

Die Mineralquellen im Kettenjura

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **17 (1925)**

PDF erstellt am: **11.08.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

B. Die Mineralquellen im Kettenjura.

1. Die Therme von Baden.

Die Therme von Baden ist die schönste, interessanteste und wichtigste Quellerscheinung der Schweiz und hat seit Jahrtausenden die Aufmerksamkeit des Menschen auf sich gelenkt. Baden, das Aquae der Römer, war im Altertum der bedeutendste Badeort nördlich der Alpen, errang sich im Mittelalter europäischen Ruf, den es bis auf den heutigen Tag trotz der Großartigkeit der Hochalpenkurorte beibehalten hat.

Die Therme ist eine Quellgruppe von 18 heißen Quellen, die auf einer Fläche von 180 m West-Ost und 50 m Nord-Süd Ausdehnung aus dem Boden treten an der Stelle, wo die Limmat den Triaskern der Lägernfalte am tiefsten angeschnitten hat. Über die geologischen Verhältnisse orientieren die Arbeiten von *Fr. Mühlberg*.¹ In der Nähe der Quellen sind keine anstehenden Felsschichten zu sehen, doch haben die verschiedenen Neufassungen geologische Aufschlüsse ergeben; so fand man in der Basis der Fassung der Bärenquelle Muschelkalkgesteine. *Fr. Mühlberg* konstatierte bei der Neufassung der Limmatquelle eine überschobene Keuperantiklinale und *Ad. Hartmann* bei der Neufassung der Schwanenquelle untere Keuperschichten, Mergel, Gips und Dolomite, ferner am Grunde der 20 m tiefen Fassung harte Steine des Muschelkalkes, aus dessen Klüften das Mineralwasser emporquoll.

Über die näheren Verhältnisse der einzelnen Quellen orientiert folgende Tabelle:

Thermalquellen Baden.

Name der Quelle	Wasserspiegel in m	Schacht- sohle in m	Schacht- tiefe in m	Temp. in Cel.	Erguß in M. L. am 7. März 1925	Erguß in % des Gesamt- ertrages
<i>A. Ennetbaden</i>						
(kleine Bäder)						
Allgemeine Quelle.	351,26	341,79	9,47	47,5	102	13,745
Adlerquelle . . .	351,0	331,65	19,35	39,7	0,4	0,054
Schwanenquelle . .	352,05	330,9	21,15	47,5	100	13,475
				Summe	<u>202,4</u>	

¹ Zusammenstellung seiner Arbeiten in Heft XIV der Mitteilungen der A. N. G., ferner Alb. Heim, Geologie der Schweiz und Gerh. Senftleben Beiträge zur geologischen Erkenntnis der West-Lägern und ihrer Umgebung. Inauguraldissertation Zürich 1923.

Name der Quelle	Wasser- spiegel in m	Schacht- sohle in m	Schacht- tiefe in m	Temp. in Cel.	Erguß in M. L. am 7. März 1925	Erguß in % des Gesamt- ertrages
<i>B. Baden</i>						
(große Bäder)						
Großer heißer Stein	354,26	350,46	3,80	47,5	} 144	19,404
Kleiner heißer Stein	354,34	350,69	3,65	47,5		
Limmatquelle . .	353,01	344,01	9,00	47,6	134	18,057
St. Verenaquelle .	354,34	351,88	2,46	47,5	32	4,312
Staadhof Kesselqu.	353,82	345,92	7,90	46,7	21	2,830
Staadhof Kleine Qu.	350,35	342,85	7,50	35,5	—	—
Wälderhutquelle .	354,50	350,30	4,20	48,2	46,5	6,266
Paradiesqu. Ochsen	355,82	347,62	8,20	47,1	18	2,425
Straßenquelle „	356,18	352,18	4,00	47,3	21	2,830
Kesselquelle „	355,65	352,10	3,55	46,4	2	0,270
Neue Quelle „	355,52	353,26	2,26	47,0	4,7	0,633
Hinterhofquelle . .	353,31	350,58	2,73	47,7	58,5	7,883
Kesselquelle Bären	354,28	344,18	10,10	46,8	8	1,078
Karolaquelle „	352,62	352,42	0,20	47,0	20	2,695
Verenaquelle .	355,94	346,84	9,10	47,1	30	4,043
				Summe	<u>539,7</u>	
				Total	<u>742,1</u>	100,00

Der Erguß der Thermalquellen zeigt eine geringe Abhängigkeit vom Wasserstande der Limmat, die bedingt ist durch einige sich ins Limmatbett ergießende Quellen. Steigt der Fluß, so erhöht sich der hydrostatische Gegendruck der Limmatquellen, und es steigen die andern Quellen etwas an; sinkt der Fluß, so tritt wieder eine Abnahme ein. Der Zusammenhang ist also nur ein hydrostatischer, also indirekter,

Der Quellerguß zeigt aber eine direkte Abhängigkeit von den Niederschlägen. Schon Fr. Mühlberg hatte ermittelt, daß die Niederschlagsschwankungen sich erst ca. ein Jahr später in den Quellen bemerkbar machen. Direktor H. Peter aus Zürich¹ hat auch die neueren Wassermessungen der Jahre 1910—21 mit den Niederschlägen der Gegend verglichen und kommt zum Schlusse, daß die Quellen gegenüber den Niederschlägen eine Verspätung von 10—12 Monaten aufweisen. Es verweilt also das Wasser recht lange Zeit im Boden, und die monatlichen Regenschwankungen sind ausgeglichen. Die besten Beziehungen ergeben sich, wenn man die Quellergüße mit den Nieder-

¹ Expertenbericht an die Baudirektion des Kantons Aargau über die Thermalquellen von Baden vom 14. Januar 1922.

schlägen vergleicht, die im Zeitraum von 3½ bis 15½ Monaten früher gefallen sind.

Die chemische Zusammensetzung des Wassers aller Quellen ist gleich, wie Untersuchungen zu verschiedenen Zeiten ergeben haben. Der Verfasser hat in den Quellgasen 1923 kleine Differenzen gefunden, die aber auf der Probefassung beruhen können. Auffallend ist die Tatsache, daß die östlichen Quellen aus viel größerer Tiefe kommen und doch weniger hoch steigen als die westlichen. Das erklärt sich durch das starke östliche axiale Gefälle der Antiklinale, das im Quellgebiet 7—9 Grad beträgt. Die noch durchlässigen Muschelkalkschichten liegen in Ennetbaden ca. 22 m tiefer als bei den westlichen Quellen. Die verschiedenen Quellen sind nur die Austrittspunkte eines von unten nach oben sich verzweigenden Gerinnebüschels; das beweist der gleiche Chemismus, die annähernd gleiche Temperatur und vor allem die gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Quellen. Durch Untersuchungen von *Arnold Escher* und *Carl Culman*,¹ durch Pumpversuche, besonders aber durch die gewaltsamen Eingriffe, Absenken des Wasserspiegels um 10—20 m, anlässlich der Neufassungen der Limmatquelle 1905 und Schwanenquelle 1921 sind die Druckbeziehungen der einzelnen Quellen konstatiert worden. Die Beziehungen sind nicht einfach und beweisen, daß in den einzelnen Quellrinnen große Widerstände sind und daß eine Verzweigung des Hauptwasserstranges weit unten liegt. Quellen, die in der Streichrichtung der Schichten weit auseinander liegen, beeinflussen sich bei Änderungen des Ausflusses stärker als benachbarte, aber nicht in der Streichrichtung liegende. Alle Quellen sind künstlich gestaut, und Wasserverluste außerhalb der Quellschächte in den Schutt des Bodens und das Bett der Limmat sind beträchtlich. Absenken des Ausflussesniveaus einer Quelle vermehrt den Erguß auf Kosten anderer, und Höherstauen vermindert ihn zu Gunsten der andern. Würden alle Stauungen aufgehoben und das Wasser gepumpt, so wäre bedeutende Ergußvermehrung zu erwarten. Ein zu starkes Abpumpen würde jedoch wenig mineralisiertes, kaltes Grundwasser ansaugen und dem Thermalwasser beimischen. Anlässlich der Fassung der Schwanenquelle stieg beim Absenken des Niveaus um 20 m deren Erguß von 69 auf 350 Mi-

¹ Gutachten an den Regierungsrat des Kantons Aargau. 23. VI. 1858.

nutenliter, der Gesamterguß aller Quellen sogar um über 100 Minutenliter; dafür enthielt das Wasser der Schwanenquelle 8,5 % Grundwasser.

Da das Thermalwasser infolge der hohen Temperatur und der chemisch sehr wirksamen Substanzen, Schwefelwasserstoff und Kohlensäure, alle Fassungen und Leitungen außerordentlich stark angreift, sind Neufassungen immer wieder notwendig und Wasserverluste unvermeidlich. Es wäre sehr zu wünschen, daß die vielen, teilweise schlechten Fassungen zentralisiert werden könnten in zwei oder drei moderne Anlagen und das Ausflußniveau durch Abpumpen des Wassers erniedrigt werden könnte, sodaß Thermalwasser und zudringendes Grundwasser sich gerade das Gleichgewicht halten würden. Das Wasser müßte in mindestens zwei, beidseitig der Limmat gelegene, hochgestellte, architektonisch schön gebaute Reservoirs gepumpt, vor Abkühlung geschützt und dann nach Bedarf den einzelnen Anstalten zugeleitet werden. Alle mit dem jetzigen System verbundenen Nachteile, Unterhalt der vielen Fassungen, Pumpanlagen, Reservoirs, die großen Wasserverluste im Quellgebiet, die Beschränkung der Bäder auf einen sehr kleinen Raum, sodaß sich die Häuser Licht und Sonne wegnehmen, würden verschwinden und die Leistungsfähigkeit des Kurortes bedeutend erhöht.

Thermalwasser von Baden.

Analytiker: F. P. Treadwell 1896.

Spez. Gewicht: 1,00402 bei 11° für die Paradiesquelle.

Temperatur: 46,9°. Erguß: ca. 700 M.-L.

Radioaktivität: 0,3 bis 1,25 Mache-Einheiten nach Dr. von Sury.

In 1 kg des Mineralwassers sind enthalten:

	Gramm	Milli-Mol	Milligramm-äquivalente
<i>Kationen</i>			
Kalium-Ion (K)	0,06776	1,733	1,733
Natrium-Ion (Na)	0,7944	34,54	34,54
Lithium-Ion (Li)	0,004286	0,6123	0,6123
Calcium-Ion (Ca)	0,5153	12,85	25,71
Strontium-Ion (Sr)	0,00617	0,0704	0,1409
Magnesium-Ion (Mg)	0,1008	4,143	8,286
			71,02

	Gramm	Milli-Mol	Milligramm- äquivalente
<i>Anionen</i>			
Chlor-Ion (Cl)	1,196	33,71	33,71
Brom-Ion (Br)	0,002449	0,0306	0,0306
Jod-Ion (J)	0,000015	0,0001	0,0001
Fluor-Ion (F)	0,000080	0,0042	0,0042
Sulfat-Ion (SO ₄)	1,413	14,70	29,41
Hydrophosphat-Ion (HPO ₄)	0,000129	0,0013	0,0027
Hydroarsenat-Ion (HAsO ₄)	0,000027	0,0002	0,0004
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,4792	7,855	<u>7,855</u>
			71,01
Borsäure(meta) (HBO ₂)	0,001795		
Kieselsäure(meta) (H ₂ SiO ₃)	0,06614		
	4,648		
Freies Kohlendioxyd (CO ₂)	0,2946	— 175,0 cc bei 46,9° und 760 mm	
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	Spur		
	<u>4,9426</u>		

Das Wasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche in 1 kg enthält:

Kaliumchlorid (KCl)	0,1292
Natriumchlorid (NaCl)	1,834
Natriumbromid (NaBr)	0,003153
Natriumjodid (NaJ)	0,000018
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	0,2230
Lithiumchlorid (LiCl)	0,0260
Calciumfluorid (CaF ₂)	0,000165
Calciumsulfat (CaSO ₄)	1,750
Calciumhydro- phosphat Ca(HPO ₄)	0,000183
Calciumhydroar- senat (CaHAsO ₄)	0,000035
Strontiumhydro- karbonat (Sr(HCO ₃) ₂)	0,01476
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,0344
Magnesiumhydro- karbonat (Mg(HCO ₃) ₂)	0,5645
Borsäure(meta) (HBO ₂)	0,001795
Kieselsäure(meta) (H ₂ SiO ₃)	0,06614
	<u>4,647349</u>
Freies Kohlendioxyd (CO ₂)	0,2946 = 175,0 cc bei 46,9° und 760 mm
Freier Schwefelwasser- stoff (H ₂ S)	Spur
	<u>4,94195</u>

2. Die Therme von Schinznach.

Diese weltberühmte und stärkste Schwefeltherme Europas ist das chemische und geologische Analogon der Therme von Baden. Sie tritt im Aarequertal an der Stelle aus, wo der Triaskern der Linnberg-Habsburg-Antiklinale von Süden her von der Aare angeschnitten wird. Die Quelle muß schon seit vielen Jahrtausenden fließen, war vermutlich den frühesten Bewohnern bekannt, wurde sehr wahrscheinlich von den Römern benutzt. Dafür sprechen nach Dr. S. Heuberger¹ die in der Quellnähe liegenden Überreste römischer Bauten, ferner der Fund einer bronzenen Statuette der Hygieia, oberhalb Brugg im Geschiebe der Aare. Da die Aare ein großer wilder Fluß ist und es vor den Kanderableitung in den Thunersee und Aareableitung in den Bielersee noch in erhöhtem Maße war, fanden sich früher die Badanlagen in Schinznach in ständiger Gefahr und wurden auch von mehreren Katastrophen heimgesucht. Der Badeort konnte sich nicht frei entwickeln wie Baden. Die ältesten urkundlichen Dokumente gehen nach S. Heuberger auf das Jahr 1657 zurück. Um das Jahr 1660 wurde auf dem linken Aareufer die Quelle von einem bernischen Landvogt gefaßt und eine Badeanstalt, bestehend aus Badehaus und Gasthaus errichtet, die aber 1670 einem Hochwasser zum Opfer fiel. Die Quelle ging während 20 Jahren verloren, das heißt, sie ergoß sich unsichtbar in die Aare oder ihren Grundwasserstrom, trat aber 1690 auf einer mitten in der Aare liegenden Kiesinsel wieder auf, wurde durch einen Steg vom rechten Ufer aus zugänglich gemacht und in einem auf der Insel erstellten Badehaus verwendet. Der Fluß verlegte sein Bett immer mehr nach links, der rechte Arm füllte sich mit Kies und Sand, und die Quelle kam auf das rechte Ufer und blieb bis in die Gegenwart dort. 1694 erhoben sich die ersten, teilweise bis 1860 vorhandenen Gebäude der Anstalt, die sich immer mehr entwickelte. Während der früheren, sehr starken Flußverschiebungen ist die Quelle zweifelsohne immer am gleichen Ort geblieben, da ihre Austrittsstelle teils durch die Lage des Muschelkalkes, teils durch ein altes Adersystem innerhalb der Muschelkalkschichten fixiert ist. Die Therme tritt ca. 50 m vom heutigen Aareufer, ca. 6 m unter dem mittleren Wasserspiegel und 8 m unter der Bodenoberfläche in den Schacht ein.

¹ Zeugnisse zur ältesten Geschichte des Bades Schinznach, Taschenbuch der Historischen Gesellschaft des Kantons Aargau 1912.

1827 ist die erste fachmännische Fassung der Quelle ausgeführt worden. Der neue Schacht hatte elliptischen Querschnitt von 4,56 m², wurde in Buchenholzriemen hergestellt und reichte 6 m tief unter die Bodenoberfläche, befand sich also immer noch im Kies und war gegen den Grundwasserandrang wenig abgedichtet. 1882 fand unter der Leitung von Prof. *Heim* eine Neufassung statt. Der Schacht wurde bis auf die Felsunterlage vertieft. Das Thermalwasser floß dort aus zwei armsdicken Löchern aus dem Dolomithfelsen heraus, daneben aber auch Wildwasser. Es gelang, die Wildwasserzuflüsse zu verstopfen und den Schacht bis zur Holzwandung herauf mit einer Cementsauskleidung zu versehen.

Bei dieser Fassung wurde konstatiert, daß mit der Absenkung des Niveaus im Thermalschacht der Quellerguß proportional zunimmt und daß die Füllkurve, die die Beziehung zwischen Niveau und Erguß graphisch darstellt, eine gerade ist. Die Tatsache beweist, daß jetzt die Therme nicht direkt mit der Aare, sondern nur mit dem Grundwasser zusammenhängt. Die Aare fließt in der Quellnähe in einem Kiesbett, das ausgepicht und schwer- bis undurchlässig ist. Stünde die Aare mit der Quelle in direkter Verbindung, so wäre eine Neufassung bis 6 m unter den mittleren Wasserspiegel der Aare ohne pneumatische Foundation nicht möglich gewesen. Nach den Aussagen des Herrn Dr. G. Amsler schwanken Erguß, Temperatur und Mineralstoffgehalt auch heute noch mit dem Wasserstande im Quellschacht. Steigt der Wasserspiegel im Schacht, so geht der Erguß zurück, Temperatur und Mineralstoffgehalt nehmen zu; das umgekehrte tritt ein beim Absenken des Niveaus. Analoge Verhältnisse hat der Verfasser bei der Kochsalzschwefelwasserstoffquelle von Lostorf anlässlich der Neufassung im Frühling 1912 durch Serien von Analysen und Temperaturmessungen konstatiert.¹ Das Grundwasser steht also auch heute noch durch Klüfte des Kalkfelsens mit der Therme in Verbindung. An mehreren Stellen konstatierte man in der Quellnähe schwefelwasserstoffhaltendes Grundwasser, also treten Wasserverluste ein. Eine genaue Ergußmessung ist nicht möglich; aus Pumpversuchen wurde der Schluß gezogen, daß die Therme pro Minute ca. 1400 Liter Wasser von 34,3° liefert.

¹ Ad. Hartmann, chemische und geologische Verhältnisse der Quellen von Lostorf. Heft XIV der A. N. G. 1917.

Chemische Zusammensetzung des Schinznacher Thermalwassers.

Analitiker: F. P. Treadwell und C. Mayr. 1913.

Spez. Gewicht: 1,00176 bei 15° bez. auf Wasser von 4°.

Radioaktivität: 4,52 Mache-Einheiten nach A. Schweizer.

Temperatur 34,3°. Erguß zirka 1400 Minutenliter.

In einem Kilogramm des Wassers sind enthalten:

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol	Milligramm- äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,0222	0,568	0,568
Natrium-Ion (Na)	0,4335	18,848	18,848
Lithium-Ion (Li)	0,0006	0,086	0,086
Ammonium-Ion (NH ₄)	0,00063	0,035	0,035
Calcium-Ion (Ca)	0,3649	9,106	18,212
Strontium-Ion (Sr)	0,0041	0,047	0,094
Magnesium-Ion (Mg)	0,0883	3,631	7,262
Ferro-Ion (Fe)	0,0002	0,004	0,008
Aluminium-Ion (Al)	0,0008	0,030	0,090
			<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> 45,203
 <i>Anionen</i> 			
Chlor-Ion (Cl)	0,6021	16,980	16,980
Brom-Ion (Br)	0,00096	0,012	0,012
Jod-Ion (J)	0,000029	0,00023	0,00023
Sulfat-Ion (SO ₄)	1,0739	11,178	22,356
Thiosulfat-Ion (S ₂ O ₃)	0,0016	0,015	0,030
Phosphat-Ion (HPO ₄)	0,00008	0,0008	0,0016
Arseniat-Ion (HAsO ₄)	0,00026	0,0019	0,0038
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,2879	4,7190	4,7190
Hydrosulfid-Ion (HS)	0,0364	1,1000	1,1000
	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> 2,9185	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> 66,362	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> 45,203
Borsäure (HBO ₂)	0,0030		
Kieselsäure (H ₂ SiO ₃)	0,0429		
Organ. Substanzen	0,0016		
Freier Stickstoff (N ₂)	0,0232	= 20,89 cc bei 34,3° und 760 mm	
Fr. Kohlendioxyd (CO ₂)	0,0824	= 46,92 cc bei 34,3° und 760 mm	
Freier Schwefel- wasserstoff (H ₂ S)	0,0493	= 36,09 cc bei 34,3° und 760 mm	
Summe	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> 3,1209		

Das Schinznacher Thermalwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die im Kilogramm enthält:

	Gramm	
Kaliumchlorid (KCl)	0,0423	
Lithiumchlorid (LiCl)	0,0037	
Ammoniumchlorid (NH ₄ Cl)	0,0019	
Natriumchlorid (NaCl)	0,9527	
Natriumbromid (NaBr)	0,0012	
Natriumjodid (NaJ)	0,000034	
Natriumhydrosulfid (NaSH)	0,0617	
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	0,1025	
Calciumhydrophosphat (CaHPO ₄)	0,0001	
Calciumhydroarseniat (CaHAsO ₄)	0,0003	
Calciumthiosulfat (CaS ₂ O ₃)	0,0022	
Calciumsulfat (CaSO ₄)	1,2374	
Strontiumsulfat (SrSO ₄)	0,0086	
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,1536	
Magnesiumhydrokarbonat (Mg(HCO ₃) ₂)	0,3448	
Eisenhydrokarbonat (Fe(HCO ₃) ₂)	0,0006	
Aluminiumsulfat (Al ₂ (SO ₄) ₃)	0,0051	
Metaborsäure (HBO ₂)	0,0030	
Metakieselsäure (H ₂ SiO ₃)	0,0429	
Organ. Substanzen	0,0016	
Freies Kohlendioxyd (CO ₂)	0,0824 = 41,69 cc bei 0° und 760 mm	
Freier Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	0,0493 = 32,06 cc bei 0° und 760 mm	
Freier Stickstoff (N ₂)	0,0232 = 18,56 cc bei 0° und 760 mm	
Methan (CH ₄)	Spur	
Summe	<u>3,1211</u>	
Gesamtschwefelwasserstoff		56,42 cc bei 0° und 760 mm

3. Herkunft der Thermen von Baden, Schinznach und Lostorf.

Diese für Laien und Gelehrte gleich interessante Frage soll hier kurz besprochen werden, obwohl sie noch keine definitive Beantwortung findet. Nach der Ansicht von Herrn *Prof. Alb. Heim* in Zürich stammt das Wasser aus den Alpen, sickert dort in die Triaszone am Nordrand des Aarmassives ein, folgt

unter hydrostatischem Drucke den Triasschichten unter dem schweizerischen Mittelland hindurch, erwärmt, mineralisiert sich, steigt in der südlichsten Jura-Antiklinale wieder empor und tritt dort aus, wo die Flüsse den Muschelkalk durch Erosion entblößt haben. Nach der Ansicht von Prof. *Fr. Mühlberg* in Aarau ist das Einzugsgebiet im Aargauerjura westlich Baden zu suchen; er stützt sich unter anderem auf vergleichende Erguß- und Niederschlagsmessungen. Dr. A. Amsler, Prof. Schardt und Dr. G. Senftleben schließen sich der zweiten Ansicht an. A. Amsler betont, daß eine kommunizierende Leitung zwischen Alpen und Jura aus tektonischen Gründen nicht möglich sei, weil der Muschelkalk im subalpinen Gebiet unbedingt zerrissen sein müsse, da die Gleitfläche, auf welcher das ganze Mittelland und der Kettenjura bei der Bildung von Alpen und Jura nordwärts geschoben wurde, im Alpengebiet über dem Mesozoikum und im Juragebiet unter der mittleren Trias liegen müsse. Die für die Wasserbewegung treibende Kraft sieht A. Amsler nicht im System kommunizierender Röhren wie A. Heim, sondern in der sogenannten «thermischen Konfektion» oder im «Thermosyphon», welche Bezeichnung Prof. Schardt für unterirdische Wasserläufe im Simplongebiet gebraucht hat. Das irgendwo eindringende, kalte Wasser erwärmt sich in der Tiefe und steigt dann an einem andern Ort infolge des geringeren spezifischen Gewichtes wieder empor; seine Bewegung ist derjenigen des Wassers in einer Zentralheizung vergleichbar. Die Frage der Herkunft ist heute noch nicht gelöst.

Gegen die Herkunft der Thermen aus dem Gebiet des Juragebirges, also für eine südliche, alpine Herkunft, sprechen nach meiner Ansicht folgende Tatsachen und Erwägungen:

1. Den Ausführungen auf Seite 267 ist zu entnehmen, daß die Thermen von Baden mindestens aus 1500 m und diejenigen von Schinznach aus 1000 m Tiefe aufsteigen müssen. Die Gesamtmächtigkeit aller Schichten vom obern Jura bis zur Anhydritgruppe der Triasformation beträgt nach Mühlberg ca. 630, nach Senftleben ca. 660 m. Rechnen wir für den Jurarand noch ca. 300 m Tertiär hinzu, so ist die maximale Dicke bis zur thermalwasserführenden Muschelkalkschicht oder Gleitfläche in der Anhydritformation 900—1000 m. Diese Tiefe reicht nicht aus, um dem Thermalwasser von Baden die vorhandene Temperatur von 48 Grad zu geben.

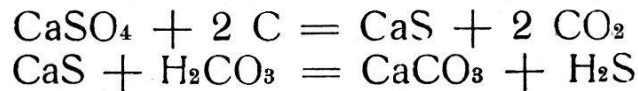
2. Das Wasser müßte also vom Jura aus den Triasschichten folgend, seinen Weg südwärts unter das Mittelland nehmen, um dann wieder nordwärts aufzusteigen. Ein solcher Weg ist höchst unwahrscheinlich, weil das Wasser in der Streichrichtung der Schichten und des Gebirges nach Osten weniger Widerstand findet und in den Klusen direkt ausfließen kann.

3. Die beiden Thermen und die Lostorfer Schwefelwasserstoffquelle treten im Südschenkel der südlichsten offenen Antiklinale aus, und kein Nordschenkel, auch keine andere Antiklinale liefert heißes oder Schwefelwasserstoff haltendes Wasser.

4. Die Austrittsstellen der Badener und Schinznacher Thermen sind in den beiden Thermalklusen nicht an der tiefsten Stelle, sondern am Ostrand des Muschelkalksüdschenkels. In Baden ist westlich des heutigen Limmatbettes eine zweite, nicht weniger tiefe, mit Kies gefüllte Rinne nachgewiesen, die den Muschelkalk ohne Keuperüberdeckung frei anschneiden und der Therme einen bessern Austritt gestatten müßte, wenn das Wasser von Westen käme. In Schinznach ist westlich des Quellaustrittes in der Streichrichtung des Muschelkalkes ein 20—24 m tiefer, mit Kies gefüllter Aarelauf, der den Muschelkalk tiefer anschneidet. Diese beiden früher nicht bekannten, jetzt durch Bohrungen festgestellten, westlichen, tiefern, von den Thermen nicht benützten Flußbrinnen sprechen gegen eine westliche, dagegen für eine südliche oder südöstliche Herkunft des Wassers.

5. Die Quellen von Baden, Schinznach und Lostorf unterscheiden sich, abgesehen von der Temperatur, chemisch prinzipiell von allen andern, zahlreichen, aus Juraantiklinalen oder Überschiebungen austretenden Muschelkalkquellen. Erstere sind viel mineralstoffreicher (Baden 4,65, Schinznach 3,12, Lostorf 3,66 ‰), enthalten Schwefelwasserstoff und keine Spuren freien Sauerstoff. Alle andern Mineralquellen von sicher jurassischer Herkunft enthalten keinen Schwefelwasserstoff, freien Sauerstoff und viel weniger Mineralstoffe (Warmbach Schinznach 0,648, Quelle im Tal Densbüren 1,348, Dorfbrunnen Asp 0,712, Fischbach Benken 0,610 und Laurenzenbad 0,445 ‰ Trockenrückstand).

Der Schwefelwasserstoff kann nur durch Reduktion von Gips entstanden sein, durch die Wirkung der streng anaeroben Bakterien bei jeglichem Fehlen von Luft nach dem Schema:



Die Schwefelwasserstoffbildung und starke Mineralisation ist wieder verständlicher bei Annahme eines langen Weges aus den Alpen. Die starken Differenzen im Schwefelwasserstoffgehalt der drei Quellen, Baden eine Spur, Schinznach 56,42 cc und Lostorf 55,2 cc im kg Wasser erklären sich durch die geologischen Verhältnisse des Austrittes. In Baden besteht der Jura nur aus einer Antiklinale; das von Süden her kommende Wasser muß auf kurzem Wege rasch aus großer Tiefe aufsteigen, kühlt sich wenig ab und erschwert infolge der zu hohen Temperatur den sulfatreduzierenden Bakterien die Tätigkeit. Der Schwefelwasserstoffgehalt ist gering und der Gips noch unzersetzt im Wasser vorhanden. In Schinznach und Lostorf besteht der Jura aus mehreren, hintereinanderliegenden Falten. Den thermalwasserführenden offenen Triasantiklinalen ist jedesmal noch eine flache Malmantiklinale südlich vorgelagert, so in Schinznach die Kestenberg- und in Lostorf die Engelberg-Antiklinale. Das event. von Süden kommende Mineralwasser steigt in diesen Vorfalten in die Höhe, kühlt sich ab und bietet dann der Bakterientätigkeit günstige Bedingungen. Der Gipsgehalt dieser Quellen ist geringer infolge Umsetzung, dafür der Schwefelwasserstoffgehalt viel größer.

6. Die nachgewiesene Abhängigkeit des Ergusses der Badener Therme von den Niederschlägen mit ca. 10—12 monatigen Verspätungen der Schwankungen spricht nicht gegen eine alpine Herkunft, weil die jährlichen Niederschläge in Voralpen, und Jura im ganzen analoge Schwankungen aufweisen.

7. Die neuen Theorien über Alpentektonik, sowie über die Abscherung des Mittellandes und östlichen Juragebirges auf einer Gleitfläche, die im Juragebiet in den Anhydritmergeln, im Alpengebiet in einem geologisch weit höheren Horizont liegt, sprechen nicht gegen, sondern für eine alpine Herkunft. Eine solche Abscherungsfläche bietet dem Wasser einen sichern Durchgang, auch wenn die durchlässigen Schichten zerissen und lückenhaft sind. Bei Annahme dieser großen Abscherungsfläche beschränkt sich das Einzugsgebiet in den Alpen nicht nur auf die schmale Triaszone am Nordrand des Aarmassives, sondern erstreckt sich wahrscheinlich auf eine wesentlich breitere Zone im mittelschweizerischen Voralpengebiet, die mit der Gleitfläche in Verbindung steht.—

8. Wenn obere, durchlässige, geologische Horizonte, wie Hauptrogenstein und Sequankalke keine warmen, aus den Alpen kommenden Quellen aufweisen, so ist das vom geologischen und chemischen Gesichtspunkte aus verständlich.

Die Triasformation mit den in der Nordschweiz reichen Einlagerungen von Gips und Steinsalz bot primär dem Gleiten und sekundär dem Wassereindringen viel weniger Widerstand als schwerlösliche Sedimente. Im Laufe der Jahrtausende werden sich ausgedehnte Rinnensysteme im Bereich der Quellen gebildet haben durch Auslaugung von Salz und Gips, wie auch aus den Ausführungen auf Seite 16 hervorgeht.

Als Analogen zu den jurassischen Schwefelwassertoffthermen seien *heiße Quellen im nördlichen Kaukasus erwähnt*, über die mir Herr Dr. A. Erni, Geologe aus Olten, in verdankenswerter Weise folgende Angaben machte.

In den tertiären Vorfalten des nördlichen Kaukasus entspringen in der Nähe der Stadt Grosnyj eine Anzahl heißer Quellen, von 70,3—91 Grad Temperatur, 700—3500 M.-L. Erguß, 0,91 bis 2,9346 gr.i.L. Mineralstoffgehalt und einer ständigen Abgabe von Kohlendioxyd- und Schwefelwasserstoffgas. Die gleichen heißen Quellen wurden auch in den geschlossenen, ölführenden Antiklinalen südöstlich und westlich in denselben Tertiärschichten der Stadt Grosnyj angebohrt und zum Teil zum Heizen von Häusern verwendet. Als Einzugsgebiet dieser Quellen können nur die ca. 30 km südlich gelegenen schwarzen Berge längs der Kaukasushauptkette in Frage kommen, weil dort in höherer Lage auf breiter Zone die gleichen tertiären Schichten anstehen. Offenbar findet in der breiten, tiefen Mulde zwischen dem Orte der Versickerung in der Hauptkette und dem Austritt in der Vorkette eine Erwärmung, Mineralisierung und Schwefelwasserstoffbildung statt. Als Beweis für die der alpinen Herkunft der Jurathermen analoge Herkunft aus dem Kaukasus seien folgende Punkte erwähnt:

1. Eine ständige Speisung der sehr starken heißen Quellen, die früher sogar Mühlen getrieben haben, kann nur durch die Niederschläge im Süden, in den schwarzen Bergen erfolgen.

2. Die anhaltend sehr hohe Wassertemperatur in den Kuppeln der Vorfalten — in einer Tiefe von nur 550 m wurde 87° heißes Wasser erbohrt — kann nur die Folge einer südnördlichen Wasserzirkulation sein, das nach der Erhitzung in der Synklinale immer der gleichen Schicht folgend, wieder in die Nähe der Bodenoberfläche steigt.

3. Die auffallend starke Abnahme von Erguß und Temperatur der früher sehr ergußreichen, heißen Quellen ca. 20 km westlich der Stadt Grosnyj ist ohne Zweifel die Folge der Anzapfung ihrer Wasserläufe in den Ölfeldern südlich davon.

4. Das Birmenstorfer Bitterwasser.

Das Bitterwasser von Birmenstorf und Mülligen ist neben der Sole von Rheinfelden und Zurzach das gehaltreichste aargauische Mineralwasser. Das Bittersalz liegt in der untern Keuperformation, die bei der Jurabildung hochgehoben und durch die Reuß angeschnitten wurde. Der Keuper besteht aus einer ca. 150 m mächtigen Gesteinsserie von folgender Zusammensetzung:

Bunter Mergel, grauer Mergel, Sandstein und Dolomit ca. 35 m	
Oberer Gips mit Bittersalzadern (Grube VII)	„ 20 „
Graue Mergel und schwarze Schiefer	„ 30 „
Unterer Gips mit Bittersalzeinlagen (Grube II—V)	„ 65 „

Schon am Ende des 18. Jahrhunderts wurde Gips ausgebeutet und als Dünger verwendet. 1842 entdeckte ein Arbeiter den bitteren Salzgeschmack des Bergschweißes und das gab Veranlassung zu einer Untersuchung durch Prof. Bolley in Aarau. Das Bitterwasser von Birmenstorf enthielt neben andern Bestandteilen im kg 22 gr Bittersalz, das von Mülligen 32 gr Natriumsulfat. Rasch wurde das Wasser bekannt und in Mülligen durch Stollenbau (im Reußknie der Schambelen) und in Birmenstorf durch Schachtbau ausgebeutet. Das *Lager in Mülligen* ist heute wegen Verschüttung der Stollen nicht mehr sichtbar und Bittersalz ist seit dem Jahre 1895 nicht mehr gewonnen worden. Nach F. Mühlbergs Beschreibung war der Gips dort von ähnlicher Beschaffenheit wie im heutigen Bergwerk von Birmenstorf. Das in mehreren 1—3 mm dicken Adern vorkommende Bittersalz war kristallinisch, unregelmäßig, nicht in der ganzen Streichrichtung einer 60—100 cm mächtigen Gipsschicht vorhanden. In den salzfreien Strecken hat es primär kein Salz, denn es fanden sich keine durch Auslaugung entstandene Hohlräume. Das nördliche der beiden Lager war ergiebiger als das südliche.

In *Birmenstorf* finden sich zwei Gips- und zwei Bittersalzlager. Das untere, nördlichere und bessere war bis zum Jahre 1916 durch fünf, das südliche, obere nur durch zwei Schächte angeschnitten. Diese 40—75 m tiefen Schächte waren mit Holz ausgesperrt, mit Leitern versehen und standen unten

mit mehreren Stollen in Verbindung. Die umfangreichen Bergwerksanlagen der Gruben II—VI des nördlichen Lagers umfaßten 400 m Schächte, und 625 m Stollen, und es sind ca. 1500 m³ Gestein behufs Auslaugung abgebaut worden. Über die Anlagen im südlichen Lager ist man wenig orientiert. Es wurden den Bittersalzsichten folgend bis 20 m hohe, 0,6 bis 3 m breite Schlitzte ausgehauen, das Gesteinsmaterial zur Auslaugung in durch Quellen gebildete Tümpel geworfen und dann das Bitterwasser in Kübeln mit Rollen emporgezogen. Das weiche, meist trockene Gestein hat sich auch ohne Bergversatz gut gehalten. Diese Bitterwassergewinnung war jedoch sehr primitiv, unsauber; das Arbeiten in den sehr tiefen Löchern gefahrvoll und die Anlagen unrationell. Auf Anraten von Prof. C. Schmidt in Basel, dessen Bericht diese Angaben teilweise entnommen sind, wurde in den Jahren 1916—18 durch die neue Firma «Birmo A. G.» von Westen her ein 570 m langer, gut gesicherter und teilweise ausgemauerter Stollen in den untern Keuper hineingetrieben, mit einzelnen der früheren Schächte in Verbindung gesetzt und so das Lager von unten her angefahren. Diese neue, kostspielige Anlage ermöglicht eine ständige Ventilation des Bergwerkes, eine rationelle, gefahrlose bergmännische Ausbeutung des Bittersalz haltenden Gesteins, das in Rollwagen auf einem kleinen Bahngleise nach den Verarbeitungsgebäuden an der Bruggerstraße geführt wird. Dort wird das aus Ton, Gips und Bittersalz bestehende Material in Betongruben mit Bittersalz haltendem Quellwasser aus dem Bergwerk in Berührung gebracht und mehrmals ausgelaugt. Das so entstehende, konzentrierte Bitterwasser erfährt dann eine vollständige Klärung durch Filtration in zwei 1,5 m dicken Sandfiltern und gelangt in Sammelbassins und von dort in die in einem neuen Gebäude untergebrachten Abfüllräume. In diesen finden sich maschinelle, moderne Einrichtungen zum Spülen, Abfüllen, Verkorken und Etikettieren der Flaschen, sodaß stündlich ca. 1500—1800 Flaschen versandbereit gemacht werden können. Dieses einzige aargauische Bergwerk ist mit einem großen Kostenaufwande zweckmäßig sauber und leistungsfähig eingerichtet und wird in der Lage sein, mit dem guten und gleichmäßig zusammengesetzten Bitterwasser den ganzen Inlandbedarf zu decken und große Mengen nach dem Auslande zu exportieren. Der frühere recht bedeutende Konsum an Birmenstorfer Bitterwasser ist in der Kriegs- und Nachkriegs-

zeit stark zurückgegangen, hat jetzt aber einen erfreulichen Aufschwung genommen und sich auch auf Amerika und England ausgedehnt.

Über die chemische Zusammensetzung orientiert die nachfolgende Analyse. Von besonderem Interesse sind die petrographisch-mineralogischen Verhältnisse des Vorkommens. Nach den Untersuchungen des mineralogisch-geologischen Institutes in Basel besitzt das bittersalzführende Gestein des Gipskeupers im Bergwerk folgende Zusammensetzung:

70 % Gips, ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$), meist grau und weiß, seltener rötlich gefärbt, mit vielen Fältelungen und wenig Faser-gips,

4 % Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$),

25 % Ton und Quarz ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5\text{H}_4$ und SiO_2),

1,0 % lösliche Salze.

Diese löslichen Salze bestehen aus 3 Mineraltypen:

1. dem eigentlichen *Bittersalz*, Epsomit, $\text{MgSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$, rhombisch kristallisiert mit nach der C-Axe verlängerten Kristallen und charakteristischer Spaltbarkeit. Die Kristalle des faserigen Salzes können bis 12 mm, diejenigen des körnigen Salzes bis 3 mm lang sein;

2. dem *Glaubersalz*, Mirabilit. $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$, der zwar nicht rein, sondern immer im Verhältnis 1:3 mit dem Epsomit gemengt vorkommt. Im Material eines Stollens der Grube 2 wurden trübe Körner als durch Wasserabgabe zersetzten Mirabilit erkannt. Bemerkenswert ist, daß Prof. Bolley nur im Mülliger, nicht aber im Birmenstorfer Wasser Natrium gefunden hatte;

3. dem «*Haarsalz*», das fast im ganzen Bereich der Salzsicht in den Gruben und Stollen vorkommt und an den Wänden dünne Krusten und Ausblühungen bildet. Dieses Haarsalz erwies sich als eine 3 % gipshaltende Mischung von Bittersalz mit etwas Glaubersalz. Durch Auflösen und Wiederkristallisieren des Haarsalzes konnten große Kristalle von Bittersalz, Epsomit gewonnen werden.

Das Bittersalz tritt in Adern und Knollen teils faserig, teils feinkörnig im Gipsgestein auf und ist im frischen Anbruch farblos, verwittert aber bald zu einem weißen, mehligem Pulver. Der Bergwerksbesucher hat Mühe, in den meist schlecht beleuchteten Schächten oder Stollen das Bittersalz zu erkennen; die geübten, seit Jahrzehnten, teils seit Generationen mit der Ausbeutung beschäftigten Arbeiter erkennen

es auf den ersten Blick und finden die gehaltreichsten Partien des Gesteins rasch heraus.

Das Bitterwasser wird durch Auslaugung dieser Gesteine gewonnen und enthält immer Bittersalz und Glaubersalz im Mengenverhältnis 75:25 und daneben je nach der Auslaugungsart etwas wechselnde Mengen Gips.

Das in den Handel kommende Bittersalz hat eine konstante Zusammensetzung und entspricht folgender Analyse.

Birmenstorfer Bitterwasser.

Analytiker: Hinden, geolog. Institut Basel 1916 (umgerechnet).

In 1 kg des Bitterwassers, wie es zum Versand gelangt, sind enthalten:

<i>Kationen:</i>	Gramm	Milli-Mol	Milligramm-äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,1904	4,882	4,882
Natrium-Ion (Na)	3,9120	170,087	170,087
Calcium-Ion (Ca)	0,4159	10,400	20,800
Magnesium-Ion (Mg)	4,0281	165,765	331,530
			<hr/> 527,299
<i>Anionen:</i>			
Chlor-Ion (Cl)	0,583	16,423	16,423
Schwefelsäure-Ion (SO ₄)	24,177	251,844	503,688
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,438	7,188	7,188
	<hr/> 33,7444		<hr/> 527,299

Das Wasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die in 1 kg enthält:

	Gramm
Kaliumsulfat (K ₂ SO ₄)	0,4244
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	12,064
Calciumsulfat (CaSO ₄)	1,037
Calciumbikarbonat (Ca(HCO ₃) ₂)	0,393
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	18,920
Magnesiumchlorid (MgCl ₂)	0,783
	<hr/> 33,6214

5. Die jodhaltige Kochsalzquelle von Wildegg.

Sie wurde 1827 beim Suchen nach arthesischem Wasser an der Westkante des Kestenberges in der Nähe der Bünz erbohrt. Das neuere der beiden 20 m von einander entfernten

Bohrlöcher ist 120 m tief und hat bis 77 m 90 mm und von 77 bis 120 m 78 mm Durchmesser. Nach Fr. Mühlberg liegt der Hofboden mit Quote 360,58 m und die Sohle des 7,65 m tiefen Schachtes mit 352,93 m im Horizont der an jener Stelle durch Erosion entfernten Wangenschichten (Oberes Sequan). Von 349,5—349,2 m sind Crenularis-, dann bis 310 m Geißberg-, weiter unten Effinger-Schichten durchfahren worden. Die Quelle liegt in einer 30 cm dicken, etwas härteren Gesteinsschicht mit der Quote 243,09, ist also ca. 67 m unter der oberen Grenze der ca. 150 m dicken Effingerschichten. In den obern Teil des Bohrloches ergießt sich eine 28—35 Minutenliter liefernde Quelle gewöhnlichen Wassers aus den Geißbergschichten, die durch eine im Schacht montierte elektrische Rotationspumpe aus dem Bohrloch geschafft wird. Das Jod- und Natriumchlorid haltende Mineralwasser sinkt infolge seines größeren spez. Gewichtes in den untersten Teil des Bohrloches und wird vermittelt einer kleinen Kolbenpumpe aus dem Loch gehoben. Die von der Oberfläche aus angetriebene Pumpe liegt ca. 35 m unter der Bohrlochmündung, und das 10 mm weite, aus verzinnem Messing bestehende Rohr reicht bis auf den Bohrlochgrund. Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Ergiebigkeit der Jodquelle wächst, wenn das eindringende Wildwasser aus dem obern Teil des Bohrloches entfernt und der Wasserspiegel möglichst tief erniedrigt wird, sodaß eine hydrostatische Depression entsteht. Im Frühjahr 1925 ist eine Kompressionspumpe eingesetzt worden, die Druckluft in das westliche Bohrloch preßt und so das in beiden Schächten kommunizierende Wildwasser herauschleudert. Durch die Verbesserung des Betriebes und stärkere Absenkung des Wildwasserspiegels kann nach Angaben des Herrn Dr. G. Amsler der früher nur 4 Liter pro Stunde betragende Erguß des Jodwassers auf ca. 60 Liter gesteigert werden. Das nach einer Ruhepause gepumpte Wasser ist konzentrierter als das nach anhaltendem Pumpen austretende. In einem Reservoir findet jedoch immer ein Ausgleich und vor dem Abfüllen in die Flaschen immer eine Kontrolle durch ein Aräometer statt. Eine Verdünnung des zu starken Jodwassers ist geboten, um den Geschmack zu verbessern und eine Schädigung durch zu große Jodmengen auszuschließen.

Die Wildegger jodhaltige Kochsalzquelle ist chemisch und geologisch eine Merkwürdigkeit und große Seltenheit.

Sie ist eine der stärksten Mineralquellen und die stärkste Jodquelle der Schweiz. Das Auftreten von Jod ist nach neuesten Untersuchungen begreiflich, nicht aber das Vorhandensein von so großen Mengen Natriumchlorid in den Effingerschichten. Die Quellen aus dem weißen Jura enthalten nur 0,003 bis 0,005 gr. Chlor i. L. Eine Quelle aus den oberen Effingerschichten östlich der Cementfabrik Holderbank 0,007 gr und das Sickerwasser aus dem Stollen des großen Bruches im «Schümel» sogar 0,111 gr. Doch stammt dieses reichlich vorhandene Chlor zweifelsohne aus dem in großen Massen verwendeten Chedit-Sprengstoff, der 79 % Kaliumchlorat enthält, das bei der Explosion in Chlorid übergeht.

Das Wildegger Wasser enthält nach der Analyse von Löwig 7,337 gr und nach der Bestimmung einer Probe aus dem Jahre 1925 0,2272 gr Chlorid. Da die Effingerschichten, spez. die hier in Frage kommenden oberen Partien, schwer durchlässig sind, so muß das Einzugsgebiet und der Auslaugungsbereich der kleinen Quelle sehr beschränkt sein, und eine vollständige Auslaugung würde nach bald hundertjährigem Abpumpen der Quelle nicht verwundern.

Die Jodquelle kann weder mit dem Aare- noch mit dem Bünztal in irgend einer Beziehung stehen. Ihr Einzugsgebiet ist im Kestenberg gelegen, an dessen West- und Nordhang die Fortsetzung der im Bohrlochgrund getroffenen Schichten zu suchen wären. Der ursprünglich hohe Jodgehalt ist verständlich, da auch an andern Orten die Effingerschichten verhältnismäßig sehr jodreich sind. Der Verfasser hat im Gesteinsschlamm der Jurazementfabriken in Wildegg und der aargauischen Portlandzementfabriken in Holderbank beträchtliche Jodmengen nachweisen können. Nach den Untersuchungen von Dr. Th. v. Fellenberg enthalten Materialien der Effingerschichten am Abhang des Rugen bei Effingen folgende Jodmengen:

	Millionstelgramm Jod im kg
Ammonit	9,200
Gestein vom Aufschluß	5,400
Mergel daselbst	7,830
Erde in einem Kartoffelacker daselbst	11,900
Mergel in höherer Lage	15,400
Schlamm daselbst	13,420
Mittelwert aller Proben	10,520

Zum Vergleiche seien noch die Jodgehalte einiger anderer Gesteine angeführt:

	Anzahl der Proben, Gestein, Gehänge-Schutt u. Erde	Mittelwert des Gesamtjodes Millionstelgr. J. in 1 kg Gest.
Untere Meeresmolasse von Hunzenschwil	4	0,885
Untere Süßwassermolasse, Hunzenschwil	2	0,385
Oberer brauner Jura von Hornussen	3	2,690
Oberer Dolomit von Kaisten	3	0,520
Muschelkalk von Kaisten	3	1,132
Mittelwert aller Proben		1,112

Die Effingerschichten sind also im Mittel 10 mal jodreicher als alle andern. Ohne Zweifel würden die tiefern, noch nicht ausgelaugten Gesteine einen noch größeren Jodgehalt aufweisen. In Wildegg scheint der hohe Jodgehalt sehr lokalisiert zu sein; von den drei im Anfang des letzten Jahrhunderts abgeteuften Bohrlöchern, wovon zwei 120 m und eines ca. 300 m tief waren, lieferte nur eines Jodwasser.

Der Jodgehalt stammt ohne Zweifel aus primär im Meerwasser vorhandenen, jodhaltigen Organismen, besonders Tangen, die auch in den jetzigen Meeren Jod sammeln. Durch Tanganschwemmungen wurde das Jod konzentriert und durch die schwerdurchlässigen Effingermergel bis auf den heutigen Tag konserviert. Herr Dr. G. Amsler erklärt, daß das Mineral- und Wildwasser zu gewissen Zeiten einen typischen Meertangeruch zeigen.

Wildegger Jodwasser.

Analitiker: Löwig 1869 (umgerechnet 1925) Spez. Gewicht 1,01 (berechnet) Temperatur 11,2°.

Erguß: zirka 4 Liter in der Stunde. Durch eine im Jahre 1925 eingesetzte Pumpe wird der Erguß wesentlich gesteigert.

In 1 kg des Mineralwassers sind enthalten:

<i>Kationen:</i>	Gramm	Milli-Mol	Milligramm-äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,003	0,075	0,075
Natrium-Ion (Na)	3,829	166,130	166,130
Calcium-Ion (Ca)	0,680	17,000	34,000
Magnesium-Ion (Mg)	0,414	16,995	33,990
Eisen-Ion (Fe)	0,0003	—	—
			<hr/> 234,195

<i>Anionen:</i>	Gramm	Milli-Mol	Milligramm- äquivalente
Chlor-Ion (Cl)	7,3374	206,98	206,98
Brom-Ion (Br)	0,0006	0,07	0,07
Jod-Ion (J)	0,0329	0,26	0,26
Sulfat-Ion (SO ₄)	1,2357	12,86	25,72
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,0711	1,165	1,165
	<u>13,6040</u>		<u>234,195</u>

Das Mineralwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die in 1 kg enthält:

	Gramm
Kaliumchlorid (KCl)	0,0057
Natriumchlorid (NaCl)	9,7030
Natriumbromid (NaBr)	0,0008
Natriumjodid (NaJ)	0,0389
Calciumchlorid (CaCl ₂)	0,3630
Calciumsulfat (CaSO ₄)	1,7513
Calciumhydrokarbonat (Ca(HCO ₃) ₂)	0,1332
Eisenhydrokarbonat (Fe(HCO ₃) ₂)	0,0008
Magnesiumchlorid (MgCl ₂)	1,5970
	<u>13,5937</u>

Das jetzt in den Handel kommende Wildegger Jodwasser hat eine wesentlich andere Zusammensetzung:

	Probe Nr. 1 1920	Nr. 2 1923	Nr. 3 1925
Trockenrückstand gr i. L.	4,294	5,284	4,610
Chlorgehalt als (Cl) gr i. L.	2,41	2,343	2,272
Jodgehalt als (J) in Milligr.	ca. 7	ca. 8	7,1

Der Mineralstoffgehalt, sowie auch der Jodgehalt des jetzt in den Handel kommenden Jodwassers ist also 3—5 Mal schwächer als die seinerzeit von Löwig analysierte Probe.

6. Die Mineralquellen von Schinznach-Dorf.

Der Warmbach. Er ist mit seiner gleichmäßigen Wasserführung von 1200 Minutenliter und konstanter Temperatur von 12,6 Grad eine der schönsten Quellen des östlichen Jura-gebirges. Er tritt am Fuß der Wanne, bei den obersten Häusern des Dorfes, aus den senkrecht gestellten Muschelkalkschichten der Kalmegg-Kestenbergantiklinale heraus, wo diese durch die Kluse des Schenkenbergbaches angeschnitten sind. Das Einzugsgebiet der Quelle liegt im Muschelkalkzug, der sich von hier westwärts bis ins Staffelegggebiet erstreckt. Die Quelle zeigt kaum merkliche Ergußschwankungen, fließt

nie trüb, dampft im Winter, durchwärmt den Boden der Umgebung, sodaß kein Schnee liegen bleibt. Sie gab Veranlassung zur Bildung der Siedelungen, die wahrscheinlich in die Römerzeit zurückreichen, hilft heute noch mit beim Antrieb dreier Mühlen, speist drei laufende Brunnen und liefert das Wasser für die Gemeindewasserversorgung, das durch ein Pumpwerk in das Reservoir gehoben wird.

Das Wasser hat folgende Zusammensetzung:

Trockenrückstand bei 10,5°	0,648 gr 1 Liter,
Alkalinität als CaCO ₃	0,300 „ „ „
Chlor als Chloride	0,004 „ „ „
Calcium als Ca	0,150 „ „ „
Schwefelsäurerest als SO ₄	0,230 „ „ „
Calciumsulfat daraus berechnet	0,326 „ „ „

Das Wasser gehört zu den schwach erdigen Mineralquellen.

Der Talbachbrunnen.

Er entspringt westlich des Dorfes im Steilbord über dem Mühlebach in nicht sichtbarer Brunnstube und speist den Brunnen bei den 4 Häusern im Talbach. Das Einzugsgebiet und der Quellsaustritt liegen im Keuper des Kalmbergsüdhanges. Der sehr konstante Erguß der nie trüb fließenden Quelle beträgt zirka 20 Minutenliter. Das Wasser hat einen stark erdigen Geschmack, greift die Brunnröhre rasch an und wird als Trinkwasser verwendet. Seine Zusammensetzung lautet:

Analitiker: Ad. Hartmann 1925.

Spez. Gewicht 1,0025.

Erguß: 20 M. L.

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,0137	0,352	0,352
Natrium-Ion (Na)	0,0235	1,920	1,020
Calcium-Ion (Ca)	0,3844	9,610	19,220
Magnesium-Ion (Mg)	0,0549	2,289	4,578
Aluminium-Ion (Al)	0,0055	0,206	0,618
Eisen-Ion (Fe)	Spur		25,788
<i>Anionen</i>			
Chlor-Ion (Cl)	0,0060	0,171	0,171
Sulfat-Ion (SO ₄)	0,8929	9,301	18,602
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,4279	7,015	7,015
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0174		
	<u>1,8262</u>		<u>25,788</u>

Das Wasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die im kg enthält:

	Gramm
Kaliumchlorid (KCl)	0,0126
Kaliumsulfat (K ₂ SO ₄)	0,0158
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	0,0725
Calciumsulfat (CaSO ₄)	1,1832
Calciumbikarbonat (Ca(HCO ₃) ₂)	0,1110
Magnesiumbikarbonat (Mg(HCO ₃) ₂)	0,3331
Aluminiumbikarbonat (AL(HCO ₃) ₃)	0,0416
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0174
Kohlensäure (CO ₂)	0,0390
Total	1,8262

Das Wasser ist eine an Erdalkalisulfaten und Karbonaten reiches Wasser und würde das Eptinger Mineralwasser bei weitem an Gehalt übertreffen.

Zirka 150 und 200 m weiter westwärts oberhalb des Zelgliweges treten zwei weitere kleine Quellen von je 3—10 Minutenliter Wasser aus der Keuperformation heraus mit folgender Zusammensetzung:

	östliche	westliche
Trockenrückstand	2,256	0,479 gr i. L.
Alkalinität als CaCO ₃	0,305	0,351 „ „ „
Chlor als Chloride	0,010	0,010 „ „ „
Hauptbestandteil	Gips	Calciumbikarbonat u. Gips.

Die östliche, sehr konstante Quelle mit 12° Temperatur ist noch mineralstoffreicher als der Talbachbrunnen und stammt aus den gleichen Keuperschichten. Die Quelle ist noch nie verwendet worden.

7. Die Mineralquellen des Staffelegg-Gebietes.

A. Die Muschelkalkquellen.

Die Muschelkalkquellen von Densbüren, Asp, Fischbach am Benken und St.Laurenzenbad sind nur auf ihre Hauptbestandteile untersucht und haben ähnliche geologische und chemische Verhältnisse. Sie treten alle gesetzmäßig aus den steil gestellten Muschelkalkantiklinalen an der Stelle heraus, wo die Südschenkel von Quertälern der Jurabäche angeschnitten werden. Alle die Quellen sind wesentlich wärmer als das Luftmittel ihres Austrittsortes, sind also Subthermen, führen Gips neben Erdalkalibikarbonaten und sind in jeder Beziehung der Warmbachquelle in Schinznach analog.

Die die Dorfbrunnen von Densbüren (Nr. 1) speisenden Quellen treten östlich der Staffeleggstraße, südlich des Baches in der Kirchhalde aus der Basis des Steilhanges auf einer Malmunterlage heraus, sammeln sich in den geschuppten Muschelkalkmassen des Rüdlenberges. Die starke Quelle «im Thal» (Nr. 2) tritt südlich des Densbürer Turnplatzes im Thal zwischen Straße und Bach aus dem Boden, wird nur für die Bewohner eines Hauses verwendet und fließt in den Bach. Die Quelle von Asp (Nr. 3) entspringt dem steil gestellten Muschelkalkzug, der vom Densbürer Strichen her gegen Asp abbiegt und dort vom Bach durchschnitten wird. Sie speist einzelne der laufenden Dorfbrunnen. Die große Quelle am Benken (Nr. 4), «Fischbach» genannt, zeigt die konstante Temperatur von 14°, tritt aus den Muschelkalkfelsen westlich der Gipsgruben am Benken heraus, hat ihr Einzugsgebiet in der westwärts verlängerten Benkerjochantiklinale. Die schöne Quelle hat keine Verwendung gefunden, weil sie als kropfverdächtig in Mißkredit stand.

Die wichtigsten Daten dieser Quellen lauten:

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4
Erguß in Minutenlitern (geschätzt)	100	150	100	300
Temperatur	—	12,2	12,6	14
Trockenrückstand bei 105°	gr i. L. 0,856	1,348	0,712	0,610
Alkalinität als CaCO ₃	gr i. L. 0,255	0,265	0,300	0,270
Calcium als Ca	gr i. L. 0,198	0,1704	0,1504	0,144
Schwefelsäurerest als SO ₄	gr i. L. 0,444	0,723	0,300	0,213
Chlor als Chloride	gr i. L. 0,008	0,007	0,006	0,008

Die Quelle des St.Laurenzenbades.

Diese trat früher im Keller des jetzigen Gebäudes aus dem Boden und wurde durch einen Widder in die Baderäume gepumpt. Mit der Umwandlung des Kurhauses in das Altersasyl ging die Quelle verloren und fließt nun in den Bodenschutt des Tälchens. Nach der Sage mußten früher zwei Quellen gewesen sein, eine heiße und eine kalte, wovon die erste durch Erdbeben und Erdrutsch verschüttet und später als laue Quelle wieder zum Vorschein gekommen sei. Merkwürdig ist die Angabe von Meyer-Ahrens, daß die Laurenzenquelle 16,8—17,5° besaß und somit die wärmste Subtherme des Kantons war.

Das Wasser enthielt nach einer Analyse von Prof. Löwig

1844 und Prof. Bolley 1858 folgende Mineralstoffe (umgerechnet):

Schwefelsaure Kalkerde	0,1561	Natrium (Na)	0,0119
Schwefelsaures Natrium	0,0367	Calcium (Ca)	0,1016
Chlormagnesium	0,0525	Magnesium (Mg)	0,0204
Kohlensaurer Kalk	0,1392	Aluminium (Al)	0,0072
Kohlensaure Magnesia	0,0250	Eisen (Fe)	Spur
Kieselerde	0,0180	Chlor (Cl)	0,0392
Thonerde	0,0136	Schwefelsäurerest (SO ₄)	0,1350
Organische Stoffe	0,0036	Kieselsäure	0,0180
Eisen	Spur	Kohlensäure gebunden	0,1078
		Organische Substanz	0,0036
<i>Feste Bestandteile</i>	<u>0,4447</u>		<u>0,4447</u>
Freie Kohlensäure	0,0442		0,0442

Das Wasser war somit wesentlich mineralstoffärmer als die andern Muschelkalkquellen des Kettenjura.

B. Die Keuperquellen.

Der Keuper ist wegen seiner Schwerdurchlässigkeit für Wasser viel weniger zur Quellbildung geeignet als der Muschelkalk. Aus seinen Schichten treten zwar zahlreiche, aber meistens nur kleine Quellen aus, die bisher kaum Beachtung und keine besondere Verwendung gefunden haben. Besonders die Quellen des untern gipsreichen Keupers sind sehr sulfatreich und fallen durch ihren Geschmack auf. Die gehaltreichste Keuperquelle des Kettenjura ist der bei den südlichen Häusern von Asp gefaßte Oberdorfbrunnen; ihm steht eine Quelle beim Gipsbruch am Benken nur wenig nach.

Die beiden enthalten als gr im Liter:

	Gipsbrunnen Asp	Gipsquelle am Benken
Trockenrückstand	2,484	2,352
Alkalinität als CaCO ₃	0,175	0,240
Calcium als Ca	0,620	0,583
Schwefelsäurerest als SO ₄	1,429	1,461
Daraus Calciumsulfat berechnet	2,024	2,069

8. Die Heilquellen von Lostorf.

Obwohl sie auf solothurnischem Gebiete liegen, seien sie als den aargauischen Quellen analog kurz besprochen.¹

¹ Ad. Hartmann: Chemische und geologische Verhältnisse der Quellen von Lostorf. Mitteil. der A. N. G. 1917.

Lostorf besitzt eine Schwefelwasserstoff-Kochsalz- und eine Gips-Quelle, von denen beide schon mehrmals untersucht worden sind.

Jahr	Analytiker	<i>Schwefelwasserstoffquelle</i>		<i>Gipsquelle</i>
		Trocken- rückstand in ‰	Schwefel- wasserstoff in cc i. L.	Trocken- rückstand in ‰
1818	Bauhoff	—	—	2,3564
1831	Aeschbach	1,986	45,7	—
1865	Bolley	4,6848	59,3	—
1869	"	—	—	1,4299
1912	Hartmann	3,656	55,2	1,0986
1913	"	2,7982	47,71	0,806
1925	"	3,176	—	0,8065

Die starken Schwankungen der Schwefelwasserstoffquelle sind durch die Art der Fassung und den Süßwasserandrang, die starke Abnahme des Gehaltes der Gipsquelle offenbar durch Auslaugung und Schwinden des Gipsvorrates im Berg bedingt. Die Schwefelwasserstoffquelle tritt ohne Zweifel aus dem Südschenkel der Muschelkalkantiklinale und hat vermutlich eine ähnliche Herkunft wie die beiden andern jurassischen Schwefelquellen von Baden und Schinznach. Die Gipsquelle stammt aus dem Keupernordschenkel der gleichen Antiklinale.

Die genauen Analysen der beiden Quellen lauten:

Schwefelwasserstoff-Natriumchlorid-Quelle.

Analytiker 1913. Ad. Hartmann. Radioaktivität 4.11 Macheinheiten.

Temperatur 14,8°. Erguß ca. 10 M.-L.

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm- äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,1327	3,402	3,402
Natrium-Ion (Na)	0,6396	27,808	27,808
Ammonium-Ion (NH ₄)	0,0015	0,833	0,833
Calcium-Ion (Ca)	0,1542	3,855	7,710
Magnesium-Ion (Mg)	0,0445	1,854	3,708
Eisen-Ion (Fe)	0,0028	0,050	0,100
Aluminium-Ion (Al)	0,0003	0,010	0,030
			<hr/> 43,591
<i>Anionen</i>			
Chlor-Ion (Cl)	0,9868	27,797	27,797
Sulfat-Ion (SO ₄)	0,3024	3,150	6,300
Hydrosulfit-Ion (HS)	0,0724	2,193	2,193
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,4454	7,301	7,301
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0106		
	<hr/> 2,7932		<hr/> 43,591

Schwefelwasserstoffgehalt durch Titration mit Jod bestimmt 47,71 cc bei 0° und 760 mm.

Das Wasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die im kg enthält:

	Gramm
Kaliumchlorid (KCl)	0,0068
Natriumchlorid (NaCl)	1,6223
Kaliumsulfat (K ₂ SO ₄)	0,2875
Ammoniumsulfat (NH ₄) ₂ SO ₄)	0,0056
Calciumsulfat (CaSO ₄)	0,1983
Calciumbikarbonat (Ca(HCO ₃) ₂)	0,3878
Magnesiumbikarbonat (Mg(HCO ₃) ₂)	0,2676
Ferrobikarbonat (Fe(HCO ₃) ₂)	0,0089
Aluminiumhydrokarbonat (Al(HCO ₃) ₃)	0,0021
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0106
Phosphorsäure	Spur
	<u>2,7975</u>

Schwefelwasserstoff in Gasform 47.71 bei 0° und 760 mm.

Gipsquelle von Lostorf.

Analytiker: Ad. Hartmann 1912.

Temperatur 14,9—15,8°. Erguß 200 M.-L.

Radioaktivität 7,5 Mache-Einheiten.

Ein kg des Mineralwassers enthält:

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm- äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,0052	0,133	0,133
Natrium-Ion (Na)	0,0147	0,639	0,639
Calcium-Ion (Ca)	0,2153	5,383	10,766
Magnesium-Ion (Mg)	0,0494	2,025	4,050
Aluminium-Ion (Al)	Spur		
			<u>15,588</u>
<i>Anionen</i>			
Chlor-Ion (Cl)	0,0102	0,291	0,291
Sulfat-Ion (SO ₄)	0,5402	5,627	11,254
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,2466	4,043	4,043
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0170		
	<u>1,0986</u>		<u>15,588</u>

Das Mineralwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die in 1 kg enthält:

	Gramm
Natriumchlorid (NaCl)	0,0169
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	0,0253
Kaliumsulfat (K ₂ SO ₄)	0,0116
Calciumsulfat (CaSO ₄)	0,7320
Magnesiumhydrokarbonat (Mg(HCO ₃) ₂)	0,2974
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0170
Aluminium und Eisen	Spur
	1,1002

C. Die Mineralquellen des Tafeljura.

1. Die Mineralquellen von Rheinfeldern.¹

Neben Baden ist Rheinfeldern der bedeutendste Kurort des Aargaus und erfreut sich dank der initiativen Tätigkeit des Herrn Dr. A. Keller eines bedeutenden Aufschwunges. Neben der Sole stehen ihm in der Stadt und deren Umgebung mehrere Mineralquellen zur Verfügung.

Die Sole von Rheinfeldern, Rhyburg und Zurzach.

Die Sole ist die natürlich entstandene, gesättigte Lösung von Salzen aus der Anhydritgruppe der Triasformation der Nordschweiz. Das Sole liefernde Gestein besteht nach den Befunden in einer großen Zahl seit dem Jahre 1836 gemachten Bohrlöchern aus einer 5—25 m dicken, mit Gips und Ton durchsetzten Steinsalzmasse, die sich durch ein fast vollständiges Eindampfen eines triasischen Binnenmeeres gebildet hat. Die ursprünglich zusammenhängende, sich über die ganze heutige Nordschweiz ausdehnende Salztafel ist durch Vertikalbewegungen der Erdrinde in einzelne Teiltafeln oder Schollen zerrissen. An den hochgelegenen Stellen westlich Rheinfeldern, zwischen Mumpf und Leibstadt ist das Salz längst ausgelaugt, weil Gefälle nach dem Rheine vorhanden war. In den drei tiefer gelegenen Gebieten bei Schweizerhalle, Rheinfeldern-Rhyburg und Koblenz-Zurzach finden sich heute noch 180—400 m unter dem Rheinbett ausgedehnte Salzlager, die durch ihre Tiefe vor natürlicher Auslaugung geschützt

¹ Dr. H. Keller, Die Mineralwässergruppe von Rheinfeldern und Umgebung.

Dr. K. Disler, Geologische Skizze von Rheinfeldern.

Herr Kollege Dr. Disler hatte die Freundlichkeit, den Verfasser im April 1925 auf einer Exkursion nach Magden und Olsberg zu begleiten und seine Detailkenntnisse über das Gebiet zur Verfügung zu stellen.