | 80 Hg⁺⁺ | Quecksilber, <i>ss</i> |
| | 32 Ge⁺⁺⁺⁺ | Germanium, <i>ss</i> |
| | 50 Sn⁺⁺⁺⁺ | Zinn (als Kation?) |
| | 82 Pb⁺⁺⁺⁺ | Blei, <i>zh</i> |
| | 90 Th⁺⁺⁺⁺ | Thorium, <i>ss</i> |
| Sesquimetal-Ionen | 13 Al⁺⁺⁺ | Aluminium, <i>hh</i> |
| | 24 Cr⁺⁺⁺ | Chrom, <i>ss</i> |
| | 26 Fe⁺⁺⁺ | Ferri (Eisen), <i>h</i> |
| | 31 Ga⁺⁺⁺ | Gallium, <i>ss</i> |
| | 39 Y⁺⁺⁺ | Yttrium, <i>ss</i> |
| | 81 Tl⁺⁺⁺ | Thallium, <i>ss</i> |
| | 83 Bi⁺⁺⁺ | Wismuth, <i>s</i> |
| | 23 V⁺⁺⁺ oder VO⁺⁺⁺ | Vanad(yl), ? |
| | 92 U⁺⁺⁺⁺ oder UO₂⁺⁺ | Uran(yl), ? |

b) An-Ionen (-):

| | | |
|------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 9 F['] | Fluor, <i>nh</i> |
| | 17 Cl['] | Chlor, <i>hh</i> |
| | 35 Br['] | Brom, <i>h</i> |
| | 53 J['] | Jod, <i>h</i> |
| | HSO₄['] | Hydrosulfat, <i>zh</i> (in Vitriolquellen) |
| (16) | SO₄^{''} | Sulfat, <i>hh</i> |
| | S₂O₃^{''} | Thiosulfat, <i>nh</i> (in Schwefelthermen) |
| (34) | SeO₄^{''} | Selenat, <i>ss</i> |
| | NO₂['] | Nitrit, <i>nh</i> (meist hygienisch verdächtig) |
| (7) | NO₃['] | Nitrat, <i>h</i> |
| | H₂PO₄['] | Dihydrophosphat, <i>zh</i> (in freischwefelsaur. Mineralwässern) |
| (15) | HPO₄^{''} | Hydrophosphat, <i>hh</i> |
| | PO₄^{'''} | Phosphat, <i>zh</i> (in sehr alkalischen Mineralwässern) |
| | H₂AsO₄['] | Dihydroarsenat, <i>nh</i> (in freischwefelsaur. Mineralwässern) |
| (33) | HAsO₄^{''} | Hydroarsenat, <i>h</i> |
| | AsO₄^{'''} | Arsenat, <i>nh</i> (in sehr alkalischen Mineralwässern und Quellenockern) |
| | AsO₂['] | Arsenit, <i>s</i> (in stark alkalischem Mineralwasser) |
| | H₂SbO₄['] | Dihydroantimonat, <i>ss</i> |
| (51) | HSbO₄['] | Hydroantimonat, <i>s</i> |
| | SbO₄^{'''} | Antimonat, <i>nh</i> |
| | SbO₂['] | Antimonit, <i>s</i> |
| | HCO₃['] | Hydrocarbonat, <i>hh</i> |
| (6) | CO₃['] | Carbonat, <i>hh</i> |
| | HSiO₃['] | Hydrosilicat, <i>h</i> (in Siedequellen und stark alkalischen Mineralwässern) |
| (14) | SiO₃^{''} | Silicat, <i>h</i> (in Siedequellen und stark alkalischen Mineralwässern) |
| (5) | B₄O₇^{''} | Tetraborat, <i>nh</i> BO₂['] Metaborat (in Boraxquellen) <small>(in sehr alkal. M. W.)</small> |
| | HS['] | Hydrosulfid, <i>h</i> |
| | HO['] | Hydroxyl, <i>h</i> |
| | ferner | organische Säure-Ionen, <i>zh</i> |

c) Nichtionisierte Stoffe:

| | | |
|------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| (5) | HBO₂ | <i>m</i> -Borsäure, <i>h</i> |
| (33) | HAsO₂ | <i>m</i> -Arsenigsäure, <i>nh</i> (in kohlensaurem Mineralwasser) |
| (6) | H₂CO₃ | Kohlensäure, <i>h</i> (nur spurenhaf) |
| | H₄SiO₄ | Orthokieselsäure, ? |
| (14) | H₂SiO₃ | <i>m</i> -Kieselsäure, <i>hh</i> |
| (22) | H₂TiO₃ | <i>m</i> -Titansäure, <i>h</i> |
| (40) | H₂ZrO₃ | <i>m</i> -Zirkonsäure, <i>s</i> |
| (50) | H₂SnO₃ | <i>m</i> -Zinnsäure, <i>zh</i> |
| (23) | HVO₃ | Vanadinsäure, <i>s</i> |
| (41) | HNbO₃ | Niobsäure, ? |
| (73) | HTaO₃ | Tantalsäure, <i>ss</i> |
| (42) | H₂MoO₄ | Molybdänsäure, <i>s</i> |
| (74) | H₂WO₄ | Wolframsäure, <i>s</i> |

Endlich, besonders in mineralreicheren Wässern, alle chemisch möglichen Salzverbindungen aus obigen (positiven und negativen) Ionen.

II. In den Quellengasen:

| | | |
|----------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1 | H | Wasserstoff, <i>nh</i> |
| 2 | He | Helium |
| 10 | Ne | Neon |
| 18 | A | Argon |
| 36 | Kr | Krypton |
| 54 | X | Xenon |
| 86 | Em | (Radium-)Emanation, <i>h</i> |
| [isotop] | ThEm | Thorium-Emanation, <i>s</i> |
| 7 | N | Stickstoff, <i>hh</i> |
| 8 | O | Sauerstoff, <i>h</i> |
| | CO | Kohlenoxyd, <i>nh</i> |
| | CO₂ | Kohlendioxyd, <i>hh</i> |
| | COS | Schwefelkohlenoxyd, <i>nh</i> (in Schwefelthermen) |
| | H₂S | Schwefelwasserstoff, <i>h</i> |
| | CH₄ | Methan, <i>h</i> (in Jodquellen und Petrolwässern) |
| | C₂H₆ | Aethan, <i>nh</i> (in Jodquellen und Petrolwässern) |
| | C₂H₄ | Aethylen, <i>s</i> (in Erdgasquellen) |

Erläuterungen: s. Seite 49.

Abkürzungen: *hh* sehr häufig, *h* häufig, *zh* ziemlich häufig, *nh* nicht häufig, *s* selten, *ss* sehr selten. — *m* Metaform der betreffenden Säure.

Die den chemischen Formelzeichen rechts oben beigefügten Punkte (bei den Metallionen) und Striche (bei den Säureionen) geben die Wertigkeiten derselben an.

**TABELLE DER BEZIEHUNGEN
ZWISCHEN PROMILLEGEHALT, MILLIMOL- UND MILLIVALKONZENTRATION
IN VERSCHIEDENEN LÖSUNGEN**

ZUSAMMENGESTELLT VON J. KNETT

In je 1 kg Lösung wäre 1 g der nachstehenden Salze enthalten.

Jede Lösung wäre analysiert worden, wobei gefunden wurde:

| | | | |
|-----|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Nr. | Salz | | [Äquivalentformel]* |
| | Die Kation-Menge und die Anion-Menge | div. durch das Atomgewicht = Gramm-Ion bzw. div. durch das Ionengewicht = Gramm-Mol | oder dividiert = Gramm durch die Äquivalentgewichte = äquivalente |
| | Summe: 1 g = 1‰ bleibt 999 g für H ₂ O | Grammion-Summe = mg-Ion (Millimol)..... | } sind ziffermäßig identisch (isovalent) (entsprechend) ← |
| | | = mg-Äquivalente (Millival) | |
| | | (Abgerundetes Verhältnis) Promille : Millimolsumme : Millival | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|-----|---------|--|--|------------|------------|--|------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|-----|----------|--|--|------------|------------|--|------------------------|--|
| <p>1.) <u>KHCO₃</u> [KO.HO.2 CO₂, bzw. wie 1.)]</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">K' 0.3906</td> <td style="width: 33%;">: 39.1 = 0.00999</td> <td style="width: 33%;">: 39.1 = 0.00999</td> </tr> <tr> <td>HCO₃' . 0.6094</td> <td>: 61.0 = 0.00999</td> <td>: 61.0 = 0.00999</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.01998</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">= 19.98 mm</td> <td style="text-align: center;">= 9.99 mv</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>1 : 20 : 10</u></td> </tr> </table> | K' 0.3906 | : 39.1 = 0.00999 | : 39.1 = 0.00999 | HCO ₃ ' . 0.6094 | : 61.0 = 0.00999 | : 61.0 = 0.00999 | 1.0 | 0.01998 | | | = 19.98 mm | = 9.99 mv | | <u>1 : 20 : 10</u> | | <p>2.) <u>Fe(HCO₃)₂</u> [FeO.HO.2 CO₂, bzw. $\frac{Fe''}{2} \cdot HCO_3'$]</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Fe'' . . . 0.3140</td> <td style="width: 33%;">: 55.85 = 0.005622</td> <td style="width: 33%;">: 27.92 = 0.011245</td> </tr> <tr> <td>HCO₃' . 0.6860</td> <td>: 61.01 = 0.011245</td> <td>: 61.01 = 0.011245</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.016867</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">= 16.87 mm</td> <td style="text-align: center;">= 11.25 mv</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>1 : 16.9 : 11.2</u></td> </tr> </table> | Fe'' . . . 0.3140 | : 55.85 = 0.005622 | : 27.92 = 0.011245 | HCO ₃ ' . 0.6860 | : 61.01 = 0.011245 | : 61.01 = 0.011245 | 1.0 | 0.016867 | | | = 16.87 mm | = 11.25 mv | | <u>1 : 16.9 : 11.2</u> | |
| K' 0.3906 | : 39.1 = 0.00999 | : 39.1 = 0.00999 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HCO ₃ ' . 0.6094 | : 61.0 = 0.00999 | : 61.0 = 0.00999 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 0.01998 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | = 19.98 mm | = 9.99 mv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <u>1 : 20 : 10</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fe'' . . . 0.3140 | : 55.85 = 0.005622 | : 27.92 = 0.011245 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HCO ₃ ' . 0.6860 | : 61.01 = 0.011245 | : 61.01 = 0.011245 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 0.016867 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | = 16.87 mm | = 11.25 mv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <u>1 : 16.9 : 11.2</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>3.) <u>NaHCO₃</u> [NaH.(CO₃)₂, bzw. wie 3.)]</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Na' . . . 0.2738</td> <td style="width: 33%;">: 23 = 0.0119</td> <td style="width: 33%;">: 23 = 0.0119</td> </tr> <tr> <td>HCO₃' . 0.7262</td> <td>: 61 = 0.0119</td> <td>: 61 = 0.0119</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.0238</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">= 23.8 mm</td> <td style="text-align: center;">= 11.9 mv</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>1 : 24 : 12</u></td> </tr> </table> | Na' . . . 0.2738 | : 23 = 0.0119 | : 23 = 0.0119 | HCO ₃ ' . 0.7262 | : 61 = 0.0119 | : 61 = 0.0119 | 1.0 | 0.0238 | | | = 23.8 mm | = 11.9 mv | | <u>1 : 24 : 12</u> | | <p>4.) <u>Ca(HCO₃)₂</u> [CaH.2 CO₃, bzw. $\frac{Ca''}{2} \cdot HCO_3'$]</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Ca'' . . . 0.247</td> <td style="width: 33%;">: 40.09 = 0.00617</td> <td style="width: 33%;">: 20.04 = 0.01234</td> </tr> <tr> <td>HCO₃' . 0.753</td> <td>: 61.01 = 0.01234</td> <td>: 61.01 = 0.01234</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.01851</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">= 18.51 mm</td> <td style="text-align: center;">= 12.34 mv</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>1 : 18.5 : 12.3</u></td> </tr> </table> | Ca'' . . . 0.247 | : 40.09 = 0.00617 | : 20.04 = 0.01234 | HCO ₃ ' . 0.753 | : 61.01 = 0.01234 | : 61.01 = 0.01234 | 1.0 | 0.01851 | | | = 18.51 mm | = 12.34 mv | | <u>1 : 18.5 : 12.3</u> | |
| Na' . . . 0.2738 | : 23 = 0.0119 | : 23 = 0.0119 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HCO ₃ ' . 0.7262 | : 61 = 0.0119 | : 61 = 0.0119 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 0.0238 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | = 23.8 mm | = 11.9 mv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <u>1 : 24 : 12</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ca'' . . . 0.247 | : 40.09 = 0.00617 | : 20.04 = 0.01234 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HCO ₃ ' . 0.753 | : 61.01 = 0.01234 | : 61.01 = 0.01234 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 0.01851 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | = 18.51 mm | = 12.34 mv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <u>1 : 18.5 : 12.3</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>5.) <u>FeSO₄</u> [FeO.SO₃, bzw. $\frac{Fe''}{2} \cdot \frac{SO_4''}{2}$]</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Fe'' . . . 0.36762</td> <td style="width: 33%;">: 55.85 = 0.00658</td> <td style="width: 33%;">: 27.92 = 0.01316</td> </tr> <tr> <td>SO₄'' . 0.63238</td> <td>: 96.07 = 0.00658</td> <td>: 48.04 = 0.01316</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.01316</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">= 13.16 mm</td> <td style="text-align: center;">= 13.16 mv</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>1 : 13.2 : 13.2</u></td> </tr> </table> | Fe'' . . . 0.36762 | : 55.85 = 0.00658 | : 27.92 = 0.01316 | SO ₄ '' . 0.63238 | : 96.07 = 0.00658 | : 48.04 = 0.01316 | 1.0 | 0.01316 | | | = 13.16 mm | = 13.16 mv | | <u>1 : 13.2 : 13.2</u> | | <p>6.) <u>Mg(HCO₃)₂</u> [MgH(CO₃)₂, bzw. $\frac{Mg''}{2} \cdot HCO_3'$]</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Mg'' . . . 0.1662</td> <td style="width: 33%;">: 24.32 = 0.00683</td> <td style="width: 33%;">: 12.16 = 0.01367</td> </tr> <tr> <td>HCO₃' . 0.8338</td> <td>: 61.01 = 0.01367</td> <td>: 61.01 = 0.01367</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.02050</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">= 20.5 mm</td> <td style="text-align: center;">= 13.67 mv</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>1 : 20.5 : 13.7</u></td> </tr> </table> | Mg'' . . . 0.1662 | : 24.32 = 0.00683 | : 12.16 = 0.01367 | HCO ₃ ' . 0.8338 | : 61.01 = 0.01367 | : 61.01 = 0.01367 | 1.0 | 0.02050 | | | = 20.5 mm | = 13.67 mv | | <u>1 : 20.5 : 13.7</u> | |
| Fe'' . . . 0.36762 | : 55.85 = 0.00658 | : 27.92 = 0.01316 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SO ₄ '' . 0.63238 | : 96.07 = 0.00658 | : 48.04 = 0.01316 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 0.01316 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | = 13.16 mm | = 13.16 mv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <u>1 : 13.2 : 13.2</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mg'' . . . 0.1662 | : 24.32 = 0.00683 | : 12.16 = 0.01367 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HCO ₃ ' . 0.8338 | : 61.01 = 0.01367 | : 61.01 = 0.01367 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 0.02050 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | = 20.5 mm | = 13.67 mv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <u>1 : 20.5 : 13.7</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>7.) <u>Na₂SO₄</u> [NaO.SO₃, bzw. Na' . $\frac{SO_4''}{2}$]</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Na' . . . 0.3239</td> <td style="width: 33%;">: 23 = 0.01408</td> <td style="width: 33%;">: 23 = 0.01408</td> </tr> <tr> <td>SO₄'' . 0.6761</td> <td>: 96.07 = 0.00704</td> <td>: 48.04 = 0.01408</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.02112</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">= 21.12 mm</td> <td style="text-align: center;">= 14.08 mv</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>1 : 21.1 : 14.1</u></td> </tr> </table> | Na' . . . 0.3239 | : 23 = 0.01408 | : 23 = 0.01408 | SO ₄ '' . 0.6761 | : 96.07 = 0.00704 | : 48.04 = 0.01408 | 1.0 | 0.02112 | | | = 21.12 mm | = 14.08 mv | | <u>1 : 21.1 : 14.1</u> | | <p>8.) <u>CaSO₄</u> [desgl., bzw. $\frac{Ca''}{2} \cdot \frac{SO_4''}{2}$]</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Ca'' . . . 0.2944</td> <td style="width: 33%;">: 40.09 = 0.007345</td> <td style="width: 33%;">: 20.04 = 0.01469</td> </tr> <tr> <td>SO₄'' . 0.7056</td> <td>: 96.07 = 0.007345</td> <td>: 48.04 = 0.01469</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.01469</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">= 14.69 mm</td> <td style="text-align: center;">= 14.69 mv</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>1 : 14.7 : 14.7</u></td> </tr> </table> | Ca'' . . . 0.2944 | : 40.09 = 0.007345 | : 20.04 = 0.01469 | SO ₄ '' . 0.7056 | : 96.07 = 0.007345 | : 48.04 = 0.01469 | 1.0 | 0.01469 | | | = 14.69 mm | = 14.69 mv | | <u>1 : 14.7 : 14.7</u> | |
| Na' . . . 0.3239 | : 23 = 0.01408 | : 23 = 0.01408 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SO ₄ '' . 0.6761 | : 96.07 = 0.00704 | : 48.04 = 0.01408 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 0.02112 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | = 21.12 mm | = 14.08 mv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <u>1 : 21.1 : 14.1</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ca'' . . . 0.2944 | : 40.09 = 0.007345 | : 20.04 = 0.01469 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SO ₄ '' . 0.7056 | : 96.07 = 0.007345 | : 48.04 = 0.01469 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 0.01469 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | = 14.69 mm | = 14.69 mv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <u>1 : 14.7 : 14.7</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>9.) <u>MgSO₄</u> [desgl., bzw. $\frac{Mg''}{2} \cdot \frac{SO_4''}{2}$]</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Mg'' . . . 0.2020</td> <td style="width: 33%;">: 24.32 = 0.0083</td> <td style="width: 33%;">: 12.16 = 0.01661</td> </tr> <tr> <td>SO₄'' . 0.7980</td> <td>: 96.07 = 0.0083</td> <td>: 48.04 = 0.01661</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.0166</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">= 16.6 mm</td> <td style="text-align: center;">= 16.61 mv</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>1 : 16.6 : 16.6</u></td> </tr> </table> | Mg'' . . . 0.2020 | : 24.32 = 0.0083 | : 12.16 = 0.01661 | SO ₄ '' . 0.7980 | : 96.07 = 0.0083 | : 48.04 = 0.01661 | 1.0 | 0.0166 | | | = 16.6 mm | = 16.61 mv | | <u>1 : 16.6 : 16.6</u> | | <p>10.) <u>NaCl</u> [desgleichen]</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Na' . . . 0.3934</td> <td style="width: 33%;">: 23 = 0.0171</td> <td style="width: 33%;">: 23 = 0.0171</td> </tr> <tr> <td>Cl' . . . 0.6066</td> <td>: 35.46 = 0.0171</td> <td>: 35.46 = 0.0171</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.0342</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">= 34.2 mm</td> <td style="text-align: center;">= 17.1 mv</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>1 : 34.2 : 17.1</u></td> </tr> </table> | Na' . . . 0.3934 | : 23 = 0.0171 | : 23 = 0.0171 | Cl' . . . 0.6066 | : 35.46 = 0.0171 | : 35.46 = 0.0171 | 1.0 | 0.0342 | | | = 34.2 mm | = 17.1 mv | | <u>1 : 34.2 : 17.1</u> | |
| Mg'' . . . 0.2020 | : 24.32 = 0.0083 | : 12.16 = 0.01661 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SO ₄ '' . 0.7980 | : 96.07 = 0.0083 | : 48.04 = 0.01661 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 0.0166 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | = 16.6 mm | = 16.61 mv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <u>1 : 16.6 : 16.6</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Na' . . . 0.3934 | : 23 = 0.0171 | : 23 = 0.0171 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cl' . . . 0.6066 | : 35.46 = 0.0171 | : 35.46 = 0.0171 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 0.0342 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | = 34.2 mm | = 17.1 mv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <u>1 : 34.2 : 17.1</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>11.) <u>Al₂(SO₄)₃</u> [desgl., bzw. $\frac{Al'''}{3} \cdot \frac{SO_4''}{2}$]</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Al''' . . 0.15826</td> <td style="width: 33%;">: 27.1 = 0.00584</td> <td style="width: 33%;">: 9.03 = 0.01752</td> </tr> <tr> <td>SO₄'' . 0.84174</td> <td>: 96.07 = 0.00876</td> <td>: 48.04 = 0.01752</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.01460</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">= 14.6 mm</td> <td style="text-align: center;">= 17.52 mv</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>1 : 14.6 : 17.5</u></td> </tr> </table> | Al''' . . 0.15826 | : 27.1 = 0.00584 | : 9.03 = 0.01752 | SO ₄ '' . 0.84174 | : 96.07 = 0.00876 | : 48.04 = 0.01752 | 1.0 | 0.01460 | | | = 14.6 mm | = 17.52 mv | | <u>1 : 14.6 : 17.5</u> | | <p>12.) <u>CaCl₂</u> [CaCl, bzw. $\frac{Ca''}{2} \cdot Cl'$]</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Ca'' . . . 0.36114</td> <td style="width: 33%;">: 40.09 = 0.0090</td> <td style="width: 33%;">: 20.04 = 0.0180</td> </tr> <tr> <td>Cl' . . . 0.63886</td> <td>: 35.46 = 0.0180</td> <td>: 35.46 = 0.0180</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.0270</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">= 27.0 mm</td> <td style="text-align: center;">= 18.0 mv</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>1 : 27 : 18</u></td> </tr> </table> | Ca'' . . . 0.36114 | : 40.09 = 0.0090 | : 20.04 = 0.0180 | Cl' . . . 0.63886 | : 35.46 = 0.0180 | : 35.46 = 0.0180 | 1.0 | 0.0270 | | | = 27.0 mm | = 18.0 mv | | <u>1 : 27 : 18</u> | |
| Al''' . . 0.15826 | : 27.1 = 0.00584 | : 9.03 = 0.01752 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SO ₄ '' . 0.84174 | : 96.07 = 0.00876 | : 48.04 = 0.01752 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 0.01460 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | = 14.6 mm | = 17.52 mv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <u>1 : 14.6 : 17.5</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ca'' . . . 0.36114 | : 40.09 = 0.0090 | : 20.04 = 0.0180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cl' . . . 0.63886 | : 35.46 = 0.0180 | : 35.46 = 0.0180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 0.0270 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | = 27.0 mm | = 18.0 mv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <u>1 : 27 : 18</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>13.) <u>MgCl₂</u> [MgCl, bzw. $\frac{Mg''}{2} \cdot Cl'$]</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Mg'' . . 0.2551</td> <td style="width: 33%;">: 24.32 = 0.0105</td> <td style="width: 33%;">: 12.16 = 0.0210</td> </tr> <tr> <td>Cl' . . . 0.7449</td> <td>: 35.46 = 0.0210</td> <td>: 35.46 = 0.0210</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.0315</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">= 31.5 mm</td> <td style="text-align: center;">= 21.0 mv</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>1 : 31.5 : 21</u></td> </tr> </table> | Mg'' . . 0.2551 | : 24.32 = 0.0105 | : 12.16 = 0.0210 | Cl' . . . 0.7449 | : 35.46 = 0.0210 | : 35.46 = 0.0210 | 1.0 | 0.0315 | | | = 31.5 mm | = 21.0 mv | | <u>1 : 31.5 : 21</u> | | <p>14.) <u>Al₂Cl₆</u> [Al₂Cl₃, bzw. $\frac{Al'''}{3} \cdot Cl'$]</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Al''' . . 0.2030</td> <td style="width: 33%;">: 27.1 = 0.00749</td> <td style="width: 33%;">: 9.03 = 0.02247</td> </tr> <tr> <td>Cl' . . . 0.7970</td> <td>: 35.46 = 0.02247</td> <td>: 35.46 = 0.02247</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.02996</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">= 29.96 mm</td> <td style="text-align: center;">= 22.47 mv</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>1 : 30 : 22.5</u></td> </tr> </table> | Al''' . . 0.2030 | : 27.1 = 0.00749 | : 9.03 = 0.02247 | Cl' . . . 0.7970 | : 35.46 = 0.02247 | : 35.46 = 0.02247 | 1.0 | 0.02996 | | | = 29.96 mm | = 22.47 mv | | <u>1 : 30 : 22.5</u> | |
| Mg'' . . 0.2551 | : 24.32 = 0.0105 | : 12.16 = 0.0210 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cl' . . . 0.7449 | : 35.46 = 0.0210 | : 35.46 = 0.0210 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 0.0315 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | = 31.5 mm | = 21.0 mv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <u>1 : 31.5 : 21</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Al''' . . 0.2030 | : 27.1 = 0.00749 | : 9.03 = 0.02247 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cl' . . . 0.7970 | : 35.46 = 0.02247 | : 35.46 = 0.02247 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 0.02996 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | = 29.96 mm | = 22.47 mv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <u>1 : 30 : 22.5</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

* Wo fallweise [rechts oben] zwei Formeln angeführt sind, bedeutet die erste die alte Äquivalentformel (bis in die Sechziger- und Siebzigerjahre), bezogen auf die ursprünglichen Äquivalentgewichte, z. B. O = 8, S = 16, C = 6, Mg = 12, Ca = 20, Fe = 28, Al = 13.6 usw. In der zweiten beziehen sich die chemischen Zeichen auf die durch Punkte und Striche angedeuteten Wertigkeiten, respektive auf die Atom- bzw. Radikalgewichte der neueren Chemie. Deshalb gehen die Ionäquivalente erst aus der Division dieser (mehrwertigen) Elemente, respektive Atomkomplexe (Säureradikale) durch die bezügliche Wertigkeitsziffer hervor. Wie man ersieht, wird die Menge des gefundenen Salzes durch eine Ziffer dividiert, die als Quotient aus dem (neueren) Atom-, respektive Radikalgewicht und der zugehörigen Wertigkeitsziffer resultiert.

Die Nebeneinanderstellung beider Formeln wurde aus dem Grunde gewählt, um die faktische Berechnung der Grammäquivalente, bzw. Millival an den konkreten Beispielen besser verständlich zu machen; es handelt sich sohin gleichsam um moderne Äquivalentformeln der chemischen Verbindungen. Hingegen blieb eine andere äquivalentprozentische Ausdrucksweise von Mineralwasser-Analysenresultaten in manch früherer Publikation meist unverstanden und hat selbst in breiteren Chemikerkreisen mitunter zu argen Mißverständnissen und unliebsamen Weiterungen, z. B. bei strittigen Quellenschutzverhandlungen, geführt; nämlich die unvermittelte Darstellung in der Form: K, Na, $\frac{1}{2}$ Ca, $\frac{1}{2}$ Mg, $\frac{1}{2}$ Fe, $\frac{1}{3}$ Al und Cl, $\frac{1}{2}$ SO₄, $\frac{1}{2}$ PO₄, HCO₃, mit beigefügten Äquivalent(Prozent)ziffern