

Chemische Analyse des Göppinger Sauerbrunnens.

Von H. Fehling und C. Hell.

Aus Anlass der in diesem Jahre zu Frankfurt a. M. stattfindenden balneologischen Ausstellung wurde von der Besitzerin der Quellen Frau Medicinalrath Landerer's Wittwe eine genaue Untersuchung des Göppinger Sauerwassers gewünscht. Es war diess um so wünschenswerther, als ausser den älteren von Kielmeyer, Gmelin und Siegwart ausgeführten Analysen keine neuere existiren und jene überdiess noch sehr unvollständig sind.

Ueber die historischen und geognostischen Verhältnisse der Quellen hatte Herr Professor Dr. O. Fraas die Güte folgende Mittheilungen zu machen.

Historisches und Geognostisches.

Der Göppinger „Sauerbrunnen“ wie ihn Sebastian Münster (Basel 1514) nennt, oder der „Schwalbrunnen“, wie er 1405 heisst (Oberamtsbeschr. von 1844, pag. 130), ist das uralte Wahrzeichen der Stadt Göppingen, die zweifellos ihre Existenz in erster Linie der grossen Menge Säuerlinge verdankt, welche im Süden der Stadt am linken Filsgehänge in zahlreichen Quellen dem Berg entströmen. Nicht nur, dass schon 1206 (Wirtemb. Urkundenbuch II. 352) Göppingen als Hohenstaufische *curia cum omnibus appenditiis suis* von Bruning von Staufen als an das Konvent von Adelberg abgetreten erwähnt wird, liegt westlich der Quellen auf einer Verflachung des Bergabhanges ein ausgedehntes merovingisches Leichenfeld, dessen zahlreiche Grabreste ein anziehendes Bild der dortigen Bevölkerung bieten, die fern von barbarischer

Rohheit, in der man die Alemannen des V. und VI. Jahrhunderts sich vielfach vorstellt, Erzeugnisse vorgeschrittenen eigenartigen Kunstgewerbes aufzuweisen hat. (Schriften d. württ. Alterth.-Vereins. 1866.)

Somit schliesst man mit Recht, dass schon in den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung die Göppinger Sauerwasser die Menschen zur Ansiedlung einluden, dass somit seit jedenfalls 13 Jahrhunderten dort die Wasserquellen. Nie ist in den Nachrichten über das Bad und den Brunnen, die seit dem XV. Jahrhundert sich wiederholen*, von einer Veränderung des Wassers die Rede, das hienach in der historischen, wie auch in der prähistorischen Zeit als keinerlei Wandlung unterworfen angesehen werden darf.

Darauf führen auch die geognostischen Verhältnisse der Umgebung des Brunnens. Ungestörter, regelmässiger aufgebaut und klarer blossgelegt kann man sich vom geognostischen Standpunkt aus keine Gegend denken, als das linkseitige Filsgehänge, an dessen Fuss die Quellen in natürlichem Ausfluss aus dem Berge treten. Wir finden dort übereinander gelagert zuoberst

1,7 m Arietenkalk,

0,1 m eisenschüssigen Kalkstein, der hinter dem Badgebäude gebrochen und zu den Bauten verwendet wird,

0,8 m sandige Thonlager,

0,8 m kalkhaltigen Sandstein,

* Einer im Medicinischen Correspondenzblatt Jahrg. 1841. Bd. XI, (Bericht über die Bäder Württemberg S. 20) enthaltenen Mittheilung von Dr. Landerer entnehmen wir noch folgende historische Notizen. Von 1404 bis 1460 waren die Quellen sammt einer Badanstalt ein Lehen der Herren von Zillenhard, und nach diesem der Herren von Schechingen. Im Jahre 1503 fiel dieses Lehen an das Haus Württemberg, welches das Bad lange Zeit verpachtet und sorgfältig überwacht hat. Zwei Jahrhunderte lang war es von da an ein Lieblingsaufenthalt des württemb. Fürstenhauses, und fällt in diese Zeit auch die Glanzperiode desselben. Im Jahr 1747 wurde es vom Haus Württemberg verkauft, und gieng endlich im Herbst 1839 an seine jetzigen Besitzer über.

- 2,5 m graue Thone mit dünnen Sandsteinplatten wechsel-
lagernd,
0,2 m harte Sandsteinbank,
0,2 m weiche mehligte Schichte mit zahllosen Steinkernen
von Schnecken,
0,5 m Sandstein,
0,7 m weiche sandige Thone,
0,14 m Cardinienbank,
1,4 m guten Baustein durch eine dünne Thonbank getrennt
von 1,3 m gelbem Baustein, beide Bänke werden für bauliche
Zwecke ausgebrochen,
0,5 m Sandstein, der wegen des Grundwassers nicht ab-
gebaut werden kann.

In diesem Horizont fließen die Sauerlinge aus oder sammeln sie sich wie die alten Schöpfhäuslesquellen (Oberamtsbeschr. p. 12) als Grundwasser an. Thatsache ist, dass die Sauerlinge nirgends anders herkommen als aus der Region des Angulatusandsteins, der wie aus dem Detailprofil zu ersehen, eine Mächtigkeit von circa 10 Meter erreicht. Das Profil wechselt zwischen Kalkstein, kalkhaltigem Sandstein und Sandstein. Aber diese Verhältnisse des Wechsels bleiben nichts weniger als constant, wie man sich jeder Zeit an frischen Aufrissen in den Steingruben überzeugen kann. Die beiden als „Bausteine“ bezeichneten Lager von 1,3 und 1,4 m gelb von Farbe, als feiner Sandstein anzufühlen, haben nur an ihrem Ausgehenden diesen Malmsteincharakter, sobald man in das Innere der Bänke gelangt erscheint ein dichter splitterharter stahlblauer Kalkstein, in welchem die Muschelschalen als schneeweisse Kalkspatadern sich abheben. Jeder grössere Klotz gelben Malmsteins hat noch einen Kern blauen Kalksteins und nichts steht fester, als dass der ganze Horizont des Angulatusandsteins in seiner uranfänglichen Bildungsform ein Kalkstein war und erst im Lauf der Zeit durch den Einfluss der Atmosphärien in Malmstein übergeführt wurde.

Im ursprünglichen Zustand ein Sandkalk, erfüllt mit den Schalen von Mollusken oder den abgetrennten Gliedern von Echino-

dermen, wird diese Abtheilung des Lias an der Luft zu Malmstein oder Malbstein, wie in der schwäbischen Sprache der ausgelagte zu einem Mulm zerreibbare Stein heisst. Ist diese Umwandlung des Blaukalks in Malmstein dem Einfluss des Wassers zuzuschreiben, das jährlich niederfällt und durch die Schichten sickernd schliesslich zur Quelle wird, so liegt der Gedanke sehr nahe, dass die durchsickernden Wasser, welche den kohlen-sauren Kalk im Kalkstein lösen und den Sandkalk in Malmstein überführen, nicht nur die gelösten Salze bei der Verwitterung in sich aufnehmen, sondern dass auch bei der jeweiligen Verwitterung des kohlen-sauren Kalks freie Kohlensäure ausgetrieben wird und dem Wasser sich mittheilt.

Unwillkürlich denkt man hier an die stärkere Kieselsäure, die in dem Sandstein enthalten ist, denn wo auch immer in der Gegend um Göppingen Säuerlinge auftreten, fliessen sie aus dem Gebiet eines Sandkalks, der in der Verwitterung zu Sandstein und Malmstein wird. So entspringen die Säuerlinge von Hattenhofen und Jebenhausen genau aus demselben Horizont des *Ammonites angulatus* und ist wohl an sämtlichen 3 Orten (Göppingen, Hattenhofen, Jebenhausen) die Ursache der Quellbildung und Säuerung der Wasser die gleiche. Die weiteren Säuerlinge des Filsthals Ueberkingen und Dizenbach entquellen zwar dem höheren Horizont des unteren und mittleren braunen Jura (β und γ). Petrographisch aber dürfte keinerlei Verschiedenheit sich ergeben, denn auch in dem genannten Horizont des braunen Jura sind die betreffenden Sandsteine, aus welchen die Quellen treten, genau betrachtet Sandkalke, welche erst durch Auslaugung des Kalkes in Folge der Verwitterung zu Sandstein werden.

Im Jahr 1859 (Jahresh. XV, p. 83—86) hat Verfasser gelegentlich der Untersuchung der Mineralwasser bei Jebenhausen noch die damals gangbare Anschauung getheilt, dass die freie Kohlensäure aus einem eigenen Kohlensäureherd des Erdinnern entsteige, wozu sich tiefgespaltene zerrissene Thäler, wie z. B. das obere Filsthal besonders eignen. Indessen hat aber die bald vollendete geognostische Aufnahme des Landes den Zusammenhang der Kohlensäure mit ganz bestimmten Schichten des schwä-

bischen Erdprofils in einer Weise dargethan, dass Verfasser heutzutage nicht mehr umhin kann, die Bildung der Kohlensäure in das petrographische Verhalten einzelner Schichten zn verlegen. Eine dieser Schichten ist der Angulatensandstein. Welche Beschaffenheit der Sandstein nun aber gerade haben muss, um Kohlensäure zu bilden, ist freilich noch ein Räthsel.

Chemische Analyse.

Es sind im Ganzen 4 Quellen, welche innerhalb des Landerer'schen Besitzthums in mässiger und ziemlich gleicher Entfernung von einander in der Richtung von Nordost nach Südwest am linksseitigen Filsgehänge entspringen. Die östlichst gelegene ist die „Hauptquelle“, deren Wasser — 3 Liter per Minute — ausschliesslich zum Versandt verwendet wird; sie befindet sich direkt am Eingang in die Landerer'sche Heilanstalt; die Sohle des Quellenschachtes derselben liegt 80 cm unter der Filssohle; die zweite „Verwaltungsquelle“ ist 45 Meter weiter südwestlich, in der Nähe des Verwaltungsgebäudes; die dritte „Kesselhausquelle“ weitere 49 Meter südwestlich dicht am Kesselhaus, und die vierte „Neue Quelle“ nochmals 41 Meter weiter südwestlich in dem Souterrain des neuen Kesselhauses selbst gelegen. Die beiden letzteren werden ausschliesslich zu Bäder benützt.

Eine vorläufige Untersuchung erstreckte sich auf die Bestimmung des Gesamtkohlensäure- und Salzgehaltes derselben.

I. Hauptquelle.

- 1) Spec. Gew. bei $9,2^{\circ}$ = 1,001912 bezogen auf Wasser von gleicher Temperatur.
- 2) Trockenrückstand: 1,31460 g in 1000 g Wasser
- 3) Gesamtkohlensäure: 3,25057 g in 1000 g Wasser.

II. Verwaltungsquelle.

- 1) Spec. Gewicht bei $9,2^{\circ}$ = 1,001218 bezogen auf Wasser von gleicher Temperatur.
- 2) Trockenrückstand: 0,75604 g von 1000 g Wasser.
- 3) Gesamtkohlensäure: 2,2172 g in 1000 g Wasser.

III. Kesselhausquelle.

- 1) Spec. Gew. bei $9,2^{\circ} = 1,000927$ bezogen auf Wasser von gleicher Temperatur.
- 2) Trockenrückstand: 0,53570 g in 1000 g Wasser.
- 3) Gesamtkohlensäure: 1.5277 g in 1000 g Wasser.

IV. Neue Quelle.

- 1) Spec. Gew. bei $9,2^{\circ} = 1,000881$ bezogen auf Wasser von gleicher Temperatur.
- 2) Trockenrückstand: 0.52661 g in 1000 g Wasser.
- 3) Gesamtkohlensäure: 1.6801 g in 1000 g Wasser.

Wie diese Bestimmungen ergeben, weichen mit Ausnahme der beiden letzteren, welche nahezu übereinstimmende Zahlen lieferten, die verschiedenen Quellen in ihrer Zusammensetzung sehr erheblich von einander ab.

Am Kohlensäure- und Salzreichsten erwies sich die Hauptquelle, während bei den südwestlicher gelegenen Quellen und zwar im Verhältnisse ihrer Entfernung eine sehr beträchtliche Abnahme im Salz- und Kohlensäuregehalt stattfindet. Es muss daher angenommen werden, dass die verschiedenen Quellen entweder nicht einem gemeinsamen Reservoir entströmen, oder wenn dieses trotzdem der Fall sein sollte, dass sich denselben auf ihrem Wege anderes Quellwasser in sehr wechselndem Grade beigemischt hat.

Die Hauptuntersuchung beschränkte sich darnach auf das Wasser der salz- und kohlensäurereichsten Hauptquelle.

Das Wasser wurde am 27. December 1880 gesammelt. Die Temperatur der Quelle war an diesem Tage $9,2^{\circ}$ C., die Lufttemperatur $2,0^{\circ}$ C., das Barometer zeigte 737 mm.

Das Wasser ist vollkommen klar und trübt sich auch bei tagelangem Stehen in nur theilweise gefüllten, aber verschlossenen Gefäßen nicht. Es perlt nicht, besitzt aber deutlichen Geschmack nach Kohlensäure. In offenen Gefäßen findet dagegen, da wo

Luft und Flüssigkeit sich berühren, eine allmähliche Ausscheidung statt. Beim Kochen wird ein rein weisser Niederschlag abgetrennt, welcher allen Kalk, Mangan und Eisen als Carbonate, dagegen nur den grösseren Theil der Kieselsäure und der kohlensauren Magnesia enthält. Die Menge des in Lösung bleibenden Magnesiumsalzes beträgt etwa ein Drittel bis nahezu die Hälfte der gesammten Magnesia. Im Filtrat sind ausserdem noch ein Theil der Kieselsäure und die Alkalien zum Theil als kohlensaure Salze enthalten, wesshalb es stark alkalisch reagirt. Das reine Wasser zeigt nur eine schwache Reaction auf Schwefelsäure und eine nur spurenweise auf Chlorwasserstoff und Phosphorsäure. Der Abdampfungsrückstand besitzt eine schwach gelbliche Farbe, welche zum grösseren Theil dem beigemengten und oxydirten Mangan, zum Theil aber auch Spuren von humusartigen organischen Stoffen zuzuschreiben ist.

Ammoniak konnte nur in Spuren nachgewiesen werden. Aus 15 Liter Wasser, von welchen zunächst 5 Liter, dann von diesen 1 Liter abdestillirt wurde, resultirte ein Destillat, das mit Nessler'schem Reagens nur schwache Ammoniakreaction zeigte. Auch Salpetersäure ist selbst in grösseren Wasserquantitäten nur spurenweise nachzuweisen. In dem Abdampfungsrückstand von ca. 200 Liter Wasser liessen sich ausserdem noch Jod und Brom; ferner Lithion, Borsäure, Strontian und Baryt in quantitativ bestimmbar Mengen erhalten, dagegen waren Caesium, Rubidium, sowie arsenige Säure nur in qualitativ nachweisbaren Spuren enthalten. Das Wasser enthält somit von Säuren und Salzbildern: Kohlensäure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Phosphorsäure, Borsäure, Chlor, Brom, Jod und Spuren von Salpetersäure und arseniger Säure; von basenbildenden Metallen: Calcium, Strontium, Barium, Magnesium, Natrium, Kalium, Lithium, Mangan, Eisen, Aluminium und Spuren von Cäsium und Rubidium.

Die quantitative Bestimmung der in wägbarer Menge vorhandenen Bestandtheile wurde nach den bekannten Methoden ausgeführt. In einer grösseren Portion (10 Liter) Wasser wurde nach dem Abdampfen das Chlor, in einer zweiten ebenso grossen Kieselsäure, Mangan, Eisen und Thonerde, in einer dritten (6 Liter)

Phosphorsäure, in einer vierten (etwa 3 Liter) Schwefelsäure und Alkalien, und in einer fünften (0,5 bis 1 Liter) Kalk und Magnesia bestimmt. Zur Ermittlung der gesammten Kohlensäure wurde das Wasser direkt an der Quelle mit abgemessenen Mengen einer ammoniakalischen Chlorcalciumlösung versetzt, und das ausgeschiedene Calciumcarbonat, theils mit Normalsalzsäure titrirt, theils in Calciumsulfat übergeführt. Eine Bestimmung des Stickstoff- und Sauerstoffgehalts des Wassers unterblieb, da die eigentliche Quelle nicht zugänglich gemacht werden konnte, und nur das durch eine hölzerne Deichel zugeleitete und daher schon mit Luft in Berührung gekommene Wasser zur Verfügung stand.

1) Specificisches Gewicht.

Die Gewichte gleicher Volumina Sauerwasser und destillirtes Wasser, beide von der Quelltemperatur $9,2^{\circ}$ C., verhalten sich wie
 $75,8410 : 75,6960$ und $75,8400 : 75,6955$
 im Mittel $75,8405 : 75,69575$; das specificische Gewicht ist daher $1,001912$ bei $9,2^{\circ}$ C., bezogen auf Wasser von derselben Temperatur.

1 Liter Sauerwasser von $9,2^{\circ}$ wiegt daher = $1001,7216$ g
 (Destillirtes Wasser von 4° = 1000 g).

2) Bestimmung der Kieselsäure.

3006,870 g Wasser gaben	0,0273 g Kieselsäure
3007,095 g " "	0,0279 g "
10021,800 g " "	0,0875 g "
<hr/>	
16035,765 g Wasser gaben	0,1427 g Kieselsäure
1000 g Wasser enthalten somit	0,008899 g Kieselsäure.

3) Bestimmung des Chlors.

10020,95 g Wasser gaben	0,1815 g Chlorsilber
10018,28 g " "	0,1804 g "
<hr/>	
20039,23 g Wasser gaben	0,3619 g Chlorsilber
1000 g Wasser somit	0,018060 g Chlorsilber
davon gehen ab	0,000009 g Jodsilber
	und 0,000022 g Bromsilber
	<hr/>
	zusammen
	bleiben
	$0,000031$ g Brom- u. Jodsilber
	$0,018029$ g reines Chlorsilber

1000 g Wasser enthalten daher 0,004448 g Chlor entsprechend 0,007336 g Chlornatrium.

4) Bestimmung der Schwefelsäure.

3006,950 g	Wasser gaben	0,2651 g	Bariumsulfat
3007,095 g	" "	0,2658 g	" "
6013,820 g	" "	0,5335 g	" "

12027,865 g Wasser gaben 1,0644 g Bariumsulfat entsprechend 0,3655 Schwefelsäureanhydrid oder 0,4385 g gebundene Schwefelsäure (SO₄)

1000 g Wasser enthalten daher 0,03039 g SO₃ oder 0,036457 g SO₄ davon sind an 0,000153 g Barium gebunden 0,000108 g

"	"	"	0,000033 g	Strontium	"	0,000036 g
"	"	"	0,011471 g	Kalium	"	0,014082 g

zusammen 0,014226 " "

Es bleiben somit an Natrium gebunden 0,022231 " "
entsprechend 0,032883 g schwefelsaures Natron.

5) Bestimmung des Kalks.

501,205 g	Wasser gaben	0,6865 g	schwefelsauren Kalk + Strontian
751,645 g	" "	1,0245 g	" "
1002,180 g	" "	1,3648 g	" "
1003,270 g	" "	1,3655 g	" "

3258,300 g Wasser gaben 4,4413 g schwefelsauren Kalk + Strontian

1000 g Wasser gaben 1,363073 g schwefelsauren Kalk + Strontian
davon sind 0,000069 g schwefelsaurer Strontian

Es bleiben somit 1,363004 g schwefelsaurer Kalk,
entsprechend 0,400884 g Calcium oder 0,561237 g Kalk oder
1,002211 g kohlensaurer Kalk.

6) Bestimmung der Magnesia.

751,645 g	Wasser gaben	0,1626 g	pyrophosphorsaure Magnesia
1002,180 g	" "	0,2119 g	" "
1003,270 g	" "	0,2192 g	" "

2757,095 g Wasser gaben 0,5937 g pyrophosphorsaure Magnesia
entsprechend 0,12832 g Magnesium.

1000 g Wasser enthalten daher 0,046542 g Magnesium
oder 0,077570 g Magnesia oder 0,162897 g kohlensaure Magnesia.

7) Bestimmung der Alkalien.

3006,850 g	Wasser gaben	0,4017 g	Chloralkalimetalle
3006,970 g	„ „	0,4005 g	„
3007,090 g	„ „	0,4011 g	„

9020,910 g Wasser gaben 1,2033 g Chloralkalimetalle
 ferner :

6013,820 g	Wasser gaben	0,4295 g	Kaliumplatinchlorid
3007,090 g	„ „	0,2165 g	„

9020,910 g Wasser gaben 0,6460 g Kaliumplatinchlorid
 entsprechend 0,19709 g Chlorkalium.

1000 g Wasser gaben: 0,133390 g Chloralkalimetalle
 darin sind 0,021848 g Chlorkalium
 und 0,000107 g Chlorlithium

————— zusammen 0,021955 g Chlorkalium+Chlorlithium

Es bleiben somit 0,111435 g Chlornatrium.

1000 g Wasser enthalten daher 0,011471 g Kalium u. 0,043910 g Natrium.

Von letzterem sind gebunden :

an 0,022231 g	Schwefelsäure (SO ₄)	0,010652 g
„ 0,001578 g	Phosphorsäure (PO ₄)	0,000764 g
„ 0,000231 g	Borsäure (B ₂ O ₃)	0,000102 g
„ 0,004448 g	Chlor	0,002888 g
„ 0,000004 g	Jod	0,000001 g
„ 0,000009 g	Brom	0,000003 g

————— zusammen 0,014410 g Natrium.

Es bleiben somit übrig an Kohlensäure gebunden: 0,029500 g Natrium.

8) Bestimmung des Eisens.

10020,95 g	Wasser gaben	0,0017 g	Eisenoxyd
10021,80 g	„ „	0,0019 g	„

20042,75 g Wasser gaben 0,0036 g Eisenoxyd
 entsprechend 0,00252 Eisen.

1000 g Wasser enthalten 0,000126 g Eisen oder 0,000162 g
 Eisenoxydul oder 0,000261 kohlensaures Eisenoxydul.

9) Bestimmung der Thonerde.

20042,75 g	Wasser gaben	0,0009 g	phosphorsaure Thonerde
209723 g	„ „	0,0112 g	„
229766 g	Wasser gaben	0,0121 g	phosphorsaure Thonerde

1000 g Wasser enthalten daher 0,0000527 g phosphorsaure Thonerde, gleich 0,0000221 g Thonerde.

10) Bestimmung des Mangans.

10020,95 g Wasser gaben	0,0243 g Schwefelmangan
10021,80 g „ „	0,0255 g „

20042,75 g Wasser gaben 0,0498 g Schwefelmangan gleich 0,03148 Mangan.

1000 g Wasser enthalten darnach 0,001574 g Mangan oder 0,002032 g Manganoxydul oder 0,003291 g kohlensaures Manganoxydul.

11) Bestimmung der Phosphorsäure.

6010,32 g Wasser gaben nach vorangehender Fällung mit molybdänsaurem Ammoniak 0,0113 g pyrophosphorsaure Magnesia gleich 0,00723 g wasserfreie Phosphorsäure (P_2O_5) oder 0,00967 g PO_4 .

1000 g Wasser enthalten somit 0,00123 wasserfreie Phosphorsäure (P_2O_5) oder 0,001609 g gebundene Phosphorsäure (PO_4).

Davon sind gebunden:

an Thonerde	0,000031 g
„ Natrium	0,001578 g

12) Bestimmung des Jods, Broms, Lithiums und der Borsäure.

209723 g Wasser wurden in einem verzinnnten kupfernen Kessel bis auf etwa 4—5 Liter eingedampft, der lösliche Theil abfiltrirt, und der Rückstand mit heissem Wasser ausgewaschen; die stark alkalisch reagirende Wasserlösung hierauf in einer Porcellanschale bis zur feuchten Salzmasse eingedampft und mehrmals mit starkem Weingeist ausgezogen, die alkoholische Lösung abdestillirt und der Rückstand aufs Neue mit Alkohol behandelt, wieder abdestillirt und mit dem bleibenden Rückstand zum dritten Male in gleicher Weise verfahren. Die zuletzt bleibende alkoholische Lösung wurde unter Zusatz von etwas Kalilauge in einer Platinschale zur Trockene verdampft und zur Zerstörung organischer

Substanzen schwach gegläht, hierauf in Wasser aufgenommen, mit Schwefelkohlenstoff versetzt und nach dem Ansäuern mit Schwefelsäure, mit einer Auflösung von salpetriger Säure in concentrirte Schwefelsäure versetzt und umgeschüttelt, wobei die für Jod charakteristische violette Färbung des Schwefelkohlenstoffs eintrat. Eine colorimetrische Bestimmung ergab folgendes Resultat.

Von einer Jodlösung, welche im Liter 0,254 g Jod enthielt, wurden 3,4 ccm gebraucht, um in einem gleichen Volumen Schwefelkohlenstoff dieselbe Intensität der Färbung hervorzurufen.

209723 g Wasser	enthielten somit	0,000864 g Jod
oder 1000 g	„	enthalten
		0,00000412 g Jod
		gleich
		0,00000487 g Jodnatrium.

In der vom Schwefelkohlenstoff getrennten Flüssigkeit wurde Chlor und Brom zusammen durch Silbernitrat gefällt, das Chlor- und Bromsilber gewogen, und hierauf durch eine Zink-Platin-kette reducirt, und das erhaltene Silber gleichfalls gewogen; in der erhaltenen Zinklösung wurde noch überdiess durch Chlorwasser das Brom frei gemacht, und dessen Reactionen deutlich beobachtet.

0,4535 g Chlorsilber-Bromsilber	geben
0,3405 g metallisches Silber	gleich
0,00455 g Bromsilber	gleich 0,00194 g Brom
oder in 1000 g Wasser	0,00000925 g Brom
	gleich 0,00001191 g Bromnatrium.

Zur Bestimmung des Lithiums und der Borsäure wurden die mit Alkohol erschöpften Salzlückstände, als auch die vom Chlor- und Bromsilber abfiltrirte Flüssigkeit nach Ausfällung des Silbers durch Salzsäure vereinigt, das Ganze mit Salzsäure übersättigt, in zwei gleiche Hälften getheilt und die eine zur Bestimmung des Lithiums, die andere zur Bestimmung der Borsäure verwendet. Der für die Lithiumbestimmung dienende Theil wurde zur Trockene verdampft und mehrmals mit Alkohol extrahirt, der Alkohol abdestillirt, der Rückstand aufs Neue mit absolutem Alkohol ausgezogen, und in dieser Weise noch mehrmals schliesslich unter Anwendung von Aether-Alkohol verfahren. Der

zuletzt bleibende Rückstand wurde gegläht, in Wasser unter Zusatz von etwas Salzsäure gelöst, auf dem Wasserbade zur Trockene verdampft und die Magnesia durch Kalkmilch und der in das Filtrat übergegangene Kalk durch oxalsaures Ammoniak gefällt, und das nun kalk- und magnesiafreie Filtrat aufs Neue zur Trockene verdampft und gegläht, die Lösung mit phosphorsaurem Natron versetzt, zur Trockene verdampft und das gebildete phosphorsaure Lithion mit möglichst geringen Mengen ammoniakhaltigen Wassers ausgewaschen.

104862 g Wasser gaben 0,0102 g phosphorsaures Lithion,
entsprechend 0,00185 g Lithium,
oder 1000 g Wasser enthalten 0,0000176 g Lithium,
gleich 0,000107 g Chlorkalium.

Das Filtrat wurde nach Entfernung der Phosphorsäure und der Ammonsalze mit Platinchlorid gefällt und der entstandene Niederschlag mit heissem Wasser ausgewaschen. Derselbe lässt im Spectralapparat deutlich die Linien von Caesium und Rubidium erkennen.

Der zweite zur Bestimmung der Borsäure dienende Theil wurde zunächst mit Schwefelwasserstoff behandelt, und dadurch eine kleine Menge von Kupfer und Zinn, welche jedenfalls beim Eindampfen aus dem Kessel aufgenommen wurden, nebst Spuren von arseniger Säure entfernt, der Schwefelwasserstoff durch gelindes Erwärmen vertrieben, dann mit kohlsaurem Kali übersättigt, zur Trockene verdampft und mit Alkohol extrahirt, der alkoholische Auszug destillirt, der Rückstand in Wasser gelöst und mit etwas kohlsaurem Kali gekocht filtrirt, mit etwas Salzsäure angesäuert und mit Ammoniak und überschüssigem Chlormagnesium-Salmiak die kleine Menge Phosphorsäure abgetrennt. Das Filtrat wurde hierauf in einer Platinschale abgedampft, gegläht und die borsäure Magnesia von den Alkalien und überschüssigem Chlormagnesium durch Auskochen mit Wasser getrennt, und zuletzt in derselben Platinschale heftig gegläht. In dem aus Magnesia und borsaurer Magnesia bestehenden Gemenge wurde schliesslich die Magnesia bestimmt und aus der Differenz die Borsäure berechnet. Hervorzuheben ist noch, dass dieses

Gemenge auch die qualitativen Reactionen der Borsäure, grüne Flammenfärbung und Bräunung von Curcumapapier in salzsaurer Lösung in hervorragender Weise zeigte.

104862 g Wasser gaben 0,1168 g Magnesia, borsaurer Magnesia
darin waren 0,0926 g Magnesia

bleiben somit 0,0242 g Borsäure

oder 1000 g Wasser enthalten 0,000231 g Borsäure
gleich 0,000333 g borsaures Natron ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$).

13) Bestimmung des Baryts und Strontians.

Es wurde dazu der beim Abdampfen der 209723 g Wasser erhaltene unlösliche Rückstand verwendet. Derselbe wurde in Salzsäure gelöst, zur Trockene verdampft, mit Salzsäure befeuchtet und wieder in Wasser glöst und von der ausgeschiedenen Kieselsäure und etwaigem schwefelsaurem Baryt abfiltrirt, die Kieselsäure zum grössten Theil in einer siedenden Lösung von kohlen-saurem Natron gelöst und heiss filtrirt, und der geringe, noch Kieselsäure haltende Rückstand mit kohlen-saurem Natron-Kali zusammengesmolzen, die Schmelze mit Wasser ausgelaugt, der Rückstand in Salzsäure gelöst und mit Schwefelsäure versetzt und abgedampft. Der hiebei entstehende Niederschlag war äusserst gering; er wog nur 0,0033 g und zeigte überdiess nur schwach die Reactionen auf Baryt.

In der von der Kieselsäure abfiltrirten salzsauren Lösung wurden zunächst durch Schwefelwasserstoff die beim Abdampfen aus dem Kessel aufgenommenen Metalle, Zinn und Kupfer, nebst den im Wasser enthaltenen Spuren von Arsen entfernt, dann mit Ammoniak und Schwefelammonium, Eisen, Mangan und Thonerde (der Niederschlag diente zu einer genaueren Bestimmung der Thonerde) und schliesslich Kalk, Baryt und Strontian durch kohlen-saures Ammoniak gefällt. Die ausgewaschenen Carbonate wurden in Salpetersäure gelöst, zur Trockene verdampft und mit Aether-Alkohol zusammen über Nacht stehen gelassen. Der unlöslich gebliebene Rückstand wurde, da er sich noch sehr kalkreich erwies, noch einmal in kohlen-saures und dann wieder in salpeter-

saures Salz verwandelt, und aufs Neue mit Aether-Alkohol behandelt. Der diesmal bleibende geringere Rückstand wurde im Wasser aufgenommen und mit einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Ammoniak gefällt und so lange damit ausgewaschen, bis das Filtrat nicht mehr auf Kalk reagirte. Der Niederschlag erwies sich bei näherer Prüfung stark barythaltig; er zeigte sogar die Reactionen auf Baryt in vorwiegendem Grade. Er wurde daher mit kohlensaurem Ammoniak längere Zeit digerirt, und das gebildete Strontiumcarbonat durch Uebergiessen mit verdünnter Salpetersäure von dem unverändert gebliebenen Bariumsulfat getrennt.

209723 g Wasser gaben 0,0692 g schwefels. Baryt-Strontian.

Nach der Behandlung
mit kohlensaurem Ammoniak
und Salpetersäure blieben

ungelöst 0,0547 g schwefelsaurer Baryt

darnach waren vorhanden 0,0145 g schwefelsaurer Strontian.

1000 g Wasser enthalten somit 0,000261 g schwefelsauren
Baryt gleich 0,000153 g Barium und 0,000069 g schwefelsauren
Strontian gleich 0,000033 g Strontium.

14) Bestimmung des Trockenrückstandes (bei 160°).

300,260 g Wasser hinterliessen 0,3947 g feste Salze

300,050 g " " 0,3948 g " "

300,005 g " " 0,3940 g " "

900,315 g Wasser hinterliessen 1,1835 g feste Salze

1000 g Wasser somit 1,31454 g feste Salze.

15) Bestimmung der Kohlensäure.

a) Gesammte Kohlensäure.

	ccm		ccm
Das aus	469,7	Wasser ausgesch. Calciumcarbonat gebrauchte	69,55 Normalsalzsäure
" "	473,3	" " " "	70,50 "
" "	481,5	" " " "	70,80 "
" "	454,5	" " " "	66,76 "

Das aus 1879,0 Wasser ausgesch. Calciumcarbonat gebrauchte 277,61 Salzsäure

1879,0 ccm Wasser enthielten somit 6,1074 g Kohlensäure

1000 " " " " 3,2503 " "

Nahezu dasselbe Resultat wurde erhalten, wenn das aus-
geschiedene Calciumcarbonat als Sulfat gewogen wurde

459,3 ccm Wasser gaben	4,5600 g Calciumsulfat
518,5 ccm " " "	5,2985 g " "

977,8 ccm Wasser gaben 9,8585 g Calciumsulfat
entsprechend 3,1895 g Kohlensäure.

1000 ccm Wasser enthalten somit . . 3,2619 g oder
als Mittel aus beiden Bestimmungsreihen 3,2561 g Kohlensäure
1000 g Wasser enthalten 3,25057 g "

b) Gebundene Kohlensäure.

Es sind enthalten:

in 1,002211 g Calciumcarbonat	0,440974 g Kohlensäure
" 0,162897 g Magnesiumcarbonat	0,085327 g "
" 0,067979 g Natriumcarbonat	0,028218 g "
" 0,000093 g Lithiumcarbonat	0,000075 g "
" 0,003291 g Mangancarbonat	0,001259 g "
" 0,000261 g Eisencarbonat	0,000099 g "

Somit in den Carbonaten 0,555952 g Kohlensäure
oder 0,758116 g CO₃.

c) Freie Kohlensäure.

In 1000 g Wasser sind Gesamtkohlensäure 3,25057 g
davon sind in den Carbonaten einfach gebunden . 0,55595 g
in den Bicarbonaten halb gebunden weitere . . 0,55595 g
Somit völlig freie Kohlensäure 2,13867 g

1000 g Wasser enthalten also freie und halbgebundene
Kohlensäure:

2,69462 g gleich 1363,5 ccm bei 0° und 760 mm Barometer-
stand oder 1461,4 ccm bei der Quelltemperatur 9,2° und dem
mittleren Barometerstand 733 mm.

Zusammenstellung der Resultate.

In 1000 g Wasser sind enthalten:

Kieselsäure	0,008899	g
Borsäure (B_2O_3)	0,000231	g
Gebundene Schwefelsäure (SO_4)	0,036457	g
„ Kohlensäure (CO_3)	0,758116	g
„ Phosphorsäure (PO_4)	0,001609	g
Chlor	0,004448	g
Brom	0,00000925	g
Jod	0,00000412	g
Calcium	0,400884	g
Magnesium	0,046542	g
Barium	0,000153	g
Strontium	0,000033	g
Natrium	0,043910	g
Kalium	0,011471	g
Lithium	0,0000176	g
Mangan	0,001574	g
Eisen	0,000126	g
Thonerde	0,000022	g
Ammoniak, Salpetersäure, arsenige Säure, Caesium und Rubidium. }	Spuren	

In der üblichen Weise zusammengestellt (Baryt und Strontian an Schwefelsäure; Phosphorsäure, Borsäure und die Salzbilder an Natrium gebunden angenommen) ergeben diese Resultate.

In 100000 Theilen Wasser:

Kohlensauren Kalk	100,2211	g
„ Magnesia	16,2897	g
„ Natron	6,7979	g
„ Lithion	0,0093	g
„ Manganoxydul	0,3291	g
„ Eisenoxydul	0,0261	g
Schwefelsaures Kali	2,5553	g
„ Natron	3,2883	g

Schwefelsaurer Baryt	0,0261 g
„ Strontian	0,0069 g
Phosphorsaures Natron (Na_2HPO_4)	0,2359 g
res Natron ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$)	0,0333 g
Chlornatrium	0,7336 g
Bromnatrium	0,0012 g
Jodnatrium	0,0005 g
Kieselsäure	0,8899 g
Phosphorsaure Thonerde	0,0053 g
Fixe Bestandtheile	131,4495 g
Freie und lose gebundene Kohlensäure	269,462 g

Das Göppinger Wasser ist nach vorstehender Analyse ausgezeichnet durch seinen hohen Gehalt an freier Kohlensäure und kohlensauren Salzen, vorwiegend kohlensauren Kalk. Es gehört darnach zu den alkalisch erdigen Säuerlingen. Beachtenswerth erscheint ferner der geringe Chlorgehalt, und der noch geringere Gehalt an Eisen, das letztere namentlich in Hinsicht auf den relativ bedeutenden Mangangehalt desselben. Auch das, wenn auch geringe Vorkommen von Jod, Brom, Lithium, Barium und Strontium, sowie der relativ beträchtliche Gehalt an Phosphorsäure und Borsäure dürfte als eine bemerkenswerthe Thatsache erscheinen.

Zum Schlusse fügen wir eine Tabelle bei, welche die Analysen von noch 4 anderen aus ähnlicher Formation entspringender Quellen (Jebenhausen, Ueberkingen, Dizenbach und Teinach) zusammengestellt enthält. Wenn dieselben auch eine direkte Vergleichung mit der Analyse des Göppinger Wassers nicht gestatten, da sie die einzelnen Bestandtheile zum Theil in anderer Weise berechnet enthalten, so gewähren sie doch immerhin Anhaltspunkte genug zur Beurtheilung der einzelnen Wässer.

In 100000 Thl. Wasser sind:	Jebenhausen anal. von Fehling 1859.	Ueberkingen anal. v. Lenbe.	Dizenbach anal. v. Marx 1877.	Teinach, Bachquelle Fehling 1860.	Göppingen 1881.
Kohlensaurer Kalk	59,107	88,89	29,37	71,769	100,221
Schwefelsaurer Kalk	—	0,26	1,59	—	—
Schwefelsaurer Baryt	—	—	—	—	0,026 ²⁾
Kohlensaure Magnesia	0,431	3,21	0,11	18,205	16,290
Schwefelsaure Magnesia	1,389	0,73	0,43	—	—
Chlormagnesium	0,459	—	0,90	—	—
Kohlensaures Natron	0,716	3,60	—	60,380	6,798
Schwefelsaures Natron	—	5,08	1,38	13,567	3,288
Chlornatrium	—	—	—	7,390	0,734 ³⁾
Phosphors. Natron	—	—	—	—	0,236
Borsaures Natron	—	—	—	—	0,033
Kohlensaures Kali	0,258	—	—	—	—
Schwefelsaures Kali	—	—	—	3,246	2,555
Schwefelsaures Lithion	—	—	—	0,680	0,009 ⁴⁾
Kohlensaures Eisenoxydul	0,072	0,94	0,044	0,766	0,026
Kohlens. Mangan u. Thonerde	} 0,072	} 0,94	} 0,044	} 0,766	} 0,026
Kieselsäure					
Summe d. fixen Bestandth.	63,396	102,71	35,00	181,888	131,459
freie u. halbgelb. Kohlensäure	190,392	137,89	203,82	277,672	269,462

¹⁾ Thonerde, ²⁾ ausserdem 0,007 schwefels. Strontian, ³⁾ neben 0,0012 Bromnatrium u. 0,0005 Jodnatrium. ⁴⁾ Kohlens. Lithion, ⁵⁾ dazu 0,005 phosph. Thonerde.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1881

Band/Volume: [37](#)

Autor(en)/Author(s): Fehling Hermann, Hell C.

Artikel/Article: [Chemische Analyse des Göppinger Sauerbrunnens. 153-171](#)