

# ÖSTERREICHS KURORTE UND HEILQUELLEN

BEILAGE ZUM NICHTAMTLICHEN TEIL DER MITTEILUNGEN  
DES VOLKSGESUNDHEITSAMTES IM BUNDESMINISTERIUM FÜR SOZIALE VERWALTUNG  
HERAUSGEGEBEN UND VERLEGT VOM VOLKSGESUNDHEITSAMT  
Wien, 1., Hofgartengasse 3

## DIE STRONTIUMREICHSTE HEILQUELLE DER WELT? BAD EINÖD IN STEIERMARK.

VON ZENTRALHEILQUELLENINSPEKTOR  
HOFRAT DR. JOSEF KNETT.

Es gehört nicht zu den Seltenheiten, daß in einem Mineralquellengebiet ein ganzer Komplex ungeklärter Fragen der Lösung harret. Namentlich wenn ein solches Gebiet nie in Verwertung stand oder die Benützung nicht weit zurückdatiert, es also noch an geologischen, hydrologischen und chemischen Untersuchungen mangelt. Trotzdem dies für das Thermalgebiet Bad Einöds<sup>1)</sup> nicht zutrifft — seine Verwendung reicht in die Römerzeit zurück und es sind auch Untersuchungen der erwähnten Art mehrfach vorgenommen worden — häufen sich dort ganz eigenartige Unklarheiten, die eine baldige Entwirrung höchst wünschenswert erscheinen lassen. Sie haben ihren Grund einerseits in dem Fehlen alter Aufzeichnungen quellengeschichtlicher Ereignisse bzw. früherer Maßnahmen und ihrer Ergebnisse, aber auch jüngerer Beobachtungen und Untersuchungen an den Quellen; andererseits in Unstimmigkeiten hinsichtlich der bisherigen chemisch-analytischen Resultate. In ersterer Beziehung ist man in solchen Fällen meist auf die Aussagen des gegenwärtigen oder früheren Besitzers oder auf die Erinnerung älterer Gedenkmänner angewiesen, wobei fragliche Momente um so fühlbarer hervorstechen.

Bei Bad Einöd — es handelt sich um thermofettische Kalkquellen — herrscht nicht nur Unsicherheit in der Identifizierung der einzelnen Quellen von wegen der in früheren Zeiten anders geübten Benennung. Es mangelt auch an der Kenntnis ihrer Zirkulations- und Abhängigkeitsverhältnisse, ihrer gegenseitigen Spiegelhöhen bzw. einzelnen Druckausmaße, trotzdem man all dies gelegentlicher Bohrungen und Pumpversuche wahrscheinlich feststellen konnte. Es sind alle Fassungsdetails so gut wie unbekannt respektive nirgends niedergelegt, es

<sup>1)</sup> Bad Einöd liegt auf halber Strecke der Linie Selztal — (St. Michael — St. Veit an der Glan) Klagenfurt, am Südbhang des Neumarkter Sattels im Oberlauf des Olsabaches, 740 m über dem Meeresspiegel, welches Tal die Gurktaler- (West) von den Seetaler Alpen (Ost) erographisch scheidet. Es gehört zu dem 1½ km entfernten Dorfe Dürnstein im Bezirk Murau, nahe der kärntnerischen Landesgrenze. Auf der Landkarte von Wensius (Zweite Hälfte des 16. Jahrhunderts) ist diese Stelle als »Wildbad« bezeichnet, und noch vor etwa 20 Jahren war es als solches unzutreffenderweise angepriesen worden. Die Thermen Bad Einöds sind bedeutend stoffreicher, als die Akratothermen der »Wildbäder«.

treten auch ganz bedeutende Differenzen in den Untersuchungen verschiedener Chemiker auf, ein Umstand, dem in der Folge eine breitere Besprechung gewidmet sein wird.

### Schwankende Mineralwasseranalysen.

Vorweg möchte ich erklären, daß es sich dabei nicht um jene kleinen Schwankungen in der Konzentration, d. h. in dem Gesamtausmaß der Mineralstoffe, bezogen auf die Volumseinheit, handeln kann, wie solche Differenzen an den meisten Mineralquellen festzustellen sind. Sondern zweifellos um Unterschiede, zurückzuführen darauf, daß einzelne Chemiker ihre quantitativen Bestimmungen nicht auf alle jene Stoffe ausgedehnt haben, die in Mineralquellen vorkommen können, sondern auf jene beschränkten, die erfahrungsgemäß zu meist in größerer Menge vorhanden sind. Es gibt eine ganze Reihe solcher »Imponderabilien«, die in Mineralwässern zwar häufig, indes eben nur in sehr geringen Mengen vorkommen. Unter den Alkalien z. B. Lithium, Caesium, Rubidium; von den Erden: Strontium, Barium, Radium; von den Säurebildnern: Fluor, Bor, Arsen usw. Tritt aber einmal der eine oder andere seltene (richtiger niemals vorherrschende) Bestandteil in erheblicher Menge hervor, die, absolut genommen, immer gering bleibt, so wird die betreffende Mineralquelle dementsprechend bezeichnet, wie Lithiumquelle, Manganquelle, Arsenquelle u. dgl. Insbesondere ist vom medizinischen Gesichtspunkt eine solche Bezeichnungsweise gerechtfertigt, während chemisch-geologisch dadurch eigentlich nur ein sekundäres Merkmal ausgedrückt wird. Denn der primäre oder Hauptcharakter liegt immer in ganz anderen Salzbestandteilen, in Stoffen, die in jedem Mineralwasser entweder insgesamt oder einzeln vorkommen beziehungsweise enthalten sein müssen. Es sind dies hauptsächlich: Natrium, Calcium, Magnesium einerseits und Chlor, das Sulfat- und Hydrocarbonat- (eventuell nur Carbonat-) Ion andererseits. Durchwegs Salzbestandteile, die in Mineralwässern je nach Stoffarmut oder Salzreichtum fast ganz oder teilweise in diesem (ionisierten) Zustand enthalten sind. Daneben gibt es noch andere Stoffe, die außerordentlich häufig zur Mineralisierung eines Wassers beitragen, aber nicht in der Ionentabelle erscheinen, wie Kieselsäure u. a. In den weitaus häufigsten Fällen wird das Bild des chemischen Hauptcharakters einer Mineralquelle durch das Fehlen der »Nebenstoffe« in der Analyse nicht beeinträchtigt. Deshalb sind in früherer Zeit diese oft schwierigen und zeitraubenden Ermittlungen meist unterblieben<sup>1)</sup>. Wurden sie aber vorgenommen, stimmten sie mit späteren Resultaten nicht überein, weil gerade in dieser Hinsicht die analytischen Methoden bedeutende Vervollkommnungen erlitten. Ein Umstand, auf den der österreichische Altmeister der Mineralwasseranalytik Hofrat Professor. Doktor E. Ludwig wiederholt verwiesen hat.

Anders verhält es sich, wenn einer der erwähnten Stoffe wirklich in erheblicher Menge in Lösung ist und analytisch unermittelt blieb. In diesem Falle fehlt dann nicht nur der übergangene Salzbestandteil in der Analysetabelle, sondern wird auch der ihm chemisch nächstverwandte Stoff in einem

<sup>1)</sup> So war beispielsweise zur Zeit der Bearbeitung des Deutschen Bäderbuches (1906) das Arsen in der Dürkheimer Maxquelle noch nicht entdeckt, trotzdem sie fast ein halbes Jahrhundert vorher erbohrt worden war. Wahrscheinlich waren wegen der optimalen Mineralisierung (halbe Meereswasserkonzentration) niemals große Quantitäten getrunken worden, sonst hätte man wohl früher Arsenvergiftungen erkennen müssen. Die genannte Quelle erscheint in dem erwähnten Werk daher als erdmuriatischer Kochsalzsäuerling. Dieser chemische Hauptcharakter bleibt durch die Entdeckung des Arsens unberührt; es ist bloß ihr Nebencharakter als Arsenquelle später erkannt worden. Nochmals sei es betont: chemisch-geologisch gesprochen; medizinisch dagegen bildet der Arsengehalt seither das Hauptaugenmerk.

gewissen Übermaß erscheinen. Wenn die ersten Analytiker Bad Einöds (Mitteregger, Ludwig) beispielsweise — es ist dies der springende Punkt meiner späteren Ausführungen — das Strontium quali- und quantitativ nicht bestimmt haben, andere Chemiker (Kudernatsch und Arlt) dagegen größere Mengen dieses Stoffes aufgefunden haben, so steht wohl fest, daß es sich nicht um Qualitätsänderungen der Mineralquelle an sich handeln kann. Auch ist die dazwischenliegende Zeitspanne eine ganz kurze.

### Die Mineralthermen Bad Einöds.

Um vor allem auseinanderzuhalten, wo der hohe Strontiumgehalt festgestellt worden ist und bei welchen Quellen es an derartigen Untersuchungen noch mangelt, seien im nachstehenden die Mineralquellen Bad Einöds der Reihe nach kurz angeführt, soweit ich das bezügliche Chaos in den Aussagen wie in der Literatur<sup>1)</sup> zu ordnen vermochte. Es kommen mir hiebei die Erinnerungen meines letzten Aufenthaltes (Sommer 1918) zugute. Seither dürfte sich an den Quellenverhältnissen nicht viel geändert haben, wenn man von dem auch anderenorts in Erscheinung getretenen zerrüttenden Einfluß der Nachkriegszeit absieht. Stillstand ist Rückschritt — das hat insbesondere bei Mineralquellen Geltung. Sie brauchen ihre Pflege. Fassungen und Leitungen werden teils versintert, teils vereckert oder gar zerfressen. Auftriebshindernisse und wilde Seitenausbrüche, dadurch Ergiebigkeits- und Temperaturverminderungen sind die Folgen. In dieser Hinsicht wird es auch in Bad Einöd manches zu sanieren geben. Indessen kann ich nur jene Daten vorführen, die sich auf oberwähnten Zeitpunkt beziehen. Aus der folgenden Textierung werden sich die quellentopischen und physiographischen Unsicherheiten hinreichender kennen lassen<sup>2)</sup>.

Gewissermaßen die wichtigste, wenn auch eine der jüngsten, ist die St. Georgsquelle, knapp nördlich vom sogenannten Kleinen Badhaus, einem ebenerdigen Anbau an dem »Alten Bad«. Sie findet zu Trinkkuren wie zur Flaschenabfüllung Verwendung. Wurde 1897 von dem Vorbesitzer Georg Schmalzl bzw. von Ing. Latzel (Wien) in 10 m Tiefe, also ganz seicht erbohrt und mittels Kupferröhren zur Füllstelle über dem »Quellensprung« geführt. Noch zweigt eine kurze Leitung zum Trinktempel ab, während der größte Anteil des Wassers dem gedeckten Schwimmbad zugeführt wird. Das Mineralwasser

<sup>1)</sup> Verwendete Literatur aus meiner Bibliothek:

Prof. Dr. Anton Reibenschuh: Die Thermen und Mineralquellen Steiermarks. Graz 1889. Seite 11 behandelt die Quellen von Einöd, woselbst sich der Abdruck einer in Salzen ausgedrückten Analyse der Hauptquelle findet, die von Prof. Dr. J. Mitteregger ausgeführt wurde (Jahr nicht angeführt — wird im nachstehenden zitiert als »Reibenschuh«).

Einzelblatt, wie es den früheren Badeprospekten als Einlage beigegeben worden war. — Enthält den Abdruck der Originalziffern der Georgsquellen-Analyse Mittereggers vom Jahre 1899 gleichfalls in Form von Salzkombinationen. (Wird zitiert als »Beiblatt«.) — Wahrscheinlich gab es schon früher solche Analysenabdrucke auf Prospektblättern u. dgl., die ich aber nicht besitze.

Späterer kleinerer Prospekt über Bad Einöd mit demselben (aber Fehler enthaltenden) Analysenabdruck. (Wird zitiert als »Prospekt«.)

Dr. R. Kudernatsch und Dr. F. v. Arlt: Die Zusammensetzung des Mineralwassers aus der St. Georgsquelle zu Bad Einöd in Steiermark. — Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark. Graz 1900. (Ich besitze bloß einen Ausschnitt aus dem betreffenden Band und schließe diese Herkunft sowie das Jahr der Ausgabe aus einem anschließenden Artikel. Wird zitiert als »Kudernatsch«.)

Österreichisches Bäderbuch. Wien 1914. (Zitiert als »Ö. B. B.«)

<sup>2)</sup> Man vergleiche hiebei zur Orientierung die aus dem Gedächtnis skizzierte Situation auf der beige geschlossenen Tafel, da eine wenn auch noch so ungenaue Skizze bessere Dienste leistet als gar keine.

der Georgsquelle ist an Ort und Stelle vollkommen klar, moussiert etwas und hat einen angenehm salzigprikelnden Geschmack. Ihre Temperatur beträgt 27° C.

Gleichen Alters ist die anfänglich Gartenquelle, später Stahl- oder Stahlbadquelle genannte, weil sie die »Stahlbäder« im obenerwähnten kleinen Bade-trakt speist bzw. ständig durchströmt, woselbst bei Naturwärme (27° C) gebadet wird. Diese Quelle wurde wenige Meter von der Georgsquelle hart an der Balustrade des Trinktempels erbohrt und das herausragende Rohr dann mit »Grottensteinen« maskiert. 1917 wurde noch eine schmale Leitung in den Trinktempel verlegt und diese zweite Auslaufstelle hierauf Erwinquelle benannt<sup>1)</sup>. Diese ist demnach kein eigenes Quellenindividuum. Es wäre zutreffender, diesen Auslauf als »Stahlquellen-Trinkstelle« zu benennen, wenn dies auch einer veralteten Bezeichnung der heutigen Eisencarbonatquellen entspricht. (Es sind dies solche, die mehr als 10 mg Eisen-Ionen im Kilogramm Wasser enthalten, wobei gleichzeitig die Hydrocarbonat-Ionen vorwalten müssen. Die alte Bezeichnung ist aber heute noch die populäre.) Ein namhafter, dem Quantum nach unbekannter Anteil der Stahlquelle läuft unbenutzt in den Kanal ab. Sie ist die nördlichste aller gefaßten Quellen.

Eine dritte ist die Bade-, auch Alte Badhaus- oder Warmbadquelle genannt. Sie hat ehemals viel zum Ruf Bad Einöds beigetragen und es dürfte sich um jene Therme handeln, die schon den Römern bekannt gewesen war. Sie liegt unter der straßenseitigen Mauer des mehrerwähnten kleinen Bades-trakts, und zwar zum Teil unter dem Straßenkörper selbst (ehemalige Reichsstraße) und zum Teil im Unterkellerraum des Gebäudes. Daher die von verschiedenen Autoren und Gedenkmännern gebrauchten Bezeichnungen wie Straßenquelle, Kellerquelle usw., so daß wir es bereits mit sechs verschiedenen Benennungen zu tun haben. Sie war ehemals höchstwahrscheinlich freiliegend, und zwar steinkranzartig etwa 2 m im Geviert eingefast. Erst in der Folgezeit soll sie überwölbt und zugedeckt worden sein. Sie ist demnach von außen unsichtbar und nur unterirdisch zugänglich. Von diesem ihren Fassungs-schachte aus wird sie in zwei Holzbottiche, die im I. Stockwerk des »Alten Badhauses« untergebracht sind, gepumpt, wobei sich eine Wassertemperatur von 27° C feststellen läßt. Durch Dampfschlangen, die der Kessel- und Pumptanlage im Erdgeschoß des Alten Badhauses entstammen, wird das Bottichwasser auf einen höheren Wärmegrad gebracht. An der Wasseroberfläche scheidet sich eine weiße Sinterhaut ab, die wahrscheinlich aus Calcium(magnesium)carbonat und vielleicht auch etwas Strontiumsulfat besteht. Ein Reservebottich im darüberliegenden Dachraum enthält bloß naturwarmes Mineralwasser. Falleitungen führen das nötige Badewasser sodann den Kachelwannen im Erdgeschoß des anstoßenden »Neuen Badhauses« (jetziges Neues Kurhaus) zu. Deshalb wäre diese Quelle, wenn man ihr schon nicht das römische Andenken bewahren will, besser als Wannen- oder Kurhausquelle zu bezeichnen, um weiteren Verwechslungen vorzubeugen. Denn auch die übrigen Badegelegenheiten betreffen durchwegs nur Warmbäder.

Weiter besteht noch ein großer Aufbruch klaren Thermalwassers in dem an der Reichsstraße gelegenen gedeckten Schwimmbad, den man angeblich erst recht beim Bau dieser Anlage aufgefunden hatte. Nach einer anderen Aussage war diese südlichst gelegene Therme schon vorher als »Straßenquelle« bekannt und von den Kurgästen getrunken worden. 1896 hat die Firma Ing. Latzel (jetzt Ziv.-Ing. Kutscha) zwei Bohrversuche im Schwimmbad selbst vorgenommen

<sup>1)</sup> Ich erhielt diese Mitteilung an Ort und Stelle vom damaligen Besitzer Herrn Andreas Amann, der um jene Zeit Bad Einöd zur Gänze dem Militär-Witwen- und Waisenfonds stiftungsgemäß überließ.

und insbesondere an einer Stelle gleich in den ersten Metern einen sehr ergiebigen Warmwasserstrom von  $26\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$  erschroten. Die Temperatur in dem etwa  $100\text{ m}^2$  Flächenraum einnehmenden Betonbassin betrug später aber nur  $22^{\circ}\text{C}$ . Das Ursprungswasser ist zweifellos durch zusitzendes Kaltwasser verdünnt und abgekühlt. Denn ersteres muß den mit Grundwasser erfüllten Komplex der mechanischen Alluvionen (Sand, Geschiebschotter und große Sturzblöcke) durchdringen. Sie bauen den unmittelbaren Untergrund des Talbodens bzw. Thermalgebietes auf. Der Abfluß der Schwimmbadtherme, die, so prächtig auch die Quellenerscheinung dem Auge sich darbietet, immer nur einen geringen Zuspruch aufwies, mündet dann in das große Freilichtbad, das ein Ausmaß von  $280\text{ m}^2$  besitzt. — Dieses offene Thermalschwimmbad bildet den eigentlichen Tummelplatz der badenden Kurgäste und erinnert in dieser Beziehung an die bekannten Anlagen von Vöslau. An seiner Stelle soll übrigens einmal die »Urquelle« bestanden haben.

Endlich werden in der Nähe noch schneefreie Stellen gezeigt; so etwas oberhalb der Kuranlagen, namentlich am Fuße des linksseitigen Talgehänges, woselbst also gleichfalls Thermalwasser auftritt.

Es dürfte demnach die folgende Anordnung chronologisch den größten Grad der Wahrscheinlichkeit haben: 1. »Urquellen« an der Stelle des heutigen Freilichtbades (Süd) und an den eben genannten nördlichen Stellen, 2. Bad(haus)quelle bzw. Wannenbad- oder Römerquelle, 3. Schwimmbadquelle, 4. Stahl(bad)quelle, endlich 5. die Georgsquelle.

### Analysenergebnisse aus dem Einöder Quellengebiet.

Die erste chemische Untersuchung an einer der dortigen Thermalquellen ist meines Wissens von J. Mitteregger an der »Hauptquelle« vorgenommen worden; in welchem Jahr ist mir nicht bekannt. Die Analyse ist in Reibenschuhs Publikation<sup>1)</sup> in nachstehender Form angeführt: »In 10.000 Teilen sind enthalten Natriumsulfat 7·692, Kaliumsulfat 1·478, Chlornatrium 1·221, Natriumcarbonat 0·448, Magnesiumcarbonat 2·043, Calciumcarbonat 9·464, Eisen-carbonat 0·058, Tonerde 0·280, Kieselerde 0·260, organische Substanz 0·520, zusammen 23·464 Gewichtsteile fixe Bestandteile. Rechnet man noch 5·510 halb gebundene und 3·778 freie Kohlensäure hinzu, so beträgt die Summe der Gewichtsteile 32·752.«

Vorstehende Salztabelle, die natürlich, wie jede derartige, bloß willkürliche Kombinationen von Basen und Säuren darstellt, habe ich auf Ionen auseinandergerechnet und bin zu folgendem Ergebnis gekommen.

### Einöd: Römerquelle.

J. Mittereggers Analyse. Aus der Salztabelle umgerechnet von J. Knett.

Die erste und dritte Ziffernkolonne bezieht sich auf 1000 Gewichtsteile des Mineralwassers; Gramm in 1 kg des Wassers = Promille ( $\frac{0}{100}$ ) bzw. Milligrammäquivalente in

<sup>1)</sup> Es heißt dort: »Die ergiebige Quelle wird zu Bädern verwendet und befindet sich im Badhause. (Es kann sich demnach nur um die von mir als »Römerquelle« bezeichnete handeln.) Die hinter demselben hervorsprudelnde Straßenquelle wird zur Trinkkur verwendet. (Kann somit nicht dieselbe, sondern nur die später Schwimmbadquelle genannte sein.) Das Wasser der Hauptquelle (also wohl die oben genannte »ergiebigste Badhausquelle«) ist klar, schmeckt säuerlich, riecht etwas nach Schwefelwasserstoff und setzt, wenn es gekocht wird, einen weichen, weißen Bodensatz ab. Die Temperatur der Quelle wurde mit  $25^{\circ}\text{C}$ , das spezifische Gewicht mit 1·00128 bestimmt. Die Quelle enthält nach Prof. Dr. J. Mitteregger usw.«

Der schwache  $\text{SH}_2$ -Geruch ist auch bei meiner Anwesenheit noch wahrnehmbar gewesen und sicherlich kein ursprünglicher, sondern auf die Reduktion der Sulfate durch organische Substanz (alte Holzzimmerung des Quellenschachtes) zurückzuführen.

1000 g = Millival (mv). Die zweite Kolonne drückt die Prozente, bezogen auf die Gesamtzahl der Ionen, aus (Ionenkonzentrationsprozente oder Konz.‰ kurzweg). Die vierte Zahlenreihe enthält die Than'schen Äquivalentprozente der Kationen und der Anionen für sich.

	Gewichtsteile bzw. Gramm	Konzentrations- prozente	Milligramm- äquivalente	Äquivalent- prozente
K . . . . .	0·06636	2·21	1·7015	4·32
Na . . . . .	0·31675	10·53	13·7696	34·98
Ca . . . . .	0·37856	12·59	18·9280	48·09
Mg . . . . .	0·05837	1·94	4·8640	12·36
Fe . . . . .	0·00280	0·09	0·1000	0·25
			<hr/>	<hr/>
			39·363 mv	100·—
Cl . . . . .	0·07422	2·47	2·0966	5·33
SO <sub>4</sub> . . . . .	0·60146	20·00	12·5300	31·83
HCO <sub>3</sub> . . . . .	1·50900	50·17	24·7378	62·84
Summe:	<hr/> 3·00752‰ <hr/>	<hr/> 100·— <hr/>	<hr/> 39·364 mv <hr/>	<hr/> 100·— <hr/>

Darnach wäre diese Quelle, wie wir noch sehen werden, reicher an Natrium- und Hydrocarbonat-Ionen, dagegen etwas ärmer an Calcium- und Sulfat-Ionen als die später untersuchte Georgsquelle oder mit anderen Worten scheinbar sodareicher und gypsärmer, auch eisenärmer. Auf Lithium und Bor ist damals nicht geprüft worden. Deshalb habe ich auch auf die Einstellung des Aluminiums in der vorgeführten Tabelle verzichtet. Mit Hinzurechnung desselben erhöht sich die Summe der Milligrammäquivalente auf 41·02, eine in den späteren Analysen nicht erreichte Konzentration.

Die nächste Untersuchung, die Mitteregger vornahm, war die der mittlerweile erhohrten Georgsquelle. Die Resultate dieser Untersuchung wurden in den seinerzeitigen Prospekten oder Beiblättern über Bad Einöd abgedruckt. Im nachfolgenden werden sie in der Form wiedergegeben, wie sie sich in zwei zeitlich voneinander verschiedenen Drucken (ein älteres Beiblatt und ein jüngerer Prospekt) vorfinden, wobei ich auch die dortige Schreibweise genau beibehalte: »In 10.000 Gewichtsteilen ist enthalten: Calciumsulfat 0·801, Natriumsulfat 4·381, Natriumborat 0·506, Lithiumsulfat 0·906, Magnesiumsulfat 3·016, Calciumsulfat 1·846, Calciumchlorid 1·267, Calciumcarbonat 9·214, Eisencarbonat 0·281, Tonerde 0·182, Kieselsäure 0·290. Summe der fixen Bestandteile 22.690 Gewichtsteile. Halb gebundene Kohlensäure 4·160; freie Kohlensäure 10·980. Summe sämtlicher Bestandteile: 37.830.«

Daraus geht zunächst hervor, daß die erste Substanz irrtümlicherweise als »Kaliumsulfat« angeführt ist, was zu Verwirrungen Anlaß geben kann. Es soll heißen Kaliumsulfat, da sich später unter den erdigen Verbindungen das richtige Calciumsulfat im Ausmaß von 1·846 angeführt findet.

In dem Prospekt, dessen jüngerer Datum aus der unangebrachten Germanisierungsbestrebung in der Chemie zu erkennen ist (Kalzium anstatt Calcium, was schon so häufig zu den unliebsamsten Verwechslungen mit Kalium führte), finden sich, wenn auch in einer anderen Anordnung, fast alle vorgenannten Verbindungen mit übereinstimmenden Ziffern vor, nur sind sie in Milligramm pro 1 Liter Wasser ausgedrückt. Eine Unstimmigkeit besteht hingegen beim »Kalziumchlorid«, das nicht mit 1·267 Gewichtsteilen, sondern mit 226·7 mg angeführt ist. Die Umrechnung mit dieser Ziffer (2· anstatt 1·) ergibt in einer alle Zweifel ausschließenden Weise, daß hier ein bedauerlicher Abschreib- respektive Druckfehler vorliegt. Eine zweite Unrichtigkeit enthält dieser spätere Prospekt darin, daß die Ziffer für Calciumcarbonat, und zwar 921·4 mg als »Kalziumborat« angeführt wird, indessen nicht wie das Natriumborat und Lithiumsulfat mit gesperrten Lettern. Es geht nämlich aus allen Prospekten hervor,

daß dem damaligen Gutachten Prof. Mitteregggers entsprechend besonders auf den Lithium- und Borgehalt Wert gelegt wurde.

Nachdem die Salztabelle dieses (jüngeren) Prospektes den vorwaltendsten Bestandteil, den kohlensauren Kalk, überhaupt nicht nennt, besteht kein Zweifel, daß die Anführung der exotischen Verbindung (Calciumborat) falsch ist. Ich unterlasse es daher, die Umrechnung dieser Salztabelle vorzuführen und beschränke mich auf die ziffermäßige Darstellung meiner Umrechnungen nach der Salztabelle aus dem älteren Prospektbeiblatt.

### Einöd: Georgsquelle.

J. Mitteregggers Analyse. Aus der Salztabelle umgerechnet von J. Knett.

Die erste und dritte Ziffernkolonne bezieht sich wieder auf 1000 Gewichtsteile des Mineralwassers usw. Siehe die weiteren Erläuterungen bei der früheren Analysentabelle.

	Gewichtsteile	Konzentrations- prozente	Milligramm- äquivalente	Äquivalent- prozente	
Kat-Ionen	Li . . . . .	0·01153	0·40	1·6471	4·20
	K . . . . .	0·03596	1·25	0·9199	2·34
	Na . . . . .	0·15344	5·34	6·6713	16·99
	Ca . . . . .	0·46854	16·31	23·4270	59·70
	Mg . . . . .	0·06032	2·10	5·0267	12·81
	Fe . . . . .	0·01357	0·47	0·4847	1·23
	Al . . . . .	0·00964	0·33	1·0711	2·73
			<hr/>	<hr/>	
			39·25 mv	100—	
An-Ionen	Cl . . . . .	0·08109	2·82	2·2907	5·83
	SO <sub>4</sub> . . . . .	0·79098	27·52	16·4787	41·99
	HCO <sub>3</sub> . . . . .	1·24952	43·46	20·4839	52·18
	Summe . . . . .	2·87459 <sup>0/100</sup>	100—	39·25 mv	100—
Freie Säuren	HBO <sub>2</sub> . . . . .	0·04409	1·53		
	= B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0·03507	1·22		
	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> . . . . .	0·0377			
	= SiO <sub>2</sub> . . . . .	0·0290			
	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> . . . . .	1·4450			
	= CO <sub>2</sub> . . . . .	1·0287			

Eine andere Umrechnung der Salztabelle Mitteregggers findet sich im Ö. B. B. und hat folgenden Ausdruck (erste und dritte Ziffernkolonne). In 1000 g des Mineralwassers der Georgsquelle sind enthalten:

	Gramm	Konzentrations- prozente	Milligramm- äquivalente	Äquivalent- prozente
Li . . . . .	0·01157	0·42	1·646	4·36
K . . . . .	0·03596	1·29	0·919	2·43
Na . . . . .	0·1212	4·37	5·26	13·92
Ca . . . . .	0·4695	16·93	23·40	61·92
Mg . . . . .	0·0610	2·20	5·008	13·26
Fe . . . . .	0·01355	0·49	0·485	1·28
Al . . . . .	0·00965	0·35	1·069	2·83
			<hr/>	<hr/>
			37·79	100—
Cl . . . . .	0·0809	2·92	2·28	6·04
SO <sub>4</sub> . . . . .	0·7223	26·04	15·04	39·81
HCO <sub>3</sub> . . . . .	1·248	44·99	20·46	54·15
Summe . . . . .	2·774	100—	37·78	100—

Auch hier habe ich die Ionenkonzentrationsprozente (zweite Ziffernkolonne) sowie die Than'schen Prozente (vierte Zahlenreihe) beigelegt, da ich mich seit ungefähr 20 Jahren überzeugt habe, daß man ohne Berechnung und Beurteilung dieser Ziffern in das tiefere Wesen einer Mineralquelle und ihrer chemischen Beschaffenheit, namentlich auch in geologisch-genetischer Hinsicht, gar nicht einzudringen vermag. Auch chemisch sehr bewandte Ärzte haben sich mir gegenüber wiederholt geäußert, daß insbesondere die von mir eingeführten Ionenkonzentrations-Prozents Tabellen im Verein mit der wirklichen Ionen-summe (Promillesumme) einen weit rascheren und gesicherteren Einblick in den Chemismus eines Mineralwassers verschaffen, als die in so vielen »schwer faßbaren, verwirrenden« Dezimalziffern ausgedrückten Wasseranalysen — sei es bei Darstellung in Ionen (Metallen und Säureresten) oder in Oxyden (Basen und Säureanhydriden) oder endlich in den ganz willkürlichen Salzkombinationen.

Während sich nun bei den meisten Ziffern eine befriedigende Übereinstimmung mit meiner früher vorgeführten Tabelle ergibt, ist dies bezüglich des Natrium- und Sulfat-Ions nicht der Fall. Welche Darstellung ist nun die richtige? Wiederholte Nachrechnungen und lange Überlegungen brachten mich, wie ich glaube, auf die richtige Spur der Unstimmigkeit.

Die Differenz zwischen den Gewichtsteilen Natrium (vergl. die jeweilige erste Zahlenkolonne) beträgt nämlich 0.0322, jene des Sulfat-Ions 0.0687; in Summa demnach 0.1009 oder rund 0.1<sup>1)</sup>. Tatsächlich würden 0.03224 Gewichtsteile Natrium (Manko) 0.06728 Gewichtsteile Sulfat-Ionen (Manko) erfordern, um 0.09952 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, also den Fehlbetrag von 0.1 zu ergeben. Daher ist der Verdacht wohl begründet, daß dem für das Österreichische Bäderbuch rechnerisch tätigen Chemiker ein Lapsus dadurch unterlaufen ist, daß er nicht die Mitteregg'sche Originalziffer für Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 4.381 (in 10 kg Wasser), sondern versehentlich 3.381 zur Ausgangsziffer der Trennungsrechnung (sei es jetzt mit dem Rechenschieber oder mit den Logarithmentafeln) genommen und auf diese Weise das Defizit von 1 g pro 10 kg Wasser, bzw. von 0.1 pro 1 kg (aufgeteilt auf Na und SO<sub>4</sub>) in die Iontabelle hineingebracht hat.

Daß es sich genau um dieselbe Salztabelle handelt, die sowohl meiner als auch der Bäderbuch-Umrechnung zugrunde gelegt wurde, beweist die Anmerkung im Ö. B. B.: »Im Analysenabdruck ist 0.0506 g Natriumborat in 1 kg Wasser angegeben; zur Umrechnung wurde Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> angenommen«<sup>2)</sup>. Es ist dies dieselbe Ziffer und Verbindung, wie sie auch in dem von mir verwendeten Prospektbeiblatt angeführt ist. Die Folgen des früher erwähnten »Fehlgriffes« sind nicht nur die durch Fettdruck hervorgehobenen unrichtigen Ziffern an der zweiten Dezimalstelle in der ersten Zahlenreihe (Iontabelle), sondern auch

<sup>1)</sup> Denn die Ziffern der vierten Dezimale sind vielleicht — die kleinen Differenzen bei den übrigen Ziffern dagegen sicher — auf die Umrechnungsfaktoren zurückzuführen, je nachdem ihnen die früher gebräuchlichen oder die in späterer Zeit richtiggestellten Atomgewichte zugrunde gelegt wurden. Bei meinen Rückrechnungen ist jeweilig darauf Bedacht genommen, jene Atomgewichte zu verwenden, die der betreffende Chemiker bei Ausführung der Wasseranalyse und Berechnung der willkürlichen Salztabelle seinerzeit nur benützt haben konnte.

<sup>2)</sup> An dieser Stelle sei bemerkt, daß die neuere Mineralwasserchemie den Standpunkt vertritt, es sei die Borsäure in nicht-dissoziierter Form in Lösung, namentlich wenn es sich nur um geringfügige Mengen handelt. Hat daher ein früherer Chemiker eine Borsäureverbindung in seine Salztabelle aufgenommen, so muß bei der Trennungsrechnung darauf Rücksicht genommen werden, daß für das zugehörige Metall (richtiger Kat-Ion) ein anderer Säurerest, zum Ausgleich genommen wird. In unserem Falle, wie bei allen Säuerlingen, muß anstatt des vermeintlichen Borsäure-Ions eine äquivalente Übermenge an Hydrocarbonat-Ion errechnet werden. Das gleiche betrifft das Aluminium, wenn es der Salztabelle bloß als Oxyd angefügt war und man es bei den Kat-Ionen unterbringen will. Es ist damit natürlich nicht gemeint, daß das Al in carbonatischer Verbindung ist; es muß nur das letztere Ion dazu errechnet werden, um einen anderen Säurerest für das Al freizubekommen.

Die rund 1½ betragenden Unterschiede in den Milligrammäquivalenten. Auffallender werden die Auswirkungen des Fehlers in den Prozentreihen, da sich das Manko in einem um so größeren Übermaß bei den vorherrschenden Ionen ausgleichen muß. So steht dem Zuwenig von 1 Konz. % Na und 1·5 Konz. % SO<sub>4</sub> ein Zuviel an 0·6 Konz. % Ca und 1·5 Konz. % HCO<sub>3</sub> gegenüber. Noch krasser werden die Unterschiede in der Tabelle der Äquivalentprozente. Dem Zuwenig an 3 Äquiv. % Na und 2·2 Äquiv. % SO<sub>4</sub> muß ein Zuviel an 2·2 Äquiv. % Ca und 2 Äquiv. % HCO<sub>3</sub> die Wagschale halten; von den kleineren Unterschieden an den übrigen Salzbestandteilen abgesehen, die den Ausgleich vervollständigen<sup>1)</sup>.

Begreiflicherweise hatte Prof. Mitteregger in seinem damaligen Gutachten den Lithium- und Borgehalt betont und es war dieser Hinweis dann auch in alle Badeprospekte von Einöd übergegangen. Um jene Zeit hatte man eben bei neuen Mineralwasseranalysen bereits nach den selteneren Substanzen eifrig gesucht und das Lithium sehr häufig in jenen gefunden, die größere Mengen von Natrium und daneben auch Kalium enthielten. Auch die Borsäure war das Ziel der Analytiker, denn sie war bislang nicht in vielen Wässern zu finden gewesen. Der Borsäuregehalt der Georgsquelle ist nach obiger Analyse in der Tat ein hervorstechender.

### Borsäure in Mineralwässern.

Soll der in einem Mineralwasser wirksame Borsäuregehalt beurteilt werden, dann ist es meines Erachtens unzulässig, dies mit der Ziffer der nichtdissoziiert gedachten Metaborsäure tun zu wollen; so wie man ja auch den Arsengehalt einer Mineralquelle nach dem Hydroarsenation (HAsO<sub>4</sub>) medizinisch nicht gut beurteilen kann. Wie in letzterer Hinsicht die arsenige Säure (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) herangezogen wird, so muß man auch beim Bor das Säureanhydrid, also das Bortrioxyd (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) in Betracht ziehen. Denn die Ziffer für Metaborsäure täuscht infolge des darin versteckten Wassers (2 HBO<sub>2</sub> = H<sub>2</sub>O · B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) einen zu großen Borsäuregehalt vor; die Ziffer ist um das 35/44 = 0·7955fache zu erniedrigen.

In unserem Falle beträgt der Borsäuregehalt der Georgsquelle 0·04409<sup>0/100</sup> HBO<sub>2</sub> = 0·03507<sup>0/100</sup> B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (das sind Gramm in 1 kg Wasser). Es ist dies, absolut genommen, derselbe Gehalt, den die als borsäurereich bekannte geologisch auf der »Dinarischen Narbe« aufbrechende Helenenquelle von Eisenkappel in Kärnten (chem. Char.: i × N s y, vgl. Mineralquellentypen) aufweist, nämlich 0·04432<sup>0/100</sup> HBO<sub>2</sub> = 0·03525<sup>0/100</sup> B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Er bezieht sich hier aber nicht wie bei Einöd auf ein hypotonisch, das heißt schwach mineralisiertes Wasser (Ionen-

<sup>1)</sup> Auch andere Ziffern der Bäderbuchumrechnung (dritte Zahlenreihe) erscheinen mir nicht recht erklärlich. Diese Milligrammäquivalente sind die Quotienten aus dem tausendfachen Ionengewicht durch das Äquivalentgewicht (gleich Atomgewicht bei einwertigen bzw. ½ Atomgewicht bei zweiwertigen Ionen usf.). So ergeben sich beispielsweise für die Milligrammäquivalente bei Verwendung der betreffenden Äquivalent- bzw. Atomgewichte

	um das Jahr 1890	1912	im Ö. B. B.
Na . . . . .	5·270	5·269	5·26
Ca . . . . .	23·475	23·425	23·40
Mg . . . . .	5·096	5·016	5·008!
Cl . . . . .	2·287	2·281	2·28
SO <sub>4</sub> . . . . .	15·076	15·037	15·04

summe 2·875<sup>0/100</sup>), sondern auf ein weit salzreicheres, der Blutkonzentration isotonisches Mineralwasser von Ionensumme = 8·537<sup>0/100</sup>. Es ist demnach der Borsäuregehalt in Einöd relativ (dreimal) größer als in Eisenkappel, was sich am klarsten in den Konzentrationsprozenten ausdrückt. Eisenkappel enthält 0·41 Konz.%, Einöd dagegen 1·22 Konz.% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Ein ähnlicher absoluter Borsäuregehalt ist in der Soolquelle Zabłacz in Schlesien enthalten, nämlich 0·0418<sup>0/100</sup> HBO<sub>2</sub> = 0·0332<sup>0/100</sup> B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, indessen bezogen auf die hohe Konzentration von 42·343<sup>0/100</sup> Salze, was sohin nur 0·1 Konz.% HBO<sub>2</sub> = 0·08 Konz.% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gleichkommt.

Soviel mir bekannt, wird die Borsäureführung Einöds absolut wie relativ nur von den Luhatschowitzter Quellen in Mähren (chem. Char.: p × N s c, vgl. Mineralquellentypen) übertroffen, die je nach ihrer Konzentration (9·07—13·55<sup>0/100</sup>) einen B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt von 0·239—0·352<sup>0/100</sup>, demnach rund 2·6 Konz.% enthalten. Ich sehe hierbei von den Borsäurequellen Toskanas natürlich ab. Dagegen übertrifft der Borgehalt der Einöder Georgsquelle viele der bekannten Borsäure führenden Heilquellen um ein bedeutendes, wie beispielsweise Arienhell, Bertrich, Bilin, Birresborn, Fachingen, Gießhübl, Gleichenberg, Karlsbad, Neuenahr, Podebrad, Offenbach a. M. unter den alkalischen und Rohitsch-Sauerbrunn sowie die Köttelacher Römerquelle unter den erdigen Sauerlingen, endlich Abtenau, Deutsch-Altenburg, Darkau, Hall (O.-Ö.), Ischl, Ivonicz, Kreuznach, Monfalcone, Münster a. St., Säckingen, Soden a. W. und Wiesbaden unter den Kochsalz führenden Quellen<sup>1)</sup>.

### Weitere Analysen.

Bald nach Mitteregggers Untersuchung, die im allgemeinen auch Ludwigs (unvollständige Analysen) Resultate bestätigten, haben Kudernatsch und Arlt die Georgsquelle untersucht, und zwar eine an die Grazer Universität eingelangte amtliche Mineralwasserprobe (Bezirkshauptmannschaft Murau). Die Genannten haben die Analyse vorgenommen, ohne von dem früheren Untersuchungsergebnis Kenntnis gehabt zu haben. Die Wasserprobe zeigte bei 16·5<sup>0</sup>C eine Dichte von 1·0030 und enthielt beim Abdampfen von 10.000 Teilen 21·6925 feste Bestandteile, gewogen nach dem Trocknen bei 180<sup>0</sup>. Vorweg bemerken die beiden Analytiker, daß sie Lithium, Kalium, Barium, Borsäure, Schwefelwasserstoff und organische Substanz nicht einmal qualitativ nachweisen konnten. Die Analysenergebnisse werden in zweifacher Form dargestellt: einmal in Oxyden und in einer errechneten Salztabelle.

Die erste Form gibt für 10.000 Teile Wasser an: (Basen): NH<sub>3</sub> (Ammoniak)<sup>2)</sup> 0·0051, Na<sub>2</sub>O (Natron) 2·4631, Ca O (Kalk) 4·6908, Mg O (Magnesia) 1·2586, Sr O (Strontian) 2·2252, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Eisenoxyd) 0·0160, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Tonerde) 0·0113; (Säuren): N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Salpetersäureanhydrid) 0·0312, Cl (Chlor) 0·8214, SO<sub>3</sub> (Schwefelsäureanhydrid) 6·5148, CO<sub>2</sub> (Gesamtkohlensäureanhydrid) 15·9185, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Phosphorsäureanhydrid) 0·0247 und endlich Si O<sub>2</sub> (Kieselsäureanhydrid) 0·8862.

Die von Kudernatsch durch Zusammenziehung von Basen und Säuren berechnete Salztabelle enthält in 10.000 Teilen:

<sup>1)</sup> Bei manch anderen Quellenorten mag das zutreffen, was eingangs bezüglich der Dürckheimer Maxquelle gesagt wurde. Es ist eben ein Mangel der Analysendarstellung, wenn gewisse Stoffe überhaupt nicht aufgezählt sind. Man bleibt dann immer im Zweifel, ob die betreffende Substanz deswegen nicht angeführt ist, weil sie quali- oder quantitativ nicht bestimmbar war, also tatsächlich nicht vorhanden ist oder deshalb, weil überhaupt darauf nicht geprüft worden war.

<sup>2)</sup> Die Namen der Verbindungen wurden von mir in Klammer beigelegt.

Schwefelsaures Natron ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) . . . . .	5·6386
Schwefelsauren Strontian ( $\text{SrSO}_4$ ) . . . . .	3·9465
Schwefelsauren Kalk ( $\text{CaSO}_4$ ) . . . . .	2·7506
Kohlensauren Kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) . . . . .	4·0073
Salpetersauren Kalk ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) . . . . .	0·0229
Phosphorsauren Kalk (?) . . . . .	0·0196
Chlorcalcium ( $\text{CaCl}_2$ ) . . . . .	1·7469
Kohlensaure Magnesia ( $\text{MgCO}_3$ ) . . . . .	2·6430
Kohlensaures Eisenoxydul ( $\text{FeCO}_3$ ) . . . . .	0·0232
Phosphorsaure Tonerde ( $\text{AlPO}_4$ ) . . . . .	0·0271
Salpetersaures Ammon ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) . . . . .	0·0239
Kieselsäure ( $\text{SiO}_2$ ) . . . . .	0·8862
	Summe . . 21·7358

Den in letzterer Tabelle genannten Verbindungen haben die Autoren keine Formeln beigesezt, was insbesondere beim phosphorsauren Kalk wegen der verschieden möglichen Phosphate ( $\text{CaHPO}_4 \dots \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) angezeigt gewesen wäre. Es wird dann noch bemerkt: »Von der Kohlensäure werden noch 3·1564 Teile verbraucht, um die kohlensauren Salze als doppelkohlensaure in Lösung zu halten, so daß an freier Kohlensäure 9·6057 Teile im Wasser gelöst verbleiben.«

Leider haben auch diese Analytiker keine Umrechnung auf Ionen (bezw. Metalle und Säurereste) sowie auf Äquivalentprozente vorgenommen. Es liegt darin, wie in vielen anderen Fällen, der Beweis, wie wenig seinerzeit auf den Hochschulen über eingehende Wasseranalysen und ihre richtige Ausdrucksweise gelehrt wurde. Auch daß der wohlbegründete Vorschlag Prof. C. von Thans (1865) die Mineralwasseranalysen in Äquivalenten der Metalle und Säurereste auszudrücken, selbst Wasserchemikern unbekannt geblieben war, was übrigens vielfach heutigentags noch der Fall ist. Und doch bietet diese Darstellungsweise die einzige Möglichkeit zur Selbstkontrolle, ob eine Analyse richtig und vollständig durchgeführt worden ist. Bei einer solchen müssen die berechneten Äquivalente, und zwar die Summe der Kat-Ionen und jene der An-Ionen einander gleich sein. Ist dies nicht der Fall, dann ist die Analyse entweder fehlerhaft oder unvollständig. Anders verhält es sich, wenn der betreffende Analytiker eine Salztabelle aufgestellt hat und ihm bei der Berechnung Irrtümer unterlaufen sind. Nimmt man eine derartige Salztabelle dann zur Grundlage der Auseinanderrechnung auf Ionen bzw. Äquivalente, so hat man keine Möglichkeit, dabei den Rechenfehler zu entdecken. Denn welche Form immer — nach Ziffern und Verbindungen — eine Salztabelle auch haben mag, muß sich bei der Trennungsrechnung Ionengleichgewicht ergeben, das heißt es müssen gleiche Äquivalentsummen für die Kat- und An-Ionen gefunden werden. Wenn nicht, dann weist eben (auch) die Trennungsrechnung Fehler auf.

Ich sah mich daher veranlaßt, beide Formen der Analyse nachzurechnen und kam zunächst unter Zugrundelegung der erstzitierten zu folgendem Ergebnis:

### Einöd: Georgsquelle.

Analyse von Kudernatsch und Arlt. Aus der Oxydtabelle berechnet von Knett.

Die erste und dritte Zahlenreihe bezieht sich auf 1000 Gewichtsteile respektive Gramm des Mineralwassers. Die mittlere Zahlenreihe bringt wieder die Prozente zum Ausdruck, die man durch Gleichsetzung der Ionensumme (erste Ziffernreihe) auf Hundert erhält. Than-Prozente lassen sich bei dieser Tabelle nicht berechnen.

	Gewichtsteile Gramm	Konzentrations- prozente	Milligramm- äquivalente
Am*) . . . . .	0·00054	0·02	0·0300
Na . . . . .	0·18274	7·22	7·9452
Ca . . . . .	0·33506	13·25	16·7530
Mg . . . . .	0·07552	2·99	6·2933
Sr . . . . .	0·18810	7·44	4·3043
Fe . . . . .	0·00112	0·04	0·0400
Al . . . . .	0·00060	0·02	0·0667
			<hr/> 35·43 mv
NO <sub>3</sub> . . . . .	0·00358	0·14	0·0577
Cl . . . . .	0·08214	3·25	2·3164
SO <sub>4</sub> . . . . .	0·78178	30·90	16·2871
HCO <sub>3</sub> . . . . .	0·87520	34·60	14·3475
HPO <sub>4</sub> . . . . .	0·00334	0·13	0·0696
Summe . . . . .	<hr/> 2·52972 <sup>0/100</sup>	<hr/> 100·—	<hr/> 33·08 mv

Die Umrechnung der Salztabelle, die sohin dieselben Ionenziffern liefern sollte wie jene der Oxydtabelle, ergibt dagegen:

### Einöd: Georgsquelle.

Analyse von Kudernatsch und Arlt. Aus der Salztabelle berechnet von Knett.

Die erste und dritte Ziffernkolonne bezieht sich auf 1000 Gewichtsteile des Mineralwassers, bedeuten demnach wie bei den früheren Tabellen Promille. Auch bezüglich der zweiten und vierten Zahlenreihe gelten dieselben Erläuterungen wie im ersten Falle (Römerquellen-Analyse).

	Gramm	Konzentrations- prozente	Milligramm- äquivalente	Äquivalent- prozente
Am*) . . . . .	0·00054	0·02	0·0299	0·09
Na . . . . .	0·18266	7·22	7·9416	23·39
Ca . . . . .	0·30550	12·08	15·2750	44·99
Mg . . . . .	0·07552	2·99	6·2929	18·53
Sr . . . . .	0·18808	7·44	4·3039	12·68
Fe . . . . .	0·00112	0·04	0·0400	0·12
Al . . . . .	0·00060	0·02	0·0667	0·20
			<hr/> 33·95 mv	<hr/> 100·—
NO <sub>3</sub> . . . . .	0·00358	0·14	0·0578	0·17
Cl . . . . .	0·11170	4·42	3·1503	9·28
SO <sub>4</sub> . . . . .	0·78193	30·90	16·2902	47·98
HCO <sub>3</sub> . . . . .	0·87519	34·60	14·3474	42·26
PO <sub>4</sub> . . . . .	0·00331	0·13	0·1045	0·31
Summe . . . . .	<hr/> 2·52973 <sup>0/100</sup>	<hr/> 100·—	<hr/> 33·95 mv	<hr/> 100·—

\*) Am = NH<sub>4</sub> (Ammonium-Ion).

Die Richtigkeit der Berechnung dieser beiden Tabellen habe ich mehrfach nachgeprüft. Bei der ersten Tabelle lassen sich die Äquivalentprozente nicht berechnen, weil die Äquivalentsummen nicht übereinstimmen, sondern um 2·35 mv, also erheblich differieren. Die Analyse muß demnach entweder unvollständig bzw. fehlerhaft sein oder es stecken in den publizierten Originaltabellen Rechen- oder Druckfehler. Daß solche bestimmt unterlaufen sind, beweist folgendes: Die Originalziffer (pro 10 kg Wasser) für Chlor = 0·8214

ergibt nicht 1·7469 Chlorecalcium, sondern bloß 1·284. Rechnet man andererseits die von Kudernatsch angegebene Menge für  $\text{CaCl}_2 = 1·7469$  auf Cl zurück, so erhält man nicht die Originalziffer 0·8214, sondern 1·117 Cl. — Die erstere (vorletzte, 0·08214 in 1 kg Wasser) würde mit derjenigen Mitteregggers (0·08109) gut übereinstimmen, während die andere (0·1117 Chlor) im Zusammenhalt mit der höheren Natriumziffer (0·18 gegen 0·15) aber auch dem Vorhandensein von Ammoniumnitrat jeden einigermaßen auf hygienischen Quellenschutz bedachten Beurteiler auf den Verdacht einer damaligen, wenn auch bloß gelinden Verunreinigung bringen könnte.

Welche der beiden Original- (Oxyd- und Salz-) Tabellen ein und derselben Analyse nun die richtigen Ziffern darstellt oder, mit anderen Worten, in welcher der beiden Originaltabellen Rechen- oder Druckfehler vorhanden sind, läßt sich bei der gegebenen Sachlage nicht ergründen. Die größte Unstimmigkeit besteht, wie schon betont, bei den Calcium- und Chlorionen, und zwar entgegengesetzt  $\pm 0\ 03\%$ , welche Differenz, so geringfügig sie dem Nichtchemiker erscheinen mag, doch hinreicht, um die exakte Beurteilungsmöglichkeit vollständig aus den Angeln zu heben und den Wert der Publikation empfindlich zu beeinträchtigen.

Immerhin lassen sich aus der Analyse Kudernatsch-Arlt auch positive Schlüsse ziehen, wenngleich etwas fraglicher Natur. — Nicht sehr zutreffend wird gesagt, daß diese Quelle zur »Klasse der Säuerlinge und der der Bitterwässer« gehört. Ferner wird der bedeutende Strontiumgehalt betont und zugleich die Abwesenheit von Lithium, Kalium und Bor hervorgehoben.

### Vergleich der Analysen Mitteregger und Kudernatsch-Arlt.

Erst nach Beendigung ihrer Arbeit kamen den genannten Chemikern die Analysen Ludwigs und Mitteregggers zur Kenntnis, was erstere zu einer erneuten Prüfung mit besonderer Rücksichtnahme auf die abweichenden Ergebnisse veranlaßte. Sie schlossen ihre Veröffentlichung mit dem Satze: »Wir konnten jedoch nur unsere früheren Angaben bestätigen, nach welchen das Mineralwasser sehr reich an Strontiumsulfat ist, dagegen keine Borsäure, kein Kalium und Lithium enthält.«

Es steht also Analyse gegen Analyse oder Behauptung gegen Behauptung, und es ist schwer, ein sicheres Urteil abzugeben, wer im Rechte ist. Mir erscheint es sehr unwahrscheinlich, daß sich Kalium nicht einmal qualitativ nachweisen lassen sollte. Es dürfte wohl quantitativ, wenn auch in sehr geringen Mengen, bestimmbar sein. Weiter ist nicht ausgeschlossen, daß sich selbst Lithium und Bor, wenn auch nur qualitativ, bei einer neuerlichen Untersuchung feststellen lassen werden. Der das Kalium übertreffende Lithiumgehalt in der Mitteregger-Analyse wird entschieden zu hoch ausgefallen sein. Andererseits bezweifle ich nicht das Vorhandensein quantitativ bestimmbarer Strontiums, doch kommt mir auch diese Menge übermäßig vor. Mitteregger dagegen hatte offenbar auf Strontium nicht geprüft<sup>1)</sup>. Nur neue exakte Überprüfungen des Georgsquellen-

<sup>1)</sup> Ist in einer Lösung (Mineralquelle) neben Calcium auch etwas Strontium enthalten und rechnet der Chemiker unter Vernachlässigung des Sr sein gewichtsanalytisches Präzipitat (sei es Oxalat, Carbonat oder Sulfat) nur auf Ca um, so muß er nicht nur eine absolut größere Ziffer für Ca erlangen, als tatsächlich in dem mineralisierten Wasser enthalten war, weil er hiedurch auch das Sr irrtümlich als Ca ausdrückt. Diese zu hohe Zahl wird andererseits aber geringer sein, als die richtige Summe der tatsächlichen Gewichtsmenge von Ca + Sr beträgt, weil der ziffermäßige Faktor, mit dem rechnerisch auf Ca geschlossen wird, kleiner ist als jener, der für den Strontiumanteil hatte genommen werden müssen. (Atomgewicht: Ca = 40, Sr = 87·6.) Es wird also für den faktisch vorhandenen, von dem Analytiker aber unbeachteten Strontiumanteil eine zu niedrige Umrechnungsziffer in Verwendung genommen. —  $\text{Ca}^{\text{t}}$  (Mit.) 0·469<sup>0/100</sup>, Ca (Kud.) 0·306, Ca + Sr (Kud.) 0·494.

wassers wie auch der anderen Thermen könnten über all diese Unstimmigkeiten Klarheit bringen; und wahrlich, das Streitobjekt wäre einer solchen Klärung wert.

Wiewohl nach meinen früheren Feststellungen auch die letzte Umrechnungstabelle der Kudernatsch-Analyse einige zweifelhafte Ziffern enthalten muß, erübrigt, sofern man sie mit jener von Mitteregger vergleichen will, doch nichts anderes, als nun die vollständig ausgerechneten (vierteiligen) Tabellen einander gegenüberzustellen.

Darnach ergibt sich zunächst durch Vergleich der ersten Ziffernkolonne, daß die Ionenkonzentration in der Kudernatsch-Probe etwas geringer (2·875 gegen 2·53<sup>0/100</sup>) gewesen war, daß sich aber auch einige andere Ziffern weit über dieses Relativverhältnis hinaus verschieben, was auffälliger in den Konzentrationsprozenten zum Ausdruck kommt. Die Mitteregger-Analyse weist einen geringeren Natrium-, Magnesium- wie auch Chlor- (und Sulfat-) gehalt auf, dagegen wesentlich höhere Calcium- und Hydrocarbonatziffern als die Kudernatsch-Analyse.

Überdies sticht die letztere durch den mehr erwähnten hohen Strontium- neben dem Natrium- und Chlorgehalt hervor. Man ersieht diese in mehrere Pro- zente gehenden Unterschiede ohne weiteres aus den beiden Tabellen.

In gedrängtester und markantester Weise kommen die Unterschiede in jenen Typenformeln zum Ausdruck, wie ich sie seit Jahren gewohnt bin, zur chemischen Charakteristik von Mineralquellen aufzustellen.

### Mineralquellentypen.

Trägt man gleichsam auf einem Koordinatensystem die in Mineralwässern am häufigsten vorhandenen Salzbestandteile (etwa zuzüglich des Kaliums, Eisens und Aluminiums) auf und bezeichnet man zugehörige (gleiche) Äqui- valentmengen durch entsprechende Buchstaben, so erhält man alle jene mög- lichen Verbindungen angedeutet, die namentlich den chemischen Hauptcharakter eines Mineralwassers zum Ausdruck bringen können. Diese in der nachstehenden Tabelle verzeichneten Buchstaben erinnern aber bloß an bestimmte Salze oder Mineralien (wie Pottasche, Steinsalz, Glaubersalz, Gyps, Kalk, Bittersalz, Magnesit, Eisenspat, Alaun) und bedeuten streng genommen nicht wirkliche Salzver- bindungen, sondern nur gleiche Äquivalentmengen der betreffenden Kat- und Anionen, die in den verschiedenen Mineralwässern eben meistens derart (elektrolytisch- dissoziiert) vorhanden sind.

		Kat-Ionen						Diverse
		K	Na	Ca	Mg	Fe	Al	
An-Ionen	Cl	i	s	c	d	r	l	Chloride δ
	SO <sub>4</sub>	u	g	y	b	f	a	Sulfate σ
	HCO <sub>3</sub>	p	n	k	m	e	—	Bicarbonat γ

Auch die anderen Charaktere können wir durch ähnliche Bezeichnungen ausdrücken. So den sekundären chemischen Charakter durch  $\alpha$  für Kalium,  $\lambda$  für Lithium,  $\zeta$  für Strontium,  $\nu$  für Mangan,  $\eta$  für Eisen,  $\varsigma$  für Arsen,  $\chi$  für Bor,  $\omega$  für Fluor,  $\mu$  für Brom,  $\iota$  für Jod,  $\varphi$  für Sulfide,  $\vartheta$  für Thiosulfate,

$\tau$  für Nitrate usw. Weiter die Gasführung ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{N}$  usw.) durch  $\alpha$  für die absorbierten, chemisch freien und  $\beta$  für die mit dem Quellwasser spontan auftreibenden blasenförmigen Gase. Endlich auch die Konzentration bzw. Gesamtmineralisierung (ob akkratisch, hypo-, iso- oder hypertensisch, ob optimal oder per-hypertensisch, ob mittlere Soolen- oder ob stärkste Soolen- gleich schwächste Mutterlaugenkonzentration oder endlich ob ein Salzgehalt mittelstarker bis höchstkonzentrierter Mutterlaugen) durch Voranstellung entsprechender Buchstaben (a, h, i, p, o, pp, s, sm und m) oder aber durch Voranstellung der Ionen- (allenfalls auch der Millival = Äquivalent-) Summenziffer selbst.

Bezeichnen wir auf die tabellarisch angedeutete Weise die ausgesprochen vorherrschend-äquivalenten Salzbestandteile bzw. zugehörigen Ionen mit großen Buchstaben und die geringeren Mengen mit kleinen (Mengen unter 10 Äquivalentprozenten kommen in Klammer oder können auch weggelassen werden) und fügen wir weiters die betreffenden Äquivalentprozentziffern als Indizes bei, so kommt in einer solchen Typenformel der chemische Hauptcharakter eines Mineralwassers in knappster Form zum vergleichbaren Ausdruck <sup>1)</sup>.

### Chemische Hauptcharakter-Typen der Einöder Thermalsäuerlinge.

Römerquelle (Mitteregger)	Georgsquelle (Mitteregger)	Georgsquelle (Kudernatsch-Arzt)
$3 \times \mathbf{K}_{43} \mathbf{g}_{31.8} \mathbf{m}_{12.4} \dots$ (Wegen Nichteinbeziehung des Li und Al nur bedingt vergleichbar)	$2.9 \times \mathbf{K}_{52.2} \mathbf{g}_{19.2} \mathbf{b}_{12.8} (\sigma_{10})$ resp. mit Hervorhebung der Nebenstoffe	$2.5 \times \mathbf{K}_{42.3} \mathbf{g}_{23.5} \mathbf{b}_{18.5} \zeta_{12.7} =$ $= 2.5 \times \mathbf{Y}_{45} \mathbf{n}_{23.5} \mathbf{m}_{18.5} \zeta_{12.7}$
Wäre keine Lithium-, auch keine Eisenquelle	$2.9 \times \mathbf{K.g.b.}\sigma (\lambda_{4.2})(\eta_{1.2}) \chi$ Chemischer Nebencharakter: Lithium-, Bor- und Eisenquelle	Strontiumquelle! Keine Lithium-, keine Eisenquelle
Der Typenformel nach am carbonatsehesten	Sulfatischer als die Römerquelle	Noch sulfatischer, am carbonatärmsten

Ziffermäßig kommt der Säurecharakter zum Ausdruck in dem Verhältnis der Sulfat- und Hydrocarbonat-Ionen bzw. Sulfate ( $\sigma$ ) zu Bicarbonate ( $\gamma$ ):

$\sigma = 31.8 \text{ Äquiv.}\%$	$\sigma = 42 \text{ Äquiv.}\%$	$\sigma = 48 \text{ Äquiv.}\%$
$\gamma = 62.8 \text{ „}$	$\gamma = 52.2 \text{ „}$	$\gamma = 42.3 \text{ „}$

Charakter des Alkalienverhältnisses (Ätzalkalien zu Erdalkalien):

$39.3 : 60.45 = 1 : 1.54$ erdalkalisch	$23.5 : 72.5 = 1 : 3.08$ alkalisch-erdig	$23.5 : 76.2 = 1 : 3.24$ alkalisch-erdig
---	---	---

Herkömmliche Bezeichnungsweise:

Sulfatische erdalkalische Quelle	Sulfatische alkalisch-erdige Quelle	Alkalisch-erdige Bitterquelle
----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------

Diagnose nach der Typenform:

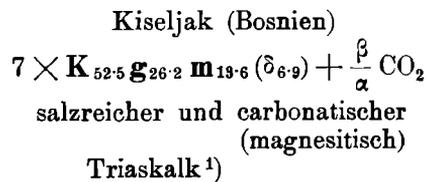
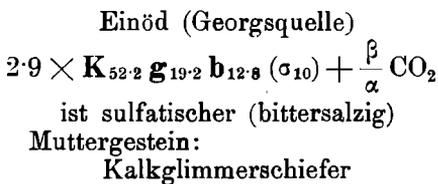
Magnesitisch-glauberige Kalkquelle	Bitter-glaubersalzige Kalkquelle	Bitter-glaubersalzige Kalkquelle oder zutreffender: Strontiumreiche magnesitisch-sodige Gypsquelle
------------------------------------	----------------------------------	--

<sup>1)</sup> Da der einem jeden Buchstaben angehängte Index also Than-Prozente bedeutet, wäre es richtiger, als Konzentrationsfaktor nicht die Promillesumme sondern die Millivalsumme voranzustellen, doch ist dieselb für Nichtchemiker schwerer faßlich.

Es dürfte vielleicht auffallen, daß bei der Kudernatsch-Analyse zwei Typenformen verzeichnet sind. Ein solcher Fall tritt stets dann ein, wenn unter zwei oder mehreren gleichgeladenen Ionen das eine oder andere Ion nicht besonders vorherrscht, sondern in annähernd gleichem Ausmaß vorhanden ist, wie das andere. Noch weitere Komplikationen können eintreten, wenn es sich zugleich nicht bloß um ein ausgesprochen zwei-, sondern sogar mehrbasiges (säuriges) Mineralwasser handelt und dieselben, wie gesagt, in relativ größeren Mengen vorhanden sind. In diesen Fällen ist der chemische Hauptcharakter nicht selten kein eindeutiger mehr. Immerhin aber fällt es auf, daß sich bei zwei- bis dreibasigen und zwei- bis dreisäurigen Mineralwässern in vielen Fällen eine direkte Äquivalenz zwischen einem Kat- und einem Anion ergibt oder aber zwischen einem Kat- und zwei Anionen oder endlich zwischen zwei Kat- und einem Anion. Diese Fälle sind es insbesondere, die dann häufig einen geologischen bzw. genetischen Schluß hinsichtlich der Auslaugungsvorgänge in den Muttergesteinen der Quellen bzw. ihrer Mineralisierung ziehen lassen.

Die erste (obenan gestellte) Typenform der Kudernatsch-Analyse wurde nur wegen der Analogie mit den beiden nebenstehenden angeführt. Sie entspricht schon nicht mehr meinem Grundsatz, daß zunächst die vorherrschenden elektropositiven und negativen Ionen verkettet und mit dem großen Typenbuchstaben bezeichnet werden sollen. Übrigens kommt der stark vorherrschende sulfatische Charakter hier in der Indexsumme zum Ausdruck, die fast gleich ist jener des »Kalkcarbonats«. Zuzüglich der anderen Sulfate (im ζ) ist der tatsächliche SO<sub>4</sub>-Gehalt noch größer. Sein Vorherrschen geht schon aus der Umrechnungstabelle wie aus dem angemerkten Säureverhältnis (σ:γ) hervor. Darin liegt bereits das Umschlagen vom Kalkquellen- zum Gypsquellentypus. Immer vorausgesetzt die Richtigkeit der Analysentabelle (die wahrscheinlich, wie früher betont, unauffindbare Fehler mitgeschleppt hat), steht die Georgsquelle demnach mit ihrem Hauptcharakter nahe dort, wo die Abgrenzung sulfatischer Kalkquellen und carbonatischer Gypsquellen im großen System der Mineralquellen zu denken respektive durchzuführen wäre.

Nach der Mitteregger-Analyse hingegen käme der chemische Charakter der Einöder Georgsquelle dem des bekanntesten bosnischen Sauerbrunnens Kiseljak im Bezirk Fojnica nahe, wie die folgende Gegenüberstellung zeigt:



Darnach würden beide Mineralquellen zu den glaubersalzigen Kalksäuerlingen gehören.

Die Analyse Kudernatsch-Arzt ist für weitere Kreise wegen ihres Versteckes in einem naturwissenschaftlichen Jahrbuch bis auf den heutigen Tag so gut wie unbekannt geblieben. Wie ich ersehen konnte, war sogar dem Badbesitzer Amann nichts davon bekannt. Selbst in den jüngsten Badprospekten findet sich immer nur der Hinweis auf die Resultate Mitteregggers (Li, B), und doch erscheint mir auch ein solcher bezüglich des Strontiums am Platze zu sein.

<sup>1)</sup> Nach meinen Untersuchungen (1912) auch Werfener Schiefer am gegenüber gelegenen Ufer des Lepenicaflusses.

### Strontiumführung der Georgsquelle und anderer Mineralwässer.

Wie aus beiden Umrechnungstabellen der Kudernatsch-Analyse übereinstimmend hervorgeht, beträgt der Strontiumgehalt in 1 kg des Mineralwassers 0·1881‰ bei einer Konzentration (Ionensumme) von nur 2·53‰. Es entspricht dies 7·44 Konz.‰ Strontium — ein Gehalt, der, wenn er sich bestätigen würde, viele andere strontiumführende Mineralwässer bedeutend übertrifft.

Strontium kommt nicht gerade selten in Mineralwässern, aber fast immer nur in sehr geringfügigen Mengen vor. Erheblicher dagegen in manchen Gypsquellen, namentlich aber in Kochsalzquellen, Soolen, sowie verständlicherweise in den Mutterlaugen der Salinen, da in dem Maße der Auskristallisierung des Kochsalzes alle übrigen löslichen Verbindungen entsprechend zunehmen. Und gerade das Strontiumchlorid ist unter allen in Betracht kommenden Strontiumverbindungen am leichtesten löslich. Wie aus der nachstehenden Übersicht hervorgeht, bleibt dessenungeachtet bei den natürlichen Kochsalzwässern der absolute Strontiumgehalt pro 1 kg Mineralwasser hinter jenem von Einöd zurück, mit Ausnahme der Sooltherme von Eickel-Wanne in Westfalen und den Salinen von Salsomaggiore in Parma.

### Mineralwässer mit einem Strontiumgehalt von über 0·01 ‰ oder 0·1 Konz.‰.

Quellenort	Ionensumme (abgerundet) und Charaktertype	Strontiumhalt in	
		Promille	Konzentrations- prozent
Bad Abtenau . . . . .	9·0 × S. y	0·01	0·11
Alstaden . . . . .	171·2 × S. D	0·119	0·07
Bath (Königsquelle) . . . .	2·4 × Y. s	0·014	0·57
Bentlage (Mutterlauge) . .	327·6 × C. b	4·69	1·43
Dürkheim (Maxquelle) . .	16·7 × S. c	0·014	0·08
Dürkheim (Handels-Mutterlauge . . . . .	396·5 × C. s	4·52	1·14
Eickel-Wanne . . . . .	110·7 × S. c	0·246	0·22
Einöd (Georgsquelle) . . .	2·5 × Y. n. m	0·188	7·44
Eilsen (Georgenquelle) . .	3·0 × Y. mb	0·012	0·40
Bad Hall (Oberösterreich)	13·5—20·6 × S	0·01—0·014	0·07
Bad Hamm . . . . .	82·6 × S. c	0·065	0·08
Königsborn (Mutterlauge)	357·4 × D. C	2·316	0·65
Kreuznach (Viktorquelle)	13·3 × S. c	0·047	0·35
Kreuznach (Theodorshaller Mutterlauge) . . . . .	309·7 × C. s	6·319	2·04
Lubien wielki . . . . .	2·3 × Y. γ	0·023	1·00
Mergentheim . . . . .	20·5 × S. σ. γ	0·038	0·18
Münster a. St. . . . .	7·2 × S. c	0·028	0·38
Münster (sog. Kreuznacher Mutterlauge) . . . . .	349·3 × C. d	4·974	1·42
Niederkontz (Hieron. Qu.)	13·1 × S. c	0·032	0·24
Ölheim . . . . .	89·7 × S. cd	0·130	0·14
Salsomaggiore . . . . .	159·0 × S. cd	0·383	0·24
Soden a. d. W. . . . .	44·9 × S. (y)	0·046	0·10
Werl (Mutterlauge) . . . .	464·0 × C. d	1·509	0·33
Wiesbaden (Kochbrunnen)	8·5 × S. c	0·012 <sub>5</sub>	0·15
Zablacz . . . . .	42·3 × S. cd	0·02	0·05

Demnach haben tatsächlich nur manche Mutterlaugen noch bedeutend größere Strontiumgehalte als Einöd, Eickel-Wanne und Salsomaggiore. Diese Mutterlaugen gehören aber streng genommen nicht mehr zu den natürlichen Mineralwässern. Wie aus der Tabelle hervorgeht, ist bei all diesen nur der absolute, bei weitem aber nicht der relative Strontiumgehalt Einöds übertraffen.

Schon Kudernatsch und Arlt haben auf die letztgenannte Soolquelle verwiesen mit den Worten: Der Strontiumgehalt der Georgsquelle wird nach den uns bekanntgewordenen Angaben nur übertraffen von dem der Salinen von Salsomaggiore. Dieser Satz hat also selbst für Eickel-Wanne Geltung, welche Sooltherme mit ihrem absoluten Strontiumgehalt Bad Einöd bereits übertrifft. Doch auch der Vergleich von Einöd und Salsomaggiore hinkt insofern beträchtlich, als in letzterem der Gehalt von 0.383‰ Strontium in der bedeutenden Ionensumme von 159‰ enthalten ist, was eben nur 0.24 Konz.‰ Strontium (ähnlich Eickel-Wanne) entspricht. Auch der absolut viel höhere Strontiumgehalt der Mutterlaugen bleibt in seinem Relativausmaß (Konzentrationsprozente) bedeutend unter dem von Einöd.

Ich habe auch die Originalsalztabelle von Salsomaggiore (Analytiker Nasini in Padua) vollständig umgerechnet, glaube aber von einer Vorführung dieser Tabelle absehen zu können. Was wir zum Vergleich von Einöd benötigten, ist aus nachstehender knappen Übersicht zu ersehen.

Vergleich zwischen Einöd und Salsomaggiore.

	Einöd	Salsomaggiore
Kg-Konzentration(Summe) . . . . .	$h = 2\frac{1}{2} \text{ g}$	$s = 159 \text{ g } (\frac{\text{‰}}{\text{‰}})$
Absoluter Strontiumgehalt pro Kilogramm	0.188 g ( $\frac{\text{‰}}{\text{‰}}$ )	0.383 g ( $\frac{\text{‰}}{\text{‰}}$ )
Relativer Strontiumgehalt in Konzentrationsprozenten . . . . .	7.44 Konz.‰	0.24 Konz.‰
Relativer Strontiumgehalt in Äquivalentprozenten . . . . .	12.68 Than‰	0.32 Than‰
Chemische Hauptcharaktertype . . . . .	$h \times K. g. b$	$s \times S. cd$

Einöd ist sohin verhältnismäßig in jedem Falle strontiumreicher. Das bedeutet pharmakologisch einen ganz besonderen Unterschied. Es wäre gewiß nicht unrichtig zu sagen, daß jene Strontiummenge, die mit 1 Lit. Einöder Wasser getrunken wird, schon mit  $\frac{1}{2}$  l Wasser von Salsomaggiore in den Magen gelangt. Wer vermöchte aber  $\frac{1}{2}$  l Salzwasser zu trinken, dessen Konzentration 4 bis 5 mal so groß ist, als die des schon abscheulich schmeckenden Meerwassers.

Das Einöder hingegen hat die schwache Mineralisierung eines bekömmlichen sehr harten Wassers von der Konzentration des Gießhübler, Krondorfer oder ähnlichen Sauerbrunnens, von dem man ohneweiters 1 Lit. trinken kann. Die im Georgsquellwasser enthaltene Strontiummenge wird im Körper eine, wenn auch heute medizinisch noch nicht erforschte, so doch zweifellos positivere Wirkung auszuüben imstande sein, weil neben dem Strontium gleichzeitig nur wenig andere ( $2\frac{1}{2}$  g) Mineralstoffe in den Körper gelangen. Wesentlich anders bei Salsomaggiore, wo neben der gleichen Strontiummenge noch der hohe Kochsalzgehalt eines  $\frac{1}{2}$  l dieser Soole (79.5), also fast 80 g NaCl dem Magen zugeführt würden. Es liegt auf der Hand, daß da die fragliche Strontiumwirkung völlig übertönt werden muß. Unmöglich kann in einem solchen Falle dieselbe Wirkung eines Stoffes ebenso zur Geltung kommen, als einer gleichen Menge desselben Stoffes bei relativem Vorherrschen desselben gegenüber wenigen anderen Lösungsgenossen entspricht. Wie sich dies übrigens ziffernmäßig am besten in den Ionenkonzentrations-Prozenten ausdrückt.

Alle diese Betrachtungen gelten, es sei immer daran erinnert, nur für den Fall, als das Wasser der Georgsquelle tatsächlich jenen hohen Strontiumgehalt aufweist, wie er in der Analyse der beiden wiederholt genannten Chemiker erscheint. Es wäre daher die neuerliche chemische Überprüfung der Einöder Mineralwässer umso empfehlenswerter, als die betreffende Klarstellung auch für die anderen Warmquellen dortselbst von Wert wäre. Zumal sich auch erhebliche Unterschiede im chemischen Hauptcharakter zwischen Römer- und Georgsquelle schon in den Mitteregger-Analysen allein und namentlich zwischen diesen und jener von Kudernatsch-Arlt ergeben, trotzdem diese Quellen sehr nahe beisammen liegen. Es wäre sehr unwahrscheinlich, indes aus verschiedenen Gründen vielleicht doch nicht ausgeschlossen, daß die einzelnen Thermen Bad Einöds einander nicht völlig chemisch ident beschaffen sind.

Der Sachlage nach werden heute bei Wasserproben-Entnahmen allerdings etwas geänderte Quellenverhältnisse als damals herrschen, vielleicht auch nicht mehr die früheren Wärmegrade an den Quellen vorhanden sein. Denn die mechanischen Verlegungen durch alluviale Schlammteilchen sowie durch colloidchemische Absätze (Eisenoxydhydrat u. dgl.) werden allmählich Auftriebshindernisse gebildet haben, so daß sowohl die Quellenschüttung als auch die Temperatur Rückgänge aufweisen wird. Die Eisenockerabsätze sind meist die Folge der Beimischung von Grundwasser, wodurch das primäre empfindliche Gleichgewicht zwischen dem Eisen- und Hydrocarbonat-Ion sowie der freien Kohlensäure gestört und durch den im Grundwasser absorbierten Sauerstoff die Oxydation und Ausfällung des Eisens vollzogen wird. Räumt man die mechanischen Hindernisse durch Schachteufungen oder Bohrungen hinweg, dann wird häufiger zwar ergiebigeres und höher temperiertes, aber zugleich wieder eisenreicheres Thermalwasser erschlossen — ein Umstand, der insbesondere bei Mineralquellen, die zum Versand gelangen und lagerfähig sein sollen, zu beachten ist. — Das Zusammenwirken von Mineral- und Talgrundwasser findet seine begründete Erklärung in einer Serie aufeinander gefolger Erscheinungen geologischer, morphologischer und hydrologischer Natur. Es ist die Lage unseres Thermalgebietes an einer Gebirgsstörungslinie bzw. in einem nachträglichen Erosionstal mit Grundwasseransammlungen.

## Geologie und Quellengenesi Bad Einöds.

Bad Einöd liegt geologisch in der Zentralkette der Alpen und tektonisch auf der nach Südwest verlängert gedachten »Mürzlinie«. Es ist dies eine seismische Linie, die durch den Mittel- und Unterlauf der Mürz und einen Teil des Murlaufes gekennzeichnet ist und vom Steinfeld bei Wiener-Neustadt bis in die Gegend seinerzeitiger Erdbebenkatastrophen bei Villach (1348, 1690 etc.) reicht<sup>1)</sup>. Vergleiche Tafel I. Diese über das Fentscher Sauerbrunn- und Einöder Thermalgebiet gegen Warmbad Villach verlaufende Störungslinie weist demnach neben ihrem Charakter als Bebenherd- und Stoßfortpflanzungslinie an mehreren Stellen auch auftreibendes Thermalwasser und mofettische Exhalationen auf, die wahrscheinlich aus den tieferen Regionen der Erdkruste stammen. Bei Einöd kreuzt bzw. zweigt eine mehr meridionale Linie nach Süden ab, auf der wohl auch kleinere Quellenerscheinungen festzustellen sind, doch ist der seismische Charakter durch habituelle Bebenpunkte (Friesach, St. Veit an der Glan und Klagenfurt) als der überwiegende festgestellt. An der vorerwähnten Mürzlinie haben sich mehrfach alpine Beben, deren Herd dortselbst in der

<sup>1)</sup> Ich stehe damit, wie schon R. Höernes, in einem gewissen Gegensatz mit H. Höfer. Vergl. dessen: Erdbeben Kärntens und deren Stoßlinien. — Denkschr. der Akademie der Wissenschaften (Wien 1880).

Tiefe gelegen war, von Südwest nach Ostnordost bzw. Nordnordost bis ins Steinfeld, sogar bis Wien und darüber hinaus fortgepflanzt; namentlich auch an seismischen Querlinien weit über die Alpen hinüber ins Herynische Massiv und die anliegenden Gebiete.

In der Gegend Bad Einöds streicht quer über das Olsatal ein Schichtenkomplex jüngerer kristallinischer Schiefergesteine — Glimmerschiefer, Kalkglimmerschiefer und verschiedene Tonschiefergesteine. Das Streichen ist im allgemeinen West—Ost gerichtet und es zeigt die ganze Schieferserie ein Verflachen mit 40 bis 50° nach Nord. Unabhängig davon durchsetzen West—Ost und Nord—Süd gerichtete Steilklüfte den Gesteinkomplex. Die Dislokationen letzterer Streichrichtung bildeten wahrscheinlich den Anlaß für den analogen Verlauf des Olsatales und stehen auch mit der Bebenherdlinie (Unzmarkt—Neumarkt) Einöd—Klägenfurt im Einklang. Es ist dies im Vergleich zum allgemeinen Streichen der Alpen eine mehr diagonale Querbruchrichtung, wie sie auch in der »Wiener Thermenlinie« zum Ausdruck kommt, während die übrigen (der Lavantaler Verwurf, die noch fragliche südliche Murlinie, die 1876 in Erscheinung getretene Erlaflinie, die historische Kamplinie und die von mir 1901 nachgewiesene Schmiedalinie) den Querverlauf reiner versinnbildlichen.

Nach der chemischen Beschaffenheit der Thermen Bad Einöds kann ihre Mineralisierung nicht im alten Glimmerschiefer erfolgen, da sie sonst weit mehr den alkalischen Charakter der Natronquellen besitzen müßten. Das Vorherrschen von Calcium- und Hydrocarbonat-Ionen deutet vielmehr darauf, daß es insbesondere die genannten kalkreichen Schiefergesteine sind, die der Auslaugung unterliegen und derart als Lieferanten der Mineralstoffe für die Einöder Warmquellen wirken. Es kann dies bei der geschilderten geologischen Sachlage und namentlich dem Inskreuzgehen der tiefreichenden Klüfte auch kaum anders sein, zumal hiedurch der Infiltration von Tagwässern einerseits und dem Aufsteigen der Kohlensäure andererseits ausgiebige Aktionswege vorgezeichnet sind. Der hohe Sulfatgehalt ist wahrscheinlich auf Schwefelkies-einschlüsse in den Schiefergesteinen zurückzuführen. Die Kiese würden darnach durch eindringende Niederschlagswässer einem Vitriolisierungsprozeß unterliegen, wobei neben dem Eisenvitriol eine äquivalente Menge freie Schwefelsäure entstehen muß, die ihrerseits wieder einen Teil der Carbonate der alkalischen Erden (Kalkglimmerschiefer) zersetzt, Calciumsulfat (Gyps) in Lösung bringt und Kohlensäure austreibt. Im Gegensatz zu dieser »vadosen« Entstehung könnte man namentlich mit Rücksicht auf den tektonischen Charakter der Gegend, wie schon früher angedeutet, auch an ein Heraufdringen »juveniler« Kohlensäure aus größerer Erdtiefe denken. Demnach an ein echtes mofettisches Phänomen, wie es bei zahlreichen Sauerlingen der Fall ist, weswegen aber die vadoso Natur der Quellenwässer selbst und ihrer Salzbestandteile keineswegs in Zweifel gezogen werden braucht. Das bei der früheren Betrachtung gleichzeitig entstehende  $\text{Fe SO}_4$  (schwefelsaure Eisenoxydul) muß bei diesem Vorgang nicht im Mineralwasser erscheinen. Das als Fällungsmittel so häufig in Reaktion tretende Calciumcarbonat würde auch hier diese Rolle übernehmen und das Eisen als Siderit, allenfalls Limonit niederschlagen, wobei abermals ein entsprechender Anteil von Gyps in Lösung käme. Was den hohen Natriumgehalt und das Lithium anbetrifft, können wir sie mit Hilfe dieser Säuren wohl aus dem Feldspatanteil und den Glimmerarten der kristallinischen Schiefer, desgleichen auch den Magnesiumgehalt aus dem Kalkschiefer und den Phylliten ableiten, schwieriger schon die an sich allerdings nur geringe Chlormenge. Chlorwasserstoff und Schwefeldioxyd sind von vulkanischen Exhalationen be-

kannt und werden manchmal zur Beweisführung der juvenilen Herkunft von Chlor und Sulfaten in Mineralwässern herangezogen; in den meisten Fällen aber sind dies lediglich Verlegenheitsannahmen.

Was den Gehalt an Strontium anbelangt, könnte man mit Rücksicht darauf, daß es auch in Hohlräumen sogenannter Mandelsteinbasalte, demnach gewissermaßen als epimagmatisches Produkt nachgewiesen ist, an eine juvenile Herkunft denken, so wie häufig auch die Borsäure geologisch als ein derartiger Indikator aufgefaßt wird. Andererseits könnten auch die Kalkschiefer und deren Umwandlungsprodukte Strontium enthalten. In der Mineralogie und Lagerstättenkunde sind Strontiumminerale, wie der Cölestin ( $\text{Sr SO}_4$ ) und der Strontianit ( $\text{Sr CO}_3$ ), auch als hydatogen-vadose Bildungen durch Auslaugung von Nebengesteinen bzw. aus wässriger Lösung sekundär strontiumhaltiger Sedimente bekannt<sup>1)</sup>. Es sei hier andererseits nur an die ungeheuren Strontianitlagerstätten erinnert, die in Westfalen abgebaut wurden, woselbst die netzförmig sich kreuzenden Schwundklüfte einer Kalkmergelablagerung des ehemaligen Kreidemeeres auf ansehnliche Tiefe hinab mit Calcit und Strontianit erfüllt waren und einzelne dieser Mineralgänge viele Meter stark und sogar kilometerlang festgestellt worden sind. Man nimmt dabei die sogenannte Lateralsekretionstheorie zu Hilfe und denkt sich die Herkunft des Strontianits durch spätere Auslaugung des marinen Kreidemergels mit Hilfe kohlenaurer Wässer, wodurch das Strontium als leicht lösliches Hydrocarbonat  $\text{Sr}(\text{HCO}_3)_2$  entzogen und dann als Monocarbonat in den gigantischen Schwindrissen wieder abgesetzt worden sei<sup>2)</sup>. Bei derartigen Konzentrationsprozessen, wie sie sich in geologischer Vorzeit im großen abgespielt haben, werden wohl sehr strontiumreiche Lösungen in Tätigkeit gewesen sein, denen gegenüber Wässer von dem früher zitierten Strontiumgehalt nur kleinliche Analogien bedeuten. Auch die vadosen Grubenwässer des eben beschriebenen Abbaues der Strontianitlager müßten einen so hohen Strontiumgehalt aufgewiesen haben, wie kein anderes Mineralwasser und keine Mutterlauge. Das gleiche betrifft ja auch die Wässer aus anderen Erz- oder Mineralvorkommen sowie exotischen Salzlagerstätten, wie z. B. von Kupferkies, Kalisalzen, Chilesalpeter, Borax u. dgl., durch deren einfachste Auslaugung ganz abnorm zusammengesetzte Mineralwässer resultieren, während bei den gewöhnlichen ein Kupfer-, Kali-, Nitrat- oder Borgehalt zu den seltenen oder geringfügigsten Bestandteilen zählt.

Wie die genetischen Betrachtungen zeigten, gibt es auch hinsichtlich der Bildungsweise der Einöder Mineralthermen manch fragliche Dinge, die sich durch speziell darauf abzielende Untersuchungen jedenfalls auf ein gewisses Minimum reduzieren ließen, namentlich wenn man die Gesteine des in Betracht kommenden Einzugsgebietes einem genaueren mineralogischen und chemischen Studium unterwerfen würde. Diese Klärung aber, und namentlich die der bisher völlig fraglichen Physiographie den Einöder Warmquellen, das heißt der konstanten Druck- und Abflußverhältnisse und des diesem Beharrungszustand entsprechenden chemischen Gleichgewichtes, würde eine Art Vorbedingung bilden für eine der wichtigsten Aktionen, die bei Heilquellen überhaupt in Betracht kommen.

<sup>1)</sup> Cölestin als Begleitmineral in Erzgängen (Bleiglanz, Zinkblende usw.) im Gneis, Glimmerschiefer, Tonschiefer und anderen Gesteinen, desgleichen von Gips- und Schwefellagern sowie manche Gipse selbst  $\text{Sr SO}_4$  enthalten sollen. Cölestin und Strontionit finden sich auch sonst nicht selten, aber immer nur in untergeordnetem Maße in Klüftchen, kleinen Hohlräumen und sogar in Versteinerungen. Außerdem enthalten nicht wenige Sinterbildungen von Mineralquellen Strontium, doch lassen sich hieraus keine Schlüsse auf den absoluten Gehalt in einem Wasser ableiten, da die Quellensinter chemisch-mineralische Depots aus sehr großen Wasserquantitäten unbekanntem Ausmaßes darstellen.

<sup>2)</sup> Hofrat Dr. H. von Höfer, Schwundspalten. — Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft (Wien 1915).

Es ist die Festlegung von Schutzrayons nicht nur gegen allfällige bergmännische Eingriffe und andere Wasserentziehungsmöglichkeiten, sondern auch die Abgrenzung eines hygienischen Quellenschutzgebietes. Wir wissen auch über die unterirdische Zirkulation dieser anscheinend ganz eigenen Mineralquellen so gut wie nichts. Wir können nur annehmen, daß sich das auf die vorgeschilderte Weise mineralisierte Wasser bis zu einer gewissen Tiefe nach abwärts bewegt, dortselbst aus irgendeinem Grund zum Stillstand kommt und sodann, mit der entsprechenden Erdwärme versehen, in den engen Klüften und Spalten namentlich von Kohlensäuregas nach oben getrieben wird. Es ist nicht anzunehmen, daß diese Quellenwässer nur aus hydrostatischen Gründen wieder zur Erdoberfläche zurückkehren; auch hier werden die Quellengase das eigentliche treibende Element bilden. Man kann — es werden da die Mängel unseres Wissens in quellentopischer Hinsicht fühlbar — nicht gut nur eine sogenannte Hauptspalte annehmen und wenn, so doch besser ein ganzes System paralleler Spalten sogar verquert von Kreuzklüften, die insgesamt dem anamobilen Bestreben des fertig mineralisierten und erwärmten Wassers die Wege geringster Widerstände zum Tageslicht weisen. Wie ich anderer Stelle<sup>1)</sup> erläuterte, findet der Austritt solcher der Schwerkraft entgegengesetzt, also nach oben bewegter Mineral- oder Warmquellenwässer aus hydraulischen Gründen aber doch dort statt, wo geologische Kräfte gewisse Vertiefungen erzeugt oder Furchen in das Antlitz der Erdoberfläche gegraben haben, wie Senkungsfelder, Auswaschungstäler u. dgl. So ist es auch bei Bad Einöd. Das reizende Olsatal ist es, das den Quellen heute die Möglichkeit zum erdoberflächlichen Austritt oder Entsprung bietet, welche Stelle der Laie gewöhnlich als »Ursprung« bezeichnet, der aber, fachlich genommen, ganz anderswo gelegen ist.

Bevor die Talauswaschung auf die heutige Tiefe gediehen war, mußte das Thermalwasser — etwa in der Diluvialzeit — auf eine bedeutende Höhe gespannt gewesen sein. Wir wissen über diese maximale Steigfähigkeit und etwa zugehöriger Mineralausscheidungen nichts. Es ist nicht einmal das heutige piézometrische Niveau des Thermenkomplexes bekannt, weil selbst bei ermittelten Abflußmengen und Druckmessungen in Anbetracht des total undichten Austrittsgebietes eine Berechnung wegen zu vieler unbekannter Faktoren zur Unmöglichkeit würde.

Nur wenige Auftriebe dürften in Einöd tatsächlich dem »gewachsenen Boden«, d. h. dem anstehenden Grundgestein entspringen. Um dann unter humusbedecktem Detritus in einem absteigenden Lauf gegen die die Talmulde erfüllenden mechanischen Alluvionen zuzustreben und vielleicht gewisse Horizonte über tonige Zwischenmittel (vulgär wasserundurchlässige Schichten) zu erfüllen. Hiedurch findet bis zu einem gewissen Grade eine Aufspeicherung statt, aber wohl auch im Sinne der allgemeinen Grundwasserabströmung stets ein unsichtbarer Abfluß, infolgedessen immer neue Warmwasserquantitäten aufgenommen werden können. Diese gravitationsartig teils zutage, teils in Alluvialzonen tretenden Warmwässer wären jene, die dementsprechend entweder durch Stollenaufschlüsse oder durch seichte Schachtteufungen zu erlangen wären. Der Hauptanteil des Quellenphänomens dagegen hat zweifellos am Ende seiner aufsteigenden Bewegung keine Gelegenheit, unmittelbar das Tageslicht oder sogleich einen ganz seicht gelegenen Horizont zu erreichen, sondern muß offenbar den gesamten Komplex des Alluviums — er ist in manchen Alpentälern kein geringfügiger — noch durchwandern. Dieser Auftriebstendenz stehen die horizontal geschichteten Schotter-, Sand- und Schlickablagerungen senkrecht entgegen, und bei dem Versuche der Durchdringung derselben wird das mineralisierte

<sup>1)</sup> J. Knett: Grundzüge der Mineralquellentechnik. — Öst. Bäderbuch (Wien 1914).

Warmwasser nicht bloß auf eine größere Fläche diffus verbreitet, sondern auch verdünnt und infolge der Strömungstendenz des Grundwassers (bei Einöd nach Süd) gewissermaßen abgedrängt. Diese Einzelheiten lassen sich bei quellentopischen Detailuntersuchungen in Thermalgebieten nicht selten feststellen.

Die Natur zerstört also eigentlich wieder das, was sie durch subtile Arbeit zustande brachte. In diesen Fällen gibt es für den Mineralquellentechniker stets reichlich Gelegenheit, Qualitätsarbeit zu leisten, produktiv sowohl für den Besitzer solcher Schätze wie auch für die leidende Menschheit. Es sind tiefreichende Eingriffe, Bohrungen, Schachtabteufungen oder unterirdische Sperren, die bewerkstelligt werden müssen, um die ursprüngliche Quantität und namentlich Qualität wieder zu erlangen, zu erhalten und nutzbar zu machen. Arbeiten, die häufig aus finanziellen Gründen unterbleiben, weil »technisch zwar alles möglich ist, nur Geld kostet« und meist sehr viel Geld!

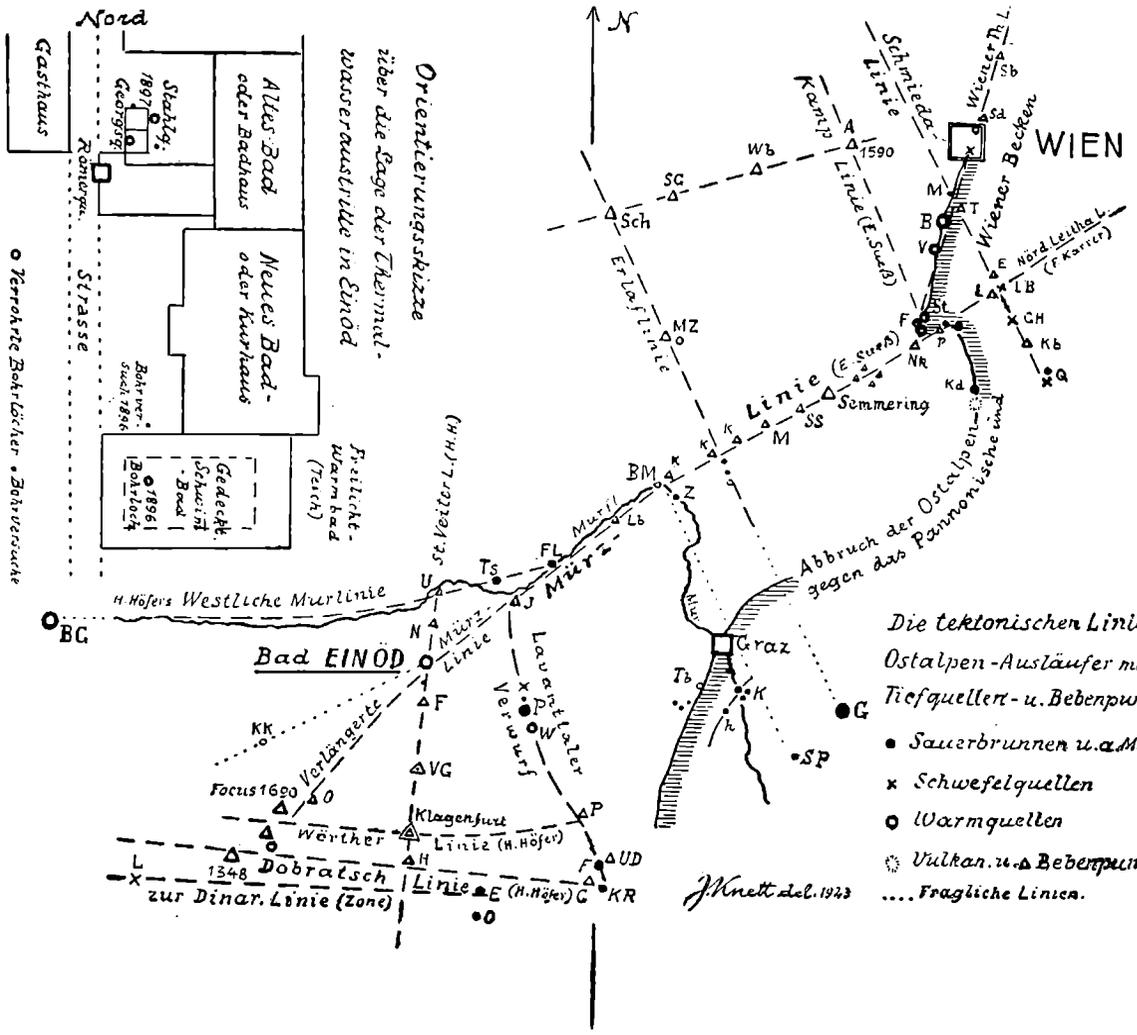
Wie mir nach Abschluß der vorliegenden Schrift (anfangs November 1923) von Ziv.-Ing. P. Westhauser (Bauunternehmung G. Rumpel-Wien) mitgeteilt wurde, soll schon in allernächster Zeit an eine systematische Untersuchung des Einöder Quellengebietes geschritten werden, was im Interesse dieser Heilquellen und der Allgemeinheit nur wärmstens zu begrüßen wäre. Denn, wie wir gesehen haben, harrt eigentlich alles noch der Aufklärung.

(Tafel mit Erläuterungen umseits.)

## Ortsbezeichnungen auf der Tafelfigur.

- |      |  |       |  |
|------|--|-------|--|
| △ A  | Alt- und Neu-Lengbach.                                       | △ Nk  | Neunkirchen.   |
| ○ B  | Baden.   | ● O   | Obervellach.   |
| ○ BG | Badgastein.  | △ O   | Ossiach.   |
| ○ BM | Bruck a. d. Mur.   | △ P   | St. Paul.  |
| △ E  | Ebreichsdorf.  | △ p   | Pitten.  |
| ● E  | Eisenkappel (Carinthia-Sauerbrunn).                          | ● P   | Preblauer Sauerbrunngruppe.                                      |
| ● F  | Fettengupfer Sauerbrunn.                                     | ×● Q  | Sauerbrunn und Schwefelquelle Wolfs bei Ödenburg.                |
| ● FL | Fentsch-Lorentzen (Sauerbrunn).                              | △△ R  | Reichenau, Schottwien, Gloggnitz, Kranichberg.                   |
| ○ F  | Fischau, Winzendorf, Saubersdorf (Warmquellen).              | △ SG  | St. Gotthard.  |
| △ F  | Friesach.  | × SL  | St. Leonhard in Lavant.  |
| ● G  | Gleichenberger Sauerbrunngruppe.                             | △ SS  | Spital am Semmering.   |
| × GH | Groß-Höflein.  | △ Sb  | Schleinbach.   |
| △ Gr | Gresten.   | △ Sd  | Strebersdorf.  |
| ● h  | Hengsberg.   | St    | Steinfeld,<br>darunter ● Katzelsdorf, ● Sauerbrunn (Burgenland). |
| △ H  | Hollenburg.  | ● SP  | Sulzeck-Perbersdorf (Sauerbrunngruppe).                          |
| △ J  | Judenburg.   | △ Sch | Scheibbs.  |
| ●● K | Kalsdorfer Sauerbrunngruppe.                                 | ● Ts  | Talheimer Sauerbrunn.  |
| ○ KK | Klein-Kirchheim (Katharinabad).                              | ○ Tb  | Tobelbad.  |
| ● KR | Köttelach (Römerquelle).                                     | △ T   | Traiskirchen.  |
| △ K  | Kapfenberg, Kindberg, Krieglach.                             | △ U   | Unzmarkt.  |
| △ Kb | Klingenbach.   | △ UD  | Unter-Drauburg.  |
| ● Kd | Kobersdorf (Sauerbrunn nördlich vom vulkanischen Pauliberg). | ▲ VG  | St. Veit a. d. Glan mit Vitusbad.                                |
| △ L  | Landegg.   | △○ V  | Stadt- und Warmbad Villach*).                                    |
| △ Lb | Leoben.  | ○ V   | Vöslau.  |
| × LB | Leitha-Brodersdorf.  | ○ W   | Weißbach.  |
| × L  | Lußnitz.   | △ Wb  | Wilhelmsburg.  |
| ● M  | Mödling.   | ● Z   | Zlaten.  |
| △ M  | Mürzzuschlag.  |       |  |
| △ MZ | Mariazell.   |       |  |
| △ N  | Neumarkt.  |       |  |

\*) Die Bezeichnung Villachs ist auf der tektonischen Skizze versehentlich weggeblieben. Das V ist links von »Wörther« zu denken.



Die tektonischen Linien der Ostalpen-Ausläufer mit den Tiefquellert- u. Bebenpunkten.

- Sauerbrunnen u. a. Min. Qu.
- x Schwefelquellen
- Warmquellen
- ⊙ Vulkan. u. Δ Bebenpunkte.
- .... Fragliche Linien.

J. Knitt del. 1923

○ Temperatur Bohrflücher • Bohrversuche  
Ohne einen Anpruch auf Genauigkeit sind ohne Maßstab aus der Erinnerung skizziert zum besseren Verständnis des Textes