

DIE THERMEN VON BADEN

Eine balneologische Monographie

VON DER

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE IN ZÜRICH

ZUR ERLANGUNG

DER WÜRDE EINES DOKTORS
DER NATURWISSENSCHAFTEN

GENEHMIGTE

PROMOTIONSARBEIT

VORGELEGT VON

Ulrich Münzel

Apotheker
von Baden

Referent: Herr Prof. Dr. W. von Gonzenbach

Korreferent: Herr Prof. Dr. H. Flück



ZÜRICH 1947

Dissertationsdruckerei AG. Gebr. Leemann & Co.

Leer - Vide - Empty

Die Herausgabe ermöglichten in verdankenswerter Weise durch finanzielle Beiträge:

die Erziehungsdirektion des Kantons Aargau,
die Einwohnergemeinde Baden,
der Stadtrat von Baden,
der Kur- und Verkehrsverein Baden,
die Besitzer und Verwalter der Badehotels und Bäderheilstätten in Baden,
die Schweizerische Gesellschaft für Balneologie und Klimatologie,
der Verband Schweizerischer Badekurorte.

Leer - Vide - Empty

Vorwort

Die vorliegende Monographie wurde auf Anregung von Herrn Prof. Dr. W. von Gonzenbach, Direktor des Bakteriologisch-Hygienischen Institutes der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, ausgearbeitet. Herr Prof. Gonzenbach hat mir bei der Ausführung dieser Arbeit durch vielfache Anregungen und Ratschläge in verständnisvoller und eingehender Weise alle Förderung angedeihen lassen.

Ich spreche ihm für sein Wohlwollen den aufrichtigsten und herzlichsten Dank aus.

Ferner bin ich folgenden Herren zu herzlichem Dank verpflichtet:

A. Gaudenzi, Dipl. Ing., Baden, Vorsteher des physikalischen Laboratoriums der Firma Brown Boveri & Co., für die Mithilfe bei der Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit. Der Geschäftsleitung der Firma sei für ihre Zuvorkommenheit der beste Dank ausgesprochen.

Dr. O. Gübeli, Dipl. Ing. Chemiker, Assistent und Privatdozent an der anorgan.-chem. Abteilung der E. T. H. Zürich, für Mitteilungen über neue Analysenmethoden bei der Untersuchung von Mineralquellen und für Beratung bei den analytischen Arbeiten.

Dr. P. Haberbosch, Baden, für Mitteilung über seine Theorie von der Herkunft der Quellen, über die geologischen Verhältnisse von Baden und für die Überlassung von Klischees aus seinen früheren Veröffentlichungen.

Dr. A. Hartmann, Professor, Aarau, für vielfache Anregungen, Mitteilungen über seine Forschungen an den Thermen von Baden, Mithilfe bei der Beschaffung von Literatur und Überlassung von Klischees aus seinen früheren Veröffentlichungen.

W. Hartmann, Adjunkt bei der Städtischen Bauverwaltung Baden, für die Beschaffung von Plänen und Akten und Einsichtnahme in das Archiv des Bauamtes.

C. Hauri, Dipl. Wasserrechtsingenieur bei der kantonalen Baudirektion in Aarau, für vielfache Auskunft, Beschaffung von Akten und Plänen und für die Einsichtnahme in das Archiv des Wasserrechtsamtes.

Dr. J. Hug, Geologe, Zürich, für Mitteilungen über die Grundwasser-Verhältnisse in Baden und über die frei in die Limmat ausfließenden Thermalquellen.

R. Keller, a. Bauverwalter, Baden, für persönliche Mitteilungen und Überlassung von Plänen, graphischen Darstellungen und verschiedenen Akten.

P. Kuhn, Dipl. Ing., Hertenstein, für die Umrechnung der alten Maße und Gewichte in das heute geltende System, für Mithilfe bei der Zusammenstellung der Niederschlagskurven und Ergußmessungen und für die uneigennützig Vornahme der Korrekturarbeiten bei der Drucklegung.

Dr. M. Mühlberg, Geologe, Aarau, †, für persönliche Mitteilungen und für die gewährte Einsichtnahme in den Nachlaß seines Vaters, Hrn. Prof. F. Mühlberg.

Dr. O. Richard, Dipl. Ing. Agronom, Assistent am landwirtschaftlich-bakteriologischen Institut der E. T. H., für persönliche Mitteilungen, Hinweise auf die einschlägige Literatur und Mithilfe bei den bakteriologischen Untersuchungen und den mikrographischen Aufnahmen.

E. Schärer, Geometer, Baden, †, für gewährte Einsichtnahme in das Archiv seines technischen Büros und für Überlassung von Plänen und Akten.

Dr. H. Suter, Geologe, Assistent am geologischen Institut der E. T. H., für persönliche Mitteilungen, Beratung bei der Bearbeitung der geologischen Abschnitte und Hinweise auf die geologische Literatur.

R. Witzig, früher Adjunkt bei der Städt. Bauverwaltung Baden, Gemeinde-Ingenieur in Küsnacht, für persönliche Mitteilungen, Beschaffung von Plänen und Bildmaterial und für Auskünfte über die technischen Belange.

Das Kur- und Verkehrsbüro, die Besitzer der Badhotels und die Verwalter der Bäderheilstätten stellten Klischees und Photographien der balneotechnischen Einrichtungen zur Verfügung.

Die vorliegende Arbeit wäre aber nicht möglich gewesen ohne die während Jahrzehnten in Baden ausgeübte Tätigkeit meines Vaters, Hrn. Apotheker *F. X. Münzel*. Er hat in unermüdlichem Sammeleifer einen großen Teil des Schrifttums über Baden und fast das gesamte topographische Bildmaterial zusammengetragen, so daß ich den größten Teil der notwendigen Unterlagen nicht erst in mühevoller Arbeit zusammensuchen mußte, sondern sie bereits zur Benützung zur Hand hatte. Mein Vater hat aber außerdem das analytisch-bakteriologische Laboratorium seiner Apotheke in solchem Maße mit den erforderlichen Apparaturen und Gerätschaften eingerichtet, daß ich den größten Teil der experimentellen Arbeiten zu Hause vornehmen konnte. Schließlich ist mir mein Vater auch mit Anregung und Rat zur Seite gestanden und hat mir neben der Arbeit in der Apotheke die notwendige Zeit zur Ausarbeitung der vorliegenden Publikation eingeräumt. Ihm sei deshalb dieses Werk mit den Worten Goethes gewidmet, daß man nichts aus sich selber besitze, was man nicht schon vorher von anderen empfangen habe.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
<i>Einleitung: Aufgabenbereich und Zweck der Monographie</i>	11
<i>I. Die geographischen, hydrologischen, klimatischen und geologischen Verhältnisse von Baden</i>	13
1. Die geographische Lage	14
2. Die hydrologischen Verhältnisse	14
3. Das Klima	14
4. Die geologischen Verhältnisse	15
a) Die geologische Forschung über Baden	15
b) Zusammenfassung: <i>α</i>) Stratigraphie	18
<i>β</i>) Tektonik	19
<i>II. Herkunft, Mineralisation und Erwärmung der Thermen</i>	24
1. Die verschiedenen Herkunftshypothesen	24
a) Herkunft aus nächster Nähe von Baden	24
b) Herkunft aus den Alpen	25
c) Herkunft aus dem westlich von Baden liegenden Jura	29
d) Herkunft aus dem Grundwasserstrom des Reußtals	34
e) Herkunft aus dem Mittelland	36
f) Herkunft aus dem Schwarzwald	36
g) Herkunft aus einem „Tiefenstandwasser“	37
h) Herkunft aus vulkanischer Tätigkeit	37
2. Der heutige Stand der Forschung	38
<i>III. Die Austrittsverhältnisse der Thermen</i>	39
A. Die Lage der Quellen, ihr unmittelbarer geologischer Untergrund und der mutmaßliche Verlauf der Quelladern	39
1. Die Lage der Quellen	39
2. Der geologische Untergrund	39
3. Der mutmaßliche Verlauf der Quelladern	41
B. Die Anzahl der Quellen	43
C. Die einzelnen Quellen	46
1. Die gegenwärtig benützten, amtlich gemessenen Quellen	50
2. Eingegangene und nicht mehr benützte Quellen	57
3. Frei in die Limmat ausfließende Quellen	58
D. Der gegenseitige Zusammenhang der Quellen	58
E. Die Ergiebigkeit der Quellen und ihre Abhängigkeit von künstlichen und natürlichen Faktoren	64
1. Die Ergußmengen	65
a) Der Totalerguß aller Quellen	65
b) Der Ergußanteil der einzelnen Quellen	65
2. Die Ursachen der Ergiebigkeitsschwankungen	68
a) Natürliche Ursachen	68
<i>α</i>) Der Luftdruck	68
<i>β</i>) Die Niederschläge	68
<i>γ</i>) Die Niederschläge und Quellenergüsse von 1936–1945	70
<i>δ</i>) Einstürze von Hohlräumen im Erdinnern, Erdbeben	74

	Seite
b) Teils natürliche, teils künstliche Ursachen	74
a) Veränderungen in den Quellwegen	74
β) „Wilde“ Austritte von Quelladern	75
γ) Zutritt und Gegendruck von „Wildwasser“	75
c) Künstliche Ursachen	77
a) Eingriffe in den Untergrund der Quellen	77
β) Die Quelfassungen	77
γ) Das Auslaufniveau der Quellen	78
3. Anhang: Vorschläge zur Sanierung der Quellen	80
<i>IV. Die physikalischen, chemischen und biologischen Verhältnisse</i>	83
A. Die Sinnenprüfung	83
1. Aussehen	83
2. Geruch	84
3. Geschmack	84
4. Berührung	85
B. Die physikalischen Verhältnisse	85
1. Reaktion und pH	85
2. Die von der Konzentration abhängigen Konstanten	86
a) Spezifisches Gewicht	86
b) Elektrische Leitfähigkeit	87
c) Brechungsindex	88
d) Gefrierpunktniedrigung und osmotischer Druck	88
3. Radioaktivität	88
4. Temperatur	92
C. Die chemischen Verhältnisse	93
1. Die Mineralbestandteile und der Trockenrückstand	93
2. Die freien und gelösten Gase	105
3. Die Sedimente	110
a) Der Schwefel	110
b) Sinter, Schlamm, „Badehäutchen“, „Anflug“	113
4. Unbekannte Bestandteile	118
D. Die biologischen Verhältnisse	118
I. Die Schwefelwasserstoff erzeugenden Bakterien	119
1. Übersicht über die Literatur	119
2. Eigenschaften	122
a) Morphologie	122
b) Physiologie	122
3. Die Verhältnisse in Baden	124
a) Frühere Untersuchungen	124
b) Eigene Untersuchungen	125
α) Der Schwefelwasserstoffgehalt der Quellen	125
β) Die Keimzahl	125
γ) Nachweis und Isolierung der sulfatreduzierenden Bakterien	126
δ) Der Einfluß der biologischen Verhältnisse auf den Schwefelwasserstoffgehalt des Badener Thermalwassers	133
II. Die Schwefelwasserstoff verbrauchenden Bakterien (Schwefelbakterien) und die übrige im Badener Thermalwasser vorkommende Bakterienflora	136
1. Übersicht über die Literatur	136
2. Eigenschaften	137
a) Morphologie	137
b) Physiologie	137

	Seite
3. Die Verhältnisse in Baden	139
a) Frühere Untersuchungen	139
b) Eigene Untersuchungen	142
α) Vorkommen und makroskopische Untersuchungen	143
β) Mikroskopische Untersuchungen	143
E. Charakterisierung und Klassifikation des Badener Thermalwassers	148
F. Die zeitlichen Schwankungen im Gehalt des Thermalwassers	154
1. Frühere Untersuchungen	154
2. Eigene Untersuchungen	157
3. Ursachen der Gehaltsschwankungen	159
G. Die Unterschiede der Quellen im Gehalt	159
1. Frühere Untersuchungen	160
2. Eigene Untersuchungen	164
3. Ursachen der Unterschiede	166
H. Die im Jahre 1944 durchgeführten Kontrollanalysen	166
1. Die Analysenmethoden	166
2. Tabellen und Diagramme	169
J. Anhang: Die Menge des täglich geförderten Wassers und seiner festen und flüssigen Bestandteile	187
V. <i>Die balneotechnischen Einrichtungen und ihr Einfluß auf die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften des Thermalwassers</i>	191
I. Die technischen Einrichtungen zur Fassung, Fortleitung, Speicherung und Förderung des Thermalwassers	192
1. Die Fassungen	192
2. Die Leitungen	199
3. Die Speicher	211
4. Die Pumpen	216
II. Die technischen Einrichtungen zur Anwendung des Thermalwassers	217
1. Die Bäder	217
2. Die Gas-Dampf-Bäder	241
3. Die Umschläge, Wickel und Packungen	244
4. Die Duschen	246
5. Die Klystiere und Irrigationen	249
6. Die Kureinrichtungen für die Atmungsorgane	252
7. Die Einrichtungen zur Trinkkur	257
VI. <i>Wirkung und Anwendung des Thermalwassers</i>	265
1. Die medizinische Literatur über Baden	265
2. Der heutige Stand der Balneotherapie in Baden	273
a) Heilanzeigen	274
b) Kurmittel	274
c) Anwendung des Thermalwassers	275
d) Wirkungsweise des Thermalwassers	277
<i>Anhang: Die Aufgaben der balneologischen Forschung in Baden</i>	280
Literatur- und Quellennachweis	285
Bildernachweis	299

Leer - Vide - Empty

Einleitung

Aufgabenbereich und Zweck der Monographie

Die Thermen von Baden sind schon in einer Reihe von Abhandlungen, Schriften und größeren Werken in geologischer, chemischer, medizinischer, rechtlicher und kulturhistorischer Hinsicht untersucht und beschrieben worden. Es handelt sich dabei entweder um wissenschaftliche Einzeluntersuchungen, die nur die eine oder andere Seite des ganzen Fragenkomplexes für die betreffenden Fachleute bearbeiteten, oder dann um allgemeinverständliche Zusammenfassungen im Sinne eines Abrisses für Einheimische und Kurgäste, wobei nicht nur die Thermalquellen selbst, sondern auch die andern lokalen und kurörtlichen Belange zur Sprache kommen. Die meisten dieser Veröffentlichungen sind außerdem durch neuere Ansichten und Erkenntnisse überholt. Dagegen fehlte es bis jetzt an einer Zusammenfassung, welche die naturkundlich-balneologischen Kenntnisse unter einheitlichen Gesichtspunkten monographisch zur Darstellung brachte, wie dies z. B. für die kulturhistorischen Belange schon mehrfach geschehen ist (2, 47, 128, 250). Aufgabenbereich und Zweck der vorliegenden Arbeit können deshalb wie folgt umschrieben werden:

1. Es wurde versucht, eine Sammlung, Sichtung und Bearbeitung des gesamten Materials vorzunehmen, das über die Thermen von Baden in naturwissenschaftlicher Hinsicht existiert. Dessen Gliederung erfolgte nach den im Inhaltsverzeichnis aufgestellten Gesichtspunkten.

2. In Verbindung mit diesem Vorhaben wurde eine Bibliographie des gesamten geologischen, balneographischen und balneotherapeutischen Schrifttums über die Thermen von Baden angestrebt. Wie weit diese Absicht gelungen ist und in welcher Beziehung ihr Grenzen gesteckt waren, wird im Literaturverzeichnis näher erörtert.

3. Einzelne Probleme sind noch nie oder nur oberflächlich in Angriff genommen worden. Dies gab die Möglichkeit, selbst einige Untersuchungen vorzunehmen, so über die biologischen Verhältnisse, über den Einfluß der technischen Einrichtungen auf den Gehalt des Thermalwassers, über die Abhängigkeit einzelner physikalischer und chemischer Eigenschaften des Wassers vom Quellenerguß, Vergleiche über den Mineralgehalt der einzelnen Quellen untereinander. Nach Möglichkeit wurden auch hier die älteren Anschauungen und Untersuchungen zu Rate gezogen, um an Hand aller bestehender Kenntnisse Einblick in das Verhalten der Thermen während größerer

Zeiträume zu gewinnen und damit das Verhalten und die Eigenart der Thermen zu beleuchten.

4. Aus den ersten drei Bestrebungen ergab sich der vierte Zweck der vorliegenden Publikation, nämlich als Grundlage zu weiterer wissenschaftlicher Forschungsarbeit zu dienen. Schon seit Jahren sind Bestrebungen zur Förderung der schweizerischen Kurorte im Gange. Eine Förderung und Entwicklung der Bade- und Klimakurorte beruht aber nicht nur auf wirtschaftlichen, sondern vor allem auch auf wissenschaftlichen Faktoren, und diese in erster Linie erfordern einen weiteren Ausbau. Um aber einen solchen Ausbau ins Werk setzen zu können, bedarf es einer allgemeinen Grundlage, welche die Art und den Umfang des zu bearbeitenden Stoffes zusammenfaßt und beleuchtet. Die vorliegende Arbeit will diesen Zweck für den Thermalort Baden erreichen und auf Grund der darin niedergelegten Erfahrungen die Anregung zur Weiterarbeit geben.

Nicht in den Aufgabenbereich der vorliegenden Arbeit gehörten alle Fragen, die nicht in direktem Zusammenhang mit dem Thermalwasser in naturkundlicher Hinsicht stehen, also z. B. bäderpolitische Belange, ökonomische und juristische Probleme, Fremdenverkehrs-, Propaganda- und Kurortsfragen, architektonische und landschaftliche Gestaltung, Einrichtung und Führung der Hotels, kulturhistorische Studien usw. Wenn die Umstände es zulassen, sollen diese kulturellen Verhältnisse in einem zweiten Band in ähnlicher Weise behandelt werden, wie es im vorliegenden Band mit den naturkundlichen Fragen geschehen ist.

I. Die geographischen, hydrologischen, klimatischen und geologischen Verhältnisse von Baden

Um das Vorkommen einer Mineralquelle oder einer Therme verstehen zu können, müssen auch die charakteristischen, geographischen, hydrologischen, klimatischen und vor allem geologischen Voraussetzungen des betreffenden Ortes in Betracht gezogen werden.

Die Bedeutung des Klimas scheint im ersten Augenblick zweifelhaft zu sein. In der Tat spielen Sonnenscheindauer, Bewölkung, Nebel, Temperatur, Winde usw. eine verhältnismäßig nebensächliche Rolle, obwohl auch diese Faktoren mittelbar einen Einfluß haben können, z. B. auf die Bodentemperatur, auf die Vegetation, und damit auch auf die hydrologischen Verhältnisse. Von der Bedeutung des Klimas für den Aufenthalt der Kurgäste und dessen Einfluß auf die Erkrankungen kann hier natürlich nicht die Rede sein. Viel unmittelbarer wirken sich unter den klimatischen Faktoren für die Quellen die Menge und die Art der Niederschläge aus, ebenso die Luftdruckverhältnisse. Liegt das Einzugsgebiet der Quellen in der Umgebung des Austrittsortes, so spielt natürlich die jährliche Niederschlagsmenge der Gegend eine ausschlaggebende Rolle. Der Luftdruck ist insofern von Bedeutung, als dadurch das über den Quellen lastende Gewicht der Luftsäule Änderungen unterworfen ist und damit der Gehalt der Thermen an Gasen wesentlich beeinflußt werden kann. Ein ständig niedriger oder doch oft und stark wechselnder Luftdruck könnte ein „Ausbrechen“ der Quelle infolge plötzlicher Druckentlastung verursachen. Ein günstiger mittlerer und vor allem keinen großen Schwankungen ausgesetzter Luftdruck ist deshalb für eine Heilquelle nicht ohne Bedeutung.

Zu den hydrologischen Verhältnissen eines Ortes sind die Heilquellen selbst zu rechnen; da sie hier schon Gegenstand der Betrachtung sind, kommen nur noch die andern hydrologischen Belange in Frage, wie Flußläufe, Grundwasserströme usw.

Die geographischen Gesichtspunkte stehen mit den geologischen in engstem Zusammenhang, können aber doch auch für sich gesondert untersucht werden. So ist es interessant, festzustellen, wie auf geographisch sehr kleinem Raum sechs ähnlich geartete Mineralquellen in den Klusen des aargauischen Juras auftreten.

Daß vor allem die geologischen Verhältnisse in den Bereich jeder Quellenbeschreibung gehören, braucht nicht besonders betont zu werden. Auf diesen Teil des 1. Kapitels ist denn auch besonderes Augenmerk verwendet worden.

1. Die geographische Lage

Der geographische Charakter von Baden und Umgebung ist bedingt durch seine Lage in der letzten Klus der Lägernkette, die östlich von Baden bei Dielsdorf unter das Mittelland taucht. Damit gehört die Gegend von Baden noch in den Bereich des Kettenjuras. Die Kalkplateaus im Norden und Nordwesten, vor allem auf dem linken Ufer der Aare, gehören zum Tafeljura, doch liegen diese Bildungen abseits des unmittelbaren geographischen Bereiches von Baden. Landschaftlich bestimmender sind die z. T. nördlich und vor allem südlich und südwestlich von Baden sich ausdehnenden Molasse- und Diluvialformationen des Mittellandes mit all ihren charakteristischen Eigenschaften wie: hügelige Erosionsformen, große Flußläufe, ausgedehnte Waldungen, intensive landwirtschaftliche Nutzung, reiche Besiedelung usw. Der Typus der Juralandschaft ist in Baden infolge der Nachbarschaft der mittelländischen Molasseberge nicht mehr so ausgeprägt.

2. Die hydrologischen Verhältnisse

Abgesehen von den Thermen, die eine besondere Eigentümlichkeit der Gegend bilden, soll hier auf den Flußlauf der Limmat und auf die Grundwasserströme aufmerksam gemacht werden. Die Limmat gehört zu den größeren Flüssen der Schweiz, fließt aber in der Juraklus von Baden in einem verhältnismäßig schmalen Bett. Das Gefälle ist auch in der Gegend von Baden noch ziemlich groß. Von großer Wichtigkeit im Zusammenhang mit den Quellen ist der Verlauf des Flusses im Thermalquellengebiet. Dieses wird von der Limmat durchschnitten. Außerdem ändert die Limmat im Quellengebiet ihre Fließrichtung um 90° , indem sie sich von S-N nach O-W wendet. Nicht weniger wichtig ist der Verlauf des Grundwasserstromes. Die mächtigen, von den jungeszeitlichen Schmelzwasserströmen abgelagerten Kiesmassen des Limmattales bieten günstige Voraussetzungen für die Entstehung eines bedeutenden Grundwasserstromes. Er fließt vom Wettin-gerfeld her gegen die Lägernklus, unter der Limmat durch, quer durch die Klus und verläßt westlich des Thermengebietes den Juraengpaß in der Richtung gegen Siggenthal. Wie weit Fluß und Grundwasserstrom in Zusammenhang mit den Thermalquellen stehen, wird S. 76 ausführlicher erläutert. Das gleiche gilt für die Reuß und den sie begleitenden Grundwasserstrom. Auch hierüber finden sich nähere Angaben S. 34.

Von viel geringerer oder keiner Bedeutung sind die vielen Quellenaustritte auf den umliegenden Höhen, welche die kleinen Bachläufe speisen. Diese entwässern die waldreichen Plateaus. Einzig auf dem Müsernplateau westlich von Baden sind die dortigen kleinen Bachläufe in Zusammenhang mit den Thermalquellen gebracht worden.

3. Das Klima

Das Klima von Baden zeichnet sich nicht durch besonders charakteristische Eigenschaften aus; es hält sich in dem für das Mittelland üblichen

Rahmen. Nach *Weber* (247, 312) gelten für Baden ungefähr folgende Verhältnisse:

Der Talkessel von Baden schützt die Stadt selbst vor unmittelbaren extremen Witterungsänderungen, hauptsächlich auch vor heftigen Windströmungen, die von den umliegenden Höhenzügen gebrochen werden. Die umliegenden Plateaus jedoch, die als Einzugsgebiet der Thermen in Frage kommen könnten, sind gegen die Windströmungen weniger geschützt. Der Westwind herrscht vor. Im Winter sind die Tage mit Frost und Schnee, im Sommer die Tage mit schweren Gewittern und Hagelschlag selten. Die Nebelhäufigkeit und -dichte unterscheidet sich nicht von der in den großen aargauischen Flußtälern üblichen, sie ist aber größer als in den flußarmen Gebieten des Mittellandes. Das Temperatur-Jahresmittel ist $8,6^{\circ}$, das Mittel der Wintermonate ca. $0,5^{\circ}$, dasjenige der Sommermonate ca. 15° . Diese Werte stellen den Durchschnitt der Jahre 1917—1928 dar. Es ist bemerkenswert, daß sich für die Jahre 1936—1945 diese Zahlen geändert haben. Das Jahresmittel beträgt jetzt $9,1^{\circ}$. Das Klima von Baden ist also im allgemeinen mild und durch Gleichmäßigkeit und Ausgeglichenheit gekennzeichnet.

Für das Quellenproblem wichtiger ist der Barometerstand. Sein mittlerer Wert beträgt 729 mm. Am einflußreichsten aber ist die Menge der Niederschläge. Auch hierin nimmt die Gegend von Baden eine Mittelstellung ein. Der Jahresdurchschnitt beträgt 1100—1200 mm für die Jahre 1917—1928, doch ist er in den Jahren 1936—1945 auf 1030 mm gesunken, eine Tatsache, die für die Thermalquellen von weittragenden Folgen ist. Die waldreichen Höhenzüge in der Umgebung Badens bilden an und für sich günstige Versickerungsbedingungen für den Regen, doch steht keineswegs fest, wie tief die Niederschläge in den Boden eindringen. Da S. 68 der nähere Zusammenhang zwischen Niederschlägen und Thermalquellenerguß ausführlicher erläutert wird, sei auf diesen Abschnitt verwiesen.

4. Die geologischen Verhältnisse von Baden und seiner Umgebung

Diese wichtigsten und auch am besten erforschten natürlichen Voraussetzungen für die Entstehung der Thermen von Baden erfordern eine eingehendere Würdigung, die am besten an Hand der einschlägigen Literatur und nach historischen Gesichtspunkten erfolgt.

a) Die geologische Forschung in Baden

Die Lägern faßte man erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts als Bestandteil des Kettenjuras auf. Vorher glaubte man in ihr einen vereinzelt Bergzug zu sehen, den man vielfach noch als vulkanische Erscheinung deutete. Richtig erkannt wurde lediglich, daß in den verschiedenen Schichten der Lägern zahlreiche Versteinerungen vorkommen, so von *Wagner* (231), *Hottinger* (91) und *Scheuchzer* (198). Erst um 1800 wurde man sich bewußt, daß die Lägern der östlichste Ausläufer des Kettenjuras sei, so z. B. *Ebel* (37). *Ebel* erkennt richtig den Zusammenhang von Lägerngrat und Schloßberg, nimmt aber an, daß der Zürichsee bis zu diesem Wall reichte, der dann vom überfließenden Wasser angeschnitten und zur Lägernklus erweitert worden sei. Ferner sind ihm die Gipsvorkommen bei Ehrendingen bekannt. *Zschokke* (257) verfügt bereits über eine gute

Kenntnis der verschiedenen Gesteinsschichten, ohne sie jedoch stratigraphisch richtig einordnen zu können. Wichtig ist seine Feststellung, daß die Felsschichten der Lägern südwärts absinken und unter dem Mittelland zu den Gebirgen des Kantons Glarus hinstreben. Auch *Ebel* (38) nimmt in einer andern Arbeit die Neigung der Schichten zum Ausgangspunkt neuer Forschungen. Er spricht als erster die Vermutung aus, daß auf Grund der Neigung der Schichten an der Lägern-Schloßberg-Linie einerseits und an der Geißberg-Martinsberg-Linie andererseits diese beiden Höhenzüge in Form eines Gewölbes einst zusammenhingen. Aus den Gipsvorkommen bei Ehrendingen schließt er folgerichtig, daß diese einen wesentlichen Bestandteil einer bestimmten Schicht des ganzen Höhenzuges ausmachen müßten. Seine Ansichten bekräftigt er durch Vergleiche mit den andern westwärts von Baden liegenden Zügen des Kettenjuras. *Rengger* (179) beschäftigt sich mehr mit den Tertiärbildungen im Limmat- und Reußthal, wenigstens soweit seine Arbeiten gedruckt vorliegen. Im Engelberg bei Aarburg, im Kestenberg bei Wildegg und in der Lägern bei Baden erkennt er die ins Mittelland vorstoßenden Endausläufer des Kettenjuras.

Die erste eingehende geologische Forschungsarbeit über die Gegend von Baden stammt von *Mousson* (145). Die mit mehreren Profilen und einer geologischen Karte ausgestattete Schrift verwendet bereits die Terminologie der z. T. noch heute geltenden geologischen Begriffe. Auch *Mousson* bestätigt den Charakter der Lägern als ein ursprünglich mit dem Geißberg als Gewölbe zusammenhängende Formation, nur nimmt er im Gegensatz zu *Ebel* an, daß dieses Gewölbe nicht durch Verwitterung abgetragen, sondern daß bei der Faltung das ganze Gewölbe aufgerissen worden sei. Er spricht demzufolge von einem Riß, der sich längs der ganzen Kette hinziehe, wobei der Südrand des Risses den Nordrand infolge „eines schiefgerichteten Druckes zurückbog, niederdrückte und teilweise überdeckte“. *Mousson* schildert sodann ausführlich die Lage und das Aussehen der Schichten an der Lägern und schließt dann daran einige größere Kapitel über die Tertiärzeit mit der Bildung der Molasse und die Quartärzeit. Seine Anschauungen haben auch heute noch vielfach Geltung. *Bronner* (20) kritisiert die Ansichten *Moussons* über den Bau der Lägern und glaubt, daß es sich bei den Höhenzügen um Baden um vulkanische Aufwerfungen handle. Den Teufelskeller deutet er als Einsturzstellen von Hohlräumen, die infolge Auslaugung des Erdinnern durch die Thermen von Baden entstanden sind. Wissenschaftlicher sind die Ansichten *Studers* (217), der sich einläßlich mit der Lage der Muschelkalk- und Keuperschichten beschäftigt, wobei er besonderes Augenmerk auf die Gipsvorkommen zwischen Regensberg und Schinznach legt.

Eine andere Erklärung über die Entstehung der Lägern stellt *Stutz* (218) auf. Auf Grund der steilen Lage der Schichten, vor allem am Steinbuck, Geißberg und Martinsberg, glaubt er schließen zu können, daß es sich bei der Lägern nicht um eine Hebung, sondern im Gegenteil um eine Senkung handeln müsse. Durch die ursprünglich horizontalen Schichten sei ein Riß gegangen, worauf der eine oder beide der getrennten Teile sich gesenkt und die Schichten sich während der Senkung unter dem Gewicht gebogen hätten.

Außerordentlich fruchtbar in Bezug auf die geologischen Verhältnisse des Aargaus sind die Arbeiten *Möschs* (141—144). Von ihm stammt das erste, den neueren Anschauungen einigermaßen entsprechende Lägernprofil. Auch stellte er ein erstes, möglichst vollständiges Petrefaktenverzeichnis zusammen. In paläontologischer Hinsicht wurde das Lägerngebiet überhaupt ausführlich bearbeitet z. B. von *Keller* (96), *Merian* (129), *Kuhn* (314) und vor allem in den prachtvoll illustrierten Abhandlungen von *Loriot* (103) und *Oppliger* (170, 172). Das Vorkommen der Petrefakten ist auch in Zusammenhang mit den Quellen gebracht worden, worüber im biologischen Teil noch Näheres zu erfahren ist (S. 140).

Neue Erkenntnisse brachte das Ende des 19. Jahrhunderts, vor allem durch die Forschungen *Mühlbergs* (147—154), der das Gebiet von Baden und Brugg neu bearbeitete. Er macht als erster die grundlegende Beobachtung, daß die Lägern nicht ein einfaches Gewölbe darstellt, dessen Scheitel durch Erosion abgetragen wurde, sondern daß bei der Faltung zugleich eine Überschiebung entstand, indem der Südschenkel der

Lägernantiklinale, also die eigentliche Lägern, auf den Nordschenkel, d. h. auf den Geißberg und Steinbuck, hinaufgeschoben wurde, und daß sich diese Überschiebungsebene weit in den westlichen Jura hineinzieht (147). Diese auch für die Herkunft der Thermen wichtige tektonische Tatsache erläutert *Mühlberg* in weiteren Arbeiten (148, 149, 152), die noch heute Gültigkeit haben; ferner erstellte er eine moderne geologische Karte des ganzen Gebietes im Maßstab 1: 25 000 (149, 152).

Seit *Mühlberg* wurde das Lägerengebiet immer wieder geologisch bearbeitet, sei es in speziellen Monographien, sei es im Zusammenhang mit der weiteren Umgebung. Zu den aus dem Aargau selbst stammenden Forschern wie *Mösch*, *Oppliger* und *Mühlberg* gesellte sich als weitere maßgebende Persönlichkeit *Amsler* (5—8).

In einläßlichen Forschungsarbeiten wurden die Kenntnisse über das Lägerengebiet ergänzt und teilweise durch neue Ergebnisse bereichert durch die sich ergänzenden Dissertationen von *Senftleben* (212, 213) und *Notz* (168). *Senftleben* weist nach, daß die Jura-Schichten des Geißberges und des Steinbuckes, die den Nordschenkel des erodierten Lägerngewölbes bilden, sich nicht einfach nach unten fortsetzen und in nördlicher Richtung unter die Molasse einbiegen, sondern daß die obere heute sichtbare Partien mit den unter der Molasse liegenden Teilen nicht mehr direkt zusammenhängen, indem die erstgenannten durch den Faltungsdruck und auf die nördlich anstehende Molasse hinaufgeschoben worden sind. Auf seiner Spezialkarte der westlichen Lägern in 1:10 000 (213) zeichnet er dementsprechend diese Randüberschiebung deutlich ein. Es ist selbstverständlich, daß auch *Heim* (86) in seiner Geologie der Schweiz diesem klassischen geologischen Gebiet ein eingehendes Kapitel widmet und ihm prachtvoll gezeichnete Profile beifügt, die den Bau des Lägerkerns und den Verlauf der Überschiebungsfäche, entlang der Lägernantiklinale, darlegen.

Ausschließlich mit den Bildungen der Tertiärzeit gibt sich *Brandenberger* (16—19) ab, die für die später dargelegten Theorien über die Herkunft des Thermalwassers weniger Bedeutung haben. Das gleiche gilt für kleinere Veröffentlichungen von *Friedländer* (315) und *Suter* (316).

Schardt beschäftigte sich seit 1911 intensiv mit der Geologie der Lägern. Jedes Jahr unternahm er mit Studierenden der Zürcher Hochschulen mindestens zwei geologische Exkursionen dorthin, besonders nach Baden, und machte bei dieser Gelegenheit selbst neue Beobachtungen. Er hat sie aber nicht selbst veröffentlicht, sondern in den Arbeiten seiner Schüler zum Ausdruck kommen lassen. Einen knappen, aber sehr instruktiven Abriß der Geologie der Lägernkette veröffentlichte *Schardt* zusammen mit *Suter* (193). *Suter* (222—224) widmet dann später in handlichen geologischen Führern durch die weitere Umgebung von Zürich (223, 316) auch dem Lägerengebiet eigene Kapitel, die nach den neuesten Gesichtspunkten klar und einläßlich bearbeitet und mit selbst gezeichneten Profilen illustriert sind. *Suter* macht dabei auf die neuesten Anschauungen über den Bau der tiefsten Kernpartien der Jurafalten, wie sie besonders von *Staub* (216) dargestellt wurden, aufmerksam. Nach dessen Ansichten sind bei der Faltung des Kettenjuras nicht nur die Schichten des Mesozoikums, des Jura und der Trias von der Faltung mitergriffen worden: auch deren basale Unterlage wurde verschuppt. Die Schubflächen, die im ganzen Jura zu beobachten sind, reichen deshalb bis in die oberen Teile des Grundgebirges hinunter. Diese neuesten Ansichten sind für die Herkunft der Thermalquellen von grundlegender Bedeutung, wie auf S. 37 erläutert wird. Ein guter Kenner vor allem des zwischen Aare und Limmat gelegenen Juragebietes ist *Hartmann* (316).

Neben diesen geologischen Einzeluntersuchungen entstanden auch wissenschaftliche und volkstümliche Zusammenfassungen. Zu den besten Arbeiten dieser Art gehört diejenige von *Oppliger* (171), die nicht nur das Lägerengebiet, sondern auch das Molassevorland in den Kreis der Betrachtung einbezieht. Mehr in der Art von Wanderbüchern gehalten sind die Veröffentlichungen von *Schmid* (201) und *Meyer* (133). Die dort beigefügten geologischen Profile sind aber schlecht gezeichnet. *Schmid* gehört übrigens zu den Vertretern der Ansicht, daß die Lägern durch Senkungen entstanden und der Grat als Rand einer Verwerfungskluft zu deuten sei. Bei *Meyer* findet sich eine ausgezeichnete photographische Ansicht der Ehrendinger Gipsgruben. Die Darstellungen

Frickers (47, S. 196) und *Julius Webers* (249) beruhen auf einer Zusammenstellung der damals erforschten Tatsachen, während *Josef Weber* (247) eine Übersicht über das mutmaßliche geologische Geschehen bietet. *Haberbosch* faßt die wichtigsten geologischen Charakteristica der Gegend von Baden in einem „Geologischen Skizzenbuch“ zusammen (66), das er mit zahlreichen selbstgezeichneten Abbildungen, Skizzen, Profilen und Diagrammen ausstattet. Daneben hat er aber auch wertvolle Einzelbeobachtungen über die örtlichen Verhältnisse ausgearbeitet (61—69).

An Hand der besprochenen geologischen Literatur ergibt sich folgende

b) Zusammenfassung

α) Stratigraphie:

In der Gegend von Baden sind die geologischen Zeitalter des Mesozoikums und des Neozoikums vertreten. Die beiden älteren Formationen des Mesozoikums, Trias und Jura, liegen über Perm und Grundgebirge, das sich vom Schwarzwald, wo es zutage tritt, unter dem Mittelland hindurch zu den alpinen Zentralmassiven hinzieht. Trias und Jura machen den größten Teil der Gesteinsmassen aus, die am Aufbau der Lägern beteiligt sind. Die Trias selbst gliedert sich wieder in Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper, wovon die ersten zwei an den Lägern selbst nicht aufgeschlossen sind. Der untere Muschelkalk besteht aus mehr oder weniger wasserundurchlässigen Schichten, während die darüberliegenden Salzton- und Anhydritschichten für die Mineralisation des Thermalwassers von Bedeutung sind. Der obere oder Haupt-Muschelkalk ist mit seinen Fugen und Klüften für starke Wasserführung sehr geeignet. Er ist westlich der Badener Klus auf dem Plateau der Müsers, an den Abhängen zwischen Birnenstorf und Gebenstorf, weiter westlich in den Schambelen bei Mülligen und schließlich auf dem Wülpelsberg (Habsburg) aufgeschlossen. Diese Stellen spielen eine Rolle bei den neuern Erklärungen über die Herkunft der Thermen. Über dem Muschelkalk liegt wieder eine wasserundurchlässige Schicht, nämlich der Keuper mit Gipslagern und bunten Mergeln. Prachtvoll tritt der Keuper zutage in den Gipsgruben bei Ehrendingen, die zu den bekanntesten geologischen Erscheinungen der Gegend und des Kettenjuras überhaupt gehören.

Die Formationen des Juras (im stratigraphischen Sinn) sind nicht überall gut aufgeschlossen. Allerdings kommen sie für die Herkunft der Thermen nicht mehr in Frage. Es sei jedoch erwähnt, daß von den drei stratigraphischen Unterabteilungen, Lias, Dogger und Malm, die jüngste, der Malm, den Lägergrat bildet. Die einzelnen Schichten des Malm wiederum sind nach verschiedenen Örtlichkeiten benannt worden; man unterscheidet nach dem Alter Birnenstorfer-, Effinger-, Geißberger-, Wangener-, Badener- und Wettingerschichten. Sie sind durch besonderen Reichtum an Petrefakten gekennzeichnet. Die Kreide, die jüngste Formation des Mesozoikums, fehlt im ganzen östlichen Jura, weil zur Zeit ihrer Entstehung die ganze Gegend Festland war.

Auf die Stratigraphie des Tertiärs und Quartärs soll hier nicht weiter eingegangen werden, weil sie im allgemeinen für die Erklärung der Entstehung der Thermen von geringer Bedeutung ist. Immerhin besitzt die Um-

gebung von Baden auch aus dieser geologischen Epoche mehrere beachtenswerte Einzelheiten, wie z. B. die Würenloser Muschelsandsteinbrüche, die Nagelfluhgebilde des Teufelskellers, das Moränenamphitheater bei Mellingen, verschiedene durch ihre Größe auffallende erratische Blöcke (Elephantenstein bei Dättwil), schließlich alle durch Gletscher- oder Flußeinwirkung geschaffenen Eigenheiten der Gegend. Bei der morphologischen Gestaltung der Lägern war die Molasse insofern beteiligt, als sie bei der Faltung mitgefaltet worden ist; ihre steilstehenden Schichten bilden einen Teil der Abhänge. Die eiszeitlichen Schotter sind insofern wichtig, als sie Träger von Grundwasserströmen sind, die im Limmat- und Reußtal verlaufen.

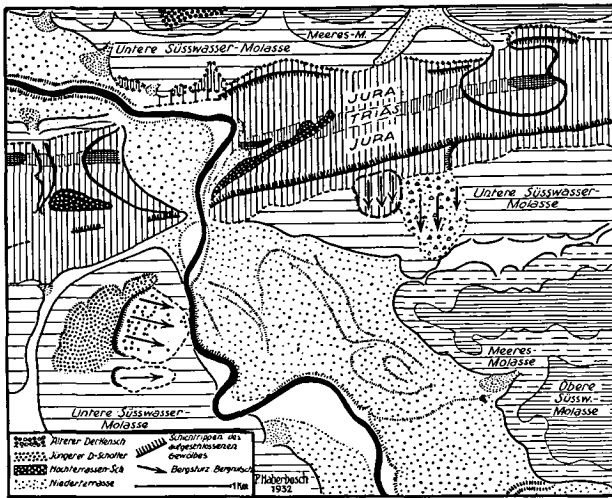


Abb. 1. Geologische Skizze der Gegend von Baden

Die Lägernkette (in der Hauptsache Juragestein) zieht sich von Westen nach Osten. Der Gewölbekern (Trias) ist nur an vier kleinen Stellen aufgeschlossen (karriert). Die Untere Süßwassermolasse bildet den Hauptteil des Lägernsüdhanges; ihre Lagerung zeigt, daß das Tertiär mitgefaltet worden ist.

Rechts oben greift die Ehrendinger Halbklus von Norden her ins Juragewölbe hinein. Links von der Badener Klus räumt der Bach des Eichthalgrabens eine weitere Halbklus aus.

Pfeile bezeichnen die wichtigsten Rutschgebiete. Der Bußberg am Lägernhang ist als zusammenhängendes Schichtenpaket abgerutscht und bildet einen terrassenförmigen Bergvorsprung. Östlich davon ist die Bergmasse in ein Trümmerfeld zerfallen, das bis ins Tal hinunterreicht. — Am Kreuzliberg das Rutschgebiet von Teufelskeller und Tobeln.

β) Tektonik:

Die Lägern stellt den östlichsten Ausläufer des Kettenjuras dar, und zwar der sogenannten Mont-Terrible-Kette, welche die Grenze zwischen dem Ketten- und dem Tafeljura bildet. Demnach findet die Lägern westwärts ihre Fortsetzung im Müserenplateau zwischen Limmat und Reuß, im Mülligerberg zwischen Reuß und dem alten Stromtal von Hausen, im Wülpelsberg zwischen

Hausen und Aare, und westlich der Aare in den Höhenzügen Grund, Hard, Wasserfluh, Geißfluh usw. Hier bestehen keine großen Stromdurchbrüche mehr wie in den Klusen bei Wildegg, Schinznach, Hausen, Birnenstorf und Baden. Zwei Nebenfalten begleiten die Lägernantiklinale: nördlich die Siggenthalerfalte, südlich die Neuenhoferfalte. Dazwischen liegen die Lengnauer- und die Wettingermulden. Nord- und Südschenkel der Lägernantiklinale hängen heute nicht mehr zusammen; die ehemals verbindenden Teile sind erodiert worden. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Lägern eine

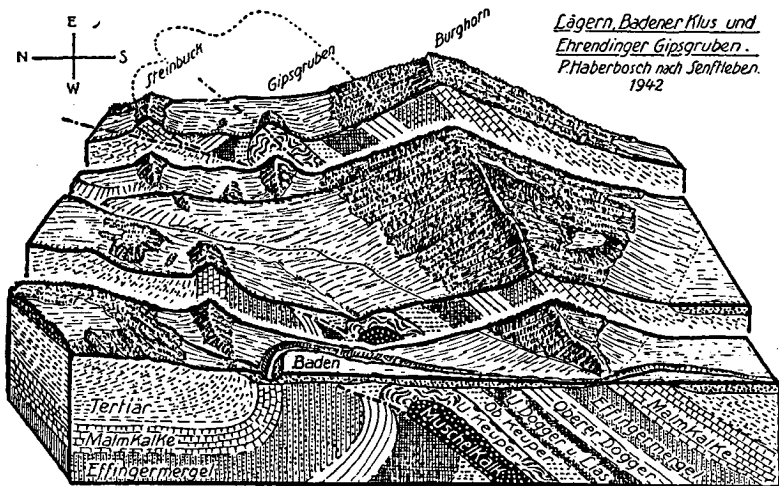


Abb. 2. Querprofile durch die Lägern

Oberstes Profil: Steinbuck, der die Überschiebung zeigt. In der Mitte: Liasrücken, in dem die Keuper-Gipsgruben liegen.

Mittleres Profil: Da Senftleben drei Möglichkeiten erwähnt, wie die Überschiebungslinie durch den Geißberg zieht, wurde sie hier nicht eingetragen; sie verläuft wohl ähnlich wie im Steinbuck.

Vorderes Profil: Im Schrägschnitt links: Über dem Tertiär der ältere Deckenschotter. In der Klus Schotteraufschüttung der Diluvialzeit.

weit überliegende Falte ist, die entstand, weil Südschenkel und Kern über den Nordschenkel hinweg geschoben wurden. Die eigentliche Gratpartie stellt den Südschenkel dar, bei dem die Schichten mit 45° — 60° nach Süden einfallen, während Geißberg und Steinbuck die Überreste des Nordschenkels darstellen, wo die Schichten teilweise vertikal stehen, teilweise sogar nach Norden übergelegt sind. Zwischen beiden liegt die Kernüberschiebung, die in der alten Zementsteingrube bei Ehrendingen zu sehen ist. Die Verhältnisse sind insofern noch komplizierter, als der Nordschenkel auf die teilweise mit emporgehobenen und verbogenen Molasseschichten nördlich der Lägern übergeschoben wurde. Dadurch entstand die Randüberschiebung. (Abb. 2, 3 und 4.)

Die Randüberschiebungsfläche reicht möglicherweise bis ins Grundgebirge hinunter. Es ist dies eine Deutung, die für die Erklärung der Thermen

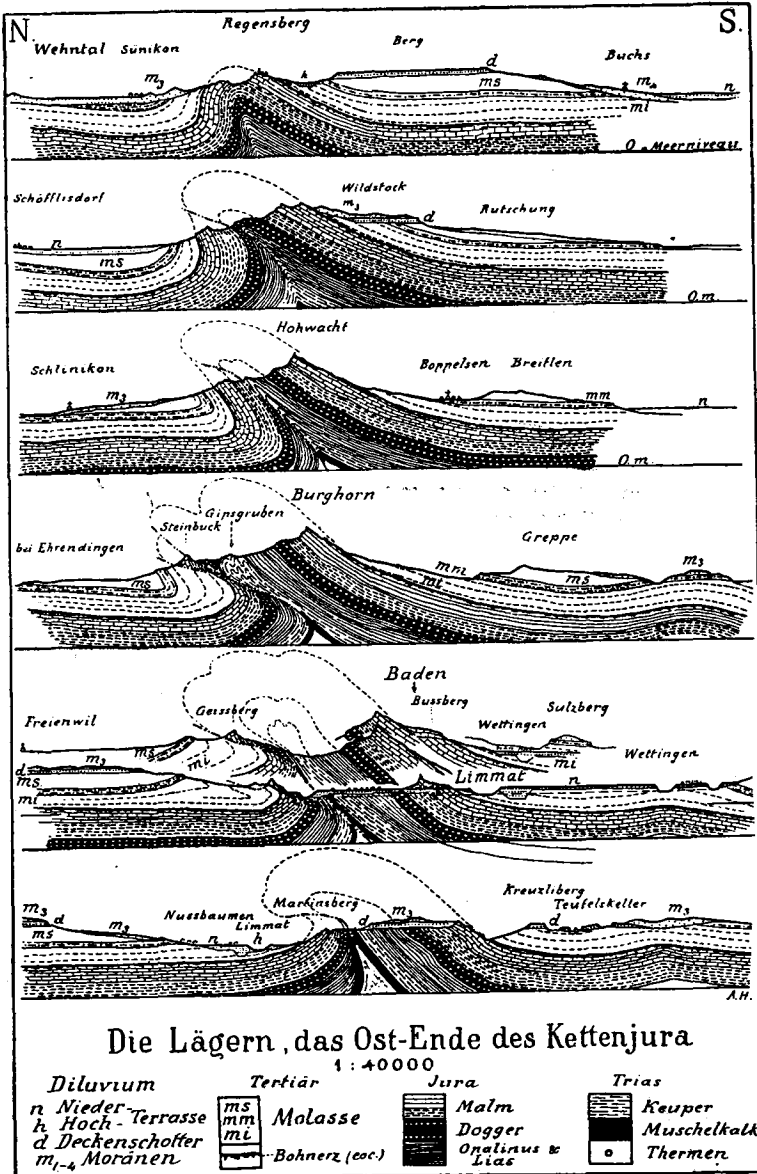


Abb. 3. Querprofile durch die Lägeren nach A. Heim

wichtig ist, weil längs der Schubfläche eine Verbindungsmöglichkeit mit eventuell in größerer Tiefe der Erdrinde noch vorhandenen vulkanischen Resten gegeben wäre.

Im erodierten Scheitel tritt in der Ehrendinger Gipsgrube der Gewöldekern mit der Keuperformation zutage, wobei die obersten Gips- und Mergelschichten eine doppelte Faltung im kleinen aufweisen. Westlich der Limmat

findet der Südschenkel seine Fortsetzung in der Schloßberg-Hunds buck-, der Nordschenkel in der Martinsberg-Oberwilerberg-Zone.

Bedeutungsvoll für die eine Richtung von Hypothesen über die Herkunft der Thermen von Baden ist auch das axiale Absinken der Lägerenschichten in der Streichrichtung nach Osten. Dieses Absinken soll für das ganze System zwischen Aare und Regensberg gelten. Doch ist nicht ausgeschlossen, daß ein bedeutender Achsenknick in der Klus von Baden dieses kontinuierliche Absinken unterbricht.

Für andere Hypothesen wichtiger ist andererseits die Fallrichtung der Schichten, weil sie unter die Molasse des Mittellandes sinken, in der Nordostalpenregion aber wieder auftauchen, wo im Tödi- und Titlisgebiet der Muschelkalk erneut zutage tritt.

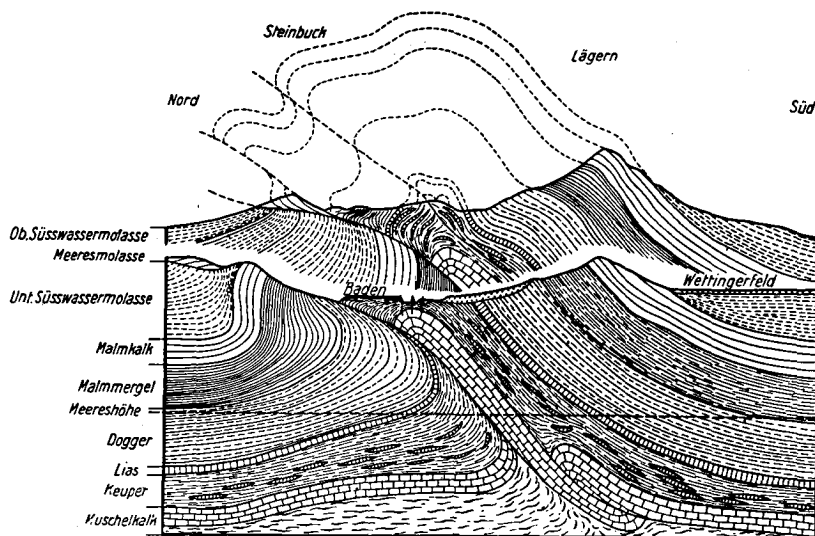


Abb. 4. Geologische Profile in der Umgebung von Baden, nach Fr. Mühlberg und G. Senftleben, entworfen von P. Haberbosch. 1: 25 000

Die Badener Klus schließt das Lägerengewölbe bis zum Keuper auf. Der Muschelkalk selbst ist nicht mehr sichtbar, aber nur von einer verhältnismäßig dünnen Schicht von Schotter überdeckt, die das Austreten der Thermalquellen nicht verhindert. Der die Klus durchbrechende Fluß, die Limmat, schneidet die Muschelkalkschicht dort an, wo auch die große Überschiebungsfäche der Lägeren emporsteigt.

Die Tektonik der Molasse nördlich und südlich der Lägeren entbehrt nicht interessanter Einzelheiten, soll aber in diesem Zusammenhang nicht näher erörtert werden, da sie für die im folgenden Kapitel behandelten Hypothesen über die Entstehung und Herkunft der Quellen nicht von Belang ist.

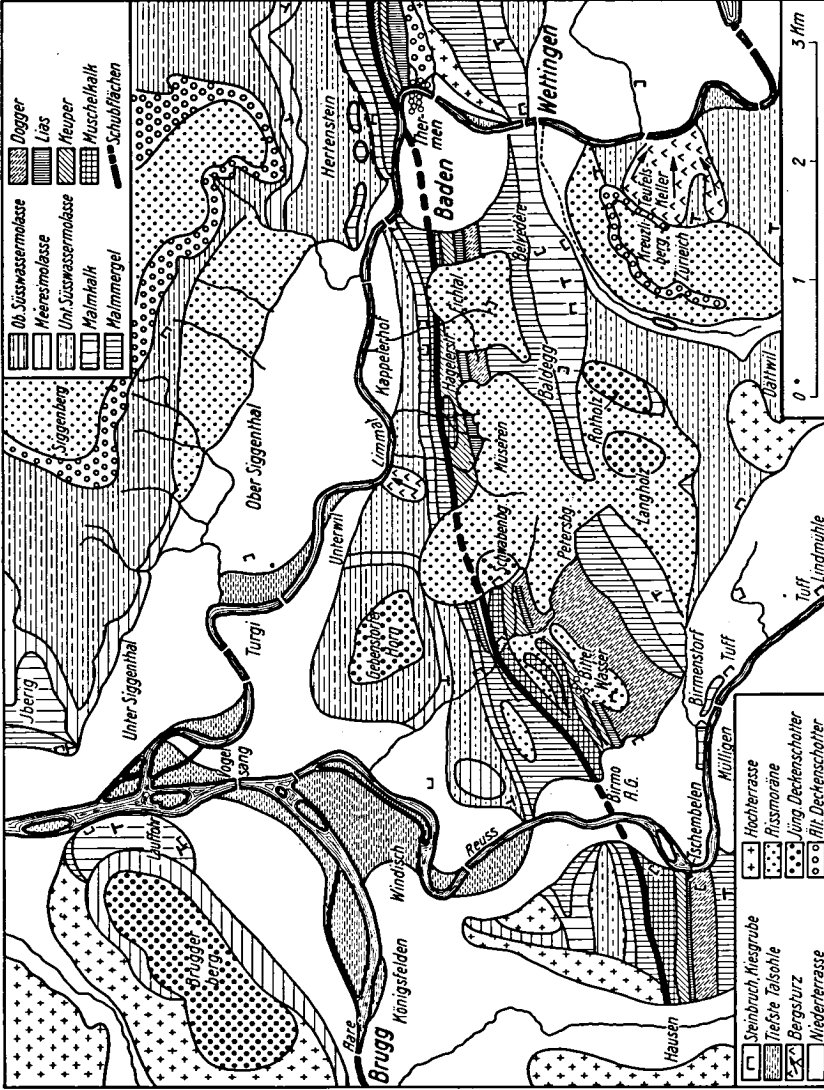


Abb. 5. Geologische Übersichtskarte des unteren Aare-, Reuß- und Limmattales nach Fr. Mühler, G. Sennler entworfen von P. Haberbosch

II. Herkunft, Mineralisation und Erwärmung der Thermen

Über die Herkunft, die Mineralisation und die Erwärmung der Badener Thermen sind im Laufe der Zeit eine ganze Reihe von Ansichten, Hypothesen und Behauptungen aufgestellt worden, die im folgenden kurz erläutert werden sollen. Eine endgültige Abklärung der viel umstrittenen Frage ist vorläufig noch nicht gelungen, denn alle Ansichten beruhen und beruhen heute noch auf Vermutungen und „Wahrscheinlichkeitsüberlegungen“, während endgültige und zwingende Beweise bis heute in keinem Fall erbracht werden konnten. Für die Balneotherapie ist es an und für sich gleichgültig, woher das Wasser kommt und wie es mineralisiert und erwärmt wird. Für den Quellschutz jedoch ist die Frage der Herkunft keineswegs belanglos. So lange man das Einzugsgebiet nicht kennt, können keine Maßnahmen getroffen werden, welche die Beeinflussung der Quellen durch Naturereignisse oder durch menschliche Eingriffe verhüten oder mildern könnten. Auch die Erklärung und Ausnützung der physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften des Thermalwassers wird nie in vollem Maße möglich sein. Es sollte deshalb alles daran gesetzt werden, in diese Fragen Klarheit zu bringen.

1. Die verschiedenen Herkunftshypothesen

a) Herkunft aus nächster Nähe von Baden

Die meisten älteren Autoren halten die Lägern für das Einzugsgebiet der Badener Thermen. *Hottinger* (91) stützt sich dabei auf die Aussagen von Beobachtern, die behaupten, an der Lägern Stellen gesehen zu haben, an denen der Schnee nicht liegen bleibe. Er ist ferner unterrichtet über die Gipsvorkommen im Höhtal, die er als Beweis für das Vorhandensein eines „unterirdischen Feuers“ betrachtet. Die Versteinerungen hält er für die Schöpfung eines „Salzgeistes“, der auch für die Mineralisation und die Erhitzung der Thermen verantwortlich sei. Vom „*Ignis subterraneus*“ kämen nicht nur die warmen Quellen, sondern auch die „*Minerae ferratae*“ (Bohnerz) und „*Lapides figurati*“ (Versteinerungen) her. Obwohl *Hottinger* die Lägern für das Einzugsgebiet hält, schließt er nicht aus, daß auch die andern umliegenden Höhenzüge daran beteiligt sein könnten. So führt er z. B. das gute Wachstum der früheren Weinreben am ehemaligen Ölrainhang an der Badstraße nicht nur auf die günstige Lage, sondern auch auf unterirdische Wärme infolge der nahen Quellen zurück.

Auch *Scheuchzer* (198) äußert sich ähnlich wie *Hottinger*, sucht aber seine Ansicht durch chemische Experimente zu beweisen. Er untersucht einerseits die damals bestehende Trinkwasserquelle in Ennetbaden und findet, daß sie in Bezug auf den Mineralgehalt mit den Thermalquellen identisch sei; auch bleibe dort der Schnee im Winter nicht liegen. Andererseits will er beobachtet haben, daß die Thermalquellen in Ennetbaden weniger Mineralbestandteile enthielten als diejenigen in Baden. Infolgedessen nimmt er an, das Wasser fließe von der Lägern herunter, unter der Limmat durch und löse erst links und rechts des Flusses die Mineralbestandteile aus den dort vorhandenen Gesteinsschichten heraus, wobei diese Mineral-lager auf der Badener Seite reichhaltiger sein sollen als auf der Ennetbadener Seite. Es scheint ihm aber auch möglich, daß das Thermalwasser vom Martinsberg herkomme und die größere Menge der Salze auf der Badener Seite zurücklasse, infolgedessen auf der andern Seite der Limmat „erschöpft und müde“ anlange. Ein warmer Keller in den großen Bädern und eine im Winter schneefreie Fläche auf dem Haselplateau scheinen ihm für die Herkunft vom Martinsberg zu sprechen. Er läßt schlußendlich die Frage der Herkunft offen, ebenso diejenige der Erwärmung. *Ebel* (39) hingegen ist seiner Sache ganz sicher: das Mineralisations- und Erwärmungsgebiet sieht er im Gebiet vom Höhtal bis zu den Gipsgruben. Er stützt sich dabei auf die geologischen Verhältnisse, vor allem auf die Gipsvorkommen bei Ehrendingen, und auf die Ergebnisse von Wünschelrutengängern. Die Erwärmung glaubt er durch chemische Vorgänge erklären zu können, die ebenfalls in den Gipsschichten zu suchen seien. Er glaubt aber nicht, daß das Wasser der Niederschläge einfach in der Lägern versickere und dann als Therme zutage trete; er hält vielmehr dafür, in der Lägern fließe ein starker Wasserlauf unbestimmter Herkunft, der in den Gipsschichten Mineralien und Wärme aufnehme.

b) Herkunft aus den Alpen

Die Ansicht, daß das Wasser der Badener Thermen möglicherweise aus den Alpen stamme, wurde schon 1816 von *Zschokke* (257) vertreten. Er beobachtet richtig, daß die Schichten der Lägern nach Süden einsinken und in „gerader“ Richtung nach dem Glarner Gebirge hinweisen. Auf Grund der zahlreichen dort beobachteten Erdbeben glaubt er, daß dort im Innern der Erde noch vulkanische Tätigkeit vorhanden sei, wodurch die Erhitzung der Badener Quellen verursacht würde. Die Dämpfe jedoch, die sich beim Aufsteigen abkühlen, träten als Akratothermen bei Pfäfers zutage.

A. Escher, der Lehrer von *Heim*, hat 1858 ein ausführliches Gutachten über die Badener Quellen abgegeben (41, 42), sich darin aber nicht über ihre Herkunft geäußert. Es scheint jedoch, daß er seinem späteren Schüler *Heim* seine Ansichten über die Herkunft des Wassers aus den Alpen mündlich mitgeteilt hat (42).

Als *Heim* 1884 seine Hypothese aufstellte (85—87), war bereits diejenige von *Mühlberg* über die Herkunft aus dem westlichen Jura veröffent-

licht worden. In Bezug auf die Austrittsverhältnisse sind sich alle neueren Geologen insofern einig, als die Badener Thermen aus dem Scheitelbruch der Lägern, resp. der entsprechenden Überschiebungsfläche austreten und der Muschelkalk die wasserführende Gesteinsschicht ist. Die Hypothese, das Badener Thermalwasser stamme aus den autochthonen Alpen, begründet Heim folgendermaßen:

Die Muschelkalkschicht, im Liegenden durch den Anhydritmergel, im Hängenden durch den Keupermergel wasserdicht abgeschlossen, sinkt von der Lägern nach Süden unter das Mittelland ein und steigt hinter Engelberg, in ungefähr 1000—1500 m Meereshöhe wieder an die Oberfläche. Das dort als Niederschlag einsickernde Wasser dringt in diese Muschelkalkschicht ein und tritt, dem physikalischen Gesetz der Kommunizierenden Röhren folgend, bei Baden und Schinznach wieder an die Erdoberfläche, wo der Muschelkalk in den Juraklusen von den Flüssen Limmat und Aare angeschnitten wird.

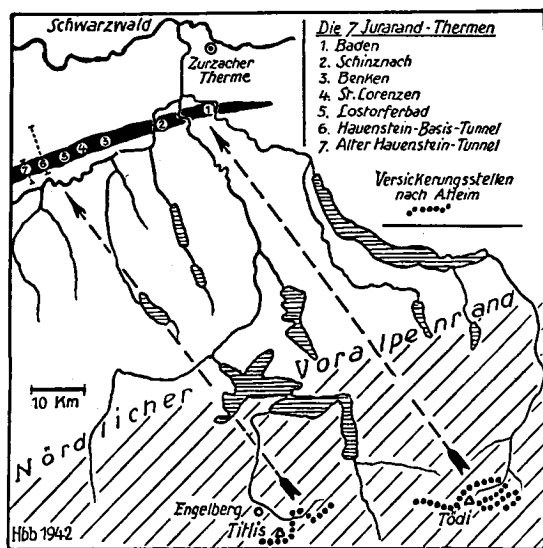


Abb. 6. Die Herkunft des Thermalwassers aus den Alpen nach A. Heim

Heim hält es demnach für wahrscheinlich, daß auch im alten toten Reuðtal bei Hausen und im jetzt bestehenden bei Birmenstorf Thermen zutage treten könnten, sofern nach ihnen gebohrt würde. Die hohe Temperatur erklärt er dadurch, daß der Muschelkalk unter dem Mittelland 1300—1500 m unter der heutigen Oberfläche liege. Da die geothermische Tiefenstufe im Mittel $30 \text{ m}/1^\circ$ beträgt, so würde diese Tiefe ausreichen, um dem Badener Thermalwasser die Temperatur von $47\text{--}48^\circ$ zukommen zu lassen. Beim Aufsteigen des Wassers aus der Tiefe tritt eine gewisse Abkühlung ein; man muß deshalb eine Tiefe von etwa 1500 m veranschlagen. Alle Thermen und Quellen des östlichen Kettenjuras, Baden, Schinznach, Lostorf, treten im Muschelkalk der südlichen Schenkel der Antiklinalen zutage, d. h. in den Schenkeln, die

unter das Mittelland einsinken. Wenn nun die Thermen nach der Hypothese *Mühlbergs* ihr Einzugsgebiet im westlichen Jura hätten, müßten die Thermen auch im Muschelkalk der nördlichen Schenkel der Antiklinalen auftreten, was aber nicht der Fall sei. Ferner scheint es *Heim* unwahrscheinlich, daß das Wasser, falls es westlich von Baden bis in 1500 m Tiefe eindringe, nur infolge der Erwärmung allein, analog einem Zentralheizungssystem, d. h. ohne die kommunizierende Leitfläche des Muschelkalkes, wieder emporsteige; nach diesem Prinzip kämen höchstens die oberen Wassermassen in Zirkulation. Auch müßte jede kürzere Verbindung zwischen dem Sammel- und dem Austrittsgebiet, die oberhalb der Tiefe von 1500 m liege, abgeschlossen sein, was aber unwahrscheinlich sei. Als dritten Beweis für seine Hypothese betrachtet *Heim* die Niederschläge in den Alpen, die ebensogut mit der Schüttung der Thermen übereinstimmen würden wie die Niederschläge im westlichen Jura. Durch die Herkunft aus den Alpen ließen sich Temperatur, Ertragsausgleich, lange Verzögerung der Schwankungen nach den Jahrgängen, chemische Beschaffenheit usw. vollständig erklären.

Auch *Hartmann* (72—75) neigte anfänglich der Erklärung von *Heim* zu, und ergänzte sie durch mehrere eigene Beobachtungen und Überlegungen, die er folgendermaßen formuliert:

1. Bei einer normalen geothermischen Tiefenstufe von 30 m ergibt sich eine Tiefe von ca. 1500 m, aus welcher die Badener Thermen aufsteigen; nach der Hypothese von *Heim* ist dies durchaus möglich, nach derjenigen von *Mühlberg* aber nicht. Denn die Gesamtmächtigkeit der Schichten von der obern Juraformation bis zur Anhydritschicht der Trias beträgt ca. 650 m: wenn man dazu noch ca. 300 m Tertiär rechnet, so beträgt die maximale Dicke bis zur thermalwasserführenden Muschelkalkschicht etwa 900—1000 m. Nimmt man nun an, das Wasser fließe von Westen her zu, so könnte es höchstens bis in 900—1000 m Tiefe gelangen; das wäre aber zu wenig, um die hohe Temperatur erklären zu können. Um diese trotzdem zu erreichen, müßte das Wasser südwärts auf etwa 1500 m Tiefe unter das Mittelland fließen und dann wieder nordwärts aufsteigen. Es ist aber wahrscheinlicher, daß das Wasser in der Streichrichtung der Schichten, also von Westen nach Osten, fließe; dann aber kann man die hohe Temperatur nicht erklären.

2. Die Schwefelquellen des östlichen Juras, Baden, Schinznach und Lostorf, treten alle im Südschenkel von Antiklinalen aus. Wenn das Wasser aber aus Westen käme, müßte es auch in den Nordschenkeln austreten.

3. Diese Quellen fließen ferner immer am Ostrand der Klusen aus, nicht am Westrand, obwohl sie hier, wenn das Wasser von Westen her zufließen würde, günstigere Austrittsbedingungen antreffen würden. In Schinznach liegt westlich der Quelle ein alter, mit Kies ausgefüllter Aarelauf, in welchem das Wasser vorher einen Austritt finden würde, wenn es von Westen käme. Ähnliche Verhältnisse bestehen auch in Baden, wo unter dem Haselplateau westlich der Thermalquellen eine jetzt mit Kies gefüllte alte Flußrinne der Limmat festgestellt worden ist.

4. Neuere Ansichten über den Aufbau der Alpen bestreiten zwar eine kontinuierliche zusammenhängende Schichtenfolge von den Alpen unter dem Mittelland durch bis zum Jura; weil infolge einer Abscherungsfläche diese Kontinuität weitgehend gestört ist, sei deshalb ein ungestörtes Fließen des in den Alpen eingesickerten Wassers unmöglich. *Hartmann* hält aber gerade diese Abscherungsfläche trotz der zerrissenen und lückenhaften wasserführenden Muschelkalkschicht als Gleitfläche für das einsickernde Wasser sehr geeignet.

5. Die Niederschlagsmengen in den Alpen stimmen mit dem Erguß der Quellen genau so gut überein wie diejenigen des westlichen Juras. Der lange Weg, den das Wasser nehmen muß, erklärt auch die verhältnismäßig geringen Erguß-Schwankungen und das „Nachhinken“ der Quellergüsse hinter den Niederschlägen.

6. Auch die physikalischen und chemischen Unterschiede in den Schwefelquellen von Baden, Schinznach und Lostorf glaubt *Hartmann* durch die Herkunft aus den Alpen erklären zu können. Das Wasser sickert in den Alpen in die durchlässige Schicht des Muschelkalkes ein und fließt Richtung Norden unter dem Mittelland hindurch gegen den Jura. Bei Baden steigt es ziemlich rasch empor, weil ihm dort keine größeren Hindernisse vorgelagert sind außer der nur sehr schwachen Neuenhofer Antiklinale. Deshalb kühlt sich das Badener Thermalwasser nur wenig ab, und die hohe Temperatur erschwert den sulfatreduzierenden Bakterien ihre Tätigkeit, wodurch ein großer Teil der Sulfate unzersetzt mit dem Wasser zutage tritt. Bei Schinznach dagegen ist die hohe Kestenbergantiklinale vorgelagert, die das Wasser zwingt, empor zu steigen und wieder unter die Synklinale des Birrfelds zu tauchen. Auf diese Weise kühlt sich das Wasser ab und bietet bessere Voraussetzungen zur Sulfatreduktion. Noch mehr ist dies der Fall bei Lostorf, wo der Austrittsstelle der Quelle sogar zwei Antiklinalen vorgelagert sind, die kleinere des Bannwaldes und die größere des Engelberges. Auch sind die dazwischen liegenden Synklinalen viel weitgestreckter. Deshalb muß das Wasser noch langsamer fließen und mehrmals emporsteigen, so daß es sich noch mehr abkühlen kann und dadurch den Bakterien noch bessere Lebensbedingungen bietet als bei Schinznach. Der Schwefelwasserstoffgehalt der Lostorferquelle übertrifft deshalb sogar den von Schinznach.

Das sind die wesentlichsten Argumente, die *Hartmann* zur Unterstützung der Hypothese von *Heim* anführt. Später hat er sich allerdings von dieser Anschauung abgewandt und auf Grund anderer Argumente die Herkunft aus dem westlichen Jura befürwortet (S. 31).

Ein weiterer Vertreter der Alpenherkunft des Thermalwassers ist *Lüscher* (105—108). Er verlegt aber das Einzugsgebiet im Gegensatz zu *Heim* nicht in die Engelbergeralpen, sondern ins „Silberer“-Gebiet zwischen Muotatal und Klausenpaß, das als ziemlich großes Karren- und Schrattegebiet ohne oberflächlichen Abfluß gute Versickerungsmöglichkeiten bietet. Der dort befindliche Glattensee speichert außerdem das Niederschlagswasser und gibt es nach und nach an die Tiefe ab. Das Wasser sickert in Felsspalten in die Tiefe und wird in den Triassschichten unter Druck weitergetrieben. Dieser Druck ermöglicht es ihm auch, allfällige Verwerfungen und Unterbre-

chungen zu überwinden. Die Mineralisation erfolgt auf dem Horizont, auf dem das Wasser in die Tiefe gleitet. Die Erwärmung erklärt sich *Lüscher* einerseits durch die geothermische Tiefenstufe, andererseits durch „Zerfallswärme“, d. h. durch die Wärme, die bei der Auflösung des Gesteins durch das Wasser frei wird. Durch das Auslaugen des Gesteins entstehen im Erdinnern kleine Höhlungen, die eine Art Reservoir bilden. Von hier aus läuft das Wasser in mehr oder weniger geschlossenem „Gerinne“ nach Baden weiter. Das ganze System steht unter dem Druck eines „Normalwasserspiegels“, der je nach der einsickernden Niederschlagsmenge sich ändert; diese Änderungen machen sich dann ca. 9 Monate später an der Austrittsstelle der Quellen bemerkbar. Die Herkunft des Thermalwassers aus unmittelbarer Nähe von Baden, etwa vom Müsernplateau, scheint *Lüscher* unmöglich zu sein, weil der Weg viel zu kurz sei, und die ausgelaugten Hohlräume im Erdinnern schon längst einen Sturz der darüberliegenden Schichten bewirkt hätten.

c) Herkunft aus dem westlich von Baden liegenden Jura

Eine große Zahl von Geologen erblickt das Einzugsgebiet der Badener Thermen westlich von Baden, sei es ziemlich nahe auf dem Müsernplateau, sei es etwas weiter entfernt bei Birnenstorf, Mülligen und in der Gegend der Habsburg. Allen diesen Hypothesen liegt die Beobachtung zugrunde, daß die wasserdurchlässige Schicht des Muschelkalkes westlich von Baden mehrfach an die Oberfläche tritt, so daß hier das Niederschlagswasser einsickern kann. Dagegen bestehen in den Einzelheiten wesentlich verschiedene Auffassungen.

Der erste, der die Vermutung aussprach, das Wasser könne aus dem westlichen Jura stammen, war *Mousson* (145). Er untersucht die Frage, welchen Schichten das Wasser den Mineralgehalt entnehme, wobei er den Keuper und den Muschelkalk zum Vergleich heranzieht, während er für den Gehalt an Kochsalz und Glaubersalz im besonderen keine Anhaltspunkte findet. Er weiß jedoch bereits, daß die Hauptmasse des Salztone, der nach den heutigen Anschauungen die Mineralstoffe liefert, unter dem Haupt-Muschelkalk liegt und nach seiner Ansicht unterhalb der Habsburg der Erdoberfläche am nächsten komme und so dem eindringenden Wasser die Möglichkeit zur Auflösung von Salzen gäbe. Die Wärme der Quellen erklärt *Mousson* als erster mit Hilfe der geothermischen Tiefenstufe. Den Gasgehalt führt er auf chemische Prozesse zurück.

Mösch (142) stellt keine eigenen Hypothesen auf; aus seinen Beobachtungen und Profilen aber kann man entnehmen, daß ihm eine Herkunft aus dem Jura am wahrscheinlichsten scheint.

Während sich die früheren Geologen hauptsächlich auf Vermutungen stützen, unterbaut *F. Mühlberg* (150, 151) seine Ansichten mit eigenen wissenschaftlichen Messungen. Er geht dabei von zwei Voraussetzungen aus, nämlich von den geologischen Verhältnissen der Gegend und von den Niederschlagsmengen. *Mühlberg* erkennt als erster, daß die Lägerkette kein ein-

faches Gewölbe, sondern daß der Südschenkel über den Nordschenkel geschoben ist und sich infolgedessen eine Überschiebungsfäche von der Lägern bis weit in den westlichen Jura hineinzieht. Wasser kann nur einsickern in Schichten, die durchlässig sind, in der Gegend von Baden hauptsächlich in den Muschelkalk, der westlich von Baden auf der Müsern, bei Birmenstorf, bei Mülligen und bei der Habsburg zutage tritt. Längs der Verwerfungskluft, auf deren Seiten sich wasserundurchlässige Schichten befinden, kann das Wasser in die Tiefe eindringen. Vergleiche mit den Quellergüssen und den Niederschlagsmengen der Gegend ergeben eine weitgehende Übereinstimmung und zwar so, daß sich eine Vermehrung oder Verminderung der Niederschlagsmengen nach einer Verzögerung von 8—10 Monaten am Quellerguß auswirkt. Das Quellgebiet von Baden erfordert ein großes Einzugsgebiet. Die geologischen Verhältnisse der Gegend entsprechen diesen Voraussetzungen. Die Schwankungen der Quellergüsse stimmen mit den Schwankungen der Regengmengen im Jura besser überein als mit denjenigen in den Alpen. Der Erguß zeigt keine Beziehungen zum Pegelstand der Limmat. Das einsickernde Niederschlagswasser hat eine Temperatur von ungefähr 7° , das Thermalwasser bei Baden eine solche von 47° . Eine Erwärmung von 40° , wie sie also vorliegt, dehnt das Wasser so stark aus, daß es 11,8 m höher hinaufsteigt als im Versickerungsgebiet. Die im Thermalwasser vorhandenen Gase (ca. 40 ccm/l) vermindern das spezifische Gewicht des Wassers derart, daß es ca. 37 m höher hinaufgetrieben werden kann. Das ergibt zusammen etwa 50 m, um welchen Betrag das Wasser über das Niveau der Einsickerungsstelle steigen kann, allerdings unter der Voraussetzung, daß der Erguß der Quellen konstant bleibt. Dies ist jedoch nicht der Fall, weil die Niederschläge von Einfluß sind. Nicht der Weg ist die Hauptsache, sondern die Zeit, während der das Wasser unterwegs ist. Ähnliche Verhältnisse bestehen bei den andern Juraquellen und bei Pfäfers.

Während sich *Mühlberg* über die Ursache der Erwärmung unbestimmt äußert, nimmt *Schardt* (193) die thermischen Konvektionsströmungen zur Erklärung zu Hilfe. Ihnen zufolge drängt das von oben zufließende kalte Wasser das in der Tiefe bereits erwärmte durch andere Kanäle und Spalten nach oben und bringt es zum Ausfließen. *Schardt* macht also die Förderung des Wassers vom Temperaturenunterschied im absteigenden und im aufsteigenden Rohr abhängig. Er prägte dafür die Bezeichnung „Thermosyphon“. Die Erwärmung des Wassers vermindert das spezifische Gewicht und erleichtert dadurch den Auftrieb.

Amsler (8) erklärt seine Auffassung, das Thermalwasser stamme aus dem Jura und nicht aus den Alpen, mit tektonischen Gründen. Es scheint ihm unmöglich, daß der Druck, der die Jurafaltung bewirkte, die unter dem Mittelland sich hindurchziehende Muschelkalkschicht völlig unberührt gelassen hätte. Sie mußte vielmehr reißen, weil die Gleitzzone im subalpinen Gebiet über, im östlichen Jura aber an der Basis der Muschelkalkplatte lag. Im übrigen schließt sich *Amsler* den Ansichten *Schardts* über die thermische Konvektion an und vertritt für den Fall Baden das Prinzip der kommunizierenden Röhren.

Senfleben (212) stellt keine neuen Hypothesen auf, sondern schließt sich seinen Lehrern *Schardt* und *Amster* an.

Während die genannten Autoren die Herkunft der Badener Thermen aus dem westwärts von Baden gelegenen Jura anhand der erwähnten Hypothesen zu erklären versuchten, blieb doch die Frage der Erwärmung mehr oder weniger ungelöst. Die thermische Konvektion erklärt nur das Aufsteigen des Wassers zur Austrittsstelle, nicht aber auch die Ursache der Erwärmung überhaupt. Falls man die für das Mittelland übliche geothermische Tiefenstufe von $30 \text{ m}/1^\circ$ annimmt, muß auch bei einer Herkunft aus dem westlichen Jura das Wasser eine Tiefe von ca. 1300—1500 m erreichen, um an der Austrittsstelle eine Temperatur von 47° zu haben. Es fragt sich aber, ob infolge der geologischen Beschaffenheit der Gegend das Wasser tatsächlich in eine solche Tiefe einsickern kann, mit andern Worten, ob die wasserführende Muschelkalkschicht im Jura bis 1500 m hinab reicht.

Diese umstrittene Frage nimmt *Hartmann* (76—83) zum Ausgangspunkt seiner neuen Hypothese, die er wie seine frühere Ansicht ebenfalls mit der auffallenden Übereinstimmung des Charakters der aargauischen Juraquellen zu begründen sucht. Es sind dies die Thermen von Baden, die Thermen von Schinznach, der Warmbach bei Schinznach, die Asperquelle, die Fischbachquelle und die Mineralquelle von Lostorf (Abb. 7).

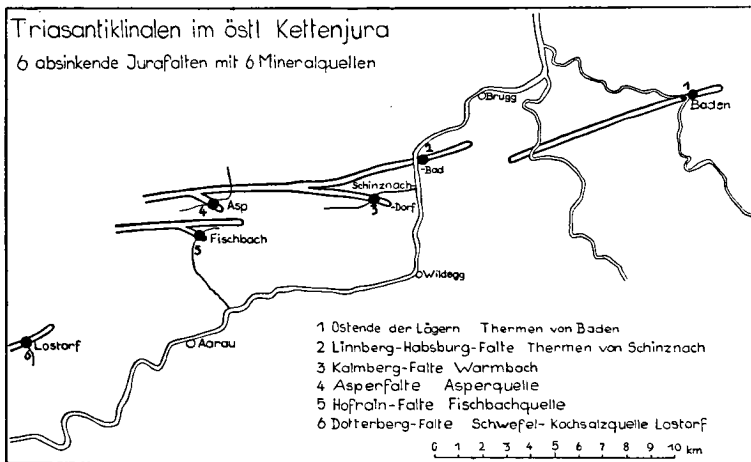


Abb. 7. Die Lage der sechs Mineralquellen im östlichen Jura

An allen diesen Quellen fallen *Hartmann* vor allem drei Eigenschaften auf: 1. die geringen Schwankungen des Ergusses, 2. die Konstanz der Temperatur und 3. das Fehlen oder doch der nur sehr geringe Gehalt an Sauerstoff. In diesen drei Punkten unterscheiden sich diese sechs Quellen von allen andern Juraquellen. *Hartmann* erklärt sich dieses Verhalten aus den geologischen Bedingungen der Gegend. Alle diese Quellen treten in Klusen auf, die von Bach- oder Flußläufen bis in die Triassschichten angeschnitten sind und so den Quellen den Zutritt zur Erdoberfläche ermöglichen. Westlich dieser Klusen

liegen stets Antiklinalen des Kettenjuras, deren Schichten nach Osten, also gegen die Klusen hin, absinken. Auf den Antiklinalrücken ist der Muschelkalk durch Erosion entblößt oder mit Deckenschotter überlagert; das Niederschlagswasser kann also gut in die zerklüfteten, wasserdurchlässigen Muschelkalkschichten einsickern, wo es die Hohlräume im Erdinnern ausfüllt. Es fließt langsam in den nach Osten absinkenden Schichten in die Tiefe. Im Liegenden ist die Muschelkalkschicht durch die Gips- und Steinsalz führenden Anhydrit- und Salztonschichten begrenzt, im Hängenden durch die gipsführenden Keuperschichten. Aus ihnen nimmt das Wasser seinen Mineralgehalt. Über den Keuperschichten liegen wasserundurchlässige Mergel. Das

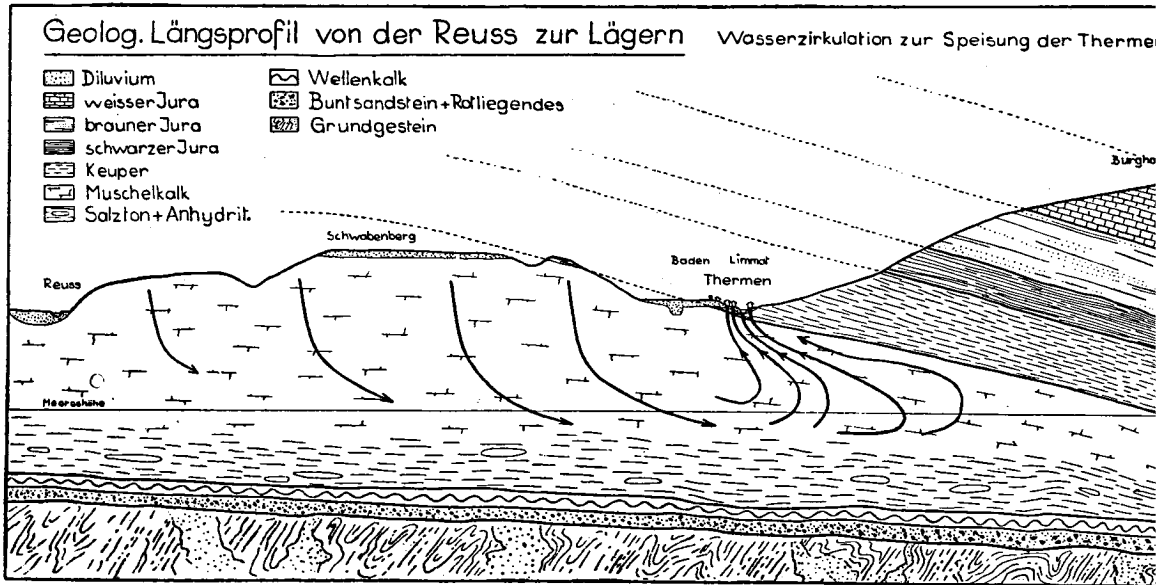


Abb. 8. Längsprofil von der Reuß zur Lägern mit eingezeichneter Wasserzirkulation

Wasser fließt nun nicht ohne Einhalt immerzu nach Osten in die Tiefe. Es wird vielmehr von den wasserundurchlässigen Schichten aufgehalten. Da es durch sein langes Verweilen in der Tiefe die Temperatur des umgebenden Gesteins angenommen hat, wird es spezifisch leichter, steigt den undurchlässigen Schichten entlang wieder empor und findet in den Klusen, wo die Triasformationen angeschnitten sind, eine Austrittsmöglichkeit. Infolge des langen Verweilens in der Tiefe sind Erguß, Gehalt und Temperatur konstant und der Sauerstoffgehalt sehr gering (Abb. 8).

Für Baden gelten außerdem noch folgende Einzelheiten: Das Einzugsgebiet der Badener Thermen befindet sich westlich, zwischen Limmatt und Reuß, auf dem Müsernplateau. Der Muschelkalk ist nur an wenigen Stellen aufgeschlossen, an den andern Stellen durch Deckenschotter überlagert, der jedoch ein guter Sammler für Niederschlagswasser ist. An den Abhängen des Plateaus, gegen die Reuß zu, kann ebenfalls Niederschlagswasser in die dor-

tigen Muschelkalkkrücken einsickern. *Hartmann* schließt die Möglichkeit nicht aus, daß auch das westlich der Reuß gelegene Gebiet noch Wasser liefern könnte, falls die Reußklus durch Glaziallehm gut abgedichtet sei und somit das von Westen zufließende Wasser nicht in der Reuß verloren gehe. Für die 700—900 l/Min. der Badener Thermen würde jedoch ein Einzugsgebiet von ungefähr 150 Hektaren, wie es das Müsernplateau bietet, genügen.

Einen weitem Beweis für seine Ansicht sieht *Hartmann* in den Verhältnissen an der Schwanenquelle. Als sie 1943 mittels Bohrung ausgeräumt wurde, stieg ihr Erguß sprunghaft an, während derjenige der andern Quellen fast gänzlich zurückging. Diese Feststellung läßt sich nach *Hartmann* folgendermaßen erklären: Das auf dem Müsernplateau einsickernde Wasser sinkt in der Streichrichtung der Schichten nach Osten in die Tiefe, sammelt

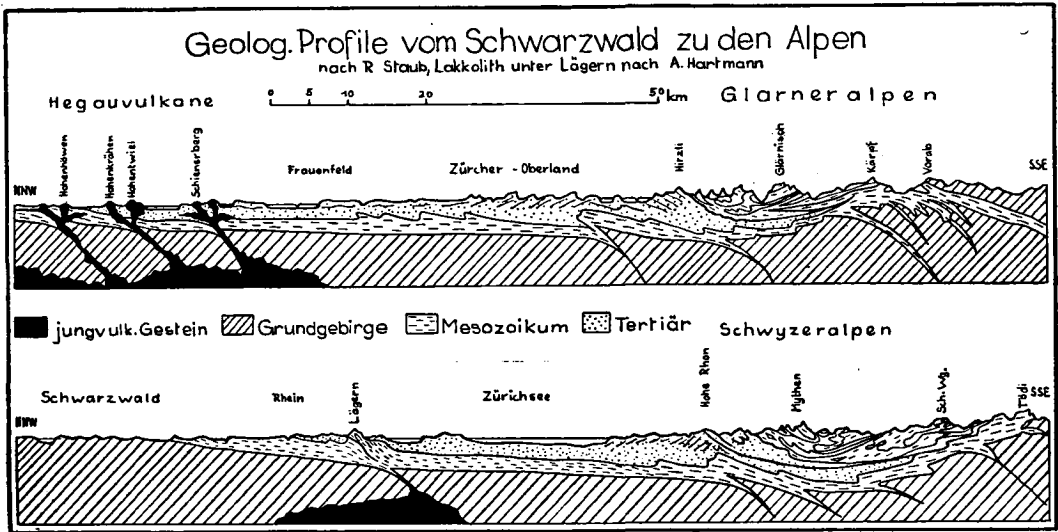


Abb. 9. Geologische Profile mit den Lakkolithen der Hegauvulkane

sich etwa unter der Lägern, weil die darüber liegenden undurchlässigen Schichten ein Fließen noch weiter nach Osten verhindern, nimmt infolge des langen Verweilens die Temperatur des umliegenden Gesteins an, steigt deshalb wegen der Verminderung des spezifischen Gewichts den undurchlässigen Keuperschichten entlang empor, wobei die Gase den Auftrieb noch wesentlich erhöhen, und tritt in der Klus von Baden, wo die Limmat die Triasschichten angeschnitten hat, zutage. Weil aber das Wasser von Osten her aus der Tiefe ansteigt, findet es in den Quellen in Ennetbaden die ersten Austrittsstellen. Als die Schwanenquelle ausgeräumt wurde, fand das Wasser hier bessere Austrittsbedingungen; deshalb ströme hier der größte Teil aus.

Mit diesen neuen Ansichten *Hartmanns* ist wohl die Herkunft und die Mineralisation, nicht aber die Erwärmung des Wassers erklärt, weil gemäß den geologischen Verhältnissen der Gegend das Wasser nicht eine Tiefe von

ca. 1500 m erreichen kann. Durch die übliche geothermische Tiefenstufe von $30 \text{ m}/1^\circ$ kann die hohe Temperatur der Quellen nicht erklärt werden. Diese Tiefenstufe muß nach der Ansicht *Hartmanns* im Untergrund von Baden geringer sein. 1914 wurde in Zurzach bei Bohrungen, die der Erschließung von Salzlagern dienten, eine Therme entdeckt, die $250\text{--}300 \text{ l}/\text{Min.}$ lieferte und eine Temperatur von $38,2^\circ$ aufwies. Die Sohle des Bohrloches lag, von der Erdoberfläche an gerechnet, in $416,24 \text{ m}$ Tiefe, wo sie auf das Grundgebirge stieß. Bei einer Herkunft aus 416 m Tiefe ergibt sich nach den Berechnungen von *M. Mühlberg* (155) eine geothermische Tiefenstufe von $13,5 \text{ m}/1^\circ$. Die Erklärung für die erhöhten Erdtemperaturen in der Gegend von Schinznach-Baden-Zurzach findet *Hartmann* durch die Annahme eines vulkanischen Lakkolithen, der aus der Zeit stammt, als im Hegau die Vulkane durchbrachen. Es ist möglich, daß die vulkanischen Gesteine des Hegaus sich in der Tiefe noch weit nach Südwesten ausbreiten und der dortigen Erdkruste eine relativ hohe Tempera-

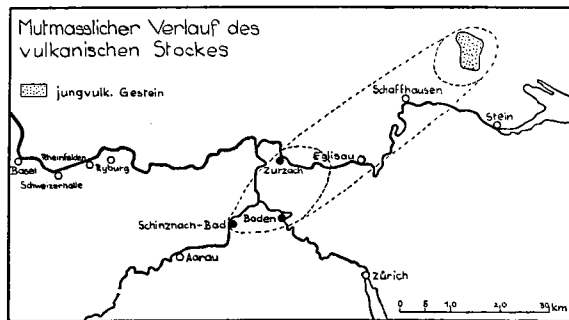


Abb. 10. Mutmaßliche Ausdehnung des vulkanischen Stockes

tur verleihen. Die darüber liegenden Gesteinsschichten schützen den Lakkolithen vor zu starker Abkühlung, nehmen aber doch viel Wärme auf und erwärmen nun ihrerseits das von der Erdoberfläche einsickernde Wasser. Dieser Prozeß geht auch heute noch vor sich, obwohl er, in geologischen Zeitmaßstäben gesehen, am Abklingen ist. *Hartmann* sieht eine Unterstützung seiner Hypothese auch darin, daß im Gefolge von aktuellen oder bereits abgeklungenen vulkanischen Erscheinungen vielfach warme Quellen auftreten (Abb. 9 und 10).

Seine frühere Ansicht über die Herkunft der Badener Thermen hat *Hartmann* vor allem deshalb korrigiert, weil er glaubt, daß die großen Gebirgsmassen, die in den nördlichen Alpen über dem Tertiär liegen, einen so großen Druck auf ihre Unterlage ausüben und die darunterliegenden Schichten derart zusammengepreßt würden, daß das am Alpennordrand einsickernde Wasser nicht mehr nach dem Mittelland durchfließen könne.

d) Herkunft aus dem Grundwasserstrom des Reußtals

Eine Modifikation erfährt die Hypothese *Hartmanns* durch *Haberbosch* (67, 69). Auf Grund eigener Untersuchungen stellt er fest, daß die zwischen Limmat und Reuß auftretenden Muschelkalkpartien höchstens 10 Hektaren

betragen. Diese würden aber als alleiniges Einzugsgebiet der Badener Thermen nicht genügen. Dennoch nimmt *Haberbosch* an, daß das Thermalwasser aus der Gegend westlich von Baden stamme, daß aber außer dem Hydrometeorwasser des Müsernplateaus noch ein Grundwasserstrom in der Reußklus beteiligt sei, der in den dort anstehenden Muschelkalk eindringe. Diese Stelle befände sich in der Lettenzelg bei Birmenstorf auf ca. 362 m Meereshöhe, also 6 m höher als die höchstgestaute Badener Quelle, so daß die

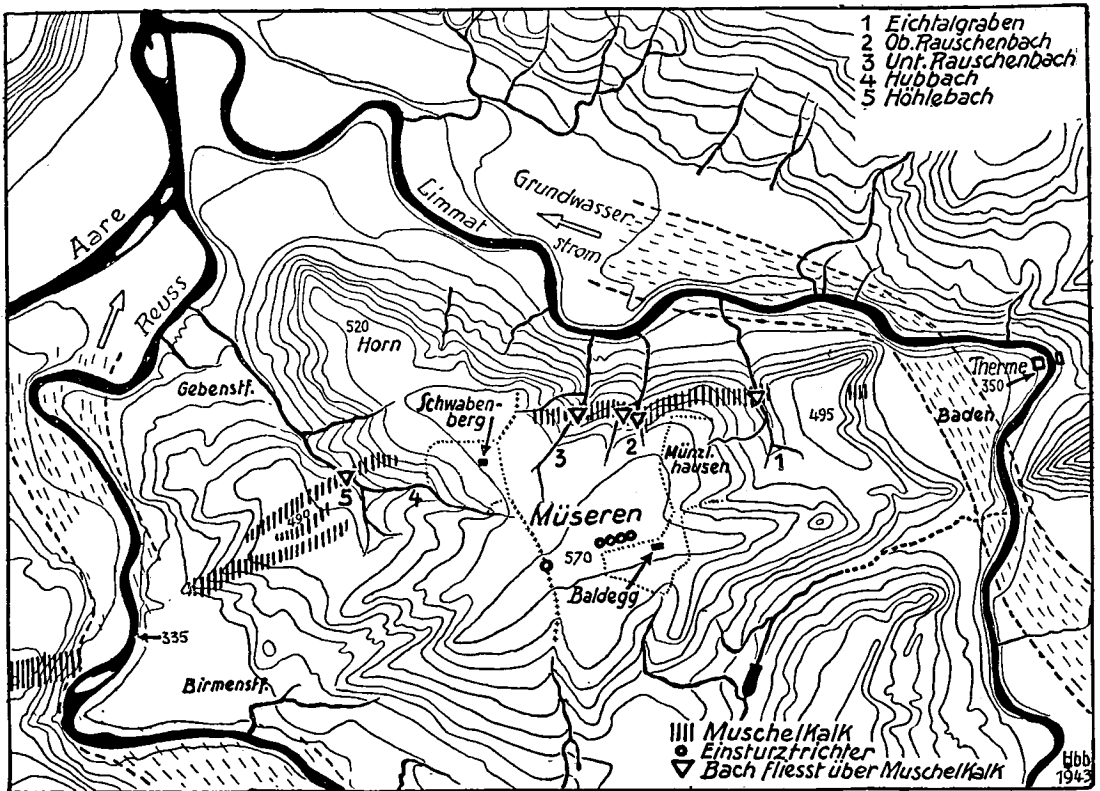


Abb. 11. Die Grundwasserströme im Reuß- und Limmattal und die auf dem Müsernplateau aufgeschlossenen Muschelkalkstellen

Austrittsverhältnisse in Baden nach dem System der kommunizierenden Röhren erklärt werden könnten (Abb. 11 und 12).

Sowohl *Hartmann* wie *Haberbosch* machen die Anregung, durch Versuche die Herkunft des Badener Thermalwassers nachzuweisen, indem auf dem Müsernplateau oder in den Muschelkalkrücken zwischen Birmenstorf und Gebenstorf stark kochsalzhaltiges Wasser, sei es künstlich durch Heraufpumpen, sei es durch Ableiten von bestehenden Bachläufen, zum Versickern gebracht würde. Falls dieses Wasser dann tatsächlich in den Thermen von Baden zutage trete, könnte der erhöhte Kochsalzgehalt analytisch nachgewiesen werden.

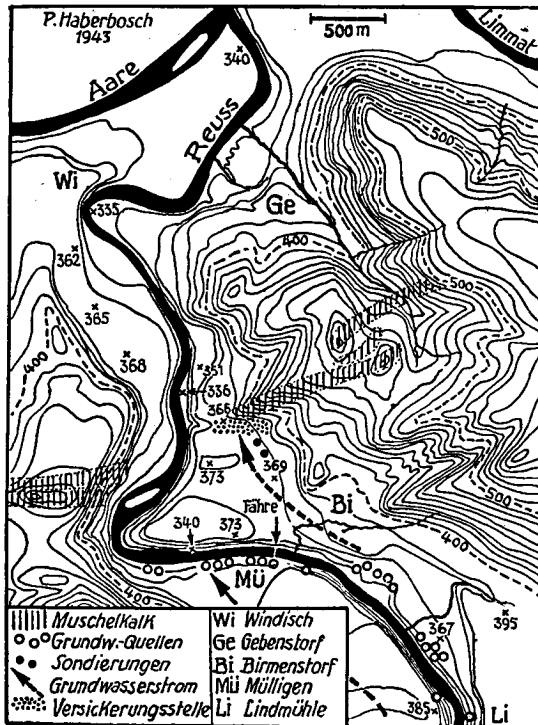


Abb. 12. Die Reußklus bei Birmensdorf mit Grundwasserstrom, mutmaßlicher Versickerungsstelle und aufgeschlossenen Muschelkalkpartien

e) Herkunft aus dem Mittelland

Cadisch (23—26) spricht im Anschluß an die „Verspätung“ der Quellergüsse die Vermutung aus, das dem Jura vorgelagerte Molassegebiet könne eventuell ebenfalls als Sammelgebiet in Frage kommen, wobei die Verzögerung des Durchflusses von der geringen Durchlässigkeit der Molassebildungen abhänge.

f) Herkunft aus dem Schwarzwald

Die Herkunft aus dem Schwarzwald vertritt *Daubrée* (30). Er stützt sich nicht auf eigene Beobachtungen oder auf die Forschungen anderer Geologen, sondern lediglich auf eine Profilzeichnung, die *Heim* (84) in ganz anderem Zusammenhang veröffentlicht hatte. Man sieht darauf, wie sich die Triasschichten vom Schwarzwald her unter dem Rhein nach dem Kettenjura hinziehen; daraus glaubt *Daubrée* schließen zu können, daß das Wasser im Schwarzwald einsickere, in der Muschelkalkschicht in die Tiefe fließe und bei Baden wieder zutage trete. Es würde sich also um eine ähnliche Hypothese wie bei *Heim* handeln, nur daß hier das Einzugsgebiet nicht im Süden, sondern im Norden von Baden läge. *Daubrée* gibt aber keine Erklärung, warum dann trotzdem das Wasser im Südschenkel der Lägern und nicht, wie zu erwarten wäre, im Nordschenkel zutage tritt.

g) Herkunft aus einem sog. „Tiefenstandwasser“

Eine etwas unklare Hypothese stellt *Weithofer* (251) auf, der eine Beziehung der Mineralquellen zu einem sogenannten „Tiefenstandwasser“ feststellt. Er versteht darunter eine Art unterirdischen See mit einem in gewisser Höhe sich befindlichen Wasserspiegel, so wie es in analoger Weise Grundwasserströme mit meßbarem Pegelstand gibt. Der Spiegel des „Tiefenstandwassers“ liegt unter dem Spiegel der „Fließwasserzone“ (Grundwasserströme). Die „Fließwasserzone“ in der Gegend von Baden wird gegen den Rhein hin entwässert. Dieses „Tiefenstandwasser“ bildet im Untergrund der Mineralquellen „Lösungsherde“. Je nach der Tiefe dieser Herde und der durch sie in Lösung gebrachten Mineralien erhält das Mineralwasser seinen Charakter. Erwärmung und Gase tragen dazu bei, daß es „durch vorhandene tektonische Störungszonen und ihre offenen Spalten und Risse“ an die Oberfläche gelangen kann. Bei Baden wäre die Triasschicht mit ihrem Kochsalz- und Gipsgehalt wesentlich daran beteiligt. Weil das „Tiefenstandwasser“ in umfangreichen Gebieten einen unterirdischen Wasserspiegel bildet, kommen dafür nicht einzelne Einzugsgebiete in Frage, sondern die Gesamtheit der Niederschläge in einem sehr großen Umkreis.

h) Herkunft aus vulkanischer Tätigkeit im Erdinnern

Gemäß seinen geologischen Anschauungen mußte auch *Bronner* (20) konsequenterweise annehmen, daß das Thermalwasser aus dem Erdinnern stamme und dort erhitzt werde, den Mineralgehalt aber den Gesteinen der Gegend entnehme.

Minnich (136) stützt sich bei seinen Erklärungen auf die einschlägige, allgemeine Fachliteratur über vulkanische Erscheinungen, nimmt aber auch die geologischen Verhältnisse von Baden zu Hilfe. Die Mineralisation sieht er ebenfalls in den Gesteinsschichten der Umgebung, wobei er die Vorkommen der einzelnen Mineralien aufzählt. Wärme und Gase jedoch scheinen ihm aus der Tiefe zu stammen. Wie *Bronner* glaubt er, daß die aufstoßenden Gase die Gesteinsschichten emporgeworfen hätten, erkennt aber ganz richtig, daß durch das Aufrichten und Überschieben der Schichten der Lägern eine Spalte entstanden sei, die wohl tiefer als die „Kalkformation“ reiche und bis in die „Granitformation“ hinabführe, die bekanntlich in „vulkanischen Gegenden“ vorkäme. Durch diese „Thermalspalte“ können Gas, Dampf und Wasser aus den vulkanischen Schichten aufsteigen und in der „Kalkformation“ Mineralien auflösen. Es sei aber auch möglich, daß eine Quelle von der Oberfläche her in die Tiefe sinke, dort erhitzt werde und durch die Gase in die Höhe getrieben würde. Vielleicht fänden sogar beide Prozesse zugleich statt.

Die Ansicht *Minnichs* erfuhr in der neuesten Zeit eine ähnlich lautende Ergänzung durch *Staub* (216), der sich dabei auf die neuesten Forschungsergebnisse über den Bau der Alpen stützt. *Staub* nimmt an, daß bei der Faltung des Kettenjuras auch die tieferen Schichten der Trias und selbst die oberen Schichten des kristallinen Grundgebirges von der Bewegung und Dis-

lokation miterfaßt worden seien und daß deshalb die Schubflächen bis ins Grundgebirge hinunterreichen würden. Dieses liege in einer Tiefe von etwa 400—500 m unter dem heutigen Limmatbett. Es bestünde also die Möglichkeit, daß juveniles Wasser aus eventuell vorhandenen Lakkolithen an der Bildung der Thermen beteiligt sein könnte, wenn auch der größere Teil des Wassers vadosen Ursprungs sei.

Suter (223) schließt sich ebenfalls dieser Auffassung an, weil das Vorkommen von Thermen durchwegs im Zusammenhang mit Vulkanismus stehe.

Hartmann (78) und *Haberbosch* (69) glauben jedoch nicht, daß juveniles Wasser selbst an der Entstehung der Thermen beteiligt sei. Der Einfluß des Vulkanismus erstreckte sich lediglich auf die Erwärmung. *Hartmann* konnte bis jetzt keine Anhaltspunkte für juveniles Wasser finden. Bei einer Untersuchung des Quellschlammes vom „Heißen Stein“ konnte *Haller* (70) keine Bestandteile des Buntsandsteins feststellen, was doch der Fall sein sollte, wenn das Wasser juvenilen Ursprungs wäre.

2. Der heutige Stand der Forschung

Aus den verschiedenen Anschauungen und Hypothesen können folgende Feststellungen als erwiesen gelten:

1. Das Thermalwasser von Baden oder wenigstens der größte Teil desselben ist vadoser Natur, denn es besteht eine deutliche Abhängigkeit der Quellenerträge von den Niederschlägen.

2. Der Quellerguß stimmt sowohl mit den Niederschlagsmengen in den Alpen (Engelberg-Glarnerland) als auch mit denen im westlichen Jura überein.

3. Zwingende Beweise für die eine oder andere Herkunft sind bis jetzt nicht erbracht worden.

4. Auch in Bezug auf die Temperatur ist man bis jetzt auf Vermutungen angewiesen.

5. Die Überschiebungsfläche im Kern des Lägerngewölbes (Scheitelbruch) ist für die Austrittsverhältnisse bestimmend, weil sie dem in tieferen Erdrindenpartien sich befindlichen Wasser gute Austrittsmöglichkeiten bietet.

6. Der Muschelkalk ist wasserdurchlässig und ist infolgedessen mit seinen Klüften, Hohlräumen und Rissen für die Wasserführung sehr geeignet.

7. In der Juraklus von Baden wird diese Muschelkalkschicht von der Limmat angeschnitten und zwar dort, wo der Scheitelbruch durchzieht. An dieser Stelle treten die Thermen aus.

8. Die Mineralisation erfolgt in den Salzton- und Anhydritschichten der Triasformation, wobei die erhöhte Temperatur die Lösungsmöglichkeit beschleunigt. Der Schwefelwasserstoffgehalt verdankt seine Entstehung ganz oder doch zum Teil biologischen Vorgängen.

III. Die Austrittsverhältnisse der Thermen

A. Die Lage der Quellen, ihr geologischer Untergrund und der mutmaßliche Verlauf der Quelladern

1. Die Lage der Quellen

Wie aus der geologischen Beschaffenheit der Gegend hervorgeht, treten die Quellen im Kern des Lägerngewölbes aus, wo die wasserführende Formation der Trias von der Limmat angeschnitten wird. Die z. T. übereinandergeschobenen Schenkel des Juragewölbes bilden einen Scheitelbruch, der dem Wasser den Aufstieg ermöglicht. Die Streichrichtung der Gesteinsschichten ist W—O. Aus diesen geologischen Verhältnissen erklärt sich das dicht gehäufte Vorkommen der 18 Thermalquellen, die nach *Hartmann* (82) auf einem Raume von nur 180 m Länge in der W—O- und von 50 m Breite in der N—S-Richtung austreten (Abb. 13 u. 15). *Hartmann* führt ferner aus: Weiter südlich ist ein natürlicher Austritt der Quellen nicht mehr möglich, weil im Südschenkel der Lägern die wasserführenden Schichten des Muschelkalkes von den undurchlässigen Keuperschichten bedeckt sind, also eine undurchdringliche Decke gebildet wird. Nördlich ist der Muschelkalk des Nordschenkels gar nicht durch die Limmat angeschnitten, sondern befindet sich viel tiefer unter der Erdoberfläche. Östlich und westlich können außerhalb der Klus keine Quellen mehr auftreten, weil die in Frage kommenden Gesteinsschichten nicht bis in die notwendige Tiefe aufgeschlossen sind. In der westlichen Hälfte der Klus, also unter der großen Schotterebene (Haselplateau), wo an und für sich ein Quellenaustritt schon wegen der hier verlaufenen alten Flußrinne möglich wäre, ist der Niederterrassenschotter nach *Hartmann* viel zu mächtig, um eventuell vorhandene Quellen bis an die Erdoberfläche durchstoßen zu lassen. Ob sich hier im Untergrund tatsächlich Thermalquellen in den ausgedehnten Geröllschichten verlieren, ist vorläufig noch unbekannt. Bis jetzt konnten nur dort, wo die Limmat den Niederterrassenschotter bis zum Keuper durchschnitten hat, die Quellen einen Austritt finden. Deshalb kommen nur links und rechts der Limmat die Quellen auf engstem Raume zusammengedrängt vor. Auch in der Limmat selbst treten noch einige ungefaßte Quellen aus, zu denen bis im Jahre 1830 auch die Limmatquelle gehörte.

2. Der geologische Untergrund

Der Muschelkalk selbst ist im Quellengebiet nirgends aufgeschlossen, sondern vom Keuper überlagert, der ja an und für sich undurchlässig ist. Er ist jedoch durch die Erosionstätigkeit der Limmat und andere Ein-

flüsse stark zerklüftet worden, so daß die Quellen dennoch einen Austritt finden. Genauere Kenntnisse über den unmittelbaren Untergrund der Quellen besitzt man nicht. *Mühlberg* (153, 154) konnte anlässlich der Neufassung der *Limmatquelle* im Jahre 1904 wertvolle Aufschlüsse gewinnen: Die *Limmatquelle* tritt aus einer Rinne im Keuper hervor. Aus der Zusammensetzung der Schichten (dünn-schichtige Mergel mit Kalk, Sandstein, Breccie von Keupermergelbrocken), und ihrer Fallrichtung (40—50°) nördlich und südlich der Rinne geht hervor, daß die Quelle aus einer Verwerfungsspalte austritt, „zu deren beiden Seiten die Keuperschichten antiklinal gestellt sind und bei der der Nordflügel ca. 6 m tiefer liegt“. Im übrigen war die Rinne mit Gerölle gefüllt, das teilweise zu Nagelfluh verkittet war. *Schmidt* (308) ergänzt die Ausführungen *Mühlbergs* folgendermaßen: Der Graben, aus dem die Quelle austritt, schneidet die Streichrichtung des Keupers in einem Winkel von ca. 20°. Er ist im Mittel 0,65 m breit und liegt O—W. Das Thermalwasser entspringt nicht dem grauen, sandigen, tonigen, z. T. etwas dolomitischen Keuper direkt, sondern dem den Graben füllenden Kies. Ähnliche Beobachtungen über die Zusammensetzung des Niederterrassenschotters machten schon frühere Forscher, unter anderen *Ebel* (38, 39), der von „aufgeschüttetem losen Gerölle“ spricht, das durch ein „sandiges und kalkiges Bindemittel“ vereinigt sei. *Mousson* (146) beobachtete, daß die kleine Ebene, welche die Bäder trägt, im Grunde aus Ton besteht, der durch Sand-, Kies- und Geröllmassen überdeckt ist, die oft zu Nagelfluh zusammengebacken sind. Der Ton selbst sei „ein Zerstörungsprodukt der Keuperschicht“, wie Stücke von Kalk- und Dolomitenmergel bewiesen. Bei der Erbohrung der *Schwanenquelle* im Jahre 1844 traf man folgende Verhältnisse an: Es kam zunächst ein Schlamm zutage, der aus Ton, Mergeln und Sand mit Gipsbrocken gemischt war. Die folgenden festern Ton- und Mergelmassen waren von dünnen Gips-schichten unterbrochen. In der Tiefe stieß man auf Dolomitenkalk. *Hartmann* (81) folgert daraus, daß bei der Bohrung die Gesteine des untern Keuper durchstoßen worden sind. Ähnliche Beobachtungen aus neuerer Zeit von *Hartmann* (78) ergaben den gleichen Befund: Es wurden bei der Neufassung der *Schwanenquelle* in den Jahren 1920/21 Schutt und Gesteine der *Keuperformation* angetroffen, z. B. Keupermergel, sandige Mergel, Gips und Dolomitenkalk. Im untersten Teil des Schachtes waren die Keupermergel locker und weich. *Hartmann* (287) konnte dabei von Stufe zu Stufe der Abteufung genau die Schichtenfolge des Untergrundes ermitteln. In 20 m Tiefe fand er hartes Gestein von unbekannter Lagerung vor, außerdem noch Stücke von *Trigonodusdolomit*. Da die *Schwanenquelle* von allen Quellen am tiefsten gefaßt ist, wären ähnliche Verhältnisse auch bei den andern Quellen zu erwarten. So konnte ebenfalls *Hartmann* (287) in der Regel im Thermalquellengebiet den mittleren Keuper oder Keuper-gips antreffen, der hier aus zwei durch Mergel getrennten Gipslagern besteht. Im unteren Teil dieses mittleren Keupers liegen zumeist die Quellfassungen. Doch trifft diese Feststellung nicht bei allen Quellen zu, denn bei der Neufassung der *Bären-Kesselquelle* stellte man fest, daß ihr Untergrund nicht aus Keupermergel, sondern aus fester Nagelfluh bestehe.

Es treten zwar alle Quellen durch den Keuper aus, aber nur bei wenigen reicht die Fassung bis auf den Felsen hinunter, wie z. B. bei der Schwannenquelle. Die meisten sind nur im Niederterrassenschotter gefaßt. In der Streichrichtung der Schichten besteht nach *Hartmann* (82) ein Achsengefälle von ca. 7—9° östlicher Richtung; deshalb reichen die Quellfassungen am rechten Limmatufer in größere Tiefe als auf dem linken. *Haberbosch* (69) untersuchte anlässlich der Renovation der Heißen Stein-Quelle den im Quellgrund befindlichen Schlamm. Er bestand zum größten Teil aus feinen Gesteinstrümmern von meist 0,1—1 mm Größe, die sich als Quarzsplitterchen des Keupermergels erwiesen. Außerdem enthielt er noch kleine, schwarze, kugelförmige und ovale Steinchen, die *Haller* (70) als Überreste fossiler Zähne bestimmte. Spuren von Buntsandstein konnten nicht nachgewiesen werden.

Wie schon erwähnt, haben Untersuchungen von *Hug* (92) ergeben, daß westlich der heutigen Limmat unter dem Haselbplateau eine ältere Erosionsrinne der Limmat vorhanden ist, die etwa 30 m tiefer liegt als das heutige Limmatbett. Man vermutet, daß die Lägernantiklinale an dieser Stelle bis in den Dolomitenkalk angeschnitten ist. Es wäre deshalb möglich, daß hier Thermalwasser austritt und sich mit dem durchfließenden Grundwasserstrom mischt.

3. Der mutmaßliche Verlauf der Quelladern

Über den Verlauf der einzelnen Quelladern ist man gänzlich auf Vermutungen angewiesen. Man kennt zwar gewisse Abhängigkeitsverhältnisse der Quellen untereinander, weiß aber nicht, durch welche geologischen Bedingungen sie im Erdinnern bewirkt werden. Es ist deshalb nicht möglich, sich an Hand dieser Feststellungen ein Bild zu machen; Tatsache ist nur, daß die Quellen untereinander in mehr oder weniger großem Zusammenhang stehen.

Mousson (146) nimmt an, daß sich ein gemeinsamer „Stamm“ in verschiedene „Äste“ abzweige. Die Quelladern stellen getrennte Kanäle dar, die miteinander in Verbindung stehen.

Nach *Peter* (303) besitzen die Quellen die Eigenschaften artesischer Felsspaltquellen. Unterhalb der Keuperschichten, die sie in senkrechter Richtung durchschneiden, durchziehen sie in zahlreichen Spalten und Klüften, die miteinander in Verbindung stehen, den Muschelkalk. Sie sind mit Aufstößen von Grundwasser zu vergleichen. Der Ertrag der Quellen ist von der Gestalt der Gerinne abhängig, die als verhältnismäßig enge Kanäle den gewachsenen Felsen durchziehen, und dem Wasser einen gewissen Widerstand entgegensetzen. Im Laufe der Zeit treten allmählich Änderungen in diesen Kanälen ein.

Scherrer (307) glaubt, daß die einzelnen Adern als geschlossene Kanäle mehrere hundert Meter in die Tiefe reichen und in einem „Zentralgeäder“ zusammentreffen. Die Adern gestalten sich proportional der chemischen Beschaffenheit, der Geschwindigkeit und der Menge des Wassers. Seit der

mittleren Eiszeit erfolgte der Austritt der Thermen nicht im Keuper und in der Trias, sondern im Lias. Das Erbohren einer Quelle ist immer ein Wagnis, weil in der Tiefe wasserdurchlässige Schichten angebohrt werden könnten, in denen das Thermalwasser einen unterirdischen Abfluß finden würde. Ein Bohrloch ist wie eine Wunde, die nach und nach vernarbt.

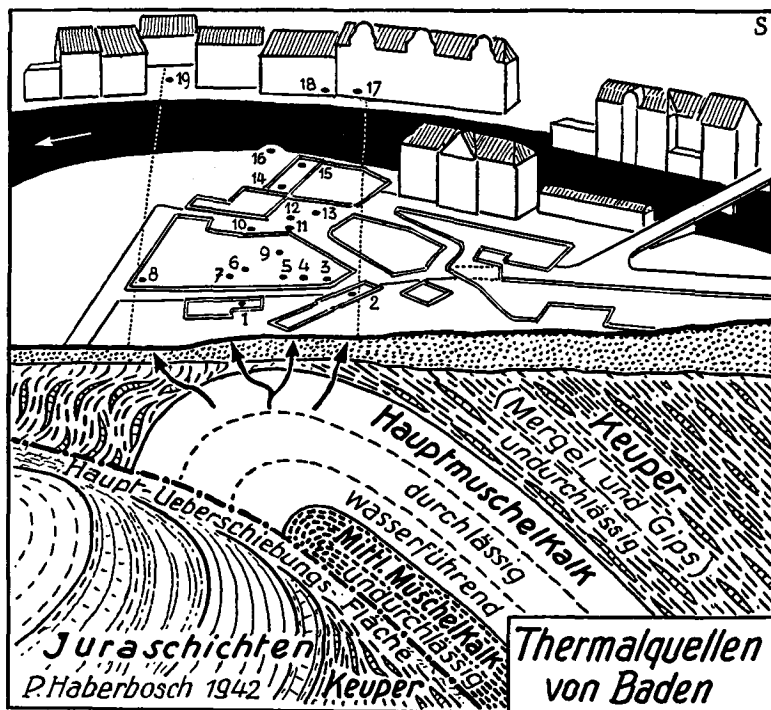


Abb. 13. Geologischer Situationsplan der Thermalquellen
Zahlenbezeichnung siehe Abb. 14

Auf einer Skizze der Quelladern zeichnet *Haberbosch* (66) den Untergrund der Quellen ein, wie er von vielen, mannigfach verzweigten und untereinander verbundenen Wasseradern durchzogen wird; von diesem Netz zweigen die einzelnen Quellschlote ab. *Haberbosch* glaubt eine nördliche und eine südliche Quellenzone unterscheiden zu können. Zur nördlichen gehören folgende Quellen: Hinterhof, Wälderhut, Großer Heißer Stein, Kleiner Heißer Stein, die beiden Stadthofquellen, die Limmatquelle und die Allgemeine Quelle in Ennetbaden. Zur südlichen Zone zählt er: Alle vier Ochsenquellen, die beiden Bärenquellen, Verena, St. Verena, Schwanen und Adler. Er stützt sich mit dieser Ansicht auf die Ergußmessungen bei verschiedenen Absenkungsversuchen, wobei die Abhängigkeitsverhältnisse studiert worden sind. Die Quellen der südlichen Zone beeinflussen sich gegenseitig sehr stark, während die der nördlichen Zone ziemlich unberührt bleiben (Abb. 13 und 14).

Lüscher (105—108) nimmt an, daß die einzelnen Adern im Muschelkalk zusammentreffen und sich dort in einem „Gerinnebündel“ vereinigen; in welcher Tiefe, ist unbekannt. Da er annimmt, daß das Wasser aus dem Gebiet der „Silberer“ stamme und unter dem Mittelland durch zu den Quellaustritten emporsteige, steht das ganze System unter dem Druck eines „Normalwasserspiegels“, der den Ausgleich des Ergusses in trockenen und feuchten Jahren bewirkt. Treten Störungen im Austrittsgebiet durch Eingriffe auf, so teilen sich diese Änderungen dem ganzen „Gerinnebündel“ mit. Lüscher hat eine Ansicht von der „mutmaßlichen Gruppierung“ der Thermalquelladern angefertigt, auf der er mittels verschiedener Farbgebung

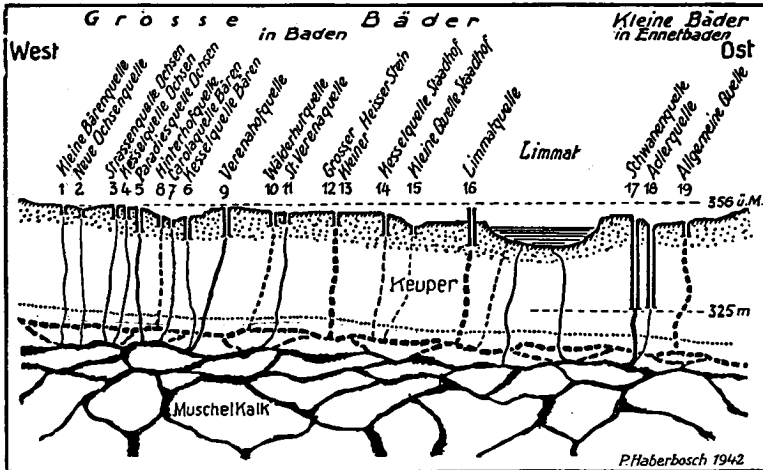


Abb. 14. Der mutmaßliche Verlauf der Quelladern nach P. Haberbosch. Die gestrichelten Adern scheinen einer nördlich, die ausgezogenen Adern einer südlich gelegenen Quellenzone anzugehören.

vier Gruppen unterscheidet, die nach seiner Ansicht in Zusammenhang untereinander stehen. Demnach stehen Ochsen-, Bären-, Verenahof-, St. Verena- und Wälderhutquellen einerseits und die Ennetbadenerquellen andererseits in engem Kontakt, während der Rest weniger beeinflussbar ist.

Nach Hartmann (82) steigt das Wasser von Osten her in der Streichrichtung der Schichten herauf, folglich findet es seine ersten Austritte in Ennetbaden. Die Schwanenquelle bezieht ihren Anteil aus einer Hauptader; würde sie genügend erweitert und vertieft, so könnte ihr der größte Teil des Thermalwassers entnommen werden.

B. Die Anzahl der Quellen

Die Nachrichten über die Anzahl der Quellen sind sehr widersprechend. Selbst Mitteilungen aus der gleichen Zeit weichen oft beträchtlich voneinander ab. So entsteht manchmal der Eindruck, es seien bald mehr, bald weniger Quellen vorhanden gewesen.

Die erste Nachricht über die Anzahl der Quellen vermittelt *Gundel-finger* (60) im Jahre 1489. Er kennt insgesamt 11 Quellen, von denen 8 in den Großen, 2 in den Kleinen Bädern und 1 in die Limmat austraten. Näher bezeichnet er nur die St. Verenaquelle und den Großen Heißen Stein. 90 Jahre später ist die Anzahl der Quellen immer noch gleich. *Pantaleon* (173) beschreibt näher nur 7 Quellen, womit er die Hauptquellen meint, im Text erwähnt er aber noch 4 weitere kleinere und ferner die frei in die Limmat ausströmenden Quellen. Mit Namen aufgezählt sind es folgende:

- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 1. Heißen Stein | 7. Ochsen Große heiße |
| 2. St. Verena | 8. Ochsen Kleine laue |
| 3. Stadhof Kessel | 9. Wälderhut |
| 4. Stadhof Kleine | 10. Ennetbaden Große |
| 5. Hinterhof | 11. Ennetbaden Kleine |
| 6. Bären Kessel | |

In späteren Jahrhunderten stützte man sich stets auf die Angaben von *Pantaleon*, so *Hottinger* (91), *Scheuchzer* (198), *Maurer* (127) und andere.

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts kennt *Dorer* (35) nur 7 gefaßte Quellen:

- | | |
|-------------------------|---------------|
| 1. St. Verena | 5. Hinterhof |
| 2. Heißen Stein | 6. Ochsen |
| 3. Stadhof Kesselquelle | 7. Allgemeine |
| 4. Wälderhut | |

Sehr wertvoll ist der von *Schultheß* (204) angefertigte Bäderplan, auf dem 17 Quellen eingezeichnet sind:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. Großer Heißen Stein | 10. Ochsen Paradies |
| 2. Kleiner Heißen Stein | 11. Stadhof Kessel |
| 3. St. Verena | 12. Stadhof Kleine |
| 4. Hinterhof | 13. Allgemeine |
| 5. } Wälderhut, fließen in | 14. } |
| 6. } einen Sammler zusammen | 15. } Kleine Adern, die ins |
| 7. } | 16. } Freibad fließen |
| 8. Bären Kessel | 17. } |
| 9. Ochsen Straßen | |

Bemerkenswert an dieser Aufstellung ist, daß die Wälderhutquelle früher aus drei einzelnen Adern bestand, und daß die Allgemeine Quelle in Ennetbaden noch einige Nebenadern besaß, von denen die eine bereits bei *Pantaleon* erwähnt ist.

Schmied und *Wiederkehr* (202) kennen nur 7 gefaßte Quellen, doch scheint es, daß sie diese Zahl einfach von *Dorer* abgeschrieben haben. Aber auch *Löwig* (104) kommt nur auf 12 Quellen, obwohl in der Zwischenzeit die frei in die Limmat ausfließende Quelle gefaßt und als „Limmatquelle“ bezeichnet worden war. *Löwig* zählt auf:

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| 1. Limmat | 3. Kleiner Heißen Stein |
| 2. Großer Heißen Stein | 4. St. Verena |

5. Staa dhof Kessel
6. Staa dhof Kleine
7. Bären
8. Wälderhut

9. Ochsen
10. Eine unbenützte Quelle
zwischen Bären und Sonne
11. Allgemeine

Sehr interessant ist hier der Vermerk einer unbenützten Quelle von 45 Maß Erguß in der Minute, also von einer ansehnlichen Quelle. Sie wird auch bei *Ruesch* (191) erwähnt, doch konnte nicht ausfindig gemacht werden, um was für eine Quelle es sich dabei handelt. Vermutlich ist eine der drei von *Schultheß* erwähnten Quelladern des Wälderhut gemeint. Sonst kennt *Ruesch* 15 Quellen:

- | | |
|---|--|
| 1. Limmat | 9. Bären Kalte |
| 2. Großer Heißer Stein (Hauptquelle) | 10. Staa dhof Kessel |
| 3. Kleiner Heißer Stein (Nebenquelle) | 11. Staa dhof Kleine |
| 4. St. Verena | 12. Ochsen |
| 5. Wälderhut | (vermutlich Paradies) |
| 6. Ungefaßte Quelle
zwischen Bären und Sonne | 13. Ochsen unbenützt
(vermutlich Straßen) |
| 7. Hinterhof | 14. Limmathof kalte |
| 8. Bären Kessel | 15. Allgemeine |

In dieser Aufstellung treten neu auf die kalten Quellen in den Dependancen zum Bären und zum Limmathof. Bei *Ruesch* findet sich auch zum ersten Mal gedruckt die Bezeichnung „Wälderhut“, nur wendet er sie nicht auf die richtige Quelle an, sondern legt sie dem Kleinen Heißen Stein zu. Die Nebenadern der Allgemeinen Quelle erwähnt er im Text, läßt sie aber nicht als eigene Quellen gelten.

In den Jahren 1843/44 kamen die neuen Quellen im Ochsen, Verena-hof, Schwanen und Adler zum Vorschein, die bei *Minnich* (136) erwähnt werden. Dessen Mitteilung von zwei neuen Quellen im Ochsen beruht auf einem Irrtum. Die Wälderhutquelle nimmt er zu 3 Adern an. Außerdem erwähnt er noch einige frei in die Limmat ausfließende Quellen, 25 Schritte vom rechten Flußufer entfernt.

Zuverlässig ist der offizielle *Leemann'sche* Bäderplan von 1844/45 (102), auf dem 20 Quellaustritte ersichtlich sind:

- | | |
|----------------------------------|--------------------------|
| 1. Freibad Ennetbaden | 11. St. Verena |
| 2. Allgemeine Ennetbaden | 12. Wälderhut |
| 3. Adler | 13. Löwen (Verenahof) |
| 4. Engel (Schwanen) | 14. Ochsen Paradies |
| 5. Limmat | 15. „ Kessel |
| 6. Staa dhof Kleine | 16. „ Straßen |
| 7. „ Kessel | 17. „ Neue (Dependance) |
| 8. Großer Heißer Stein | 18. Bären Kessel |
| 9. Kleiner Heißer Stein | 19. „ kalte (Dependance) |
| 10. Limmathof kalte (Dependance) | 20. Hinterhof |

Merian (130) scheint diesen Plan nicht gekannt zu haben, denn auf der seinem Gutachten beigelegten Skizze zeichnet er nur 2 Ochsenquellen und 1 Bärenquelle ein, dagegen 2 Freibad- und 3 Wälderhutadern. Auch *Diebold* (31) nimmt für die Wälderhutquelle trotz der inzwischen erfolgten Neufassung immer noch 3 einzelne Adern an und erwähnt wieder die kalten Quellen in den Dependancen des Bären und des Limmathofs, läßt aber die Freibadadern in Ennetbaden außer Acht. *Minnich* zählt 1871 (137) 18 Quellen auf; dabei sind die frei in der Limmat ausfließenden mitinbegriffen. Von den Adern im Ennetbadener Freibad und von denjenigen der Wälderhut sagt er, sie seien in größere Schächte zusammengefaßt worden. Die Quelle in der Dependance des Bären sei, da sie nicht mehr floß, zugedeckt worden. *Fricke* (45, 47) erwähnt, daß auch die Kesselquelle im Bären nicht mehr fließe; er kommt deshalb wieder auf eine andere Zahl als *Minnich*, wobei er die Wälderhut- und die Freibadquellen in Ennetbaden als je 2 Quellen rechnet.

Der *Schärer'sche* Bäderplan von 1919/20 (194) führt endgültig die noch heute vorhandenen und amtlich gemessenen 18 Quellen auf, nachdem die Karolaquelle im Bären neu hinzugekommen ist; ihre Zusammenstellung findet sich S. 48 (Abb. 15).

C. Die einzelnen Quellen

Jede der 18 Thermalquellen stellt eine Individualität für sich dar, die sich von den andern durch die Art der Fassung, der Fassungstiefe, der Stauhöhe, der Ergußmenge, der physikalischen und chemischen Eigenschaften unterscheidet. Die Unterschiede in Bezug auf die zwei letztgenannten Eigenschaften sind zwar nicht so augenscheinlich wie die andern. Vor 1800 hat man sich überhaupt wenig um die einzelne Quellenindividualität gekümmert. In den früheren Jahrhunderten flossen die Quellen zumeist direkt in die Badebassins selbst aus; diese bildeten also sozusagen einfach den obersten, stark erweiterten Teil der Fassung. Einzelne Quellen waren überhaupt nicht gefaßt oder höchstens mit einer durchlocherten Steinplatte (Lochsteinfassung) versehen wie die St. Verenaquelle. Dagegen wurde — wie übrigens heute noch — sehr großer Wert auf die rechtlichen Verhältnisse gelegt, d. h. auf das jedem Quellenbesitzer und Anteilhaber zustehende Wasserquantum.

Erst um 1800 wurde man sich allmählich bewußt, daß Fassungstiefe, Fassungsart und vor allem Stauhöhe einen sehr wesentlichen Einfluß vor allem auf die Ergiebigkeit der Quelle ausüben. Auch Eingriffe in die unmittelbare Umgebung der Quellen erkannte man als folgenschwer. So wurden dann später diese Erkenntnisse immer mehr berücksichtigt und die Probleme schließlich auch unter wissenschaftlichen und technischen Gesichtspunkten betrachtet. In rechtlicher Hinsicht — nach der Gründung des Kantons Aargau 1803 — übernahm immer mehr der Staat die Oberaufsicht über die Quellen. Diese Maßnahme äußerte sich schon bei der 1828 erfolgten Fassung der bis anhin im Limmattbett ausfließenden Limmatquelle. Als dann in den

Jahren 1843 und 1844 durch die Ergrabung und Erbohrung von vier neuen Quellen die Verhältnisse im Quellengebiet in geradezu revolutionärer Weise umgestaltet wurden, erließ die Aargauische Regierung ein allgemeines Verbot des Grabens und Bohrens nach neuen Thermalquellen. Dieses Dekret vom 11. Dezember 1844 (264) über den Schutz der Heilquellen gehört zu den wichtigsten rechtlichen Dokumenten. Es wurde am 12. Januar 1869 ergänzt durch ein neues, endgültiges Dekret (265). Zwischen diesen zwei wichtigen rechtlichen Verordnungen ist am 2. August 1858 durch *Rotpletz* ein Verbal (304) ausgearbeitet worden, das die technischen Anlagen (Fassungen) und vor allem die Stauhöhen der einzelnen Quellen festhielt und festsetzte. Dieses Verbal hat auch heute noch rechtliche Gültigkeit. In der Folge sind allerdings zahlreiche Änderungen und Eingriffe (Reparaturen, Neufassungen, Vertiefungen der Fassungen, und vor allem Änderungen an den Ausflußhöhen) vorgenommen worden; doch bedurfte es dazu jedesmal der Begutachtung und der Einwilligung der Regierung. Alle diese Veränderungen haben heute noch provisorischen Charakter. Es kann hier nicht näher auf sie eingegangen werden, obwohl sie vor allem für die Ergiebigkeit jeder einzelnen Quelle von großer Bedeutung sind.

Einen besonders wertvollen Regierungserlaß stellt die Anordnung der regelmäßigen, periodischen Ergiebigkeitsmessungen dar. Vor 1844 sind die Quellen nur sporadisch und nicht in ihrer Gesamtheit gemessen worden, so daß man leider über die Verhältnisse vor der Entdeckung der neuen Quellen nur unvollständig im Bilde ist. Seither aber konnte man sehr wertvolle Einblicke in das System der Quellen, ihren gegenseitigen Zusammenhang und ihre Abhängigkeit von den Niederschlägen gewinnen. Großen Nutzen zogen daraus auch die auf rechtlicher Basis beruhenden Belange.

Aus der nachfolgend zusammengestellten Tabelle lassen sich die Stauhöhe, die Schachttiefe und der ungefähre Durchmesser, wie sie heute Geltung haben, ersehen. Auf die Frage, warum denn die Quellen so verschieden tief gefaßt und verschieden hoch gestaut sind, kann hier nicht näher eingetreten werden; es sind geologische, hydrologische, historische und iuristische Faktoren an diesem Zustand beteiligt. Die Änderung des verbalgemäßen Zustandes an einer Quelle hat meistens sofort weitgehende Veränderungen auch an den andern Quellen zur Folge, so daß möglichst der traditionelle Zustand beibehalten wird. Tatsache ist, daß der gegenwärtige Zustand den Anforderungen an die optimale Nutzung einer Heilquelle nicht entspricht und daß eine Sanierung dringend notwendig ist. Die Voraussetzungen und die Möglichkeiten zu einer solchen Sanierung werden S. 80 gestreift.

Die Quellen sind in Privatbesitz. Doch gehören nicht alle Quellen einem einzigen Besitzer; vielfach sind an einer Quelle mehrere Anteilhaber berechtigt (Allgemeine, Limmat-, Heiße Stein-, Wälderhutquelle). Es handelt sich um althergebrachte Rechte, die den prozentualen Anteil am Erguß der Quellen festlegen.



Tabelle 1
Koten der Auslaufhöhen und Fassungenstiefen, Tiefe und Durchmesser der Quellenschächte.

Quellen	Kote der Auslaufhöhe Höhe über Meer m	Kote der Fassungenstiefe Höhe über Meer m	Schachttiefe m	Durchmesser schätzungsweise m
1. Allgemeine	351,22	341,75	9,47	0,60
2. Adler	350,96	331,62	9,34	0,15
3. Schwanen	352,10*)	332,20*)	19,81*)	0,30
4. Großer Heißer Stein	354,18	350,38	3,80	1,50
5. Kleiner Heißer Stein	354,31	350,66	3,65	0,60
6. Limmat	352,86	343,86	9,00	0,15
7. St. Verena	354,17	351,72	2,45	0,80
8. Staadhof Kessel	353,75	345,86	7,89	0,70
9. Staadhof Kleine	350,28	342,79	7,49	0,35
10. Wälderhut	354,47	350,27	4,20	0,80
11. Ochsen Paradies	355,75	347,56	8,19	0,45
12. Ochsen Straßen	356,14	352,60	3,54	0,30
13. Ochsen Kessel	355,52	351,98	3,54	0,30
14. Ochsen Neue	355,46	353,21	2,25	0,25
15. Hinterhof	352,93	350,20	2,73	0,75
16. Bären Kessel	354,24	343,50	10,74	0,45
17. Bären Carola	352,62	352,62	—	—
18. Verenaohf	355,91	346,82	9,09	0,45

Die Höhen beziehen sich R. P. de Niton = 373,60 m neuer Horizont.

*) Diese Angaben beziehen sich auf die Fassung von 1920/21. Die Stauhöhe des jetzigen, in die alte Fassung eingetriebenen, Rohres steht auf 359,66 m, die Unterkante des Rohres auf 324,71 m, die Rohrlänge beträgt also 34,95 m.

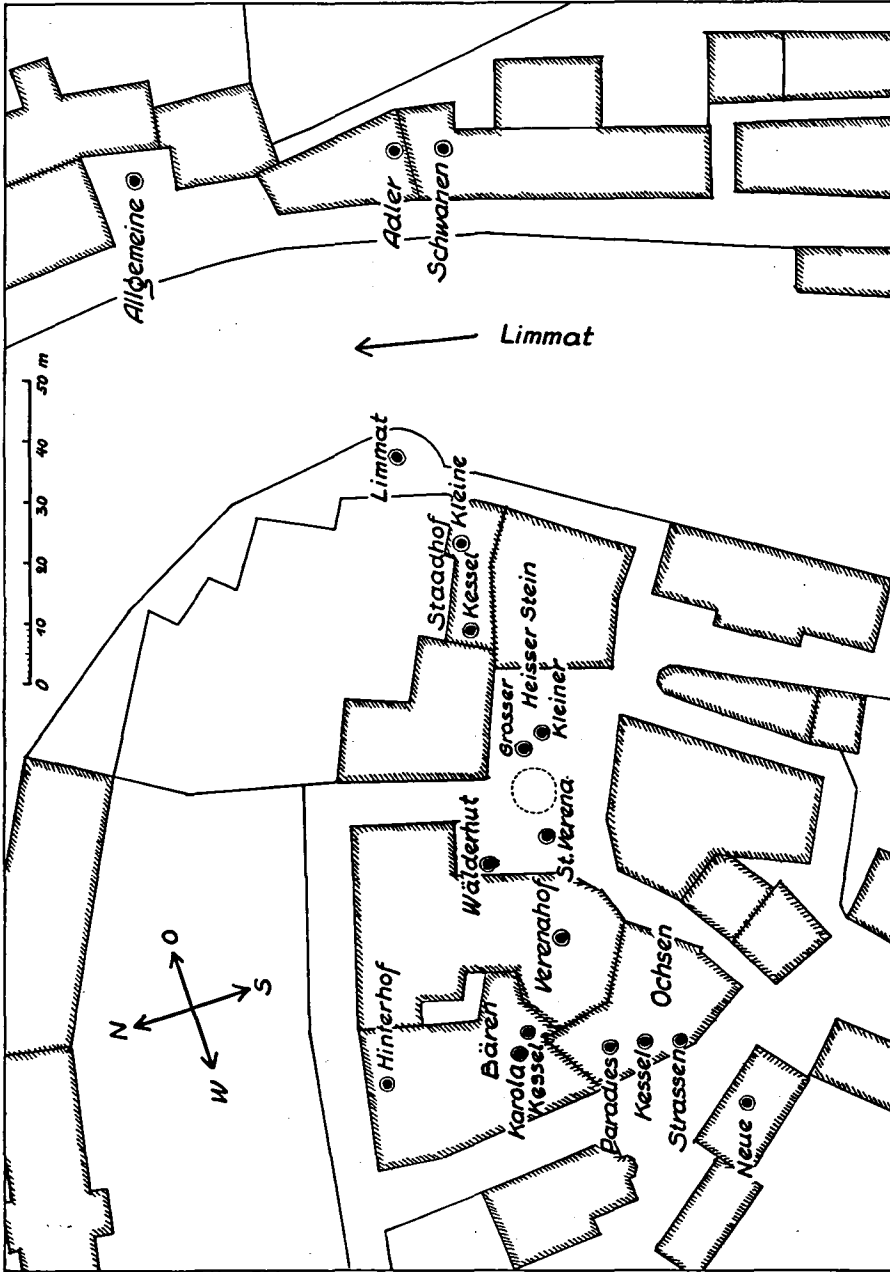


Abb. 15. Lageplan der Thermalquellen von Baden

1. Die gegenwärtig benützten, amtlich gemessenen Quellen

1. Die Allgemeine Quelle in Ennetbaden

Die Allgemeine Quelle nimmt in den Kleinen Bädern die gleiche Stellung ein wie der Heiße Stein in den großen Bädern. Sie gehört mehreren Besitzern zusammen, die mit bestimmten Anteilen an ihr berechtigt sind. Sie zählt zu den am frühesten bekannten Quellen. Neben der Hauptquelle bestanden noch einige kleinere ungefaßte Nebenadern, die ihr Wasser in die dortigen öffentlichen Bäder (Freibad, Schröpfbad, Judenbad) abgaben. Diese kleinern Nebenquellen wurden, wie *Minnich* mitteilt (137), 1859 in einer neuen Fassung mit der Hauptquelle vereinigt.

1799 wurde die Quelle von den abziehenden Franzosen aus Böswilligkeit zerstört und verstopft, so daß während zwölf Stunden kein Thermalwasser mehr floß (2). Sie erhielt deshalb noch im gleichen Jahre eine neue Fassung; im Quellenkranz wurden drei gleich große Ausläufe für die drei Anteilhaber angebracht: der erste für das öffentliche Bad, der zweite für die nördlich gelegenen Gasthäuser Hirschen und Rebstock, der dritte für die südlich gelegenen Gasthäuser Engel und Sternen. 1809 sollte die Quelle höher gebaut werden; die Gasthofbesitzer erklärten sich aber gegen die Ausführung des Planes, weil sie Veränderungen am Erguß fürchteten. Nach *Ruesch* (191) war die Quelle rund mit Quadern eingefäßt und mit einer Steinplatte gut zugedeckt. Neufassungen erfolgten in den Jahren 1850 und kurz darauf, wie schon erwähnt, 1859 durch Architekt *C. Jeuch* von Baden, wobei der Quellschacht vertieft wurde (vgl. Abb. 26).

Im Winter 1944/45 wurde unter der Leitung von *R. Witzig* (311) der Quellkranz renoviert. Der alte hölzerne Verteilerkranz wurde entfernt und an seiner Stelle der Rand mit behauenen Quadern aus Gneis eingefäßt. Der Verteiler aus Steinzeug kam neben die Quelle zu liegen. Der Quellschacht selbst ist mit zwei Lagen von Brettern aus Fichtenholz bedeckt und gegen den Platz mit einem Elkingtondeckel abgeschlossen. Anlässlich der Renovationsarbeiten konnte *Witzig* feststellen, daß der Quellschacht eine Wandstärke von 50 cm aufweist und aus roten Vollziegelsteinen gemauert ist. Diese Mauern waren noch vollkommen intakt. Oben ist der Schachtgrundriß kreisrund mit einer lichten Weite von etwa 60 cm, unten ist er ellipsenförmig in der O—W-Richtung erweitert.

2. Die Adlerquelle

Die letzte der vier in den 40er Jahren des 19. Jahrhunderts entdeckten Quellen war die Adlerquelle. Sie wurde am 5. Juni 1844 durch Bohrung erschlossen. Die obere Hälfte des Bohrloches wurde mittels durchbohrter Fichtenstämme von ca. 12 cm Durchmesser gefäßt; die untere Hälfte blieb unverrohrt. Die Quellenmündung erhielt eine Fassung von Backsteinen. Es handelte sich von Anfang an um eine unbedeutende Quelle mit nur geringem Erguß, so daß seit der Entdeckung keine Änderungen mehr an ihr vorgenommen worden sind. In Bezug auf den Chemismus weist das Wasser einen niedrigeren Gehalt auf als die übrigen Quellen; wahrscheinlich dringt am Grunde Wildwasser ein. Der Erguß ist so gering, daß von einer eigentlichen Benützung nicht gesprochen werden kann.

3. Die Schwanenquelle

Zu den bemerkenswertesten Erscheinungen der Badener Thermen gehört die Schwanenquelle. Sie wurde am 30. März 1844 unter dramatischen Umständen durch Bohrung entdeckt. Neben der kleinen Adlerquelle ist es die einzige Quelle, die durch Bohrung erschlossen worden ist. Nach einem authentischen Bericht von *P. Küpfer* (300) wurde zwar zuerst mit Graben begonnen, weil sich beim Errichten der Fundamente eines Neubaus Spuren von Thermalwasser gezeigt hatten. Beim Weitergraben stieß man auf reichlicheren Erguß von Thermalwasser, so daß Grabarbeiten nicht mehr möglich waren und in etwa 9 m Tiefe ein Bohrer eingesetzt werden mußte. Zuerst blieb der Erfolg aus, bis durch Wegräumen von Schutt und Schlamm die Ausbruchsstelle entlastet wurde, so daß eine sehr reiche Quelle hervorbrach. Bei der Fassung kam zum ersten Mal an

einer Badener Thermalquelle Metall zur Anwendung, indem ein 23 m langes gußeisernes Rohr von 20 cm Durchmesser versenkt und außen mit Zement und Mauerwerk aus Backsteinen umgeben wurde. Die unterste Partie des Bohrloches jedoch (von ca. 22 m bis ca. 28 m Tiefe, also etwa 6 m) wurde nicht verrohrt. Die allzu flüchtige und unsorgfältige Ausführung der Fassung rächte sich schon nach kurzer Zeit. Der unverrohrte Teil wurde bald durch angeschwemmtes Material verstopft, so daß die Fassung schon 1856 erneuert werden mußte. Dabei wurde ringsum noch eine doppelte Spundwand von Föhrenholz angebracht. 1858 wurde der obere Teil mit einer neuen gemauerten Fassung versehen und ein achteckiger Sandstein mit einer Öffnung von 30 cm lichter Weite als Quellenstock verwendet. Aber auch bei dieser Fassung blieb der unterste Bohrlochabschnitt unverrohrt, so daß sich bald wieder die gleichen Erscheinungen — Verstopfung des Bohrloches, Rückgang des Ergusses — zeigten. Auch ein Absenken des Auslaufniveaus brachte keine endgültige Besserung. 1871 waren bereits wieder neue Fassungsarbeiten notwendig. 1893 wurde der Quellenstock erneuert.

Im Winter 1920/21 erfolgte eine totale Neufassung. Man teufte einen Schacht von etwa 2,00 m Durchmesser und etwa 16 m Tiefe ab, um den Quellgrund besser zugänglich zu machen. Dieser Schacht wurde als ständig bleibender Kontrollschacht ausbetoniert. Unterhalb des Schachtes wurde die Fassung mit Zementrohren von ca. 1 m Durchmesser gegen die Umgebung abgeschirmt. Die Quelle selbst wurde nicht mehr in der gleichen Tiefe gefaßt wie das frühere Bohrloch, sondern viel weiter oben in etwa 20 m Tiefe. Der trichterförmige Fassungskörper wurde aus Föhrenholz hergestellt und mit Blei verkleidet. Das Wasser führte man in einem Steinzeugrohr in die Höhe; dieses wurde außenherum mit Zementrohren umkleidet und der Zwischenraum mit Beton ausgefüllt. Trotz dieser umfangreichen Neufassung blieb auch diesmal der endgültige Erfolg aus, weil der Ertrag der Quelle in den folgenden Jahren wieder ständig sank. Untersuchungen ergaben, daß die Fassung selbst vollkommen intakt war und keine Veränderungen durch die Einwirkung des Thermalwassers erlitten hatte. Es mußte deshalb angenommen werden, daß das Thermalwasser in der Umgebung des Schachtes einen leichteren Ausweg gefunden hatte. Es wurde deshalb im Winter 1935/36 die ganze Umgebung des Schachtes durch Zementinjektionen abgedichtet, worauf tatsächlich anfänglich der Erguß auf die alte Ergiebigkeit gesteigert wurde. Über diese Arbeiten gibt *Hartmann* ausführlich Aufschluß (78, 290). Doch ist damit die Leidensgeschichte der Schwanenquelle noch nicht abgeschlossen.

Der Erguß sank nach kurzer Zeit fortwährend und erreichte bald wieder einen Tiefpunkt. Erst allmählich kam man darauf, daß die Ursache des ständigen Rückganges des Ergusses in der Verstopfung des untersten Teiles des früheren Bohrloches liegen könnte. Als erster wies auf diesen Umstand *Keller* hin (298, 299). Im Herbst 1942 wurde die Quelle mit Sandfängern von Schuttmaterial gesäubert, doch erwies sich diese Maßnahme immer noch als ungenügend, so daß im Februar 1943 mittels Bohrer das alte Bohrloch ausgeräumt werden mußte. Nun stieg der Erguß wieder sprunghaft an. Es wurde innerhalb der Steinzeugfassung von 1921 ein Rohr aus V4A Stahl von etwa 8 cm Durchmesser in die Tiefe getrieben und diesmal auch die unterste Partie des Bohrloches von 1844 verrohrt, um eine erneute Verschlammung und Verstopfung zu verhindern. Außerdem war eine regulierbare Ausflußvorrichtung vonnöten, um den Ertrag der andern Quellen, die durch den großen Erguß der Schwanenquelle in Mitleidenschaft gezogen worden waren, wieder herzustellen. Die ganze Einrichtung dient laut *Hagen* (286) immer noch als Provisorium bis zur endgültigen Regelung der ganzen Angelegenheit. Im Grunde genommen bezieht die Schwanenquelle zur Zeit ihr Wasser aus zwei Fassungen, nämlich aus der „gegrabenen“ Fassung von 1920 und aus der „erbohrten“ Fassung von 1844, die 1943 wiederhergestellt worden ist.

4. Die Große Heiße Stein-Quelle

Der Große Heiße Stein, wie die Quelle allgemein genannt wird, gehört zu den ältesten und auffallendsten Quellen, weil er mitten auf dem Hauptplatz der Bäder liegt. Er hat seinen Namen von einer mächtigen, fünf- oder sechseckigen Steinplatte, welche

die Quellenmündung überdeckt, und die schon auf den ältesten Ansichten von Baden dargestellt ist. Der Stein ragte ursprünglich in Sitzhöhe über den Boden empor und fühlte sich infolge der darunter liegenden Quelle warm an. Anlässlich der Einebnung des Bäderplatzes im Jahre 1844 wurde er, wie man vermutet, um etwa die Hälfte seiner ursprünglichen Höhe abgemeißelt und in den Boden eingelassen, so daß er heute plan mit dem Fußboden liegt. Nach anderer Version wurde der Platz bis zur Oberkante des abgemeißelten Steines aufgefüllt.

Infolge des beträchtlichen Umfangs und des großen Gewichtes des Steines wurde die Quelle selten geöffnet. Wenn dies geschah, so wurde dieses Ereignis immer besonders vermerkt. *Gundelfinger* (60) berichtet von einer Öffnung, die im Jahre 1420 erfolgt war, wobei er mitteilt, die Quelle habe eine runde Öffnung und eine tiefe Fassung. Am Quellengrunde seien römische Götterbilder gefunden worden. Ein Jahr später wurde die Quelle neu gefaßt; schon damals verbot der Rat das Tiefergraben von Quellen. 1634 wurde laut *Amberg-Falck* (284) der Quellenkranz mit den Verteilrinnen erneuert.

Die äußere, auffallende Gestalt lenkte die Aufmerksamkeit aller Besucher der Bäder auf sich, so daß man in allen Reiseberichten und balneologischen Schriften in erster Linie den Heißen Stein erwähnt findet. Oft stößt man dabei auf die Bezeichnung „Hauptquelle“, wohl auch deswegen, weil an keiner Quelle so viele Anteilhaber berechtigt waren wie am Heißen Stein. Er ist auch heute noch diejenige Quelle, die den größten Durchmesser aufweist, nämlich etwa 1,50 m. Seine besondere Stellung wurde früher alljährlich durch eine amtliche „Zeremonie“ bestätigt: Jedes Jahr am Montag in der Karwoche versammelte sich morgens 7 Uhr beim Heißen Stein der Stadtrat. In seiner Gegenwart wurde der südliche, bewegliche Teil der Platte, unter dem sich die Verteilerrinnen befanden, weggeschoben. Dann wurden die Leitungen untersucht und gereinigt und der Verteiler, der nach *Maurer* (127) aus Blei bestand, neu gelegt. Als Grundlage der Zumessung diente ein Modell des Heißen Steins, „Badschüssel“ genannt, an dem die Verteileröffnungen angebracht und die Maße auf Messingstäben verzeichnet waren. Dieses Modell hat *Hess* (88) noch auf dem Stadtarchiv aufbewahrt gesehen. *Leemann* (102) zeichnete die „Badschüssel“ auf dem Katasterplan von 1844/45 in der Ecke zwischen Stadhof und Schweizerhof ein. Heute ist dieses wichtige Requisite für die Kenntnis der alten Quellenbeschaffenheit nicht mehr auffindbar.

Ruesch (191) bemerkt, die Platte werde alle 10 Jahre entfernt; ausdrücklich sind erwähnt die Jahre 1824 (53), 1844 (136) und 1869 (137), wobei jedesmal an der Unterseite des Steines Schwefelablagerungen gefunden werden konnten. *Minnich* (136, S. 130) erwähnt, der frühere aus festem Kalkstein bestehende Deckstein der Heißen Steinquelle, der vom Jahre 1699 bis 1822 als Decke dieser Quelle diente, sei von den aufströmenden Gasen über 10 Zoll (ca. 25 cm) tief wellenartig ausgehöhlt worden; er sei im Innern des Stadhofes aufbewahrt. Die Jahrzahl 1822 steht aber im Gegensatz zur Mitteilung *Pflugers* (174, 175), der Heiße Stein sei 1828 nach dem gewohnten Umlauf von 10 Jahren geöffnet worden. Auf einer alten Ansicht des Bäderplatzes, auf der bereits das 1828 umgebaute Hotel Raben zu sehen ist, ist der Heiße Stein noch eingezeichnet. Verena- und Freibad sind erst 1844 entfernt und der Platz eingeebnet worden; es ist deshalb mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß auch der Heiße Stein im gleichen Jahre tiefer gesetzt worden ist. *Pfluger* gibt übrigens von der Heißen Stein-Quelle eine Schilderung, indem er schreibt, sie befinde sich in einem $11\frac{1}{2}$ Fuß (ca. 3,50 m) tiefen und 5 Fuß (1,50 m) Durchmesser haltenden, mit harten Steinen ausgemauerten Behälter. Der Deckstein sei 1 Fuß (30 cm) von der Oberfläche des Wassers entfernt. Auch nach *Mousson* (146) beträgt die Tiefe 12 Fuß (3,60 m). 1839 wurde der Verteiler neu angefertigt und 1847 nochmals umgestaltet (2). Das Verbal von 1858 (304) erwähnt, daß sich auf dem Grunde der Quelle Kieselsteine in unordentlicher Lage befänden.

Die jetzige Fassung ist wohl ungefähr 100 Jahre alt. Sie ist anlässlich der Renovation im Winter 1943/44 durch *Witzig* (309) gründlich untersucht worden: Der Quellschacht ist mit 50–60 cm breiten Granitquadern ausgemauert. Oben beträgt der Durchmesser 1,50 m, während ca. 50 cm über dem Quellengrund die Wände ringsum um etwa 45° nach außen zurückspringen und so eine konische Ausweitung bilden.

Außen ist der Schacht mit Lehm gut abgedichtet. Gegen den Kleinen Heißen Stein zu, also gegen Osten, ragt ein etwa 1 m breiter und 1,5 m hoher Felsblock um 20—30 cm in den Quellschacht hinein, dessen Wände beidseitig an den Felsen angemauert sind. Der Quellgrund ist felsig, leicht gewellt, und verläuft waagrecht. Er ist mit einer 20—30 cm hohen Quarzsandschicht bedeckt; an den Stellen, wo die Adern münden, mit einer etwa 10 cm hohen Schicht. Die Mündungen dieser Quelladern, die bis faustgroß sind, liegen nicht im Zentrum des Schachtes, sondern seitlich gegen Südosten unter der vorspringenden Ausbuchtung der Schachtwand. So erklärt es sich, warum die Gasblasen nicht an der ganzen Oberfläche der Quelle zutage treten, sondern nur in der südlichen Hälfte längs der Schachtwand. Es scheint also, daß bei der Anlage der Fassung nicht das Zentrum der Austrittsstelle getroffen worden ist. Im Winter 1943/44 wurde der alte Quellkranz mit den Verteilerrinnen entfernt und durch Granitplatten ersetzt. Es besteht jetzt nur noch eine Abflußrinne, während die Verteileranlage neben die Quelle zu liegen kam und mittels eines eigenen Schachtes zugänglich ist (Abb. 40).

5. Die Kleine Heiße Stein-Quelle

Der Kleine Heiße Stein wird meistens zusammen mit dem Großen erwähnt. Viele Autoren sprechen überhaupt nur vom „Heißen Stein“ wie von einer Quelle oder höchstens von einer „Doppelquelle“. Es handelt sich aber um zwei durchaus selbständige Quellen, die allerdings nahe beieinander liegen, in engem Zusammenhang stehen und auch in chemischer Hinsicht wenig variieren. Der Kleine Heiße Stein war wie der Große von einer Steinplatte bedeckt, die aber viel kleiner war. Die Quelle lieferte ihr Wasser direkt in das dicht nebenan befindliche öffentliche Freibad. 1839, als der Verteilerkranz am Großen Heißen Stein erneuert und das Freibad geschlossen wurde, leitete man das Wasser des Kleinen Heißen Steins direkt in den Großen hinüber. Von dort her erfolgte dann die Gesamtverteilung. Seit 1944 fließt das Wasser nicht mehr direkt in die große Quelle, sondern in den daneben liegenden Verteiler. Bei dieser Gelegenheit wurde der Kleine Heiße Stein von *Witzig* (309) näher untersucht: Bis in etwa 2,8 m Tiefe ist der Schacht mit Quadern vertikal ausgemauert. Dann erweitert er sich kaminförmig in nördlicher und südlicher Richtung. Eine größere Ader von etwa 15—20 cm Durchmesser tritt in der nordöstlichen Ecke des Quellgrundes ein, während sich in der Mitte einige kleinere, von zentrischen Sandkegeln umgebene Öffnungen befinden. Der harte Grund ist von einer 15—20 cm hohen Quarzsandschicht bedeckt.

6. Die Limmatquelle

Die Limmatquelle gehört zu den schon sehr früh erwähnten Quellen, doch floß sie früher, wie der Name sagt, frei in die Limmat aus. Schon *Gundelfinger* (60) erwähnt eine Quelle im Fluß. *Pantaleon* (173) berichtet, sie sei von Schwimmern an den Füßen gespürt worden. Etwas genauer schildert *Maurer* (126) die Stelle: „Merkwürdig ist vorzüglich die meistens nur im Winter in ihrer ganzen Ausdehnung sichtbare Hervorquillung des mineralischen Wassers, wenige Fuß vom Gestade, hinter dem Stadhof. Im Umfang von etwa 8 Fuß drängt sich durch tausend Öffnungen, Wasser mächtig hervor. Man sieht unzählige Bläsgen emporsteigen. Alle herumliegenden Steine sind gelblich weiß, und mit kalchichten Theilen überzogen. Da das kleine Wasser nur wenige Zoll hoch darüber steht, so kann man leicht mit der Hand die Wärme des Mineralwassers fühlen.“

Bestrebungen, diese Quelle zu fassen, besonders von Seiten des Stadhofbesitzers, waren schon seit längerer Zeit im Gange, wie *Hess* (88) berichtet; doch mußte das Vorhaben infolge des Einspruchs der anderen Quellenbesitzer unterbleiben. 1824 erneuerte der Besitzer des Stadhofs sein Gesuch (2), doch wollte die Aargauische Regierung die Quelle nicht in privates, sondern in staatliches Eigentum überführen. Von da an nahm sich die Regierung wiederholt der Sache an; 1825 weilte erneut eine Kommission in Baden, wobei das Wasser dieser Quelle von *Gimbernat* in chemischer und physikalischer Hinsicht untersucht wurde (277). Auch jetzt wurde sowohl von Seiten

der Stadt wie der Gasthofbesitzer versucht, die Sache zu hintertreiben; die Regierung jedoch erklärte die Quelle kurzerhand als Staatseigentum. Die Fassung erfolgte aber erst im Winter 1828/29 bei einem außerordentlich niedrigen Limmatwasserstand. Der Schacht reichte etwa 12 Fuß (3,60 m) unter das Flußbett. Er wurde mit schön behauenen Mägenwiler Muschelsandsteinen ausgemauert, im Innern jedoch mit Backsteinen ausgefüllt; die lichte Weite betrug 3,5 Fuß (ca. 1 m) (304). Über den Quellenstock kam eine turmartige, kleine Rotunde zu stehen, die oben durch einen runden, steinernen, festverkitteten Deckel, verschlossen war. Die Fassung geschah in einer für die damalige Zeit vorbildlichen Weise. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts zeigten sich an der Limmatquelle Wasserverluste. Es wurde deshalb eine Neufassung notwendig, die der bekannte Quellentechniker *Scherrer* aus Neunkirch durchführte (307). Quellenturm und Schacht wurden vollständig abgetragen und die Quelle bis zum Eintritt der Adern aus dem Untergrund frei gelegt. Dabei konnte *Schmidt* (308) die Quellöffnung genauer studieren: Sie stellt ein rundes, in O—W-Richtung elliptisches Loch von etwa 2,50 m Durchmesser und ca. 1,50 m Tiefe dar. Die Wandungen des Quell-Loches sind abgeschrägt, und seine Sohle ist gegen die südliche Wand gerückt. In der südlichen Hälfte des Bassins, auf einem Streifen von etwa 80 cm Breite in der O—W-Richtung steigen Gasblasen auf. Rings um diese Austrittsstelle wurde zunächst ein breites, weit in den Fluß hinausreichendes Fundament angelegt, dann wurde die Kontaktstelle mit einem breiten Holzrost und einer darüber gelegten Bleiplatte abgedichtet. Auf diese kam ein Kranz von Kalksteinquadern und auf diesen Kranz der Schacht und der Quellenturm zu stehen. Im Innern wird das Quellwasser durch ein Kupferrohr von 15—30 cm Durchmesser in die Höhe geführt. Der Hohlraum zwischen Schacht und Steigrohr ist mit Lehm ausgefüllt. Der Quellenkranz ist aus Steinzeug angefertigt und mit einer Holzplatte bedeckt. Die Quelle ist noch heute in einwandfreiem Zustand und stellt wohl die bestgefaste Quelle von Baden war (vgl. Abb. 28).

7. Die St. Verenaquelle

Weniger auffällig als der Heiße Stein, aber ebenso berühmt, war die St. Verenaquelle. Sie trat früher in das auf dem Bäderplatz liegende, für die minderbemittelten Kurgäste bestimmte St. Verenabad aus. Die Quelle galt als besonders heilsam bei Unfruchtbarkeit, und weil St. Verena als die Patronin der ehelichen Liebe verehrt wurde, erhielt die Quelle und das Bad ihren Namen. Die Quelle war ungefaßt und trat durch eine mit einer großen runden Öffnung (6 Zoll \varnothing = ca. 20 cm) versehene Granitplatte (Lochsteinfassung) in das Bassin aus. Als runden Felsen mit einem tiefen Loch beschreibt sie *Gundelfinger* (60), im Volksmund „Verenaloch“ genannt. *Pantaleon* (173) nennt sie eine „reichliche Quelle, die viel Blasen aufwirft“, „wie wenn ein Hafen aufwaltet“. Während Jahrhunderten füllte die Quelle auf diese Weise das Verenabad.

Erst 1844, als das Verenabad entfernt und der Platz eingeebnet wurde, erfolgte durch *C. Jeuch* eine eigentliche Fassung im heutigen Sinne, nachdem schon 1840 ein Quellenstock von $2\frac{1}{2}$ Fuß (75 cm) Höhe und 1 Quadratfuß Oberfläche (30×30 cm) darüber errichtet worden war. Man konnte damals feststellen, daß das Wasser aus vielen kleinen Öffnungen in mannigfaltigen Krümmungen aus der harten Nagelfluh in die Fassung eintrete. Der Schacht wurde aus Backsteinen gemauert und darüber ein kleines Quellenhaus errichtet. Dieses mußte jedoch 1863 auf Verlangen der Anstößer entfernt werden. Seither befindet sich die Quelle etwa 1 m unter dem Bäderplatz in einem kleinen niedern Raum. 1905 erfolgte eine Neufassung (Abb. 56 und 57).

8. Die Stadhof Kesselquelle

Die Quelle ergoß sich früher, wie aus der Schilderung *Pantaleons* (173) hervorgeht, direkt in ein Badebassin. Der Umfang der Mündung betrug etwa 20 Spannen. Im Schacht war ein Gitter angebracht, so daß man etwa bis Brusthöhe in die Quelle hineinstehen konnte. Bei Renovationsarbeiten im Jahre 1815 fand man laut *Hess* (88) verschiedene römische Altertümer (Bruchstücke von Marmorplatten, bleierne Wasser-

röhren, Siegelringe). Im Frühjahr 1854 wurde die Quelle aus Backsteinen neu erbaut (304). Bei dieser Gelegenheit fand man römische Mosaiksteine und kupferne und silberne Münzen. 1936, bei der Erbauung der Kuranlage, wurde die Quellenmündung in Steinzeug gefaßt, mit Klinker umgeben und mit einer Glasglocke überwölbt. Die Quelle wird elektrisch beleuchtet und ist öffentlich zugänglich (Abb. 31).

9. Die Kleine Staaahofquelle

Sie wurde nach dem Bericht von *Pantaleon* (173) zehn Schritte von der Limmat weg von Hans Jakob Überlinger gefaßt, hatte einen Umfang von 4 Spannen und warf „lustige Bläterlin“ auf. Sie belieferte eines der Bäder im Erdgeschoß der Hintergebäude des Staaahofs. Später wurde über ihr nach *Ruesch* (191) ein Dampfbad errichtet. Nach dem Abbruch der Staaahofgebäude im Jahre 1936 kam sie unter die neue Trinkhalle zu liegen und ist jetzt dort in einem kleinen Schacht zugänglich. Da es sich nur um eine unbedeutende Quelle von etwas niedrigerer Temperatur und geringem Schwefelwasserstoffgehalt handelt, wird sie gegenwärtig nicht benützt.

10. Die Wälderhutquelle

Die sogenannte Wälderhutquelle — der Ursprung der Bezeichnung ist unbekannt — gehört ebenfalls zu den älteren Quellen. Ursprünglich handelte es sich um mehrere kleine, ungefaßte Adern. *Pantaleon* (173) umschreibt die Lage „fünf Schritte hinter dem Verenaabad“. Vom Bäderplatz aus führte früher eine kleine Gasse zwischen Halbmond und Sonne hinüber zum Hinterhof; am Beginn dieser Gasse lagen die Quelladern. *Hess* (88) teilt mit, daß sie ihr Wasser in einen gemeinsamen Sammler ergossen. 1850 wurden diese drei Quelladern in einer einzigen, aus Backsteinen gemauerten Fassung vereinigt und tiefer gefaßt. Der Quellengrund erwies sich dabei als ein hartes, löcheriges Konglomerat (304). Eine Renovation erfolgte im Jahre 1922. Die Wälderhutquelle befindet sich heute unter einer Steinplatte vor dem Eingang zum Verenaahof. Es ist eine Erneuerung geplant.

11. Die Ochsen-Paradiesquelle

Von den vier Quellen im Ochsen entspringen drei im Hauptgebäude des Hotels. Zwei davon gehören zu den alten Quellen; aus den früheren Beschreibungen geht aber nicht hervor, welche damit gemeint sind. Die eine Quelle wird als reich und heiß geschildert; mit großer Wahrscheinlichkeit handelt es sich dabei um die Paradiesquelle. *Gessner* (50) sagt von ihr aus, daß man viele Stufen zu ihr hinunter steigen müsse; man nenne sie deshalb die „tiefe Quelle“. Sie nehme sich wie ein „Krater“ aus, das heißt wie eine tiefe Grube mit einem Wassersprudel, in welcher man aufrecht stehen und sich waschen könne. Laut *Pantaleon* (173) wurde sie, weil sie wie ein Keller tief gelegen war, die „Hölle“ genannt. Es ist nicht ausgeschlossen, daß spätere Generationen die mißliebige Bezeichnung „Hölle“ ins Gegenteil, also in „Paradies“, umgewandelt haben. Es ist aber auch möglich, daß es sich bei der „Höllensquelle“ um die „Straßenquelle“ im Ochsen handelt, weil man nach *Pantaleon* von der Straße aus in sie hinabsehen konnte. *Ruesch* (191) spricht von einer 5 Fuß tiefen, eingemauerten Quelle.

Das Verbal von 1858 (304) nennt auf alle Fälle die Paradiesquelle „sehr alt“. 1859 wurde sie mit Backsteinen neu gefaßt und vertieft. Die jetzige Fassung besteht aus Steinzeug und stammt aus dem Jahre 1908. Den Kontakt mit dem Untergrund vermittelt Zemenbeton. Die Abdichtung des Steigrohres besorgt eine Lehm-packung, die von Zementrohren umgeben ist. Die Quelle ist mit einem Holzdeckel verschlossen.

12. Die Ochsen-Kesselquelle

Im Ochsen wird von *Gessner* (50) eine kleine, spärliche Quelle, die lau sei und wenig Schwefel, aber viel Alaun enthalte, erwähnt. Auch *Pantaleon* (173) kommt auf diese Quelle zu sprechen. Diese Schilderung trifft am besten auf die heutige kleine

Kesselquelle zu. Bei späteren Autoren werden diese Eigenschaften dann allerdings nicht mehr erwähnt; auch kommt die Bezeichnung „Kesselquelle“ erst sehr viel später vor. Es ist also nicht sicher, daß es sich dabei um das früher so oft erwähnte „Aletbädlein“ handelt. 1859 wurde sie mit Backsteinen neu gefaßt.

13. Die Ochsen-Straßenquelle

Die Bezeichnung rührt daher, weil diese Quelle früher dicht bei der Straße lag und heute sogar unter der Straße entspringt. Das Verbal von 1858 (304) nennt sie ebenfalls „sehr alt“. Auf dem *Leemann'schen* Bäderplan von 1817 (102) ist sie dicht neben der Straße eingezeichnet. *Ruesch* (191) nennt sie 1842 „unbenutzt“; allem Anschein nach hatte ihre Ergiebigkeit nachgelassen. Sie wurde deshalb laut Verbal (304) im Jahre 1844 mit Backsteinen neu gefaßt; die Fassung liege unten und seitwärts in einem Konglomerat von Kies und Mergel, welches sehr hart und löcherig sei; periodisch würden sehr große Gasblasen aufsteigen. Spätere Renovations- und Fassungsarbeiten an anderen Quellen haben ihren Ertrag wieder stark beeinträchtigt, so daß sie eine Zeit lang nicht mehr floß. Seit 1921 darf sie deshalb als einzige Quelle mittelst Pumpe um etwa 2—2½ m abgesenkt werden, um den früheren Erguß wieder zurückzugewinnen. Es ist eine Neufassung geplant.

14. Die Neue Ochsenquelle

Diese Quelle wurde am 18. September 1843 durch Zufall entdeckt, als die Fundamente zum Neubau der Dependance des Ochsen ausgehoben wurden. Sie gab den Anstoß zu den weiteren Quellennachforschungen im Verenauf, Schwanen und Adler. Sie wurde gefaßt, lieferte aber stets nur eine kleine Menge Thermalwasser. Bei Eingriffen in die andern Quellen und wegen des starken Abpumpens der Straßenquelle ist sie mehrfach versiegt; so floß sie z. B. während des ganzen Jahres 1944 nicht mehr, fing aber im Jahre 1945 wieder an, Wasser zu geben. Laut *Hauri* (293) ist eine Neufassung geplant.

15. Die Hinterhofquelle

Zu den alten, bedeutenden Quellen zählte von jeher die Hinterhofquelle. Sie gehörte diesem größten Badegasthof von Baden, lag aber außerhalb dessen Gebäulichkeiten (161). Sie war wie der Heiße Stein mit einer mächtigen Steinplatte bedeckt, so daß man auch die Bezeichnung „Der Hintere Heiße Stein“ findet, im Gegensatz zum „Vorderen“. 1422 wurde die Quelle durch die damalige Besitzerin des Hinterhofs, Elisabeth Salzmänn, renoviert (47), 1578 durch Caspar Falck (173), 1633 durch Dietrich Falck (284). *Pantaleon* (173) schildert sie als rundes Gemäuer von Quadersteinen. *Wetzler* (252) hält die Hinterhofquelle für die an Schwefelwasserstoff reichste Thermalquelle von Baden und schlug deshalb vor, über ihr einen Trinkbrunnen zu errichten. *Gimbernat* (53) ließ die Steinplatte nach 140 Jahren zum ersten Mal wieder entfernen und fand die Unterseite des Steines mit 14½ Pfund Schwefel bedeckt.

Bei den Hotel- und Straßen-Neubauten um 1870 kam die Quelle in das Erdgeschoß des Hotels Bären zu liegen. Die Quelle wurde vollständig ummauert und ist auch heute noch nur durch eine seitliche Öffnung zugänglich.

16. Die Bären-Kesselquelle

Die Kesselquelle im Bären gehört zu den alten „Hauptquellen“, wie sie schon von *Pantaleon* (173) aufgezählt werden. Doch wird sie in späteren Werken nur flüchtig erwähnt und nie genauer beschrieben. 1852 und 1860 wurde sie vertieft und neu gefaßt, doch versiegt sie trotzdem im Jahre 1863 und durfte von da an abgepumpt werden. Besonders gründlich ging man bei der Neufassung im Jahre 1908 vor, worüber *Schärer* (306) folgendes mitteilt: Der Untergrund der Quelle besteht aus Nagelfluh, die vier Spalten aufweist, aus denen das Thermalwasser quillt. Diese Spalten wurden frei gelegt,

die übrigen Öffnungen mit Zement und Lehm abgedichtet und der Fassungskörper mit Zement-Beton überdeckt. Das Steigrohr wurde aus Steinzeug gewählt; es ragt im Quellstock etwa 70 cm über den Boden empor. Um das Steigrohr herum wurden Zementröhren von 1 m Durchmesser gelegt und der Zwischenraum mit Lehm ausgefüllt. Der Fuß der Fassung wurde außenherum einbetoniert (vgl. Abb. 27).

17. Die Bären-Karolaquelle

Die Karolaquelle ist die jüngste von allen Badener Thermalquellen. Sie wurde 1906 bei Reinigungsarbeiten im Ablauf der Kesselquelle entdeckt. Man gab ihr jedoch keine eigentliche Fassung mit Quellstock, sondern mauerte sie lediglich in einen Behälter ein, aus dem sie durch ein Rohr direkt in ein Reservoir fließt. Es scheint sich bei der Karolaquelle nur um eine Nebenader der Kesselquelle zu handeln, denn diese verlor seither stark an Erguß.

18. Die Verena Hofquelle

Die Entdeckung der Neuen Quelle im Ochsen führte zu weiteren Nachforschungen, die zuerst am 5. März 1844 im Verena Hof zum Ziele führten. Dort wurde nach anfänglichen Mißerfolgen unter dramatischen Umständen eine Quelle ergraben, worüber ein authentischer Augenzeugenbericht des damaligen Besitzers *Borsinger* (285) vorliegt. Die Fassung erfolgte mit Quadersteinen, doch mußte sie schon zwei Jahre später infolge allzu hastiger Arbeit erneuert werden. 1903/04 waren größere Reparaturen notwendig. Die Quelle war früher im Hofraum des Hotels Verena Hof zugänglich und gemäß der Schilderung von *Meyer-Ahrens* (134) mit einer Glasglocke überwölbt und mit Vorrichtungen zur Gasinhalation versehen. Der Hofraum wurde später überdeckt, so daß sich die Quelle nunmehr in einem eigenen Raum im Bädergeschoß befindet.

2. Eingegangene und nicht mehr benötigte Quellen

19. Die kalte Quelle in der Dependance zum Bären

Die Erwähnung einer kleinen kalten Quelle im Nebengebäude des Bären findet sich zum ersten Mal bei *Löwig* (104). Als man im Kleinen Bären einen Keller aushob, stieß man dabei auf Thermalwasser, das jedoch wesentlich kühler war als das Wasser der anderen Quellen. Diese kleine Quelle wurde kurz nach 1840 gefaßt; bei *Minnich* (136) und auf dem Bäderplan von *Leemann* (102) ist sie als „Neue Quelle“ bezeichnet. Sie wurde zur Abkühlung der Bäder unter der Straße hindurch in den Großen Bären hinübergeleitet, welche Maßnahme wohl auf den Rat *Löwigs* zurückzuführen ist. *Löwig* hat die Quelle auch chemisch und physikalisch untersucht und sie im Chemiesmus mit den andern Quellen identisch gefunden. Nur in der Temperatur war ein deutlicher Unterschied bemerkbar, indem sie bloß 17° R (= 21,5° C) betrug. Der Erguß betrug 1 Maß (= 1½ l) in der Minute. Doch ist schon bald von dieser Quelle keine Rede mehr. *Minnich* (137) schreibt 1871, sie sei schon früher zugedeckt worden, weil sie nie zu „gehöriger Steigung“ kam. Doch scheint die Quelle auch noch im 20. Jahrhundert verwendet worden zu sein, denn sie ist auf den Katasterplänen noch eingezeichnet.

20. Die kalte Quelle in der Dependance zum Limmathof

Diese Quelle besaß keine eigentliche Fassung; das Wasser floß bei einer inneren Gebäudemauer von unten herauf.

Sie lieferte nach *Löwig* 8 Maß (= 12 l) in der Minute. Sie ist von *Löwig* chemisch und physikalisch nicht untersucht worden, doch scheint es sich ebenfalls um kaltes Thermalwasser gehandelt zu haben. Es wurde wie dasjenige im Bären unter der Straße hindurch in das Hauptgebäude des Limmathofes geleitet, um zur Abkühlung

der dortigen Bäder zu dienen. *Löwig* (104) und *Diebold* (31) wünschen, daß in jedem Hotel eine solche kalte Quelle vorhanden wäre, die zur Abkühlung der Bäder verwendet werden könnte, weil die Abkühlung in den Sammlern zu wenig rasch vor sich gehe. Diese kalte Limmathofquelle ist wie diejenige im Bären nicht in die Reihe der offiziellen, regelmäßig amtlich gemessenen Quellen aufgenommen worden.

3. Frei in die Limmat ausfließende Quellen

Auch nach der erfolgreichen im Jahre 1828/29 erfolgten Fassung der Limmatquelle blieben immer noch einige frei in die Limmat ausfließenden Quelladern übrig. Nach *Minnich* (137) befinden sie sich mehr gegen das rechte Limmatufer hin, etwa 25 Schritte von diesem entfernt.

Als im Februar 1858 die Limmat einen sehr niedrigen Wasserstand aufwies, benützte man die Gelegenheit, um von den Zürcher Professoren *Escher* und *Culmann* (40) ein Gutachten einzuholen, ob sich die Fassung dieser Quellen lohne. Die Experten konnten vier frei ausfließende Quelladern feststellen, zwei in der Nähe der Limmatquelle, zwei mehr gegen das rechte Limmatufer hin. Die zwei erstgenannten hielten sie nicht für selbständige Adern, sondern für Nebenadern der Limmatquelle, die infolge Undichtigkeit der Fassung einen andern Weg gefunden hatten. Die zwei letztgenannten schätzten sie im Erguß auf etwa 1 und 11–16 Maß in der Minute ($1\frac{1}{2}$ und 16–24 l). Nach ihrer Meinung würde eine Fassung dieser Quellen die schon bestehenden nicht beeinträchtigen, doch glauben sie, daß sich eine Fassung nicht lohne. Trotzdem machen sie Vorschläge und Kostenberechnungen für eine provisorische Fassung, um die Verhältnisse gründlich studieren zu können.

Das Problem der im Limmatbett ausfließenden Quellen ist erst wieder von *Peter* (303) aufgegriffen worden, allerdings in anderem Zusammenhang. *Peter* ist der Meinung, daß diese Quellen den Gegendruck des Limmatwassers überwinden müssen. Wenn der Fluß Hochwasser führt, dann hat das Quellwasser Mühe, auszutreten, so daß es einen andern Weg suchen muß, den es in den übrigen Thermalquellen findet. Auf diese Weise berechnet *Peter* den Erguß der im Limmatbett ausfließenden Quellen auf etwa 17 l/min.

Die neuesten Untersuchungen sollen von *Hug* (296) durchgeführt werden. An Hand von chemischen Reaktionen (Prüfung auf Chlorid) will er diejenigen Stellen im Limmatbett ausfindig machen, an denen das geschöpfte Wasser einen höheren Chloridgehalt aufweist.

D. Der gegenseitige Zusammenhang der Quellen

Das Auftreten von 18 Quellen auf einem Gebiet von nur 200 m Länge und 50 m Breite ruft sofort nach der Frage, ob diese Quellen in gegenseitigem hydraulischen Zusammenhang stehen oder nicht, d. h. ob es sich um ein Quellensystem handle.

*Kampe*¹⁾ unterscheidet Quellensysteme im weitem und im engern Sinn. Unter Quellensystem im weitem Sinne versteht er Quellenerscheinungen, die nicht im gegenseitigen Zusammenhang stehen, deren Eigenschaften und Lage jedoch auf gleiche geologische Voraussetzungen und Herkunft schließen lassen.

Nimmt man z. B. nach *Heim* an, das Wasser der Schwefelquellen von Baden, Schinznach und Lostorf stamme aus der Voralpengegend etwa zwischen Engelberg und Glarnerland, so könnte man von einem Quellen-

¹⁾ *R. Kampe*: Mineralquellensysteme, in *H. Vogt*: Lehrbuch der Bäder- und Klimatheilkunde. Berlin 1940, S. 61.

system im weitern Sinn sprechen. Die Thermalquellen von Baden allein aber bilden unter sich ein Quellsystem im engern Sinn.

Die Meinung, die verschiedenen Quellen in Baden könnten gemeinsamen Ursprungs sein, vertreten schon die frühesten Schriftsteller. Daß aber die einzelnen Quellen in gegenseitigem Zusammenhang stehen könnten, ist erst eine Erfahrungstatsache der neueren Zeit, denn früher wurde der individuelle Charakter der einzelnen Quelle in Bezug auf Erguß, physikalische und chemische Eigenschaften viel mehr betont als heute. Die Möglichkeit eines engeren Zusammenhanges erwog man erst seit etwa 1800. Als 1809 die Ausflußhöhe der Allgemeinen Quelle in Ennetbaden verändert werden sollte, veranlaßte dies die Ortsbürgergemeinde in Baden zu einem Protest an die Aargauische Regierung, indem sie der Befürchtung Ausdruck gab, die Quellen auf dem linken Limmatufer könnten infolge einer solchen Maßnahme versiegen (2). Die Fassung der Limmatquelle im Jahre 1828/29 fand schärfsten Protest von Seiten der andern Quellenbesitzer, weil diese für ihre eigenen Quellen fürchteten. Über die Art und das Ausmaß dieser Zusammenhänge war man aber vollständig im Unklaren. Erst nachdem 1843/44 vier neue Quellen erschlossen worden waren, konnte man nähere Einblicke in die ziemlich komplizierten Verhältnisse gewinnen, welche durch die Forschungen und die Gutachten von Fachleuten unterstützt wurden. Die einzige Möglichkeit, Klarheit über diese Probleme zu gewinnen, bestand und besteht auch heute noch in den Ergußmengen der einzelnen Quellen, so daß den betreffenden Messungen ausschlaggebende Bedeutung zukommt.

Es muß dabei aber auf einen außerordentlich wichtigen Umstand aufmerksam gemacht werden. Wie aus den nachfolgenden Ausführungen S. 68 hervorgeht, ist der Erguß der Quellen von den Niederschlägen abhängig. Werden nun die gegenseitigen Zusammenhänge der Quellen an Hand der Ergußmessungen studiert, so muß dabei immer die absinkende oder aufsteigende Tendenz des Totalergusses mitberücksichtigt werden. Würden z. B. durch Eingriffe an den einen Quellen die andern im Erguß beeinträchtigt, so muß dabei in Betracht gezogen werden, ob diese Ereignisse in einer Periode des allgemeinen Rückgangs der Schüttung infolge geringer Niederschläge stattfanden oder nicht, weil sonst die Gefahr zu falschen Schlüssen besteht. Absolute Werte wird man also auf Grund der Ergußmessungen nie erhalten können. Auf diese Umstände haben alle in der Folge zitierten Autoren ausdrücklich hingewiesen.

Ferner ist zu bedenken, daß nach den Gesetzen der Hydraulik die hoch gestauten Quellen die Ergußänderungen zuerst und am stärksten verspüren. Auch so wird das objektive Bild des gegenseitigen Zusammenhanges gestört, weil die heftige Reaktion der hochgestauten Quellen einen engeren Zusammenhang vortäuscht, obwohl unter Umständen auch eine nieder gestaute Quelle in engerem Zusammenhang stehen kann, aber nicht so heftig reagiert.

Das Problem des gegenseitigen Zusammenhanges ist deshalb viel komplexer als es den Anschein hat und im Grunde genommen noch sehr wenig aufgeklärt.

Als erste befaßten sich mit dem gegenseitigen Zusammenhang der Quellen *Escher* und *Stadler* (41). Für die Ergußmessungen vor der Entdeckung der neuen Quellen konnten sie sich allerdings nur auf die Mitteilungen der Quellenbesitzer stützen. Dagegen war es ihnen möglich, eigene Messungen im Jahre 1844 vor und 1846 nach der Fassung der neuen Quellen durchzuführen. Zum ersten Mal konnte aus diesen Resultaten eine gewisse Abhängigkeit der Quellen voneinander festgestellt werden.

Durch weitere Messungen aus den Jahren 1844—1847 ergänzte *Mousson* (146) diese Resultate. Aus dem Vergleich der verschiedenen Ergrußmessungen gelangt er zu folgenden Schlüssen: Die alten Quellen wurden durch das Auftreten der neuen mehr oder weniger in Mitleidenschaft gezogen. Am wenigsten beeinflußt wurden die Allgemeine, die Wälderhut und die Bären-Kessel Quelle; etwas stärker spürbar waren die Veränderungen an der Limmat, Heißer Stein, Staadhof Kessel, St. Verena und Hinterhof Quelle, am stärksten verloren die drei Ochsenquellen. Die kleine kalte Quelle in der Dependance zum Bären ging ganz ein; sie war erst kurze Zeit im Betrieb. *Mousson* ist ferner der Ansicht, zwischen den Quellen auf dem rechten und denjenigen auf dem linken Limmatufer bestehe kein Zusammenhang. Er beobachtete ferner das Verhalten der benachbarten Quellen, als die endgültige Fassung der Verenahofquelle erfolgte, wobei eine Zeit lang deren Schacht ausgepumpt werden mußte. Bei diesen Bauarbeiten erlitten die benachbarten Quellen beträchtliche Verluste, so z. B. die Wälderhut $\frac{1}{3}$, die St. Verenaquelle $\frac{1}{2}$ der ursprünglichen Menge. Fast unbeeinflußt blieben die Hinterhof-, Limmat- und Heiße Steinquelle. Nach Vollendung der Fassung wurde die Verenahofquelle gestaut. Dabei erlitt sie selbst eine starke Einbuße der Ergiebigkeit, nämlich um mehr als die Hälfte, während sich bei den andern Quellen wieder das frühere Gleichgewicht einstellte, wobei sich nur bei der Paradies- und den St. Verenaquellen eine bleibende Einbuße zeigte. Durch die Erschließung der vier neuen Quellen im Ochsen, Verenahof, Schwanen und Adler schätzt *Mousson* die Verluste der alten Quellen wie folgt ein:

Tabelle 2

Die Verluste der alten Quellen nach der Entdeckung der vier neuen Quellen Ochsen, Verenahof, Schwanen und Adler im Jahre 1844.

Quellen	Verlust in %	Quellen	Verlust in %
Allgemeine	3	Ochsen Kessel	25
Bären Kessel	17	St. Verena	27
Heißer Stein	20	Ochsen Straßen	42
Hinterhof	23	Staadhof Kleine	53
Staadhof Kessel	24	Ochsen Paradies	59
Wälderhut	25	Bären Kleine	100

Aus seinen Beobachtungen zieht er folgende Schlußfolgerungen: Die Quellen stehen durch direkte oder indirekte Verbindung in gegenseitiger Abhängigkeit, wobei jeder neue Abflußweg, im großen gesehen, die Gesamtmenge des Thermalwassers erhöht. Es können aber keine absoluten und endgültigen Beweise über die gegenseitige Beeinflussung aufgestellt werden, weil systematische, umfassende und langdauernde Versuche fehlen.

Zu ganz ähnlichen Resultaten gelangte auch *Merian* (130), der gemeinsam mit *Studer* und *Löwig* den Fragenkomplex untersuchte. *Merian* hatte die Möglichkeit, Absenkungs- und Aufstauungsversuche zu unternehmen,

Aufstauungsversuche an der Schwanen- und Verenahofquelle, um deren Einfluß auf die Limmatquelle festzustellen, erwiesen sich für den Bestand dieser Quellen als zu gefährlich, weil sie bei allzu hohem Aufstau zu fließen aufhörten. Es wurde daher der umgekehrte Weg beschritten, indem man den Auslauf der Limmatquelle absenkte und auf diese Weise den Zusammenhang mit den beiden andern Quellen studierte. Auf Grund der mit großer Gewissenhaftigkeit angestellten Versuche kommt *Merian* zum Ergebnis, daß zwischen den genannten Quellen ein Zusammenhang bestehe, sich aber beim Absenken der Limmatquelle auf die Verenahofquelle und Ochsenquelle, die etwa 18 % Verluste erleiden, viel stärker auswirke als auf die Allgemeine und die Schwanenquelle, deren Verluste je ca. 7 % betragen. Eine weitere Beobachtung konnte *Merian* einige Jahre später machen, als 1850 die Wälderhutquelle neu gefaßt und zu diesem Zwecke abgepumpt wurde. Der Erguß der Verenahofquelle verminderte sich dabei merklich.

In andern Zusammenhang stellten *Escher* und *Culmann* (40) ein Expertengutachten aus, streiften dabei aber ebenfalls die Frage des gegenseitigen Zusammenhangs der Quellen. Sie machen darauf aufmerksam, daß bei einer Absenkung der Limmatquelle einzelne Quellen wohl an Erguß verlieren würden, daß aber die totale Ergußmenge gesteigert werden könnte.

In den folgenden 50 Jahren scheint kein Grund zu weiteren Beobachtungen vorhanden gewesen zu sein. Die Frage des gegenseitigen Zusammenhanges tauchte immer erst dann wieder auf, wenn Reparaturen und Neufassungen an einzelnen Quellen notwendig wurden. Dies war in vermehrtem Maße wieder nach 1900 der Fall.

Scherrer (307) betont ausdrücklich den Zusammenhang der Quellen und glaubt, daß ein Abpumpen der Limmatquelle auf die übrigen Quellen schädigend einwirke.

Der bei der Neufassung der Limmatquelle zugezogene Basler Geologe *Schmidt* (308) ist der Ansicht, daß „von den Quellen in Großbaden diejenigen, die auf der O—W laufenden, geraden Verbindungslinie zwischen der Limmat- und Paradiesquelle liegen, am stärksten beeinflusst worden sind. Es scheint, als ob die Quellen in Großbaden durch Kanäle im Schwemmland unter sich in Verbindung stehen, während die Kommunikation der Quellen auf dem linken Ufer mit denjenigen auf dem rechten Ufer der Limmat durch Keuper führen würde. Wir kommen zu der Vermutung, daß die Quellen von Großbaden in einem durch Geröll ausgefüllten, O—W verlaufenden, dem Keuper eingesenkten Graben (Quellspalte), entspringen.“

Wertvolle Aufschlüsse vermittelt das Gutachten von *Peter* (303). Die Fassungsarbeiten an der Limmatquelle im Jahre 1905 ließen ganz ähnliche Verhältnisse erkennen, wie sie schon *Merian* aufgefallen waren. Während des Abpumpens der Limmatquelle zeigten sich an den andern Quellen folgende Einflüsse: St. Verena, Staadhof, Hinterhof, Allgemeine Quelle reagierten nur wenig, stärker die beiden Heißen Steine, am stärksten die Schwanen-, Verenahof- und Ochsenquellen. Nach der Fertigstellung der Fassung und der Einstellung des Gleichgewichtes zeigte sich, daß der Erguß der Schwanen- und Verenahof Quellen am meisten beeinflusst blieb. Bei den

Fassungsarbeiten an der Schwanenquelle in den Jahren 1920/21 zeigten sich genau die gleichen Einflüsse. Dabei bekam auch die in der Nähe gelegene Allgemeine Quelle den Einfluß zu spüren, aber lange nicht so stark wie die entfernteren Verena-, Ochsen- und Bärenquellen.

Das seit 1921 bewilligte Abpumpen der Straßenquelle im Ochsen zeigte, daß, wenn das Pumpen eingestellt wurde, die Staaahof Kesselquelle den größten Rückgang zu verzeichnen hatte. Nach *Hauri* (293) ist der im Verlauf von über 20 Jahren eingetretene Mindererguß der Kessel- und der Neuen Quelle im Ochsen, auf das ständige Abpumpen der Straßenquelle zurückzuführen. Die Beeinflussung läßt sich aus den Erguß Tabellen ersehen; auch zeigt sich ganz deutlich der Einfluß einer geringeren oder stärkeren Absenkung der Straßenquelle.

Hartmann (78) berechnete aus den bei der Absenkung der Schwanenquelle gemachten Messungen den prozentualen Verlust der einzelnen Quellen:

Tabelle 3

Ergußverluste der Thermalquellen während der Absenkung der Schwanenquelle im Winter 1920/21.

Quellen	Verlust in %	Quellen	Verlust in %
Ochsen Neue	100	Limmat	15
Ochsen Straßen	100	St. Verena	15
Verena Hof	70	Wälderhut	15
Bären Kessel	40	Allgemeine	8
Ochsen Kessel	30	Staaahof Kessel	7
Ochsen Paradies	30	Carola	0
Heißer Stein	20		

Nach vollendeter Fassung stelle sich das Gleichgewicht wieder ein, obwohl der Erguß der Schwanenquelle zugenommen hatte.

Ganz ähnliche Verhältnisse konnten erneut anläßlich der Injektionen an der Schwanenquelle im Jahre 1936 durch *Hartmann* (78) registriert werden. Während diesen Arbeiten mußte die Schwanenquelle während längerer Zeit abgesenkt werden, 16 Tage lang um 6,25 m, 3 Tage lang um 16 m, 24 Tage lang um 14,3 m und 4 Tage lang um 6,25 m. Dadurch wurden die andern Quellen wieder mehr oder weniger stark in Mitleidenschaft gezogen. Rasch und stark reagierten die Ochsen- und Verena-, etwas weniger die Heißen Stein- und Limmat-, mittel die St. Verena-, Hinterhof-, Wälderhut- und Staaahofquellen, am wenigsten die Allgemeine. Interessanterweise machte sich diesmal der Eingriff an der Schwanenquelle bei der Kesselquelle im Bären fast gar nicht bemerkbar, während ihre Verluste im Jahre 1920 40 % betragen hatten. Die Schwanenquelle selbst steigerte bei der Absenkung ihren Erguß um das 4fache. Nach Beendigung stellte sich das Gleichgewicht an den Quellen im Verlauf von etwa 14 Tagen wieder ein.

Aus diesem stark voneinander abweichenden Verhalten der Quellen ziehen *Peter* (303) und *Hartmann* (78) den Schluß, daß nicht die Entfer-

nung der Quellen in der Luftlinie in erster Linie maßgebend ist, mit andern Worten, daß nicht unter allen Umständen die einander nahe liegenden Quellen am stärksten zusammenhängen, sondern daß vielmehr die Lage in der W—O-Streichrichtung der Schichten in Betracht kommt. Ochsen- und Schwanen-Quellen z. B. liegen in einer Linie, die am südlichen Rande, Allgemeine- und Hinterhofquelle in einer Linie, die am nördlichen Rande der wasserführenden Schichten verläuft. Eingriffe an einer der Quellen in der südlichen Linie machen sich an den Quellen der gleichen Linie stark bemerkbar, während diejenigen der andern Linie viel schwächer und viel später reagieren. „Je weiter seitwärts dem Verlaufe der Verwerfungsspalte in der Antiklinale eine Quelle liegt, um so schwächer ist die gegenseitige Beeinflussung“.

Alle diese Beobachtungen wurden anlässlich von Fassungsarbeiten getätigt. Systematische Abhängigkeitsuntersuchungen jedoch sind seit *Merian* nicht mehr unternommen worden. Erst im Winter 1937/38 wurden umfassende Absenkungsversuche an der Paradiesquelle und an der Verenahof-Quelle eingeleitet, über die *Hartmann* und *Keller* (288) als Experten Bericht ablegten. Zuerst wurde die Paradies-, dann die Verenahof-, schließlich beide Quellen zugleich abgepumpt. Bei diesen Versuchen zeigten sich folgende Zusammenhänge: Verenahof- und Paradiesquelle stehen in engem, gegenseitigen Zusammenhang. Die Ergußsteigerung durch Absenken der einen Quelle vermindert den Ertrag der andern. Dagegen ist der Einfluß auf die benachbarten oder weiter entfernten Quellen verschieden. Bei der Absenkung der Paradiesquelle gehen die Verenahof- und die Bären-Kesselquelle stark zurück, bei der Absenkung der Verenahofquelle aber außer der Paradiesquelle noch stark die St. Verena- und die Wälderhutquelle. Werden Paradies- und Verenahofquelle zugleich abgesenkt, so treten ähnliche Erscheinungen auf, aber außerdem bekommen auch alle übrigen Quellen den Eingriff zu spüren. Trotzdem aber beide Quellen zugleich abgesenkt werden, steigt der Totalerguß aller Quellen nicht im gleichen Maße an, als wenn nur eine der beiden Quellen allein abgesenkt wird. Außerdem reagieren nicht alle Quellen mit der gleichen Geschwindigkeit auf die Eingriffe. Nach geringer Absenkung stellt sich das Gleichgewicht wieder rascher ein als nach starker Absenkung. Überraschenderweise macht sich die Absenkung der Ochsen Paradiesquelle nur in geringem Maße auf die benachbarten drei andern Ochsenquellen bemerkbar. *Hartmann* und *Keller* konnten ferner feststellen, daß die Paradiesquelle in nahem Zusammenhang mit der Verenahofquelle stehe, dagegen selbständig gegenüber den andern Quellen sei, während Veränderungen an der Verenahofquelle die benachbarten Quellen weit mehr in Mitleidenschaft ziehen. Die Verenahofquelle schein deshalb im Zentrum, die Paradiesquelle aber mehr an der Peripherie der westlichen Quellengruppe zu liegen.

Im Winter 1941/42 wurden laut *Hartmann* (289) Absenkungsversuche an der Schwanenquelle durchgeführt. Dabei konnte man für die Schwanenquelle nur wenig Wasser gewinnen, obwohl der Erguß der andern Quellen dabei mehr oder weniger stark zurückging.

Auf Grund dieser Abpumpversuche kommt *Lüscher* (105, 107) zur Mei-

nung, daß die Wasserführung in den einzelnen Quelladern Rückschlüsse auf die Adernbündel unter sich zulasse. In einem Querschnitt stellt er die mutmaßliche Gruppierung der einzelnen Quellen durch verschiedene Farbengebung dar. Man kann daraus 4 Gruppen erkennen:

1. Gruppe: Allgemeine, Adler, Schwanen,
2. Gruppe: frei in die Limmat ausfließenden Quellen,
3. Gruppe: Limmat, Staadhof, Heißer Stein, Hinterhof, Ochsen Kessel und Ochsen Neue,
4. Gruppe: St. Verena, Wälderhut, Verenahof, Bären, Ochsen Paradies und Ochsen Straßen.

Lüscher ist der Ansicht, daß diese „einzelnen enger zusammenhängenden Gruppen ein gegenseitiges verschiedenes Verhalten und individuelle Wesenseigenschaften ganz verschiedenen Charakters“ zeigen.

Wohl die interessantesten Einblicke in den gegenseitigen Zusammenhang der Quellen gewährten die Maßnahmen, die im Frühjahr 1943 an der Schwanenquelle getroffen wurden. Als diese Quelle im Jahre 1844 erbohrt worden war, wies sie am Tage der Erschließung einen Erguß von 240 l/Min. auf. 1943 wiederholte sich diese Erscheinung in ganz ähnlichem Sinne. Durch die Ausräumung des früheren unteren Bohrloches, das nie verrohrt worden war, nach der Version *Lüscher's* (106, 301, 302) durch die Erschließung einer neuen Quelle, steigerte sich der Erguß der Schwanenquelle von 55 l/Min. auf 420 l/Min. Alle andern Quellen gingen sofort sehr stark im Erguß zurück, am stärksten die Quellen im Verenahof und Ochsen. *Hartmann* (81) schließt daraus, daß bei Erweiterung und Ausbau des Bohrloches ein großer Teil oder sogar alles Thermalwasser in der Schwanenquelle ausfließen würde, weil hier möglicherweise eine Hauptader des Zuflusses getroffen worden sei.

Der vorliegende Abschnitt über den gegenseitigen Zusammenhang der Quellen gibt nur die hauptsächlichsten Erfahrungen wieder, die im Laufe der Zeit gesammelt worden sind. Es besteht aber in den Archiven der städtischen und kantonalen Bauverwaltungen ein viel reichhaltigeres Material, das über Einzelheiten Aufschluß geben kann, das aber noch nie veröffentlicht worden ist. Es handelt sich hier um dasjenige Problem der Thermen von Baden, das zwar nicht am besten erforscht ist, über das aber am meisten Akten bestehen. Diese sind zwar nicht im Hinblick auf die naturwissenschaftliche Forschung, sondern in Bezug auf rechtliche Fragen ausgearbeitet worden. Es mußte deshalb für ihre öffentliche Auswertung Zurückhaltung beobachtet werden.

E. Die Ergiebigkeit der Badener Thermalquellen und ihre Abhängigkeit von künstlichen und natürlichen Faktoren

Die Ergiebigkeit der Quellen gehört wohl zu den wichtigsten Problemen der naturwissenschaftlichen Balneologie in Baden. Denn auf ihr beruhen einerseits wichtige Einblicke in die geologischen und hydrologischen Verhältnisse der näheren und weiteren Umgebung und Einflüsse auf die physi-

kalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften des Thermalwassers, andererseits eine ungeheure Zahl von rechtlichen Problemen und die ganze Entwicklung und Ausgestaltung des Kurortes überhaupt. Nur die genügende und einigermaßen konstante Ergiebigkeit der Quellen gewährleistet die therapeutische Ausnützung dieses Heilgutes und damit das Gedeihen des Kurortes.

1. Die Ergußmengen

Die nachfolgenden Angaben beziehen sich auf die Zeit nach 1844, denn erst seit diesem Jahr verfügt der Kurort Baden über die noch heute bestehende Anzahl Quellen. Vorher fehlten so bedeutende Quellen wie diejenigen im Schwanen und Verenahof, und vor 1828 fehlte auch noch die jetzige Limmatquelle, die noch heute den größten Erguß aufweist. Seit 1824 ist der Große Heiße Stein mehrmals gemessen worden, nach der Fassung der Limmatquelle auch noch die Quellen im Staadhof, Hinterhof und Verenabad. Doch handelt es sich dabei nicht um regelmäßige und exakte Messungen, so daß nicht auf sie abgestellt werden kann. Über wirklich zuverlässige Angaben verfügt man erst seit 1844, als von Staats wegen die regelmäßige, amtlich beaufsichtigte Durchführung von Ergußmessungen angeordnet worden ist. Sie wurden zuerst halbjährlich im Frühjahr und Herbst, dann vierteljährlich und seit etwa 10 Jahren monatlich durchgeführt.

a) Der Totalerguß aller Quellen

Im großen und ganzen darf der Erguß als konstant angesehen werden. Der mittlere Erguß beträgt, berechnet aus den Werten von über 100 Jahren (1844—1945), ungefähr 750 l/Min. Die obern und untern Grenzen, die öfters erreicht werden, liegen bei etwa 900 resp. 600 l/Min. Doch konnten auch schon Extreme beobachtet werden, wie z. B. im April 1844 980 l/Min. und im Dezember 1865 540 l/Min., doch handelt es sich in solchen Fällen um Ausnahmen. In der Regel betragen die Abweichungen aber nicht mehr als 20 % des Mittelwertes, also 40 % zwischen den extremen Werten. Besonders deutlich ist die Konstanz ersichtlich, wenn man eine graphische Darstellung betrachtet. Es ist wohl ein Auf- und Absteigen der Kurven feststellbar, doch fehlen Stürze bis zum fast vollständigen Versiegen oder jähe Anstiege bis zur Hochflut der Quellen vollständig. Selbst größere Eingriffe, wie Reparaturen, Neufassungen, Abpumpen usw., machen sich nur während verhältnismäßig kurzer Zeit bemerkbar, beeinflussen aber z. B. die während einer längeren Periode bemerkbare Tendenz des Absinkens oder Ansteigens der Kurve nicht.

b) Der Ergußanteil der einzelnen Quellen

Der Ergußanteil der einzelnen Quellen ist sehr verschieden, wie aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich ist, doch für die einzelne Quelle ebenfalls mehr oder weniger konstant. Immerhin lassen sich hier größere Verschiebungen zwischen den einzelnen Quellen feststellen, sei es infolge na-

türlicher Veränderungen in den Quelladern, sei es infolge künstlicher Eingriffe. Die Berechnung des prozentualen Anteils auf der Basis der letzten 100 Jahre ist möglich, doch mit größeren Schwierigkeiten verbunden, weil einzelne Quellen während längerer Zeit versiegt waren oder weil andere Quellen infolge von Eingriffen während größeren Zeiträumen eine starke Zunahme resp. Abnahme zeigten. Der in der Tabelle aufgeführte prozentuale Anteil wurde deshalb aus den Mittelwerten der Jahre 1943—1945 errechnet.

Sehr interessante Aufschlüsse konnte *Hauri* (294) gewinnen. Er stellte die mittleren Jahresergüsse von 1844—1945 zusammen, und zwar nach einzelnen Perioden unterteilt, die zwischen größeren Eingriffen, vor allem an der Schwanenquelle, lagen und berechnete daraus den prozentualen Anteil der Quellen. Er konstatiert dabei, daß der prozentuale Anteil der einzelnen Quellen am Gesamterguß in den letzten 3 Jahren seit 1943 fast genau mit demjenigen der ersten Periode von 1844 bis 1856 übereinstimmt. In der Zwischenzeit hingegen sind mehrfach Verschiebungen feststellbar, die sich aber bei den einzelnen Quellen verschieden auswirken. So zeigen die

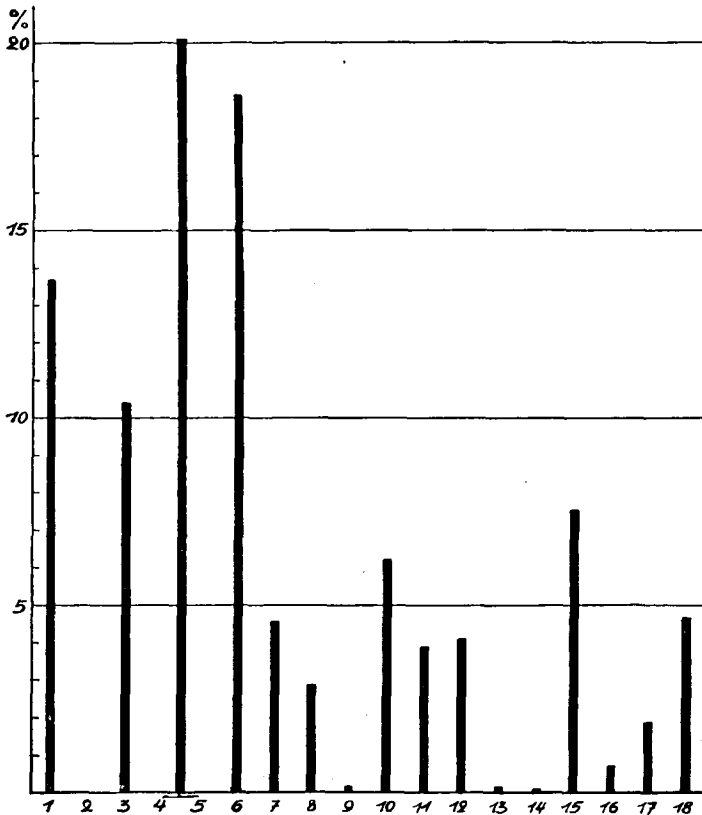


Diagramm 2. Der prozentuale Anteil der Quellen am Totalerguß (siehe Tabelle 4)

Schwanen-, Verenahof- und die Ochsenquellen die größten Schwankungen, die Bärenquellen weisen eine Abnahme auf, während sich der Rest ziemlich konstant verhält.

Noch interessanter sind die Vergleiche, wenn das Verhalten der Quellen bei niederem, mittlerem und hohem Totalerguß studiert wird. So stellte *Hauri* die Ergußanteile der Quellen in l/Min. zusammen, wenn der Totalerguß niedere Werte, nämlich 600—660 l/Min. aufwies. Auch hier lassen sich wieder ziemlich konstante Quellen (z. B. Allgemeine, St. Verena, Heißer Stein), solche mit schwacher Abnahme (z. B. Staadhof, Wälderhut, Hinterhof) und solche mit Zunahme (z. B. Verenahof, Ochsen) unterscheiden. Mit Konstanz, Zu- oder Abnahme ist damit immer das Verhalten in den Jahren 1844 bis 1945 gemeint. Ganz ähnlich sind die Verhältnisse, wenn die mittleren Totalergüsse, 720—730 l/Min., in Vergleich gezogen werden. Auch hier erwiesen sich fast die gleichen Quellen als konstant, abnehmend oder zunehmend wie bei den Minimalergüssen.

Es lassen sich dabei noch feinere Unterschiede herauslesen, wenn man die einzelnen Zahlen und Zahlenreihen näher in Betracht zieht; doch muß hier auf die Wiedergabe dieser Tabellen verzichtet werden.

Der Anteil der einzelnen Quellen am Totalerguß ist bis jetzt weniger aus naturwissenschaftlichen, sondern mehr aus juristischen Gründen studiert worden, und es sind in dieser Beziehung seit 1900 eine große Anzahl von Be-

Tabelle 4

Beispiele von Quellenergüssen und prozentuaem Anteil der einzelnen Quellen am Gesamterguß.

Quellen	Beispiele von Quellenergüssen l/min			Prozentualer Anteil, berechnet aus den Mittel- werten der Jahre 1943/1944/1945
	hohe 20. Dez. 1940	mittlere 15. Dez. 1942	niedere 15. Sept. 1944	
1. Allgemeine	115,20	104,60	88,70	13,74
2. Adler	0,80	0,50	0,35	0,07
3. Schwanen	71,25	58,00	62,80	10,47
4. Großer Heißer Stein }	188,70	151,55	129,90	20,12
5. Kleiner Heißer Stein }				
6. Limmat	165,70	142,00	120,17	18,62
7. St. Verena	37,43	33,34	30,00	4,55
8. Staadhof Kessel	26,45	22,45	17,53	2,81
9. Staadhof Kleine	1,40	1,05	0,66	0,20
10. Wälderhut	55,48	47,85	40,65	6,23
11. Ochsen Paradies	41,00	32,63	22,67	3,80
12. Ochsen Straßen	26,00	19,70	26,00	4,13
13. Ochsen Kessel	3,60	2,60	1,10	0,21
14. Ochsen Neue	14,00	6,00	—	0,15
15. Hinterhof	67,95	58,73	49,06	7,58
16. Bären Kessel	8,70	6,70	4,20	0,77
17. Bären Carola	14,80	13,40	13,13	1,91
18. Verenahof	69,68	48,67	24,90	4,69
	908,14	749,77	631,82	100,04

rechnungen vorgenommen worden, z. B. von *Peter* (303), *Hässig* (292), *Keller* (288), *Lüscher* (302), *Hauri* (294) und anderen.

2. Die Ursachen der Ergiebigkeitsschwankungen

Aus dem vorher Gesagten ergibt sich, daß trotz der generellen Konstanz der Quellen deutliche Ergiebigkeits-Schwankungen vorhanden sind. Ihre Ursachen sind a) in natürlichen, d. h. nicht durch menschliche Eingriffe beeinflussbaren, b) in teils natürlichen, teils künstlichen, d. h. nur teilweise auf technischen Maßnahmen beruhenden, und c) auf künstlichen, d. h. vom Menschen regulierbaren, Einflüssen zu suchen.

a) Natürliche Ursachen

α) Der Luftdruck

Nach *Kampe*²⁾ bildet der Luftdruck einen Teil des Widerstandes, den eine ausfließende Quelle überwinden muß. Ein Steigen der Quecksilbersäule des Barometers um n mm entspricht einer Höherstauung der Quelle um $n \times 13,6$ mm. Gasführende Quellen sind dem Einfluß des Luftdruckes mehr ausgeliefert als gasfreie oder gasarme. Bei niedrigem Luftdruck entweicht das Gas rascher; dessen gewichtsvermindernde Wirkung auf das Wasser wird dadurch gesteigert, was sich in einer Erhöhung des Ergusses kundtut. Je gasärmer also eine Quelle ist, um so weniger reagiert sie auf Luftdruckschwankungen. *Kampe* weist in einem Diagramm den Einfluß des Luftdruckes auf den Schloßbrunn in Karlsbad nach.

Für die Thermen von Baden ist der Einfluß des Luftdruckes nur ungenügend erforscht. Auf einem von *Cadisich* (25, S. 32) veröffentlichten Diagramm ist ersichtlich, daß im November 1921, als der Barometerstand von 731 mm auf 717 mm sank, eine leichte Erhöhung des Quellenergusses eintrat. Da zu gleicher Zeit aber auch Hochwasser der Limmat herrschte, kann diese Ergußzunahme nicht allein auf den Luftdruck zurückgeführt werden. *Hartmann* (78) konnte im Winter 1937 beobachten, daß bei niederem Luftdruck ein erhöhter Gesamtergus eintrat.

Im allgemeinen ist jedoch der Einfluß des Luftdruckes kaum als bedeutend einzuschätzen.

β) Die Niederschläge

Es ist bereits erwähnt worden, daß an der Entstehung der Badener Thermen vadoses Wasser, d. h. Wasser, das von den Niederschlägen herrührt, und nicht oder doch nur zu einem kleinen Teil juveniles Wasser, d. h. Wasser, das aus vulkanischer Tätigkeit im Erdinnern stammt, beteiligt ist. Der Vergleich der Niederschlagsmengen mit dem Erguß der Quellen ist deshalb schon mehrmals zur Stützung der Hypothesen über die Herkunft der Quellen herbeigezogen worden, ohne daß es gelungen wäre, damit schlüssige Beweise zu erhalten.

Früher war man allerdings der Ansicht, daß die Niederschläge keinen Einfluß auf die Quellen ausübten. Der Urheber dieser Ansicht war *Gundelinger* (60), der behauptet, daß die Quellen durch keine Witterungsänderun-

²⁾ *R. Kampe*: Ursachen der Ergiebigkeitsänderungen, in *H. Vogt*: Lehrbuch der Bäder und Klimaheilkunde. Berlin 1940, S. 75.

gen beeinträchtigt würden. Noch mehr zur Verbreitung dieser Ansicht hat die „Kurze und eigentliche Beschreibung“ von 1619 (260) beigetragen, die angibt: „In seinem Ursprung ist es (nämlich das Wasser) weder größer noch kleiner, es schneie oder regne“. Auch *Hottlinger* (91) nimmt an, daß die Quellen in trocknen und nassen Jahrgängen ihren „ordinäre Lauff“ behalten und sich „niehmalen weder vermindern noch vermehren vielweniger gar verlieren“. Desgleichen meint *Maurer* (126, 127), daß „keine neue merckliche Änderung, keine neue Erscheinung in dem Wasser, weder Ab- noch Zunehmen der Menge, der Wärme, der Bestandteile, den forschenden Geist der Gelehrten auf gründlichere Mutmaßungen leitet“, und *Dorer* (35) schreibt ihm nach, daß „weder der stärkste und anhaltendste Verbrauch noch irgend ein Wechsel der Jahreszeiten und Witterungen je den mindesten Abbruch tuen“. *Schmid* und *Wiederkehr* (202) sehen in der vermeintlichen Tatsache, daß „auch die nässeste wie die trockenste Witterung die Menge des Wassers weder vermehren noch vermindern“, einen „sichern Beweis dafür, daß die Urquelle nicht im mindesten mit der Oberfläche der Erde in Verbindung steht“. Selbst *Ebel* (39), der doch bereits die geologischen Verhältnisse ziemlich genau erkannt hatte, ist noch der Meinung, „die ungeheure Menge Wasser ... ströme Jahr aus Jahr ein, unverändert durch regenreiche oder ganz dürre Jahreszeiten, mit stets gleichem Reichtum in den Bädern aus“.

Der erste, der den Bann dieser früheren Ansichten brach, war *Mousson* (146). Nach seiner Ansicht ist ein geringer Einfluß der Jahreszeiten festzustellen mit einer Schwankung im Erguß von etwa 9 %, die sich im Winter als Verminderung, im Sommer als Vermehrung des Ergusses kundgibt. Er konnte sich jedoch nicht auf zahlreiche Ergußmessungen stützen, da solche zu seiner Zeit nur halbjährlich vorgenommen worden waren. Viel bestimmter lautet die Ansicht *Moussons* über den Einfluß nasser und trockener Jahre. Er vertritt dabei den Standpunkt, daß z. B. die im April gemessene Thermalwassermenge nicht nur von den Niederschlägen der unmittelbar vorangegangenen 2 oder 3 Monate, sondern auch von der Regenmenge des ganzen vorangegangenen Jahres abhängig sei. Er gibt die Schwankungen nach nassen oder trockenen Perioden mit ca. 30 % Abweichung vom mittleren Wert des Ergusses an. Eine allgemeine starke Zunahme des Ergusses beobachtete *Merian* (130) im Jahre 1850 infolge des vorangegangenen schneereichen Winters. Auch *Diebold* (31) und *Minnich* (136, 137) konnten mehrmals den Zusammenhang zwischen Niederschlägen und Ergußmengen feststellen.

Einläßlich mit dem Einfluß der Niederschläge haben sich die Geologen *Mühlberg* (150, 151) und *Heim* (85, 86, 87) befaßt, um ihre Hypothesen von der Herkunft der Thermen zu stützen. Leider liegen von beiden Forschern keine gedruckten Mitteilungen über dieses so wichtige Problem vor. *Heim* berücksichtigte die Niederschläge der Engelberger Gegend, *Mühlberg* diejenigen aus der Gegend westlich von Baden. Während *Mühlberg* früher annahm, die Niederschläge würden sich erst nach etwa 1½ bis 2 Jahren am Erguß der Thermalquellen auswirken, gelangte er auf Grund späterer eingehender Vergleiche auf eine Zeitspanne von 8—10 Monaten. *Cadisich* (23, 25) prüfte die beiden Hypothesen von *Mühlberg* und *Heim*. Er ist auf Grund

von selbst angefertigten Diagrammen der Ansicht, daß der Erguß gleicherweise mit den Niederschlägen im Aargau wie mit denjenigen im Glarnerland übereinstimmt.

Auch *Peter* (303) beschäftigte sich eingehend mit dieser Frage. Er hat eine ganze Reihe von graphischen Darstellungen zu ihrer Abklärung ausgearbeitet. Er erwähnt, daß es sich bei der Abhängigkeit des Ergusses von den Regenmengen um Vorgänge in der Natur handle, die „sich nicht nach so einfachen Gesetzen abwickeln, wie bei der Konstruktion der Diagramme angenommen wurde. Der Ertrag einer Quelle ist niemals genau proportional der Regenmenge in ihrem Einzugsgebiete, es spielen die Temperatur der Luft, die Verdunstung, die Versickerung und der Zustand des Erdreiches eine ganz erhebliche Rolle“. *Peter* kommt ebenfalls zur Ansicht, daß der Quellenertrag etwa 10—12 Monate hinter den Niederschlägen „nachhinkt“. Außerdem stellte er eine Tabelle auf, mit der er die zukünftige Gesamtwassermenge, „welche die Thermalquellen in irgend einem Zeitpunkte liefern sollen“, auf etwa $\pm 6\%$ Genauigkeit vorausberechnete. *Hartmann* (288) vergleicht die Niederschläge der Jahre 1935—38 mit den Quellergüssen und kann dabei feststellen, daß der sehr niederschlagsreiche Sommer 1936 den hohen Erguß der Quellen im April 1937 bewirkte. Die Verzögerung beträgt demnach nicht 1—2 Jahre, wie früher angenommen wurde, sondern nur etwa 10 Monate.

In neuester Zeit bemühte sich *Hauri* (294) um die Erforschung der Zusammenhänge. Er kommt wie seine Vorgänger zur Überzeugung, daß ein „Nachhinken“ der Ergüsse hinter den Niederschlägen deutlich zu konstatieren ist, daß aber von einer „Gesetzmäßigkeit“ von ca. 10 Monaten nicht beweisend die Rede sein kann. In den Jahren 1944/45 z. B. scheint die „Verspätung“ nur noch 4—5 Monate auszumachen. *Hauri* ist ferner der Meinung, daß einzelne nasse oder trockene Monate oder kürzere Zeitspannen sich im Ertrag der Quellen nicht auswirken. Erst längere nasse oder trockene Perioden, also z. B. ein regenarmer Sommer, ein schneereicher Winter, kommen in deutlich bemerkbarem Maße zur Geltung. Eine kürzere Trockenperiode zwischen zwei Regenperioden wirkt sich zwar am Erguß der Quellen aus, doch ist der zweite Anstieg der Ergußkurve, welcher der zweiten Regenperiode entspricht, höher als derjenige der ersten Regenperiode, so daß eine Summierung der beiden Niederschlagsperioden stattzufinden scheint.

γ) Die Niederschläge und Quellenergüsse von 1936—1945

Zur Veranschaulichung der in früheren Jahren vorgenommenen Untersuchungen wurden die Niederschlagsmengen und Quellenergüsse der Jahre 1936—1945 zusammengestellt und graphisch dargestellt (Diagramm 3). Der Grund, warum dieses Jahrzehnt ausgewählt wurde, liegt darin, weil erst von 1937 an die Messung der Quellenergüsse monatlich vorgenommen worden ist. Vorher erfolgten die Messungen nur vierteljährlich, früher sogar nur halbjährlich. Man hat also erst von 1937 an ein genaues Bild der Ergußschwankungen.

Die obere Kurve der graphischen Darstellung stellt die Niederschlagsmengen des Mittellandes in mm dar, und zwar berechnet aus den Mittelwerten der Regenmeßstationen Aarau, Barmelweid, Bözberg, Baden, Otelfingen, Boppelsen und Dietikon. Es wurden aber auch die Niederschlagsmengen des Alpengebietes berücksichtigt, und zwar der Stationen Engelberg, Urnerboden, Braunwald und Elm. Die Schwankungen zwischen den Niederschlägen im Mittelland und denjenigen im Alpengebiet verlaufen aber im gleichen Sinne, mit dem Unterschied, daß die Mengen im Alpengebiet größer sind als im Mittelland. Da eine Darstellung der beiden Niederschlagskurven die graphische Darstellung unübersichtlich gemacht hätte, wurde nur die Kurve des Mittellandes aufgetragen, was aber nicht heißen will, daß damit hier die Hypothese über die Herkunft der Quellen aus dem westlich von Baden liegenden Jura als allein maßgebend betrachtet wird.

Als erstes Merkmal bei dieser graphischen Darstellung fällt auf, daß sich die Niederschläge einzelner Monate nicht oder doch nur sehr wenig am Quellenerguß auswirken. Der niederschlagsärmere Monat August im Jahre 1936 kommt im Quellenerguß des Jahres 1937 nicht zum Ausdruck, ebenfalls nicht der niederschlagsreiche Monat September.

Dagegen sind ganze niederschlagsreichere oder niederschlagsärmere Perioden in ihren Auswirkungen auf die Ergiebigkeit der Quellen sehr deutlich feststellbar. Der niederschlagsreiche Sommer 1936 (April—Oktober) kommt im darauffolgenden Jahr 1937 (März—August) sehr schön zum Ausdruck. Es folgt dann das niederschlagsarme Jahr 1937, das sich an den Quellen im Jahr 1938 auswirkt. Sehr interessant sind die Verhältnisse in den Jahren 1939—1941. Die Sommer der Jahre 1939 und 1941 waren sehr niederschlagsreich, der dazwischen liegende Winter niederschlagsarm. Er wirkt sich in der Ergußkurve im September 1940 deutlich, aber doch nur in geringem Maße aus, während die darauffolgenden Quellenergüsse noch höher steigen als diejenigen vor diesem regenarmen Winter. Es scheint also, daß sich die beiden regenreichen Sommer 1939 und 1940 trotz dem dazwischen liegenden regenarmen Winter summieren und die Ergüsse während längerer Zeit auf einer bedeutenden Höhe halten. Während den trockenen Jahren von 1941 an sinkt die Ergußkurve langsam und stetig ab und erreicht im Jahre 1944 einen Tiefstand. Einzelne niederschlagsreichere Monate verändern diese absteigende Linie nur wenig.

Das „Nachhinken“ der Quellenergüsse hinter den Niederschlägen ist augenscheinlich. Weniger deutlich kommt eine gewisse Gesetzmäßigkeit zum Ausdruck, wie sie *Peter* (303) glaubte feststellen zu können. Die Verspätung kann über ein Jahr, aber auch nur wenige Monate betragen. Die niederschlagsreichere zweite Hälfte des Jahres 1944 wirkt sich bereits schon am Ende des gleichen Jahres in einer ansteigenden Ergußkurve aus. Es scheint, daß einige niederschlagsreiche Monate, die auf eine sehr lange trockene Periode folgen, sich am Quellenerguß rascher auswirken.

Wenn auch die Probleme noch nicht restlos abgeklärt sind, so lassen sich doch einzelne charakteristische Verhältnisse deutlich erkennen.

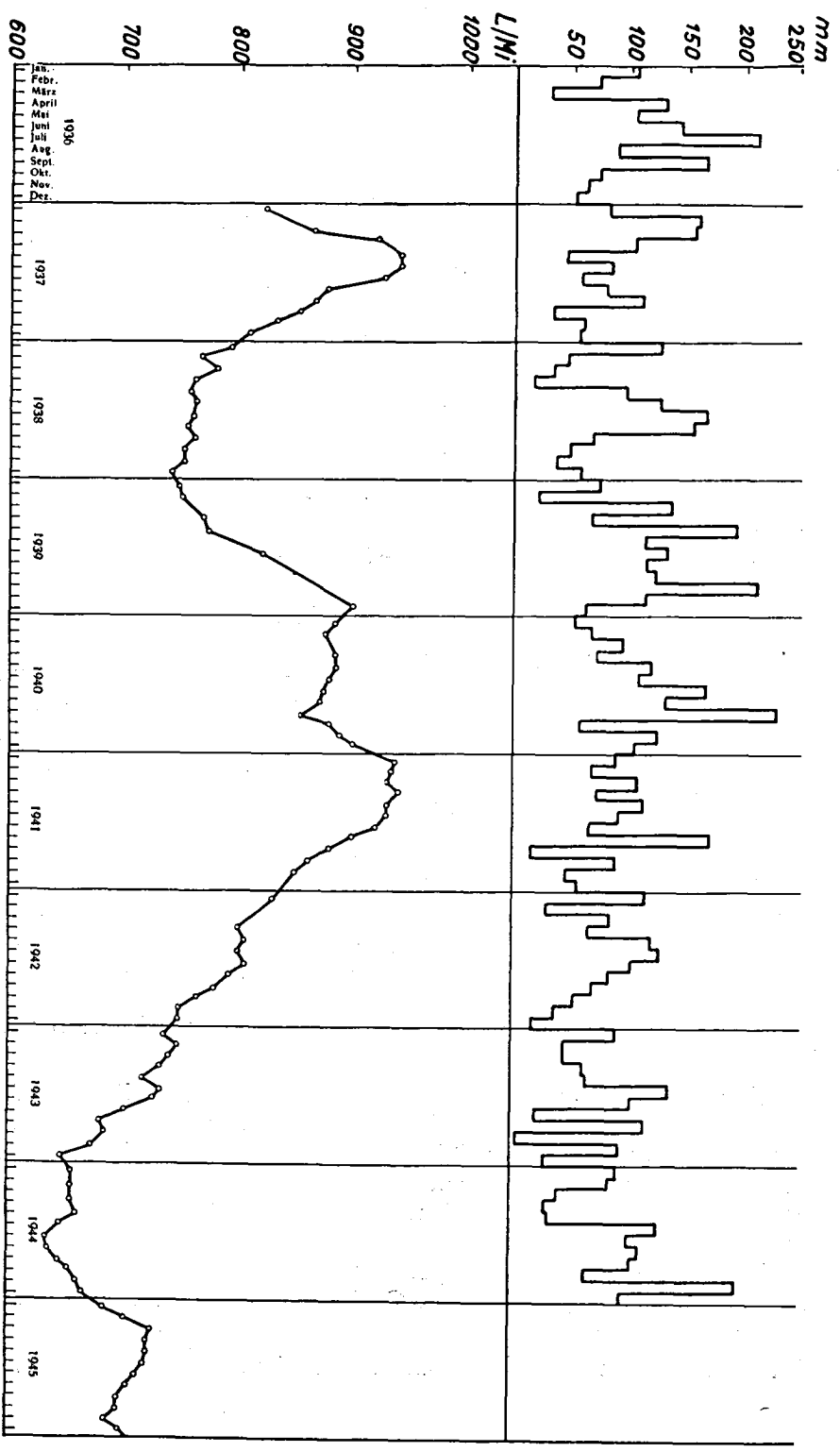


Diagramm 3. Die Niederschläge und Quellenerträge der Jahre 1936—1945

Tabelle 5

Monatliche Niederschlagsmengen in mm (Alpengebiet).
Mittel aus den Stationen Engelberg, Urnerboden, Braunwald, Elm.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1936	131,7	87,5	51,7	155,0	118,2	168,7	300,2	143,5	194,0	119,7	31,2	160,7
1937	110,2	258,5	139,7	137,8	107,8	151,2	194,2	218,5	206,7	85,5	60,0	74,7
1938	202,5	106,7	67,0	75,2	119,2	165,5	226,5	236,2	75,7	92,7	25,2	88,2
1939	84,5	32,2	228,5	116,2	206,2	144,0	235,0	182,2	118,7	212,5	311,2	88,2
1940	109,5	151,5	155,5	140,5	196,0	159,7	319,5	193,5	227,7	81,7	177,7	165,7
1941	60,2	75,7	76,0	80,0	151,7	95,0	165,2	260,7	103,0	237,7	74,2	81,7
1942	130,5	49,2	84,2	74,7	141,5	161,0	161,0	179,7	166,7	167,5	88,5	28,2
1943	151,7	75,0	76,0	173,0	110,7	223,5	167,5	84,5	204,7	0,5	121,7	47,0
1944	112,2	199,7	168,5	67,2	67,5	162,2	178,5	77,7	164,5	122,2	403,5	127,0

Tabelle 6

Monatliche Niederschlagsmengen in mm (Mittelland).
Mittel aus den Stationen Aarau, Barmelweid, Bözberg, Baden, Otelfingen, Boppelsen
(1936—1938), Dietikon (1939—1944).

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1936	106,5	71,3	36,5	130,0	70,1	144,1	212,5	87,8	176,5	73,3	55,7	53,0
1937	82,3	151,0	147,5	104,0	46,0	84,2	58,3	81,0	112,0	34,8	60,5	37,2
1938	127,5	45,5	35,0	16,2	97,7	128,5	167,2	156,5	68,2	47,7	36,5	57,8
1939	73,7	22,7	137,5	65,5	193,8	112,3	132,2	114,7	119,8	211,7	118,8	62,8
1940	53,5	67,7	93,8	72,0	120,7	111,7	168,0	131,2	230,3	58,0	123,5	106,2
1941	90,3	67,5	41,2	72,8	113,5	92,5	66,7	172,0	15,5	86,7	46,7	57,2
1942	116,7	30,5	86,2	65,3	118,3	127,8	103,3	84,3	70,2	51,0	33,2	78,2
1943	98,8	46,3	46,8	62,3	65,3	136,5	104,2	22,0	113,0	3,0	95,3	27,8
1944	92,5	85,7	39,7	30,5	32,0	127,8	104,5	113,0	105,2	65,2	197,0	76,0

Tabelle 7

Totalerguß der Badener Thermalquellen in l/min.

Die Zahlen stellen keine Mittelwerte dar, sondern nur die Ergußmessungen eines einzelnen Tages, meistens in der Mitte des Monats.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1937	823,40		867,80	921,58	941,31	939,96	933,45	885,78	867,90	856,75	834,50	809,90
1938	796,44	772,97	780,81	760,16	756,66	763,24	759,14	753,76	761,67	750,74	752,57	737,92
1939	749,41	751,28		767,57	778,28		824,88					899,06
1940	889,44	878,05		887,40	887,75	882,95	877,92	871,26	854,18	880,81	886,95	908,14
1941	935,83	934,23	932,56	940,19	933,02	931,95	922,80	899,30	881,89	865,31	851,16	
1942	834,90			801,86	803,05	803,25	808,25	798,54	781,25	762,52	748,45	749,77
1943	735,23	747,04	740,82	730,86	718,25	733,74	723,95	699,75	679,58	683,27	671,75	648,92
1944	655,82	654,16		654,65	661,46	648,18	634,91	645,40	631,82	636,50	650,24	663,71
1945	684,98	702,78	728,41	726,05	725,83	721,08	711,69	706,63	695,77	694,23	686,96	699,09

δ) Einstürze von Hohlräumen im Erdinnern, Erdbeben

Es ist naheliegend, an eine Gefährdung der Quellen und ihres Ergusses durch Naturereignisse zu denken. Es sind aber bis jetzt in dieser Beziehung keine Beobachtungen über die Thermen von Baden bekannt gegeben worden.

b) Teils natürliche, teils künstliche Ursachen

α) Veränderungen in den Quellenwegen

Veränderungen in den Quellenwegen, die sich in tieferen Bodenschichten vollziehen, wie z. B. Einstürze von kleineren Hohlräumen in den Quelladern, Senkungen von ganzen Schichten usw., können nicht durch künstliche Maßnahmen verhindert werden. Doch ist ein anderer, an und für sich natürlicher Vorgang, nämlich das *Sintern* der Quellen, d. h. das Ablagern von festen, im Wasser gelösten Mineralbestandteilen, teilweise von der Gestaltung des obersten Quellenweges, wie er von Menschenhand geformt worden ist, abhängig.

Das Sintern tritt vor allem bei kohlensäurehaltigen Mineralwässern ein, indem beim Aufsteigen der Quelle mit zunehmender Druckentlastung Kohlensäure aus dem Wasser frei wird und die durch sie in Lösung gehaltenen Hydrokarbonate als unlösliche Carbonate ausfallen und sich in den Quelladern ablagern. Dadurch werden die Quellenwege verengert, der Austritt des Wassers erschwert und mit der Zeit überhaupt verunmöglichlicht.

Nach *Kampe*³⁾ wird das Sintern umso mehr hintangehalten, je geschwinder das Wasser fließt. Die Fließgeschwindigkeit ist aber umgekehrt proportional dem Querschnitt der Leitung. Ein Quellschacht mit weitem Durchmesser vermindert die Fließgeschwindigkeit, ein eng geführtes Steigrohr erhöht sie. Die oft einen beträchtlichen Durchmesser aufweisenden „Brunnenschächte“ der Badener Thermalquellen befördern also das Sintern, so daß die oberen Quellwege allmählich verengert werden und sich das Wasser einen andern Ausweg suchen muß. Damit geht dann die Abnahme des Ergusses parallel.

Wie weit die Sinterbildung die Schüttung der Badener Thermen beeinflusst, ist gänzlich unbekannt. Die Quellen führen eine beträchtliche Menge Gas mit sich, können aber doch nicht als besonders gasreiche Quellen bezeichnet werden. Dennoch darf das Sintern nicht unterschätzt werden, wie aus den Sedimenten in den Leitungen und Reservoirs geschlossen werden kann. Auf die Veränderungen in den Quellenwegen durch chemische Einflüsse weist *Scherrer* (307), auf diejenigen durch mechanische Einflüsse *Peter* (303) hin.

Der natürliche Vorgang des Sinterns läßt sich also durch geeignete Maßnahmen, geeignete Fassung, strenge Überwachung und mehrmalige Reinigung, mildern.

Andere Störungen in den Quellenwegen, die den Erguß beeinträchtigen, wie Verstopfung durch Schlamm, Sand, Steine usw., können zwar nicht verhindert, aber doch durch künstliche Maßnahmen ganz oder teilweise beseitigt werden. Entweder bedient man sich dabei, soweit die Quellwege zugänglich sind, mechanischer Geräte wie Sonden, Sandheber usw., oder man ver-

³⁾ *R. Kampe*: Ursachen der Ergiebigkeitsänderungen, in *H. Vogt*: Lehrbuch der Bäder- und Klimaheilkunde. Berlin 1940, S. 76.

sucht die Öffnung der Quelladern mit dem sogenannten „Spüleffekt“ zu erreichen, d. h. man sucht durch Erhöhen der Fließgeschwindigkeit und des Wasserandranges die Fremdkörper herauszuschwemmen.

β) „Wilde“ Austritte von Quelladern

In einem Quellengebiet besteht immer die Möglichkeit, daß einzelne Quelladern nicht bis zur Erdoberfläche durchdringen können. Sie verlieren sich dann irgendwo im Schotter oder Schutt. Gerade in Baden besteht die Möglichkeit, daß in der alten Flußrinne der Limmat am westlichen Rande der Klus, die tiefer in die Trias hinunterreicht als die heutige Flußrinne, das Thermalwasser unter der mächtigen Schotterschicht noch andere Austritte findet. Mit der Zeit können sich diese „wild“en Austritte erweitern und den bis an die Oberfläche durchgedrungenen Quelladern immer mehr Wasser entziehen. Solche Verhältnisse müßten sich allerdings in einer immer mehr sinkenden Ergiebigkeitskurve äußern, die bis jetzt für Baden nicht festgestellt werden konnte. Doch ist es nicht ausgeschlossen, daß gerade künstliche Eingriffe (ungünstige Fassung, zu hoch gestautes Ausflußniveau) die Quellen förmlich zwingen, einen leichteren Ausweg zu suchen, den sie dann in den „wild“en Austritten finden.

γ) Zutritt und Gegendruck von „Wildwasser“

Münden die erwähnten „wild“en Austritte in einen in der Nähe befindlichen Grundwasserstrom oder Flußlauf, kann auch der umgekehrte Fall eintreten. Dann findet „Wildwasser“ den Weg ins System des Thermalwassers.

Ist der Druck des Thermalwassers auf das Wildwasser größer, so tritt Thermalwasser in das Wildwasser aus, im umgekehrten Fall mischt sich dem Thermalwasser Wildwasser bei, was sich in einer Abnahme der physikalischen (Temperatur) und chemischen (Gehalt) Eigenschaften äußert.

Als „Wildwasser“ kommen in Baden in Frage der westlich der Thermalquellen fließende Grundwasserstrom und der Flußlauf der Limmat.

Ein Einfluß des Grundwasserstromes auf die Thermalquellen konnte bis jetzt unter den normalen Auslaufverhältnissen nicht festgestellt werden, denn sämtliche Thermalquellen zeigten nie eine Verminderung der Temperatur oder Konzentration. Eine Ausnahme macht die ganz unbedeutende Adlerquelle, die eine niedrigere Temperatur und einen kleineren Trockenrückstand aufweist als die andern Quellen. Nur bei starkem Absenken des Auslaufniveaus der Quellen konnte ein Zusitzen von Wildwasser beobachtet werden. So konstatierte *Hartmann* (78) im Jahre 1921, als die Schwanenquelle wegen Fassungsarbeiten um 20 m durch Pumpen abgesenkt werden mußte, daß eine Vermischung mit etwa 9 % Wildwasser eintrat, und im Winter 1936 bei einer Absenkung von 16 m eine solche von etwa 4,5 %. Absenken bedeutete also in diesem Falle, daß der Druck des Thermalwassers gegenüber dem des Wildwassers herabgesetzt wurde, so daß dieses in die Quellenwege eindringen konnte. Dies war aber erst bei einer so starken Absenkung der Fall; die Quellen sind aber viel höher gestaut, so daß unter den normalen Auslaufverhältnissen keine Gefahr der Wildwasserbeimischung besteht.

Aus den erwähnten Versuchen muß aber geschlossen werden, daß zwischen dem Thermalquellensystem und dem Wildwasser Kommunikationsmöglichkeiten bestehen, d. h. daß bei den gegenwärtigen Zuständen Thermalwasser einen andern Ausweg findet. Welche Mengen dabei verloren gehen, ist nicht bekannt.

Etwas besser erforscht ist der Zusammenhang zwischen dem Thermalquellen- und dem Fluß-System. Die Frage, ob die Limmat einen Einfluß auf die Thermalquellen ausüben könne, ist naheliegend, da sie ja das Quellengebiet mitten durchschneidet. Ein Einfluß ist feststellbar, aber nicht in dem Sinne, daß etwa Limmatwasser das Thermalwasser „verdünnt“. Ein Zusammenhang besteht nur insofern, als noch Thermalwasser frei in den Fluß austritt. Zwischen Fluß und Thermalquellen besteht also eine kommunizierende Verbindung. Schon *Escher* und *Culmann* (40) beschäftigten sich mit diesen Verhältnissen, gelangten aber zur Überzeugung, daß ein eventuell vorhandener Einfluß nur unbedeutend sein könne infolge der geringen Menge des austretenden Thermalwassers. Genauere Verhältnisse konnte *Peter* (303) feststellen. Nach seiner Ansicht besteht zwischen Limmat und Thermalquellen ein Gleichgewicht. Führt der Fluß viel Wasser, so erhöht sich der Druck auf die im Flußbett austretenden Quelladern; der Austritt des Quellwassers wird erschwert, so daß es sich einen andern Ausweg suchen muß. Es findet ihn in den übrigen Quellen, deren Erguß sich infolgedessen erhöht. Führt die Limmat wenig Wasser, so steigt der Erguß der im Fluß austretenden Thermalquellen, und der Ertrag der andern Quellen geht zurück. So nahm im November 1921, als die Limmat um 1,81 m anstieg, die Gesamtschüttung der Quellen um 17,2 l/Min. zu; als nachträglich die Limmat um 0,72 m zurückging, sank auch der Gesamtertrag der Quellen um 17,7 l/Min.

Ein anderer Einfluß der Limmat besteht darin, daß ein Ansteigen des Flusses auch ein Ansteigen des Grundwasserspiegels zur Folge hat. Bestehen Austritte des Thermalwassers ins Grundwasser, so übt das letztere einen erhöhten Druck aus, wobei das Thermalwasser seinen Ausweg in den „legalen“ Quellenadern findet. Falls in Baden wirklich solche wilden Austritte bestehen sollten, könnten die von *Peter* festgestellten Einwirkungen sich nicht nur auf die in der Limmat ausfließenden Quelladern, sondern ebenso sehr auch auf wilde Austritte im Grundwasserstrom beziehen.

Das „wilde“ Austreten von Thermalwasser und das Zusitzen von „Wildwasser“ lassen sich durch künstliche Maßnahmen beseitigen oder teilweise mildern. In erster Linie kommt eine Regelung der Auslaufhöhe der Quellen in Frage, welche die Druckverhältnisse in den Quelladern reguliert. Davon wird im folgenden Abschnitt näher die Rede sein. In zweiter Linie muß versucht werden, die Verbindungskanäle zwischen Thermal- und Wildwasser zu verschließen. Im Untergrund der Quellen ist dies nicht oder dann nur durch umfassende Grabarbeiten möglich. Im Fluß käme eine Fassung oder eine Verstopfung der austretenden Quelladern in Betracht. Im großen und ganzen kann jedoch gesagt werden, daß der Einfluß des Grundwasserstromes und der Limmat auf die Badener Thermen unbedeutend ist.

Eine größere Gefahr, auf die schon *Peter* (303) eindrücklich hingewiesen hat, droht den Thermalquellen in Baden von Seiten der Limmat durch die Ausweitung und Vertiefung des Limmatbettes infolge der Erosionstätigkeit des Flusses. *Peter* stellt durch Vergleichen eines Limmatprofiles aus dem Jahre 1850 mit einem solchen aus dem Jahre 1921 fest, daß in diesem Zeitraum auf der linken Flußseite eine Sohlenvertiefung von 1 m eingetreten ist. Er schätzt die Dicke der Keuperschicht links auf etwa 8 m, rechts auf etwa 14 m. Er befürchtet, daß diese Schichten mit der Zeit immer dünner und damit Ausbrüche des Thermalwassers erleichtert werden, weil das Thermalwasser unter Überdruck steht.

Auch hier läßt sich Abhilfe durch menschliche Eingriffe schaffen, indem das Flußbett durch umfassende Verbauungen gegen weitere Erosion geschützt werden muß.

c) Künstliche Ursachen

α) Eingriffe in den Untergrund der Quellen

Solche Eingriffe können erfolgen durch Grabung, Bohrungen, Aushebung von Schächten, Kellern und Fundamenten, Anlegen von Gräben und Kanalisationen. Solche Arbeiten sind seit 1844 im Quellengebiet untersagt, resp. nur mit besonderer Bewilligung gestattet. Anlässlich von Sondierarbeiten im Keller des Hotels Staaðhof, welche die nähere Erforschung des Untergrundes zwecks Erstellung von Neubauten zum Ziele hatten, konnte *Hug* (295) das Eindringen von Wasser feststellen, das die Hälfte des Chloridgehaltes des Thermalwassers aufwies.

Es ist noch nicht gesagt, daß bei jedem Eindringen in den Boden im Quellengebiet unbedingt Thermalwasser zum Vorschein treten muß. Die größere Gefahr besteht darin, daß die über den Adern liegende Schicht geschwächt und dadurch dem unter Überdruck stehenden Thermalwasser mit der Zeit der Ausbruch erleichtert wird. Geeignete bauliche Maßnahmen können allerdings diese Gefahr herabsetzen.

β) Die Quellfassungen

Die Fassungsart kann oft ausschlaggebend für die Ergiebigkeit einer Quelle sein. Es handelt sich hier um Maßnahmen, die nicht nur für die Thermalquellen von Baden, sondern für alle Heilquellen überhaupt, sofern sie unter ähnlichen Bedingungen zutage treten, Geltung haben.

Sie sind von *Kampe* ⁴⁾ ausführlich dargestellt worden.

In erster Linie muß der Fassungskörper dicht auf dem Untergrund anschließen, damit die Quelle keinen Ausweg durch die undichten Fugen findet. In zweiter Linie sollte die Fassung wenn möglich bis in die wasserführende Schicht hinunterreichen. Je tiefer die Fassung angesetzt werden kann, umso mehr wird der natürliche Quellenweg mit seinen vielen Krümmungen und Querschnittsänderungen, die ständig die Fließgeschwindigkeit verändern, und mit den rauhen Wänden, welche die Reibung erhöhen, ersetzt durch die glatte, reibungsvermindernde Wandung, den gleichmäßigen Quer-

⁴⁾ *R. Kampe*: Fassung der Mineralquellen, in *H. Vogt*: Lehrbuch der Bäder- und Klimaheilkunde. Berlin 1940, S. 80.

schnitt und die vertikale Richtung des Steigrohres. Außerdem wird der Kontakt des Quellwassers mit den Geröllschichten, welche die wasserführenden Schichten überlagern, verhindert. Es ist augenscheinlich, daß durch alle diese Maßnahmen der Ertrag einer Quelle beträchtlich vermehrt werden kann. Auf die Bedeutung eines optimal bemessenen Querschnittes des Steigrohres zur Erhöhung der Fließgeschwindigkeit ist bereits beim Sintern hingewiesen worden.

In Bezug auf den Fassungskörper entspricht in Baden am besten die Limmatquelle den geforderten Voraussetzungen, weil es hier möglich war, die Fassungsbasis vollständig frei zu legen und eine sorgfältige Abdichtung auszuführen. Was die zweite Forderung anbelangt, so liegen die Verhältnisse am günstigsten beim neuen Steigrohr der Schwanenquelle, deren Verrohrung — wie man vermutet — als einzige von allen Badener Thermalquellen bis in den wasserführenden Muschelkalk hinabreicht.

γ) Das Auslaufniveau der Quellen

Von größter Wichtigkeit für den Quellenerguß ist das Auslaufniveau (Stauhöhe). Es kann hier nicht näher auf den Mechanismus einer aufsteigenden Quelle eingetreten werden. Es soll hier nur soviel gesagt sein, daß mit zunehmender Stauhöhe der Druck auf die Quelle zunimmt und damit der Ertrag zurückgeht. Schließlich gelangt man zu einer Höhe, zum sogenannten „piezometrischen Niveau“, wo die Quelle zu fließen aufhört.

Die Ermittlung der optimalen Auslaufhöhe ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Ein hoher Aufstau verhindert infolge des großen Druckes das Zusitzen von Wildwasser am Grund der Quelle, verringert aber den Erguß, weil dabei die Gefahr besteht, daß sich das gedrosselte Wasser einen andern Ausweg suchen muß und sich mit der Zeit verliert. Ein zu niedriger Aufstau vermehrt den Erguß, setzt aber unter Umständen das Druckgefälle zwischen Wildwasser und Thermalwasser so stark herab, daß das Wildwasser eindringen und damit das Heilwasser in der Qualität beeinträchtigen kann. Es muß deshalb das optimale Auslaufniveau gefunden werden, das beiden Ansprüchen gerecht wird. Dazu kommt aber noch die Rücksicht auf die benachbarten Quellen und auf die Stellen, wo das Heilwasser zur Anwendung kommt, d. h. in erster Linie auf die Bäder, ferner auf den Vorfluter, in den das gebrauchte Badwasser wegfießt.

Diese physikalischen Gesetze sind in Baden nur wenig beherzigt worden. Früher wurden die Bäder so angelegt, daß das Wasser mit eigenem Gefälle aus den Quellen hineinfließen konnte. Die Bäder mußten deshalb so tief in den Kellergeschossen der Hotels angelegt werden, daß das Auslaufniveau der Quellen möglichst nieder gehalten werden konnte, um einen einigermaßen genügenden Erguß zu erzielen. Hätte man die Bäder höher oben angelegt, hätten die Quellen so hoch gestaut werden müssen, daß sie nur noch eine sehr geringe Menge oder überhaupt kein Wasser mehr gespendet hätten.

Andererseits konnte früher, als es noch keine oder nur unvollkommen konstruierte Pumpen gab, das Auslaufniveau aus folgenden Gründen nicht allzu tief gesenkt werden: Das gebrauchte Thermalwasser mußte aus den Bädern in den nächsten Vorfluter, in diesem Falle also in die Limmat, wegfießen können. Die Bäder konnten also nur so tief angelegt werden, daß das Thermalwasser auch bei hohem Stand der Limmat noch die Möglichkeit hatte, in den Fluß abzufließen. Infolgedessen durfte das Auslaufniveau der Quellen nur so tief gesenkt werden, als das Thermalwasser mit seinem natürlichen Gefälle in die Reservoirs und Bäder gelangen konnte.

Nach 1800 und vor allem dann nach der Konstruktion geeigneter Pumpen sind diese Übelstände immer mehr zum Bewußtsein gekommen. Als 1809 die Allgemeine Quelle in Ennetbaden höher gebaut werden sollte, erhoben die Anteilhaber Einspruch dagegen, weil sie einen Rückgang des Ertrages befürchteten (2). Aber erst nach der Entdeckung der vier neuen Quellen im Jahre 1844 wurde den Auslaufhöhen größere Beachtung geschenkt. Im Verbal von 1858 (304) sind diese Verhältnisse amtlich festgestellt, und mit dem Dekret von 1869 ist der Schutz und die Erhaltung dieses Zustandes verfügt worden. Im Zusammenhang mit den damals erhobenen Streitfragen sind mehrmals die Gutachten von Fachleuten eingeholt worden, so von *Mousson* (146) *Merian* (130) und *Escher* und *Culmann* (40). *Mousson* weist darauf hin, daß jede tiefere Fassung und jede Senkung der Stauhöhe Änderungen mit sich bringe. *Merian* ließ zum Studium der Verhältnisse die Schwanenquelle aufstauen, mußte aber seine Versuche unterbrechen, weil die Quelle infolge des zu hohen Aufstaus zu fließen aufhörte. Er ging nun umgekehrt vor, indem er den normalen Ablauf der Limmatquelle absenken ließ. Diese ergab am untern Auslauf 50 Maß mehr Wasser. *Escher* und *Culmann* machten ganz ähnliche Beobachtungen. Ihr Gutachten ist ganz auf dem Standpunkt aufgebaut, daß die Stauung der Badener Quellen für deren Erguß schädlich sei. Die Belastung der Quellen durch die gestaute Wassersäule treibe das Wasser in unbekannte Kanäle hinein und gehe damit verloren. Bei zu tiefer Absenkung könne jedoch Wildwasser eindringen. *Scherrer* (307) stellte anlässlich der Neufassung der Limmatquelle fest, daß sie einige Meter über die frühere Auslaufhöhe im Limmatbett gestaut worden sei und deshalb nicht mehr soviel Wasser liefere.

Bei allen Fassungsarbeiten und Abpumpversuchen seit 1900, wenn eine Herabsetzung der Stauhöhe der betreffenden Quellen notwendig war, konnte man eine mehr oder weniger starke Erhöhung des Ergusses der abgesenkten Quellen beobachten, während die andern Quellen eine mehr oder weniger merkliche Einbuße erlitten. In allen Fällen ist aber stets der Gesamtertrag aller Quellen vergrößert worden, auch wenn nur eine einzige Quelle abgesenkt worden ist.

Als die Limmatquelle bei der Neufassung im Jahre 1904 um ca. 9 m abgesenkt werden mußte, lieferte sie nach *Peter* (303) 288 l/Min. anstatt 115 l/Min. wie vorher, also 173 l/Min. mehr. Die Gesamtvermehrung des Ergusses aller Quellen betrug dabei 124 l/Min. Das Absenken der Schwanenquelle anlässlich der Neufassung im Jahre 1921 um ca. 20 m bewirkte nach *Hartmann* (78) eine Steigerung des Ergusses von 72 l/Min. auf über 360 l/Min. Obwohl die andern Quellen dabei in Mitleidenschaft gezogen worden sind, steigerte sich der Totalerguß aller Badener Thermalquellen je nach Pumpleistung um ca. 70—100 l/Min. Der Ertrag der Straßen Ochsenquelle, die im Jahre 1921 versiegt war, konnte durch Absenken von etwas über 2 m auf über 20 l/Min. gefördert werden. Bei den Abdichtungsarbeiten der Schwanenquelle im Jahre 1936 stieg nach *Hartmann* (78, 290) bei einer Absenkung von 6,25 m der Erguß von 47 l/Min. auf etwa 150 l/Min., bei einer Absenkung von 16,0 m auf 215 l/Min. Die besten Aufschlüsse über

die Möglichkeiten einer Ergußsteigerung aller Thermalquellen in Baden ergaben die systematischen Abpumpversuche, die von *Hartmann* und *Keller* (288) durchgeführt und bearbeitet worden sind. Dabei steigerten nicht nur die abgepumpten Quellen ihren Erguß — die Paradiesquelle z. B. bei einer Absenkung von 5,4 m von 26,5 l/Min. auf 148,9 l/Min. —, sondern auch der Nettogewinn aller Quellen, der etwa 65 l/Min. betrug, war erheblich.

Diese Beobachtungen lassen sich noch um eine Reihe anderer Beispiele vermehren. Sie beweisen auf Grund praktischer Erfahrungen die Richtigkeit der theoretischen physikalischen Überlegungen. Ein Stauen der Quellen bewirkt also Ergußverluste, die *Hartmann* (78) für alle Quellen auf über 100 l/Min. schätzt, ein Absenken Ergußgewinne.

3. Anhang: Vorschläge zur Sanierung der Thermalquellen von Baden

Aus den vorangehenden Ausführungen läßt sich ersehen, daß die Badener Thermalquellen nicht den Ertrag abwerfen, den sie unter optimalen Bedingungen liefern könnten. Es fehlt deshalb nicht an Verbesserungsvorschlägen, die seit 100 Jahren immer wieder vorgebracht worden sind. Im Prinzip laufen alle darauf hinaus, den widernatürlichen Aufstau der Quellen aufzuheben. Über das Ausmaß der Absenkung bestehen jedoch noch verschiedene Meinungen. *Hartmann* (288) ist der Ansicht, daß Absenkungen von nur wenig Dezimetern keine wesentliche Erhöhung des Ertrages bewirken, daß vielmehr Absenkungen von 2—4 m notwendig sind, um erhebliche Mehrergüsse zu erhalten. *Peter* (303) betont — wie schon früher *Escher* und *Culmann* (40) — daß sich die Absenkung nach dem jeweiligen Pegelstand der Limmat zu richten habe. Darüber hinauszugehen, sei im Interesse des Quantums, darunter zu gehen, wegen der Gefahr des Zusitzens von Wildwasser nicht ratsam. Eine gründliche Sanierung ohne eingehende und sich über lange Zeiträume erstreckende Vorversuche, welche die Verhältnisse zuvor restlos abgeklärt haben müssen, ist nicht denkbar.

Über die Art des Vorgehens bei der Absenkung bestehen ebenfalls noch Unstimmigkeiten, so daß sich 3 Hauptvorschläge gegenüberstehen.

1. Beibehaltung der gegenwärtigen 18 Thermalquellen

Bei dieser Voraussetzung müßten natürlich alle 18 Quellen im gleichen Maße abgesenkt werden, da sich eine Absenkung nur einzelner Quellen nachteilig auf die übrigen auswirken würde.

a) Absenken der Quellen durch Tieferlegen des Auslaufes

Einer solchen Maßnahme, wie sie *Lüscher* (105) fordert, stehen erhebliche technische Hindernisse im Wege. Es wären damit umfangreiche Abteufungsarbeiten verbunden, weil die Ausläufe 2—4 m unter das heutige Niveau zu liegen kämen, ganz abgesehen davon, daß tief liegende und bei

dem zu erwartenden Mehrerguß auch große Reservoirs erstellt werden müßten. Solche Arbeiten gefährden aber den Untergrund der Quellen. Außerdem könnte die Installierung von Pumpen nicht vermieden werden, weil ja das Wasser aus den Reservoirs nur mittels Pumpen in die Bäder befördert werden könnte. Die Bäder noch tiefer zu legen als sie schon sind, ist aus hygienischen und technischen Gründen gänzlich ausgeschlossen, abgesehen von den den Kurbetrieb störenden Umbauarbeiten. Schließlich müßten diese Arbeiten bei allen 18 Quellen durchgeführt werden, was enorme Kosten und Umstände verursachen würde.

b) Absenken der Quellen durch Abpumpen

Bei Beibehaltung aller 18 Quellen müßten 18 Pumpen installiert werden, was ebenfalls eine erhebliche Verteuerung der ganzen Sanierung bewirken würde. Auch eine Vergrößerung der bestehenden Reservoirs wäre wahrscheinlich nicht zu umgehen. Das psychologische Moment, durch das Pumpen würden die im Erdinnern befindlichen „Reservoirs“ leer gepumpt, ist natürlich nicht stichhaltig, denn beim Abpumpen geht kein anderer Vorgang vor sich, als wenn der „natürliche“ Auslauf in der entsprechenden Tiefe angebracht würde. Der Hauptgrund gegen ein Abpumpen aller 18 Quellen besteht aber in der geringen Tiefe der Fassungen, die bei der einen Hälfte der Quellen nur 2—5 m beträgt. Hier wäre ein Abpumpen um 2—4 m gar nicht möglich.

2. Erstellung einiger oder weniger Zentralfassungen

Bei einer Beibehaltung aller 18 Quellen läßt sich eine Sanierung nicht erreichen. Es kommt deshalb nur die Zusammenfassung aller Quellen oder doch einzelner Quellgruppen in zentrale Fassungen in Frage.

Vorschläge in dieser Hinsicht sind schon vor 100 Jahren von *Mousson* (146) gemacht worden: „Eine vollkommene Regulierung der sämtlichen Wasserverhältnisse und eine vollständige Garantie für alle Beteiligten wird nur dann zu erlangen sein, wenn dieselben sich zu einer im großen ausgeführten tiefreichenden Bohrarbeit vereinigen. Die gewonnene Wassermenge würde nicht allein genügen, jedem Beteiligten sein gegenwärtiges Wasserquantum zu sichern, sondern ihm ohne Zweifel überdies eine im Verhältnis zu seiner Beteiligung stehende bedeutende Vermehrung an Thermalwasser zu verheißeln“. Auch *Merian* (130) und *Escher* und *Culmann* (40) betonen das gemeinsame Vorgehen und die Verständigung unter den Hotelbesitzern.

Konkretere Vorschläge machen *Peter* (303) und *Hartmann* (78, 81, 82, 288). *Peter* glaubt nicht, daß eine einzige Zentralfassung möglich wäre oder dann nur unter ungeheuren Kosten und komplizierten Bauarbeiten. Dagegen scheint es ihm möglich, in Ennetbaden 1, in Baden 2—3 Fassungen zu errichten. Das Wasser würde durch Abpumpen gehoben. *Hartmann* (81) hält auf Grund der neuesten Erfahrungen an der Schwanenquelle diese Stelle als geeignet für eine Zentralfassung in Ennetbaden. Für Baden hält er die

Verenahofquelle oder die Stelle zwischen Heißem Stein und Wälderhut am günstigsten. Beide Fassungen würden durch die natürlichen Kanäle im Muschelkalk miteinander in Verbindung stehen, und die gegenseitigen Verhältnisse könnten durch die Pumpen geregelt werden. Die Thermalwassermengen, die durch solche Sanierungsmaßnahmen gewonnen werden könnten, schätzen *Peter und Hartmann* auf etwa 200—300 l/Min. *Lüscher* (105) bestreitet, daß eine so große Menge Thermalwasser neu hinzugewonnen werden könnte. Er schätzt sie auf nur ca. 50—80 l/Min. Eine Zentralfassung scheint ihm unmöglich zu sein, weil sich die Quellen in einzelnen Gruppen nahe stehen. Es käme höchstens eine gemeinsame Fassung der einzelnen Quellengruppen in Frage.

Obwohl im Verlauf von 100 Jahren die Übelstände an den Thermalquellen von Baden von Fachleuten sehr gründlich dargelegt und Vorschläge zur Abhilfe gemacht worden sind, hat sich bis heute noch nichts an diesen Verhältnissen geändert.

IV. Die physikalischen, chemischen und biologischen Verhältnisse

A. Die Sinnenprüfung

Die Sinnenprüfungen gehörten in den früheren Zeiten zu den einzigen Möglichkeiten, die Thermalquellen zu charakterisieren. Man findet sie deshalb schon in den frühesten Veröffentlichungen über Baden erwähnt.

1. Aussehen

Das Aussehen des Wassers selbst erregte in den früheren Jahrhunderten wenig Aufmerksamkeit, umso mehr aber dessen Sedimente, wie z. B. das beim Stehen des Wassers sich auf der Oberfläche abscheidende „Badehäutchen“, die Salzkristallisationen am Ausfluß der Quellen und in den Leitungen (Sinter), ferner die Schwefelablagerungen und die „Algen“-Anhäufungen an allen Stellen, die mit dem Wasser in Berührung kamen. Was die „sichtbaren“ Quellenprodukte anbetrifft, sei auf die einschlägigen Abschnitte verwiesen.

Das Wasser selbst wurde stets als klar und farblos erkannt. Die „Kurze und eigentliche Beschreibung“ von 1619 (260) erwähnt, daß die Farbe sich stets gleich bleibe, Sommer und Winter, und daß selbst Ungewitter keine Änderungen bewirken würden. Die Beschreibung des Wassers, das in einem Glas aufgefangen wurde, lautet stets: klar, farblos, hell, durchsichtig, ohne Trübung und Bodensatz, so bei *Morell* (140), *Pfluger* (174, 175), *Ruesch* (190, 191), *Löwig* (104), *Minnich* (136, 137), *Diebold* (31), *Müller* (156—158) und anderen. Daß das Wasser, in tieferer Schicht von oben betrachtet, Farbänderungen aufweisen kann, ist heute jedermann klar. Früher jedoch betrachtete man diese Erscheinungen als besondere Merkmale der Quellen. So schreibt *Wagner* (231), im Verenabad wechselte das Wasser an einzelnen Tagen seine Farbe 3 mal: Zuerst weise es seine natürliche Farbe, resp. Farblosigkeit auf, dann werde es weißlich, schließlich blau. Dazu bemerkt schon *Scheuchzer* (198) ganz richtig, daß dies nichts „Wunderbares“ sei, weil diese Erscheinung lediglich auf der verschiedenen Brechung der Lichtstrahlen beruhe. Trotzdem wird noch im 19. Jahrhundert von *Ruesch* (191) diese Beobachtung im Sinne einer Besonderheit wiederholt, indem er mitteilt, bei Witterungsänderungen werde das Wasser trübe, im Verenabad z. B. werde es einige Stunden vor eintretendem Regen milchig-

blau, ebenfalls in einigen anderen Quellen. *Löwig* (104) führt diese Erscheinung auf die Herabsetzung der Verdunstung an der Wasseroberfläche zurück, wobei dann das Lichtbrechungsvermögen infolge der Konzentrationsverminderung des Dampfes direkt über dem Wasserspiegel eine Änderung erfahre. *Minnich* (136) läßt die Frage offen, ob nicht auch die elektrischen Spannungen der Atmosphäre daran beteiligt sein könnten. *Müller* (157) beobachtete am 30. März 1867, daß die Verenhofquelle von oben betrachtet einen violetten Schimmer darbot.

2. Geruch

Der Geruch nach Schwefelwasserstoff war von jeher das auffälligste Merkmal der Badener Thermalquellen. Allerdings wußte man früher nicht, woher der Geruch eigentlich stamme; man sah wohl die Schwefelabscheidungen, erkannte aber nicht, daß sie durch die Zersetzung des Schwefelwasserstoffes entstanden waren. Der erste, der eine exakte Beobachtung des Geruches mitteilt, ist *Montaigne* (139); er sagt, das Wasser gebe einen Geruch nach Schwefel von sich wie dasjenige zu Aigues caudes in Frankreich. Auch *Scheuchzer* (198) erkennt den Zusammenhang mit dem Schwefel, indem er bemerkt, des „Schwefels halber sei kein Zweifel“, „diesen fremden Gast ver-rät der Geruch“. Dagegen meint *Andreae* (9), der Geruch sei „kaum einer, kaum faulend“. *Morell* (140) nennt ihn „schwefelleberartig“, *Dorer* (35) „schweflicht“. *Wetzler* (252) legt großen Wert auf den Schwefelwasserstoffgeruch, weil dessen Intensität ihm die einwandfreie Beschaffenheit resp. Mangelhaftigkeit der technischen Einrichtungen kennzeichnete. *Wetzler* behauptet ferner, die Anwesenheit von Stickstoff verhindere den Schwefelwasserstoffgeruch. *Ruesch* (190, 191) führt den „hepatischen“ Geruch auf die emporsteigenden Gasblasen zurück. Von da an sprechen alle späteren Autoren bei der Erwähnung des Geruches nur noch von eigentlichem Schwefelwasserstoff, so *Löwig* (104), *Minnich* (136), *Diebold* (31), *Meyer-Ahrens* (134), *Müller* (157) („zersetzt Schwefelwasserstoff-Wasser“) und andere.

Darauf, daß die Intensität des Geruches nicht an allen Quellen und erst recht nicht an allen Stellen der Leitungen und Bäder gleich sei, weisen fast alle Beschreibungen der Bäder von Baden hin.

3. Geschmack

Als viel weniger charakteristisch wurde der Geschmack befunden. So fand ihn *Montaigne* (139) „etwas fade und weich“, wie bei Wasser, „das verschiedene Male aus einem Gefäß in ein anderes gegossen wird; was seinen Geschmack anbetrifft, so riecht es nach Schwefel und hat irgend einen Stich ins Salzige“. „Gelinde salzig“ nennen ihn zahlreiche Beobachter, so *Morell* (140), der ihn außerdem noch „schmackhaft“ nennt, *Dorer* (35), *Hess* (88), *Müller* (157). Das „Neujahrsblatt ab dem Schwarzen Garten“ 1809 (270) findet den Geschmack „unangenehm nach Schwefelleber riechend“. *Ruesch* (191), *Löwig* (104), *Minnich* (136), *Diebold* (31) bezeichnen den Geschmack außerdem noch als „fleischbrühartig“, an „Kalb-

fleisch-, Hühner- oder Taubenbrühe“ erinnernd. Mit Recht nennt *Meyer-Ahrens* (134) diesen Vergleich unpraktisch, weil er nicht von jedermann in Betracht gezogen werden könne „und auch sonst sehr hinke“. *Pfluger* (174, 175) findet den Geschmack ebenfalls ähnlich einer Fleischbrühe, „in welche ein wenig von einem faulen Eye gerührt worden sei“. Eher der Auffassung von *Montaigne* nähert sich *Heyfelder* (89), indem er den Ausdruck „fade“ gebraucht.

4. Berührung

Ebenso auffallend wie der Geruch war von jeher die Temperatur des Thermalwassers. Bis zur allgemeinen Verwendung des Thermometers war man zu ihrer Beurteilung ganz auf den Haut-Temperatur-Sinn angewiesen. *Gessner* (50) findet das Wasser so heiß, daß man es mit nacktem Körper kaum ertragen könne, während *Montaigne* (139) die Wärme gemäßigt und aus diesem Grunde die Bäder angenehmer als diejenigen in den heißeren Thermen erachtet. Viele Autoren, so *Sytz* (225, 226), *Pantaleon* (173), *Hottinger* (91), *Scheuchzer* (198), sagen weiter nichts über den Grad der Wärme aus; sie suchen mehr die Ursache der Wärme zu ergründen und berichten höchstens, daß die Badenden nicht heiß genug zu baden vermeinten, so daß sie oft aus der „erstickenden Brühe“ weggetragen werden müßten. *Maurer* (126, 127) ist erstaunt über die Wärme, „welche kaum das menschliche Gefühl ertragen kann“. Der weitgereiste *Andreae* (9) findet das Wasser von Baden heißer als Schinznach, aber nicht so heiß wie dasjenige von Wiesbaden, Aachen und Ems.

B. Die physikalischen Verhältnisse

1. Reaktion und pH

Das Schweizerische Bäderbuch⁵⁾ bezeichnet die Reaktion des Badener Thermalwassers als neutral. Diese Angabe ist nicht richtig. Darauf weist schon *Scheuchzer* (198) hin, der erkannte, daß nicht „das Alkali die Oberhand habe“, sondern daß eine „in die Augen leuchtende merkliche Übereinkunft der Sauer-Brunnen und unsers Bad-Wassers“ bestehe. Trotzdem wird auch später noch die Ansicht von der „Alkalität“ des Badener Thermalwassers vertreten (280).

Mit einer einfachen Methode kann die Reaktion mit den Indikatoren Methylorange und Phenolphthalein nachgeprüft werden. Mit Methylorange versetzt, weisen alkalische Flüssigkeiten eine gelbe, saure eine orange-rosarote Färbung auf. Bei Phenolphthalein sind die entsprechenden Farbveränderungen rot resp. farblos. Aus dem Verhalten gegenüber diesen beiden Indikatoren läßt sich auch ein Mineralwasser charakterisieren.

Die Bestimmung wird folgendermaßen vorgenommen: 2 Reagensgläser von gleicher Größe werden mit je 10 ccm frischem Thermalwasser gefüllt und das eine mit 2—3 Tropfen Methylorange, das andere mit 2—3 Tropfen Phenolphthalein-Reagens versetzt.

⁵⁾ Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz. Bern 1937.

Tabelle 8
Das Verhalten des Badener Thermalwassers gegenüber Methylorange und Phenolphthalein.

	Methylorange	Phenolphthalein	Rückschlüsse auf den Charakter des Mineralwassers
1.	alkalisch	alkalisch	Hydroxylion OH' in merklichen Mengen und häufig Karbonation CO ₃ ' neben Hydrokarbonation HCO ₃ '
2.	alkalisch	sauer	schwache Säuren in freiem Zustand (freies Kohlendioxyd CO ₂ neben Hydrokarbonation HCO ₃ ')
3.	neutral	sauer	kein Hydrokarbonation, sondern freie schwache Säuren (Metaborsäure HBO ₃ ', Kohlensäure H ₂ CO ₃)
4.	sauer	sauer	kein Hydrokarbonation HCO ₃ ', sondern stärkere freie Säuren

Für das Thermalwasser von Baden trifft der 2. Fall zu.

Auf die Ermittlung der Wasserstoffionenkonzentration p_H wurde früher wenig Wert gelegt. Erst *J. Markwalder* (123) beschäftigte sich damit im Zusammenhang mit der Trinkkur bei Hyperazidität und Hypersekretion des Magens. Er ließ das p_H chemisch-analytisch, mit Indikatoren und elektrometrisch mit dem Potentiometer von Mislowitz mit Chinhydronelektrode bestimmen. Das p_H stellte sich dabei etwas über 6,2. Eine eigene Untersuchung nach der potentiometrischen Methode konstatierte ebenfalls einen p_H -Wert von 6,22.

2. Die von der Konzentration abhängigen Konstanten

a) Spezifisches Gewicht

Das spezifische Gewicht wurde erstmals von *Scheuchzer* (198) bestimmt, und zwar in der Weise, daß er feststellte, wie viel schwerer 1 Unze ⁶⁾ Badener Thermalwasser sei als eine Unze Brunnenwasser. Er erhielt die in Tabelle 9, Seite 87 zusammengestellten Resultate.

Da *Scheuchzer* Brunnenwasser anstatt dest. Wasser verwendete und außerdem die damaligen Waagen, Gewichte und Maße im Vergleich mit den heutigen sehr ungenau waren, können seine Resultate nicht ausgewertet werden. Trotzdem stimmen einzelne seiner Bestimmungen ziemlich mit den heutigen Resultaten überein.

Morell (140) benützte zur Bestimmung die „hydrostatische Waage“ und fand das spez. Gew. zu 1,001³/₄.

⁶⁾ 1 Unze = 29,581 g nach *Scheuchzer*.

Tabelle 9

Das spezifische Gewicht des Badener Thermalwassers nach Scheuchzer.

Quelle	Gran ¹⁾	mg	Spez. Gew.
Bären	2 $\frac{258}{661}$	147,29	1,0049
Heisser Stein	$\frac{480}{1329}$	22,247	1,00075
Hinterhof	$\frac{480}{1224}$	24,158	1,0008
St. Verena	2 $\frac{438}{621}$	157,701	1,0054
Staadhof Kessel	$\frac{960}{1243}$	47,611	1,0017
Ochsen Kessel	1 $\frac{233}{247}$	119,828	1,003

Bauhof (12) hat keine Bestimmung des spez. Gewichtes vorgenommen, während *Löwig* (104) dabei noch die Temperatur berücksichtigte. Bei +10 °C fand er 1,0042—1,0045.

F. P. Treadwell (229) bestimmte das spez. Gewicht von 2 Quellen:

Tabelle 10

Das spezifische Gewicht nach F. P. Treadwell.

Quelle	Temperatur	Spez. Gew.
Ochsen Neue Quelle	13,5 ° C	1,00401
Ochsen Paradies	11,0 ° C	1,00402

b) Elektrische Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit wurde zum ersten Mal von *F. P. Treadwell* (229) bestimmt. Bei 25 °C erhielt er, bezogen auf 1 dm³ Hg, 5,9876. Er stellte ferner eine Verdünnungsreihe her und untersuchte die Leitfähigkeit auch bei 1-, 2-, 4-, 8-, 16- usw. facher Verdünnung. Bei 16384facher Verdünnung war die Leitfähigkeit null. Mit dieser proportionalen Abnahme erbrachte *Treadwell* den Beweis, daß die Salze im Wasser nicht mehr als solche vorliegen, sondern vollständig dissoziiert sind.

Weiter wurde die Leitfähigkeit von *Hartmann* (78, 80) bestimmt, doch gibt er die Resultate nur in Vergleichszahlen an.

Schließlich sei noch auf die eigenen Untersuchungen im Rahmen der im Jahre 1944 durchgeführten Kontrollanalysen verwiesen (S. 169).

¹⁾ 1 Gran = 61,627 mg.

c) Brechungsindex

Der Brechungsindex ist laut *Zörkendörfer*⁸⁾ geeignet, an Stelle des Trockenrückstandes die Konzentration eines Wassers an gelösten Mineralbestandteilen zu bestimmen.

Eigene Untersuchungen ergaben für das Thermalwasser der Verenaquelle einen Brechungsindex von 1,3338. Aber auch die Bestimmungen an andern Quellen zeigten die gleichen Resultate, die sich höchstens in der 4. Stelle voneinander unterschieden. Die 4. Stelle kann aber am Instrument nur schätzungsweise abgelesen werden, so daß sie nicht mehr zählt. Die Trockenrückstände der einzelnen Quellen weisen aber ganz deutliche, wenn auch nicht außerordentlich große Unterschiede auf.

Der Brechungsindex ist also kaum geeignet, die Wägung des Trockenrückstandes zu ersetzen, zumal er sich auch von demjenigen des gewöhnlichen Wassers nur wenig unterscheidet.

d) Gefrierpunktserniedrigung und osmotischer Druck

Das Schweizerische Bäderbuch gibt die Gefrierpunktserniedrigung für das Badener Thermalwasser mit $-0,213^{\circ}$ an. Eine eigene Untersuchung der Verenaquelle am 19. März 1946 ergab $-0,209^{\circ}$. Die Bestimmung der Gefrierpunktserniedrigung erfolgte mit einem Beckmann'schen Thermometer.

Aus der Gefrierpunktserniedrigung kann der osmotische Druck berechnet werden. Über diese Verhältnisse gibt auch die Millimolsumme Auskunft, da die Gefrierpunktserniedrigung und somit auch der osmotische Druck von der Konzentration der im Thermalwasser enthaltenen Bestandteile abhängt, wobei nicht nur die Mineralbestandteile und ihr Dissoziationsgrad, sondern auch die Gase eine Rolle spielen. Weil jedoch die Menge der letztgenannten stark von äußeren Faktoren abhängt (Luftdruck, Temperatur, Fassungsart der Quelle usw.), werden nur die Mineralbestandteile zum Vergleich herangezogen.

In physiologischer Beziehung spricht man von iso-, hypo- oder hypertonischen Mineralwässern, je nachdem ihre Millimolsumme und ihre Gefrierpunktserniedrigung mit derjenigen des Blutserums (303 mmol/l ; $-0,56^{\circ}$) übereinstimmt oder darunter resp. darüber liegt. Je nachdem ist der osmotische Druck des Mineralwassers mit demjenigen des Blutserums identisch oder mehr oder weniger stark verschieden, so daß eine entsprechende pharmakologische Wirkung zu erwarten ist.

Die Millimolsumme des Badener Thermalwassers beträgt 111,6; es ist also hypotonisch wie die meisten Mineralwässer.

3. Radioaktivität

Untersuchungen über die Radioaktivität des Badener Thermalwassers erfolgten erst nach 1900. Dagegen scheint sich schon *Minnich* in einem Briefwechsel 1874 mit Prof. *Thury* (228) mit der Frage beschäftigt zu haben, ob die Heilwirkung der Thermen nur auf den chemischen Eigenschaften beruhe, oder ob nicht noch irgendwie „elektrische Strömungen“ oder unbekannte Eigenschaften einen Einfluß haben könnten. Sie stellten experimentell fest,

⁸⁾ *W. Zörkendörfer*: Chemie der Heilwässer, Moore und Schlamm, in *H. Vogt*: Lehrbuch der Bäder- und Klimaheilkunde. Berlin 1940, S. 257.

daß zwischen Limmat- und Thermalwasser eine „elektrische Strömung“ bestehe, die sich nach dem Aufwärmen des erkalteten Thermalwassers nicht mehr nachweisen lasse.

Einen eigentlichen Nachweis der radioaktiven Eigenschaften konnte erst *Gockel* (57, 58) erbringen, wobei das Wasser nur wenig, die Gase jedoch stärkere Radioaktivität aufwiesen. Der Potentialabfall im Elektroskop belief sich in einer Stunde von 6000 Volt auf 30 Volt.

Sehr eingehend befaßte sich *Sury* (219, 220, 221) mit der Radioaktivität der Badener Thermen und der schweizerischen Heilquellen überhaupt. Den qualitativen Nachweis leistete er mit einer in eine Kassette eingelegten photographischen Platte; auf die Kassette wurde ein Schlüssel gelegt und die ganze Anordnung den radioaktiven Gasen ausgesetzt. Als Träger der Aktivität bezeichnet *Sury* das Argon (?), das zu ca. 1,20 % in den Quellgasen vorhanden sei (?) und spektrographisch nachgewiesen (?) werden konnte, während der Nachweis von Thorium nicht gelang. Die größere Aktivität der Gase erklärt sich *Sury* dadurch, daß sie die Emanation mitreißen, so daß im Wasser nur noch eine unbedeutende Menge Emanation vorhanden ist. Desgleichen sind die verschiedenen Abscheidungen aus dem Quellwasser, wie z. B. das „Badehäutchen“ auf der Wasseroberfläche, der Schlamm, der Sinter, der Schwefel usw. nur sehr wenig radioaktiv. Zur Bestimmung benützte *Sury* die Zirkulationsmethode von Himstedt. Als Apparatur verwendete er eine mit Zinnfolie ausgekleidete Glasglocke, in deren Mitte das Elektroskop angebracht war. Die Halbwertszeitkonstante (Halbwertszeit)⁹⁾ für das Badener Thermalwasser berechnete er mit 3,79 Tagen.

Sury unternahm ferner noch Spezialuntersuchungen bei positiver und negativer Ladung, wobei die Zerstreuungsgeschwindigkeit bei positiver Ladung von Anfang an geringer war als bei negativer. Bei den Gasen fand er, daß der Schwefelwasserstoff und das Kohlendioxyd durch ihre Gegenwart die Aktivität abschwächen. Dagegen war die Luft der Badezellen nach dem Einfüllen des Badewassers in die Bassins 3 mal so stark ionisiert als vorher.

Schweitzer (206—210) prüfte die Resultate *Surys* in den Jahren 1908 und 1910 nach. Er benützte dazu ein Fontaktoskop nach *Engler* und *Sievekling*. Den etwas höheren Wert der Schwanenquelle führt er auf die größere Fassungstiefe zurück. Die Halbwertszeitkonstante (Halbwertszeit) betrug für die Schwanenquelle 3,9, für die Bären Kesselquelle 3,8 Tage. *Schweitzer* entnahm das Thermalwasser den Quellen direkt, während *Sury* das Wasser teilweise am Überlauf oder in den Reservoirs gefaßt hatte. Die Unterschiede zwischen seinen eigenen Resultaten und denjenigen *Surys* führt *Schweitzer* auf diesen Umstand zurück; doch schließt er die Möglichkeit von zeitlichen Schwankungen nicht aus. Die Unterschiede sind immerhin nicht sehr bedeutend.

⁹⁾ Darunter wird diejenige Zeitspanne verstanden, in der die ursprünglich zu Beginn vorhandene Menge an radioaktiven Stoffen durch Zerfall auf die Hälfte zurückgegangen ist.

Schweitzer fand wie *Sury* die Quellgase bedeutend radioaktiver als das Wasser. Den großen Unterschied zwischen seinen Resultaten und denjenigen *Surys* führt er darauf zurück, daß *Sury* die Ergebnisse nicht auf 0°C und 760 mm Hg bezogen habe. Die Halbwertszeit für die Zerfallsgeschwindigkeit bei den Gasuntersuchungen betrug bei der Schwanenquelle 3,8, bei der Staaahof Kesselquelle 3,7, bei der Ochsen Paradiesquelle 3,8 und bei der Verenaahofquelle 3,9 Tage.

Schweitzer untersuchte ferner noch die Sedimente der Schwanen-, Heißen Stein-, Staaahof Kessel-, Hinterhof- und St.Verenaquelle und fand sie sehr schwach radioaktiv, eine Beobachtung, die von *Blumer* (15) bestätigt wurde. *Schweitzer* konnte hingegen in der Luft der Baderäume und selbst der Hotelzimmer Emanation nachweisen, weil die Wände dieser Räume stets mit einer Schicht induzierter Aktivität überzogen waren.

In der nachfolgenden Tabelle sind die von *Sury* und *Schweitzer* gefundenen Werte in Mache-Einheiten (M. E.) zusammengestellt.

Tabelle 11

Die Radioaktivität des Wassers und der Gase der Badener Thermen nach *Sury* und *Schweitzer*.

Quellen	Sury 1906 M. E.	Schweitzer 1908 M. E.	Schweitzer 1910 M. E.	Schweitzer 1912 u. 1916; abgerundete Werte v. 1910 M. E.
Quellwasser:				
Allgemeine	0,45	—	0,63	0,6
Adler	0,37	—	—	0,4
Schwanen	—	—	1,25	1,3
Großer Heisser Stein	0,48	—	0,50	0,5
Kleiner Heisser Stein	—	—	—	—
Limmat	0,29	—	0,32	0,3
St. Verena	—	—	0,38	0,4
Staaahof Kessel	0,58	—	0,54	0,5
Staaahof Kleine	0,34	—	—	0,3
Wälderhut	0,58	0,55	0,56	0,6
Ochsen Paradies	0,36	—	0,44	0,4
Ochsen Straßen	0,48	—	0,49	0,5
Ochsen Kessel	0,24	—	—	0,2
Ochsen Neue	0,24	—	—	0,2
Hinterhof	0,24	—	0,59	0,6
Bären Kessel	—	—	0,42	0,4
Bären Carola	—	—	—	—
Verenaahof	0,27	0,28	0,29	0,3
Quellgase:				
Verenaahof	25,5	2,12	2,72	2,7
Staaahof Kessel	25,4	2,11	2,66	2,7
Schwanen	—	—	3,77	3,8
Ochsen Paradies	—	—	3,19	3,2
Bären Kessel	—	—	3,21	3,2

Tabelle 12

Temperaturmessungen an den Badener Thermen.

1° Fahrenheit = $\frac{5}{9}$ ° C
 1° Réaumur = $1\frac{1}{4}$ ° C

Untersucher	Dorer		Zwingli u. Hess		Bauhof u. Pflüger		Löwig		Rüesch		Minnich u. Stoll		Merian		Müller u. Perenoux		Minnich		Treadwell		Hartmann		Münzel		
	1806	1818	1828	1835	1840	1844	1853	1866	1869	1896	1937	1944													
	F	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	
Allgemeine	115	46,1	38	47,5	38,5	48,1	39,5	49,4	35,5	44,4	39,0	48,8	37,8	47,3	36,8	46,0	38,0	47,5	—	—	—	—	—	—	—
Adler	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33,1	41,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Schwanen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37,9	47,4	36,4	45,5	38,0	47,5	—	—	—	—	—	—	—
Großer H. Stein	125	51,7	38	47,5	38	47,5	39,5	49,4	—	—	39,5	49,4	37,8	47,3	36,4	45,5	38,0	47,5	—	—	—	—	—	—	—
Kleiner H. Stein	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39,5	49,4	36,6	45,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Limmat	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37,8	47,3	36,6	45,7	38,0	47,5	—	—	—	—	—	—	—
St. Verena	127	52,8	38	47,5	36	45,0	38,9	48,6	36	45,0	37,5	46,9	37,3	46,6	36,4	45,5	39,0	48,7	—	—	—	—	—	—	
Staadhof Kessel	122	50,0	—	—	38	47,5	40,8	51,0	35	44,5	40,0	50,0	37,7	47,1	36,8	46,0	38,0	47,5	—	—	—	—	—	—	
Kleine	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Wälderhut	121	49,4	31	38,7	31	38,7	—	—	—	—	39,8	49,5	37,1	46,4	37,8	47,3	38,0	47,5	—	—	—	—	—	—	
Ochsen Paradies	120	48,9	—	—	37	46,3	—	—	—	—	39,0	48,8	36,0	45,0	37,4	46,8	38,0	47,5	—	—	—	—	—	—	
Straßen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	38,5	48,1	37,3	46,6	36,8	46,0	37,0	46,3	—	—	—	—	—	—	
Kessel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	38,0	47,5	36,4	45,5	36,4	45,5	37,0	46,3	—	—	—	—	—	—	
Neue	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37,0	46,3	37,0	46,3	36,6	45,7	37,0	46,3	—	—	—	—	—	—	
Hinterhof	125	51,7	—	—	38,5	48,1	40,6	50,9	—	—	39,8	49,5	38,1	47,6	37,8	47,3	38,0	47,5	—	—	—	—	—	—	
Bären Kessel	—	—	35	43,8	35	43,8	40,8	51,0	—	—	39,0	48,8	—	—	34,4	43,0	—	—	—	—	—	—	—	—	
Carola	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Verenahof	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37,5	46,9	37,1	46,4	37,4	46,8	37,0	46,3	—	—	—	—	—	—	

Bauhof, 1815, R 37, C 46,3

Löwig, 1837, Frühling, bei allen Quellen ca. 1° niedriger als im Herbst 1835

Mousson, 1838, Frühling, Großer Heiser Stein C 48,2; St. Verena C 46,8

Aus den Untersuchungen von *Sury* und *Schweitzer* geht hervor, daß das Badener Thermalwasser und seine Gase radioaktiv sind. Den Grenzwert von 29 nC (= 80 M.E.)¹⁰⁾, der für radioaktive Badequellen gefordert wird¹¹⁾, erreichen aber die Quellen von Baden bei weitem nicht. Auch die Quellgase enthalten zu wenig Emanation (Radon), als daß sie den Anforderungen (2,9 nC = 8 M. E.) an eine radioaktive Inhalation genügen könnten. Es ist deshalb nicht angängig, die Radioaktivität bei der Aufzählung der Eigenschaften des Badener Thermalwassers in den Vordergrund zu stellen.

4. Temperatur

Auf die Temperatur ist im Zusammenhang mit der Sinnenprüfung bereits hingewiesen worden. Aber erst seit 1800 sind thermometrische Messungen vorgenommen worden, anfänglich noch nach der Skala von *Fahrenheit*, dann bis etwa um 1870 nach *Réaumur*, von da an nach *Celsius*. Seit längerer Zeit wird die Temperatur regelmäßig amtlich gemessen, wenn der Erguß der Quellen bestimmt wird. Früher geschah dies halbjährlich, später vierteljährlich, seit etwa einem Jahrzehnt monatlich. In Tabelle 12, Seite 87, sind die wichtigsten Temperaturmessungen seit 1800 zusammengestellt, soweit sie von Analytikern vorgenommen worden sind. Die amtlichen Messungen sind hier nicht aufgeführt.

Außer den auf dieser Temperaturliste aufgeführten Werten sei noch auf die 1944 durchgeführten Kontrollanalysen (S. 169) verwiesen.

Über die zeitlichen Temperaturschwankungen und über die Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Quellen ist auf S. 156 und 162 noch ausführlicher die Rede. Die tabellarisch zusammengestellten Werte, wenigstens diejenigen des 19. Jahrhunderts, sind sicher nur in sehr beschränktem Maße vergleichbar. Einmal ist bei allen diesen Messungen ins Auge zu fassen, daß die Temperatur nicht immer in den Quellen direkt gemessen worden ist. Besonders die schwerer zugänglichen und mit Steinplatten bedeckten Quellen, wie z. B. die Allgemeine-, Limmat-, Heißer Stein-, St. Verena-, Hinterhofquelle, sind oft nur am Auslauf oder sogar noch weiter entfernt an den Einläufen in die Reservoirs gemessen worden. Dies allein kann schon Temperaturunterschiede von 2–3°C bewirken. Noch schwerwiegender sind die Unterschiede in der Beschaffenheit und Genauigkeit der verwendeten Thermometer. Früher kannte man die auf dem erreichten Grad beharrenden Maximalthermometer nicht, so daß die Ablesungen beim Herausziehen des Thermometers sehr ungenau ausfielen, besonders bei den schlecht zugänglichen Quellen. So erging es z. B. *Minnich* beim Messen der Limmatquelle (136). Auch *Löwig* hatte mit ähnlichen Schwierigkeiten beim Messen der frei im Verenaabfließen St. Verenaquelle zu kämpfen (104).

¹⁰⁾ 1 nC (Nanocurie) = $1 \cdot 10^{-9}$ C (Curie) = $6,5 \cdot 10^{-15}$ g Radon (Emanation); die Mache-Einheit (M.E.) ist eine Konzentrationseinheit; 1 M.E. = 0,364 nC/Liter.

¹¹⁾ Gemäß den Salzfluener Beschlüssen (Zschr. Kurortwissensch. 2, 83 (1932)).

Ein umstrittenes Problem war eine Zeit lang die Frage, ob an den Stellen der Quellen, wo eine starke Gasentwicklung (Aufwallen des Wassers) zu beobachten war, die Temperatur höher sei als an den andern Stellen. *Löwig* (104) glaubte nicht nur mit dem in die Quelle gehaltenen Arm, sondern auch mit dem Thermometer eine deutliche Erhöhung der Temperatur feststellen zu können, wenn eine „Gas-Exhaltation“ stattfand, doch hielt er Täuschung nicht für ausgeschlossen. Bei der Neufassung der St. Verenaquelle beobachtete *Minnich* (136), daß in der einen schwächeren Quellader, die keine Gasentwicklung aufwies, das Thermometer 37° R, bei der andern stärkeren Quellader mit heftiger Gasentwicklung aber $39,5^{\circ}$ R zeigte. Auch in den andern Quellen konnte er an den Stellen des Gasaustrittes oder in den Augenblicken stärkerer Gaseruption ein Ansteigen des Thermometers konstatieren. Auch *Müller* (157) stellte ein erhöhtes Wärmegefühl beim Heraufstoßen größerer Gasmassen fest. Durch eine sinnvolle Einrichtung und unter Zuhilfenahme sehr genauer Thermometer wies er jedoch nach, daß es sich nur um eine Sinnestäuschung handle.

Nicht weniger hartnäckig wurde eine Zeit lang behauptet, das Thermalwasser kühle sich langsamer ab als gewöhnliches, auf gleiche Temperatur erhitztes Wasser. 1826 machten der Apotheker *Opitz* und der Arzt Dr. *Schnebli* (169) folgenden Versuch: Sie erwärmten gewöhnliches Wasser und destilliertes Wasser auf 28° R und ließen es mit Thermalwasser von gleicher Wärme bei einer Zimmertemperatur von 14° R und einer Außentemperatur von -6° R unter gleichen Umständen wieder erkalten. Das Erkalten ging beim Thermalwasser zuerst rascher, dann aber langsamer vor sich als beim gewöhnlichen und beim destillierten Wasser. Während der Nacht vors Fenster an die Kälte gestellt, gefror das Thermalwasser im Gegensatz zu dem andern nicht. Der Versuch wurde mehrmals wiederholt und ergab jedesmal das gleiche Resultat. Diesen Untersuchungen widersprechen die Resultate, die *W. Schultheß* (205) mit dem Thermalwasser vornahm; die „Thermalwärme“ verhielt sich dabei genau gleich wie die „gewöhnliche“ Wärme.

Diese Untersuchungen veranlaßten *Löwig* (104), mehrere Kapitel seiner Schrift dieser Frage zu widmen. Er unterstützt darin die von *Schulthess* gemachten Beobachtungen an Hand der von andern Chemikern in andern Heilbädern gemachten Erfahrungen.

C. Die chemischen Verhältnisse

1. Die Mineralbestandteile und der Trockenrückstand

Aus den an den Quellen und in den Leitungen abgelagerten Ausscheidungen schloß man früher auf die Bestandteile des Wassers. Da man in erster Linie Schwefel und Sinter, früher „Alet“ = Alaun genannt, beobachten konnte, schrieb man dem Badener Thermalwasser als Hauptbestandteile Schwefel und Alaun zu. Der erste Analytiker, der diese Feststellung schriftlich niederlegte, war *Gundelfinger* (60). Seine Aussage wurde dann noch lange von den späteren Autoren übernommen und immer wieder vorge-

bracht, so z. B. von *Sytz* (225) und *Gessner* (50). *Baccius* (10) glaubt, daß neben den erwähnten Mineralien auch noch etwas Eisen vorhanden sei. Alle diese früheren Anschauungen beruhen lediglich auf Sinnesprüfungen und nicht auf Feststellungen mittels chemischen Reagenzien.

Die erste auf Grund chemischer Methoden vorgenommene Untersuchung stammt aus dem Jahre 1578 und wurde von *Pantaleon* (173) vorgenommen. *Pantaleon* erkannte, daß das Wasser mehrererlei Inhaltsstoffe enthalte und deshalb auch mehrererlei Krankheit heile. Er unterwarf das Wasser zuerst der Sinnesprüfung, „gesicht, geruch, geschmack und tact oder angriff“, dann erfolgte die „einsiedung und abgießung“ und zuletzt die Destillation. Durch Einsieden von 1 Zentner (?) Thermalwasser konnte *Pantaleon* einen Rückstand gewinnen, der zu $\frac{1}{10}$ aus Salpeter, $\frac{1}{3}$ aus Alaun und im übrigen aus Schwefel bestand. Die Ausbeute war noch reichlicher, wenn das Wasser der Destillation unterworfen wurde. Den Schwefel wies *Pantaleon* nicht nur durch Aussehen, Geruch und Geschmack, sondern auch durch Anzünden nach.

Wenn auch diese Analyse heute nicht mehr brauchbar ist und keine genauen Anhaltspunkte gibt, so verdient sie doch als erste, nach quantitativen Gesichtspunkten vorgenommene Analyse besondere Erwähnung. So wie die Mitteilung *Gundelfingers* während Jahrhunderten als einzige Richtlinie diente, so wurde auch *Pantaleons* Beschreibung immer wieder zitiert, so z. B. in der „Kurzen und eigentlichen Beschreibung“ vom Jahr 1619 (260), von *Wagner* (231) und von *Hottinger* (91).

Zwischen den Analysen *Pantaleons* und *Scheuchzers* liegt ein Zeitraum von fast 150 Jahren, der in Bezug auf die Kenntnis der Quellen wenig ergiebig ist. In Baden lebte zwar im 17. Jahrhundert der Arzt *Georg Adam Meyer* (132), der eine Analyse von Schinznach verfaßt hat. Mit großer Wahrscheinlichkeit hat er sich seine balneologischen Kenntnisse in Baden angeeignet, doch ist keine Analyse des Thermalwassers von Baden von seiner Hand bekannt.

So leiten die Untersuchungen *Scheuchzers* (195—198) eine neue Epoche der analytischen Bemühungen an den Thermalquellen von Baden ein; wenn auch seine Untersuchungen veraltet sind, so weisen sie doch schon so viel Genauigkeit auf, daß sie in großen Zügen zum Vergleich mit den heutigen Kenntnissen herbeigezogen werden können. *Scheuchzer* untersuchte alle damals bekannten Quellen in Baden nach der gleichen Methode und zog in den Bereich seiner Beobachtungen noch die gewöhnlichen Trinkwasserbrunnen mit ein, um den Unterschied zwischen dem gewöhnlichen und dem Thermalwasser deutlicher zu machen. Er stellte mit einer Reihe von Reagenzien qualitative Prüfungen an, um das Verhalten der im Wasser enthaltenen Bestandteile kennen zu lernen. Auf Grund dieser Reaktionen bestreitet er die von den früheren Autoren behauptete Anwesenheit von Alaun und bezeichnete den von ihnen beschriebenen Sinter in zutreffender Weise als Kalk.

Das zweite Hauptaugenmerk legte *Scheuchzer* auf den Salzgehalt. Beim Eindampfen beobachtete er die Kristallisation: Zuerst bildeten sich zugespitzte Säulchen, die dann in Würfel übergingen; sie wiesen eine viereckige, zugespitzte Pyramidenform auf. Wie das Wasser, unterwarf er auch das

Salz verschiedenen chemischen und physikalischen Prüfungen, stellte das spezifische Gewicht fest, die Abnahme des Gewichtes nach dem Glühen und das Verhalten gegenüber verschiedenen Reagenzien. Auch hier zog er zum Vergleich mit dem aus dem Badener Thermalwasser gewonnenen Salz noch gewöhnliches Kochsalz, Englisches Salz und Bittersalz herbei.

In Bezug auf den Trockenrückstand erhielt *Scheuchzer* folgende Werte:

Tabelle 13

Trockenrückstand der Badener Thermalquellen nach *Scheuchzer* 1732.

Quellen	in 7 Badener Stadt-Maß ¹²⁾ = 10,97 l			in 1 Badener Stadt-Maß ¹²⁾ = 1,56 l		in 1000 Teilen	
	alte Gewichtsangaben		neue Ge- wichtsangabe	altes Gewicht	neues Gewicht		
	Unzen	Quintlein	Gran	g	Gran	g	
Bären Kessel	2	3	17	71,303	165 ² / ₇	10,186	6,497
Hinterhof	1	7	8	55,957	129 ⁵ / ₇	7,994	5,099
St. Verena	1	6	39	54,170	125 ⁴ / ₇	7,738	4,936
Staadhof Kessel	1	6	16	52,753	122 ² / ₇	7,536	4,807
Heisser Stein	1	7	57	58,977	136 ⁵ / ₇	8,425	5,379
Wälderhut	1	5	6	48,439	112 ² / ₇	6,903	4,414
Allgemeine		6	57	25,699	—	—	2,341

Der Trockenrückstand wurde hierauf geglüht und die geglühte Masse mit Wasser ausgekocht. Was sich nicht löste, wurde abfiltriert (Filtrerrückstand = erdige Teile) und das Filtrat eingedampft (Abdampfrückstand des Filtrates = Salzige Teile, Verlust = Flüchtige Teile). Der ganze Analysengang läßt sich nach umstehendem Schema veranschaulichen.

Die Werte, die *Scheuchzer* für den Trocken- und Glührückstand ermittelt hat, liegen höher als die heutigen. Daraus kann aber nicht geschlossen werden, daß früher das Thermalwasser gehaltreicher gewesen sei, da sich die verwendeten Geräte und Apparaturen und das damalige analytische Vorgehen von den heutigen Bedingungen stark unterschieden. Trotzdem hat *Scheuchzer* mit den unvollkommenen wissenschaftlichen Hilfsmitteln seiner Zeit brauchbare Angaben geliefert, die noch heute wertvolle Anhaltspunkte vermitteln können.

Merveilleux (131) läßt in seinem sich sonst nicht mit balneologischen

¹²⁾ Die Umrechnungen der *Scheuchzer*'schen Analysen stützen sich auf die folgenden Angaben *Scheuchzers* (198):

136 583 kubische Pariser Linien = 1 Badener Stadtmaß = 53 Unzen.

Nach *Hütte*, „Des Ingenieurs Taschenbuch“, 17. Auflage, 1919, Bd. 2, S. 644 ist 1 m = 443 295 936 Pariser Linien,

folglich ist

1 Pariser Linie = 2,2558 mm,

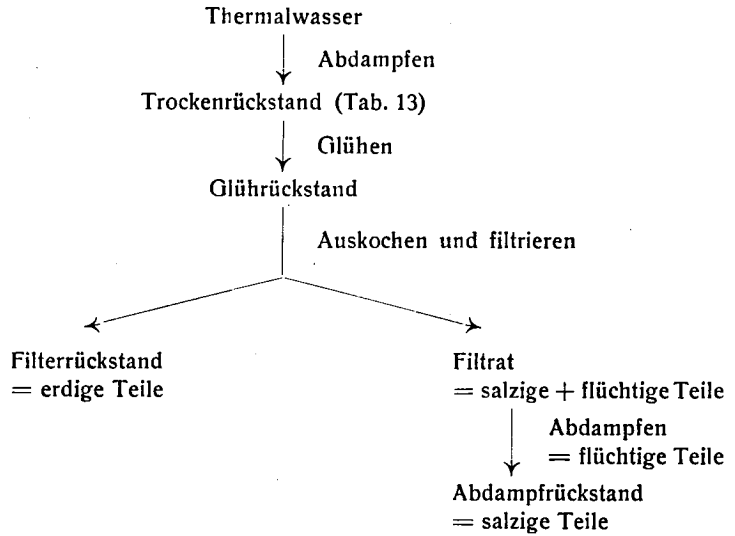
136 583 kubische Pariser Linien = 1567,79528 ccm (g) = 1 Badener Stadtmaß.

Da 1 Badener Stadtmaß = 53 Unzen sind, ist

1 Unze = 29,58104 g,

1 Quintlein = ¹/₈ Unze = 3,697 g,

1 Gran = ¹/₆₀ Quintlein = 61,6271 mg.



Fragen befassenden Buch einen Arzt aussagen, das Thermalwasser in den Großen und Kleinen Bädern bestehe aus Schwefel, Alaun, Vitriol und Eisen. Es wird nicht näher erklärt, wie der Vitriol- und Eisengehalt nachgewiesen werden konnte. Der gleiche Arzt stellte mit dem aus dem Badener Thermalwasser gewonnenen Salz Vergleiche mit dem aus den Quellen von Aix gewonnenen Salz an, ohne hierüber nähere Angaben zu machen. Er erwähnt lediglich, daß die Unterschiede nicht wesentlich seien.

Tabelle 14
Quantitative Analyse nach Scheuchzer 1732.

Quellen		Erdige Teile		Salzige Teile		Flüchtige Teile		Glührückstand	
		Altes Gewicht Un- Quint- Gran zen lein	Neues Gewicht g	Altes Gewicht Un- Quint- Gran zen lein	Neues Gewicht g	Altes Gewicht Un- Quint- Gran zen lein	Neues Gewicht g		Neues Gewicht g
Bären Kessel	in 7 Ba- dener Stad- Maß = 10,97 l	—	4 35	16,945	1 4 2	44,489	— 2 40	9,859	
Hinterhof		—	3 46	13,962	1 1 45	36,051	— 1 37	5,977	
St. Verena		—	3 8	11,584	1 2 33	39,009	— — 58	3,574	
Staadhof Kessel		—	3 17	12,139	1 1 11	33,956	— 1 48	6,645	
Heisser Stein		—	4 37	17,068	1 1 30	35,126	— 1 50	6,778	
Wälderhut		—	4 21	16,082	7 53	29,145	— — 52	2,046	
Allgemeine		—	2 12 ¹ / ₂	8,134	4 51	17,931	— — —	—	
Bären Kessel	in 1000 Teilen			1,544		4,054		0,898	6,497
Hinterhof				1,270		3,286		0,545	5,099
St. Verena				1,056		3,556		0,326	4,936
Staadhof Kessel				1,106		3,094		0,606	4,807
Heisser Stein				1,555		3,200		0,618	5,374
Wälderhut				1,466		2,655		0,292	4,414
Allgemeine			—		—		—	—	

Der Hofapotheker *Andreae* (9) aus Hannover analysierte auf einer Schweizerreise ziemlich eingehend die Thermalwasser von Baden und Schinznach.

Beim Eindampfen von 1 Quintlein (= 3,697 g) Thermalwasser erhielt er 31 Gran (= 1,909 g) feste Bestandteile (?). Den Rückstand schildert er als weiße bis graue, an manchen Stellen braune Masse. Kleine gelbe, geschmolzene Klümpchen deutet er als Schwefel, sternartig kristallisierte feine Gebilde als Gips, der Trockenrückstand braust mit verdünnter Salzsäure auf, also ist kohlenaurer Kalk vorhanden. Die Kristalle unterwarf *Andreae* einer mikroskopischen Prüfung.

Mit einer Reihe von qualitativen Reaktionen versuchte er die einzelnen Bestandteile nachzuweisen, wobei er das Verhalten des Badener und Schinznacher Thermalwassers miteinander vergleicht. Als Resultat seiner Untersuchungen, die er an der Hinterhofquelle durchführte, nennt *Andreae* folgende Bestandteile:

Etwas Kalkerde
weniger Schwefelgeist oder flüchtige Vitriolsäure
vielleicht auch gemeine fixere Vitriolsäure (Schwefelsäure)
Kochsalz.

Ein Dr. *F. A. Weber* (243) aus Heilbronn soll verschiedene Mineralwasser der Schweiz analysiert haben, darunter auch Baden. Wo diese Resultate niedergelegt sind, konnte nicht in Erfahrung gebracht werden. Tatsache ist, daß *Weber* die Thermen von Schinznach besucht und analysiert hat.

Der Berner Apotheker *Morell* (140) kommt auf Grund der Untersuchungen von *Scheuchzer* zum Ergebnis, daß die einzelnen Quellen in Baden sich wohl in gewissen Bestandteilen und Eigenschaften unterscheiden, z. B. in Temperatur und Schwefelwasserstoffgehalt, daß aber im großen und ganzen das Wasser in den einzelnen Quellen doch von ähnlicher Zusammensetzung sei. Genauer analysierte er deshalb nur die St. Verenaquelle.

Zuerst suchte er sich wie seine Vorgänger *Scheuchzer* und *Andreae* durch qualitative Reaktionen von den vorhandenen Inhaltsstoffen ein Bild zu machen. Zur Bestimmung des Trockenrückstandes dampfte er 6 Maß¹³⁾ (= 9,36 l) Quellwasser der St. Verenaquelle ab und erhielt daraus 642 Gran¹⁴⁾ (= 39,664 g) Rückstand, also $18\frac{1}{7}$ Gran (= 1,144 g) weniger als *Scheuchzer*, der pro Maß $125\frac{1}{7}$ Gran (= 7,738 g) fand. *Morell* schildert dabei ausführlich die Beobachtungen, die er während des Eindampfens des Wassers gemacht hat, wie sich allmählich eine Haut bildete und größere Stücke davon nach und nach an den Boden der Schale sanken. Den Rückstand unterwarf er einem exakten Analysengang, wobei er sukzessive Auszüge mit Weingeist, Wasser und Salzsäure vornahm und die gelösten Bestandteile wieder zur Ausfällung brachte, um aus ihrem Gewicht die Quantität der verschiedenen Inhaltsstoffe zu berechnen.

¹³⁾ 1 Maß = 1,56 l.

¹⁴⁾ 1 Gran = 61,627 mg.

In 1 Schoppen Badener Thermalwasser (= 392 ccm) fand *Morell* an festen Bestandteilen:

Tabelle 15
Analyse nach *Morell* 1788.

Mineralbestandteile	in 1 Schoppen ¹⁵⁾ Thermalwasser		in 1000 Teilen g
	Altes Gewicht Gran	Neues Gewicht g	
Glaubersalz	9 $\frac{1}{15}$	9,07	1,425
Bittersalz	3 $\frac{4}{15}$	3,27	0,514
Küchensalz	2 $\frac{1}{4}$	2,25	0,353
Selenit	8 $\frac{7}{24}$	8,29	1,300
Bittererde	2 $\frac{11}{16}$	2,69	0,549
Kalkerde	$\frac{37}{48}$	0,67	0,105
Eisen	$\frac{1}{82}$	0,03	0,004
			<u>4,250</u>

Der aus dieser Analyse sich ergebende Trockenrückstand stimmt einigermaßen mit den heutigen Werten überein, während die einzelnen Salze nicht nur der Art, sondern auch der Menge nach falsch berechnet sind. Was *Morell* in dieser Aufstellung unter Selenit versteht, ist unklar. Als Selenit bezeichnete man früher den Sinter; möglicherweise nahm *Morell* an, dieser bilde einen der verschiedenen Mineralbestandteile des Thermalwassers.

Der Chemiker *D. Bauhof* (12), Direktor einer Vitriolfabrik in Aarau, untersuchte wie *Morell* verschiedene schweizerische Mineralquellen, vor allem Schinznach und Baden. Von Baden veröffentlichte er nur die Resultate; es ist aber anzunehmen, daß der Analysengang in der gleichen Weise erfolgte wie bei der Untersuchung des Schinznacher Thermalwassers (11). *Bauhof* analysierte wie *Morell* die St. Verenaquelle und ging auch in der gleichen Weise wie dieser vor, mit dem Unterschied, daß er sich die neuesten analytischen Methoden zunutze machte.

Zuerst unterwarf er wie seine Vorgänger das Wasser verschiedenen qualitativen Reaktionen und ging dann zur quantitativen Bestimmung der Bestandteile über. Den Trockenrückstand ermittelte er wie üblich durch Abdampfen und Trocknen bei erhöhter Temperatur. Aus 300 Unzen = 6 Maß Thermalwasser erhielt *Bauhof* 600 Gran Trockenrückstand, dessen Zusammensetzung aus Tabelle 16, Seite 99, ersichtlich ist.

Auch wenn die Analyse *Bauhofs* den heutigen Kenntnissen nur noch bedingt entspricht, so stimmt doch seine Annahme, das Wasser setze sich in der Hauptsache aus Gips und Kochsalz zusammen, mit den neuesten Anschauungen überein, nach denen im Badener Thermalwasser Natrium-, Calcium-, Sulfat- und Chlor-Ionen überwiegen.

¹⁵⁾ 1 Schoppen = 929 ccm im Jahre 1788.

Tabelle 16
Analyse nach Bauhof 1816.

Mineralbestandteile	in 300 Unzen ¹⁶⁾ = 6 Maß ¹⁸⁾ = 91		in 1000 Teilen g
	Altes Gewicht Gran ¹⁷⁾	Neues Gewicht g	
Schwefelsaurer Kalk (Gips)	233	15,169	1,613
Salzsaures Natrium (Kochsalz)	186	12,109	1,291
Salzsaure Bittererde	51	3,320	0,354
Schwefelsaures Natrium (Glaubersalz)	48	3,124	0,333
Kohlensaurer Kalk	36	2,349	0,250
Schwefelsaure Bittererde (Bittersalz)	31	2,018	0,215
Kohlensaure Bittererde (Magnesia)	11	0,716	0,076
Extraktivstoff	3	0,195	0,021
Eisenoxyd	1	0,065	0,007
	<u>600</u>	<u>39,065</u>	<u>4,167</u>

Die Analyse *Bauhofs* war in einem Zeitpunkt veröffentlicht worden, als der Kurort Baden nach den kriegerischen Wirren um 1800 einen Tiefstand erreicht hatte. Sie hatte zur Folge, daß Baden in balneologischer, technischer und baulicher Hinsicht wieder einen neuen Aufschwung nahm. Die Einführung der Dampfbäder um 1825 und die Fassung der bisher frei in die Limmat ausfließenden Limmatquelle im Jahre 1828/29 riefen nach neuen chemischen Untersuchungen. Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft ergriff deshalb die Initiative zu einer Neuanalyse der Thermen von Baden (271, 272). Eine Gesamtanalyse ist allerdings nie zustande gekommen, aber es sind doch wenigstens einige bis anhin ungelöste Probleme aufgeklärt worden.

Schlatter (200) berichtet von einigen Chemikern, die mit 500 Maß Thermalwasser (= 750 l) eine neue Analyse unternommen hätten, um einige bisher unbekannte, aber mit großer Wahrscheinlichkeit vorhandene Bestandteile nachzuweisen. Es handelte sich dabei vermutlich um den von *Bauhof* und *Opitz* (13) angestellten Nachweis von Brom und Jod. Da diese Ionen nur in sehr geringen Mengen im Badener Thermalwasser vorkommen, mußten zu ihrer quantitativen Erfassung größere Mengen Thermalwasser abgedampft werden. Zwei weitere an diesen Versuchen beteiligte Chemiker, *Pfluger* (174, 175) und *Hüttenschmid* (94) fügten allgemeine Beobachtungen bei, beschäftigten sich aber vor allem mit Temperaturmessungen und Gasanalysen.

In der gleichen Richtung wie die vier genannten Analytiker untersuchte auch *Ziegler* von Schaffhausen (256) das Badener Thermalwasser, indem er sich in erster Linie mit der Gasanalyse befaßte, aber auch die Angaben *Bauhofs* in Bezug auf das Vorkommen von Jod und Brom auf seine Rich-

¹⁶⁾ 1 Unze = 31,25 g

¹⁷⁾ 1 Gran = 65,10416 mg

¹⁸⁾ 1 Maß = 1,5 l

} nach dem im 19. Jahrhundert geltenden
Maß- und Gewichts-System.

tigkeit prüfte. Jod konnte er mit Bestimmtheit nachweisen, Brom jedoch nicht.

Während alle bis jetzt erwähnten Untersuchungen über das Thermalwasser von Baden als einzelne Abschnitte in Sammelwerken oder als einzelne Kapitel in Abhandlungen über Baden erschienen sind, beansprucht die chemische Untersuchung *Löwigs* (104) eine fast 250 Seiten starke Publikation für sich. Sie stellt auch heute noch die eingehendste wissenschaftliche Arbeit dar, die über die Thermen von Baden verfaßt worden ist.

Löwigs Analyse ist bereits auf einem ziemlich hohen Grade der Genauigkeit und Zuverlässigkeit angelangt. Die Bestimmung des Trockenrückstandes nahm er in einer Platinschale vor; er erhielt 4,501 g, nach dem Glühen 4,190 g. Für die Wägungen stand ihm eine analytische Waage zur Verfügung. *Löwig* analysierte das Wasser der Kesselquelle im Stadthof. Der Analysengang zeichnet sich durch klaren Aufbau aus. Die daraus ermittelte Zusammenstellung ergibt in 1000 Teilen Thermalwasser bei 10 °C folgende Bestandteile:

Tabelle 17
Analyse nach *Löwig* 1835.

Mineralbestandteile	in 1000 Teilen g
Schwefelsaurer Kalk (Gips)	1,41418
Schwefelsaures Natron (Glaubersalz)	0,29800
Schwefelsaure Bittererde	0,31800
Chlornatrium (Kochsalz)	1,69820
Chlorkalium	0,09262
Chlorcalcium	0,09362
Chlormagnesium	0,07375
Kohlensaurer Kalk	0,33854
Bittererde (Magnesia)	0,01992
Fluorcalcium	0,00209
Kohlensaures Strontium	0,00066
Phosphorsaure Tonerde	0,00086
Kieselerde	0,00096
	4,35140
Brommagnesium	Spuren
Jodmagnesium	„
Lithium	„
Ammoniak	„
Organische Materie	„

Schon *Löwig* macht in einem ausführlichen Kapitel „Wie die durch die Analyse gefundenen festen Bestandteile im Wasser untereinander vereinigt sind“ darauf aufmerksam, daß die Darstellung der gefundenen Bestandteile in Salzform den natürlichen Verhältnissen nicht entspreche, sondern lediglich durch Berechnung in ziemlich willkürlicher Weise erfolge. Je nach persönlicher Auffassung des einzelnen Analytikers können die gefundenen Bestandteile ganz verschieden kombiniert werden. Aber erst 60 Jahre später sind die Argumente *Löwigs* durch *Treadwell* berücksichtigt worden.

Friedrich Laué (101) von *Wildegge* untersuchte 1844 das Badener Thermalwasser nochmals auf seinen Bromgehalt. Er ging dabei von 30 l Thermalwasser der St. Verenaquelle aus. Er berechnete den Bromgehalt von 1 l Thermalwasser auf mindestens 0,2 mg.

Da die Analyse *Laués* als nicht hinreichend betrachtet wurde, veranlaßte *Minnich* noch eine Untersuchung durch einen Chemiker *Chatin* (28) in Paris. Zu diesem Zwecke wurden 3 Saum¹⁹⁾ (= 450 l) Thermalwasser abgedampft und der Rückstand nach Paris gesandt. *Chatin* fand aber weder Brom noch Jod.

In einem französischen Sammelwerk soll eine Analyse des Badener Thermalwassers von *Bischof* (14) veröffentlicht worden sein. Es war leider nicht möglich, Datum und Analyse ausfindig zu machen. Es wird lediglich mitgeteilt, es seien darin unter anderem auch 0,1 g Eisenoxyd angeführt, doch fehlt eine Angabe, auf wie viel Thermalwasser sich diese Menge bezieht.

Tabelle 18
Analyse nach Müller 1870.

Mineralbestandteile	in 1000 Teilen g
Schwefelsaures Kalium	0,1273
Schwefelsaures Natrium	1,8427
Chlor-Natrium	0,3204
Chlor-Lithium	0,0238
Chlor-Calcium	1,3458
Chlor-Strontium	0,0105
Chlor-Magnesium	0,00168
Jod-Magnesium	0,00016
Brom-Magnesium	0,00067
Fluor-Calcium	0,0025
Doppeltkohlensaure Magnesia	0,3541
Phosphorsaure Tonerde	0,00042
Kieselerde	0,0465
	<hr/> 4,09165
Eisen	Spuren
Mangan	„
Caesium	„
Rubidium	„
Ammoniak	„
Salpetersäure	„
Organische Materie	„

Wie sehr *Löwig* mit seinem Hinweis auf die Willkürlichkeit der Salztabelle recht hatte, beweist die Analyse von Dr. *Christof Müller*, Apotheker in Bern (156—158). Allerdings ist sich auch *Müller* darüber im klaren, daß die theoretische Vereinigung der Ionen zu Salzkombinationen hypothetischer Natur ist. Während aber *Löwig* die Löslichkeitsverhältnisse der Salze als Basis zu seiner Berechnung benützte, gemäß dem *Berthollet'schen* Gesetz, ging *Müller* vom Verwandtschaftsgrade der Säuren und Basen aus und ge-

¹⁹⁾ 1 Saum = 4 Eimer = 150 l.

langte deshalb zu einer andern Salztabelle als *Löwig*. So sieht man auf den ersten Blick, daß in seiner Analyse nicht Schwefelsaures Calcium und Chlor-Natrium die Hauptbestandteile des Wassers bilden wie bei *Löwig*, sondern schwefelsaures Natrium und Chlor-Calcium. *Müller* ist sich denn auch dieses Dilemmas vollständig bewußt und führt deshalb in seiner Veröffentlichung neben seiner neuen Analyse auch noch diejenige *Löwigs* als gleichberechtigt an.

Der Untersuchungsbericht *Müllers* gewährt wie derjenige *Löwigs* den Vorteil, genaue Anhaltspunkte über den Analysengang zu vermitteln. Das Resultat — *Müller* analysierte die Verenhofquelle — läßt sich aus Tabelle 18, S. 101, ersehen.

Das Verdienst der Analyse *Müllers* besteht vor allem darin, das Vorkommen von Jod, Brom, Lithium, Rubidium, Caesium und Kieselsäure aufgeklärt zu haben.

Der Kurarzt Dr. *Wagner* ließ von Prof. *Schlagdenhauffen* (199) in Nancy das Badener Thermalwasser auf die Anwesenheit von Arsen prüfen. *Schlagdenhauffen* fand in 10 l Thermalwasser 0,35 mg Arsen.

F. P. Treadwell, Professor an der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich, erstellte 1896 im Auftrag der Kasinogesellschaft eine neue Analyse der Thermen von Baden. Sie wurde wie diejenige *Löwigs* und *Müllers* als Separatdruck veröffentlicht (229). Der ganze Analysengang samt Berechnungen ist darin ausführlich beschrieben. *Treadwell* stellte die Resultate jedoch nicht mehr in der bis anhin üblichen Salztabelle zusammen, sondern gemäß der von *Svante Arrhenius* im Jahre 1887 aufgestellten Lösungstheorie nach Ionen. Damit konnte zum ersten Mal die Willkür der Salzzusammenstellungen vermieden und eine einwandfreie quantitative Aufstellung der im Thermalwasser enthaltenen Bestandteile vermittelt werden.

Am 24. Januar 1896 faßte *Treadwell* die zur Analyse benötigte Menge Thermalwasser an der „Neuen Quelle“ im Ochsen; einen kleineren Teil entnahm er der Paradiesquelle im Ochsen. Neue Gesichtspunkte brachte die Analyse *Treadwells* vor allem in Bezug auf die genauen Gewichtsmengen der festen und gasförmigen Bestandteile. Neu waren die Bestimmungen der elektrischen Leitfähigkeit, der Alkalinität, der Borsäure, der Arsensäure. Die Resultate sind in Tabelle 19, Seite 103, zusammengestellt. Diese Analyse *F. P. Treadwells* ist noch heute die maßgebende, offizielle Analyse der Thermen von Baden, solange die Analyse von *W. D. Treadwell* noch nicht veröffentlicht werden darf.

Als Wert für den Trockenrückstand fand *Treadwell* in 1 l Thermalwasser 4,346 g.

Hartmann (75) hat gemäß den im Deutschen Bäderbuch von 1907 aufgestellten Normen die Analyse von *Treadwell* neu berechnet und sowohl eine Ionen- als auch eine Salztabelle aufgestellt, um an Hand der letzteren einen Vergleich mit den früheren Analysen vornehmen zu können.

Es muß nochmals ausdrücklich betont werden, daß weder *Treadwell* noch *Hartmann* die Ansicht vertreten, diese Tabelle entspreche den im Badener Thermalwasser vorliegenden Verhältnissen. Beide halten nur die

Ionentabelle für maßgebend; die Salztabelle wurde lediglich im Anschluß an die frühere Berechnungsweise beigefügt.

Tabelle 19
Analyse von F. P. Treadwell 1896.

Mineralbestandteile (Ionen)	in 1000 Teilen g
Calcium	0,514877
Strontium	0,006163
Magnesium	0,099540
Natrium	0,794989
Kalium	0,068037
Lithium	0,004301
Kieselsäure	0,064426
Kohlensäure	0,192830
Chlor	1,185490
Brom	0,002451
Jod	0,000014
Fluor	0,000081
Schwefelsäure	1,413920
Phosphorsäure	0,000128
Borsäure	0,001591
Arsensäure	0,000027
	<u>4,348865</u>
Caesium	Spuren
Rubidium	„
Eisen	„
Aluminium	„
Mangan	„
Ammoniak	„
Salpetersäure	„
Organische Substanzen	„

Tabelle 20
Analyse von F. P. Treadwell, Ionentabelle, berechnet von Hartmann.

Ionen	Chemische Formel	in 1000 Teilen g
Kalium	K ⁺	0,06776
Natrium	Na ⁺	0,7944
Lithium	Li ⁺	0,004286
Calcium	Ca ⁺⁺	0,5153
Strontium	Sr ⁺⁺	0,00617
Magnesium	Mg ⁺⁺	0,1008
Chlor	Cl ⁻	1,196
Brom	Br ⁻	0,002449
Jod	J ⁻	0,000015
Fluor	F ⁻	0,000080
Sulfat	SO ₄ ^{''}	1,413
Hydrophosphat	HPO ₄ ^{''}	0,000129
Hydroarsenat	HAsO ₄ ^{''}	0,000027
Hydrokarbonat	HCO ₃ ⁻	0,4792
Borsäure (meta)	HBO ₂	0,001795
Kieselsäure (meta)	H ₂ SiO ₃	0,06614
		<u>4,648</u>

Tabelle 21

Analyse von F. P. Treadwell, Salztabelle, berechnet von Hartmann.

Mineralbestandteile	Chemische Formel	in 1000 Teilen g
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
Calciumhydrophosphat	Ca(HPO ₄)	0,000183
Calciumhydroarsenat	CaHAsO ₄	0,000035
Strontiumhydrokarbonat	Sr(HCO ₃) ₂	0,01476
Magnesiumsulfat	MgSO ₄	0,0344
Magnesiumhydrokarbonat	Mg(HCO ₃) ₂	0,5645
Borsäure (meta)	HBO ₂	0,001795
Kieselsäure (meta)	H ₂ SiO ₃	0,06614
		<u>4,647</u>

Hartmann (78, 80) wollte mit seinen Kontrollanalysen nicht neue Bestandteile auffinden oder umstrittene Fragen allgemein analytischer Natur aufklären, sondern in erster Linie die Verschiedenheit der einzelnen Quellen in Bezug auf den Chemismus studieren. Es ist deshalb von seinen Befunden S. 162 näher die Rede.

Ähnlich wie um 1830 die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft eine Neuanalyse der Heilquellen der Schweiz an die Hand genommen hatte, um einen neuen Aufschwung der schweizerischen Badekurorte herbeizuführen, ergriff am 18. März 1942 der Verband der Schweizerischen Badekurorte die Initiative zur Neuanalyse der schweizerischen Heilbäder, indem sie mit einer Eingabe an die Schweizerische Gesellschaft für analytische und angewandte Chemie gelangte. Diese übernahm nach Fühlungnahme mit dem Eidgenössischen Gesundheitsamt die Aufgabe, die wichtigsten schweizerischen Heilquellen in physikalischer und chemischer Hinsicht neu zu begutachten. Diese Aufgabe wurde dem Chemischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich übertragen und von Prof. Dr. W. D. *Treadwell* und Dr. O. *Gübeli* in Angriff genommen²⁰⁾.

Die Badener Thermen wurden in den Jahren 1943/44 nach den modernsten Methoden untersucht. Leider ist es nicht möglich, diese neuesten Ergebnisse an dieser Stelle zu publizieren. Die Resultate werden erst veröffentlicht, wenn sämtliche in Betracht kommenden Heilquellen untersucht sein werden. Bis zu diesem Zeitpunkt hat immer noch die von *Nußberger* (267) im Schweizerischen Bäderbuch nach *F. P. Treadwell* berechnete Analyse offizielle Geltung (siehe S. 149 ff.).

²⁰⁾ *Högl*: Neuanalyse schweizerischer Heilwässer. Resumé in Mittlg. a. d. Gebiet der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene 34, 278 (1943).

2. Die freien und gelösten Gase

Die Kenntnis der Gase in den Badener Thermalquellen stammt erst aus verhältnismäßig junger Zeit. Zwar beobachtete schon *Pantaleon* (173), daß das Wasser „lustige blätterlin auffwirffet“, doch deutete er diese Erscheinung noch nicht als Gaseruptionen. *Scheuchzer* (198) nahm sich die Mühe, die „flüchtigen Teile“ des Wassers zu bestimmen, doch verstand er darunter noch nicht Gase im heutigen Sinne, sondern schlechthin alles, was sich durch Sieden des Wassers austreiben ließ.

Als erster nahm *Morell* (140) eine eigentliche Gasanalyse vor. Die „Luftsäure“ (Kohlensäure) bestimmte er 1. auf eine Art titrimetrischem Wege, 2. mit dem „Bergmann'schen Apparat“, einer Art Retorte mit Auf-fangvorrichtung. Demnach sind in 100 Kubik-Zoll²¹⁾ (= 270 ccm) Wasser $\frac{4}{5}$ Kubik-Zoll (= 21,6 ccm) freie Luftsäure vorhanden, oder in 1 Schoppen²²⁾ Wasser (= 392 ccm) 3 Kubik-Zoll (= 81 ccm). „Leberluft“ (Schwefelwasserstoff) hingegen sei „zu wenig vorhanden, als daß sie sich darstellen ließe“.

Bauhof (12) fand wesentlich mehr Kohlensäure, nämlich in 300 Unzen Wasser (= 9375 g = ca. 9 l) 48 Kubik-Zoll (= 1,296 l); Schwefelwasserstoffgas hingegen sei ebenfalls nur in „geringer, unbestimmter“ Quantität vorhanden.

Die Analyse *Bauhofs* hatte die Aufmerksamkeit nun auch den im Thermalwasser enthaltenen Gasen zugewendet. *Gimbernat* (54) ging sogar ins andere Extrem und wollte die Wirksamkeit der Thermen nur noch in den Gasen, nicht mehr im Wasser sehen. Er unternahm zwar keine quantitativen Bestimmungen, sondern begnügte sich mit dem qualitativen Nachweis des Schwefelwasserstoffes. Er hängte mit Reagenzien getränkte Tücher in den Dampf der Quellen, worauf sofort eine graue, nach 10 Minuten eine schwarze Färbung des Stoffes eintrat, während die gleich behandelten Tücher, in das Quellwasser selbst gelegt, keine merkbare Veränderung in der Farbe aufwiesen. Aus diesem Verhalten schloß *Gimbernat*, die Gase seien wirksamer als das Wasser, und stellte deshalb folgende Behauptungen auf: 1. Der Schwefel sei nicht in Verbindung mit dem Wasser, 2. Er sei in einem sehr flüchtigen Gase gelöst, 3. Der größte Teil der „elastischen freien Flüssigkeit“ sei ein Gas (*Gimbernat* nennt es „Zoogène“), analog dem „Azot“ (Stickstoff), 4. Das sulfurierte Gas werde durch die atmosphärische Luft sofort zersetzt, 5. Die flüchtigen Stoffe oder „elastischen Flüssigkeiten“ der Quellen würden durch die Fugen der Steine entweichen, welche die Quellen bedecken ohne sie hermetisch zu verschließen, 6. Es gelange deshalb weder Gas noch Schwefel mehr in die Sammler und Bäder. Die Beobachtungen *Gimbernats* sind durchaus zutreffend, doch ist es unklar, was er unter „Zoogène“ versteht. Vermutlich ist damit Stickstoff gemeint, doch scheint *Gimbernat* seine Entstehung auf die Anwesenheit der organischen Substanz in den Quellen (Schwefelbakterien) zurückzuführen.

²¹⁾ 1 Kubik-Zoll = 27 ccm.

²²⁾ 1 Schoppen = 392 ccm.

Auch die Analytiker, die im Auftrag der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft das Thermalwasser von Baden analysierten, befaßten sich mit den Gasen. So stellte *Pfluger* zusammen mit *Hüttenschmid* (174) fest, daß sich in der St. Verenaquelle stoßweise Gase entwickelten, deren Analyse nach „vorläufigen“ Versuchen folgendes Resultat ergab:

Tabelle 22
Gasanalyse nach Pfluger 1828.

Gase	Quantität
Stickgas	$\frac{2}{3}$
Kohlensaures Gas	$\frac{1}{3}$
Geschwefeltes Wasserstoffgas	Spuren
Sauerstoff	—

Auch *Bauhof* fand zusammen mit *Opitz* (13) Stickgas, d. h. Stickstoff. *Ziegler* (256) stellte ein anderes Verhältnis als seine Vorgänger fest:

Tabelle 23
Gasanalyse nach Ziegler 1836.

Gase	Teile
Kohlensäure	12
Stickstoff	88
Schwefelwasserstoff	—
	<hr/> 100

In 100 Maß (= 150 l) Wasser sei 1 Maß (= 1,5 l) Gas enthalten. Das „Neujahrsblatt der Gesellschaft zum Schwarzen Garten“ 1828 (272) stellt folgendes Verhältnis fest:

Tabelle 24
Gasanalyse 1828.

Gase	Teile
Schwefelluft (Hydrotionsäure)	1
Stickstoff (Azot)	4

In seiner gewohnten ausführlichen und genauen Weise analysierte auch *Löwig* (104) das Gas der Badener Thermen, wobei er in seinem Bericht die angewendeten Methoden mitteilt. *Löwig* untersuchte sowohl die im Wasser gelösten als auch die frei aufsteigenden Gase und erhielt die in Tabelle 25, Seite 107, zusammengestellten Resultate.

Merkwürdig mutet bei diesen Resultaten an, daß *Löwig* stets Sauerstoff nachweisen konnte. Er bemerkt aber, daß das Vorkommen von Sauerstoff zusammen mit Schwefelwasserstoff in einer feuchten Gasmenge un-

Tabelle 25
Gasanalyse nach Löwig 1835.

•	Staadhof Kessel- Quelle	St. Verena- Quelle	Bären Kessel- Quelle
Gelöste Gase in 1000,0 Thermalwasser bei +10° C, 724 mm	ccm	ccm	ccm
Stickstoff	16,31	16,49	15,92
Kohlensäure	4,27	4,65	4,52
Schwefelwasserstoff	—	—	—
Sauerstoff	0,77	0,56	0,62
	<u>21,35</u>	<u>21,70</u>	<u>21,06</u>
Freie Gase	%	%	%
Stickstoff	66,35	66,01	65,93
Kohlensäure	33,33	33,33	33,33
Schwefelwasserstoff	Spuren	Spuren	Spuren
Sauerstoff	0,32	0,66	0,74
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

wahrscheinlich sei, weil ja dann sämtlicher Schwefelwasserstoff bereits oxydiert sein müßte. Der gefundene Sauerstoff stamme von der atmosphärischen Luft her, die infolge der mangelhaften Beschaffenheit der Apparaturen nicht ganz abgehalten werden konnte.

Löwig bestreitet das Vorkommen von Schwefelwasserstoff in gelöster Form im Badener Thermalwasser. Er habe das Wasser direkt in den Quellen mit den empfindlichsten Reagenzien geprüft, aber keine Spur von Schwefelwasserstoff nachweisen können. Es sei also nur im Gas vorhanden und auch dort nur in so geringer Menge, daß eine quantitative Bestimmung nicht möglich sei.

Auf eine neue Grundlage wurde die Gasanalyse durch *Meyer-Ahrens* (134) und *Müller* (157) gestellt, vor allem hinsichtlich des Schwefelwasserstoffes. *Löwig* hatte die Ansicht verbreitet, daß der Schwefelwasserstoff fast ohne Bedeutung für die Thermen von Baden sei. Als *Meyer-Ahrens* um 1860 an der Verenaquelle inhalierte, war er erstaut über die große Menge von Schwefelwasserstoff, die er dabei einatmete. Durch seine Bemühungen wurde Dr. *Ch. Müller*, Apotheker in Bern, mit einer Neuanalyse der Quellen beauftragt.

Dieser stellte fest, daß in den Quellen reichlich Gasblasen aufsteigen, von verschiedener Größe, perlen- bis kindskopfgroß. Diese Gasblasen steigen aber nicht kontinuierlich empor, sondern in Intervallen von einigen Sekunden bis zu einer Minute. Sie treten auch nicht gleichmäßig an der ganzen Oberfläche der Quellen auf, sondern nur an einzelnen Stellen, meistens immer an der gleichen Stelle, bisweilen aber auch abwechselnd an verschie-

denen Stellen. Infolge dieses eruptivartigen periodischen Austretens der Gase nimmt *Müller* an, das Gas sammle sich in einer Ausbuchtung der Quellader an, um dann, wenn der ganze Raum angefüllt sei, hervorzubrechen.

Um auch geringe Mengen Schwefelwasserstoff feststellen zu können, konstruierte *Müller* einen Apparat, der das quantitative Auffangen von größeren Mengen Gases gewährleistete. Vorher hatte *Müller* die Anwesenheit von Schwefelwasserstoff bereits durch den Geruch und qualitativ mit Papierstreifen festgestellt, die mit essigsauerm Bleioxyd getränkt waren. Die quantitative Gasanalyse ergab folgenden Befund:

Tabelle 26
Gasanalyse nach Müller 1870.

	Ochsen Paradies- Quelle	Verenahof- Quelle
Gelöste Gase; 1000,0 Thermalwasser enthalten bei 0° und 760 mm	ccm	ccm
Stickstoff		14,7
Freie Gase Vol. %	%	%
Stickstoff	67,150	65,846
Kohlensäure	32,766	34,089
Schwefelwasserstoff	0,084	0,065
Sauerstoff	—	—
	<u>100,000</u>	<u>100,000</u>

Sauerstoff konnte nicht nachgewiesen werden, wodurch die von *Löwig* selbst ausgesprochene Vermutung, es habe sich bei den von ihm vorgenommenen Bestimmungen um eine Undichtigkeit der Apparatur gehandelt, bestätigt wurde. Hingegen konnte *Müller* den Schwefelwasserstoff in zwar geringer, aber quantitativ erfaßbarer Menge im gasförmigen Zustand nachweisen.

Aber auch im Wasser gelöst konnte *Müller* den Schwefelwasserstoff feststellen. Er bediente sich dabei der heute noch üblichen titrimetrischen Bestimmung mit Jodlösung und Stärke als Indikator. Die Resultate sind in Tabelle 27, Seite 109, zusammengestellt.

Auf Grund dieser Resultate forderte *Müller* mit Recht, daß Baden inskünftig zu den Schwefelthermen zu rechnen sei.

Ferner untersuchte *Müller* das Gasgemisch nach „brennbaren Gasen“ (Kohlenwasserstoffen), wovon er Spuren nachweisen zu können glaubte, während die Prüfung auf Kohlenoxysulfidgas negativ ausfiel.

Die Gasanalyse *F. P. Treadwells* (229, 230) wurde mit der größten Genauigkeit durchgeführt. Er bestimmte sowohl die frei aufsteigenden als auch die absorbierten Gase. Sauerstoff konnte er nicht nachweisen. Die Untersuchungen *F. P. Treadwells* ergaben den in Tabelle 28, Seite 109, wiedergegebenen Befund.

Tabelle 27
 Titrierbare Schwefelverbindungen nach Müller 1870.

Quellen	H ₂ S mg/l	Entnahmestellen
Allgemeine	0,00247	in der Quelle direkt
Adler	0,00105	"
Schwanen	0,00133	"
Grosser Heisser Stein	0,00124	am Einlauf in der Blume
Kleiner Heisser Stein	0,00124	am Trinkbrunnen auf dem Platz
Limmat	0,00295	am Einlauf in den Limmathof
St. Verena	0,00219	in der Quelle direkt
Staadhof Kessel	0,00219	"
Staadhof Kleine	—	"
Wälderhut	0,00171	"
Ochsen Paradies	0,00257	"
Ochsen Straßen	0,00209	"
Ochsen Kessel	0,00209	"
Ochsen Neue	0,00095	"
Hinterhof	0,00305	"
Bären Kessel	0,00247	"
" Carola	—	"
Verenahof	0,00276	"

Tabelle 28
 Gasanalyse nach F. P. Treadwell 1896.

	Freie Gase Vol. %	Gelöste Gase in 1000,0 g Thermal- wasser bei 0° und 760 mm ccm
Stickstoff	69,15	14,43
Kohlensäure	30,80	180,50
Schwefelwasserstoff	0,05	Spur
Sauerstoff	—	—
	100,00	194,93

Anlässlich der Radioaktivitätsbestimmungen der Quellgase prüfte *Sury* (219) die Analyse von *Treadwell* nach und gelangte fast zum gleichen Resultat:

Tabelle 29
 Gasanalyse nach *Sury* 1906.

	Freie Gase Vol. %
Stickstoff	69,85
Kohlensäure	30,10
Schwefelwasserstoff	0,05
Sauerstoff	—
	100,00

Besonders mit dem Kohlensäuregehalt des Badener Thermalwassers beschäftigte sich *Zürcher* (259), im Auftrag von *Wydler*. Es war *Wydler* vor allem darum zu tun, feststellen zu lassen, wie weit das Thermalwasser mit Kohlensäure gesättigt sei, da diese von besonderer therapeutischer Bedeutung ist. *Zürcher* ging so vor, daß er zuerst die Gesamtkohlensäure bestimmte, hierauf die als Bikarbonat gebundene Kohlensäure und aus der Differenz die freie Kohlensäure. Er erhielt folgende Werte:

Tabelle 30
Kohlensäurebestimmung nach *Wydler* und *Zürcher* 1937.

Bestandteile	Mengen	Quellen	
		Ochsen Paradies	Schwanen
Gesamtkohlensäure	mg/l	644	595
Alkalinität	ccm 0, 1 n HCl/l	8,10	8,13
Freie Kohlensäure	mg/l	362	313
Schwefelwasserstoff	mg/l	2,51	2,23
Trockenrückstand	mg/l	4297	4373

Bei einer Temperatur von 45° (also ungefähr die Temperatur der Badener Thermalquellen) lösen sich in 1 l Wasser 860 mg CO₂. Das Badener Thermalwasser enthält aber nicht einmal die Hälfte dieser Menge an freier Kohlensäure²³⁾.

Den Grund dafür sieht *Wydler* in der allzu raschen Abkühlung des aufsteigenden Wassers, so daß sich das Sättigungsgleichgewicht nicht einstellen kann. Außerdem besteht das Gas der Badener Thermalquellen nicht aus reiner Kohlensäure, sondern nur aus ca. 30 %, so daß die Verhältnisse noch ungünstiger liegen. Schließlich wird die Löslichkeit der Kohlensäure auch noch durch die im Wasser gelösten Salze, wenn auch nur in geringem Maße, beeinträchtigt.

Den Gehalt an gelöstem Schwefelwasserstoff bestimmte *Hartmann* (78, 80) anlässlich der in den Jahren 1920, 1937 und 1942 durchgeführten Kontrollanalysen (vgl. S. 163 ff.).

Ferner sei noch auf die eigenen Untersuchungen, die im Jahre 1944 durchgeführt wurden, hingewiesen (S. 169 ff.). Aus ihnen geht hervor, daß der Gehalt an gelöstem Schwefelwasserstoff, oder, genauer ausgedrückt, an titrierbaren Schwefelverbindungen, ca. 3—5 mg/l beträgt.

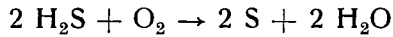
3. Die Sedimente

a) Der Schwefel

Seitdem man überhaupt Kunde von den Thermen von Baden hat, sind die Schwefelablagerungen in den Quellschächten und den Leitungen bekannt. So stößt man immer wieder auf die Ansicht, das Thermalwasser enthalte

²³⁾ Eigentliche Kohlensäurequellen (Säuerlinge) müssen pro 1 Wasser mindestens 1000,0 mg freie Kohlensäure enthalten.

elementaren Schwefel, weil in früherer Zeit noch nicht bekannt war, daß der Schwefel durch die Oxydation des Schwefelwasserstoffes entsteht nach der Formel



Es handelt sich also um ein Produkt, das erst infolge äußerer Einflüsse aus dem Thermalwasser entsteht.

Die Schwefelniederschläge des Badener Thermalwassers sind schon in der ältesten wissenschaftlichen Arbeit über die Badener Thermen erwähnt, nämlich in derjenigen von *Gundeljing* (60). *Phries* (176) erzählt, daß die Badenden oft den Schwefel aus den „Kenneln“ sammeln, an der Sonne trocknen lassen und dann anzünden. Aus diesen brennbaren Schwefelablagerungen schlossen dann viele Autoren, daß die hohe Temperatur des Wassers vom Schwefel stamme, so *Sytz* (225) und *Hottinger* (91). Auch *Pantaleon* (173) kennt die Erscheinung des in den Leitungen sich absetzenden Schwefels. *Scheuchzer* (198) glaubt ebenfalls noch, daß der Schwefel in elementarer Form im Wasser vorhanden sei; immerhin erklärt er, die Ausscheidungen seien durch Sublimation entstanden. Als andere Beweise für das Vorkommen des Schwefels dienen ihm der Geruch des Wassers, die Schwärzung von silbernen Gegenständen (Heparreaktion), das Vorkommen von Pyrit (Schwefelkies) an der Lägern. Dieser letzte Punkt führt ihn auf die Annahme, der Schwefel liege im Badener Wasser als „Martialischer Schwefel“ vor, d. h. an Eisen gebunden. *Andreae* (9) untersuchte den Schwefel mikroskopisch und beobachtete sein Schmelzen beim Erhitzen, glaubt aber, daß er im Wasser als „Schwefelgeist“ enthalten sei. Vollends im Klaren darüber ist sich *Morell* (140), daß erst aus dem „Schwefelgas“ oder der „Schwefel-leberluft“ der Schwefel ausfalle, sobald gewöhnliche Luft mit dem Gas in Berührung komme. Trotzdem erregten die Schwefelablagerungen auch in der folgenden Zeit noch die Aufmerksamkeit der Beobachter; man betrachtete sie nun allerdings mehr vom kritischen Standpunkt aus, weil ihr Vorkommen auf einen mangelhaften Zustand der Quelfassungen und Leitungen schließen ließ.

Andererseits wurden auch die mehr oder weniger bedeutenden Schwefelablagerungen der einzelnen Quellen als Beweis für den Unterschied zwischen den einzelnen Quellen bewertet, so z. B. von *Hess* (88), der erwähnt, daß bei der alljährlichen Reinigung der Zuleitung vom Kleinen Heißen Stein ins Freibad jedesmal fast zwei Pfund Schwefel gewonnen würden, während in der Ableitung aus dem Großen Heißen Stein nur sehr wenig Schwefel vorhanden sei.

Große Sensation rief der Schwefelfund anlässlich der Öffnung der Hinterhofquelle im Winter 1824/25 hervor. Die die Quelle bedeckende Steinplatte war nach zeitgenössischen Berichten 140 Jahre lang nicht mehr entfernt worden. Nun fand man seine untere Fläche vollständig mit z. T. kristallisiertem Schwefel bedeckt, der getrocknet 14½ Pfund wog. Damit erhielt *Gimbernat* (53) recht, der die Öffnung der Quelle angeregt und schon früher behauptet hatte, daß die schlecht schließenden Fugen der Luft Einlaß gewähren und damit der Zersetzung des Schwefelwasserstoffes Vorschub leisten

würden. Die große Menge des gesammelten Schwefels wurde so erwähnenswert befunden, daß die Kunde davon noch während Jahrzehnten in allen Publikationen über die Bäder von Baden zu finden war.

Im Frühjahr 1828 fand im Beisein von *Bauhof*, *Opitz* und *Pflugler* (13, 174) die Öffnung des Großen Heißen Steines statt, die regelmäßig alle 10 Jahre erfolgte. Trotzdem man angenommen hatte, die mächtige Steinplatte verschließe hermetisch, war man erstaunt, auch hier mehrere Pfund lockeren, pulvrigen Schwefels vorzufinden. Man hatte den Abstand zwischen Quellwasserspiegel und Steinunterfläche, der etwa 30 cm betrug, für zu gering erachtet, um der Luft genügend Einwirkung zu lassen, zumal auch der Abflußkanal nur einen kleinen Durchmesser aufwies. An der Limmatquelle fanden sich ganz ähnliche Verhältnisse.

Eine etwas unklare Ansicht vermittelt *Ziegler* (256), der annimmt, es sei kein Schwefelwasserstoff unter den Quellgasen vertreten, dagegen befinde sich im Wasser ein Schwefelalkali, das durch die im Wasser vorhandene Kohlensäure zersetzt werde und so die Schwefelabscheidungen verursache.

In seiner gründlichen Art befaßte sich auch *Löwig* (104) mit dem Vorkommen des Schwefels im Badener Thermalwasser. Auch er fand beim Öffnen der Kesselquelle im Stadhof die Unterseite des Steindeckels mit Schwefelblumen und z. T. mit kristallisiertem Schwefel bedeckt. Er wußte, daß sich aus Schwefelwasserstoff in Berührung mit Luft Schwefel niederschlägt. Bei der Stadhofquelle schien ihm nun aber eine Einwirkung der Luft gänzlich ausgeschlossen zu sein, weil die Quelle mit einem gut sitzenden Deckel verschlossen, dieser mit Schutt überlagert und der Schutt selbst nochmals mit einer zugemauerten Platte überdeckt war. Die Abflußrinne war vom Wasser vollständig ausgefüllt. Weil ihm nun ein Lufteinfluß ausgeschlossen erschien, glaubte *Löwig* annehmen zu müssen, der Schwefelwasserstoff werde teilweise schon im Erdinnern durch den Luftsauerstoff, der mit dem Niederschlagswasser in die Erde gedrungen sei, zersetzt, und der abgeschiedene Schwefel werde durch das emporsteigende Wasser mitgerissen. Heute kann man nicht mehr der Ansicht *Löwigs* zustimmen; denn der Verschuß der Quelle war wohl doch nicht so hermetisch, wie er annahm, und außerdem hatte er sich gar nicht vergewissert, wie lange der von ihm angetroffene Zustand der Quelle gedauert hatte, da möglicherweise vorher die Verhältnisse anders gewesen waren und die Schwefelabscheidungen noch aus dieser früheren Zeit stammen konnten. Im übrigen unterwarf *Löwig* wie schon *Bauhof*, *Pflugler* und *Opitz* den Schwefel verschiedenen chemischen Prüfungen, fand seine Reaktion schwach sauer und erhielt bei luftfreier Destillation einen geringen kohligen Rückstand von kaum 1 %.

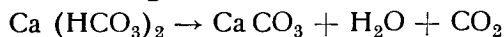
Die gleiche Beobachtung von der sauren Reaktion des Schwefels machte auch *Müller* (157). Sonst aber wendet er sich gegen die Auffassung *Löwigs*, daß die Zersetzung des Schwefelwasserstoffes schon im Erdinnern erfolge. Die saure Reaktion führt er auf die Schwefelsäure zurück, die er ebenfalls als Umsetzungsprodukt bei der Einwirkung von Luftsauerstoff betrachtet. Auch beobachtete er mit der Lupe verhältnismäßig große Schwefelkristalle, deren Entstehung er nur durch die Einwirkung von Luft erklären kann. So

kommt er zum Schluß, daß der Schwefel sich nur dort abscheidet, wo Luft Zutreten kann, auch wenn dem Augenschein nach Luftzutritt ausgeschlossen zu sein scheint.

Seit den Untersuchungen Müllers hat sich kein Analytiker mehr mit den Schwefelabscheidungen in den Thermalquellen von Baden befaßt. Durch die Verbesserungen der technischen Einrichtungen sind sie zum großen Teil verhindert worden, obwohl eine gänzliche Unterdrückung wohl nie möglich sein wird, weil immer Spuren von atmosphärischer Luft zugegen sein werden. An der Limmatquelle z. B. scheidet sich am Quellenkranz nach längerer Zeit schöner, gelber Schwefel aus. Eine Probe davon wurde chemisch und mikroskopisch untersucht und den vom Schweizerischen Arzneibuch²⁴⁾ an „Sulfur sublimatum crudum“ gestellten Anforderungen konform gefunden.

b) Sinter, Schlamm, „Badehäutchen“, „Anflug“

So wie die Schwefelabscheidungen in engem Zusammenhang mit dem Schwefelwasserstoff stehen, so lassen sich die Sedimente, wie sie sich im Sinter, Schlamm und „Badehäutchen“ äußern, auf das Vorhandensein von Karbonaten zurückführen. Die dabei aber in Betracht kommende chemische Reaktion spielt sich nach folgender Formel ab:



Daraus läßt sich ersehen, daß diese Ausscheidungen in der Regel und zur Hauptsache aus Kalk bestehen. Doch darf dieser Befund nicht verallgemeinert werden. Dieser chemische Vorgang gilt nur dort, wo durch das Entweichen der Kohlensäure Kalziumkarbonat ausfällt. Das ist in erster Linie an den Stellen der Fall, die mit dem Wasser selbst in Berührung kommen, z. B. in den Reservoirs, wo das Kalziumkarbonat zuerst als feiner Schlamm ausfällt, um dann mit der Zeit zu einer Art immer härter werdenden Tuffstein zu erstarren, ferner in den Quellschächten selbst und desgleichen in den Thermalwasserleitungen, die durch das „Sintern“ Gefahr laufen, sich immer mehr zu verengern, schließlich auch an den Ausläufen der Bäder in den Fluß, wo die dort abgelagerten Steine mit Sinter überzogen werden. Auch das sogenannte „Badehäutchen“, d. h. die beim Stehen des Thermalwassers bei der Zubereitung des Bades auf der Wasseroberfläche sich bildende, feine Schicht, besteht größtenteils aus Kalziumkarbonat, das durch die Oberflächenspannung des Wassers auf der Oberfläche gehalten wird. Da aber an allen den erwähnten Stellen auch Schwefelwasserstoff im Wasser vorhanden ist, scheidet sich ebenfalls Schwefel ab, wenn auch nur in sehr geringen Mengen. Auch Gips und Kochsalz sind, zwar nur in geringem Maße, an der Bildung des Sinters beteiligt.

Nicht zu verwechseln mit den durch Entweichen der Kohlensäure verursachten Sinterbildungen sind jene Abscheidungen, die dort entstehen, wo nicht das Wasser selbst, sondern nur seine Dämpfe hingelangen. Hier handelt es sich um Sublimation der im Wasser enthaltenen Bestandteile. Aussehen und Geschmack unterscheiden sie vom Sinter; die Struktur ist

²⁴⁾ Pharmacopoea Helvetica, Ed. V, 1933.

mehr kristallinisch, der Geschmack salzig. Hier sind in erster Linie die im Wasser gelösten Bestandteile an der Bildung beteiligt, also Kalzium-Sulfat, Natrium-Chlorid, ferner der oft gelblich-schmutzigen Farbe nach zu schließen, Schwefel und Eisen, schließlich die in nicht unbeträchtlicher Menge im Wasser vorhandene Kieselsäure.

Die erwähnten Abscheidungen des Thermalwassers sind schon in frühester Zeit beobachtet worden. Man schloß daraus auf die Inhaltsstoffe des Thermalwassers, und so wurde ihm als Hauptbestandteile Schwefel und Alaun zugeschrieben, denn früher bezeichnete man die weißlichen, harten Sintermassen einfach als „Alet“ oder Alaun.

Erst *Scheuchzer* erkannte die eigentliche Natur des „Badehäutchens“ und des Sinters. 1715 (195) beobachtete er beim Einlauf des Wassers vom Heißen Stein in den Stadhof „Tropfstein“-Bildungen von salzigem Geschmack, mit untermischten Schwefelblumen, desgleichen 1717 am „Kessel“ im Ochsen eine „weißliche, säuerlich schmeckende Materie“, die nicht brenne. In seinem Buch über Baden von 1732 (198) bestreitet er dann kurzerhand das Vorkommen von Alet und behauptet, daß die oben auf dem Bade schwimmende weiße Schicht nicht aus Alet bestehe, sondern „ein kalkichtes, irdisches Wesen“ sei. Auch *Andree* (9) kam dem wahren Sachverhalt auf die Spur. Er unterwarf den Sinter der mikroskopischen Prüfung und fand, daß er aus Schwefel-, Gips- und Salzteilchen bestehe. Beim Glühen einer Probe schmolz der Schwefel, während sich im obern Teil des Reagensglases durch Sublimation stern- und blumenförmige Kristalle bildeten, die *Andree* als Gips deutet. Der Rückstand brauste mit Salzsäure auf, woraus *Andree* auf die Gegenwart von kohlen-saurem Kalk schließt.

Trotz diesen fortschrittlichen Erkenntnissen schrieb *Maurer* (126) zwanzig Jahre später, daß „Schwefelblumen“ jeden Tag das frische Bad bedecken, „Salpeter“ die Wände färbe und „Alet“ die steinernen Gewölbe, die Kanäle, die Abläufe und die Wände der Wassersammler überziehe. Bei den Abläufen der Bäder in die Limmat bilde er ganz harte Felsmassen, die oft gesprengt und dann zum Bauen verwendet würden.

Bauhof (12) analysierte 1816 den „Selenit“ oder „Badestein“. In 1000 Teilen fand er:

Tabelle 31
Sinteranalyse nach Bauhof 1816.

Bestandteile	Teile
Kohlensaurer Kalk	790 Teile
Schwefelsaurer Kalk	117 „
Kohlensaure Bittererde	51 „
Salzsaure Bittererde	2 „
Eisenoxyd	3 „
Wasser oder Extraktivstoff	37 „
	<hr/> 1000 Teile

Die Zusammensetzung des Sinters war damit schon ziemlich aufgeklärt.

Besser unterrichtet als *Maurer* war *Hess* (88), denn er erkannte im „Badehäutchen“ eine Erscheinung, die durch die Einwirkung der atmosphärischen Luft entstanden sei und Ähnlichkeit mit der Trübung auf dem künstlichen Kalkwasser habe. Ferner sei es möglich, daß noch einige äußerst feine Schwefelblumenteilchen mit vorhanden seien. *Hess* wünschte auch, die harten Sintermassen beim Ablauf der Bäder des Hotels Raben möchten einer eingehenden Untersuchung unterworfen werden. Kantonsapotheker *Irniger* (95) aus Zürich brach aus einer Thermalwasserleitung eine Sinterkruste heraus, untersuchte sie und fand, daß es sich um reinen Alaun (?) handle.

Über die bei der Sinterbildung sich abspielenden chemischen Vorgänge vollständig im Klaren war *Löwig* (104). Das „Badehäutchen“ auf dem Badwasser erkannte er als eine in der Hauptsache aus Kalk bestehende Ausscheidung, die im Wasser so lange in Lösung bleibe, als freie Kohlensäure vorhanden sei; sobald sich diese jedoch verflüchtigt, entstehe eine Ausfällung von kohlensaurem Kalk. Aus Gips könne dieses Badehäutchen nicht bestehen, weil das Thermalwasser nicht mit Gips gesättigt sei, und weil bis zu dessen Ausfällung ein viel größerer Zeitraum verstreichen müßte.

Beim Sinter unterschied *Löwig* mikroskopisch verschiedene Sorten, je nachdem sich der Sinter aus ruhigem oder langsamfließendem oder fallendem Wasser ausschied. In den ersten zwei Fällen beobachtete *Löwig* eine weiche, krümlige, im dritten Fall eine harte, dichte, an der Oberfläche gewellte Struktur. Die Farbe schildert er als rein weiß oder weiß-grau oder weiß-gelblich-braun, wenn Schwefelausscheidungen und organische Verunreinigungen beigemischt seien.

Das spez. Gewicht des weichen Sinters aus den Sammlern fand *Löwig* zu 2,325 bis 2,594, dasjenige des harten Sinters am Auslauf der Bäder zu 2,634. Bei der Analyse des „Badehäutchens“ und der beiden Sintersorten erhielt *Löwig* folgende Resultate:

Tabelle 32
Sinteranalyse nach *Löwig* 1875.

Chemische Bestandteile	„Badehäutchen“ %	Weisser, sehr harter, faseriger Sinter %	Schalenförmiger, harter, dichter, etwas gelblich gefärbter Sinter %
Kohlensaurer Kalk	93,360	95,130	95,230
Schwefelsaurer Kalk	2,340	2,723	3,009
Kohlensaure Bittererde	Spuren	0,023	0,005
Kohlensaures Strontium	0,190	0,231	0,261
Fluorcalcium	0,600	0,500	0,723
Phosphorsaure Tonerde	0,250	0,300	0,245
Wasser	0,450	0,493	0,527
	100,000	99,400	100,000

Man ersieht aus dieser Tabelle, daß die äußere Struktur keinen großen Einfluß auf die chemische Zusammensetzung hat.

Der Badener Kurarzt Dr. *Wagner* ließ von *Schlagdenhauffen* (199) die verschiedenen Sedimente des Thermalwassers auf Arsen untersuchen. Es kamen dabei folgende Sedimente in Frage:

1. Der gelbliche „Anflug“, der sich im Quellschacht über dem Wasserniveau an den Wänden und unten am Deckel bildete.
2. Der feinkörnige Schlamm, der sich am Boden der Reservoirs absetzte.
3. Die grauen Sintermassen, die sich an den Ausflußöffnungen der Badbassins zum Abzugkanal befanden.
4. Der weiche, leicht zerbröckelnde Sinter, der an der Decke des Abzugkanals haftete (Sublimation).

Bei der Anwendung der *Marsh'schen* Probe bildeten sich typische Arsenringe von folgender Quantität:

Tabelle 33

Arsenbestimmungen nach *Schlagdenhauffen* an den Quellsedimenten der Thermen von Baden.

Sediment	in 100 g Sediment mg AS
Sediment 2	3,5
„ 3	8,5
„ 4	1,4

Sury (219) befaßte sich im Zusammenhang mit der Radioaktivität eingehend auch mit den Sedimenten. Das „Badehäutchen“ fand er 0,5—1 mm dick; es sei früher als der Erzeuger des Badeausschlages betrachtet worden. Es zeigte aber, wie auch das Sediment in den Zuleitungsröhren und in den Quellschächten oberhalb des Wasserspiegels, fast keine Radioaktivität. Auch der Schlamm aus der Limmatquelle erwies sich als nur sehr wenig aktiv.

F. P. Treadwell (229) analysierte den „Anflug“ im Quellschacht der Paradiesquelle oberhalb des Wasserspiegels, d. h. die durch die Sublimation der Dämpfe entstandenen Ausscheidungen. Der bei 110° getrocknete Absatz bestand aus:

Tabelle 34

Analyse des „Anflugs“ nach *F. P. Treadwell* 1896.

Bestandteile	%
Schwefel	0,60
Schwefelsäure	1,08
Eisen- und Aluminiumsulfat	1,00
Wasser	12,81
Kieselsäure	21,02
Calciumsulfat	62,31
Calciumoxyd	0,07
Magnesiumoxyd	0,20 als Silikat
Eisen- und Aluminiumoxyd	0,94
	100,03

Man sieht daraus, daß Sinter und „Anflug“ eine durchaus verschiedene Zusammensetzung haben; der erstere besteht fast ausschließlich aus Kalziumkarbonat, der letztere zu einem großen Teil aus Kalziumsulfat (Gips).

Mit der Frage, ob der Schlamm in den Reservoiren nicht für die Therapie nutzbar gemacht werden könnte, bevor er auf dem Boden und an den Wänden der Sammler zu tuffsteinartigem Sinter erstarre, beschäftigten sich *Zürcher* und *Wydler* (253). Die Analyse *Zürchers* (258) ergab folgenden Befund:

Tabelle 35
Analyse des Schlammes nach *Wydler* und *Zürcher* 1934.

Bestandteile	Chem. Formel	%
Feuchtigkeit		0,38
Lösliche Kieselsäure	SiO ₂	0,19
Unlösliche Kieselsäure	SiO ₂	0,69
Eisen	Fe ₂ O ₃	0,19
Aluminium	Al ₂ O ₃	0,09
Calcium	CaO	51,41
Natrium	Na ₂ O	0,72
Schwefelsäure	SO ₃	0,98
Kohlensäure	CO ₂	39,80
Chlorwasserstoffsäure	Cl	0,04
Organische Substanz		5,55
		<u>100,00</u>

Ähnlich wie schon bei den Untersuchungen von *Löwig* erscheint auch hier der kohlen saure Kalk als Hauptbestandteil des Schlammes. 99 % der lufttrockenen Substanz sind in verdünnter Salzsäure löslich, der Rest besteht aus unlöslichen Silikaten. Die Anwesenheit von organischer Substanz erklärt sich aus den im Wasser lebenden Schwefelbakterien.

Auch das „Badehäutchen“ besteht nach *Wydler* und *Zürcher* aus Kalziumkarbonat. Da es sich in großen, tafeligen Kristallen ausscheidet, schwimmt es auf dem Wasser. Erst wenn seine der Luft zugekehrte Oberfläche benetzt wird, sinkt es unter. Die an den Wänden der Sammler ausgeschiedenen kompakten Krusten weisen die gleiche chemische Zusammensetzung auf wie der Schlamm.

Interessant sind die Untersuchungen, die *Zürcher* (258) in Bezug auf die physikalischen Eigenschaften des Schlammes vornahm:

Sinnenprüfung:

Aussehen: hellgrau-gelbgrau, getrocknet weiß.

Geruch: völlig geruchlos.

Tastsinn: feine, schmiegsame, leicht formbare Masse.

Spezifisches Gewicht:

Spez. Gew. des bei 103° C getrockneten Schlammes = 0,91–0,93.

Saugfähigkeit:

100 ccm (= 92 g) Schlamm nehmen ca. 65 ccm Wasser auf, ohne daß das Volumen des Schlammes vergrößert wird.

Thermisches Verhalten (Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität): Schlamm, auf 54° C erhitzt, kühlt sich in 1½ Std. auf 37,8° C ab (Fango di Bataglia von 54° C auf 34,7° C). Die Abkühlungsgeschwindigkeit des Badener Schlammes ist also kleiner als diejenige des Fango. Das Abklingen der Kurven erfolgt jedoch bei beiden Arten gleichmäßig.

Radioaktivität:

Der getrocknete Schlamm ist nicht radioaktiv (untersucht am 15. Juli 1933 von Blumer (15)).

Die in den Reservoiren der Badehotels gesammelte Schlammmenge ist nicht unbedeutend. Nach Wydler werden im Schweizerhof jährlich etwa 250 kg gesammelt.

Die Untersuchungen von Wydler wurden hier etwas ausführlicher besprochen, weil sie die einzigen neueren Mitteilungen über Sinter, Schlamm und „Badehäutchen“ sind und weil sie vor allem auf die therapeutische Verwendbarkeit des Schlammes hinweisen. Damit würde der Schlamm als drittes natürliches Produkt der Badener Thermen gleichberechtigt neben die bisher gebräuchlichen des Wassers und der Gase treten.

4. Unbekannte Bestandteile

Der Vollständigkeit halber sei noch auf einige Punkte hingewiesen, die bei den Thermen von Baden noch nie in Betracht gezogen worden sind. Zörkendörfer²⁵⁾ weist darauf hin, daß in Heilquellen unter Umständen auch das sogenannte „Schwere Wasser“ (D₂O) eine Rolle spielen könnte. Auch die Frage der Anwesenheit von katalytisch wirkenden Stoffen ist noch ganz unabgeklärt, wenn auch bereits Hintz und Grünhut²⁶⁾ und Frank²⁷⁾ darauf hingewiesen haben. Ob beim Badener Thermalwasser auch die „Fervorisation“²⁸⁾ eine Rolle spielt, ist noch nie erörtert worden. Was die Bestimmung der Spurenelemente und der Edelgase anbetrifft, muß die Veröffentlichung der neuen Analyse von W. D. Treadwell²⁹⁾ abgewartet werden, die darüber näheren Aufschluß geben kann.

D. Die biologischen Verhältnisse

In engem Zusammenhang mit dem Gehalt an Schwefelwasserstoff stehen die biologischen Verhältnisse der Quellen, weil einerseits gewisse Lebewesen am Zustandekommen dieses Gases beteiligt sind, andererseits wieder andere Lebewesen dieses Gas zum Leben benötigen. Im einen Fall

²⁵⁾ W. Zörkendörfer: Chemie der Heilwässer, Moore und Schlamme in H. Vogt: Lehrbuch der Bäder- und Klimaheilkunde. Berlin 1940, S. 234.

²⁶⁾ E. Hintz und L. Grünhut: Die Mineralwässer, Moore und Mineralschlamm, in: Dietrich und Kaminer: Handbuch der Balneologie, medizinischen Klimatologie und Balneographie. Leipzig 1916. Bd. 1, S. 344.

²⁷⁾ M. Frank: Die katalytische Wirkung der Mineralwässer. Balneologie 7, 166 (1940).

²⁸⁾ V. Vouk: Ein neuer Versuchsweg zur Klärung der Frage der balneologischen Wirkung des Thermalwassers. Balneologie 8, 71 (1941).

²⁹⁾ Vgl. ferner: W. D. Treadwell: Neuere Methoden und Möglichkeiten der Quellenanalyse. Annal. Schw. Ges. Baln. Klimat. 36, 50 (1943).

handelt es sich um Schwefelwasserstoff erzeugende, im andern um Schwefelwasserstoff verbrauchende Bakterien. Über beide Arten besteht eine ziemlich umfangreiche Literatur, die sich aber zumeist auf das Vorkommen dieser Mikroorganismen in Schlammablagerungen, Tümpeln, Gräben, Seen usw. bezieht. Nur in verhältnismäßig wenig Fällen sind Schwefelquellen in die wissenschaftliche Forschung miteinbezogen worden.

Die Schwefelwasserstoff verarbeitenden Mikroorganismen sind schon in früher Zeit beobachtet und seit etwa 1850 in ihren Arten und Eigenschaften erkannt worden. Sie wurden aber früher meistens den niederen pflanzlichen Lebewesen, den Algen und Pilzen, zugeteilt; die älteren wissenschaftlichen Mitteilungen finden sich deshalb hauptsächlich in botanischen Publikationen. Die neue wissenschaftliche Forschung teilt sie dem Bakterienreich zu; *Bergey's Manuel of Determinative Bacteriology*, 5. Ed., 1939, führt sie unter der Ordnung der „Thiobacterales“ auf.

Die durch Sulfatreduktion Schwefelwasserstoff erzeugenden Bakterien sind erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts entdeckt worden. Obwohl ihr Charakter als Vibrionen bereits feststeht und sie auch physiologisch sehr eingehend beschrieben sind, ist ihre Einordnung ins System der Bakterien noch nicht eindeutig vollzogen. *Berney's Manuel* erwähnt sie im Anhang zur Gattung *Spirillum* als „ungenügend“ beschriebene und deshalb nicht näher zu bestimmende Arten, eine Stellungnahme, die heute nicht mehr zu rechtfertigen ist.

I. Die Schwefelwasserstoff erzeugenden Bakterien

1. Übersicht über die Literatur

Die biologische Erzeugung von Schwefelwasserstoff kann auf viererlei Weise geschehen:

1. durch Hydrogenisation von Schwefel,
2. durch Zersetzung von Proteinkörpern,
3. durch Reduktion von elementarem Schwefel und sauerstoffhaltigen Schwefelverbindungen, exklusive Sulfaten,
4. durch Reduktion von Sulfaten.

Als Entstehungsursache des Schwefelwasserstoffes in Heilquellen kommt in der Regel die vierte Möglichkeit in Frage. Sie wurde schon ziemlich früh in Erwägung gezogen. Bis um 1890 war man der Meinung, die Sulfatreduktion erfolge lediglich durch die Anwesenheit von lebloser organischer Substanz. Zu den frühesten Erwähnungen dieser Art gehören diejenigen von *Löwig*³⁰⁾ (104), der seine Beobachtungen durch Experimente belegte. Nachdem man erkannt hatte, daß es sich bei den in den Schwefelquellen vorkommenden makroskopisch sichtbaren organischen Ansammlungen um lebende Mikroorganismen handle, übertrug man die Fähigkeit der Sulfatreduktion auf diese, so z. B. *Meyer*³¹⁾, *Plauchud*³²⁾ ³³⁾, *Etard* und *Olivier*³⁴⁾. Erst nach 1890 wurde die eigent-

³⁰⁾ Bei *Löwig* ist auch die einschlägige zeitgenössische Literatur ausführlich zitiert.

³¹⁾ *L. Meyer*: Chemische Untersuchung der Thermen zu Landeck in der Grafschaft Glatz. Journ. f. prakt. Chem. 91, 1 (1864).

³²⁾ *M. E. Plauchud*: Recherches sur la formation des eaux sulfureuses naturelles. Compt. rend. des séances d. l'acad. d. sciences 84, 235 (1877).

liche Ursache der Sulfatreduktion erkannt, aber man kann noch heute in wissenschaftlichen Publikationen die Ansicht finden, daß die eigentlichen Schwefelbakterien, z. B. *Beggiatoa*, *Thiotrix* usw., die Sulfate zu Schwefelwasserstoff reduzieren.

Die eigentliche Ursache der Sulfatreduktion wurde erst von *Beijerinck*³⁵⁾ aufgeklärt, indem er einen kleinen Erreger entdeckte, den er *Spirillum desulfuricans* nannte. Es war ihm aber nicht möglich, Reinkulturen zu erhalten, weil sich ein anderer, Coli-artiger Mikroorganismus störend bemerkbar machte. Zudem erkannte er seinen anaeroben Charakter, während *Saltet*³⁶⁾ glaubte, es handle sich um einen fakultativ anaeroben Spaltpilz, den er *Bacillus desulfuricans* nannte. Erst *van Delden*³⁷⁾ konnte die geeignete Züchtungsmethode ausfindig machen und eine Darstellung der Wirkungsweise geben; er nannte das Bakterium *Microspira desulfuricans*. Er stellte fest, daß es nur unter vollständigem Luftabschluß und bei Anwesenheit von organischer Substanz gedeihe. Zur Züchtung in Reinkultur bediente er sich eines flüssigen Nährsubstrates, das Dikaliumphosphat, Magnesiumsulfat, Asparagin und Natriumlaktat enthielt. Als festen Nährboden benutzte er das gleiche, aber mit 10 % Gelatine versteifte Substrat. Als Impfmateriale verwendete er Grabenschlamm. Die Bebrütungstemperatur von 25—30° erwies sich am günstigsten. In bezug auf die Morphologie konnte er deutliche Spirillenform feststellen. Eine Abart der *Microspira desulfuricans*, die besonders gut bei einem erhöhten Gehalt an Kochsalz in der Nährlösung gedieh, nannte er *Microspira aestuarii*. Alle die von *v. Delden* angestellten Reinkulturversuche gingen aber nicht ohne Schwierigkeiten vor sich, weil sich der schon von *Beijerinck* festgestellte Mikroorganismus störend bemerkbar machte. *Goslings*³⁸⁾, der oft Schwefelwasserstoffgeruch in Passagerwasserflaschen festgestellt hatte, fand, daß diese Veränderungen durch die von *v. Delden* beschriebenen Bakterien verursacht seien, daß sie aber nicht aus dem Wasser selbst stammten, sondern erst bei der Abfüllung der Flaschen hineingelangt seien. Es war ihm aber nicht möglich, die Erreger in Reinkultur zu züchten. *Goslings* Untersuchungen veranlaßten *Rank*³⁹⁾, sich näher mit diesen Fragen zu befassen. Er versuchte mittels des *van Delden*'schen Nährsubstrates die Spirillen rein zu züchten, stieß aber ebenfalls auf beträchtliche Schwierigkeiten, weil bei allen Versuchen stets zwei Mikroorganismen in den Kulturen übrig blieben, nämlich *Spirillum desulfuricans* und die bereits erwähnte Colivarietät. Erfolg hatte er erst mit einem modifizierten Nährsubstrat, bei dem er Asparagin wegließ. Zur Weiterzüchtung überimpfte er in Sulfatgelatine, die Dikaliumphosphat, Natriumsulfit, Natriummalat und Carbamid enthielt. Auf diese Weise gelang es ihm, Reinkulturen zu erhalten. *Elion*⁴⁰⁾ beschrieb eine dritte Art von sulfatreduzierenden Bakterien, die er *Vibrio thermodesulfuricans* nannte, weil sie sich von den beiden andern durch die Optimaltemperatur von 55° unterschied. Auch er fand bei der Züchtung einen Begleitorganismus, der ein sporenbildendes Stäbchen darstellte, das keine Sulfatreduktion zu erzeugen imstande war.

³³⁾ *M. E. Plauchud*: Sur la réduction des sulfates par les sulfuraires. *Compt. rend.* 95, 1363 (1882).

³⁴⁾ *A. Etard et L. Olivier*: De la réduction des sulfates par les êtres vivants. *Compt. rend.* 95, 846 (1882).

³⁵⁾ *M. W. Beijerinck*: Über *Spirillum desulfuricans* als Ursache von Sulfatreduktion. *Zbl. Bakt.* II, 1, 1, 48, 104 (1895).

³⁶⁾ *R. H. Saltet*: Über Reduktion von Sulfaten im Brackwasser durch Bakterien. *Zbl. Bakt.* II, 6, 648, 695 (1900).

³⁷⁾ *A. v. Delden*: Beitrag zur Kenntnis der Sulfatreduktion durch Bakterien. *Zbl. Bakt.* II, 11, 81, 113 (1904).

³⁸⁾ *N. Goslings*: Über schwefelwasserstoffbildende Mikroben in Mineralwässern. *Zbl. Bakt.* II, 13, 385 (1904).

³⁹⁾ *A. Rank*: Beiträge zur Kenntnis der sulfatreduzierenden Bakterien. *Diss. Univ. Zürich* 1907.

⁴⁰⁾ *L. Elion*: A thermophilic sulphate-reducing Bacterium. *Zbl. Bakt.* II, 63, 58 (1925).

*Kupzis*⁴¹⁾ stellte bei seinen Untersuchungen am Schwefelbad Kemmern in Lettland fest, daß der Gehalt an Schwefelwasserstoff nicht über 20—25 mg/l stieg, weil die Energiequelle, d. h. die geeigneten anorganischen und organischen Verbindungen, nicht im richtigen Verhältnis vorhanden waren. Bei der Isolierung stellte er wie seine Vorgänger fest, daß als Verunreinigung stets *Bacterium Coli* var. *infusioformis* *Beijerinck* vorhanden war.

Besonders eingehend befaßte sich *Baars*⁴²⁾ mit der Frage der sulfatreduzierenden Bakterien. Zur Gewinnung von Rohkulturen bediente er sich einer Nährflüssigkeit, die Dikaliumphosphat, Ammoniumchlorid, Natriumsulfat, Magnesiumsulfat und Natriumlaktat enthielt. Zur Weiterzucht versetzte er diese Lösung mit 2 % Agar, um einen festen Nährboden zu gewinnen. Diese Zusammensetzung der Nährsubstrate wurde nach den Erfahrungen von *v. Delden* und *Rank* vorgenommen. Trotzdem hatte er große Schwierigkeiten, Reinkulturen zu erhalten, weil sich die gleiche Erscheinung eines hartnäckigen Begleitorganismus zeigte, der schon die vorangegangenen Forschungen zum Teil verunmöglicht hatte. Der endgültige Erfolg blieb ihm aber nicht versagt, so daß er sich eingehend mit den physiologischen Eigenschaften und den Stoffwechselfvorgängen der sulfatreduzierenden Bakterien, die er endgültig der Gattung der Vibrionen zuwies, abgeben konnte. Es gelang ihm, den wahren Sachverhalt weitgehend aufzuklären. Ferner konnte er zusammen mit *Kluyver*⁴³⁾ feststellen, daß sich die drei bekannten Arten der sulfatreduzierenden Vibrionen, nämlich *Vibrio desulfuricans*, *Vibrio aestuarii* und *Vibrio thermodesulfuricans*, unter sorgfältig ausprobierten Bedingungen ineinander überführen lassen.

Beckwith und *Moser*⁴⁴⁾ beobachteten, daß der bei der Isolierung der sulfatreduzierenden Vibrionen am schwersten fernzuhaltende Begleitorganismus *Bacterium Coli* war.

Während *Baars* vor allem die physiologischen Eigenschaften studierte, beschäftigte sich *Starkey*⁴⁵⁾ mit der Morphologie. Er untersuchte den Einfluß verschiedener Temperaturen in bezug auf die Schwefelwasserstoffproduktion, die Resistenz, die Sporenbildung und vor allem die Form. Es stellte sich dabei heraus, daß erhöhte und verschieden lang einwirkende Temperaturunterschiede erhebliche Änderungen in der Morphologie zur Folge haben, ohne dabei gewisse Eigenschaften, vor allem die Fähigkeit der Sulfatreduzierung, in weitgehendem Maße zu schädigen. Zur Gewinnung von Reinkulturen benutzte er die von *Baars* ausgearbeiteten Nährsubstrate, versuchte aber nebst dem von *Baars* benutzten Agarnährboden noch einen, dem er Pepton und Dextrose zusetzte. Doch erwies sich diese Abänderung nicht als wesentlich vorteilhafter. Die Maßnahme *Baars*, durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in die Nährlösungen den stets auftretenden Begleitorganismus zurückzudrängen, fand er nicht als besonders geeignet. Nachdem es ihm gelungen war, im Agar isolierte Kolonien zu erhalten, überimpfte er sie in die flüssige Nährlösung, mußte aber feststellen, daß in den meisten Fällen diese Kulturen nicht angingen. Diese Feststellung deckt sich übrigens mit den schon von *v. Delden* gemachten Beobachtungen. Sporenbildung erfolgte nur bei Berührungstemperaturen von über 50°. Infolge der sporenbildenden Eigenschaften schlug *Starkey* die Bezeichnung *Sporovibrio desulfuricans* *Beijerinck* vor. In der Schweiz beschäftigten sich mit den sulfatreduzierenden Vibrionen vor allem *Düggeli*⁴⁶⁾ ⁴⁷⁾ ⁴⁸⁾ und *Richard*⁴⁹⁾. Auch

⁴¹⁾ *J. Kupzis*: Die biochemischen Vorgänge im Schwefel- und Moorbad Kemmern in Lettland. Zbl. Bakt. II, 76, 48 (1928).

⁴²⁾ *J. K. Baars*: Over Sulfatreductie dor Bacterien. Diss. Techn. Hochschule Delft 1930.

⁴³⁾ *A. J. Kluyver* und *J. K. Baars*: On some physiological artefacts. Proc. Akad. Wetenschappen Amsterdam 35, 370 (1932).

⁴⁴⁾ *T. D. Beckwith* und *J. R. Moser*: The reduction of sulphur containing compounds in wood pulp and paper manufacture. Journ. of Bact. 24, 43 (1932).

⁴⁵⁾ *R. L. Starkey*: A study of spore formation an other morphological characteristics of *Vibrio desulfuricans*. Archiv of Microbiolog. 9, 268 (1938).

⁴⁶⁾ *M. Düggeli*: Die Schwefelbakterien. Neujahrsbl. Naturf. Ges. Zürich 1919.

*Richard*⁵⁰⁾ stellte als Begleitorganismus das bei den früheren Autoren erwähnte sporenbildende Stäbchen fest, indem es zahlreicher Überimpfungen bedurfte, um zu Reinkulturen zu gelangen.

Zu beachten ist, daß sich fast alle diese wissenschaftlichen Forschungen auf Vibrionen beziehen, die aus Graben- oder Seeschlamm gewonnen worden sind. Schwefelquellen sind nur ausnahmsweise in den Bereich der Untersuchungen gezogen worden. Daß aber *Vibrio desulfuricans* auch in sehr großer Tiefe, unter hohem Druck und bei beträchtlichen Temperaturen gedeihen kann, ist schon verschiedentlich festgestellt worden. *Issatschenko*⁵¹⁾ konnte im Schwarzen Meer noch in 2100 m Tiefe sulfatreduzierende Bakterien feststellen. *Ushinski*⁵²⁾ fand bei den Schwefelquellen von Mazeta in Rußland die Vibrionen nicht nur in den Quellen selbst, sondern in den quellwasserführenden Erdspalten bis zu 1300 m Tiefe. Sehr zahlreich sind die Beobachtungen über Schwefelwasserstoffgeruch in Erdölquellen oft von großer Tiefe, der nachgewiesenermaßen ebenfalls auf *Vibrio desulfuricans* zurückzuführen ist. Die betreffende Literatur ist jedoch für die vorliegende Zusammenstellung nicht durchgesehen worden und wird hier deshalb nicht zitiert.

2. Eigenschaften

a) Morphologie

In der Regel stellt *Vibrio desulfuricans* ein kurzes, leicht gekrümmtes bewegliches Stäbchen von homogenem Inhalt dar. Länge und Krümmung können aber verschiedene Grade aufweisen. Unter dem Einfluß von Temperaturänderungen bei der Isolierung und bei der Bebrütung können jedoch die mannigfachsten Abwandlungen entstehen, die sich als langgestreckte gewundene Fäden oder als Spirillen von 1—12 Windungen äußern. Die ursprüngliche Bezeichnung *Spirillum* hat wenigstens in morphologischer Hinsicht unter gewissen Umständen durchaus ihre Berechtigung. Gleiche Erscheinungen treten ein, wenn die Kulturen bei verschiedenen Temperaturen und verschieden lang, 5—30 Minuten und 60—100° erhitzt wurden. Alle diese Veränderungen sind von *Starkey* in mikrophotographischen Aufnahmen festgehalten worden. Die Länge aller dieser Formen variiert zwischen 2—16 μ .

b) Physiologie

Bei *Vibrio desulfuricans* handelt es sich um ein gramnegatives, streng anaerobes, bewegliches Bakterium. Die Fortbewegung geschieht in wirbelnd-strudelnder Art, ziemlich rasch, mittels ein oder zwei polaren Geißeln. Bei Temperaturen über 50° erfolgt Sporenbildung. Es werden zwei Arten unterschieden: *Vibrio desulfuricans* (= *Vibrio aestuarii* = *Vibrio thermodesulfuricans*) und *Vibrio Rubentschikii Baars*, die sich unter geeigneten Bedingungen ineinander überführen lassen. Die Resistenz gegenüber Temperaturunterschieden ist ziemlich groß.

Die hervorragendste Eigenschaft ist diejenige der Sulfatreduktion zu Schwefelwasserstoff. An vielen Orten in der Natur, wo Schwefelwasserstoffbildung beobachtet werden kann, z. B. in Gräben, Tümpeln, Seen, Schwefelquellen, Erdöllagern usw., kann auf die Anwesenheit von *Vibrio desulfuricans* geschlossen werden.

⁴⁷⁾ *M. Düggeli*: Bakteriologische Studien am Ritomsee. Zschr. Hydrologie 2, 65 (1924).

⁴⁸⁾ *M. Düggeli*: Die Schwefelbakterien. Cibazeitschrift 9, 3508 (1945).

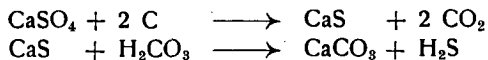
⁴⁹⁾ *O. Richard*: Das Vorkommen von Schwefelwasserstoff in Gewässern als Folge bakterieller Sulfatreduktion. Zschr. Hydrologie 10, 124 (1946).

⁵⁰⁾ *O. Richard*: Mündliche Mitteilung.

⁵¹⁾ *Issatschenko*: Sur la fermentation sulphydrique dans la mer Noire. Compt. rend. 178, 2204 (1924).

⁵²⁾ *Ushinski*: Z. exper. Biol. i. Med. (russ.) 8, 314 (1927), zitiert nach *Vogt*: Lehrbuch der Bäder- und Klimaheilkunde, Berlin 1940, S. 534.

Den Vorgang der Sulfatreduktion stellte man sich nach der folgenden chemischen Formel vor:



Dabei bedeutet C organische Substanz. Diese Formel basiert also immer noch auf der alten Ansicht, daß Sulfate durch die Anwesenheit von irgendwelcher organischer Substanz reduziert werden. Dieser rein chemische Vorgang vollzieht sich aber nur bei sehr hoher Temperatur (700—1000 °), unter Verhältnissen also, die in der Natur nicht vorkommen.

Nach der Entdeckung der sulfatreduzierenden Bakterien nahm man an, daß diese Formel gleichwohl Gültigkeit haben könnte, indem man durch Versuche feststellte, daß zur Reduktionstätigkeit stets organische Substanz vorhanden sein mußte, die man sich als Energiespender dachte.

Aber auch diese Auffassung vermittelte noch nicht den wahren Sachverhalt, der erst durch *van Delden* und *Baars* vollständig aufgeklärt wurde. *Van Delden* stellte sich den Verlauf der Sulfatreduktion nach folgender Brutto-Gleichung vor:

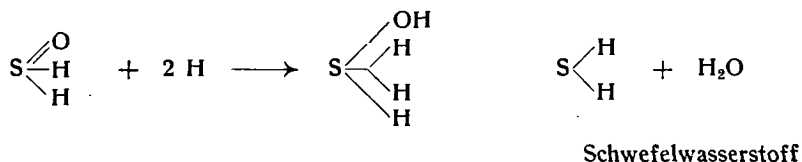
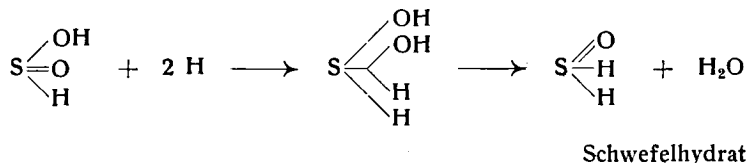
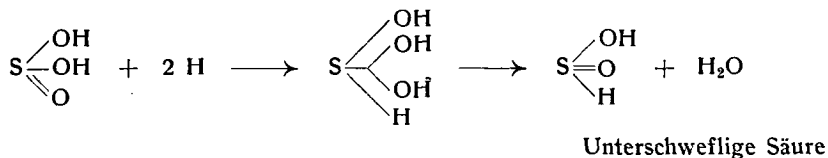
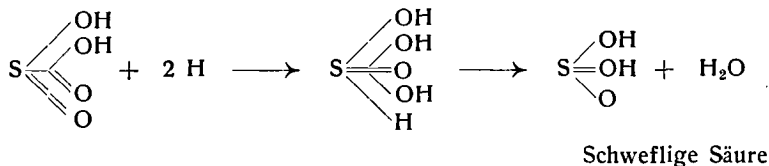


Als organische Substanz steht hier Natriumlaktat, doch sind auch andere Verbindungen als Wasserstoff-Donatoren möglich.

Baars konnte mittels eingehender quantitativen Stoffwechselversuchen nachweisen, daß die organischen Verbindungen nicht total oxydiert werden, sondern daß dieser Prozeß nur zum Teil verläuft:

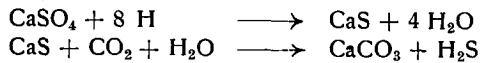


Dies stellt jedoch nur die Bruttoformel des ganzen komplizierten Prozesses dar. Den Verlauf der eigentlichen Sulfatreduktion stellt sich *Baars* folgendermaßen vor:



Der hierzu benötigte Wasserstoff wird von den organischen Verbindungen geliefert, während Stickstoff, und zwar in Form von Ammonium- oder organischen stickstoffhaltigen Verbindungen (im Laboratoriumsversuch z. B. Asparagin, Ammoniumchlorid), als Energiequelle dient.

Düggeli vertritt die Auffassung, daß aus Sulfat Sulfid entsteht, das dann durch Kohlensäure zu Karbonat und Schwefelwasserstoff oxydiert wird:



Auf die andern Eigenschaften von *Vibrio desulfuricans* kann hier nicht näher eingegangen werden.

3. Die Verhältnisse in Baden

a) Frühere Untersuchungen

Die Ansicht, daß die eigentlichen Schwefelbakterien die Ursache der Sulfatreduktion seien, konnte erst durch die Entdeckung *Beijerincks* widerlegt werden. So ist *Treadwell* (229) der erste, welcher der alten Auffassung entgegentritt. Auch *Hartmann* (72) weist auf Grund dieser Entdeckung in Zusammenhang mit den Schwefelquellen von Baden und Schinznach darauf hin, daß der Schwefelwasserstoffgehalt biologischen Ursprunges sei. In seiner neuesten Arbeit führt *Hartmann* (82) die Unterschiede im Schwefelwasserstoffgehalt bei den Thermen von Baden und Schinznach auf die Temperatur zurück, indem er die Schinznachertemperatur von ca. 35° als für die Bakterientätigkeit günstiger erachtet als die Badener Temperatur von ca. 47°. In Baden seien die „Schwefelpilze“ gezwungen, an der Oberfläche des Wassers zu leben, wo Kühlung eintrete. Ohne Zweifel verwechselt hier *Hartmann* die sulfatreduzierenden Bakterien mit den eigentlichen Schwefelbakterien, denn nur die letztgenannten leben an der Wasseroberfläche und können, wenn auch wissenschaftlich ungenau, als „Pilze“ bezeichnet werden, während die erstgenannten strenge Anaerobier sind. Außerdem ist durch die sehr eingehenden Untersuchungen *Starkey's* bewiesen, daß sich *Vibrio desulfuricans* sehr leicht und rasch an die verschiedensten Temperaturen anpaßt, ohne daß die Fähigkeit der Sulfatreduktion Einbuße erleidet. Wenn übrigens tatsächlich 30°—35° die optimale Temperatur wäre, so könnte der Schwefelwasserstoffgehalt der Schwefelquellen von Lostorf, der sogar den hohen Gehalt der Schinznacherquellen noch übersteigt, nicht erklärt werden, denn die Temperatur der Lostorferquellen beträgt nur ungefähr 16°. Schließlich nimmt auch der Schwefelwasserstoffgehalt in den Badener Thermalquellen mit zunehmender Tiefe zu. Eine Erklärung, warum trotz des viel höheren Sulfatgehaltes des Badener Thermalwassers viel weniger Schwefelwasserstoff vorhanden ist als im Thermalwasser von Schinznach, kann vorläufig noch nicht gegeben werden. Vermutlich ist dieser Unterschied im verschiedenen Gehalt an organischen und stickstoffhaltigen Verbindungen begründet. In welcher Tiefe die Sulfatreduzierung erfolgt, ist ebenfalls unbekannt. Erstmals im Badener Thermalwasser nachgewiesen wurde *Vibrio desulfuricans* von *Richard* (317).

b) Eigene Untersuchungen

Die eigenen Untersuchungen bezweckten vor allem den Nachweis der sulfatreduzierenden Bakterien im Badener Thermalwasser. Außerdem wurde versucht, noch einige bisher unbekannte Verhältnisse aufzuklären, vor allem was den Gehalt an Schwefelwasserstoff anbetrifft.

Das zu diesen Untersuchungen benötigte Thermalwasser wurde in allen Fällen aus der Verenhofquelle entnommen, weil der Quellstock von allen Seiten leicht zugänglich ist und der Wasserspiegel der Quelle bis an den Rand des Quellkranzes reicht. So war auf alle Fälle eine einwandfreie Entnahme des Wassers gewährleistet.

α) Der Schwefelwasserstoffgehalt der Quellen

Betreffs des Gehaltes an gasförmigem und gelöstem Schwefelwasserstoff sei auf die Ausführungen S. 105 ff. hingewiesen. Doch mußte noch die Ansicht *Hartmanns*, daß sich die sulfatreduzierenden Bakterien im Badener Thermalwasser an der Wasseroberfläche befänden, überprüft werden. In diesem Falle müßte der Schwefelwasserstoffgehalt an der Oberfläche der Quellen größer sein als in der Tiefe.

Die Schwefelwasserstoffbestimmungen wurden an der Verenhofquelle vorgenommen, weil sie leicht zugänglich ist, eine genügende Tiefe und vor allem einen ausreichenden Durchmesser besitzt, so daß die Wasserentnahme mittels einer Kippflasche, wie sie zur Probeentnahme von Seewasser dient, vorgenommen werden konnte. Die jeweils erreichte Tiefe konnte an einem Zählwerk am Seilhaspel abgelesen werden.

Leider konnten keine Temperaturmessungen vorgenommen werden, mangels eines für so hohe Temperaturen eingestellten Maximumthermometers.

Die Bestimmungen ergaben folgende Resultate:

Tabelle 36

Der Gehalt an titrierbaren Schwefelverbindungen des Badener Thermalwassers in verschiedener Tiefe der Quellen.

Tiefe in cm	Schwefelwasserstoffgehalt in mg/l
30	5,7322
100	5,8174
150	6,0594
200	6,1616
500	7,1942
800	9,5832

Wie nicht anders zu erwarten war, nahm der Schwefelwasserstoffgehalt mit zunehmender Tiefe infolge des erhöhten Druckes zu. Die Sulfatreduktion erfolgt also nicht an der Wasseroberfläche. Zugleich ist damit bewiesen, daß nicht die im Wasser sichtbaren Anhäufungen der Schwefelbakterien die Schwefelwasserstoffherzeuger sind, wie auch heute noch oft behauptet wird.

β) Die Keimzahl

Es stellte sich die Frage, ob das Thermalwasser nicht noch, wie gewöhnliches Trinkwasser, Keime enthalten könnte, was ja besonders bei Zusitzen von Wildwasser nicht ausgeschlossen wäre.

Es wurde eine Bestimmung der Keimzahl nach der bei der Trinkwasseranalyse üblichen Methode vorgenommen, indem je 5 Gelatineplatten bei 22° und je 5 Agarplatten bei 37° mit je 1 ccm Thermalwasser geimpft und bebrütet wurden.

Tabelle 37
Keimzahlbestimmung im Badener Thermalwasser.

	Kulturboden	Anzahl der Keime
1.	Gelatineplatte	—
2.		—
3.		—
4.		1
5.		—
1.	Agarplatte	—
2.		—
3.		1
4.		—
5.		—

Als Trinkwasser betrachtet, ist also das Badener Thermalwasser praktisch als steril anzusehen, denn die beiden angegangenen Keime können, zumal sie sich ganz am Rande der Petrischalen befanden, als Zufallstreffer bewertet werden, die bei der Impfung auf die Platten gelangten. Diese Untersuchungen decken sich mit denjenigen von *Wittlin* (313).

γ) Nachweis und Isolierung der sulfatreduzierenden Bakterien

Herstellung der Nährböden:

Diese Arbeiten erfolgten nach den von *v. Delden*, *Rank*, *Baars* und *Starkey* ausgearbeiteten Methoden. Die bei solchen bakteriologischen Arbeiten zu treffenden Maßnahmen, wie Sterilisation der Gefäße, der Nährböden, der Instrumente, die Zubereitung und Abfüllung der Nährsubstrate usw. gehören zu den selbstverständlichen Voraussetzungen und werden hier nicht näher behandelt.

Es wurden drei Arten von Nährsubstraten benützt:

Flüssige Nährlösung nach *Baars*:

Leitungswasser	1000,0	Natriumsulfat	1,0
Dikaliumphosphat	0,5	Magnesiumsulfat	2,0
Ammoniumchlorid	1,0	Natriumlaktat	3,5

Der pH dieser Lösung betrug 7,0; eine Einstellung war deshalb nicht mehr notwendig.

Fester Nährboden nach *Baars*:

Leitungswasser	1000,0	Natriumsulfat	1,0
Agar	20,0	Magnesiumsulfat	2,0
Dikaliumphosphat	0,5	Natriumlaktat	3,5
Ammoniumchlorid	1,0		

Fester Nährboden nach *Starkey*:

Leitungswasser	1000,0	Dextrose	10,0
Agar	20,0	Magnesiumsulfat	1,5
Pepton	5,0	Natriumsulfat	1,5

Die Einstellung des pH = 7,0 wurde nach der elektrometrischen Methode vorgenommen.

Als Indikator für die eingesetzte Sulfatreduktion zu Schwefelwasserstoff wurde Mohr'sches Salz = Eisenammoniumsulfat verwendet, das sich mit dem Schwefelwasserstoff zu intensiv schwarz gefärbtem Eisensulfid verbindet. Den festen Nährböden wurde das Mohr'sche Salz in einer Konzentration von 0,1 g/l hinzugefügt, während es bei der flüssigen Nährlösung erst im Augenblick der Impfung beigegeben wurde.

Vornahme der Impfung und Bebrütung:

Das Thermalwasser wurde in sterilen Glasstopfenflaschen ca. 10 cm unter dem Wasserspiegel der Verenaquelle gefaßt; die Flaschen wurden sogleich nach der Entnahme gut verschlossen. Die Weiterverarbeitung erfolgte stets am Tag der Entnahme. Weil das Badener Thermalwasser nur wenig Schwefelwasserstoff enthält, mußte nur kurze Zeit bis zu dessen Verflüchtigung gewartet werden.

Die Überimpfung in die Nährlösung wurde in Glasstopfenfläschchen zu ca. 100 ccm vorgenommen. Die Nährlösung wurde zum wallenden Sieden erhitzt, um den Sauerstoff auszutreiben, und dann rasch auf 47° abgekühlt. Badener Thermalwasser wurde in entsprechenden Mengen in die Fläschchen gegeben. Auf einem Nickelspatel wurden einige Kristalle Mohr'sches Salz durch die Flamme gezogen, in die Fläschchen gegeben und diese mit Nährlösung bis zum Rande gefüllt. Hierauf wurde der Glasstopfen eingedreht, so daß die überschüssige Lösung verdrängt wurde und die Fläschchen vollständig ohne Luftschluß gefüllt waren.

Bei der Überimpfung in die festen Nährböden wurden die 10 ccm Agar enthaltenden Röhrchen im siedenden Wasserbad erhitzt, zur Entfernung des Sauerstoffes kurz aufgekocht, auf 47° abgekühlt, ösen-, tropfen- oder ccmweise mit Impfmateriale versehen, umgeschwenkt, in Reagenzgläser mit beidseitigem Gummistopfenverschluß umgegossen und sogleich mit einem Pyrogallol-Alkali-Verschluß versehen.

Nachweis der Sulfatreduktion mit Vibrionen aus dem Badener Thermalwasser

In der flüssigen Nährlösung zeigten sich in der Regel nach einiger Zeit im Bodensatz des ausgefallenen Eisenkarbonates kleine schwarze Punkte, die sich rasch vergrößerten und allmählich einen ganzen Bodenbelag bildeten. Ein Tag nach dieser Erscheinung war stets der ganze Inhalt der Fläschchen schwarz gefärbt, d. h. das Eisensulfid hatte sich auch an den Wänden niedergeschlagen.

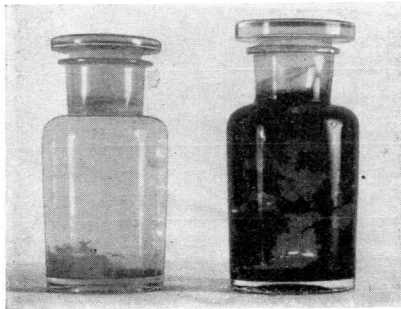


Abb. 16. Kultur von *Vibrio desulfuricans* in flüssigem Nährsubstrat
vor nach
dem Beginn der Sulfatreduktion

In den festen Nährböden zeigte sich entweder totale Schwarzfärbung der ganzen Agarmasse, analog der totalen Schwarzfärbung im flüssigen Nähr-

Tabelle 38

Vorversuche zur Reinzüchtung von *Vibrio desulfuricans*.

Legende: — negativ.
 (+) Beginnende Schwarzfärbung am Boden der Fläschchen.
 + Totale Schwarzfärbung des Fläschcheninhaltes, aber noch durchsichtig.
 ++ Totale Schwarzfärbung des Fläschcheninhaltes, mit Eisensulfidnieder-
 schlag an den Wänden, undurchsichtig.

Art der Versuche	Anzahl der Versuche p. Reihe	Zeit in Tagen							
		1.Tag)	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag	6.Tag	7.Tag	8.Tag
Thermalwasser allein	1.	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.	—	—	—	—	—	—	—	—
Nährlösung allein	1.	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.	—	—	—	—	—	—	—	—
4 Wochen altes, in mehrmals geöffnete Flasche aufbewahrtes Thermalwasser allein	1.	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.	—	—	—	—	—	—	—	—
Thermalwasser Nährlösung $\frac{2}{3}$ / $\frac{1}{3}$	1.	—	—	(+)	+	++	++	++	++
	2.	—	—	(+)	+	+	++	++	++
Thermalwasser Nährlösung $\frac{1}{2}$ / $\frac{1}{2}$	1.	—	—	(+)	+	+	++	++	++
	2.	—	—	(+)	(+)	+	++	++	++
Thermalwasser Nährlösung $\frac{1}{3}$ / $\frac{2}{3}$	1.	—	—	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
	2.	—	—	(+)	(+)	(+)	+	+	+
Thermalwasser Nährlösung ohne Natr.laktat $\frac{1}{2}$ / $\frac{1}{2}$	1.	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.	—	—	—	—	—	—	—	—
Thermalwasser Nährlösung ohne Natr.laktat Gummischleim $\frac{1}{2}$ / $\frac{1}{2}$	1.	—	—	(+)	+	+	++	++	++
	2.	—	—	(+)	+	+	++	++	++
Thermalwasser Nährlösung ohne Natr.laktat Schwefelbakterien $\frac{1}{2}$ / $\frac{1}{2}$	1.	(+)	+	+	+	+	+	+	+
	2.	(+)	+	+	+	+	+	+	+
Thermalwasser Schwefelbakterien	1.	(+)	+	+	+	+	+	+	+
	2.	(+)	+	+	+	+	+	+	+
Thermalwasser allein Natr.laktat	1.	—	—	—	(+)	+	+	+	+
	2.	—	—	—	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Thermalwasser allein Gummischleim	1.	—	—	(+)	+	+	+	+	+
	2.	—	—	(+)	+	+	+	+	+
Thermalwasser Schlamm, der aus der Tiefe der H. St. Quelle geschöpft wurde	1.	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.	—	—	—	—	—	—	—	—
Thermalwasser Natr.laktat, Flasche ohne Ver- schluß (aerob) bebrütet	1.	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.	—	—	—	—	—	—	—	—

*) Tag der Impfung.

substrat, oder dann war die helle Agarmasse mit sehr kleinen, mit einem Hof versehenen schwarzen Punkten = Kolonien, durchsetzt. Beide Erscheinungen bewiesen die Bildung von Schwefelwasserstoff, doch konnten nur die Agarröhrchen mit der Koloniebildung zur Isolierung verwendet werden.

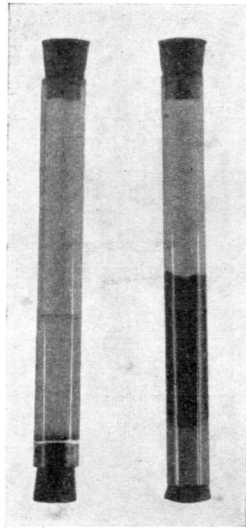


Abb. 17. Kultur von *Vibrio desulfuricans* in festem Nährsubstrat
vor nach
dem Beginn der Sulfatreduktion

Vorversuche

Zuerst wurden eine Reihe von Vorversuchen vorgenommen, um den Einfluß verschiedener Faktoren, z. B. Alter des Thermalwassers, Lufteinwirkung, Temperatur, Art der organischen Substanz, Reaktionsverzögerung, Reinheit der Nährsubstrate, Resistenz der Vibrionen usw. zu studieren. Ihre Ergebnisse sind aus Tabelle 38, Seite 128, ersichtlich.

Besprechung der Resultate

$\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ bezieht sich auf das Volumen des Flächeninhaltes. Natriumlaktat und Gummischleim wurden in einer Konzentration von etwa $3\frac{0}{100}$, die Schwefelbakterien in der Menge von einigen Flocken hinzugefügt. In Thermalwasser, das längere Zeit gestanden hat, scheinen die Vibrionen zugrunde gegangen zu sein. Bemerkenswert ist das rasche Eintreten der Sulfatreduktion, wenn Schwefelbakterien hinzugefügt werden. Die Schwarzfärbung erfolgte sehr intensiv auf den Schwefelbakterien selbst, während die übrige Flüssigkeit nur schwach schwarz gefärbt wurde. Da die Schwefelbakterien Schwefelwasserstoff zum Leben benötigen, könnte man sich vielleicht vorstellen, daß in ihrer Nähe infolge der Schwefelwasserstoff-Diffusion eine höhere Konzentration an Schwefelwasserstoff besteht, so daß mit dem Mohr-

schen Salz sofort eine starke Reaktion eintritt. In mit Schlamm aus dem Heißen Stein beschicktem Thermalwasser erfolgte keine Sulfatreduktion; der Schlamm enthielt also keine geeigneten organischen Bestandteile.

Bestimmung des Bakterientiters im Badener Thermalwasser

Bei den Vorversuchen fiel auf, daß die Sulfatreduktion in verschieden intensiver Weise einsetzte, wenn die Fläschchen zu $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{3}$ mit Thermalwasser geimpft wurden. Schon bei $\frac{1}{3}$ Thermalwasser, also bei etwa 30 bis 35 ccm, erfolgte die Schwarzfärbung viel weniger intensiv. Es wurde deshalb der Bakterientiter bestimmt, um festzustellen, auf wieviel ccm Badener Thermalwasser noch mit einem Keim zu rechnen ist.

Tabelle 39

Bestimmung des Bakterientiters im Badener Thermalwasser.

+ = Beginn der Sulfatreduktion.

Anzahl ccm Thermalwassers	Anzahl der Versuche pro Reihe	Zeit in Tagen								
		1.Tag)	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag	6.Tag	7.Tag	8.Tag	9.Tag
20	1.	—	—	—	+	+	+	+	+	+
	2.	—	—	—	+	+	+	+	+	+
	3.	—	—	+	+	+	+	+	+	+
10	1.	—	—	—	+	+	+	+	+	+
	2.	—	—	—	+	+	+	+	+	+
	3.	—	—	—	+	+	+	+	+	+
5	1.	—	—	—	+	+	+	+	+	+
	2.	—	—	—	+	+	+	+	+	+
	3.	—	—	—	—	+	+	+	+	+
4	1.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.	—	—	—	—	—	—	+	+	+
	3.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	1.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3.	—	—	—	+	+	+	+	+	+
2	1.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.	—	—	—	—	+	+	+	+	+
	3.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,9	1.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3.	—	—	—	—	—	—	—	—	—

*) Tag der Impfung.

Die Isolierung von Vibrio desulfuricans aus Badener Thermalwasser

Die Isolierung erfolgte in der Weise, daß zuerst Badener Thermalwasser und flüssige Nährlösung zu gleichen Teilen gemischt bebrütet wurde, die eine Versuchsreihe bei 47° (Temperatur des Badener Thermalwassers), die andere bei 37° (Temperatur des Schinzacher Thermalwassers), um eventuelle Unterschiede im Wachstum bei verschiedenen Temperaturen festzustellen.

Die bei 47° angesetzten Rohkulturen zeigten in der üblichen Weise schon am 3. Tag beginnende Schwarzfärbung, während die bei 37° angesetzten Rohkulturen erst nach 8 Tagen allmählich schwarz wurden. Es erwies sich also, daß zuerst eine Anpassung an die ungewohnte Temperatur erfolgen mußte. Sobald diese aber vollzogen war, zeigten sich bei der Überimpfung keine Unterschiede mehr in der Raschheit der Schwarzfärbung. Eine andere, bei 47° angesetzte und bereits übergeimpfte Versuchsreihe, die nachher bei 37° weiter bebrütet wurde, wies keine Sulfatreduktion mehr auf. Es scheint, daß dieser Temperatursturz, nachdem die Vibrionen sich bereits den in Bezug auf die Temperatur und das Nährsubstrat veränderten Bedingungen angepaßt hatten, nicht ertragen wurde. Doch ist diese Versuchsreihe nur einmal angesetzt worden, so daß keine endgültigen Schlüsse gezogen werden können.

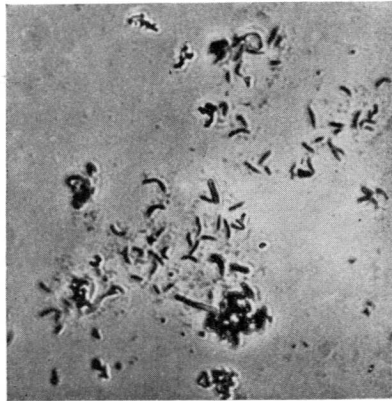


Abb. 18. *Vibrio desulfuricans* aus flüssigem Nährsubstrat. Lebend, ungefärbt. Phasenkontrast, 1620 ×.

Wie aus den Vorversuchen hervorgeht, enthält das Badener Thermalwasser ungefähr 1 Keim/5 ccm. Ösen-, tropfen- oder kubikzentimeterweise Überimpfung aus der Rohkultur gelang nicht ohne vorherige Anreicherung durch Zentrifugieren. Auch bei den nachfolgenden Überimpfungen mußte stets zentrifugiert werden. Sonst aber verursachte die Überimpfung von der Rohkultur in flüssige Nährlösung und von Nährlösung zu Nährlösung keine besonderen Schwierigkeiten. Bei der Rohkultur und der 1. Überimpfung erfolgte die Schwarzfärbung am 3. Tage, bei der 3. Überimpfung nach einer kleinen Verzögerung am 4. Tage, bei der 4. und 5. Überimpfung aber in beschleunigter Weise bereits am 2. Tage. Im hängenden, aus einer Öse Zen-

trifugat gewonnenen Tropfen konnten die von *Starkey* beschriebenen und fotografierten typischen, schwach gekrümmten Vibrionen festgestellt werden (Abb. 18).

Die Züchtung in Agar-Nährboden nach *v. Delden* und *Starkey* hingegen stieß auf beträchtliche Schwierigkeiten. Eine besondere Eignung des einen oder andern Agar-Nährbodens konnte nicht festgestellt werden. Ösenweise Überimpfung von Zentrifugat aus der Nährlösung blieb erfolglos, nur bei tropfenweiser Überimpfung gelang Weiterzüchtung. Von den vielen beimpften und bebrüteten Agar-Röhrchen zeigten nur wenige Schwefelwasserstoffentwicklung und nur vereinzelte Koloniebildung. Auch diese deutlich sichtbaren und typischen, mit Hof umgebenen Kolonien blieben nur sehr klein. Eine solche aus dem Agar herauspräparierte Kolonie zeigte im hängenden Tropfen die gleichen Mikroorganismen, wie sie im Zentrifugat aus der Nährlösung festgestellt worden waren.

Auf anaerob beimpften Agarplatten konnte nie Wachstum erzielt werden.

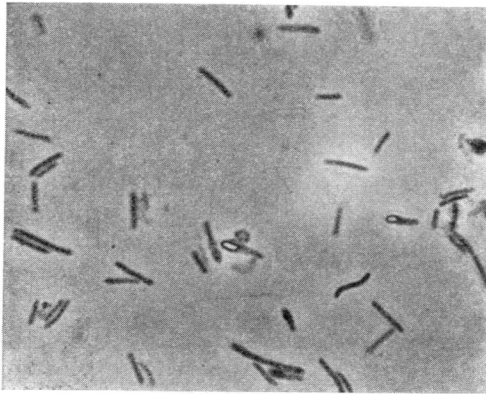


Abb. 19. Sporenbildendes Stäbchen aus Reinkultur auf Agar. Lebend, ungefärbt. Phasenkontrast, 1620 \times .

Einzelne aus dem Agar herauspräparierte und zerdrückte Kolonien wurden in flüssige Nährlösung überimpft, doch erfolgte kein Wachstum. Diese Beobachtung deckt sich mit derjenigen von *Starkey*, der feststellte, daß bei der direkten Übertragung von Kolonien in die *v. Delden*'sche Laktatnährlösung die Vibrionen meistens zugrunde gehen. Die Ursache der Schwierigkeiten bei der Isolierung auf Agar ist bei dem schon von anderen Autoren beobachteten Begleitorganismus zu suchen. Sobald sich Schwarzfärbung und Koloniebildung zeigte, konnten die kleinen, sehr zahlreichen weißlichen Kolonien der begleitenden Bakterien festgestellt werden, die rasch größer wurden und die Kolonien der Vibrionen zurückdrängten. In den Röhrchen mit *Starkey*-Agar erfolgte Gasbildung. Es handelt sich bei diesem Begleitorganismus um ein sporenbildendes, fakultativ anaerobes Stäbchen, das im Agarröhrchen und auf Schrägagar weiße Kolonien bildet (Abb. 19).

Da der Nachweis von *Vibrio desulfuricans* (Sulfatreduktion, Koloniebildung, mikroskopisches Bild) erbracht war, wurde darauf verzichtet, die Überimpfung bis zur vollständigen Eliminierung des Begleiterorganismus fortzusetzen.

Die mikrographische Aufnahme bereitete insofern Schwierigkeiten, als die Herauspräparierung einer Kolonie infolge ihrer Kleinheit nicht ohne Beimischung von Agarpartikeln möglich war, die sich im Bilde störend bemerkbar machten. Präparate aus dem Zentrifugat des flüssigen Nährsubstrates ergaben ein besseres Bild, doch zeigten sich auch hier infolge der beim Eintrocknen auskristallisierten Bestandteile der Nährlösung störende Beimischungen.

δ) *Der Einfluß der biologischen Verhältnisse auf den Schwefelwasserstoffgehalt des Badener Thermalwassers*

Auf den geringen Gehalt des Badener Thermalwassers an gelöstem und den noch geringeren Gehalt an freiem Schwefelwasserstoff ist schon öfters hingewiesen worden. Nachdem nun festgestellt ist, daß der Schwefelwasserstoff durch Sulfatreduktion infolge der Tätigkeit von Mikroorganismen entsteht, ist die Ursache auf ungünstige Faktoren zurückzuführen, die das Gedeihen oder die Tätigkeit der Vibrionen hindern. Darauf deutet schon die verhältnismäßig geringe Zahl an Keimen hin, die im Wasser gefunden werden können. Daß die Temperatur allein für diese ungünstigen Verhältnisse verantwortlich zu machen ist, muß an Hand der Versuche von *Starkey* bezweifelt werden. Die Ursachen sind also in anderen Bedingungen zu suchen.

Weil das Badener Thermalwasser nach der Analyse von *Treadwell* immer noch ungefähr 1400 mg Sulfat/l enthält, erhebt sich die Frage, warum diese beträchtliche Sulfatmenge nicht mehr durch die Tätigkeit der Vibrionen zu Schwefelwasserstoff reduziert wird.

Nun konnte *Baars* nachweisen, daß die sulfatreduzierenden Vibrionen organische Substanz (Wasserstoff-Donator) und stickstoffhaltige anorganische oder organische Verbindungen (Stickstoffquelle) zum Leben nötig haben. Betrachtet man die Analyse *Treadwells* im Hinblick auf diese beiden lebenswichtigen Faktoren, so sieht man, daß beide nur noch in Spuren vorhanden sind, während z. B. die ganz ähnlich gearteten, aber schwefelwasserstoffreicheren Quellen von Schinznach und Lostorf noch verhältnismäßig beträchtliche Mengen davon aufweisen. In Baden ist also die ursprünglich sicher größere Menge durch die Tätigkeit der Vibrionen fast vollständig aufgebraucht worden. Es war deshalb naheliegend, das Thermalwasser in dieser Hinsicht zu ergänzen und auf diese Weise die sulfatreduzierende Tätigkeit der Vibrionen anzuregen.

Es wurden zu diesem Zwecke vier Versuchsreihen angesetzt, unter den Züchtungsbedingungen, die im vorgehenden Abschnitt beschrieben sind. Als Wasserstoff-Donator wurde Natriumlaktat, als Stickstoff-Quelle Ammoniumchlorid verwendet.

Tabelle 40

Schwefelwasserstoffentwicklung (mg/l) in modifiziertem Badener Thermalwasser.
(Zusatz eines Wasserstoff-Donators.)

Zusammensetzung der Nährlösung: Thermalwasser ca. 100 ccm
Natriumlaktat 0,35 g
Mohr'sches Salz (Indikator) Spur
Rohkultur 1 ccm
Bebrütungstemperatur: 47° C.

Tag → Kultur ↓	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
1.	—	—	+	235,15									
2.	—	—	+	+	189,14								
3.	—	—	—	+		318,64							
4.	—	—	+	+			390,21						
5.	—	—	—	+				323,76					
6.	—	—	+	+					265,82				
7.	—	—	+	+						289,68			
8.	—	—	—	+							384,24		
9.	—	—	+	+								235,15	
10.	—	—	+	+									384,24

Tabelle 41

Schwefelwasserstoffentwicklung (mg/l) in modifiziertem Badener Thermalwasser.
(Zusatz eines Wasserstoff-Donators und einer Stickstoff-Quelle.)

Zusammensetzung der Nährlösung: Thermalwasser ca. 100 ccm
Natriumlaktat 0,35 g
Ammoniumchlorid 0,10 g
Mohr'sches Salz (Indikator) Spur
Rohkultur 1 ccm
Bebrütungstemperatur: 47° C.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
1.	—	—	+	141,43									
2.	—	—	+		466,89								
3.	—	—	—			392,16							
4.	—	—	+				310,12						
5.	—	—	±					468,60					
6.	—	—	+						461,78				
7.	—	—	+							396,03			
8.	—	—	+								405,55		
9.	—	—	—									429,70	
10.	—	—	+										447,32

1. Versuchsreihe: Thermalwasser allein
2. Versuchsreihe: Zusatz von 1⁰/₁₀₀ Ammoniumchlorid
3. Versuchsreihe: Zusatz von 3,5⁰/₁₀₀ Natriumlaktat
4. Versuchsreihe: Zusatz von 3,5⁰/₁₀₀ Natriumlaktat und 1⁰/₁₀₀ Ammoniumchlorid.

Die ersten 2 Versuchsreihen verliefen ergebnislos; es fand keine Schwefelwasserstoffentwicklung statt. Der Zusatz einer Stickstoff-Quelle ohne Zusatz eines Wasserstoff-Donators genügt also für die sulfatreduzierende Tätigkeit der Vibrionen im Badener Thermalwasser nicht.

Die beiden andern Versuchsreihen ergaben widersprechende Resultate. In einem Falle ergab Reihe 3 eine Verdoppelung des Schwefelwasserstoffgehaltes von ca. 5 auf ca. 10 mg/l, eine Wiederholung verlief hingegen vollständig negativ. Ganz ähnliche Verhältnisse zeigten sich bei der 4. Versuchsreihe.

Trotzdem also die Zusammensetzung der Nährlösung, d. h. des Badener Thermalwassers modifiziert worden war, konnte eine Steigerung der sulfatreduzierenden Tätigkeit nicht mit Sicherheit erreicht werden. Es muß deshalb angenommen werden, daß die Vibrionen, die an der Ausflußstelle der Quelle anlangen, durch den vermutlich ziemlich weiten Weg, den sie von der Stelle ihrer Tätigkeit bis zur Austrittsstelle der Quellen zurücklegen müssen, geschädigt werden, so daß sie ihre sulfatreduzierenden Fähigkeiten nicht mehr voll entwickeln können.

Die vier Versuchsreihen wurden deshalb nochmals wiederholt, aber unter Hinzufügung von je 1 ccm frisch aus Badener Thermalwasser gewonnener Rohkultur zu je 100 ccm modifiziertem Thermalwasser.

Die beiden Versuchsreihen 1 und 2 verliefen auch diesmal wieder vollständig negativ. Die Ergebnisse der beiden andern Reihen sind aus den nachfolgenden Tabellen ersichtlich. Für jede Schwefelwasserstoffbestimmung wurde eine neue Probe verwendet. Die Titration erfolgte nach der S. 168 aufgeführten Methode.

Aus diesen Versuchsreihen ergibt sich folgender Schluß: Ohne Zusatz eines Wasserstoff-Donators erfolgt keine weitere Sulfatreduktion im Badener Thermalwasser. Wird hingegen ein solcher hinzugefügt, entsteht sogleich Schwefelwasserstoffentwicklung. Sie wird gesteigert, wenn auch noch eine Stickstoff-Quelle hinzugefügt wird. Die Bebrütung der Kulturen erfolgte bei 47°, also bei der Temperatur der Thermalquellen; die hohe Temperatur ist also kein Hinderungsgrund für eine intensive Sulfatreduktion. Die Ursache für den geringen Schwefelwasserstoffgehalt des Badener Thermalwassers beruht also vorwiegend auf dem Mangel an organischen und stickstoffhaltigen Verbindungen, obwohl damit nicht ausgeschlossen ist, daß auch noch andere Gründe eine Rolle spielen können, die bis jetzt noch nicht bekannt sind.

II. Die Schwefelwasserstoff verbrauchenden Bakterien (Schwefelbakterien) und die übrige im Badener Thermalwasser vorkommende Bakterienflora

1. Übersicht über die Literatur

Die Gruppe der Schwefelbakterien ist seit viel längerer Zeit bekannt als diejenige der sulfatreduzierenden Bakterien, allein schon aus dem Grunde, weil sie sich zu makroskopisch sichtbaren Ansammlungen anhäufen können. Man hielt sie jedoch für eine leblose, aus dem Erdinnern stammende Masse, die möglicherweise eine Art Schwefelabscheidung darstelle. Andere glaubten, man habe Teile von Petrefakten vor sich, die aus dem Erdinnern vom Wasser heraufgeschwemmt worden seien. Erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts taucht die Vermutung auf, es könne sich um niedrig organisierte Lebewesen handeln, die man als „organische Materie“, „Oscillatorien“, „Barégine“ (weil man sie in den Thermalquellen von Barège beobachtet hatte), „Glairine“, „Theiothermin“ und anderweitig benannte. Die faden- oder flockenförmige, meistens schleimige Struktur der Massen war bereits früh makroskopisch und mikroskopisch festgestellt worden. Trotzdem dauerte es noch geraume Zeit, bis man sich darüber im Klaren war, ob es sich mehr um tierische oder mehr um pflanzliche Organismen handle. Verdienstvolle Forschungen wurden von den italienischen Wissenschaftlern *Beggiato* und *Trevisan* schon um 1840 unternommen. Der Botaniker *Cohn* wies diese Lebewesen endgültig den niedersten pflanzlichen Lebewesen, den Spaltpilzen, zu, und erstellte als erster eine Nomenklatur. Die farblosen, stark lichtbrechenden runden Körper im Innern der Fäden erkannte der Schweizer Botaniker *Cramer* als amorphen Schwefel. Mit der Erforschung der physiologischen Eigenschaften und der Züchtung in Roh- und Reinkulturen der Schwefelbakterien beschäftigte sich vor allem *Winogradsky*. Seither haben sich noch zahlreiche andere Wissenschaftler mit der Erforschung der Arten und Eigenschaften der Schwefelbakterien befaßt, unter vielen anderen vor allem *Hinze*, *Jegunow*, *Skene*, *Bavendamm*. Ähnlich wie die sulfatreduzierenden Bakterien wurden die Schwefelbakterien meistens aus Schlamm, Gräben usw. gewonnen und weitergezüchtet, obwohl ihr Vorkommen zuerst in den Schwefelquellen beobachtet worden war. Besonders die Veröffentlichungen vor 1850 beziehen sich durchwegs auf Untersuchungen an Schwefelquellen, während sich die Untersuchungen nachher auf die Vorkommen in stehenden Gewässern beschränkten. Eine Übersicht von Arbeiten speziell über die Bakterien- und Algenflora in Thermalquellen gibt *Emoto* ⁵³⁾; es sei hier ausdrücklich auf diese Bibliographie hingewiesen, aus der mehrere Werke zum Studium herbeigezogen wurden, ohne daß hier namentlich auf sie hingewiesen wird. Allerdings beziehen sich die Untersuchungen dieser Autoren nicht nur auf die Bakterienflora in den Quellen selbst, sondern auch auf diejenige an den Ausläufen der Bäder, wo immer noch genügend Schwefelwasserstoff vorhanden ist, um den Schwefelbakterien das Leben zu ermöglichen. Daneben findet sich an diesen Stellen aber auch eine reiche Algenvegetation, die ebenfalls in den Bereich der biologischen Untersuchungen miteinbezogen worden ist.

Die Schwefelbakterienflora in den Schwefelquellen und diejenige in den Gräben, Tümpeln und Seen ist weitgehend spezialisiert; in den erstgenannten finden sich hauptsächlich die farblosen, fädigen Schwefelbakterien, während die nichtfädigen und vor allem die roten vorwiegend in den letztgenannten anzutreffen sind. Eine gute Übersicht über alle Fragen in Bezug auf die Schwefelbakterien geben *Düggeli* ⁵⁴⁾ ⁵⁵⁾ ⁵⁶⁾ und *Bavendamm* ⁵⁷⁾.

⁵³⁾ *Y. Emoto*: Die Mikroorganismen der Thermen. Eine historische Übersicht über die Erforschung der Thermalmikroorganismen. The Botanical Magazine, Tokyo, 47, 268 (1933).

⁵⁴⁾ *M. Düggeli*: Die Schwefelbakterien und ihre Tätigkeit in der Natur. Naturwissenschaftl. Wchschr. 16, N. F., 321 (1917).

⁵⁵⁾ *M. Düggeli*: Die Schwefelbakterien. Neujahrsbl. Naturf. Ges. Zürich 121 (1919).

2. Eigenschaften

a) Morphologie

Die Schwefelwasserstoff verarbeitenden, farblosen Schwefelbakterien zeichnen sich häufig durch ihre Größe und ihre besondere Form aus.

Es kann sich um kleine, kugel-, stäbchen- und spirillenförmige Gebilde handeln, bei denen bei besonderen Arten Geißeln vorhanden sind. Die wichtigsten Arten sind

- Thiophysa volutans Hinze, 7—18 μ lang
- Bacterium Bovista Molisch, 2—4 μ lang, 0,6—1,5 μ breit
- Thiovolvum majus Hinze, 11—18 μ lang, 9—17 μ breit
- Thiospirillum Winogradsky, 50 μ lang, 3 μ breit
- Spirillum granulatum Molisch, 21—40 μ lang, 2—3,5 μ breit.

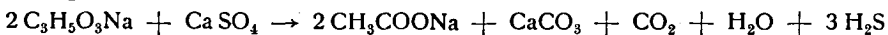
Die zum Teil sehr rasch beweglichen Zellen weisen alle als charakteristischen Bestandteil eingelagerte amorphe Schwefeltröpfchen auf, die von öligem Konsistenz sind. Sie brechen sehr stark das auffallende Licht, so daß bei einer großen Anzahl von Schwefeltröpfchen nur diese erkenntlich sind. Oft schließen sich die genannten Arten zu charakteristischen Familien zusammen.

Genauer und seit längerer Zeit erforscht sind die fädigen farblosen Schwefelbakterien, besonders die drei Gattungen Beggiatoa, Thiotrix und Thioploca. Die letztgenannte weist im Gegensatz zu den beiden andern eine starke Gallertscheide auf. Jede Gattung verfügt über mehrere Arten, die sich in der Größenordnung beträchtlich unterscheiden. Die bekannteren Beggiatoaarten sind 0,8—3,0 μ breit und bis 1 cm lang; es gibt aber auch Riesenarten bis 50 μ Dicke. Die Thiotrixarten werden ebenfalls nach der Breite der Zellfäden unterschieden, die 0,4 bis 2 μ betragen kann. Thiotrix verjüngt sich nach der Spitze zu. Die Dicke der von einer Gallertscheide umgebenen Thioplocafäden schwankt sehr stark; je nach der Anzahl der Fäden, die eine solche Scheibe umfaßt, kann sie 8—50—160 μ betragen. Die Länge beträgt 3—4 cm. Auch die fadenförmigen Schwefelbakterien sind zum Teil beweglich. Besonders eigenartig ist die Bewegung der Beggiatoafäden, die sich aus mehreren Einzelbewegungen zusammensetzt. Thiotrix haftet am breiteren Ende mittels einer schleimigen gallertigen Masse an einer Unterlage fest. Ferner bilden sich ebenfalls charakteristische Verbände, die makroskopisch sichtbar werden können. Thiotrix weist büschelförmige, weiße Kolonien auf. Beggiatoa sitzt nicht fest; dennoch kann es zu einem weißen, schleierartigen Überzug auf geeigneter Grundlage kommen. Als drittes Merkmal bestehen ebenfalls bei allen fädigen, farblosen Schwefelbakterien die schon erwähnten Schwefeltröpfchen.

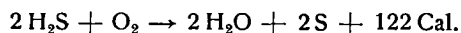
Die Fortpflanzung geschieht durch Zellteilung. Bei Thiotrix konnte beobachtet werden, daß sich oft die Spitzen der Fäden als bewegliche Konidien abreißen und ihrerseits zu neuen Fäden auswachsen.

b) Physiologie

Bei den erwähnten Schwefelbakterien handelt es sich um autotrophe Mikroorganismen. Man nimmt an, daß die physiologischen Vorgänge folgendermaßen ablaufen: Der durch die sulfatreduzierenden Bakterien nach folgender, von Baars aufgestellter Gleichung entstandene Schwefelwasserstoff



wird durch die Schwefelwasserstoff verarbeitenden Bakterien nach folgender Gleichung oxydiert:



Bei diesem Vorgang sind folgende chemische Verbindungen beteiligt und unbedingt notwendig:

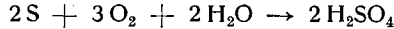
⁵⁶⁾ M. Düggele: Die Schwefelbakterien. Ciba Zschr. 9, 3508 (1945).

⁵⁷⁾ W. Bavendamm: Die farblosen und roten Schwefelbakterien. Jena 1924.

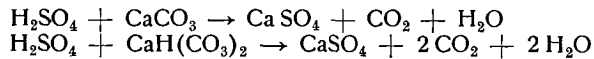
1. Schwefelwasserstoff als Energiequelle, weil durch dessen Oxydation die notwendigen Kalorien frei werden.
2. Kohlendioxyd als einzige Kohlenstoffquelle; die zu seiner Reduktion erforderliche Energie liefert die Oxydation des Schwefelwasserstoffs.
3. Sauerstoff, um die Oxydation durchführen zu können.
4. Ammoniumverbindungen als Stickstoffquelle.

Fehlt eine dieser Verbindungen, so gehen die Schwefelbakterien zugrunde.

Die Oxydationsvorgänge gehen aber noch weiter, indem der Schwefel zu Schwefelsäure weiteroxydiert wird:



Die Schwefelsäure wird durch die vorhandenen Karbonate neutralisiert, wobei Sulfate gebildet werden. Je nachdem Karbonate oder Bikarbonate vorliegen, stellt man sich den Verlauf folgendermaßen vor:

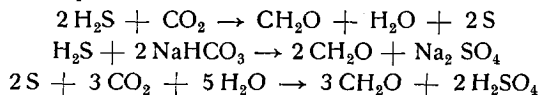


Bei mangelnder Möglichkeit der Neutralisation der gebildeten Schwefelsäure gehen die Bakterien zugrunde. Aus den erwähnten Formeln ist ersichtlich, daß ein eigentlicher Kreislauf des Schwefels stattfindet.

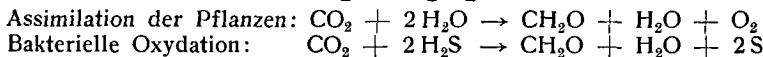
Eine Rolle spielt auch die Temperatur. Die Grenzwerte sollen zwischen 0—45°, das Optimum bei 30° liegen. Zweifellos gibt es aber auch anpassungsfähige und widerstandsfähigere Arten, weil die Schwefelquellen oft beträchtlich höhere Temperaturen aufweisen, aber trotzdem eine Schwefelbakterienflora enthalten.

Eine Beeinflussung durch Licht findet nicht statt. Die im Innern der Bakterien gelagerten Schwefeltröpfchen kommen in sehr wechselnder Menge vor. Es besteht deshalb vermutlich Abhängigkeit von äußeren Faktoren, wie Schwefelwasserstoffgehalt, Temperatur und den erwähnten Bedingungen. Fehlt z. B. Schwefelwasserstoff, so wird der eingelagerte Schwefel innerhalb kurzer Zeit aufgebraucht, wodurch die Bakterien zugrunde gehen, sofern nicht neuer Schwefelwasserstoff hinzugeführt wird. In einer allzustarken Schwefelwasserstoffatmosphäre hingegen gedeihen sie ebenfalls nicht, es muß ein gewisses Gleichgewicht zwischen Schwefelwasserstoff und Sauerstoff bestehen.

Eine andere Auffassung von den physiologischen Vorgängen vertritt Kühnau⁵⁸⁾, der folgende Oxydationsprozesse aufstellt.



Diese Verbindungen entstünden unter Abschluß von Luftsauerstoff, z. T. noch im Erdinnern, so daß der Schwefelwasserstoff zugleich mit seinen Oxydationsprodukten zutage träte. Bei allen diesen Vorgängen entstünde unter anderem jedesmal Formaldehyd. Kühnau stützt sich dabei auf die analogen Vorgänge bei der Assimilation der Pflanzen:



Es scheint, daß sich Kühnau dabei nicht auf eigene Untersuchungen stützt, sondern an Hand von anderen Autoren zitiert, doch ist das Literaturverzeichnis unklar und mangelhaft. Weil aber die hier vertretene Ansicht in einem balneologischen Werke verzeichnet wird, muß sie doch erwähnt werden. Bis jetzt aber haben alle einschlägigen wissenschaftlichen Veröffentlichungen die Ansicht vertreten, daß die Schwefelbakterien nur bei Anwesenheit von Luftsauerstoff gedeihen können. Sie suchen jene Stellen im Wasser auf, an denen sich die für sie günstigste Mischung von Schwefelwasserstoff und Sauerstoff eingestellt hat (Partiärdruck), wobei es selbst zur Bildung von sog. Bakterienplatten kommen kann.

⁵⁸⁾ J. Kühnau: Schwefelquellen, in Vogt: Lehrbuch der Bäder- und Klimaheilkunde. Berlin 1940, S. 502.

3. Die Verhältnisse in Baden

a) Frühere Untersuchungen

Die fädigen Ansammlungen der Schwefelbakterien in den Thermalquellen von Baden sind schon in früheren Jahrhunderten beobachtet worden. Anfänglich hielt man sie einfach für eine besondere Art von Schwefelablagerungen. Die erste ausdrückliche Erwähnung stammt von *Montaigne* (139), der schreibt, wenn man Wasser schöpfe, so führe es oft gewisse, ganz feine Fäden mit sich. Später erwähnt *Scheuchzer* (198) eine dicke, schleimige Materie, die, wenn sie getrocknet und angezündet werde, einen Schwefelgeruch von sich gebe. Aber erst im 19. Jahrhundert begann man sich ernsthaft damit zu beschäftigen. *Gimbernat* (54) gab den Anstoß dazu, indem er behauptete, daß diese „gelatinöse organische Materie“ durch die flüchtigen Bestandteile des Wassers, vor allem durch das sogenannte „Zoogène thermale“, erzeugt werde. In diesem Ausdruck ist also die Vermutung ausgesprochen, es könne sich um einen lebenden Körper handeln. *Gimbernat* hatte die „organische Materie“ zuerst in den Quellen von Aix les Bains beobachtet und deshalb auch in Baden sein Augenmerk darauf gerichtet, „et il trouva cette production singulière absolument différente des plantes acotyledones, avec lesquelles on l'a confondu, et plus analogue à la substance animale“. Er unterwarf dann diese Ansammlungen einer mikroskopischen Untersuchung (53), wobei er kleine, bewegliche Kugeln beobachtete, die wie Infusorien aussahen, und deren chemische Analyse organische Substanz nachweisen ließ. „L'abondance de gaze azote qu'il a trouvé lui semble être une des causes productrices de la formation de la dite substance organique“. Als 1828 der Große Heiße Stein geöffnet wurde, beobachtete *Pflugger* (174), daß die Wände des Quellschachtes mit „graulichen, ausgezackten, fadenartigen, z. T. membranösen Flocken“ behängt waren. *Bauhof* (12, 13) unterwarf sie einer chemischen Analyse und fand „eine faserige gallertartige Substanz, die im Wasser leicht in faule, stinkende Gärung übergeht, in trockenem Zustand eine bräunliche, zähe, feste Masse bildet, von warmem Wasser wieder erweicht, von erwärmter Salzsäure nicht, von ätzender Natronlauge aber aufgelöst wird, bei der trockenen Destillation ein empyreumatisches Öl und Ammoniak entbindet, wobei eine schwefel-kohlensaurer Kalk und etwas Eisenoxyd haltige Kohle zurückbleibt“.

Interessant ist zu verfolgen, wie sich zwischen 1830 und 1870 die Kenntnisse über diese so rätselhafte „organische Materie“ erweitern und vervollkommen. Vor allem widmete *Löwig* (104) ihr mehrere Abschnitte seines Werkes, wobei er auch die zeitgenössischen Forschungen in anderen Heilbädern miteinbezog. *Löwig* legte wenig Wert auf chemische Untersuchungen, wie sie z. B. *Bauhof* anstellte, sondern glaubte eher mit dem Mikroskop die wahre Natur des „Barégines“ kennen zu lernen. Er fand es 1835 in der Kesselquelle des Stadhofs nach deren Öffnung massenhaft in langen Fäden in Wasser schwimmend, konnte es aber außerdem noch in größerer Tiefe mittels eines an einer langen Stange befestigten Löffels von den Wänden loskratzen. Von bloßem Auge betrachtet, stelle das Gebilde eine weiße,

schlüpfrige Masse dar; unter dem Mikroskop könne man außer einer schleimigen „Gangmasse“ einzelne Fasern mit kleinen durchsichtigen Kugeln feststellen, ferner anorganische Teile, besonders Schwefel. In reinem Wasser aufbewahrt, gehe es nach langer Zeit unter Entwicklung von Ammoniak in Fäulnis über. Über die Entstehung der Masse ist sich *Löwig* nicht im Klaren. Zeitgenössische Ansichten nehmen einerseits an, es könne sich um Gebilde handeln, die durch die im Wasser vorhandenen Salze und Gase zu einer „organischen Materie“ geformt werden; andere vermuten, sie entstünden erst durch Einfluß von Luft und Licht; wieder andere schließlich glauben Überreste von aus dem Erdinnern herausgeschwemmten Petrefakten vor sich zu haben. *Löwig* schließt sich keiner dieser Ansichten an, es scheint ihm vielmehr, daß die schleimige Masse durch Absterben und Zersetzen von Pflanzen und Tieren, vor allem von Infusorien, entstanden sei, daß sie aber auch umgekehrt infolge der Fäulnis den geeigneten Lebensuntergrund für Oscillatoren und Infusorien biete unter Einfluß von Licht und Luft.

Besonderer Beachtung wert ist die Ansicht *Löwigs*, die eine der frühesten Äußerungen dieser Art überhaupt ist, daß diese „organische Materie“ die Ursache der Schwefelwasserstoffbildung sei. Kurz vorher war von anderen Chemikern nachgewiesen worden, daß bei Sulfaten, die mit Süßholz, Zucker, arabischem Gummi und anderen organischen Stoffen zusammengebracht worden seien, nach einiger Zeit Schwefelwasserstoffentwicklung stattfindet. Da im Badener Wasser Gips vorhanden ist, schloß *Löwig* daraus, dieser werde durch Einwirkung der „organischen Materie“ in Schwefelwasserstoff und kohlen-sauren Kalk zersetzt, und er belegte seine Behauptung mit dem Experiment, daß aus Badener Thermalwasser, das in verschlossener Flasche mit „organischer Materie“ zusammen einige Zeit stehen gelassen wurde, sich Schwefelwasserstoff entwickelte. Obwohl man heute die Tätigkeit der sulfatreduzierenden Vibrionen kennt, ist die Ansicht *Löwigs* insofern richtig, als tatsächlich Sulfate zu Schwefelwasserstoff reduziert werden, und organische Substanz als Energiequelle notwendig ist. Daß es sich aber um organische Substanz im Erdinnern, nicht um die gallertige Masse handle, konnte ihm nicht bekannt sein.

Gegen die Auffassung, die „organische Materie“ stamme aus dem Erdinnern, wie sie auch später noch von *G. Escher* (43) vertreten wurde, wendet sich *Mousson* (145). Gesetzt Falls, sie dränge mit dem Niederschlagswasser ein, so könnte sie doch kaum mehr nach einem Durchgang durch so lange und große Tiefen mit ihrem organischen Charakter wieder in der Quelle zutage treten. Betrachte man sie aber als aus dem Erdinnern von Überresten vergangener Zeitepochen herstammende Körper, so sei zu bedenken, daß das Wasser solche Erdschichten durchlaufe, die sich gerade durch das Fehlen von Petrefakten auszeichnen.

Den späteren Auffassungen näher kommt bereits *Fontan* (44). Er nennt die Substanz, „oder vielmehr die Pflanze“, „la Sulfuraire“, geformt von einer Vereinigung von Fäden mit einem Durchmesser von ca. $\frac{1}{400}$ mm, die kleine Kügelchen einschließen. Weiter beobachtete er eine Art „Oscilla-

toria tenuissima“ von $\frac{1}{350}$ mm und eine „Oscillatoria viridis“ von $\frac{1}{200}$ mm Durchmesser.

Auch *Minnich* (136) waren die fädigen und gallertigen Bildungen bekannt, doch stellte er fest, daß sie nicht an allen Stellen die gleiche Konsistenz und Farbe aufwiesen. In den Quellschächten und Leitungen fand er die schon von *Löwig* beschriebenen fädigen schleimigen Massen, die teils weißliches, teils graues Aussehen hatten, in den Schächten hauptsächlich kompakt grau, in den Leitungen vorwiegend flockig-weiß. Als 1844 die St. Verenaquelle tiefer gefaßt und das Wasser zu diesem Zwecke abgepumpt wurde, konnten aus der Tiefe ebenfalls gallertige Bildungen geschöpft werden, die sich in den Spalten der Wandungen und Quell-Läufe festgesetzt hatten. Von besonderer Wichtigkeit ist die Aussage, daß diese Massen purpurrot gefärbt waren; es ist die einzige Mitteilung einer solchen Beobachtung in Baden. Etwas ausführlicher beschreibt er eine gleiche Erscheinung im Heißen Stein, von der er aussagt, ihre Bildung gleiche Waschschwämmen, wobei „dunkelrote Zellen- und Röhrenbildungen von deutlichem Fasergeflechte“ zu unterscheiden seien, die an der Oberfläche von der weißen, flockigen „organischen Materie“ abgelöst werde. Ob es sich dabei tatsächlich um Schwefelwasserstoff verarbeitende rote Schwefelbakterien gehandelt hat, kann heute nicht mehr festgestellt werden. Außerdem hat es *Minnich* unterlassen, die Begleitumstände, z. B. Tiefe, Material, Farbe der Fassung usw. mitzuteilen. Schon aus der 1. Auflage 1844 von *Minnichs* Schrift geht hervor, daß die Ansicht, es handle sich bei der so strittigen „organischen Materie“ um pflanzliche Bildungen, bereits durchgedrungen war. In der 2. Auflage 1871 (137), als die fädige Struktur der Schwefelbakterien bereits genau bekannt war, teilt er mit, daß in den aus der Tiefe herausgeholtten gallertigen Massen keine Fäden festgestellt werden konnten, daß es sich also wohl um eine andere Art handeln müsse.

Die endgültige Klarheit brachten die gemeinsam unternommenen Untersuchungen von *Müller*, *Meyer-Ahrens*, *Fischer* und *Cramer* (157). *Müller* beschreibt das Vorkommen in vier verschiedenen Quellen, wobei er besonderes Augenmerk auf die Unterschiede von vermehrtem oder vermindertem Luft- und Lichteinfluß legt. Er kommt dabei zum Schluß, daß diese beiden Faktoren eine Rolle spielen, daß die „Algen“ deshalb nicht aus dem Erdinnern stammen könnten. Er unterscheidet dabei graue, schleimige, klumpige und weiße, flockige, federartige „Algen“. Die letztgenannten entwickeln beim Aufbewahren unter Wasser Schwefelwasserstoff, die erstgenannten aber nicht. Die mikroskopische Untersuchung wurde von den Botanikern *Fischer* (Bern) und *Cramer* (Zürich) vorgenommen. Es geht daraus nicht recht hervor, ob nur eine oder verschiedene Arten von „Algen“ entdeckt worden sind. Nach *Minnich* (137) scheint nur eine Art festgestellt worden zu sein, denn er schreibt: „Es ist dies eine weiße Alge: *Beggiatoa nivea* Trevisan, auch *Leptonema sulphuraria* nach *Küntzing*, *Leptonema nivea* nach *Rabenhorst*, *Symphiotrix nivea* nach *Brügger* und früher *Oscillaria alba* benannt“. Auch aus der mikroskopischen Beschreibung geht hervor, daß tat-

sächlich nur eine Art beobachtet worden ist, nämlich die zarten, mit stark lichtbrechenden Kugeln durchsetzten Fäden, die man heute unter der Bezeichnung *Thiotrix* kennt. Damals wurde sie noch der Gattung der Algen zugerechnet. Mit den damaligen mikroskopischen Hilfsmitteln konnten bereits beachtenswerte Resultate erzielt werden. Es wurde festgestellt, daß die Fäden unverzweigt, scheidelos und ungegliedert seien, und daß ihre Dicke 0,00058—0,00209 mm betrage, wobei zwischen den dünnsten und dicksten alle Übergänge vorkämen. *Meyer-Ahrens* zeichnete sowohl makroskopische wie mikroskopische Bilder der untersuchten „Algen“.

Von besonderer Bedeutung aber ist die mikrochemische Analyse. *Cramer* stellte auf Grund seiner für die damalige Zeit hervorragenden Untersuchungen fest, daß es sich bei den stark lichtbrechenden, scheinbar öligen Tröpfchen um nichts anderes als um amorphen Schwefel handeln könne. Es ist dies nicht nur für das Vorkommen der Schwefelbakterien in den Quellen von Baden, sondern die erste Feststellung dieser physiologischen Eigenschaft der Schwefelbakterien überhaupt, lange bevor *Winogradsky* seine eingehenden Stoffwechselfersuche unternahm.

Seit 1870 sind die Schwefelbakterien im Badener Thermalwasser nicht mehr Gegenstand wissenschaftlicher Forschung gewesen. Einzig *Treadwell* (229) weist darauf hin, nachdem kurz vorher von *Beijerinck* die sulfatreduzierenden Bakterien entdeckt worden waren, daß nicht die Schwefelbakterien die Sulfate reduzieren, sondern vielmehr den Schwefelwasserstoff zum Leben benötigen.

b) Eigene Untersuchungen

Da seit *Müller* die Bakterienflora in den Thermen von Baden nicht mehr untersucht worden ist, stellte sich die Aufgabe, seine Mitteilungen zu überprüfen. Es handelte sich dabei nicht darum, die Schwefelbakterien so weit als möglich in Reinkultur zu züchten und ihre physiologischen Eigenschaften zu studieren. Es war auch ferner nicht der Zweck des vorliegenden Abschnittes, alle im Badener Thermalwasser vorkommenden Mikroorganismen lückenlos festzustellen, obwohl eine vollständige biologische Analyse sehr begrüßenswert wäre und unbedingt einmal an die Hand genommen werden sollte. Desgleichen wurden die biologischen Verhältnisse an den Ausläufen der Quellen, insbesondere die dort auftretende Algenvegetation, nicht in den Bereich der eigenen Untersuchungen miteinbezogen. Die vorliegende Untersuchung beschränkte sich darauf, festzustellen

1. ob es sich tatsächlich um *Beggiatoa* handle,
2. ob nur diese sogenannte *Beggiatoa* vorhanden sei,
3. ob es nicht möglich wäre, mikrophotographische Aufnahmen herzustellen, weil bis jetzt in der einschlägigen Literatur über die Schwefelbakterien in Baden und über die Schwefelbakterien überhaupt nur Zeichnungen nach mikroskopischen Präparaten geboten wurden.

α) Vorkommen und makroskopische Untersuchungen

Der schon von früheren Autoren festgestellte Unterschied zwischen weißlichen, flockigen und grauen, gallertigen Ansammlungen ist tatsächlich vorhanden.

Die ersten finden sich in den Leitungen, die von den Quellen in die Reservoirire führen, sofern der Querschnitt der Röhren nicht vollständig mit Wasser gefüllt ist. Die vom fließenden Wasser mitgerissene Luft ermöglicht die Oxydation des Schwefelwasserstoffes zu Schwefel, der sich den Schwefelbakterien mechanisch beimengt und ihnen eine gelbliche Farbe verleiht. Die Schwefelbakterien bieten sich dem Auge als 2—3 cm lange, sehr zarte Fäden, die dicht nebeneinander liegen, an den hölzernen Wänden der Leitungen mittels einer weißlich-grauen schleimigen Masse festhaften, sich stets unter dem Wasserspiegel halten und in der Fließrichtung des Wassers flottieren. Aus dem Wasser geschöpft, legen sich die Fäden sogleich zu einer schleimigen, rasch klumpenden Masse zusammen.

Die grau-schwarzen Sedimente finden sich vorwiegend an den Stellen, wo das Wasser stagniert oder nur langsam fließt, so daß nicht durch wirbelnde und strömende Bewegung des Wassers Luft in ausgedehntem Maße eingemischt werden kann. Solche Stellen finden sich in den Quellschächten selbst oder in den Reservoiriren. Die Wände der Quellschächte sind z. T. mit grauen zottigen Trotteln, z. T. mit zarten, aber ebenfalls grauen flockigen Gebilden behangen. Wenn sich diese Ansammlungen von den Wänden lösen, schwimmen sie an der Wasseroberfläche als zusammengeballte Massen herum, die im Aussehen am besten mit gebrauchten Putzfäden verglichen werden können. Ähnliche Beobachtungen konnten in einzelnen Reservoiriren gemacht werden, deren Inhalt sich nur langsam umwälzt.

Licht- und Lufteinfluß war bei den einzelnen Quellen, Leitungen und Reservoiriren, in denen die Schwefelbakterien beobachtet wurden, verschieden. Hermetischer Abschluß ist bei den neuerstellten Abläufen der Heißen Stein- und der Allgemeinen Quelle vorhanden, der Querschnitt der Leitungen wird aber vom Wasser nicht vollständig ausgefüllt. An allen andern Stellen ist mehr oder weniger beschränkter Luftzutritt möglich. Licht ist meistens dadurch abgehalten, als die Quellen bedeckt sind oder sich in nur durch künstliches Licht erhellbaren Räumen befinden, wie z. B. die Verena Hof-, Bärenkessel und Schwanenquellen.

Die Wandungen der Quellschächte und Reservoirire sind meistens mit Sinter überzogen, so daß die Schwefelbakterien gute Haftmöglichkeiten an der rauhen Oberfläche finden. Die Leitungen bestehen vorwiegend aus Holz, das ebenfalls gute Haftmöglichkeiten bietet.

β) Mikroskopische Untersuchungen

Entnahmestellen

A. Kesselquelle im Bären

1. Schacht der Bärenquelle, ca. 25 cm unter der Wasseroberfläche. Der Schacht ist lose mit einem Eisendeckel verschlossen. Der Wasserspiegel befindet sich ungefähr 50 cm unter dem Deckel. An den Schachtwänden hängen graue Zotteln von mittlerer Größe.

2. Ablauf der Bärenquelle. Er ist unbedeckt, die Wände sind dicht mit Sinter überzogen, die Tiefe beträgt ungefähr 20—30 cm. Dichter Belag von weiß-gelben Schwefelbakterien.

B. Wälderhutquelle

3. Einlauf des Wassers von der Wälderhutquelle in das Reservoir des Bären. Das Wasser fließt ruhig und gleichmäßig in einen kleinen Vorfluter. Den Wänden des Einlaufes entlang haften grau-weiße fädige Schwefelbakterien, auf der Wasseroberfläche schwimmen zusammengeklumpte Ansammlungen.
4. Neben dem Einlauf befindliches Reservoir, ca. 60 cm tief, dessen Inhalt langsam erneuert wird. An den Wänden ein schleimiger Belag, der nur stellenweise dem Auge als kleine graue Zotteln sichtbar wird.

Bei der Untersuchung der ersten Probeentnahmen schien es, als ob die den verschiedenen Stellen entnommene Bakterienflora spezialisiert sei. In 2. fanden sich hauptsächlich segmentierte Fäden mit Schwefeltröpfchen und sensenförmige Bakterien, in 3. vorwiegend kurze, dicke, abgerundete Stäbchen mit Schwefeltröpfchen und ebenfalls Fäden. Bei späteren Entnahmen wieder konnten keine Unterschiede mehr festgestellt werden, indem sich überall die gleichen Bakterien vorfanden. Nicht zu entscheiden war die Frage, welche Gattung überwiege. Im einen Präparat konnten mehr faden-, im andern mehr sensen-, im dritten mehr stäbchenförmige beobachtet werden, doch waren die Verhältnisse oft schon beim nächsten Präparat wieder umgekehrt.

Die Bakterienflora der andern Quellen von Baden ist nicht untersucht worden, doch ist zu vermuten, daß ihre Zusammensetzung ähnlich ist wie bei der Bären- und Wälderhutquelle, schon weil das makroskopische Aussehen der Ansammlungen in allen Quellen das gleiche ist. Bewiesen ist diese Annahme allerdings nicht, ebenso wenig diejenige, daß an den rasch fließenden und an den stagnierenden Stellen keine Unterschiede beständen.

Befunde

Die einzelnen Gattungen wurden, sofern dies überhaupt möglich war, an Hand von *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 5. Ed., Baltimore 1939, bestimmt. Die nachfolgend aufgeführten und beschriebenen Gattungen sind jedoch nicht die einzigen, die gefunden werden konnten. Es handelt sich nur um die am häufigsten vorgekommenen Bestandteile. Doch scheint die Bakterienflora viel reichhaltiger zu sein, nur sind die andern Gattungen seltener und deshalb schwerer auffindbar.

I. Schwefelbakterien

1. Dünne, langgestreckte Fäden von verschiedener Dicke und Länge. Sie sind segmentiert, doch sind die Trennwände schwer sichtbar. Im Innern der Fäden befinden sich in Reihen angeordnet stark lichtbrechende, runde Kügelchen, die aus amorphem Schwefel bestehen. Der Abstand zwischen den einzelnen Schwefeltröpfchen ist ungleich. Die Fäden haften mit der Basis in schleimig-gallertigen Ansammlungen, von denen sie in büschelförmiger Anordnung ausstrahlen.

Dicke: Dickste Fäden: Basis 2—2,5 μ , Spitze ca. 1,5 μ
Mittlere Fäden: ca. 1 μ oben und unten
Dünnste Fäden: ca. 0,5 μ oben und unten

Länge: Bei allen drei Spezies ca. 10—100 μ

Bestimmung: Ordnung: Thiobacterales
Familie: Beggiatoaceae
Gattung: Thiotrix Winogradsky
Spezies: 1. Thiotrix nivea Rabenhorst
2. Thiotrix tenuis Winogradsky
3. Thiotrix tenuissima Winogradsky

Thiotrix ist die am frühesten in den Badener Quellen entdeckte Schwefelbakterie (*Gimbernat, Löwig, Fontan, Minnich, Müller*). Doch war die Nomenklatur von der heutigen verschieden, man nannte damals noch Beggiatoa, was heute Thiotrix heißt.

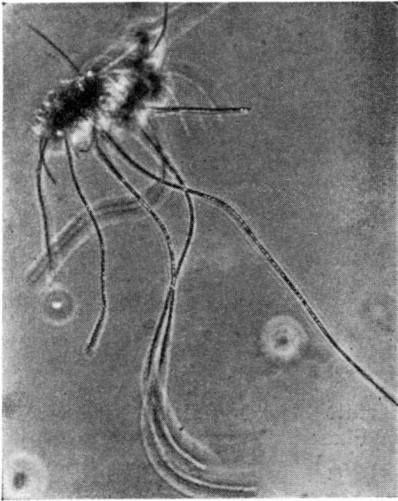


Abb. 20. Thiotrix nivea Rabenhorst.
Lebend, ungefärbt.
Phasenkontrast, 730 \times

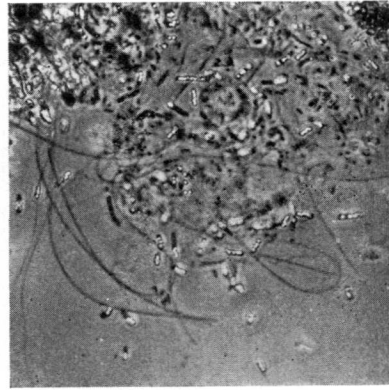


Abb. 21. Kurze, dicke, an beiden Enden abgerundete Stäbchen, Schwefeltröpfchen enthaltend. Ferner Thiotrix tenuis Winogradsky und Thiotrix tenuissima Winogradsky. Lebend, ungefärbt. Phasenkontrast, 1620 \times

2. Kurze, dicke, an beiden Enden abgerundete Stäbchen, Schwefeltröpfchen enthaltend. Die Anzahl der Schwefeltröpfchen beträgt 2—10. Sie füllen in der Regel den Bakterienkörper vollständig aus, so daß er überhaupt nur aus aneinander gereihten Schwefelkörnchen zu bestehen scheint.

Dicke: ca. 1—1,5 μ

Länge: ca. 3—8 μ

Bestimmung: Diese Bakterienart hat Ähnlichkeit mit der Gattung Chromatium. Im Gegensatz zu dieser besteht aber keine Beweglichkeit und keine Rotfärbung. Es ist immerhin nicht ausgeschlossen, daß Chromatium in den Thermen von Baden vorkommen könnte (vgl. die Beobachtungen von

Minnich S. 141). Außerdem ist das Vorkommen von Chromatium in Schwefelthermen bezeugt durch *Miyoshi*.

II. Nicht sicher zur Gruppe der Schwefelbakterien gehörende Bakterien

3. Sensen- oder sichel- oder säbelförmige Bakterien.

Der Inhalt ist gleichmäßig homogen ohne Segmentierung, doch konnten auch Bakterien beobachtet werden, die sich wie eine aus einzelnen Stäbchen zusammengesetzte Kette ausnahmen. Im Gelatine- und besonders im Tuschpräparat konnte sehr gut eine den ganzen Bakterienkörper umhüllende gleichmäßige Schleimschicht beobachtet werden. Diese sensenförmigen Bakterien finden sich stets in ganzen Ansammlungen auf schleimig gallertiger Unterlage, an der sie haften, und es kann ganz deutlich beobachtet werden, daß ihre Ansammlungen nur soweit gehen, als die Schleimunterlage reicht. Wird

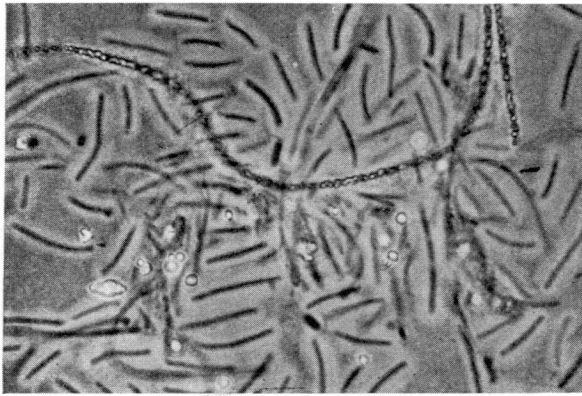


Abb. 22. Sensenförmige Bakterien mit Schleimhüllen. In der Mitte Thiotrixfaden. Lebend, ungefärbt. Tuschkontrast, Phasenkontrast, 1620 \times

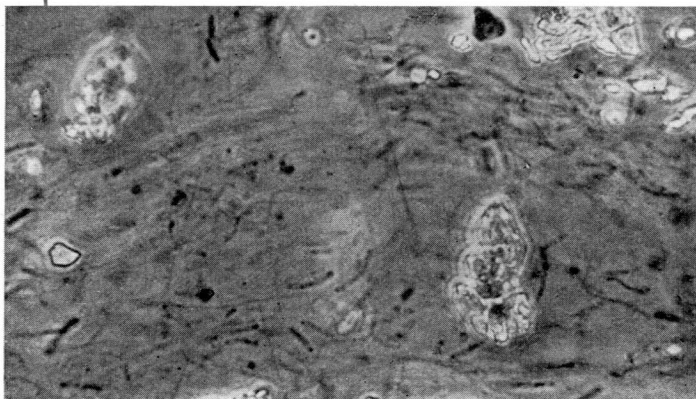


Abb. 23. Sensenförmige Bakterien, auf schleimig-gallertiger Unterlage. Die hellen Stellen sind Gelatinepartikel. Lebend, ungefärbt. Phasenkontrast, 1620 \times

das Präparat unter dem Mikroskop erschüttert oder eine Strömung unter dem Deckglas erzeugt, so erkennt man, daß die Bakterienkörper in zitternde Bewegung kommen, sich aber nicht von der Unterlage loslösen. Die Schleim- und Gallertmassen stellen eine Absonderung der Bakterien dar.

Dicke: ca. $0,2-0,5 \mu$

Länge: ca. $6,6-8,25-9,9 \mu$

Bestimmung: Diese Gattung konnte nicht bestimmt werden. Doch sind sie mit großer Wahrscheinlichkeit identisch mit den von *Miyoshi* in den Thermen von Yumoto (Japan) beobachteten, beschriebenen und gezeichneten Bakterien. Er beschreibt sie als zylindrische, sensenförmig gebogene, an beiden Seiten abgerundete, farblose Zellen von verschiedenen Dimensionen (Länge $6-28 \mu$, im Mittel 20μ , Dicke $1,4 \mu$), die auf schleimig-gallertiges Substrat gelagert sind. Es scheint auch, daß schon *Müller* und *Meyer-Ahrens* diese Bakterien beobachtet haben, wenigstens lassen Beschreibung und Zeichnung darauf schließen; doch sind sie damals als junge, unentwickelte Thio- trix betrachtet worden.

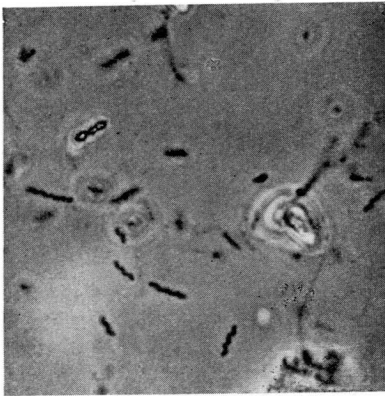


Abb. 24. Spirillen. Lebend, ungefärbt.
Phasenkontrast, $1620\times$

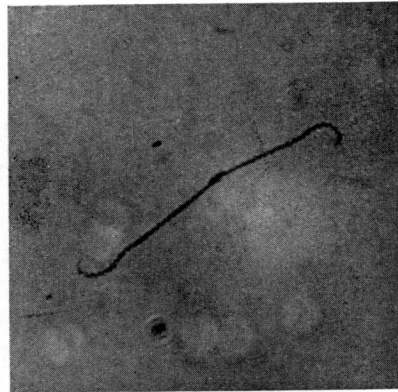


Abb. 25. S-förmiges, langgestrecktes,
Bakterium mit Spiralwindungen.
Lebend, ungefärbt. Phasenkontrast,
 $1620\times$

4. Spirillen. Diese Spirillen weisen 3—5 Windungen und einen homogenen Inhalt ohne Differenzierung auf. Sie sind beweglich und „bohren“ sich in rotierender Bewegung durch das Gesichtsfeld. Sie sind farblos.

Dicke: ca. $0,3 \mu$

Länge: $3,3-8,2 \mu$

Bestimmung: Eine Bestimmung konnte nicht gemacht werden. Es kann sich nicht um eine Thiospirillum Winogradsky-Spezies handeln, weil Schwefeleinlagerungen fehlen. Es ist dagegen möglich, daß diese Spirillenart den Gattungen Rhodospirillum Molisch oder Spirillum Ehrenberg nahe steht.

5. S-förmige, langgestreckte Bakterien. Diese Bakterien, die auch bei mittlerer Vergrößerung nur schwer sichtbar sind, erinnern im

ersten Augenblick wegen der geschweiften Form an Beggiatoa, doch fehlen Schwefeleinlagerungen vollständig. Auch die Bewegung ist von derjenigen der Beggiatoen verschieden. Die hackenförmig gekrümmten Endungen führen gewundene, peitschenartige, nach allen Seiten sich erstreckende Bewegungen aus, während durch den Bakterienkörper von einem Ende zum andern eine wellenartige Bewegung geht, wie wenn ein an einer Wand befestigtes Seil am unbefestigten Ende auf und abbewegt wird. Bei sehr starker Vergrößerung ließ sich auch die Ursache dieser Bewegungen erkennen: Der Bakterienkörper, der von homogenem Inhalt ist, besteht aus einer Spirale von ungefähr 50 Windungen. Die Betrachtung im Elektronenmikroskop ergab, daß kein Axialfaden vorhanden ist.

Dicke: ca. $0,2 \mu$

Länge: $14,8-60,2 \mu$

Bestimmung: Diese Bakterienart konnte weder einer Gattung noch einer Familie noch einer Ordnung zugeteilt werden. In *Bergey's Manual* wird als allerletzte Spezies eine *Leptospira Noguchi* beschrieben, auf die das vorliegende Bild angewendet werden kann. Die dort beschriebene Spirale weist ebenfalls keinen Axialfaden auf und ist lediglich in den Ausmaßen etwas kürzer.

E. Charakterisierung und Klassifikation des Badener Thermalwassers

In den vorangehenden Kapiteln sind die physikalischen, chemischen und biologischen Verhältnisse vor allem in Bezug auf ihre zeitliche Erforschung, die dabei angewandten Methoden und die speziellen Ergebnisse besprochen worden. Für den Arzt, den Chemiker, den Biologen, den Geologen usw., der sich kurz über die Eigenschaften einer Heilquelle orientieren will, bedarf es jedoch noch einer kurz gefaßten Darstellung der wichtigsten charakteristischen Eigenschaften. Zu diesem Zwecke sind in den meisten europäischen Ländern Bäderbücher herausgegeben worden, die über die Heilquellen des betreffenden Landes Aufschluß geben. Auch in der Schweiz ist eine halbamtliche Publikation vom Eidgenössischen Gesundheitsamt, dem Schweiz. Verein Analytischer Chemiker und der Schweiz. Gesellschaft für Balneologie und Klimatologie herausgegeben worden⁵⁹⁾.

Die darin enthaltenen Analysen sind alle nach einheitlichen Gesichtspunkten von G. Nussberger berechnet worden^{60) 61)} und entsprechen den Vorschriften der eidgenössischen Lebensmittelverordnung⁶²⁾. Der tabellarischen Darstellung des Badener Thermalwassers wurde die Analyse von *F. P. Treadwell* vom Jahre 1896 zugrunde gelegt, berechnet auf Grund der neuesten

⁵⁹⁾ Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz. Bern 1937.

⁶⁰⁾ *G. Nussberger*: Über die Darstellung der Analysenwerte bei Mineralwässern. Annal. Schw. Ges. Baln. Klimat. 29, 56 (1934).

⁶¹⁾ *G. Nussberger*: Einführung in die neue Darstellung der Analysenresultate nach der I. S. M. Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz. Bern 1937, S. 64.

⁶²⁾ Schweizerisches Lebensmittelbuch, 4. Auflage. Bern 1937, S. 220.

Atomgewichte. Die gleiche Anordnung wird im folgenden wiedergegeben, erweitert gemäß den Richtlinien anderer balneologischer Veröffentlichungen und ergänzt durch einige neuere Befunde.

Tabelle 42

Zusammenstellung der Analysenwerte des Badener Thermalwassers

I. Mineralbestandteile und Gase

A. Mineralbestandteile

Mineralbestandteile in 1 Lit. Thermalwasser	Chem. Formel	I. S. M. mg/l	Konz. %	m mol	N/1000	N/1000 %
Lithium	Li'	4,31	0,09	0,621	0,621	0,9
Natrium	Na'	797,6	17,34	34,68	34,68	48,6
Kalium	K'	68,0	1,47	1,74	1,74	2,4
Calcium	Ca''	517,4	11,25	12,91	25,82	36,2
Strontium	Sr''	6,19	0,13	0,07	0,14	0,2
Magnesium	Mg''	101,2	2,20	4,16	8,32	11,6
Summe der Kationen		1494,7		54,181	71,321	99,9
Chlorid	Cl'	1200,9	26,11	33,86	33,86	47,4
Bromid	Br'	2,459	0,05	0,031	0,031	
Jodid	J'	0,015		0,0001	0,0001	
Fluorid	F'	0,08		0,004	0,004	
Sulfat	SO ₄ ''	1418,6	30,85	14,76	29,53	41,4
Hydrophosphat	HPO ₄ ''	0,13		0,00135	0,0027	
Hydroarsenat	HAsO ₄ ''	0,027		0,0002	0,0004	
Hydrokarbonat	HCO ₃ '	481,1	10,40	7,887	7,887	11,1
Summe der Anionen		3103,3	99,95	56,54365	71,3152	99,9
				110,72465		
Borsäure	HBO ₂	1,80		0,0401		
Kieselsäure	H ₂ SiO ₃	66,40		0,8504		
				111,61515		
Ammonium		Spuren				
Caesium		"				
Rubidium		"				
Eisen		"				
Mangan		"				
Aluminium		"				
Nitrat		"				

B. Gase

Gase	chem. Formel	Freie Gase	Gelöste Gase	
		Vol. %	mg/l	ccm/l 0° 760 mm
Kohlendioxyd	CO ₂	30,80	354,6	180,5
Stickstoff	N ₂	69,19	17,9	14,4
Schwefelwasserstoff	H ₂ S	0,05	3—5	1,95—3,25
		100,00		

II. Physikalische Eigenschaften

Temperatur	46,9 ⁰ C
Spez. Gew.	1,0040
Millimolsumme	111,61
Gefrierpunkt	—0,213 ⁰ C
Radioaktivität	0,3—1,3 M. E.
Elektr. Leitfähigkeit bei 25 ⁰ C	5,9876 (spez. Leitfähigkeit, bezogen auf 1 dm Hg)
Geruch	schwach nach Schwefelwasserstoff
Geschmack	etwas fade, leicht salzig
Aussehen	vollkommen klar, perlt im Glase nicht, in einem Zeitraum von 3 Minuten steigen große Blasen auf. Steht das Wasser einige Zeit an der Luft offen, dann scheidet sich sehr fein suspendierter Schwefel aus.

III. Biologische Verhältnisse

Der Schwefelwasserstoff ist biologischen Ursprunges (Sulfatreduktion durch *Vibrio desulfuricans*). Er gibt Veranlassung zu einer Bakterienflora, die sich am Auslauf der Quellen, in den Thermalwasserleitungen und den Reservoirs ansiedelt und makroskopisch sichtbar ist. Sie setzt sich in erster Linie zusammen aus Schwefelbakterien (vor allem *Thiotrix nivea* Rabenhorst, *Thiotrix tenuis* Winogradsky, *Thiotrix tenuissima* Winogradsky) und ferner aus anderen, nicht sicher zu den Schwefelbakterien gehörenden Mikroorganismen.

IV. Klassifikation

Chemische

Zusammensetzung:	Natrium, Calcium, Magnesium Chlorid, Sulfat, Hydrokarbonat Lithium
Ionenkonzentration:	N/1000 Total 142,6 Na 34,7; Ca 25,8; Mg 8,3; Cl 33,9; SO ₄ 29,5; HCO ₃ 7,9; Li 0,6; Br 0,03
Gase:	Schwefelwasserstoff, Kohlendioxyd

Physikalische

Temperatur:	Therme, 46,9 ⁰ (hyperthermal)
Reaktion:	schwach sauer, p _H = ca. 6,2
Osmotische Konzentration:	hypotonisch (Millimolsumme 111,61)

Charakteristik

Schwefeltherme, zugleich Kochsalz (muriatisch) und Gips-(sulfatisch) Wasser, schwaches Sauerwasser, Lithiumquelle.

Bei dieser Zusammenstellung fällt in erster Linie auf, daß keine Salztabelle mehr mitgeteilt wird wie noch im vorletzten Bäderbuch⁶³⁾, weil die

⁶³⁾ Die Kurorte der Schweiz. 4. Auflage. Zürich 1930.

Zusammensetzung der Ionen und Moleküle und ihre Berechnung nach Salzen (z. B. Na⁺ und Cl⁻ als Kochsalz, Ca²⁺ und SO₄²⁻ als Gips usw.) willkürlich ist und den wahren Verhältnissen nicht entspricht, denn die Mineralbestandteile liegen im Wasser nicht als gelöste Salze, sondern als dissoziierte Ionen vor.

An Stelle der alten Salztabelle werden die Mineralbestandteile nach Kationen, Anionen und nicht dissoziierten Bestandteilen in 5 Kolonnen dargestellt.

Die erste Kolonne gibt gemäß den „International Standart Measurements“ (I. S. M.) die Ionengewichte in mg/l an. Gewichtsmäßig steht mit 1418,6 mg das Sulfat an erster Stelle, gefolgt vom Chlorid. Das Gewicht der Anionen übertrifft dasjenige der Kationen um etwa das Doppelte.

Aus der 2. Kolonne läßt sich das prozentuale Verhältnis der ersten Kolonne ablesen.

In der 3. Kolonne sind die mg Gewichte durch das Atom- resp. Molekulargewicht des betreffenden Mineralbestandteiles dividiert. Dadurch erhält man Aufschluß über die Menge der im Wasser enthaltenen Ionen bzw. nicht dissoziierten Moleküle in $\frac{1}{1000}$ molarer Konzentration. In dieser Kolonne ist vor allem die Summe, die sogenannte Millimolsumme (mmol) wichtig. Sie gibt über den osmotischen Druck, der von der Menge der vorhandenen Teilchen abhängt, Rechenschaft. Man ersieht daraus, ob das Wasser iso-, hypo- oder hypertonisch ist, d. h. ob es gegenüber dem menschlichen Blutserum (ca. 300 mmol) eine gleiche, kleinere oder erhöhte Konzentration an Molekülen aufweist.

Die 4. Kolonne entsteht durch Division der mg Gewichte nicht mehr durch das Atom- resp. Molekulargewicht allein wie in der 3. Kolonne, sondern durch das Äquivalentgewicht, d. h. es wird dabei noch die Wertigkeit des betreffenden Atoms bzw. Moleküls berücksichtigt, mit andern Worten, es kommt in dieser 4. Kolonne die Normalität (N/1000) zum Ausdruck. Bei einwertigen Ionen sind deshalb die Zahlen der 3. Kolonne mit derjenigen der 4. Kolonne identisch, bei zweiwertigen doppelt so groß usw. Gewichtsmäßig übersteigt in der ersten Kolonne z. B. das Sulfat das Natrium um das Doppelte; aus der N/1000 Kolonne jedoch ersieht man sofort, daß die Gesamtkonzentration der Na⁺ Ionen diejenige der SO₄²⁻ Ionen überschreitet.

Die 5. Kolonne gibt über die gleichen Verhältnisse Aufschluß wie die 4., jedoch in % ausgedrückt.

Aus diesen 5 Kolonnen, dem Gasgehalt und den physikalischen Eigenschaften läßt sich die Klassifikation und die Charakteristik des Badener Thermalwassers ableiten.

In erster Linie interessiert einmal die Summe der 1. Kolonne. Aus ihr geht hervor, daß in 1 l Badener Thermalwasser 4,666 g Mineralbestandteile vorhanden sind. Als Grenzwert an Mineralbestandteilen, damit ein Wasser als Mineralwasser bezeichnet werden kann, gilt gemäß der Eidg. Lebensmittelverordnung, die mit diesen Werten sich an die international gebräuchlichen Normen anlehnt, 1 g/l. In Baden beträgt also diese Zahl etwa das 4 $\frac{1}{2}$ fache.

In ähnlicher Weise sind auch für die einzelnen Bestandteile Grenzwerte festgesetzt worden. Für die in großen Mengen und häufig vorkommenden Mineralbestandteile wie Natrium, Calcium, Magnesium und Chlor, Sulfat, Hydrokarbonat, wie sie für die Mehrzahl der Mineralwasser charakteristisch sind, bestehen keine besonderen Vorschriften. Auf Grund des Vorkommens dieser Ionen bezeichnet man lediglich, gemäß der balneologischen Terminologie, das Badener Thermalwasser in erster Linie als muriatisches Wasser = Kochsalzwasser, weil Natrium und Chlor vorherrschen (vgl. die Werte der 5. Kolonne), in zweiter Linie als sulfatisches Wasser = Gipswasser, weil als weitere Hauptbestandteile Calcium und Sulfat auffallen.

Es fragt sich nun allerdings, ob nicht ebensogut das Natrium mit dem Sulfat und das Calcium mit dem Chlorid in Verbindung gebracht werden könnte, so daß man mit dem gleichen Recht von einer Chlorcalcium- und einer Glaubersalz- (= salinischen) Quelle sprechen könnte. Ganz abgesehen davon, daß sich die Ausdrücke „muriatisch, sulfatisch, salinisch“ usw. in der balneologischen Fachsprache eingebürgert haben, ersieht man aus der N/1000 Kolonne, daß die Werte von Na' und Cl' einerseits und Ca'' und SO₄'' andererseits besser übereinstimmen als Na' und SO₄'' und Ca'' und Cl'.

Von einer alkalischen Quelle kann trotz des verhältnismäßig hohen Hydrokarbonatgehaltes nicht die Rede sein, weil das HCO₃' gegenüber Cl' und SO₄'' doch stark zurücktritt.

Unter „erdigen“ Quellen versteht man Mineralwässer, in denen Ca'' und Mg'' in größerer Menge vorkommen. Das wäre beim Badener Thermalwasser der Fall, doch kann es nicht als „erdiges“ Mineralwasser bezeichnet werden, weil in diesem Fall unter den Anionen nicht Cl' und SO₄'', sondern HCO₃' vorwalten müßte. In der Regel werden zu den Hauptbestandteilen einer Mineralquelle jene Ionen gezählt, die 20 N/1000 ‰ übersteigen. Dieser Wert wird in Bezug auf das HCO₃' Ion im Badener Thermalwasser nicht erreicht.

Daneben gibt es eine Reihe von Bestandteilen, die gegenüber den angeführten 3 Kationen und 3 Anionen stark zurücktreten, aber doch in größerer Menge vorhanden sind als in gewöhnlichem Wasser. Das trifft z. B. zu für Lithium, das mit 4,31 mg/l den Grenzwert von 1 mg um mehr als das 4-fache übersteigt. Deshalb kann die Therme von Baden als Lithiumquelle bezeichnet werden.

An freiem Kohlendioxyd sind 290,63 mg/l vorhanden, während der allgemeine Grenzwert für Mineralwasser 250 mg/l beträgt. Für eigentliche Kohlensäurequellen gilt jedoch als Grenzwert 1 g/l, ein Wert, der vom Badener Thermalwasser in keiner Weise erreicht wird. Man kann also lediglich von einem schwachen Sauerwasser sprechen.

Früher war es sehr umstritten, ob Baden zu den Schwefelthermen zu rechnen sei, weil der Gehalt an Schwefelwasserstoff gegenüber anderen Schwefelquellen doch sehr gering ist. Nachdem der Grenzwert für den Gehalt an titrierbaren Schwefelverbindungen (Gesamtschwefel S = Hydro-sulfid Ion HS' + Thiosulfat Ion S₂O₃'' + Schwefelwasserstoff H₂S) auf

1 mg/l festgesetzt worden ist, gehören die Thermen von Baden ohne Zweifel zu den Schwefelquellen, weil sie mit 2—5 mg/l den Grenzwert immer noch um das 2—5fache übersteigen.

Thermen sind die Mineralquellen von Baden deshalb, weil sie die für Thermen erforderliche Temperatur von 20°C beträchtlich übersteigen. Sie übersteigen sogar die Temperatur der menschlichen Blutwärme (37°) und sind deshalb hyperthermal.

Hypotonisch ist das Badener Thermalwasser deshalb, weil seine Millimolsumme (111,6), wie übrigens bei den meisten Heilquellen, unter derjenigen des menschlichen Blutserums liegt.

Mit der modernen Analysendarstellung ist eine genaue Charakteristik des Badener Thermalwassers möglich geworden. Damit ist auch der Indikationsbereich und die Anwendungsmöglichkeit der Heilquelle in großen Zügen gekennzeichnet. Über die Heilwirkung jedoch ist damit noch nichts ausgesagt. Es muß immer wieder vor Superlativen gewarnt werden. Oft hört man den Ausdruck, die Badener Quellen seien die mineralreichsten Thermen der Schweiz. Das stimmt zwar durchaus, aber das Wort „mineralreichste“ allein genügt schon, um die Meinung aufkommen zu lassen, es handle sich um die mineralreichste Quelle der Schweiz überhaupt. Diese Behauptung wird allerdings nicht ausgesprochen, aber die Bezeichnung „Therme“, auf die das Wort „mineralreichste“ bezogen ist, wird doch leicht übersehen. Ähnlich verhält es sich, wenn von der Badener Therme als von einer der wärmsten in der Schweiz gesprochen wird. Obwohl auch dies zutrifft, wird doch unwillkürlich die Meinung wachgerufen, als ob deshalb die Heilwirkung von besonderer Intensität sei. Niemand denkt dabei daran, daß das Thermalwasser ja gar nicht in der ursprünglichen Temperatur angewendet werden kann, sondern abgekühlt werden muß und daß gerade diese Abkühlung die kolloid-chemischen Verhältnisse des Thermalwassers verändert. Der Mineralreichtum und die hohe Wärme allein verbürgen noch nicht die Heilwirkung.

Im Gegensatz zu diesen Superlativen wird nie davon gesprochen, daß Baden eine der schwefelwasserstoffärmsten Thermen ist, obwohl dieser geringe Schwefelwasserstoffgehalt noch gar nichts über die Heilwirkung aussagt. Nach *Bürgi*⁶⁴⁾ wird bekanntlich der Schwefelwasserstoff aus geringer Konzentration durch die Haut besser aufgenommen als aus hoher; somit ist es möglich, daß Baden in dieser Hinsicht den Schwefelwasserstoff reicheren Heilquellen nicht nachsteht. Gerade aus diesem Beispiel ersieht man, daß Anzahl, Menge und Konzentration keine Rückschlüsse auf die Heilwirkung erlauben. Damit soll nicht gesagt sein, daß diese drei Faktoren nicht eine große Rolle spielen können. Maßgebend allein kann aber nur die objektive, sachliche Darstellung sein.

⁶⁴⁾ *E. Bürgi*: Über die Permeabilität der Haut für Gase und Salze von Mineralquellen. Arch. med. Hydrolog. 16, 35 (1938).

F. Die zeitlichen Schwankungen im Gehalt des Thermalwassers

Zu den wichtigsten Problemen einer Heilquelle und somit auch der Badener Thermen gehört die Frage, ob sich der Gehalt des Wassers im Laufe der Zeit ändere und ob er periodischen, z. B. jahreszeitlichen Schwankungen, unterworfen sei.

Es besteht kein Zweifel darüber, daß eine Thermalquelle, erdgeschichtlich gesehen, eine vergängliche Erscheinung ist; die Frage ist nur, ob sich diese langsamen Veränderungen bereits im Verlauf einer menschlich erfassbaren Epoche auswirken. Darüber läßt sich in Bezug auf Baden in nur sehr beschränktem Maße ein Urteil abgeben, weil man für die Zeit vor 1800 lediglich auf mehr oder weniger vage Beobachtungen und sehr ungenaue Untersuchungen angewiesen ist. Erst seit 1800 ist man im Besitz zuverlässiger Unterlagen; aber was bedeuten diese 150 Jahre, über die man etwas genauere Kenntnisse verfügt, im Vergleich zu den vielen tausend Jahren, während denen die Quellen unaufhörlich geflossen sind?

1. Frühere Untersuchungen

Gundelfinger (60) behauptet, im Mai und Juni sei das Thermalwasser heilkräftiger. Mit dieser Meinung steht er allerdings nicht allein; ganz allgemein galt im Mittelalter und auch später noch das „Maienbad“ als besonders heilsam⁶⁵⁾. Wichtiger ist seine Mitteilung, die Quellen seien im Winter wärmer, im Sommer kälter. Auch scheide das Wasser im Frühling und Herbst mehr Schwefel aus als während der übrigen Zeit des Jahres. Diese Aussagen *Gundelfingers* sind von späteren Autoren immer wieder kritiklos übernommen worden, und man findet sie noch bis ins 19. Jahrhundert.

Gefner (50) will gehört haben, das Wasser habe früher eine viel heilkräftigere Wirkung gehabt als zu seiner Zeit.

Zur Verbreitung der *Gundelfinger*'schen Meinung trug die „Kurze und eigentliche Beschreibung“ vom Jahre 1619 (260) am meisten bei, desgleichen *Wagner* (231) in der ersten Naturgeschichte der Schweiz.

Hottinger (91) hält die „Kräfte“ der Quellen nicht in allen Zeiten für gleich stark; es gäbe bessere und schlechtere „Jahrgänge“. Als Liebhaber eines guten Tropfen Weines schien ihm dieser Gedankengang besonders nahe gelegen zu sein.

Sehr interessant ist die Bemerkung *Scheuchzers* (198), der Schwefelwasserstoffgeruch sei „vor 30 und mehr Jahren“ (also ca. 1700) nach der Aussage früherer Kurgäste stärker gewesen, auch habe sich das Silber damals stärker geschwärzt. *Scheuchzer* schließt aus dieser Beobachtung, daß die unterirdischen „Minerallager“ mit der Zeit erschöpft werden könnten.

Hingegen ist *Maurer* (126) der Meinung, daß keine merkliche Veränderung festzustellen sei, weder eine Ab- noch eine Zunahme der Wärme und der Bestandteile, und auch *Dorer* (35) ist der Ansicht, daß weder Jahres-

⁶⁵⁾ Vgl. *A. Martin*: Deutsches Badewesen in vergangenen Tagen. Jena 1906.

zeiten noch Witterungsverhältnisse eine Veränderung der Temperatur bewirken würden.

Löwig (104) vergleicht den Gehalt an festen Bestandteilen der Analysen von Scheuchzer, Morell und Bauhof mit den eigenen Resultaten und zieht daraus den Schluß, daß in diesem Zeitraum von etwa 100 Jahren weder eine Vermehrung noch Verminderung des Gehaltes stattgefunden habe. Die Unterschiede in gewissen Bestandteilen der Analysen führt er auf die verschiedene Berechnungsweise zurück. Der Ansicht Löwigs schließen sich Minnich (136, 137), C. Diebold (31), Müller (157) und F.P. Treadwell (229) an. Auch Hartmann (82) weist ebenfalls auf die Konstanz in Temperatur und Gehalt hin.

Die im Jahre 1944 durchgeführten eigenen Kontrollanalysen ergaben keine wesentlichen Abweichungen von den Befunden der früheren Analytiker.

Stellt man die verschiedenen Ansichten zusammen, so überwiegen weit- aus diejenigen, die dem Wasser in Bezug auf Temperatur und Gehalt eine weitgehende Konstanz zusprechen. Dies läßt sich aus der Zusammenstellung der Trockenrückstandsbestimmungen aus ungefähr 200 Jahren ersehen:

Tabelle 43

Trockenrückstand des Badener Thermalwassers gemäß den zwischen 1720 und 1944 vorgenommenen Analysen

Analytiker	Jahr	Quelle	Trockenrückstand g/l
Scheuchzer	1730	—	4,30
Morell	1786	St. Verena	4,26
Bauhof	1816	—	4,16
Löwig	1837	Staadhof Kessel	4,35
Müller	1870	Verenahof	3,96
Treadwell	24. Jan. 1896	Ochsen Paradies	4,34
Hartmann	3. März 1937	St. Verena	4,21
Hartmann	15. Okt. 1942	„	4,50
Münzel	18. Jan. 1944	„	4,60
Münzel	15. Dez. 1944	„	4,62

Allerdings handelt es sich hier nur um relative Resultate, weil die Methoden der Bestimmungen nicht bekannt sind, wenigstens was die früheren Analysen anbetrifft. Zwar ist die Bestimmung des Trockenrückstandes an und für sich eine der am leichtesten ausführbaren Wertbestimmungen, weil lediglich ein gewisses Quantum Wasser zum Verdampfen gebracht und der Rückstand gewogen werden muß. Ganz abgesehen aber von der Art, wie die Verdampfung vollzogen wird (auf freiem Feuer, auf dem Wasserbad, auf einer Metallplatte, im Trockenschrank usw.), spielt auch die Genauigkeit der Abmessung und der Wägung, resp. die Beschaffenheit der Geräte, Apparaturen und Waagen eine ausschlaggebende Rolle.

Wenn also die Werte des Trockenrückstandes nur mit Vorbehalten miteinander verglichen werden können, so kann doch gesagt werden, daß sich im Großen und Ganzen der Gehalt der Quellen an festen Bestandteilen im

Verlauf der über 200 Jahre sich erstreckenden Beobachtung kaum verändert hat.

Diese Tatsache ist auch aus den 4 Analysen, die im 19. Jahrhundert unternommen worden sind, ersichtlich, wenn ihre Ergebnisse nach der neuen Analysendarstellung (Ionentafel) berechnet werden. Zieht man die Ungenauigkeit der früheren Analysenmethoden in Betracht, so kann hier von einer weitgehenden Übereinstimmung gesprochen werden.

Tabelle 44
Die 4 Gesamtanalysen des 19. Jahrhunderts, als Ionen berechnet

1 l Thermalwasser enthält in mg	Bauhof 1816	Löwig 1835	Müller 1870	Treadwell 1896
Ammonium	—	—	—	Spur
Lithium	—	—	3,90	4,30
Natrium	615,80	768,20	712,80	794,99
Kalium	—	48,70	57,10	68,04
Caesium	—	—	Spur	Spur
Rubidium	—	—	—	—
Calcium	574,90	592,70	486,40	514,88
Strontium	—	0,40	5,80	6,16
Magnesium	155,70	88,40	70,70	99,54
Eisen	2,50	—	Spur	Spur
Mangan	—	—	—	—
Aluminium	—	0,20	0,09	„
Kationen	1348,90	1498,60	1336,79	1487,91
Chlorid	1046,60	1193,40	1092,10	1185,49
Bromid	—	—	0,58	2,45
Jodid	—	—	0,01	0,01
Fluorid	—	1,10	1,27	0,08
Nitrat	—	—	—	Spur
Sulfat	1534,60	1466,70	1316,30	1413,92
Hydrophosphat	—	0,70	0,33	0,13
Hydroarsenat	—	—	0,05	0,02
Hydrokarbonat	204,00	219,68	156,80	192,83
Anionen	2785,20	2881,58	2567,44	2794,93
Borsäure	—	—	—	1,59
Kieselsäure	—	1,30	58,89	64,43
Total	4134,10	4381,48	3963,12	4348,86

In ähnlichem Sinne darf auch das Verhalten der Temperatur beurteilt werden (vgl. Tab. 12, S. 87). Auch hier kann, unter gebührender Berücksichtigung der Beschaffenheit der Instrumente und der Ablesungsmethoden, gesagt werden, daß die Temperaturwerte keinen größeren Schwankungen ausgesetzt gewesen sind.

Schwieriger ist es, die Konstanz der flüchtigen Bestandteile festzustellen, denn hier kommt die Beschaffenheit der verwendeten Apparaturen und der Analysengang noch augenscheinlicher zur Geltung. Doch scheint auch

in Bezug auf die freien und gelösten Gase die Konstanz evident zu sein, obwohl nur 100 Jahre zum Vergleich herangezogen werden können:

Tabelle 45
Gasanalysen, ausgeführt zwischen 1828 und 1921

Analytiker	Datum	Quelle	Gase		
			Stickstoff	Kohlensäure	Schwefelwasserstoff
			Vol. %	Vol. %	Vol. %
Pfluger	1828	St. Verena	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	Spur
Löwig	1836	"	66,01	33,33	Spur
Müller	1870	Verenahof	65,84	34,08	0,06
Treadwell	1896	Ochsen Paradies	69,15	30,80	0,05
Sury	1906	Verenahof	69,85	30,10	0,05
Hartmann	1921	Allgemeine	69,9	30,1	—

2. Eigene Untersuchungen

Wenn im vorhergehenden Abschnitt festgestellt wird, daß sich die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Thermalquellen im Verlauf der Jahrhunderte ziemlich gleich geblieben sind, so ist damit noch nichts über die Konstanz des Wassers innerhalb kürzerer Zeiträume (z. B. jahreszeitlich) oder unter besonderen Umständen (z. B. meteorologische Verhältnisse, technische Eingriffe) ausgesagt. Vor allem ist dabei ein Faktor nicht berücksichtigt, nämlich die Ergußmenge der Quellen. Wie aus dem Abschnitt „Ergußmengen“ S. 65 hervorgeht, weist zwar auch der Erguß eine gewisse Konstanz auf (in der Regel nicht unter 600 und nicht über 900 l/Min.), schwankt aber doch um 30—40 %, je nach niederschlagsreichen oder niederschlagsarmen Perioden. Sind sich nun die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Wassers immer gleich, ungeachtet des größeren oder kleineren Ergusses?

Diese Frage ist bis heute noch nicht beantwortet, obwohl sie schon von *Fricker* (147) gestellt worden ist. Sie ist aber durchaus nicht unberechtigt, wie die Zusammenstellung der Werte der Trockenrückstände und der Ergüsse ergibt:

Tabelle 46
Erguß und Trockenrückstand der Analysen von 1896—1944

Analytiker	Datum	Erguß l/min.	Trocken- rückstand g/l	Faktor = Erguß x Trockenrückstand
Treadwell	1896	629,90	4,346	273
Hartmann	3. März 1937	869,75	4,200	365
Hartmann	15. Okt. 1942	762,52	4,526	345
Münzel	18. Juli 1944	650,91	4,620	300
Münzel	15. Sept. 1944	631,82	4,587	289

Es hat den Anschein, daß gleichzeitig mit einer Änderung des Ergusses auch eine Änderung des Gehaltes vor sich geht, und zwar in dem Sinne, daß die Steigerung des Ergusses eine „Verdünnung“, die Verminderung eine „Konzentrierung“ des Gehaltes an festen Bestandteilen hervorrufe. Die dabei zu konstatierenden Gehaltsunterschiede sind allerdings nur gering und machen z. B. beim Trockenrückstand höchstens einige Dezigramme aus.

Es muß aber ausdrücklich betont werden, daß für diese Vermutung noch kein Beweis erbracht worden ist. Dazu bedarf es vieljähriger, regelmäßiger, mindestens monatlicher Kontrollanalysen. Solche fehlen aber für Baden vollständig.

Es wurde nun versucht, durch eigene, im Jahre 1944 durchgeführte Kontrollanalysen Einblick in das Verhalten der Quellen zu gewinnen (Tabellen 51—72 und Diagramme 4—7). Leider ist diese Absicht nicht im erwünschten Maße gelungen, weil der Quellenerguß während allen Monaten des Jahres 1944 fast gleich blieb und sich um 650 l/Min. bewegte. Auch das Jahr 1945 brachte nur ein leichtes Ansteigen des Ergusses, indem während einiger Monate der Erguß auf etwas über 700 l/Min. anstieg, in der übrigen Zeit aber wieder unter 700 l/Min. sank. Die Kontrollanalysen wurden deshalb im Jahre 1945 nicht mehr weitergeführt, um den Abschluß der Arbeit nicht hinauszuzögern. Doch wäre es begrüßenswert, wenn in Zukunft solche Kontrollanalysen regelmäßig fortgesetzt würden.

Immerhin war es möglich, einige wenn auch unvollständig und noch nicht endgültig bewiesene Aufschlüsse über gewisse Verhältnisse zu erhalten, z. B. ob der Luftdruck den Gehalt an flüchtigen Bestandteilen wesentlich beeinflusse, ob die Schwankungen der Inhaltsstoffe im gleichen Sinne erfolgen, ob sich zwischen Erguß und Mineralgehalt einige Beziehungen feststellen lassen usw.

Besprechung der Resultate

an Hand der Tabellen 51—72 und Diagramme 4—7

Obwohl die Erguß-Schwankungen der Quellen im Jahre 1944 nur gering waren, lassen sie sich graphisch bei stark überhöhter Ordinate anschaulich darstellen. Das Gleiche gilt vom Mineralgehalt des Wassers: Auch hier bewegen sich die Schwankungen nur in engen Grenzen, beim Trockenrückstand und beim Chloridgehalt meistens in der ersten oder sogar nur in der zweiten Stelle nach dem Komma. Trotzdem lassen auch sie sich deutlich zur Darstellung bringen, wenn auf der Basis der Mittelwerte des ganzen Jahres (= 100 %) die Abweichungen prozentual ausgerechnet werden.

Betrachtet man Ergußmenge und Mineralgehalt (Trockenrückstand), so sieht man, daß sie nicht parallel verlaufen. Es scheint vielmehr, daß oft die Trockenrückstandskurve der Ergußkurve entgegengesetzt verläuft. Es ist jedoch noch verfrüht, von einer Gesetzmäßigkeit zu sprechen.

Größere Übereinstimmung zeigen Trockenrückstand und Chloridgehalt. Da der letztere ja im ersteren enthalten ist, ist es interessant zu verfolgen, wie sich hier die Schwankungen auswirken. Im großen und ganzen verlaufen die beiden Kurven parallel, wenn auch immer wieder Abweichungen auftreten.

Bedeutende Schwankungen weist der Gehalt an gelöstem Schwefelwasserstoff auf. Das ist nicht verwunderlich, weil die Menge der gelösten

Gase von Temperatur und Druck abhängig ist. Die Auswirkung des niederen Luftdruckes vom November z. B. läßt sich auf allen Tabellen und Diagrammen deutlich verfolgen.

Überblickt man die Resultate des Jahres 1944, so sieht man, daß die Inhaltsstoffe des Thermalwassers um $\pm 2-5\%$ vom Mittelwert abweichen. Die von den früheren Analytikern beobachtete Konstanz im Gehalt wird dadurch bestätigt. Damit ist aber nicht gesagt, daß überhaupt keine Schwankungen auftreten. Im April und Mai sind Trockenrückstand und Chloridgehalt deutlich niedriger, im Juli, August und September deutlich höher als in den übrigen Monaten. Auch der Gehalt an Schwefelwasserstoff unterliegt gleichsinnigen Schwankungen. Es besteht gar kein Zweifel darüber, daß sich aus der graphischen Darstellung das Bild einer ausgeprägten „Wellenbewegung“ ergibt, welches das Vorhandensein von mehr oder weniger großen Schwankungen beweist. Bei langandauernden Beobachtungen könnten noch genauere Aufschlüsse über diese Verhältnisse gewonnen werden, die für die Beurteilung der Quellen und die sich daraus ergebenden Konsequenzen von grundlegender Bedeutung wären.

3. Ursachen der Gehaltsschwankungen

Über die Ursachen der Gehaltsschwankungen bei den Thermen von Baden ist man auf Vermutungen angewiesen, weil keine diesbezüglichen Untersuchungen vorliegen. Auf den Einfluß des Quellenergueses und des Barometerstandes ist bereits hingewiesen worden. Weitere Einflüsse sind denkbar durch Wildwasserzutritt von Seiten des Grundwasserstromes und der Limmat, sind aber sehr unwahrscheinlich, denn es sind in dieser Beziehung keine merklichen Einwirkungen beobachtet worden. In Bezug auf die Art und Tiefe der Quellfassungen und die Stauhöhe der Quellen, die allerdings von ausschlaggebender Bedeutung für den Gehalt des Mineralwassers sein können, sei auf S. 192 verwiesen. Konzentrationsverminderung bei ansteigendem Quellenerguß, Konzentrationserhöhung bei sinkendem Quellenerguß sind Erscheinungen, die bei den meisten Mineralquellen festgestellt werden können.

G. Die Unterschiede der einzelnen Quellen im Gehalt

Gleich alt wie das Problem der zeitlichen Schwankungen im Gehalt ist dasjenige der Verschiedenheit der einzelnen Quellen. Diese Frage drängt sich umso mehr auf, als die Quellen in Bezug auf den Erguß tatsächlich sehr stark voneinander abweichen. So liegt der Schluß nahe, daß sie auch im Gehalt verschieden sein könnten. Da jedoch die Quellen auf verhältnismäßig kleinem Raume zutage treten, war man von frühester Zeit an überzeugt, daß überhaupt keine oder nur sehr geringe Unterschiede festzustellen seien. Deshalb sind auch in der Regel nur immer einzelne Quellen analysiert worden.

1. Frühere Untersuchungen

Immerhin findet man schon frühzeitig Hinweise, daß sich einzelne Quellen von den andern deutlich unterscheiden. Diese Ansichten gehen vor allem auf *Gessner* (50) zurück, der behauptet, im Ochsen bestehe eine Quelle, die nur spärlich fließe, lau sei und wenig Schwefel, dafür aber viel Alaun enthalte, was sich am schärfer adstringierenden Geschmack feststellen lasse. Besonders für die Augen sei sie heilsamer als die andern Quellen, und durch langdauernden Gebrauch des Bades trete die Heilung rascher ein. Sonst aber bestehe in den einzelnen Bädern kein Unterschied in Bezug auf das Wasser.

Was für eine Quelle *Gessner* gemeint hat, läßt sich heute nicht mehr feststellen. Es ist möglich, daß es sich um die Kesselquelle im Ochsen handelte, die in der Tat auch heute noch nur sehr spärlich fließt, in der Temperatur aber nur unwesentlich kühler ist als die andern Quellen.

Die Mitteilung *Gessners* hatte zur Folge, daß die Kunde von diesem „Aletbädlein“ noch Jahrhunderte später zu finden ist. *Pantaleon* (173) fügt ergänzend bei, daß nicht nur viel Alaun, sondern auch noch andere „sonderbare Metall“ darin vorhanden seien. Doch glaubte er, daß alle Quellen einer Art seien, und daß die Temperaturunterschiede nur auf der kleineren oder größeren Entfernung der Quelle vom „erwärmenden, unterirdischen Feuer“ beruhe.

Von alters her wurde auch der St. Verenaquelle im Verenaabad eine besondere Heilwirkung bei Frauenkrankheiten zugeschrieben. Man findet auch mehrfach die Angabe, daß sie heißer sei als die übrigen Quellen, so bei *Hottinger* (91). Dieser hält überhaupt dafür, daß die einzelnen Quellen eine ungleiche Natur haben müßten, weil sie auch an ungleichen Orten hervorkämen. Doch sei der Unterschied zwischen den einzelnen Quellen nicht so groß, wie man sich gemeinhin einbilde. Hierauf ergeht sich *Hottinger* in längeren, gewundenen Ausführungen über diesen Punkt, so daß man sich des Eindruckes nicht erwehren kann, er wolle sich mit keinem Quellenbesitzer überwerfen.

Ernsthafter beschäftigt sich *Scheuchzer* (198) mit diesem Problem. Aus geologischen Gründen kommt er zum Schluß, die Quellen in Ennetbaden führen weniger Salze mit sich, als diejenigen in Baden. Seine Analysenresultate bekräftigen in der Tat seine Auffassung. Auch mit qualitativen Reaktionen glaubte *Scheuchzer* gewisse Unterschiede feststellen zu können. Der Schwefelwasserstoffgeruch sei in einigen Bädern stärker, in andern schwächer. Trotzdem betrachtet *Scheuchzer* in Temperatur und Gehalt die Ähnlichkeit der Quellen als „durchgehend“, so daß man sich ohne Unterschied der Bäder bedienen könne.

Nach *Merveilleux* (131) sind die Bäder in Baden und Ennetbaden gleichwertig.

Morell (140) ist insofern der gleichen Ansicht, als die Quellen ursprünglich vom gleichen Gehalt seien, und daß „keines dieser Bäder eigne und besondere Kräfte haben“: „Ich will aber damit nicht sagen, daß das eine oder andere nicht ein wärmer Wasser, nicht mehr oder weniger Schwefel usw.

führe, nur die Haupteigenschaften halte ich bey den verschiedenen Quellen für ganz ähnlich“. Der gleichen Meinung ist *Dorer* (35). Die von ihm festgestellten Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Quellen führt er in logischer Weise auf die „größere oder kleinere Entfernung von der Urquelle, ihrem unterirdischen Gange und geschwinderen oder langsameren Laufe“ zurück. Auf Grund der ersten, von *Dorer* mit einem Fahrenheit'schen Thermometer angestellten Messungen glaubt das „Neujahrsblatt vom Schwarzen Garten, 1809“ (270) die Ansicht bestätigen zu können, daß die St. Verenaquelle die heißeste sei.

Hess (88) ist der Ansicht, der Unterschied zwischen den einzelnen Quellen sei nicht unbedeutend. Er schließt das aus den verschiedenen Mengen Schwefel, die sich in den Ableitungen des Großen und Kleinen Heißen Steines vorfinden. Im Kleinen Heißen Stein sei mehr „Schwefelleberluft“ vorhanden als im Großen, weil dort mehr Schwefel gefunden worden sei. „Es würde also der Mühe lohnen, jede Hauptquelle besonders zu analysieren, damit der Arzt jedem Kranken bestimmt diejenige empfehlen könne, welche ihm am besten dienen wird“.

Auch *Wetzler* (252) schließt aus ähnlichen Beobachtungen, „daß nicht alle Quellen gleichen Gehalt an flüchtigen und festen Bestandteilen besitzen. Wenigstens ist die Menge des Schwefelwasserstoffes sicher nicht in allen dieselbe“. Immerhin ist sich *Wetzler* bewußt, daß der Schwefelwasserstoff durch Luftzutritt oxydiert wird und daß die größeren oder kleineren Schwefelablagerungen nur auf diesen Vorgang zurückzuführen sind.

Heyfelder (89) behauptet, daß die Quellen in den Kleinen Bädern durchwegs eine geringere Temperatur aufweisen als diejenigen in den Großen Bädern. Vielleicht bezieht sich diese Mitteilung auf die kleinen, ins öffentliche Bad mündenden Nebenadern der Allgemeinen Quelle.

Löwig (104) wendet sich scharf gegen „die ungereimten Äußerungen über die verschiedene Wirksamkeit der einzelnen Quellen..., die, zum Teil wenigstens, in der Mißgunst einiger Badewirte untereinander ihren Grund haben möchten“. Er analysierte neben der Stadhof Kesselquelle noch die Limmat-, Bären-Kessel- und St. Verenaquelle. Er fand gewisse Unterschiede, die sich jedoch erst in den Dezimalstellen bemerkbar machen und auf Beobachtungsfehlern beruhen könnten; im großen und ganzen beständen keine Unterschiede.

Durch eigene Versuche, die er mit Reagenzien vornahm, überzeugte sich *Ruesch* (190) von der Richtigkeit der *Löwig'schen* Mitteilung. *Bauhof* und *Pfluger* (174, 175), *Löwig* (104), *Minnich* und *Stoll* (137), *Müller* und *Perrenoud* (157) konnten durch exakte Temperaturbestimmungen feststellen, daß nicht die Verenaquelle die heißeste sei, sondern im Gegenteil den andern Quellen nachstehe.

Minnich (137) nimmt an, daß die Quellen weiter im Erdinnern ursprünglich die gleiche Temperatur hätten; er schätzt sie auf 40°R (50°C). Die Durchschnittstemperatur aller Quellen setzt er auf 39°R ($48,75^{\circ}\text{C}$) fest, im Gegensatz zu *Bauhof* (12), der 37°R ($46,25^{\circ}\text{C}$) annimmt. Die etwas

niedrigere Temperatur einzelner Quelladern führt er darauf zurück, daß „zurücksickerndes, kühleres Thermalwasser von noch höher gelegenen Quellen her“ einströme, oder daß beim Durchströmen der obern Erdschichten die Abkühlung nicht bei allen Quellen im gleichen Maße erfolge.

Nach den heutigen Anschauungen ist ohne Zweifel nur die letztgenannte Möglichkeit in Betracht zu ziehen. Die Temperaturen bei den einzelnen Quellen bewegen sich zwischen 46° und 48° C. Nur die ganz kleinen, unbedeutenden Quellen, deren Erguß 1 l/Min. nicht übersteigt, weisen eine auffallend niedrigere Temperatur auf (z. B. am 20. Februar 1944: Ochsen Kessel $45,1^{\circ}$; Adler $39,0^{\circ}$; Stadhof Kleine $36,8^{\circ}$). Entweder handelt es sich bei diesen kleinen Quellen um kleine Nebenäste der großen, in denen stärkere Abkühlung eintritt, oder es sitzt Wildwasser zu. Bei der Adlerquelle ist wohl der letztgenannte Fall anzunehmen, weil hier auch der Trockenrückstand niedrigere Werte aufweist als bei den andern Quellen.

In neuester Zeit beschäftigte sich *Hartmann* (78, 80, 288) mit der Frage der Gehaltsunterschiede der 18 Thermalquellen. Anlässlich der Renovationsarbeiten an der Schwanenquelle im Jahr 1937 und der Abpumpversuche an den Verenahof- und Ochsenquellen im Jahre 1942 unternahm er eine Reihe von Kontrollanalysen, um an Hand von eventuellen Gehaltsveränderungen das Zusitzen von Wildwasser feststellen zu können. Beim starken Abpumpen der Schwanenquelle konnte ein Zutritt von 5—9 % Wildwasser konstatiert werden, während die Abpumpversuche an der Verenahof- und Paradiesquelle keine chemische Veränderung bewirkten. Nach der Sistierung der Abpumpversuche stellte sich sogleich wieder der frühere Zustand ein.

Auf Grund seiner Kontrollanalysen glaubt *Hartmann* feststellen zu können, daß alle Quellen wohl ähnlichen Charakter haben, aber doch charakteristische Unterschiede zeigen. So sind nach seiner Ansicht die etwas nördlicher gelegenen Quellen (Allgemeine, Stadhof, Hinterhof, Wälderhut, Paradies, Verenahof) etwas gehaltreicher, was allerdings für die therapeutische Anwendung keine Bedeutung habe. Der größte Unterschied zeige sich im Gehalt an Schwefelwasserstoff, weshalb anzunehmen sei, daß die Quellen mit höherem Schwefelwasserstoffgehalt direkt in geschlossenen Adern aufsteigen und deshalb nicht mit der Luft in Berührung kämen, während die Quellen mit niedrigerem Schwefelwasserstoffgehalt durch Lufteinfluß Verluste erlitten.

Am 21. Januar 1921 untersuchte *Hartmann* (287) 14 Quellen auf Trockenrückstand, Chloridgehalt und Alkalinität. Die Trockenrückstände der Quellen waren einander sehr ähnlich und betragen im Mittel $4,881$ g/l, der Chloridgehalt schwankte zwischen $1,170$ und $1,195$ g/l, wobei die Wälderhutquelle den höchsten Chloridgehalt aufwies, und zur Bestimmung der Alkalinität erforderte 1 Liter Thermalwasser durchschnittlich $8,4$ bis $8,5$ ccm $0,1$ n Salzsäure.

Etwas größere Unterschiede erhielt *Hartmann* bei der Gasanalyse, die er am 28. Januar 1921 bei 6 Quellen vornahm:

Tabelle 47
Gasanalyse nach Hartmann, 28. Januar 1921

Quelle	Sauerstoff	Kohlendioxid und Spuren von Schwefelwasserstoff %	Stickstoff %
Allgemeine	—	30,1	69,9
Staadhof Kessel	—	28,5	71,5
Limmat	—	29,25	70,75
Ochsen Kessel	—	26,5	73,5
„ Paradies	0,6	29,4	70,0
„ Straßen	1,35	23,15	75,5

Der Sauerstoff ist nach der Ansicht *Hartmanns* erst sekundär in das Thermalwasser gelangt.

Während den Abpumpversuchen an der Ochsen- und Verenaquelle im Jahre 1937 prüfte *Hartmann* (78) mehrmals das chemische Verhalten aller Quellen. Er konnte dabei immer wieder erhebliche Differenzen im Gehalt feststellen. Die Kontrollmessungen vom 3. März 1937 ergaben z. B. folgendes Bild:

Tabelle 48
Kontrollanalysen nach Hartmann, 3. März 1937

Quellen	Erguß l/min.	Temp. ° C	Trocken- rückstand 105° g/l	Elektr. Leitfähigkeit Vergleichs- zahlen	Alkalinität l/10 n HCl/100cc	Chlorid g/l	Titrierbare Schwefel- verbindungen mg/l
1. Allgemeine	103,40	47,3	4,331	19,0	8,2	1,07	—
2. Adler	0,60	40,3	4,000	16,2	6,7	0,66	—
3. Schwanen	105,25	47,2	4,121	17,8	7,8	0,93	—
4. Großer H. Stein	159,55	47,3	4,210	19,9	7,9	0,98	—
5. Kleiner H. Stein							
6. Limmat	148,40	47,4	4,175	18,1	7,7	0,97	—
7. St. Verena	35,60	47,1	4,212	18,9	7,8	1,03	—
8. Staadhof Kessel	22,70	46,5	4,139	18,1	7,5	0,99	—
9. „ Kleine	1,20	38,3	4,378	19,0	8,3	1,05	—
10. Wälderhut	51,50	48,2	4,269	19,2	8,1	1,11	—
11. Ochsen Paradies	41,80	47,1	4,319	19,2	8,0	1,07	—
12. „ Straßen	21,20	47,1	4,174	19,0	8,0	1,04	—
13. „ Kessel	3,00	46,3	4,122	19,1	8,0	1,04	—
14. „ Neue	9,80	46,9	4,122	19,0	8,0	1,04	—
15. Hinterhof	61,35	47,6	4,329	19,2	8,2	1,09	—
16. Bären Kessel	13,95	47,1	4,171	18,9	8,0	1,07	—
17. „ Carola	16,10	46,9	4,162	18,9	8,0	1,07	—
18. Verenaquelle	74,35	47,3	4,303	19,2	8,0	1,07	—

Schließlich untersuchte *Hartmann* (80) nochmals den Gehalt der Quellen am 15. Oktober 1942, als die Schwanenquelle mit Sandfängern ausgeräumt wurde. Auch dieser Befund zeigte Differenzen im Gehalt der einzelnen

Quellen und außerdem auch Unterschiede im Vergleich zu den Kontrollanalysen im Jahre 1937.

Tabelle 49
Kontrollanalysen nach Hartmann, 15. Oktober 1942

Quellen	Erguß l/min.	Temp. ° C	Trocken- rückstand 105° g/l	Elektr. Leitfähigkeit Vergleichs- zahlen	Alkalinität 1/10 n HCl/100 cc	Chlorid g/l	Titrierbare Schwefel- verbind. 1/100 n Jodlösung/l
1. Allgemeine	106,80	47,0	4,570	14,9	8,28	1,15	112
2. Adler	0,52	39,9	4,131	12,0	6,88	0,61	53
3. Schwanen	57,30	46,9	4,644	14,2	8,18	1,05	122
4. Großer H. Stein	117,30	47,2	4,627	14,8	8,26	1,10	47
5. Kleiner H. Stein	39,80	47,3	4,598	14,8	8,42	1,122	104
6. Limmat	144,20	47,3	4,530	14,4	8,20	1,098	110
7. St. Verena	33,45	47,0	4,505	14,8	8,20	1,145	96
8. Stadhof Kessel	22,60	46,6	4,660	14,3	8,14	1,11	80
9. „ Kleine	1,00	38,8	4,518	14,2	8,32	1,09	19
10. Wälderhut	48,90	48,0	4,595	14,8	8,32	1,17	85
11. Ochsen Paradies	33,90	46,8	4,490	14,4	8,08	1,153	116
12. „ Straßen	19,35	47,0	4,448	14,1	8,36	1,10	109
13. „ Kessel	2,55	46,3	4,462	14,1	8,36	1,13	90
14. „ Neue	6,80	46,6	4,656	14,0	8,20	1,138	102
15. Hinterhof	60,20	47,3	4,750	15,0	8,60	1,11	37
16. Bären Kessel	5,00	46,4	4,482	14,2	8,20	1,17	54
17. „ Carola	12,90	46,3	4,384	14,0	8,28	1,12	54
18. Verena Hof	49,95	46,8	4,433	14,1	8,30	1,15	120

2. Eigene Untersuchungen

Die Frage, ob sich tatsächlich bleibende charakteristische Gehaltsunterschiede zwischen den einzelnen Quellen feststellen lassen, kann bis heute noch nicht endgültig beantwortet werden, weil in dieser Beziehung zu wenig Untersuchungen vorgenommen worden sind. Die eigenen Untersuchungen erstreckten sich auf das Jahr 1944, eine Zeitspanne, die viel zu kurz ist, um unumstößliche Beweise zu gewährleisten (Tabellen 51—72 und Diagramme 4—13).

Immerhin ist es gelungen, einige Besonderheiten feststellen zu können. Wenn nachfolgend davon gesprochen wird, daß die eine Quelle gehaltreicher sei, die andere gehaltärmer, so handelt es sich dabei stets nur um sehr geringe Unterschiede. Ein Unterschied im Trockenrückstand z. B. von 4,664 g/l und 4,466 g/l oder ein Chloridgehalt z. B. von 1,1559 g/l und 1,1169 g/l läßt sich analytisch ganz deutlich feststellen, spielt aber praktisch, d. h. therapeutisch gar keine Rolle, denn die Differenzen liegen ja meistens unter 5 %. Es ist auf alle Fälle nicht zulässig, auf Grund dieser Gehaltsunterschiede die eine Quelle auf Kosten der andern propagandistisch herauszustreichen. Zu einem solchen Vorgehen würden erst frappante Unterschiede im Gehalt und in der Heilwirkung berechtigen.

Besprechung der Resultate an Hand der Tabellen 51—72 und Diagramme 4—13

Bei den nachfolgenden Vergleichen ist die kleine, nur wenige Deziliter Thermalwasser ergießende Adlerquelle immer ausgenommen. Sie weist trotz der verhältnismäßig tiefen Fassung einen bedeutend niedrigeren Trockenrückstand auf als die andern Quellen, so daß vermutet werden muß, sie werde durch den Zutritt von Wildwasser verdünnt.

Die Beobachtung *Hartmanns* (78), daß die mehr nördlich gelegenen Quellen einen etwas höheren Trockenrückstand aufweisen, als die übrigen, kann auf Grund der im Jahre 1944 durchgeführten Kontrollanalysen bestätigt werden. Es scheint in der Tat, als ob die Allgemeine-, die St. Verena-, Limmat-, Stadhof-, Heiße Stein-, Wälderhut- und Hinterhofquelle etwas gehaltreicher seien als die andern, doch ist damit noch nicht erwiesen, daß diese Verhältnisse unter allen Umständen jedes Jahr in gleichem Maße zutreffen.

Der Gehalt an Chlorid war im Jahre 1944 in der Wälderhutquelle am höchsten, in der Schwanenquelle am niedrigsten. Die Quellen im Gebiet von Verena- und Ochsen- und Bären weisen im allgemeinen einen höhern Chloridgehalt auf als die andern Quellen.

Den höchsten Gehalt an gelöstem Schwefelwasserstoff zeigte die Karolaquelle im Bären. Das ist ohne weiteres verständlich, denn diese Quelle steht nur durch ein kleines Abflußrohr mit der Außenluft in Verbindung, so daß die Oxydation des Schwefelwasserstoffes durch die Berührung mit Luft mehr eingeschränkt ist, als bei den andern Quellen mit großem Durchmesser.

Jedoch weist auch die Verena- und Hinterhofquelle einen höhern Gehalt an titrierbaren Schwefelverbindungen auf, als die andern Quellen. Offenbar handelt es sich um eine etwas gehaltreichere Ader. Dagegen steht die Hinterhofquelle deutlich hinter den andern zurück, noch mehr die kleine Stadhofquelle.

Die Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Quellen sind sehr klein, aber doch charakteristisch. Als einzige Quelle erreicht der Wälderhut 48°C . Die ergußärmeren Quellen haben durchwegs eine etwas niedrigere Temperatur als die ergußreicheren. Die kleine Stadhofquelle fällt mit ca. $36,4^{\circ}$ ganz aus dem Rahmen, obwohl sie in Bezug auf den Gehalt nicht hinter den andern Quellen zurücksteht. Die Mehrzahl der Quellen hält eine Temperatur von $46,5$ — $47,2^{\circ}$ inne.

Im vorhergehenden Abschnitt ist festgestellt worden, daß der Gehalt des Wassers zeitlichen Schwankungen unterliegt. Es erhebt sich die Frage, ob diese Schwankungen bei den einzelnen Quellen gleichzeitig und im gleichen Sinne erfolgen. Vergleicht man die Diagramme, so sieht man, daß im großen und ganzen die Schwankungen bei allen Quellen im gleichen Sinne erfolgen, wenn auch Abweichungen bemerkbar sind. Ganz frappant ist z. B., wie die Kurven des Trockenrückstandes und des Chloridgehaltes bei der

Verenahof-, Paradies- und Bärenquelle parallel verlaufen, ein Zeichen dafür, daß hier eine besonders eng zusammenhängende Quellengruppe vorliegt.

Interessante Vergleiche ergeben sich, wenn man das Ausmaß der Schwankungen in Betracht zieht. Nimmt man den Mittelwert des Jahres 1944 im Erguß und den Inhaltsstoffen als Index 100 an, so lassen sich die Abweichungen prozentual berechnen und graphisch darstellen. Es ist zu beachten, daß aus diesen Diagrammen nur die *Schwankungen* ersichtlich sind, nicht der *Gehalt*. Die Quellen mit den stark auf- und absteigenden Kurven sind also nicht gehaltreicher, sondern weisen nur die stärkeren prozentualen Abweichungen vom Mittelwert auf.

Man sieht deutlich, daß der Schwefelwasserstoff als labiler Bestandteil den größten Schwankungen ausgesetzt ist. Erguß, Trockenrückstand und Chlorid bewegen sich ungefähr im gleichen Rahmen.

Die Abweichungen vom Mittelwert nehmen aber nicht bei allen Quellen das gleiche Ausmaß an. Bei den konstanten, „soliden“ Quellen wie Allgemine, Limmat, Wälderhut, betragen die Abweichungen vom Mittelwert ca. $\pm 2-3\%$, bei den hochgestauten oder durch technische Eingriffe gestörten Quellen $\pm 6-10\%$. Man kann aus diesen Resultaten ersehen, wie aufschlußreich solche Untersuchungen für den Zustand und den Charakter der Quellen sind.

3. Ursachen der Gehaltsunterschiede der einzelnen Quellen

Bestimmte Gründe lassen sich für diese Gehaltsunterschiede nicht feststellen. Sehr wahrscheinlich spielt die Gestaltung des Quellenweges eine Rolle. Bei Adern mit weitem Durchmesser ist die Fließgeschwindigkeit des Wassers geringer; eine solche Quelle wird eher zum Sintern neigen als eine mit engem Querschnitt, und auf diese Weise etwas an Mineralbestandteilen einbüßen. Weiter dürfte die Menge der Mineralbestandteile in den von den Quelladern durchflossenen Schichten und schließlich der Gehalt an Gasen, welche das Auflösungsvermögen des Wassers beeinflussen, von Bedeutung sein.

H. Die im Jahre 1944 durchgeführten Kontrollanalysen

1. Die Analysenmethoden

Der Quellenerguß

Nach *Kampe*⁶⁶⁾ sind zwei Arten von Meßmethoden gebräuchlich: 1. die Vollmessung, wobei die Zeit gemessen wird, welche die Quelle zur Füllung eines bestimmten Volumens benötigt; 2. die Pegelmessung, wobei das Mineralwasservolumen gemessen wird, das in einer bestimmten Zeit gefördert wird. In Baden wird die erste Methode angewendet. Man benützt dazu kupferne, zylindrische Gefäße, die regelmäßig durch den Eichmeister des Bezirks nachgeegicht werden. An einer innen an der Gefäßwand ange-

⁶⁶⁾ R. Kampe: Ergiebigkeitsmessung, in H. Vogt: Lehrbuch der Bäder- und Klimatheilkunde, Berlin 1940, S. 70.

brachten Skala kann das Volumen abgelesen werden. Die Messung wird folgendermaßen vorgenommen: Auf ein Zeichen hin, das zeitlich mit der Stoppuhr festgelegt wird, wird das Meßgefäß unter den Wasserstrahl eingerückt und nach Ablauf der bestimmten Zeit wieder rasch weggehoben. Das Gefäß wird hierauf auf eine mit einer Wasserwaage horizontal ausbalancierte Platte gestellt, die bewegte Wasseroberfläche gedämpft und mittels eines Spiegels an der Skala das Volumen abgelesen. Jede Quelle wird mindestens zweimal gemessen; stimmen die Resultate nicht überein, wird die Messung so oft wiederholt, bis gleichlautende Ergebnisse erzielt werden.

Das Volumen (in Liter), dividiert durch die Ergußdauer (in Sekunden), multipliziert mit 60, ergibt den Erguß in l/Min.

Die Quellenmessung wird in der Mitte jeden Monats von den dazu amtlich bestellten Persönlichkeiten vorgenommen. Als Vertreter der Gemeinde Baden fungiert der Bauverwalter, des Bezirkes der Eichmeister und des aargauischen Staates der kantonale Wasserrechtsingenieur.

*Kampe*⁶⁷⁾ macht darauf aufmerksam, daß bei den Ergußmessungen die Quellenspannung nicht gestört werden darf, d. h. die Quelle muß in dem Zustande gemessen werden, in welchem sie sich normalerweise befindet. Die Ausflußöffnung zur Meßstelle muß also auf dem gleichen Niveau liegen wie diejenige, durch welche die Quelle an den Ort der Benützung fließt. Wird für die Messung ein Ausfluß geöffnet, der unterhalb der gewöhnlichen Auslaufhöhe liegt, so wird die Auslaufhöhe und mit ihr die Spannung verändert. Dadurch wird der auf der Quelle liegende Druck vermindert und folglich die Fließgeschwindigkeit der Quelle und somit auch der Erguß gesteigert. Das gestörte Gleichgewicht stellt sich zwar nach kurzer Zeit wieder ein, aber unter veränderten statischen Bedingungen, so daß die zweite Ergiebigkeitsmessung andere Resultate liefert als die erste.

In Baden befinden sich die Abflußöffnungen, die zur Meßstelle führen, bei allen Quellen auf der Höhe des normalen Auslaufs, so daß die Quellen immer in dem Zustand gemessen werden, in welchem sie normalerweise auslaufen.

Die Temperatur

Die Temperatur wurde mit einem geeichten, in $\frac{1}{10}$ Grade eingeteilten Maximumthermometer vorgenommen. Das Thermometer wurde ungefähr 50 cm unter die Wasseroberfläche versenkt und mindestens 10 Minuten in der Quelle belassen. Leider stand für die Kontrollanalysen im Jahre 1944 nicht immer das gleiche Thermometer zur Verfügung, so daß gewisse Unterschiede in den Resultaten eventuell auf die verschiedene Beschaffenheit der Instrumente zurückzuführen sind.

Der Trockenrückstand

Der Trockenrückstand gibt Aufschluß über den Gehalt des Mineralwassers an festen Bestandteilen. Dabei wird allerdings durch den Verlust an gelöster Kohlensäure Hydrokarbonat zu Karbonat umgewandelt, doch sind die dadurch entstehenden Verluste gering, so daß der Trockenrückstand dennoch ein gutes Bild von der Konzentration des Mineralwassers zu geben vermag.

Es stehen heutzutage allerdings bequemere und raschere Methoden zur Bestimmung der Konzentration zur Verfügung, so zum Beispiel Brechungsindex, Leitfähigkeit, Gefrierpunktniedrigung usw. Um aber den Anschluß an die früheren Analysen, die als Konzentrationsbestimmung nur den Trockenrückstand zur Verfügung hatten, herstellen zu können, wurde bei den vorliegenden Kontrollanalysen ebenfalls von allen Quellen der Trockenrückstand bestimmt. Es wurde dabei folgendermaßen verfahren:

50 cm Thermalwasser wurden mit einer auf Auslauf geeichten Pipette in ein Wägegglas mit eingeschliffenem Glasdeckel aus Jenaerglas gebracht. Diese 17 mit Wasser von jeder Quelle beschickten Wägeggläserchen wurden in drei Etagen in einen Trockenschrank von 35 cm ø gestellt. Um ein Verspritzen des Wassers zu vermeiden, wurde zuerst bei

⁶⁷⁾ *R. Kampe*: Über Quellenmessungen. Internationaler ärztlicher Fortbildungskurs für Balneologie und Balneotherapie 1925. Jena 1926.

55° zur Trockene verdampft; dieser Zeitpunkt wurde jeweils am dritten Tage erreicht. Hierauf wurde 2 Stunden lang bei 103–105° getrocknet, im Exsikkator erkalten gelassen, gewogen, nochmals 1 Stunde bei gleicher Temperatur getrocknet, mit dem Deckel geschlossen und dann rasch gewogen.

Die elektrische Leitfähigkeit

Als Kontrolle des Trockenrückstandes wurde die elektrische Leitfähigkeit bestimmt. *Tutundzic*⁶⁸⁾ stellte nämlich fest, daß der Faktor, der die Beziehung zur elektrischen Leitfähigkeit und zum Verdampfungsrückstand von Mineralwässern ausdrückt, fast ohne Rücksicht auf die Gesamtkonzentration bei ähnlicher mittlerer Zusammensetzung gleiche Werte hat. Leitfähigkeit dividiert durch Trockenrückstand ergibt demnach eine konstante Zahl. Diese wurde für alle Badener Thermalquellen ermittelt und ergab eine Zahl, bei der nur die dritte Stelle Unterschiede aufwies.

Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit erfolgte nach *Kohlrausch*⁶⁹⁾ mit einem Kompensationsapparat mit Meßbrücke der Firma Otto Wolff, Berlin. Die Ermittlung des Widerstandes wurde mit Kopfhörer vorgenommen. Als Stromquelle diente ein Induktionsapparat mit Verstärker. Die Widerstandskapazität wurde mittels einer $\frac{1}{100}$ n KCl-Lösung bestimmt. Die Messungstemperatur betrug stets + 20°. Es wurde jeweils nicht frisches, sondern etwa 14 Tage altes, in Glasstopfenflaschen gestandenes Thermalwasser zur Bestimmung verwendet.

Der Chloridgehalt

Der Chloridgehalt wurde nach der Methode von *Volhard*⁷⁰⁾ bestimmt. Es wurden 5 ccm $\frac{1}{10}$ n Silbernitratlösung vorgelegt, mit einer auf Auslauf geeichten Pipette 10 ccm Thermalwasser hinzugefügt, dann 5 ccm verdünnte Salzsäure und 2 ccm 30% Eisenammoniumalaunlösung hinzugegeben und der Niederschlag mit $\frac{1}{10}$ n Ammoniumrhodanidlösung bis zum bleibenden Farbumschlag in Rötlichgelb zurücktitriert.

Die Alkalinität

Bei dieser Bestimmung werden die im Thermalwasser vorhandenen Karbonate und Bikarbonate erfaßt. Die Bestimmung erfolgte nach *Cl. Winkler*⁷¹⁾. 50 ccm Thermalwasser wurden in einer rein weißen Porzellanschale mit 10 Tropfen Methylorange versetzt und mit $\frac{1}{10}$ n Salzsäure bis zur bleibenden Gelblich-rosa-Färbung titriert.

Der Schwefelwasserstoff

Es handelt sich bei dieser Bestimmung um die titrimetrisch erfaßbaren Schwefelverbindungen (Gesamtschwefel S = Hydrosulfid Ion HS' + Thiosulfat Ion S₂O₃" + Schwefelwasserstoff H₂S). Sie erfolgte nach der von *F. P. Treadwell*⁷²⁾ für Mineralwässer angegebenen Methode: In einen mit Glasstopfen versehenen Erlenmeyerkolben wurden 5 ccm $\frac{1}{100}$ n Jodlösung vorgelegt. Hierauf wurden direkt aus der Quelle mit einer mehrmals rasch hintereinander mit Thermalwasser durchgespülten, auf Auslauf geeichten Pipette 50 ccm Thermalwasser entnommen und sogleich zur Jodlösung hinzugefügt. Dann wurde mit $\frac{1}{100}$ n Natriumthiosulfatlösung, wobei gegen Ende der Titration 10 Tropfen 1% Stärkelösung hinzugefügt wurden, bis zum Verschwinden der Blaufärbung zurücktitriert.

⁶⁸⁾ *P. S. Tutundzic*: Die elektrische Leitfähigkeit von natürlichen Mineralwässern. 1. Die Mineralwässer von Vrnjačka Banja. Bull. Soc. Chim. Yougoslavie 4, 145 (1933).

⁶⁹⁾ *F. Kohlrausch*: Praktische Physik, Leipzig 1935, S. 571.

⁷⁰⁾ *F. P. Treadwell*: Lehrbuch der analytischen Chemie, 2. Band, 11. Aufl., Leipzig 1930, S. 614.

⁷¹⁾ *F. P. Treadwell*: Lehrbuch der analytischen Chemie, 2. Band, 11. Aufl., Leipzig 1930, S. 485.

⁷²⁾ *F. P. Treadwell*: Lehrbuch der analytischen Chemie, 2. Band, 11. Aufl., Leipzig 1930, S. 589.

2. Tabellen und Diagramme

Tabelle 50

Luftdruck, Limmatpegel und Grundwasserstand im Jahre 1944

Datum			Luft		Limmatwasser		Grundwasser	
Monat	Tag	Stunde	Druck mm Hg	Temp. ° C	Pegel m	Temp. ° C	Pegel m	Temp. ° C
Januar	18.	10.00	742	0,0	5,90	+ 5,2	5,43	+ 11,5
Februar	15.	"	734	- 1,0	6,03	+ 4,2	5,45	+ 11,5
März	19.	"	735	0,0	5,95	+ 5,2	5,38	+ 11,5
April	20.	"	734	+ 11,0	6,50	+ 6,2	6,18	+ 11,5
Mai	19.	"	731	+ 9,0	6,45	+ 11,8	5,98	+ 11,5
Juni	15.	"	735	+ 13,0	6,60	+ 14,0	6,26	+ 11,5
Juli	18.	"	732	+ 18,0	6,50	+ 18,5	6,10	+ 11,6
August	16.	"	730	+ 20,0	6,05	+ 21,3	5,56	+ 11,6
September	15.	"	733	+ 16,0	6,10	+ 18,0	5,55	+ 11,7
Oktober	13.	"	729	+ 10,0	6,00	+ 13,5	5,54	+ 11,8
November	14.	"	725	+ 1,0	6,65	+ 9,4	5,68	+ 11,8
Dezember	15.	"	731	+ 1,0	6,30	+ 5,7	6,12	+ 11,9

Luftdruck, Limmatpegel und Grundwasserstand sowie die zugehörigen Temperaturwerte werden täglich abgelesen und registriert. Diese Daten sind zu Vergleichszwecken wichtig. Der Luftdruck spielt in bezug auf den Gehalt an gelösten Gasen eine besondere Rolle. Der niedrige Luftdruck im November wirkt sich im Gehalt an titrierbaren Schwefelverbindungen deutlich aus. Von geringer Bedeutung sind die Wasserstände der Limmat und des Grundwassers. Da im Jahre 1944 kein Hochwasser herrschte, läßt sich ein Einfluß auf die Schüttung der Thermalquellen nicht feststellen.

Monatliche Kontrollanalysen im Jahre 1944

Tabelle 51

18. Januar 1944

Quellen	Erguß l/min.	Temp. ° C	Trocken- rückstand 105° g/l	Elektr. Leitfähig- keit $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	Alkalinität 1/10 n HCl/100 cc	Chlorid g/l	Titrierbare Schwefelver- bindungen mg/l
1. Allgemeine	92,90	47,3	4,693	0,00551	8,21	1,0886	4,19
2. Adler	0,37	40,1	4,351	501	7,39	0,9148	3,61
3. Schwanen	64,10	46,8	4,583	524	8,10	1,0212	5,99
4. Großer H. Stein	97,67	46,9	4,584	524	8,02	1,0886	3,16
5. Kleiner H. Stein	33,00	47,1	4,519	524	8,01	1,0886	3,51
6. Limmat	123,73	47,4	4,619	540	8,08	1,1063	4,70
7. St. Verena	30,30	46,8	4,601	537	8,11	1,1230	4,53
8. Staadhof Kessel	18,78	46,5	4,610	540	8,04	1,0815	3,40
9. „ Kleine	0,70	39,0	4,576	522	8,17	1,0673	1,80
10. Wälderhut	42,43	48,0	4,635	544	8,31	1,1595	2,96
11. Ochsen Paradies	25,20	46,7	4,500	518	8,21	1,0886	4,88
12. „ Straßen	29,70	46,7	4,513	517	8,15	1,1063	5,82
13. „ Kessel	1,27	45,5	4,511	524	8,13	1,1063	5,21
14. Hinterhof	50,60	46,9	4,615	537	8,25	1,1524	4,53
15. Bären Kessel	4,60	46,4	4,490	518	8,09	1,1063	4,19
16. „ Carola	13,67	46,5	4,520	524	8,13	1,1230	5,04
17. Verena Hof	26,80	46,8	4,515	513	8,19	1,1063	5,04

Tabelle 52

15. Februar 1944

Quellen	Erguß l/min.	Temp. ° C	Trocken- rückstand 105° g/l	Elektr. Leitfähig- keit $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	Alkalinität 1/10 n HCl/100 cc	Chlorid g/l	Titrierbare Schwefelver- bindungen mg/l
1. Allgemeine	92,8	47,0	4,586	0,00538	8,30	1,1276	4,87
2. Adler	0,4	39,6	4,128	472	7,32	0,7872	3,64
3. Schwanen	66,67	46,7	4,558	535	8,26	1,0708	5,65
4. Großer H. Stein	98,13	47,1	4,592	539	8,22	1,0850	4,36
5. Kleiner H. Stein	33,20	47,2	4,600	555	8,22	1,1124	2,24
6. Limmat	123,95	47,2	4,584	537	8,24	1,0992	5,48
7. St. Verena	30,55	46,9	4,616	555	8,16	1,1311	4,87
8. Staadhof Kessel	18,8	46,5	4,554	550	8,16	1,1028	3,33
9. „ Kleine	0,8	37,1	4,544	539	8,22	1,0850	4,19
10. Wälderhut	42,0	48,0	4,596	550	8,36	1,1833	4,53
11. Ochsen Paradies	24,9	46,6	4,564	545	8,34	1,1382	5,01
12. „ Straßen	25,2	46,5	4,512	541	8,32	1,1311	5,37
13. „ Kessel	1,33	46,5	4,568	546	8,50	1,1276	4,70
14. Hinterhof	50,0	47,1	4,620	562	8,36	1,1382	4,65
15. Bären Kessel	4,3	46,7	4,550	548	8,46	1,1311	4,45
16. „ Carola	13,8	46,6	4,528	541	8,40	1,1559	5,59
17. Verena Hof	27,33	46,8	4,478	555	8,42	1,1559	5,37

Tabelle 53

29. März 1944

Quellen	Erguß l/min.	Temp. ° C	Trocken- rückstand 105° g/l	Elektr. Leitfähig- keit $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	Alkalinität 1/10 n HCl/100 cc	Chlorid g/l	Titrierbare Schwefelver- bindungen mg/l
1. Allgemeine	91,30	47,0	4,676	0,005385	8,24	1,1063	5,96
2. Adler	0,43	39,5	4,038	4112	6,76	0,6311	3,41
3. Schwanen	73,53	46,7	4,640	5385	8,20	1,0531	5,41
4. Großer H. Stein	105,55	47,0	4,564	5322	8,30	1,0957	5,18
5. Kleiner H. Stein	29,53	46,8	4,552	5369	8,26	1,1028	5,18
6. Limmat	125,50	47,0	4,634	5353	8,24	1,1028	5,41
7. St. Verena	29,50	46,7	4,688	5385	8,24	1,1311	4,56
8. Stadhof Kessel	19,00	46,3	4,542	5318	8,22	1,0638	5,07
9. „ Kleine	0,80	36,8	4,588	5260	8,36	1,0708	4,41
10. Wälderhut	42,40	48,1	4,596	5335	8,42	1,1595	4,73
11. Ochsen Paradies	25,53	46,7	4,466	5200	8,40	1,1230	4,90
12. „ Straßen	28,00	46,8	4,538	5369	8,34	1,1205	5,31
13. „ Kessel	1,23	46,5	4,516	5338	8,46	1,1230	4,66
14. Hinterhof	50,80	46,9	4,608	5338	8,36	1,1311	4,26
15. Bären Kessel	4,50	46,6	4,520	5260	8,42	1,1230	4,80
16. „ Carola	13,47	46,8	4,528	5318	8,46	1,1230	5,48
17. Verenahof	30,70	46,5	4,504	5260	8,44	1,1418	5,07

Tabelle 54

20. April 1944

Quellen	Erguß l/min.	Temp. ° C	Trocken- rückstand 105° g/l	Elektr. Leitfähig- keit $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	Alkalinität 1/10 n HCl/100 cc	Chlorid g/l	Titrierbare Schwefelver- bindungen mg/l
1. Allgemeine	91,60	47,0	4,658	0,005322	8,25	1,0992	5,58
2. Adler	0,35	39,0	3,958	4112	6,67	0,6170	3,81
3. Schwanen	63,70	46,7	4,602	5322	8,12	1,0496	5,07
4. Großer H. Stein	109,00	47,0	4,674	5260	8,20	1,0957	5,14
5. Kleiner H. Stein	27,10	46,9	4,694	5385	8,15	1,0957	5,14
6. Limmat	123,20	47,2	4,676	5335	8,17	1,0992	5,24
7. St. Verena	30,50	46,8	4,626	5260	8,27	1,1169	5,41
8. Stadhof Kessel	18,67	46,0	4,640	5322	8,20	1,0638	4,46
9. „ Kleine	0,80	36,8	4,592	5260	8,37	1,0708	2,82
10. Wälderhut	41,73	48,0	4,614	5353	8,40	1,1347	4,80
11. Ochsen Paradies	25,00	46,1	4,344	5026	8,15	1,0638	4,73
12. „ Straßen	26,17	46,5	4,382	5083	8,17	1,0850	4,90
13. „ Kessel	1,33	45,1	4,406	5140	8,27	1,0789	4,22
14. Hinterhof	50,00	46,8	4,682	5411	8,35	1,1230	3,85
15. Bären Kessel	5,00	46,3	4,334	5026	8,29	1,0389	4,43
16. „ Carola	13,40	46,4	4,340	5026	8,30	1,0212	4,77
17. Verenahof	27,10	46,7	4,288	4917	8,22	1,0496	4,87

Tabelle 55

19. Mai 1944

Quellen	Erguß l/min.	Temp ° C	Trocken- rückstand 105° g/l	Elektr. Leitfähig- keit $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	Alkalinität 1/10 n HCl/100 cc	Chlorid g/l	Titrierbare Schwefelver- bindungen mg/l
1. Allgemeine	90,90	47,0	4,662	0,005384	8,35	1,0992	3,57
2. Adler	0,40	39,2	3,958	4112	6,77	0,5779	3,16
3. Schwanen	63,17	46,7	4,608	5309	8,20	1,0602	4,56
4. Großer H. Stein	108,28	47,2	4,620	5360	8,32	1,0744	3,68
5. Kleiner H. Stein	28,45	47,0	4,630	5343	8,25	1,0886	4,60
6. Limmat	124,27	47,2	4,656	5322	8,27	1,0886	3,91
7. St. Verena	30,64	47,0	4,644	5360	8,37	1,1063	4,22
8. Stadthof Kessel	18,73	46,2	4,632	5322	8,35	1,0815	3,98
9. „ Kleine	0,75	36,5	4,512	5200	8,40	1,0638	1,87
10. Wälderhut	41,83	48,0	4,590	5341	8,55	1,1134	4,08
11. Ochsen Paradies	25,03	46,8	4,384	5170	8,25	1,0602	4,32
12. „ Straßen	30,00	46,3	4,578	5385	8,20	1,0567	4,43
13. „ Kessel	1,27	45,5	4,484	5200	8,32	1,0638	4,05
14. Hinterhof	50,67	47,1	4,726	5450	8,47	1,0992	3,51
15. Bären Kessel	4,80	46,4	4,366	5170	8,45	1,0744	4,08
16. „ Carola	13,40	46,4	4,400	5164	8,45	1,0567	4,70
17. Verenahof	28,87	46,8	4,404	5140	8,35	1,0708	5,28

Tabelle 56

15. Juni 1944

Quellen	Erguß l/min.	Temp. ° C	Trocken- rückstand 105° g/l	Elektr. Leitfähig- keit $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	Alkalinität 1/10 n HCl/100 cc	Chlorid g/l	Titrierbare Schwefelver- bindungen mg/l
1. Allgemeine	91,30	47,0	4,556	0,005125	8,37	1,1169	4,05
2. Adler	0,44	39,4	3,858	4037	6,85	0,6240	2,59
3. Schwanen	59,80	46,8	4,524	5154	8,35	1,0815	4,12
4. Großer H. Stein	106,80	47,2	4,630	5304	8,37	1,1063	3,47
5. Kleiner H. Stein	27,40	47,1	4,628	5304	8,32	1,1028	3,62
6. Limmat	122,36	47,2	4,622	5243	8,30	1,0992	4,49
7. St. Verena	30,32	47,0	4,632	5367	8,35	1,1063	4,43
8. Stadthof Kessel	18,50	46,1	4,620	5243	8,40	1,1347	4,26
9. „ Kleine	0,75	36,4	4,600	5243	8,40	1,0957	0,12
10. Wälderhut	41,20	48,1	4,712	5496	8,52	1,1772	3,95
11. Ochsen Paradies	23,80	46,8	4,596	5184	8,45	1,1418	4,29
12. „ Straßen	30,30	46,5	4,550	5125	8,42	1,1230	4,46
13. „ Kessel	1,13	45,6	4,572	5154	8,44	1,1169	4,12
14. Hinterhof	49,72	47,1	4,668	5367	8,52	1,1382	3,81
15. Bären Kessel	4,70	46,4	4,600	5243	8,50	1,1524	3,71
16. „ Carola	13,40	46,5	4,600	5243	8,52	1,1418	4,53
17. Verenahof	26,26	46,8	4,658	5304	8,47	1,1559	4,94

Tabelle 57

18. Juli 1944

Quellen	Erguß l/min.	Temp. ° C	Trocken- rückstand 105° g/l	Elektr. Leitfähig- keit $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	Alkalinität 1/10 n HCl/100 cc	Chlorid g/l	Titrierbare Schwefelver- bindungen mg/l
1. Allgemeine	91,50	47,0	4,612	0,005200	8,47	1,1063	4,02
2. Adler	0,40	39,4	4,038	4065	6,70	0,7623	2,82
3. Schwanen	62,50	46,8	4,644	5261	8,25	1,0815	4,29
4. Großer H. Stein	106,80	47,0	4,688	5311	8,25	1,1169	4,70
5. Kleiner H. Stein	27,30	47,0	4,686	5311	8,20	1,1240	4,70
6. Limmat	123,00	47,0	4,664	5261	8,35	1,1098	4,29
7. St. Verena	30,75	46,7	4,734	5387	8,40	1,1453	4,63
8. Staadhof Kessel	18,40	46,2	4,694	5311	8,42	1,0992	4,02
9. „ Kleine	0,75	36,7	4,578	5081	8,50	1,0886	1,84
10. Wälderhut	41,10	48,0	4,774	5453	8,55	1,1790	4,46
11. Ochsen Paradies	23,46	46,4	4,640	5261	8,40	1,1524	4,02
12. „ Straßen	31,00	46,7	4,600	5200	8,42	1,1435	4,29
13. „ Kessel	0,96	46,2	4,602	5200	8,45	1,1347	3,51
14. Hinterhof	49,40	46,9	4,660	5261	8,40	1,1347	2,76
15. Bären Kessel	4,60	46,4	4,636	5261	8,45	1,1568	3,27
16. „ Carola	13,13	46,5	4,612	5200	8,42	1,1489	4,97
17. Verenhof	25,86	46,8	4,682	5311	8,45	1,1613	4,53

Tabelle 58

16. August 1944

Quellen	Erguß l/min.	Temp. ° C	Trocken- rückstand 105° g/l	Elektr. Leitfähig- keit $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	Alkalinität 1/10 n HCl/100 cc	Chlorid g/l	Titrierbare Schwefelver- bindungen mg/l
1. Allgemeine	90,70	47,0	4,668	0,005389	8,42	1,1169	4,02
2. Adler	0,25	39,7	4,046	4341	6,94	0,6631	2,62
3. Schwanen	68,40	46,7	4,582	5200	8,30	1,0744	4,46
4. Großer H. Stein	104,60	47,0	4,684	5470	8,15	1,1098	4,49
5. Kleiner H. Stein	27,00	46,9	4,676	5420	8,22	1,0886	4,87
6. Limmat	122,00	47,0	4,664	5491	8,00	1,0921	5,11
7. St. Verena	30,50	46,8	4,674	5420	8,30	1,1276	5,11
8. Staadhof Kessel	18,10	46,3	4,620	5292	8,42	1,0957	3,85
9. „ Kleine	0,70	36,7	4,664	5491	8,72	1,0815	3,81
10. Wälderhut	40,72	48,0	4,686	5470	8,52	1,1595	4,49
11. Ochsen Paradies	23,37	46,8	4,652	5453	8,50	1,1524	3,78
12. „ Straßen	26,50	46,7	4,642	5323	8,42	1,1347	3,20
13. „ Kessel	1,07	45,7	4,656	5355	8,02	1,1418	3,71
14. Hinterhof	49,33	46,9	4,692	5487	8,45	1,1418	3,37
15. Bären Kessel	4,30	46,6	4,668	5389	8,20	1,1524	4,46
16. „ Carola	12,66	46,5	4,668	5389	8,62	1,1489	4,90
17. Verenhof	25,20	47,0	4,718	5520	8,60	1,1489	4,46

Tabelle 59

15. September 1944

Quellen	Erguß l/min.	Temp. ° C	Trocken- rückstand 105° g/l	Elektr. Leitfähig- keit $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	Alkalinität 1/10 n HCl/100 cc	Chlorid g/l	Titrierbare Schwefelver- bindungen mg/l
1. Allgemeine	88,70	47,0	4,694	0,005389	8,30	1,0992	4,49
2. Adler	0,35	39,5	4,064	4300	6,80	0,6560	2,55
3. Schwanen	62,80	46,7	4,674	5355	8,14	1,0815	5,00
4. Großer H. Stein	102,90	46,9	4,624	5323	8,15	1,1081	4,08
5. Kleiner H. Stein	27,00	46,9	4,694	5437	8,32	1,1169	4,63
6. Limmat	120,17	47,0	4,613	5323	8,14	1,1347	4,60
7. St. Verena	30,00	46,8	4,659	5338	8,27	1,1347	4,32
8. Stadthof Kessel	17,53	46,2	4,580	5292	8,32	1,1169	3,98
9. „ Kleine	0,66	36,7	4,540	5320	8,30	1,0815	2,99
10. Wälderhut	40,65	48,0	4,650	5420	8,22	1,1613	3,98
11. Ochsen Paradies	22,67	46,7	4,576	5292	8,22	1,1347	4,43
12. „ Straßen	26,00	46,9	4,554	5261	8,70	1,1524	5,00
13. „ Kessel	1,10	46,4	4,592	5355	8,30	1,1524	4,43
14. Hinterhof	49,06	46,8	4,674	5437	8,44	1,1347	3,30
15. Bären Kessel	4,20	46,6	4,634	5355	8,20	1,1666	4,08
16. „ Carola	13,13	46,7	4,594	5308	8,44	1,1559	4,83
17. Verena Hof	24,90	46,5	4,578	5292	8,12	1,1559	4,87

Tabelle 60

13. Oktober 1944

Quellen	Erguß l/min.	Temp. ° C	Trocken- rückstand 105° g/l	Elektr. Leitfähig- keit $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	Alkalinität 1/10 n HCl/100 cc	Chlorid g/l	Titrierbare Schwefelver- bindungen mg/l
1. Allgemeine	89,40	47,0	4,646	0,005301	8,30	1,1081	3,64
2. Adler	0,40	39,2	4,026	4200	6,80	0,6382	2,55
3. Schwanen	63,68	46,7	4,590	5175	8,12	1,0638	4,05
4. Großer H. Stein	103,50	47,0	4,660	5301	8,42	1,0903	3,91
5. Kleiner H. Stein	27,40	46,9	4,638	5269	8,20	1,0815	4,05
6. Limmat	121,30	47,0	4,612	5221	8,30	1,0992	4,49
7. St. Verena	30,18	46,8	4,678	5366	8,44	1,1258	4,26
8. Stadthof Kessel	18,28	46,2	4,634	5269	8,15	1,0992	3,85
9. „ Kleine	0,68	38,5	4,620	5237	8,30	1,0772	3,06
10. Wälderhut	40,65	48,0	4,618	5237	8,40	1,1659	3,57
11. Ochsen Paradies	22,43	46,6	4,530	5084	8,30	1,1570	4,36
12. „ Straßen	25,80	47,0	4,584	5144	8,37	1,1347	4,39
13. „ Kessel	1,17	45,4	4,530	5084	8,42	1,1347	3,64
14. Hinterhof	48,93	46,7	4,666	5301	8,27	1,1215	2,38
15. Bären Kessel	4,50	46,6	4,610	5221	8,90	1,1435	3,64
16. „ Carola	12,73	46,8	4,582	5144	8,40	1,1524	4,66
17. Verena Hof	25,47	47,0	4,604	5205	8,32	1,1524	4,73

Tabelle 61

14. November 1944

Quellen	Erguß l/min.	Temp. ° C	Trocken- rückstand 103°-105° g/l	Elektr. Leitfähig- keit $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	Alkalinität 1/10 n HCl/100 cc	Chlorid g/l	Titrierbare Schwefelver- bindungen mg/l
1. Allgemeine	91,40	47,0	4,670	0,005340	8,15	1,1276	3,54
2. Adler	0,35	39,0	3,992	4122	6,55	0,6205	2,48
3. Schwanen	62,10	46,7	4,632	5251	8,15	1,0921	3,78
4. Großer H. Stein	103,70	46,9	4,661	5314	8,27	1,1382	3,27
5. Kleiner H. Stein	29,40	46,9	4,584	5189	8,10	1,1205	3,37
6. Limmat	123,90	47,0	4,627	5251	8,20	1,1453	3,44
7. St. Verena	31,05	46,5	4,660	5282	8,30	1,1276	3,54
8. Staadhof Kessel	18,30	46,0	4,632	5251	8,15	1,1382	2,76
9. „ Kleine	0,80	36,3	4,616	5220	8,20	1,0921	1,12
10. Wälderhut	41,45	48,0	4,660	5314	8,32	1,1453	3,20
11. Ochsen Paradies	23,40	46,6	4,566	5159	8,15	1,1453	3,88
12. „ Straßen	24,95	46,8	4,476	5129	8,00	1,1559	3,95
13. „ Kessel	1,20	45,5	4,616	5220	7,60	1,1382	3,78
14. Hinterhof	50,80	46,8	4,688	5379	8,12	1,1382	2,48
15. Bären Kessel	4,90	46,7	4,596	5189	8,15	1,1382	3,27
16. „ Carola	13,27	46,7	4,568	5159	8,32	1,1630	4,56
17. Verenahof	29,07	47,0	4,600	5189	8,25	1,1453	4,05

Tabelle 62

15. Dezember 1944

Quellen	Erguß l/min.	Temp. ° C	Trocken- rückstand 103°-105° g/l	Elektr. Leitfähig- keit $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	Alkalinität 1/10 n HCl/100 cc	Chlorid g/l	Titrierbare Schwefelver- bindungen mg/l
1. Allgemeine	93,50	47,0	4,646	0,005510	8,22	1,1168	4,08
2. Adler	0,55	39,0	3,980	4259	6,75	0,6276	2,31
3. Schwanen	60,50	46,5	4,604	5452	8,17	1,0744	3,85
4. Großer H. Stein	107,30	46,7	4,624	5459	8,27	1,1028	3,40
5. Kleiner H. Stein	29,90	46,8	4,642	5488	8,20	1,1098	4,26
6. Limmat	124,93	47,0	4,612	5452	8,17	1,0957	4,02
7. St. Verena	31,50	46,7	4,626	5473	8,15	1,1311	4,08
8. Staadhof Kessel	18,88	46,0	4,608	5430	8,20	1,0957	2,55
9. „ Kleine	0,80						
10. Wälderhut	41,85	48,0	4,620	5488	8,30	1,1453	5,11
11. Ochsen Paradies	24,27	46,7	4,580	5423	8,37	1,1205	4,49
12. „ Straßen	26,20	46,8	4,450	5242	8,30	1,1382	4,77
13. „ Kessel	1,40	45,4	4,510	5338	8,32	1,1169	4,60
14. Hinterhof	50,80	46,7	4,674	5525	8,17	1,1347	3,33
15. Bären Kessel	5,00	46,6	4,552	5401	8,37	1,1382	4,19
16. „ Carola	13,13	46,7	4,552	5408	8,30	1,1524	4,94
17. Verenahof	32,00	47,0	4,590	5430	8,32	1,1489	5,00

Die Kontrollanalysen des Jahres 1944 in Bezug auf die einzelnen Bestandteile betrachtet

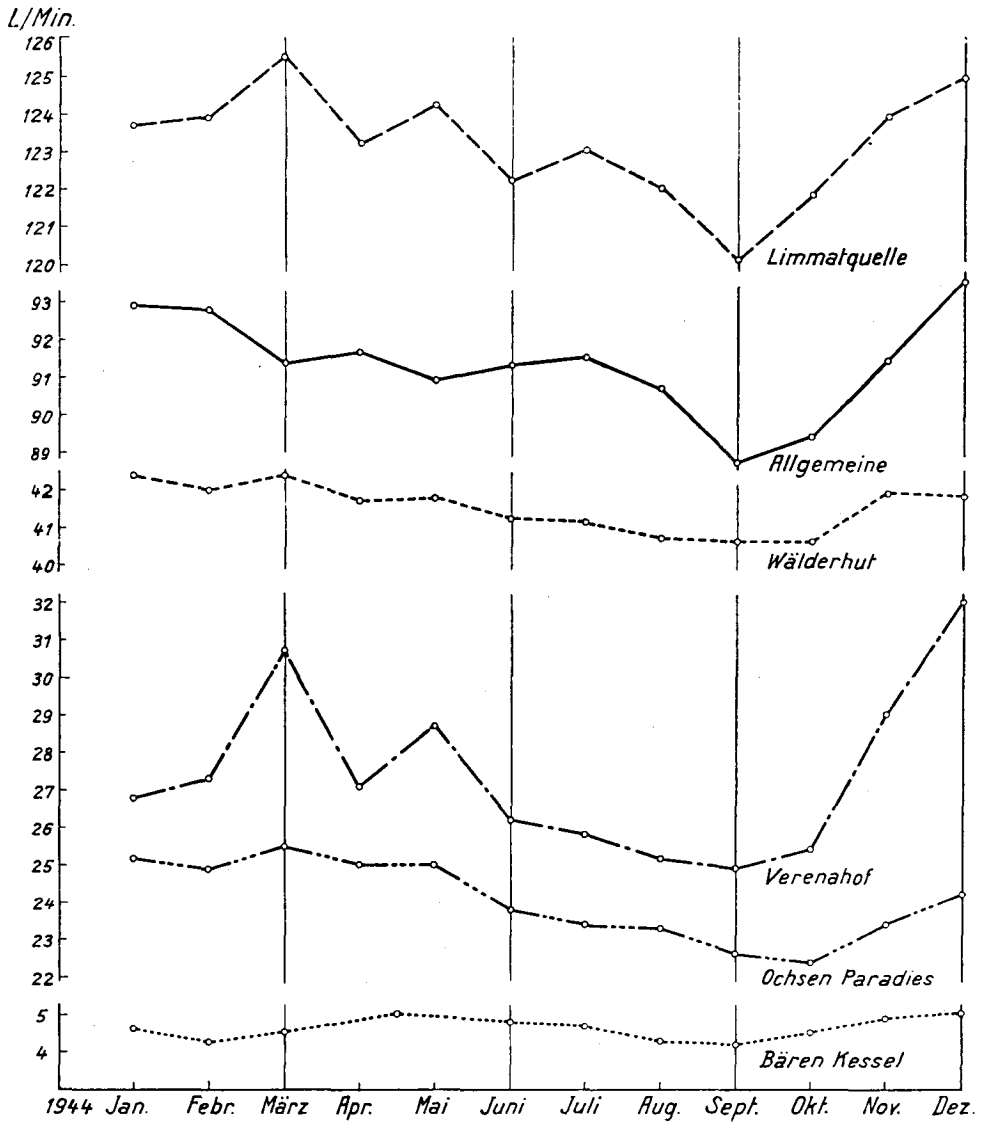


Diagramm 4. Der Erguß von 6 Thermalquellen

Tabelle 63

Erguß l/min.

Quellen	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	1944 Mittel- wert der einzel. Quellen
Allgemeine	92,90	92,80	91,30	91,60	90,90	91,30	91,50	90,70	88,70	89,40	91,40	93,50	91,33
Adler	0,37	0,40	0,43	0,35	0,40	0,44	0,40	0,25	0,35	0,40	0,35	0,55	0,39
Schwanen	64,10	66,67	73,53	63,70	63,17	59,80	62,50	68,40	62,80	63,68	62,10	60,50	64,25
Gr. H. Stein	97,67	98,13	105,55	109,00	108,28	106,80	106,80	104,60	102,90	103,50	103,70	107,30	104,52
Kl. H. Stein	33,00	33,20	29,53	27,10	28,45	27,40	27,30	27,00	27,00	27,40	29,40	29,90	28,89
Limmat	123,73	123,95	125,50	123,20	124,27	122,36	123,00	122,00	120,17	121,30	123,90	124,93	123,19
St. Verena	30,30	30,55	29,50	30,50	30,64	30,32	30,75	30,50	30,00	30,18	31,05	31,60	30,48
Staadhof Kessel	18,78	18,80	19,00	18,67	18,73	18,50	18,40	18,10	17,53	18,28	18,30	18,88	18,49
„ Kleine	0,70	0,80	0,80	0,80	0,75	0,75	0,75	0,70	0,66	0,68	0,80	0,80	0,74
Wälderhut	42,43	42,00	42,40	41,73	41,83	41,20	41,10	40,72	40,65	40,65	41,45	41,85	41,33
Ochsen Paradies	25,20	24,90	25,53	25,00	25,03	23,80	23,46	23,37	22,67	22,43	23,40	24,27	24,08
„ Straßen	29,70	25,20	28,00	26,17	30,00	30,30	31,00	26,50	26,00	25,80	24,95	26,20	27,25
„ Kessel	1,27	1,33	1,23	1,33	1,27	1,13	0,96	1,07	1,10	1,17	1,20	1,40	1,20
Hinterhof	50,60	50,00	50,80	50,00	50,67	49,72	49,40	49,33	49,06	48,93	50,80	50,80	49,94
Bären Kessel	4,60	4,30	4,50	5,00	4,80	4,70	4,60	4,30	4,20	4,50	4,90	5,00	4,61
„ Carola	13,67	13,80	13,47	13,40	13,40	13,40	13,13	12,66	13,13	12,73	13,27	13,13	13,26
Verenahof	26,80	27,33	30,70	27,10	28,87	26,26	25,86	25,20	24,90	25,47	29,07	32,00	27,46
Total Erguß aller Quellen	655,82	654,16	671,77	654,65	661,46	648,18	650,91	645,50	631,82	636,50	620,24	663,50	

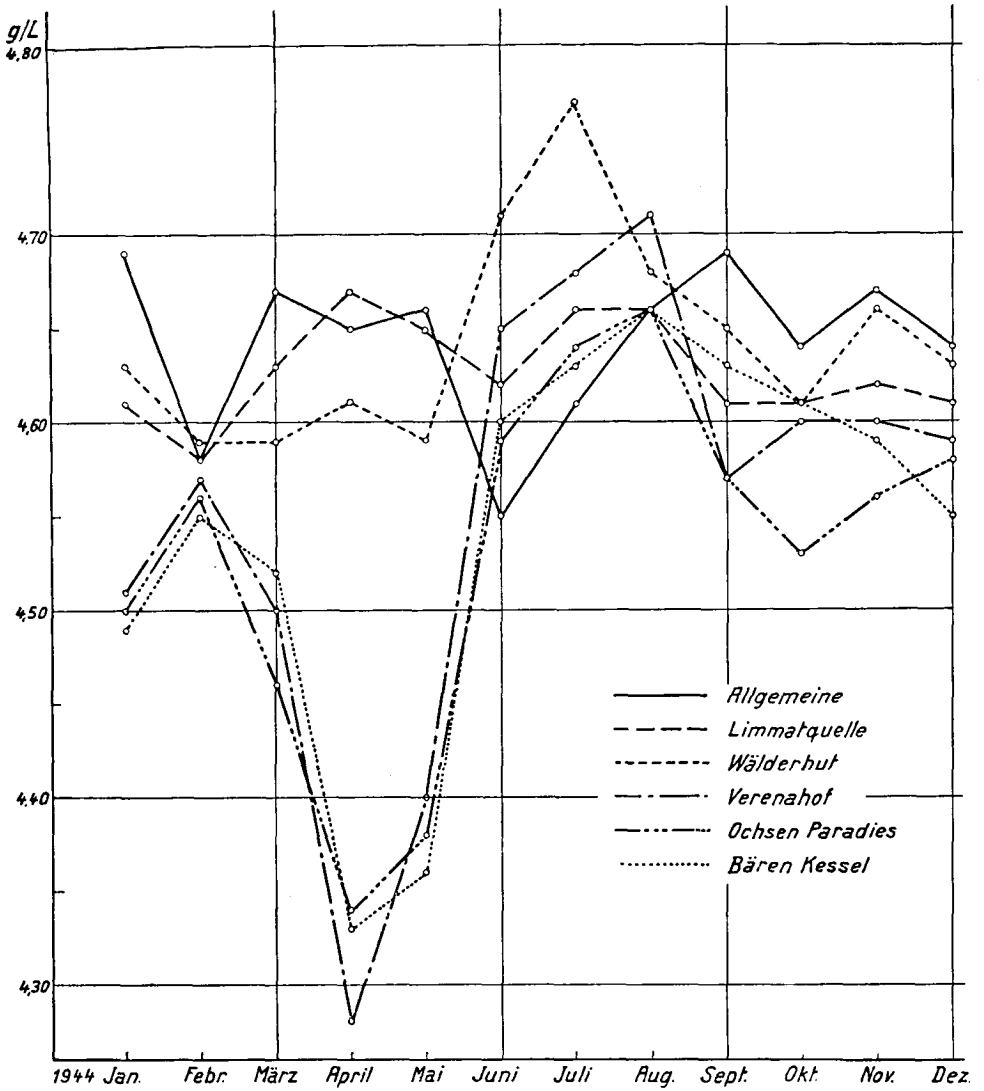


Diagramm 5. Der Trockenrückstand von 6 Thermalquellen

Tabelle 64
Trockenrückstand g/l

Quellen	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	1944 Mittel- wert der einzel. Quellen
Allgemeine	4,693	4,586	4,676	4,658	4,662	4,556	4,612	4,668	4,694	4,646	4,670	4,646	4,647
Adler	4,351	4,128	4,038	3,958	3,958	3,858	4,038	4,046	4,064	4,026	3,992	3,980	4,036
Schwanen	4,583	4,558	4,640	4,602	4,608	4,524	4,644	4,582	4,674	4,590	4,632	4,604	4,603
Gr. H. Stein	4,584	4,592	4,564	4,674	4,620	4,630	4,688	4,684	4,624	4,660	4,660	4,624	4,634
Kl. H. Stein	4,519	4,600	4,552	4,694	4,630	4,628	4,686	4,676	4,694	4,638	4,584	4,642	4,629
Limmat	4,619	4,584	4,634	4,676	4,656	4,622	4,664	4,664	4,613	4,612	4,627	4,612	4,632
St. Verena	4,601	4,616	4,608	4,626	4,644	4,632	4,734	4,674	4,659	4,678	4,660	4,626	4,653
Staadhof Kessel	4,610	4,554	4,542	4,640	4,632	4,620	4,694	4,620	4,580	4,634	4,632	4,608	4,614
„ Kleine	4,576	4,544	4,588	4,592	4,512	4,602	4,578	4,664	4,540	4,620	4,616		4,584
Wälderhut	4,635	4,596	4,596	4,614	4,590	4,712	4,774	4,686	4,650	4,618	4,660	4,620	4,646
Ochsen Paradies	4,500	4,564	4,466	4,344	4,384	4,596	4,640	4,652	4,576	4,530	4,566	4,580	4,533
„ Straßen	4,513	4,512	4,538	4,382	4,578	4,550	4,600	4,642	4,554	4,584	4,476	4,450	4,531
„ Kessel	4,511	4,568	4,516	4,406	4,484	4,572	4,602	4,656	4,592	4,530	4,616	4,510	4,546
Hinterhof	4,615	4,620	4,608	4,682	4,726	4,668	4,660	4,692	4,674	4,666	4,688	4,674	4,664
Bären Kessel	4,490	4,550	4,520	4,334	4,366	4,600	4,636	4,668	4,634	4,610	4,596	4,552	4,546
„ Carola	4,520	4,528	4,528	4,340	4,400	4,600	4,612	4,668	4,594	4,582	4,568	4,552	4,541
Verenahof	4,515	4,578	4,504	4,288	4,404	4,658	4,682	4,718	4,578	4,604	4,600	4,590	4,559
Mittelwert aller Quellen	4,555	4,545	4,541	4,500	4,520	4,566	4,620	4,627	4,587	4,577	4,579	4,523	

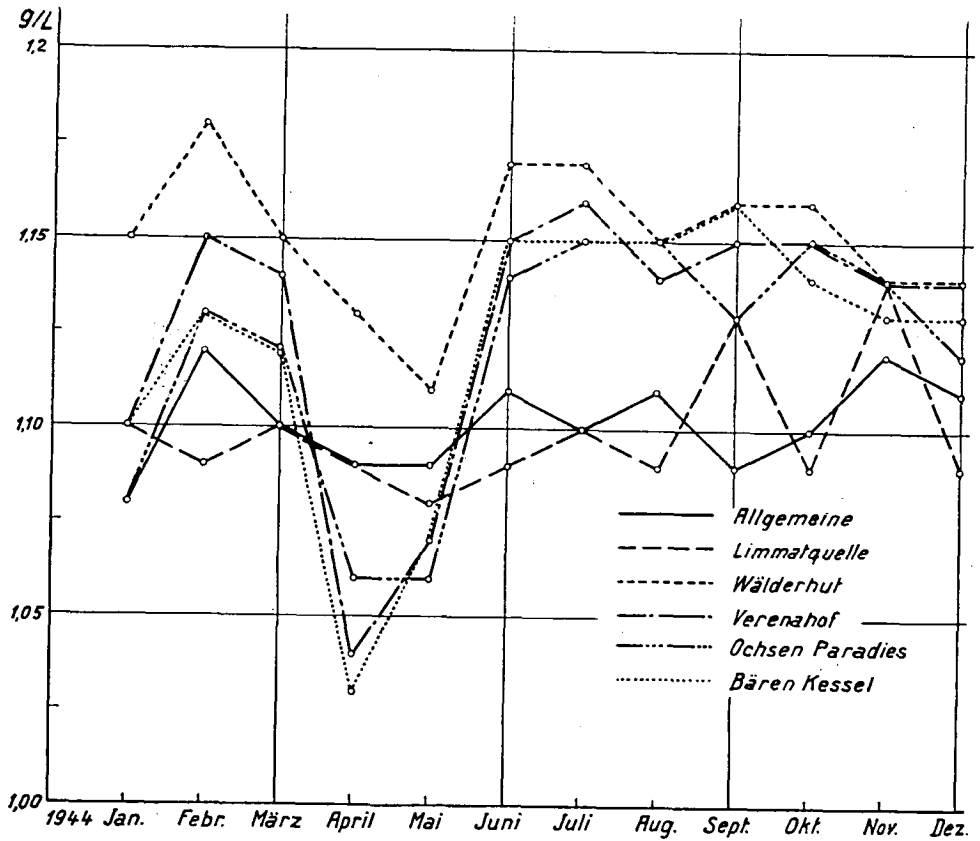


Diagramm 6. Der Chloridgehalt von 6 Thermalquellen

Tabelle 65
Chlorid g/l

Quellen	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	1944 Mittelwert der einzel. Quellen
Allgemeine	1,0886	1,1276	1,1063	1,0992	1,0992	1,1169	1,1063	1,1169	1,0992	1,1081	1,1276	1,1169	1,1094
Adler	0,9148	0,7872	0,6311	0,6170	0,5779	0,6240	0,7623	0,6631	0,6560	0,6382	0,6205	0,6276	0,6766
Schwanen	1,0212	1,0708	1,0531	1,0496	1,0602	1,0815	1,0815	1,0744	1,0815	1,0638	1,0921	1,0744	1,0670
Gr. H. Stein	1,0886	1,0850	1,0957	1,0957	1,0744	1,1063	1,1169	1,1098	1,1081	1,0903	1,1382	1,1028	1,1009
Kl. H. Stein	1,0886	1,1124	1,1028	1,0957	1,0886	1,1028	1,1240	1,0886	1,1169	1,0815	1,1205	1,1098	1,1027
Limmat	1,1063	1,0992	1,1028	1,0992	1,0886	1,0992	1,1098	1,0921	1,1347	1,0992	1,1453	1,0957	1,1060
St. Verena	1,1230	1,1311	1,1311	1,1169	1,1063	1,1347	1,1453	1,1276	1,1347	1,1258	1,1276	1,1311	1,1279
Staadhof Kessel	1,0815	1,1028	1,0638	1,0638	1,0815	1,1063	1,0992	1,0957	1,1169	1,0992	1,1382	1,0957	1,0954
„ Kleine	1,0673	1,0850	1,0708	1,0708	1,0638	1,0957	1,0886	1,0815	1,0815	1,0772	1,0921		1,0794
Wälderhut	1,1595	1,1833	1,1595	1,1347	1,1134	1,1772	1,1790	1,1595	1,1613	1,1659	1,1453	1,1453	1,1569
Ochsen Paradies	1,0886	1,1382	1,1230	1,0638	1,0602	1,1418	1,1524	1,1524	1,1347	1,1570	1,1453	1,1205	1,1231
„ Straßen	1,1063	1,1311	1,1205	1,0850	1,0567	1,1230	1,1435	1,1347	1,1524	1,1347	1,1559	1,1382	1,1235
„ Kessel	1,1063	1,1276	1,1230	1,0789	1,0638	1,1169	1,1347	1,1418	1,1524	1,1347	1,1382	1,1169	1,1196
Hinterhof	1,1524	1,1382	1,1311	1,1230	1,0992	1,1382	1,1347	1,1418	1,1347	1,1215	1,1382	1,1347	1,1323
Bären Kessel	1,1063	1,1311	1,1230	1,0389	1,0744	1,1524	1,1568	1,1524	1,1666	1,1435	1,1382	1,1382	1,1277
„ Carola	1,1230	1,1559	1,1230	1,0212	1,0567	1,1418	1,1489	1,1489	1,1559	1,1524	1,1630	1,1524	1,1286
Verena Hof	1,1063	1,1559	1,1418	1,0496	1,0708	1,1559	1,1613	1,1489	1,1559	1,1524	1,1453	1,1453	1,1327
Mittelwert aller Quellen	1,0899	1,1039	1,0824	1,0531	1,0491	1,0943	1,1085	1,0958	1,1025	1,0909	1,1042	1,0905	

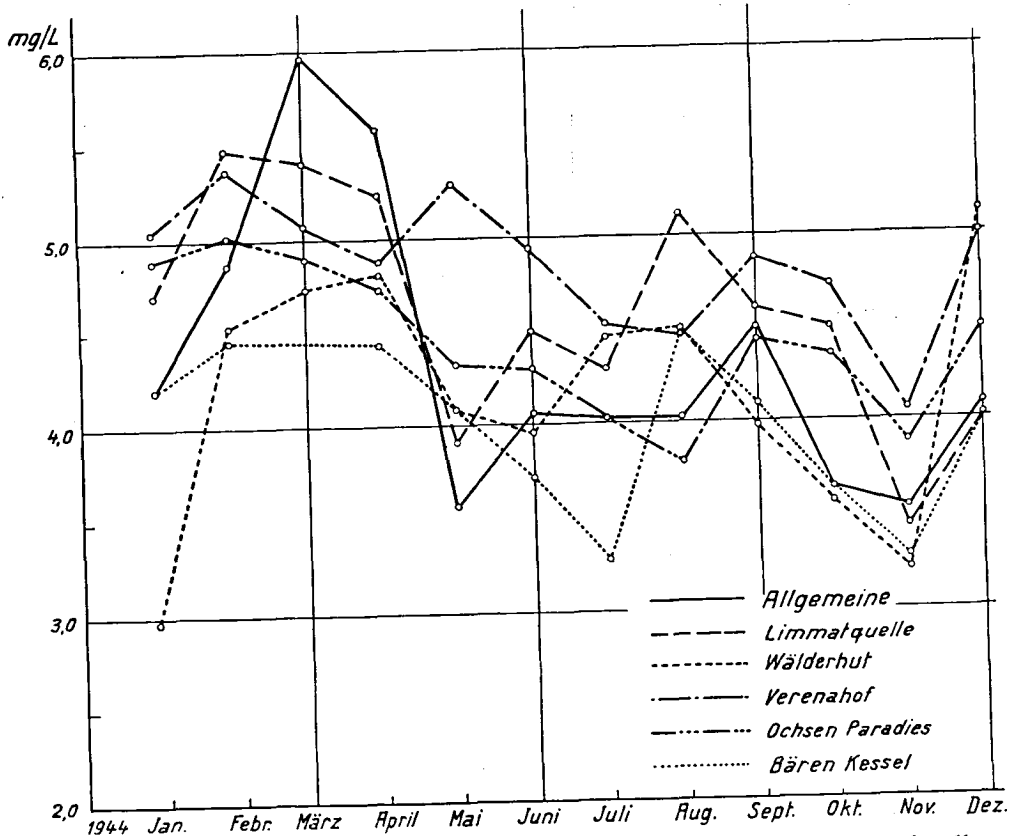


Diagramm 7. Der Gehalt an titrierbaren Schwefelverbindungen von 6 Thermalquellen

Tabelle 66
 Titrierbare Schwefelverbindungen mg/l

Quellen	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	1944 Mittelwert der einzel. Quellen
Allgemeine	4,1918	4,8734	5,9640	5,5891	3,5784	4,0555	4,0214	4,0214	4,4985	3,6465	3,5443	4,0896	4,3394
Adler	3,6124	3,6465	3,4187	3,8169	3,1694	2,5900	2,8286	2,6241	2,5560	2,5560	2,4878	2,3174	2,9686
Schwanen	5,9980	5,6572	5,4187	5,0779	4,5667	4,1236	4,2940	4,4644	5,0097	4,0555	3,7828	3,8510	4,6916
Gr. H. Stein	3,1694	4,3622	5,3505	5,1460	3,6806	3,4761	4,7030	4,4985	4,0896	3,9192	3,2716	3,4080	4,0896
Kl. H. Stein	3,5102	2,2492	5,1801	5,1460	4,6008	3,6265	4,7030	4,8734	4,6348	4,0555	3,3739	4,2600	4,1844
Limmat	4,7030	5,4868	5,4187	5,2483	3,9192	4,4985	4,2940	5,1120	4,6008	4,4985	3,4420	4,0214	4,6036
St. Verena	4,5326	4,8734	4,5667	5,4187	4,2259	4,2600	4,6348	5,1120	4,3281	4,2600	3,5443	4,0896	4,4873
Staadhof Kessel	3,4080	3,3398	5,0779	4,4644	3,9873	4,4304	4,0214	3,8510	3,9873	3,8510	2,7604	2,5560	3,8112
Kleine	1,8062	4,1918	2,4196	2,8286	1,8744	0,1260	1,8403	3,8169	2,9990	3,0672	1,1246		2,3722
Wälderhut	2,9649	4,5326	4,7371	4,8052	4,0896	3,9532	4,4644	4,4985	3,9873	3,5784	3,2035	5,1120	4,1605
Ochsen Paradies	4,8874	5,0151	4,9075	4,7371	4,3281	4,2940	4,0214	3,7828	4,4304	4,3622	3,8851	4,4985	4,4291
Straßen	5,8276	5,3729	5,3164	4,9075	4,4304	4,4644	4,2940	3,2035	5,0097	4,3963	3,9532	4,7712	4,6622
Kessel	5,2142	4,7084	4,6689	4,2259	4,0555	4,1236	3,5102	3,7147	4,4304	3,6465	3,7828	4,6008	4,2235
Hinterhof	4,5326	4,6572	4,2600	3,8510	3,5102	3,8169	2,7604	3,3739	3,3057	2,3856	2,4878	3,3398	3,5234
Bären Kessel	4,1918	4,4528	4,8052	4,4304	4,0896	3,7147	3,2716	4,4644	4,0896	3,6465	3,2716	4,1918	4,0516
Carola	5,0438	5,5944	5,4868	4,7712	4,7030	4,5326	4,9756	4,9075	4,8393	4,6689	4,5667	4,9416	4,9193
Verena Hof	5,0438	5,3729	5,0779	4,8734	5,2824	4,9416	4,5326	4,4644	4,8732	5,7371	4,0555	5,0097	4,8553
Mittelwert aller Quellen	4,2728	4,6109	4,8279	4,6669	4,0053	3,8251	3,9512	4,1637	4,2158	3,8429	3,3257	4,0661	

**Erguß- und Gehaltsschwankungen von 6 Quellen in Prozenten
des Mittelwertes**

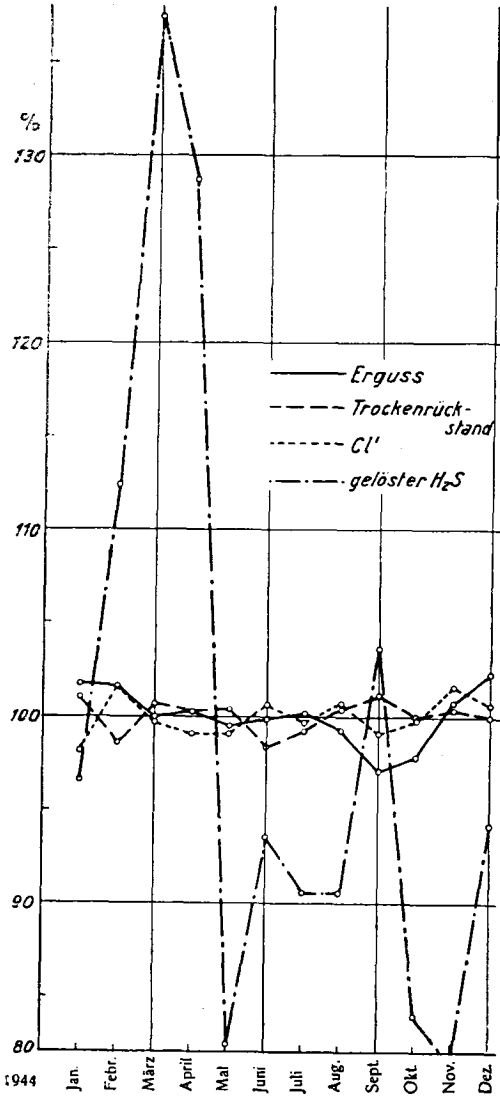


Diagramm 8. Allgemeine Quelle

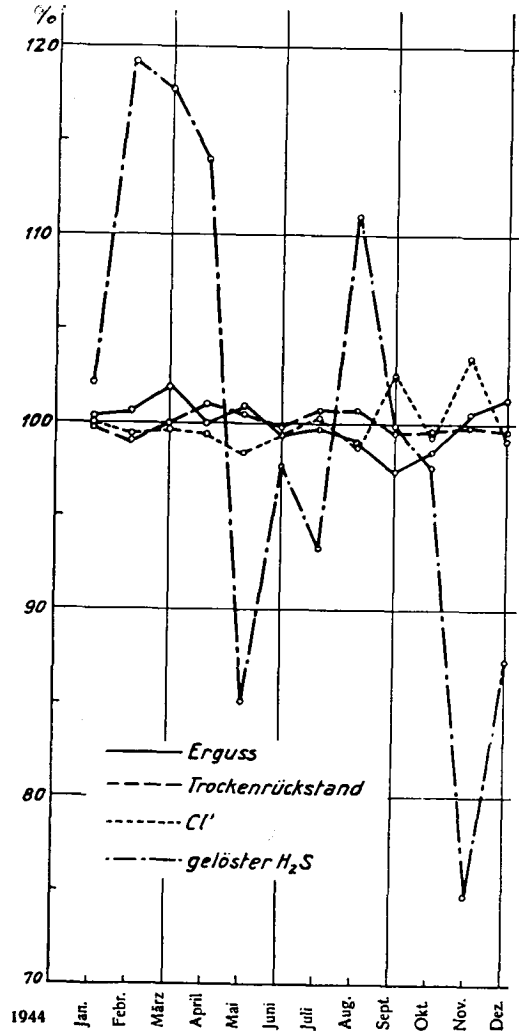


Diagramm 9. Limmatquelle

Tabelle 67

Allgemeine Quelle

Monat	Tag	Erguß		Trockenrückstand		Chlorid		Titrierbare Schwefelverbindungen	
		l/min.	%	g/l	%	g/l	%	mg/l	%
Januar	18.	92,90	101,70	4,693	100,99	1,0886	98,12	4,1918	96,59
Februar	15.	92,80	101,60	4,586	98,68	1,1276	101,64	4,8734	112,30
März	19.	91,30	99,96	4,676	100,62	1,1063	99,72	5,9640	137,43
April	20.	91,60	100,29	4,658	100,23	1,0992	99,08	5,5891	128,79
Mai	19.	90,90	99,52	4,662	100,32	1,0992	99,08	3,5784	82,46
Juni	15.	91,30	99,96	4,556	98,04	1,1169	100,67	4,0555	93,45
Juli	18.	91,50	100,18	4,612	99,24	1,1063	99,72	4,0214	90,59
August	16.	90,70	99,31	4,668	100,45	1,1169	100,67	4,0214	90,59
September	15.	88,70	97,12	4,694	101,01	1,0992	99,08	4,4985	103,66
Oktober	13.	89,40	97,88	4,646	99,98	1,1081	99,88	3,6465	84,03
November	14.	91,40	100,07	4,670	100,49	1,1276	101,64	3,5443	81,67
Dezember	15.	93,50	102,37	4,646	99,98	1,1169	100,67	4,0896	94,24

Tabelle 68

Limmatquelle

Monat	Tag	Erguß		Trockenrückstand		Chlorid		Titrierbare Schwefelverbindungen	
		l/min.	%	g/l	%	g/l	%	mg/l	%
Januar	18.	123,73	100,4	4,619	99,7	1,1063	100,0	4,7030	102,2
Februar	15.	123,95	100,6	4,584	99,0	1,0992	99,4	5,4868	119,2
März	19.	125,50	101,9	4,634	100,0	1,1028	99,7	5,4187	117,7
April	20.	123,20	100,0	4,676	101,0	1,0992	99,4	5,2483	114,0
Mai	19.	124,27	100,9	4,656	100,5	1,0886	98,4	3,9192	85,1
Juni	15.	122,36	99,3	4,622	99,8	1,0992	99,4	4,4985	97,7
Juli	18.	123,00	99,8	4,664	100,7	1,1098	100,3	4,2940	93,3
August	16.	122,00	99,0	4,664	100,7	1,0921	98,7	5,1120	111,0
September	15.	120,17	97,5	4,613	99,6	1,1347	102,6	4,6008	99,9
Oktober	13.	121,30	98,5	4,612	99,6	1,0992	99,4	4,4985	97,7
November	14.	123,90	100,6	4,627	99,9	1,1453	103,6	3,4420	74,8
Dezember	15.	124,93	101,4	4,612	99,6	1,0957	99,1	4,0214	87,4

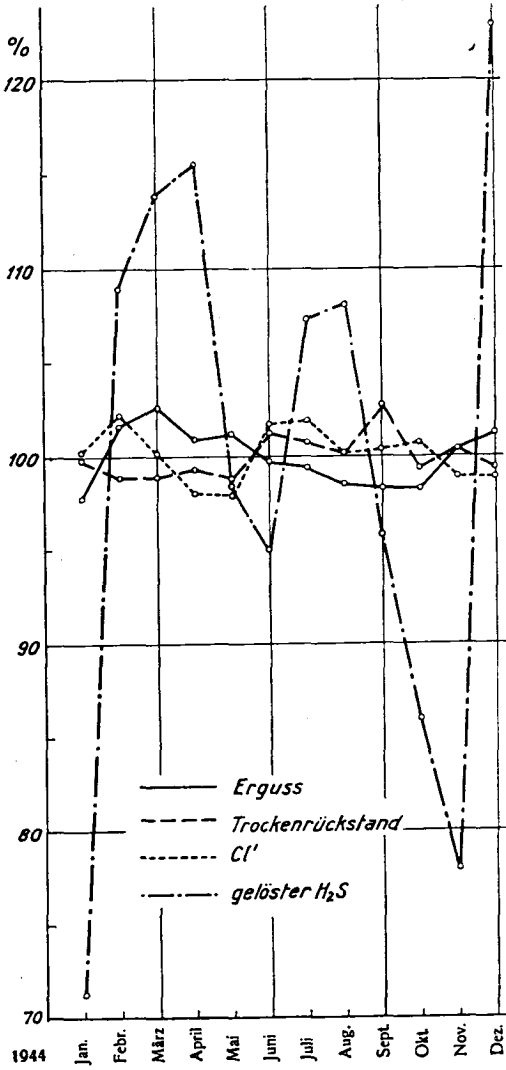


Diagramm 10. Wälderhutquelle

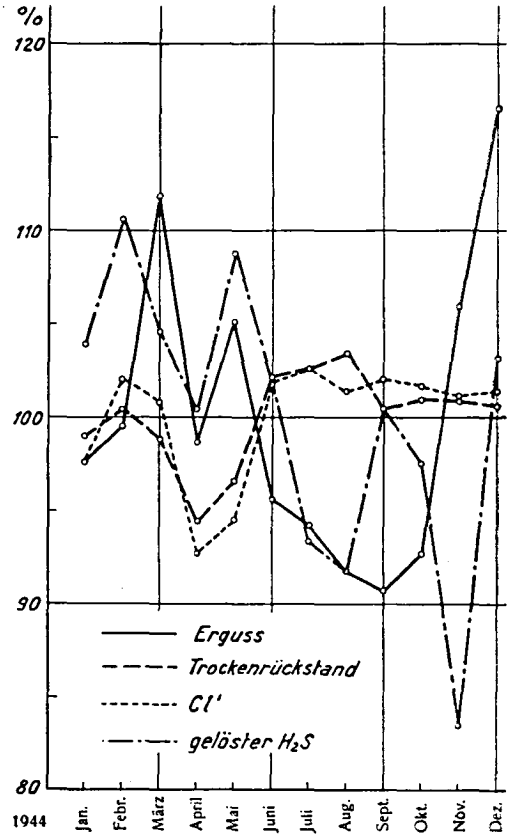


Diagramm 11. Verenahofquelle

Tabelle 69
Wälderhutquelle

Monat 1944	Tag	Erguß		Trockenrückstand		Chlorid		Titrierbare Schwefel- verbindungen	
		l/min.	%	g/l	%	g/l	%	mg/l	%
Januar	18.	40,43	97,8	4,635	99,8	1,1595	100,2	2,9649	71,3
Februar	15.	42,00	101,6	4,596	98,9	1,1833	102,2	4,5326	108,9
März	19.	42,40	102,6	4,596	98,9	1,1595	100,2	4,7371	113,9
April	20.	41,73	100,9	4,614	99,3	1,1347	98,0	4,8052	115,5
Mai	19.	41,83	101,2	4,590	98,8	1,1334	97,9	4,0896	98,3
Juni	15.	41,20	99,7	4,712	101,2	1,1772	101,7	3,9532	95,0
Juli	18.	41,10	99,4	4,774	100,8	1,1790	101,9	4,4644	107,3
August	16.	40,72	98,5	4,686	100,1	1,1595	100,2	4,4985	108,1
September	15.	40,65	98,3	4,650	102,7	1,1613	100,3	3,9873	95,8
Oktober	13.	40,65	98,3	4,618	99,4	1,1659	100,7	3,5784	86,0
November	14.	41,45	100,3	4,660	100,3	1,1453	98,9	3,2035	77,0
Dezember	15.	41,85	101,2	4,620	99,4	1,1453	98,9	5,1120	122,9

Tabelle 70
Verenahof-Quelle

Monat 1944	Tag	Erguß		Trockenrückstand		Chlorid		Titrierbare Schwefel- verbindungen	
		l/min.	%	g/l	%	g/l	%	mg/l	%
Januar	18.	26,80	97,6	4,515	99,0	1,1063	97,7	5,0438	103,9
Februar	15.	27,33	99,5	4,578	100,4	1,1559	102,0	5,3729	110,7
März	19.	36,70	111,8	4,504	98,8	1,1418	100,8	5,0779	104,6
April	20.	27,10	98,7	4,288	94,4	1,0496	92,7	4,8734	100,4
Mai	19.	28,87	105,1	4,404	96,6	1,0708	84,5	5,2824	108,8
Juni	15.	26,26	95,6	4,658	102,1	1,1559	102,0	4,9416	101,8
Juli	18.	25,86	94,2	4,682	102,6	1,1613	102,5	4,5326	93,4
August	16.	25,20	91,8	4,718	103,4	1,1481	101,4	4,4644	91,9
September	15.	24,90	90,7	4,578	100,4	1,1559	102,0	4,8732	100,4
Oktober	13.	25,47	92,7	4,604	101,0	1,1524	101,7	4,7371	97,6
November	14.	29,07	105,9	4,600	100,9	1,1453	101,1	4,0555	83,5
Dezember	15.	32,00	116,5	4,590	100,6	1,1489	101,4	5,0097	103,2

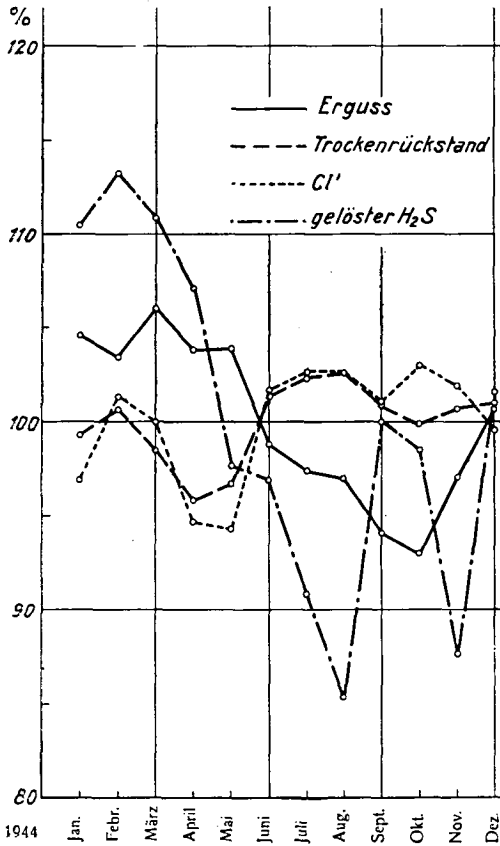


Diagramm 12. Ochsens Paradiesquelle

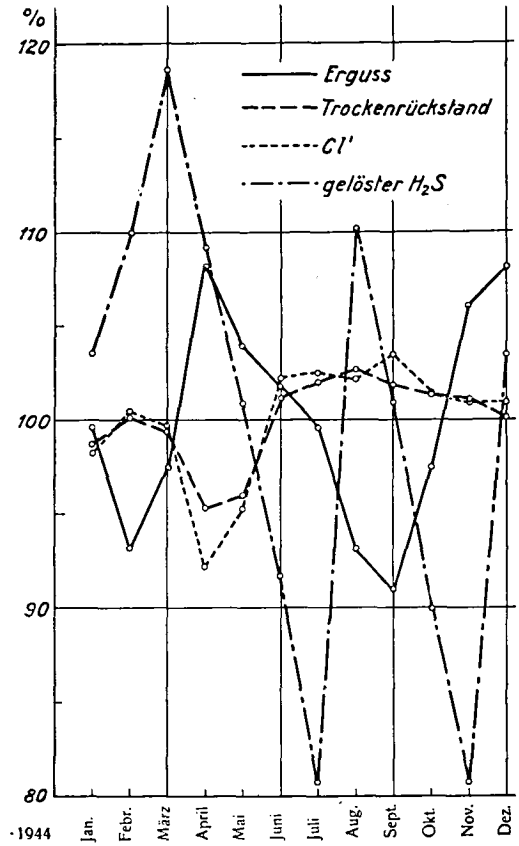


Diagramm 13. Bären Kesselquelle

Tabelle 71
Ochsens Paradies-Quelle

Monat 1944	Tag	Erguß		Trockenrückstand		Chlorid		Titrierbare Schwefel- verbindungen	
		l/min.	%	g/l	%	g/l	%	mg/l	%
Januar	18.	25,20	104,6	4,500	99,3	1,0886	96,9	4,8874	110,3
Februar	15.	24,90	103,4	4,564	100,7	1,1382	101,3	5,0151	113,2
März	19.	25,53	106,0	4,466	98,5	1,1230	99,9	4,9075	110,8
April	20.	25,00	103,8	4,344	95,8	1,0638	94,7	4,7371	107,0
Mai	19.	25,03	103,9	4,384	96,7	1,0602	94,3	4,3281	97,7
Juni	15.	23,80	98,8	4,596	101,4	1,1418	101,6	4,2940	96,9
Juli	18.	23,46	97,4	4,640	102,4	1,1524	102,6	4,0214	90,8
August	16.	23,37	97,0	4,652	102,6	1,1524	102,6	3,7828	85,4
September	15.	22,67	94,1	4,576	100,9	1,1347	101,0	4,4304	100,0
Oktober	13.	22,43	93,1	4,530	99,9	1,1570	103,0	4,3622	98,5
November	14.	23,40	97,1	4,566	100,7	1,1453	101,9	3,8851	87,7
Dezember	15.	24,27	100,8	4,580	101,0	1,1205	99,7	4,4985	101,6

Tabelle 72
Bären Kessel-Quelle

Monat 1944	Tag	Erguß		Trockenrückstand		Chlorid		Titrierbare Schwefel- verbindungen	
		l/min.	%	g/l	%	g/l	%	mg/l	%
Januar	18.	4,60	99,6	4,490	98,8	1,1063	98,2	4,1918	103,5
Februar	15.	4,30	93,2	4,550	100,1	1,1311	100,4	4,4528	109,9
März	19.	4,50	97,5	4,520	99,4	1,1230	99,6	4,8052	118,6
April	20.	5,00	108,2	4,334	95,3	1,0389	92,2	4,4304	109,2
Mai	19.	4,80	103,9	4,366	96,0	1,0744	95,3	4,0896	100,9
Juni	15.	4,70	101,8	4,600	101,2	1,1524	102,2	3,7147	91,7
Juli	18.	4,60	99,6	4,636	102,0	1,1568	102,6	3,2714	80,8
August	16.	4,30	93,2	4,668	102,7	1,1524	102,2	4,4642	110,2
September	15.	4,20	91,0	4,634	101,9	1,1666	103,5	4,0896	100,9
Oktober	13.	4,50	97,5	4,610	101,4	1,1435	101,5	3,6465	90,0
November	14.	4,90	106,1	4,596	101,1	1,1382	101,0	3,2716	80,8
Dezember	15.	5,00	108,2	4,552	100,1	1,1382	101,0	4,1918	103,5

J. Anhang:

Die Menge des täglich geförderten Thermalwassers und seiner festen und flüchtigen Bestandteile

Es ist interessant zu verfolgen, wie groß eigentlich die Leistung der Badener Thermen ist. Es haben sich mit dieser Frage schon mehrere Autoren befaßt. Sie berechneten zumeist den Erguß und die Menge der geförderten festen und flüchtigen Bestandteile pro Stunde, Tag und Jahr. Es wird im Folgenden darauf verzichtet, die Berechnungen pro Stunde und Jahr mitzuteilen, denn für eine Stunde ergeben sich zu kleine, für ein Jahr aber zu große Mengen, die das Vorstellungsvermögen überschreiten. Dagegen werden die Mengen pro Minute angegeben, weil der Minuten-Liter das Grundmaß der Ergußmessungen bildet. Am besten läßt sich die Größenordnung für 1 Tag = 24 Stunden überblicken. Ferner wird hier darauf verzichtet, den Anteil von Kochsalz und Gips an den festen Bestandteilen anzugeben, weil man ja nicht weiß, in welchem Verhältnis sich diese Salze im Wasser gelöst befinden und wie sie sich beim Abdampfen des Wassers wieder ausscheiden würden. Auch bei den Gasen wird nicht der Anteil von Kohlensäure, Stickstoff und Schwefelwasserstoff, sondern nur die Gesamtmenge mitgeteilt. Schlußendlich sind im Folgenden immer nur abgerundete Zahlen wiedergegeben.

Während man sich früher damit begnügte, auf die „staunenswerte“ Menge des stündlich, täglich und jährlich zutage geförderten Thermalwassers und seiner Bestandteile hinzuweisen, versuchte als erster *Scheuchzer* (198) eine genauere Berechnung vorzunehmen. Da ihm Gefäße zu Ergiebigkeits-

messungen nicht zur Verfügung standen, ging er von der Schätzung des Volumens der in Baden vorhandenen Badebassins aus. Seine Berechnung lautet folgendermaßen:

In ein Bassin von mittlerer Größe fließen in 24 Stunden 292 688 000 kubische Pariser Linien ⁷³⁾ = 3359 l. In Baden bestehen 161 solcher Bassins, so daß der Totalerguß 540 912 1/24 Std. beträgt. Dieses Ergebnis steht allerdings im Widerspruch zu seiner ersten Schätzung, die er auf 463 036 Badener Stadt Maß ⁷⁴⁾ = 420 371 Badener Land Maß ⁷⁵⁾ = 725 577 1/24 Std. veranschlagte. Bedenkt man, daß in jener Zeit so ergiebige Quellen wie die Limmat-, Verena- und Schwanenquelle noch nicht entdeckt waren, so stimmen diese Zahlen mit dem heutigen durchschnittlichen Erguß von ca. 1 000 000 1/24 Std. nicht schlecht überein.

Die in 463 036 Badener Stadt Maß enthaltene Menge Salz berechnete *Scheuchzer* auf 482 gemeine Pfund ⁷⁶⁾ = 231 kg/24 Std. Diese Berechnung weicht allerdings erheblich von den heutigen Werten ab. Sie steht übrigens ebenfalls im Widerspruch zu einer anderen Berechnung *Scheuchzers*, bei welcher er angibt, daß 1 Badener Stadt Maß durchschnittlich 95 Gran = 5,20 g Salz enthalte. Nach dieser Angabe würden also 463 036 Badener Stadt Maß Thermalwasser ca. 2400 kg Salz/24 Std. enthalten, was viel besser mit den heutigen Kenntnissen übereinstimmen würde. Außerdem ist noch zu bedenken, daß *Scheuchzer* hier nur von den salzigen Teilen spricht, also unter Abzug der „irdigen“ und „flüchtigen“ Teile. Der Trockenrückstand ist bedeutend höher. Er beträgt im Mittel auf 1 Badener Stadt Maß ca. 130 Gran = ca. 8 g. Demnach würden 463 031 Badener Stadt Maß = 725 577 1/24 Std. rund 3700 kg/24 Std. feste Bestandteile enthalten, was wiederum mit den heutigen Zahlen recht gut übereinstimmt.

100 Jahre später konnte sich *Löwig* (104) für seine Berechnungen auf genauere Ergußmessungen an den Quellen selbst stützen. Eine Messung der damaligen Zeit (ca. 1835) ergab einen Totalerguß von 482 Badener Stadt Maß/Min. = 756 l/Min. Das macht 694 440 Badener Stadt Maß/24 Std. = 1 083 640 1/24 Std. Diese Berechnung stimmt ziemlich mit der heutigen überein, obwohl damals zwar schon die Limmatquelle, aber noch nicht die Schwanen-, Verena-, Adler- und Ochsenquelle mitinbegriffen waren.

Die Menge der im Tag geförderten Bestandteile stellt sich nach *Löwig* auf 13 188 medizinische Pfund ⁷⁷⁾ = rund 5000 kg/24 Std., wenn 1000 Teile Thermalwasser 4,3 Teile feste Bestandteile enthalten.

Die Berechnung der Gasmenge nahm *Löwig* folgendermaßen vor: Er ging von der St. Verenaquelle aus, deren Gasmenge er mit ca. 70 Kubik Zoll ⁷⁸⁾/

⁷³⁾ 1 kubische Pariser Linie = 11,478 mm³.

⁷⁴⁾ 1 Badener Stadt Maß = 136 583 kubische Pariser Linien = 1,56 l.

⁷⁵⁾ 1 Badener Land Maß = 150 397 kubische Pariser Linien = 1,72 l.

⁷⁶⁾ 1 gemeines Pfund = 16 Unzen; 1 Unze = 29,581 g; 1 gemeines Pfund also ca. 480 g.

⁷⁷⁾ 1 medizinisches Pfund = 12 Unzen, 1 Unze = 29,581 g; 1 med. Pfund also ca. 355 g.

⁷⁸⁾ 1 Kubik Zoll = 27 ccm.

Min. = 1890 ccm/Min. bestimmte. Der Erguß der Quelle betrug 44 Badener Stadt Maß/Min. = ca. 69 l/Min. *Löwig* nahm nun für alle Quellen das gleiche Verhältnis an, und da der Totalerguß 482 Bad. St. Maß/Min. = 756 l/Min. betrug, kam er auf eine Gasförderung aller Quellen von 767 Kubik Zoll/Min. = ca. 20 l/Min., folglich rund 28 800 l/24 Std.

Die Ergußmessungen, auf die sich *Löwig* gestützt hatte, waren noch ungenau. Ferner waren 1844 die vier neuen Quellen entdeckt worden, so daß sich die Mengenverhältnisse wieder geändert hatten. Deshalb erhielt *Minnich* (136) nach 1844 wieder andere Werte als *Löwig*. Nach seiner Berechnung betrug damals die pro Tag geförderte Wassermenge 3 370 800 medizinische Pfund/24 Std. = 1 264 050 l/24 Std.

Die pro Tag geförderte Menge an festen Bestandteilen stellte sich, wenn man 4,3 Teile auf 1000 Teile Wasser annahm, auf 14 494 med. Pfund/24 Std. = 5435 kg/24 Std. Diese Angaben stimmen ungefähr mit den heutigen überein.

Für die Berechnung der Gasmenge ging *Minnich* wie *Löwig* vor, indem er ebenfalls von der St. Verenaquelle ausging, die 70 Kubik Zoll/Min. = 1890 ccm/Min. Gas lieferte. Den Erguß der Quelle nahm er aber nicht wie *Löwig* zu 44 Badener Stadt Maß/Min., sondern nur zu 30 Badener Stadt Maß/Min. an, weil er sich auf genauere Messungen als *Löwig* stützen konnte. Auf Grund dieses Ergusses kam *Minnich* zur Annahme, daß alle Quellen zusammen 1236 Kubik Zoll/Min. = ca. 33 l/Min. Gas liefern, was rund 48 000 l/24 Std. entspricht. *Minnich* teilte allerdings den Totalerguß der Quellen nicht mit, so daß nicht ersichtlich ist, wie er das Verhältnis berechnet hat.

In der 2. Auflage seines Buches gelangte *Minnich* (137) wieder zu anderen Resultaten, weil inzwischen das neue Bundesgesetz über Maß und Gewicht (1851) in Kraft getreten war und außerdem sich der Quellenerguß wieder geändert hatte. 1869 betrug er 480 Schweizer Maß/Min. = 720 l/Min., was 1 036 800 l/24 Std. entsprechen würde. *Minnich* selbst gelangte zu etwas niedrigeren Werten, weil er die Anzahl Schweizer Maß zuerst auf Medizinische Pfund und von diesen nochmals auf Zivil Pfund umrechnete.

Für die im Wasser enthaltenen festen Bestandteile erhielt *Minnich* folgende Resultate: Sämtliche Thermalquellen liefern 8 med. Pfd.⁷⁹⁾ = 6 Zivil Pfd.⁸⁰⁾ = 3 kg/Min., folglich 11 700 med. Pfd. = 8848 Zivil Pfd. = 4424 kg/24 Std.

Die Gasmenge berechnete *Minnich* gleich wie in der 1. Auflage seines Werkes, d. h. er ging von der St. Verenaquelle aus, die 30 Schweizer Maß/Min. = 45 l/Min. Wasser und 70 Kubik Zoll/Min. = 1890 ccm/Min. Gas lieferte. Bei einem Totalerguß aller Quellen von 480 Schweizer Maß/Min. = 720 l/Min. und unter der Annahme, daß das Verhältnis bei allen Quellen gleich wie bei der St. Verenaquelle sei, stellte sich die totale Gasmenge wie folgt: 1120 Kubik Zoll/Min. = rund 30 l/Min. oder rund 43 200 l/24 Std.

⁷⁹⁾ 1 med. Pfd. = ca. 355 g.

⁸⁰⁾ 1 Zivil Pfd. = 500 g.

Anschaulicher sind die neuesten Berechnungen von *Hartmann* (78, 82), weil sie sich auf Durchschnittswerte stützen. Bei einem Erguß von 800 l/Min. beträgt die Schüttung der Badener Thermen 1 152 000 l/24 Std. 1 l enthält 4,6 g feste Bestandteile, folglich werden 5500 kg/24 St. Mineralbestandteile an die Erdoberfläche befördert, was im Erdinnern einem täglichen Hohlraum von 2000 l Inhalt entspricht. Seit 2000 Jahren, also seit der Römerzeit, hätten somit die Thermen über 2 Millionen m³ den durchströmten Erdschichten entnommen. Dazu bemerkt *Hartmann*: „Es ist aber nicht zu befürchten, daß im Untergrund von Baden, besonders unter der Lägern, solche Riesenhöhlräume entstanden seien, daß sie eines Tages unter Erdbeben einstürzen könnten, denn die Schwere der über der mittleren Trias liegenden Erdschichten hat ein langsames Nachsinken zur Folge gehabt, so daß keine Katastrophen zu erwarten sind“.

Für die Berechnung der Gasmenge stützt sich *Hartmann* auf die Verhältnisse an der Schwanenquelle, die am 21. Oktober 1942 bei einer Schüttung von 58 l/Min. 1,81 l/Min. Gas abgab, was 3,13 l Gas bei einer Schüttung von 100 l entsprechen würde. Bei einem gleichen Verhältnis für alle Quellen würde bei 800 l/Min. Totalerguß 24 l/Min. oder 36 000 l/24 Std. Gas von den Badener Thermen geliefert.

Als erster berechnete *Hartmann* auch die thermische Leistung der Quellen. Sie beträgt im Tag 46 Millionen kg Kalorien, das entspricht täglich 50 000 kg Holz oder 25 000 kg Kohlen, wenn der Heizwert 3500 bzw. 7000 Kalorien und der Nutzeffekt der Feuerung 25 % beträgt. In elektrische Energie umgerechnet, müßten vom Kraftwerk Laufenburg während 1 Stunde 53 000 Kilowatt erzeugt werden. Mit Recht weist *Hartmann* darauf hin, daß eine solche Wärmeleistung wirtschaftlich ausgenützt werden sollte, z. B. zur Heizung der Hotels, anstatt wie bisher nutzlos verloren zu gehen. Erst in einem einzigen Hotel wird die Wärme auf diese Weise teilweise ausgenützt.

V. Die balneotechnischen Einrichtungen und ihr Einfluß auf die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften der Thermen

Es kann sich in diesem Kapitel nicht darum handeln, eine vollständige Beschreibung aller technischen Einrichtungen zu geben. Zum überwiegenden Teil ist dies eine Angelegenheit der betreffenden Fachleute, also in erster Linie der Ingenieure, Techniker und Installateure. Immerhin haben auch der Chemiker und der Mediziner ein Wort mitzusprechen, weil es sich dabei nicht nur um das einwandfreie Funktionieren der Anlagen in technischer Hinsicht handelt, sondern weil auch vor allem das Ziel ins Auge gefaßt werden muß, das Heilwasser möglichst unverändert in seiner ursprünglichen Zusammensetzung an die Stelle der Anwendung zu bringen. Diese Forderungen gehen vor allem dahin, daß das Wasser infolge der Konstruktion der technischen Einrichtungen in seinem Gehalt nicht beeinträchtigt werden darf, daß aber auch umgekehrt das Wasser nicht auf die technischen Einrichtungen aggressiv einwirken soll. Besonders in Bezug auf die flüchtigen Bestandteile, d. h. die Gase, sind die technischen Belange von ausschlaggebender Bedeutung, weil bei unzureichender Behandlung sofort wesentliche Verluste entstehen.

Gerade dieses Problem ist für Baden sehr wichtig, weil der gegen Luft einfluß sehr empfindliche Schwefelwasserstoff zu den wichtigsten Heilfaktoren der Thermen gehört. Die minimale Menge an titrierbaren Schwefelverbindungen, damit eine Quelle laut internationalem Abkommen als Schwefelquelle bezeichnet werden darf, beträgt 1 mg/l. Im Thermalwasser von Baden wird diese Menge um das 3—4—5fache überschritten. Da die Haut den Schwefelwasserstoff laut den Untersuchungen von *Bürgi*, Bern ⁸¹⁾ aus kleinen Konzentrationen besser aufnimmt, als aus großen, kann die im Badener Thermalwasser vorhandene Menge genügen, um die gewünschten Heileffekte zu erzielen. Wenn man bedenkt, daß z. B. die Mineralquellen von Schinznach, Lenk, Lostorf usw. den Gehalt der Badener Thermen an Schwefelwasserstoff um das 10 bis 20fache übertreffen, so liegt ohne weiteres auf der Hand, daß der im Badener Wasser vorhandene Schwefelwasserstoff unter keinen Umständen infolge der Mangelhaftigkeit der technischen Einrichtungen verloren gehen darf. Es wird deshalb im vorliegenden Kapitel vor allem auf diesen Punkt besonderes Augenmerk gelegt.

⁸¹⁾ *E. Bürgi*: Über die Permeabilität der Haut für Gase und Salze von Mineralquellen. Arch. med. Hydrolog. 16, 35 (1938).

Ähnlich verhält es sich mit der Temperatur, die ebenfalls leicht Verlusten ausgesetzt ist. Für Baden mit seiner hyperthermalen Temperatur von etwa 47° spielen zwar Temperaturverluste nicht die gleiche Rolle wie für eine homoeothermale Quelle, z. B. Ragaz-Pfäfers. Immerhin besteht ein Zusammenhang mit der optimalen Ausnützung der zur Verfügung stehenden Wassermenge: Wenn das Wasser möglichst heiß in die Reservoirs der Hotels gelangt, können mehr Bäder unter Zusatz von abgekühltem Thermalwasser verabreicht werden, als wenn das Wasser, bereits wesentlich abgekühlt, an den Ort der Anwendung kommt. Das Badener Thermalwasser besitzt den großen Vorzug, daß es zur Anwendung nicht aufgeheizt werden muß. Dafür sind wieder Einrichtungen zur Abkühlung notwendig, die nicht weniger kostspielig sind und ebenfalls den Gehalt des Wassers an flüchtigen Bestandteilen in Mitleidenschaft ziehen können. So sind auch in dieser Hinsicht manche technische Probleme zu lösen.

Von großer Bedeutung kann auch das Ausscheiden von gelösten Bestandteilen, d. h. das Sintern des Wassers sein, nicht nur, weil dadurch die Konzentration des Wassers und damit auch seine Heilwirkung beeinträchtigt, sondern auch, weil die Zirkulation des Wassers in den technischen Anlagen gestört werden kann, so daß unter Umständen kostspielige Reparaturen die Folge sein können.

Diese Probleme sollen in diesem Kapitel gestreift und an Hand einiger ausgewählter Beispiele und eigener Untersuchungen erläutert werden.

I. Die technischen Einrichtungen zur Fassung, Fortleitung, Speicherung und Förderung des Thermalwassers

1. Die Fassungen

*R. Kampe*⁸²⁾ umschreibt den Zweck einer Quelfassung wie folgt:

- „1. Es soll die größtmögliche Menge des Quellgutes (Mineralwasser, Gase) erschlossen werden, welche die Natur dauernd spenden kann.
2. Es soll auf dem Weg vom natürlichen Quellschlot bis zur Verwendungsstelle jede vermeidbare Veränderung im chemischen und physikalischen Charakter der Quelle verhindert werden.
3. Es soll der Ausfluß des Quellgutes die für die balneologische Nutzung zweckmäßigste Form erhalten“.

Um feststellen zu können, ob in Baden diese Voraussetzungen erfüllt sind, muß zuerst der Charakter der Quellen studiert werden. Es handelt sich ohne Ausnahme um natürliche Quelladern, die in vertikaler Richtung aufstoßen. Eine Fassungsart, wie sie für absteigende Quellen angewendet werden muß, kommt also in Baden von vornherein nicht in Frage, denn sämtliche Quellen in Baden sind aufsteigende Quellen.

⁸²⁾ *R. Kampe*: Das Fassen von Mineralquellen, in *H. Vogt*: Lehrbuch der Bäder- und Klimaheilkunde. Berlin 1940, S. 80.

Das Fassen von aufsteigenden Quellen kann nach *Kampe* auf drei Arten geschehen: 1. Durch Schürffassung, wobei die Fassungsbasis vollständig freigelegt wird. Auf diese Weise ist z. B. 1905 die Limmatquelle neu gefaßt worden. 2. Durch Abteufen eines Schachtes, wobei versucht wird, mittels dieses Schachtes die natürliche Quellader möglichst tief im festen Gestein zu erreichen. Auf diese Art sind die meisten Quellen in Baden gefaßt worden, wobei jedoch die wenigsten auf festem Gestein basieren. 3. Durch Bohrung. Auf diese Weise sind die Quellen im Schwanen und Adler erschlossen worden.

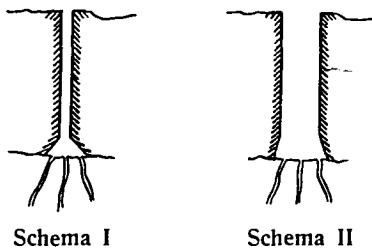
Eine Fassung besteht nach *Kampe* aus 4 Teilen:

1. dem Fassungskörper,
2. dem Steigschlot (Steigrohr),
3. dem Quellenauslauf mit allem Zubehör,
4. den Dichtungsanlagen rings um die ersten drei genannten Teile.

Im allgemeinen unterlag in Baden die Fassungsart der einzelnen Quellen im Laufe der Zeit, ausgenommen bei der Limmat- und Schwanenquelle, wenig Veränderungen; es haben wohl vielfach Neufassungen und vor allem Renovationen stattgefunden, wobei zum Teil Vertiefungen des Schachtes und Niveauänderungen der Auslaufhöhe vorgenommen worden sind; der Typus der Fassung ist aber im großen und ganzen erhalten geblieben. Berichte aus den früheren Jahrhunderten sind freilich spärlich. Es ist möglich, daß einzelne Fassungen des Mittelalters, vor allem diejenige der St. Verenaquelle, bis in die Römerzeit zurückreichen. 1420 konnte man nach *Gundelfinger* (60) bei der Öffnung des Heißen Steins die Fassung als „sehr tief liegende, runde Röhren“ erkennen.

Der Fassungskörper

Die Fassungskörper der Badener Thermalquellen sind nur wenig ausgebildet, weil es sich vielfach nur um eine einzige Ader handelt, die am Quellgrund zutage tritt. Aber auch dort, wo mehrere Quelladern in einen einzigen Brunnen gefaßt sind, weisen die Fassungskörper gegenüber dem Steigschlot fast keine merklichen baulichen Veränderungen auf. Bei der Allgemeinen Quelle in Ennetbaden und beim Großen Heißen Stein ist der unterste Teil des Schachtes konisch erweitert.



Schema I

Schema II

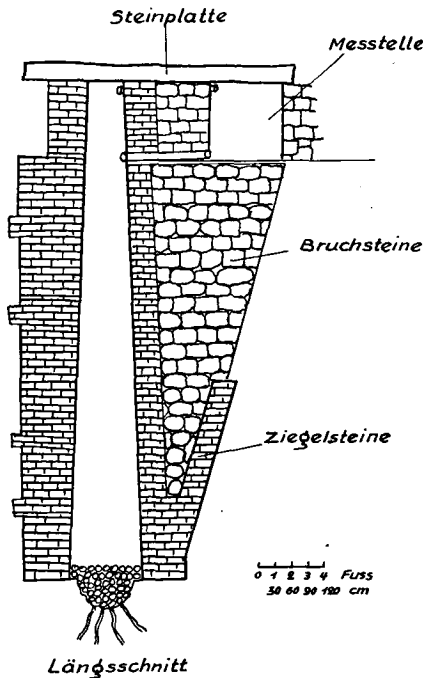
Treten aber am Quellgrunde mehrere kleine Adern aus, wie z. B. beim Großen Heißen Stein, so wäre es zweckmäßig, sie in einem glocken- oder besser trichterförmigen Raum zusammenzufassen, die Wassermenge dann aber in einem enger bemessenen Steigrohr emporzuführen. Schematisch gezeichnet würde eine solche Fassung wie in Schema I konstruiert sein. Dieser sich verjüngende Fassungskörper fehlt jedoch meistens. Beim Großen Heißen

Stein z. B. weist der Steigschlot nur einen wenig kleineren Durchmesser auf wie die Fassungsbasis, also etwa wie in Schema II.

Bei der Neufassung der Schwanenquelle im Jahr 1920/21 wurde der unterste Rohrabschnitt trichterförmig erweitert und das Quellwasser in einem verhältnismäßig engen Rohr emporgeführt. Auch die Limmatquelle weist eine ähnliche Konstruktion auf. Sonst aber sind die Quellen im allgemeinen ohne speziellen Fassungskörper über der Mündung der Quelladern gefaßt. Der Große Heiße Stein stellt allerdings ein extremes Beispiel dar, weil er von allen Quellen den größten Durchmesser aufweist.

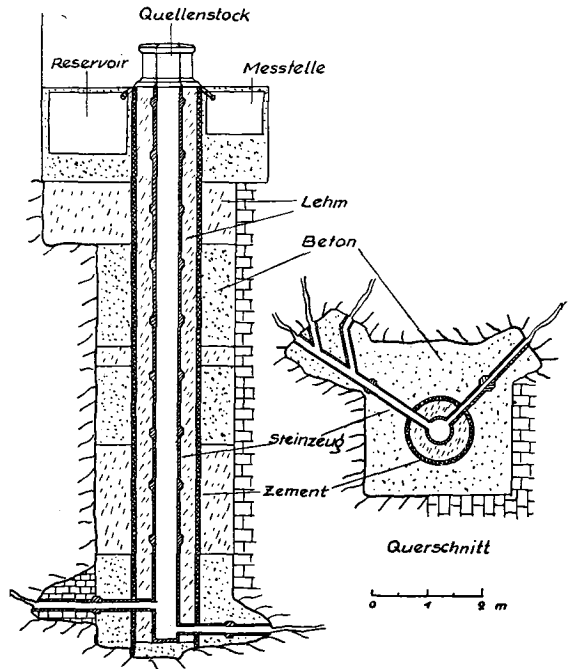
Der Steigschlot

Die „Quellschlote“ haben einen Durchmesser von 30–150 cm lichter Weite mit meist senkrecht absteigenden Wandungen. Die meisten „Schlote“



Querschnitt

Abb. 26. Quellfassung mit gemauertem Schacht und vermörtelten Wandungen aus dem Jahre 1859 (Allgemeine Quelle Ennetbaden)



Längsschnitt

Abb. 27. Quellfassung mit Steigrohr aus Steinzeug und Mantelrohr aus Zement aus dem Jahre 1908. Der Schacht besteht teilweise aus anstehendem Fels, teilweise aus Mauerwerk (Bären Kesselquelle)

sind also noch so konstruiert, daß infolge des großen Schachtdurchmessers für das Thermalwasser ungünstige Verhältnisse bestehen.

Nach *Kampe* wird in einem solchen weiten Brunnenschacht der Inhalt nur langsam umgewälzt, während die Gase sozusagen dem Wasser „vorauslaufen“ und früher an den Auslauf der Quelle gelangen. Damit wird die gewichtsvermindernde Wirkung der Gase geschwächt und der Brunneninhalt lastet wie ein schweres Gewicht auf den austretenden Quelladern. Außerdem befördert die durch den weiten Querschnitt reduzierte Fließgeschwindigkeit das Sintern der Quelle. Eine starke Sinterbildung entzieht aber dem Thermalwasser Mineralstoffe und verändert damit seinen Chemismus.

Die meisten Quellenschächte bestehen noch heute aus Mauerwerk (Bruch- oder Backsteine), dessen Fugen vermörtelt sind (Abb. 26). Im großen und ganzen haben sich diese gemauerten Fassungen bewährt, soweit man wenigstens den Einfluß des Thermalwassers in Betracht zieht, denn vielfach sind sie schon Jahrzehnte alt, ohne daß ihre Beschaffenheit merklich gelitten hat. *Mühlberg* (153) weist darauf hin, daß die in der Limmatquelle enthaltene Kohlensäure weder auf den Kalk noch die Silikate der Backsteine einen lösenden oder zersetzenden Einfluß ausübt. *Scherrer* (307) hingegen ist der Meinung, daß die im Badener Wasser vorhandene freie Kohlensäure die Fundamente der Fassung der Limmatquelle angegriffen habe. Ob umgekehrt das Material den Chemismus des Thermalwassers beeinflußt hat, ist noch nie untersucht worden. Einige wenige Quellen weisen ein anderes Material als

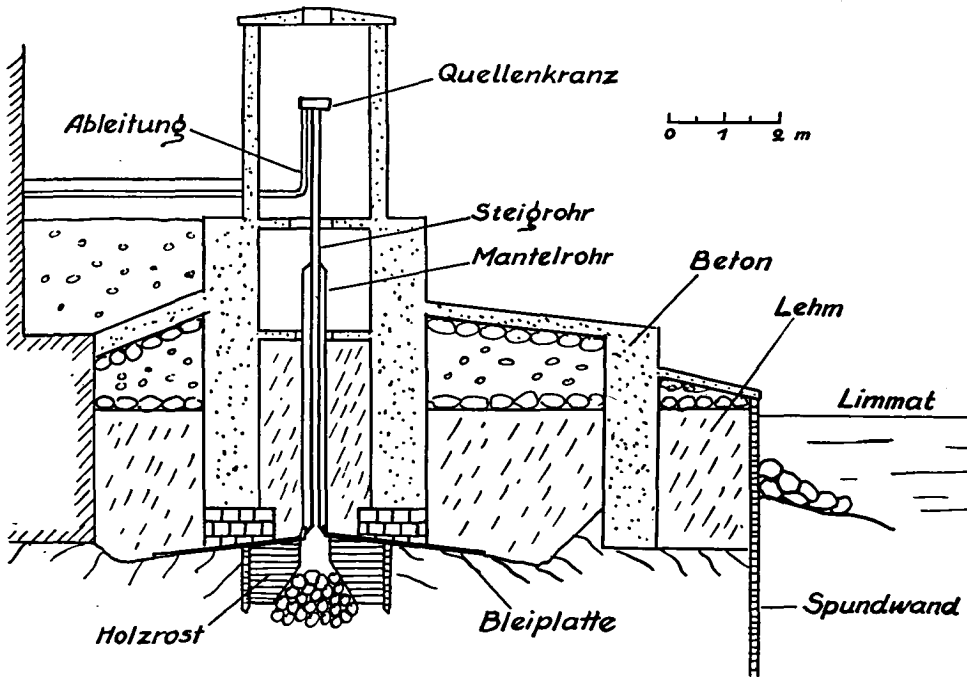


Abb. 28. Quellenfassung mit Steig- und Mantelrohr aus Metall und Schacht aus Beton aus den Jahren 1905/06. Weitausholende Dichtungsanlagen (Limmatquelle)

Backstein und Mörtel auf. Der Steigschlot bei der Bären Kesselquelle z. B. wurde aus Steinzeug hergestellt, das auch gegen Schwefelwasser indifferent ist und umgekehrt von diesem nicht angegriffen wird (Abb. 27). Metallrohre kamen bei der Schwanen- und bei der Limmatquelle zur Anwendung, zuerst aus Gußeisen, das sich als nicht geeignet erwies, dann aus V4A Stahl (Abb. 28).

Die Dichtungsanlagen

Die Schachtwände müssen gegen die umgebenden Erdschichten abgedichtet werden. Bei den Badener Quellen wird dieser Forderung Genüge geleistet durch ziemlich dicke Schachtmauern, durch Lehmeinstampfung rund um das Mauerwerk herum und in neuerer Zeit auch durch Betonumbauten und Zementinjektionen, wie z. B. an der Schwanenquelle. Die gründlichste Abdichtung gegen die Umgebung weist die Limmatquelle auf.

In bezug auf Einzelheiten der Quellsfassungen sei auf S. 50 ff. verwiesen.

Der Quellenauslauf

Sämtliche Quellen in Baden besitzen „freie“ Ausläufe, d. h. Auslaufshöhe und Wasserspiegel der Quelle (Spannungsniveau) sind identisch, im Gegensatz zu „gedrosselten“ oder „überstauten“ Quellen, bei denen der Auslauf unter dem Wasserspiegel liegt.

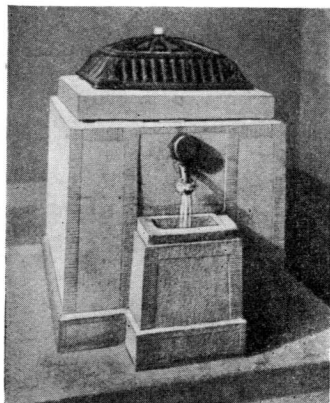


Abb. 29. Quellenstock aus Kunststein in Verbindung mit Trinkbrunnen. Guter Abschluß mit Metaldeckel gegen Lufteinfluß und Verunreinigungen

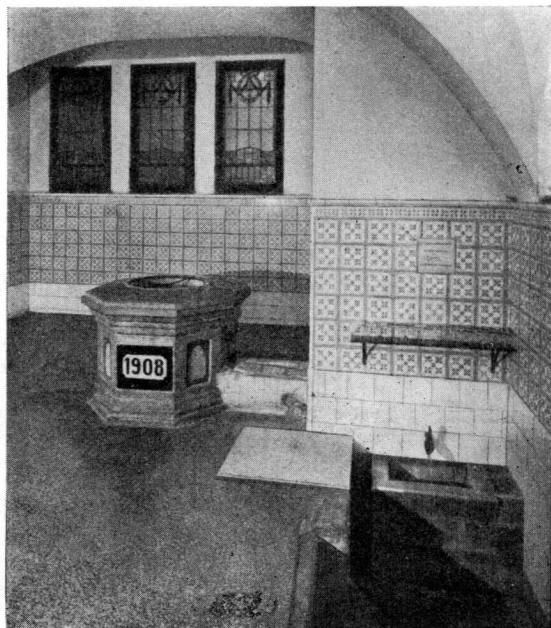


Abb. 30. Betonierter achteckiger Quellenstock (Deckel abgehoben). Rechts der Ablauf zum Trinkbrunnen und zu den Bädern

Der „Quellenkranz“, d. h. das auf gleicher Höhe oder über dem Erdboden liegende Ende des Schachtes, besteht in Baden meistens aus widerstandsfähigem Steinmaterial. Einzelne Quellenausläufe sind oben mit gehauenen Gneis- oder Granitplatten umgeben, in welche der oder die Ablaufkanäle eingemeißelt sind (Allgemeine, Heißer Stein) (Abb. 38 u. 40), bei andern

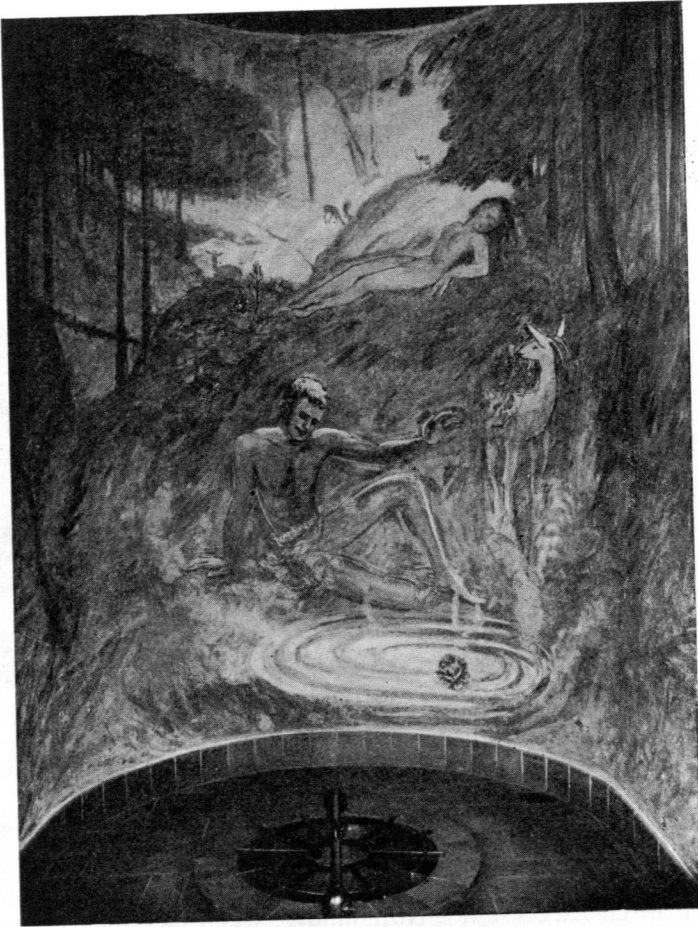


Abb. 31. Quellenmündung der Stadthof-Kesselquelle in der Kuranlage, zu Schauzwecken mit Glaskuppel überdeckt und elektrisch beleuchtet. Fresko von Hanny Bay, Zürich

ist für die obersten Partien glasiertes Steinzeug verwendet worden (Limmat, Stadthof Kessel, Bären Kessel); eine dritte Gruppe besitzt betonierte oder mit zementiertem Mauerwerk umkleidete Quellstöcke (Schwanen (Abb. 29), Verena Hof, Ochsen Straßen, Bären Kessel (Abb. 30), und einige wenige schließlich fließen ohne besondere Vorrichtungen der Verwendungsstelle zu (Adler, Ochsen Kessel).

Wichtig ist der Verschluß der Quellen an der Mündung. Einen sowohl technisch wie ästhetisch vorbildlichen Abschluß besitzt die Stadhof-Kesselquelle, weil sie öffentlich zugänglich ist und auch zu Schauzwecken dient (Abb. 31). Die über die Quellenmündung gelegte flachgewölbte Glasglocke verhindert sowohl das Hineinfallen von Fremdkörpern und Verunreinigungen in die Quelle, als auch das Entweichen der Gase, vor allem des Schwefelwasserstoffes. Die Beleuchtung durch eine verdeckte, wasserdicht gefaßte elektrische Lampe ermöglicht das Beobachten der heraufsteigenden Gasblasen. Die übrigen Quellen sind durch Steinplatten (Großer Heiße Stein (Abb. 32), Wälderhut), Elkingtondeckel (Allgemeine, Kleiner Heiße Stein), Holzverschalungen (Limmat, St. Verena, Ochsen Paradies, Bären Kessel) verschlossen, ein kleinerer Teil fließt unbedeckt in kleinen Räumen aus (Verenahof, Ochsen Straßen).

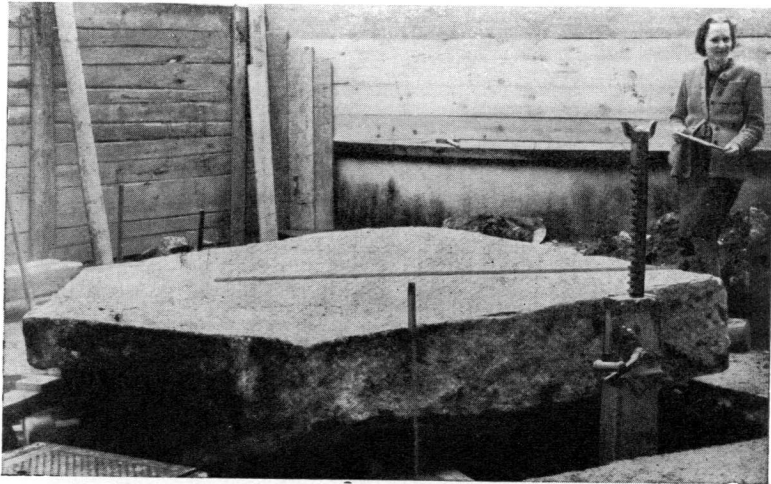


Abb. 32. Der Große Heiße Stein, am 21. Dezember 1943 vom Quellschacht abgehoben

Es liegt ohne weiteres auf der Hand, daß die Art des Quellenauslaufes und des Verschlusses für einen so labilen Bestandteil, wie es der Schwefelwasserstoff ist, eine große Rolle spielt. Selbst gut abgedeckte Quellenausläufe erfüllen ihren Zweck nur unvollständig, wenn zwischen ihnen und dem Wasserspiegel der Quelle ein zu großer Abstand und somit ein zu großer Luftraum besteht, so daß trotzdem der Schwefelwasserstoff zu Schwefel oxydiert werden kann. Bei vollständig unbedeckten Quellenausläufen findet man keine Schwefelablagerungen, weil der Schwefelwasserstoff sich verflüchtigt und nicht direkt an der Quelle zu Schwefel oxydiert wird. Bei den einwandfrei verschlossenen Quellen findet man ebenfalls keine Schwefelablagerungen, weil hier der Luftsauerstoff vollständig abgehalten wird, so daß keine Oxydation des Schwefels stattfindet. Schwefelablagerungen findet man stets dort, wo sich der Schwefelwasserstoff nicht rasch verflüchtigen kann, der Luftsauerstoff aber doch beschränkten Zutritt findet, so daß der

Schwefelwasserstoff oxydiert und der ausgefällte Schwefel sich an den umgebenden Wänden und Deckeln niederschlagen kann.

Als gutes Beispiel für diese Verhältnisse kann der Große Heiße Stein dienen. Er ragte früher über den Erdboden empor oder war vielmehr einfach über die Quellungsmündung geschoben, so daß durch die Fugen zwischen Boden und Stein Luft zutreten konnte. Als der Stein im Frühjahr 1844 entfernt wurde, fand *Minnich* (136) 12 Pfund kristallinen Schwefel, der sich in einem Zeitraum von 4 Jahren niedergeschlagen hatte. Kurz darauf, als das Verenabad und das Freibad auf dem Bäderplatz entfernt und der Platz eingeebnet wurde, fand man auch den über die Erdoberfläche emporragenden Heißen Stein als unpraktisch, so daß man ihn auf die gleiche Ebene wie die Umgebung brachte. Als man ihn im Dezember 1869 wieder einmal entfernte, fand *Minnich* nur noch eine ganz unbedeutende Schwefelmenge vor. Das gleiche war auch bei der Öffnung am 31. Dezember 1943 der Fall. Die Bemerkung *Haberboschs* (69), daß früher der Schwefelwasserstoff besser zurückgehalten worden sei, beruht auf einem Irrtum. Gerade das reichliche Vorkommen von Schwefel zeigte den Zutritt von Luftsauerstoff an.

Auch die Art des Wasserüberlaufes spielt eine Rolle. Emporsprudelndes und mit starkem Gefälle wegfließendes Wasser vermengt sich leichter mit Luft als eine möglichst unbewegt wegfließende Quelle. So findet sich an dem aus Steinzeug bestehenden Quellkranz der Limmatquelle und dem darüber liegenden Holzdeckel stets eine feine Schicht ausgefällten Schwefels. Das Wasser der Limmatquelle stößt rasch und bewegt auf und fließt sprudelnd senkrecht nach unten weg. Durch die Spalten der Holzverschalung kann Luft in beschränktem Maße zutreten und den Schwefelwasserstoff oxydieren. Damit ist nicht gesagt, daß sehr große Mengen Schwefelwasserstoff verloren gehen; es sind lediglich die Verhältnisse zur Niederschlagung des Schwefels an den Wänden besonders günstig. Die Bären-Carolaquelle, die überhaupt keinen Quellkranz aufweist, sondern aus einem zugemauerten Behälter durch eine kleine Öffnung herausfließt, weist am meisten Schwefelwasserstoff auf.

Weniger schwerwiegend sind die Verluste an Mineralbestandteilen. 1943 fand *Haberbosch* (69) an der Unterseite des Großen Heißen Steins Gipskristalle. Die Analyse des „Anflugs“ an der Verenahofquelle durch *Treadwell* (229) zeigt, daß er zum größten Teil aus Kalziumsulfat und Kieselsäure besteht. Auch heute noch kann man an einzelnen, besonders den unbedeckten Quellenkränzen schöne kristallinische Ausscheidungen beobachten. Der Dampf des Thermalwassers kühlt sich beim Aufsteigen ab und die Mineralbestandteile schlagen sich am Quellkranz nieder. Dem Wasser gehen dadurch zwar nicht viele Mineralbestandteile verloren, aber die Quellenausläufe sehen unansehnlich aus.

2. Die Leitungen

Die Zuleitung des Thermalwassers von den Quellen an die Stelle des Verbrauches spielt in Baden nicht die gleiche Rolle wie in andern Bädern. Es gibt in Baden keine zentralen therapeutischen Institute, die nur der An-

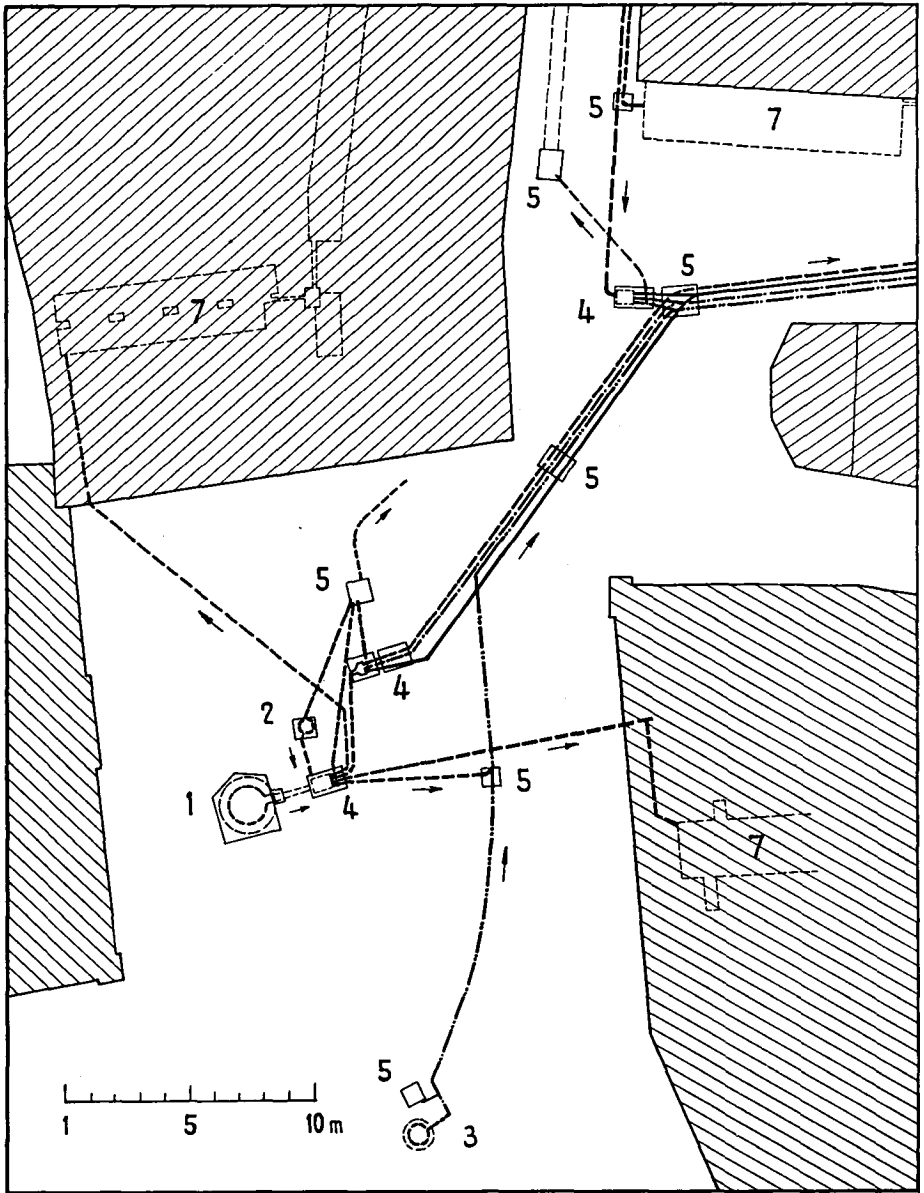


Abb. 33. Die Quellen, Verteiler, Meß- und Kontrollschächte mit Leitungen auf dem Platz in den Großen Bädern

- 1 Großer Heißer Stein. 2 Kleiner Heißer Stein. 3 St. Verena-Quelle. 4 Verteiler.
5 Meß- und Kontrollschächte. 6 Leitungen. 7 Reservoirs

wendung des Thermalwassers dienen. Die Bäder und übrigen therapeutischen Einrichtungen befinden sich fast ausschließlich in den Badehotels selbst, und da ungefähr ein Drittel der Hotels eigene Quellen besitzt, fallen ausgedehnte Zuleitungen von selbst dahin. Ein weiteres Drittel der Hotels hat die Quellen nicht direkt im Hause, ist aber Mitbesitzer von in nächster Nähe der Hotels befindlichen Quellen. Nur das letzte Drittel der Hotels befindet sich etwas weiter entfernt von den Quellen, doch beträgt die größte Entfernung nicht mehr als etwa 250 m. Trotz diesen verhältnismäßig kurzen Entfernungen ist das System der Verteiler, Meß- und Kontrollschächte und Leitungen ziemlich kompliziert (Abb. 33).

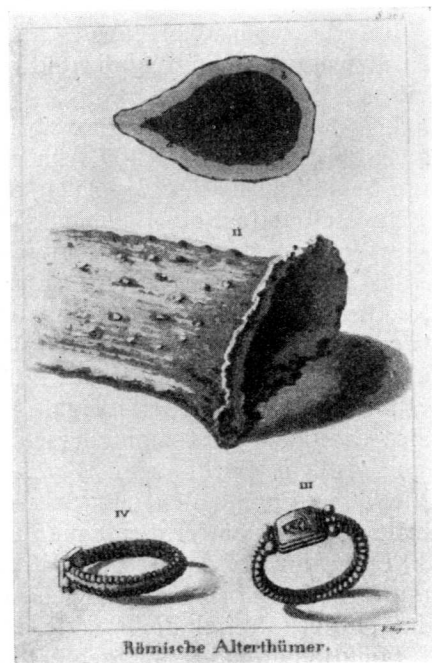


Abb. 34. Teilstück einer römischen Wasserleitung aus Blei

Früher maß man dem Problem der Leitungen überhaupt keine besondere Bedeutung zu, so daß die Berichte über die frühere Beschaffenheit dieser Einrichtungen sehr spärlich sind. *Maurer* (126, 127) bemerkt, die „Kunst der Wasserleitungen könne nicht so groß seyn, wo die Quellen so nahe liegen, so reich seien und keines Erwärmens bedürfen“. Immerhin ist erwiesen, daß schon in der Römerzeit Leitungen verwendet worden sind. *Hess* (88) berichtet in Wort und Bild von Bleirohren, die bei einer Renovation der Kesselquelle im Stadhof gefunden worden waren. Die eine davon hatte eine Länge von 12 Fuß (ca. 3.60 m) und war von einer Holzverschalung umgeben. Eine andere, kleinere Röhre von ca. 2½ Zoll (ca. 5 cm) Durchmesser

wurde ohne Holzverschalung aufgefunden, doch zeigte sie an der äußern Oberfläche lauter kleine aufgeworfene Schuppen, wohl um in der Verschalung besser festhaften zu können (Abb. 34). Aus diesen Funden läßt sich schließen, daß die Römer die widerstandsfähigen Eigenschaften des Bleis gegenüber Schwefelwasserstoff und die isolierenden Eigenschaften eines Holzmantels frühzeitig erkannt hatten.

Alle späteren Jahrhunderte verwendeten Holzleitungen, wie sie selbst heute noch zum Teil gebräuchlich sind.

Wagner (231) zählte gegen 60 „Kanäle“, worunter er vermutlich die einzelnen Rohrabschnitte versteht. Diese Zahl mag auch für die früheren Jahrhunderte Geltung haben, weil sich bis 1800 der Bestand und die Einrichtung der Badegasthäuser nur unwesentlich geändert hat. 1556 ließ *Dietrich Amberg* (161, 284) im Hinterhof vom „Herrenbad“ bis zum „Unteren Bad“ alle „Tüchel“ neu legen; sie waren aus Föhrenholz und wurden von kupfernen Zwingen zusammengehalten.

Daß bei undichten Leitungen die Gefahr des Verlustes wertvoller Bestandteile des Thermalwassers besteht, ist schon früh erkannt worden. Ausführlich mit dieser Frage befaßte sich *Wetzler* (252), der sogar behauptete, daß die Quellen wohl Schwefelquellen, die Bäder aber keine Schwefelbäder mehr seien, weil der Schwefelwasserstoff vorher entweichen würde. In dem kurzen Leitungsstück vom Kleinen Heißen Stein zum Freibad finde man jährlich Schwefelablagerungen, während dies beim Großen Heißen Stein nicht der Fall sei. *Wetzler* kennt bereits die chemische Reaktion, die bei der Oxydation des Schwefelwasserstoffes vor sich geht, indem er weiß, daß der Luftsauerstoff „die Verbindung des Wasserstoffgases und des Schwefels trennt, und, mit jenem sich verbindend, diesen niederschlägt“. Schon kleinere Entfernungen könnten von großem Einfluß sein. *Wetzler* prüfte mit Reagenzien die Allgemeine Quelle in Ennetbaden auf Schwefelwasserstoff, und dann einen 12—15 Schritte von ihr entfernten Sammler. Dieser hatte eine große Öffnung, so daß Luft hinzutreten konnte. *Wetzler* konnte deshalb keinen Schwefelwasserstoff mehr im Bade nachweisen. In anderen Badekabinen hingegen, so im Hinterhof, fiel die Reaktion positiv aus, woraus *Wetzler* auf ein besseres Funktionieren der dortigen Leitungen schließt. Wenn also schon kleinere Strecken genügen, um zur Oxydation des Schwefelwasserstoffes zu führen, so seien die größeren Entfernungen in den umfangreicheren Gasthöfen, wo das Wasser Strecken von 70—80 Schritten zu durchlaufen habe, noch viel mehr gefährdet. Auch den charakteristischen Geruch konnte *Wetzler* nicht in allen Bädern in gleicher Intensität wahrnehmen. Allerdings führt er diesen Unterschied nicht nur auf die mangelhafte Beschaffenheit der Leitungen und Sammler, sondern auch auf den verschiedenen Gehalt der Quellen selbst zurück.

Ganz ähnliche Feststellungen wie *Wetzler* macht auch *Gimbernat* (53, 54) und verlangt hermetische Abschließung der Zuleitungen und Speicher.

Die Erfahrungen *Wetzlers* und *Gimbernats* wurden bei den Leitungen, die nach der Fassung der Limmatquelle im Jahre 1828 zu den neuen Gasthöfen Limmathof, Schiff und Freihof angelegt wurden, verwertet. Von der

Limmatquelle bis zur Nord-Westecke des Limmathofes wurde eine aus Quadersteinen gemauerte Quaimauer aufgeführt, in ihrer Krone die Leitung aus Tücheln gelegt und der Damm mit Steinplatten bedeckt. Damit das Wasser das Niveau der Limmatpromenade erreichen konnte, mußte es um ungefähr 1 m durch Aufstauen gehoben werden. Diese Maßnahme hatte zur Folge, daß sich das Wasser in den Leitungen unter Druck fortbewegen mußte. Der Rohrquerschnitt war vollständig vom Wasser ausgefüllt, und es konnten keine Gase entweichen. Ähnliche Maßnahmen wurden auf der Strecke zwischen Limmathof und Freihof getroffen. Die Leitungen wurden in allmählich ansteigender Lage angelegt, so daß auf der ganzen Strecke der Rohrquerschnitt immer vollständig mit Wasser ausgefüllt war, und jede Luftansammlung verunmöglicht wurde. Die Leitungen haben über hundert Jahre lang ihren Dienst versehen, mußten aber, da sie allmählich von außen her verfault und an einzelnen Stellen undicht geworden, erneuert werden.

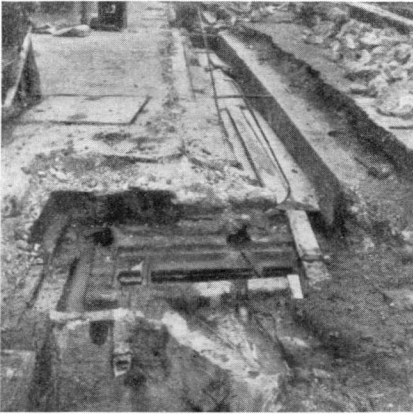


Abb. 35. Alte Verteileranlage mit Meßstelle

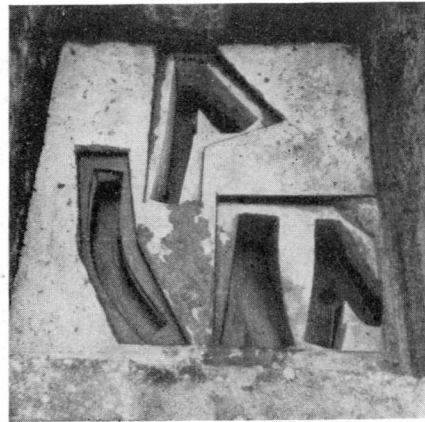


Abb. 36. Kontrollschacht mit den Zusammenflüssen verschiedener Quellenanteile

Besonders empfindliche Stellen an den Leitungen sind die sogenannten „Verteiler“. Das sind jene Stellen an den Leitungen, wo das Thermalwasser für die verschiedenen Anteilhaber vom „Hauptstrang“ abgetrennt wird oder wo umgekehrt die verschiedenen Anteile mehrerer Quellen zusammenfließen und gemeinsam der Verbrauchsstelle zugeleitet werden (Abb. 35, 36). Diese Stellen müssen in erster Linie leicht zugänglich sein, weil sie immer wieder gereinigt, kontrolliert und nachgeeicht werden müssen. In den alten Leitungen bestand der Verschluß vielfach aus schlecht schließenden Steinplatten, Holz- oder Eisendeckeln, so daß die Außenluft ungehindert Zutritt hatte. Durch das Abzweigen oder Zusammentreffen verschiedener Leitungen entstand auch vielfach Niveauungleichheit und verschiedenes Gefälle, wodurch Wirbel, kleine Wasserfälle usw. gebildet wurden, welche Gasverluste verursachten.

Gar keine Angaben über die Thermalwasserleitungen in Baden findet man in Bezug auf die physikalisch-technischen Fragen, die natürlich von großer Bedeutung auch für den Gehalt des Thermalwassers sind, wie Strömungsart, Strömungsgeschwindigkeit, Reibung, Druckverteilung, Gefälle, ferner Querschnitt der Leitungen, Krümmungen, Abzweigungen usw. Es kann hier deshalb nicht näher darauf eingegangen werden, zumal diese Fragen bei jeder Wasserleitung überhaupt berücksichtigt werden müssen.

Dagegen sind einige Erfahrungen über das Verhalten des Materials der Leitungen gegenüber Thermalwasser gesammelt worden. Die schon seit Jahrhunderten gebrauchten Leitungen aus Holz haben sich bewährt und werden auch heute noch immer wieder bevorzugt. Es werden dazu vorwiegend Fichtenstämme benützt, die in der Längsrichtung, also aus dem vollen Stamme gebohrt sind, sogenannte „Tüchel“ oder „Dünkel“. Die lichte Weite beträgt etwa 10 bis 15 cm, die Länge des einzelnen Stammstückes 3—5 m. Die Verbindung geschieht in der Art, daß das eine zugespitzte Stammende in das ausgehöhlte andere Stammende gefügt wird; um die Außenseite verstärken Zwingen oder Eisenbänder die Verbindung. Die Vorteile der Holzleitungen bestehen in bezug auf das Heilwasser in ihrer Widerstandsfähigkeit gegen die chemischen Einwirkungen des Wassers und in der geringen Wärmeleitfähigkeit. Selbst einer so aggressiven Verbindung wie dem Schwefelwasserstoff widerstehen sie Jahrzehnte lang. Die geringe Wärmeleitung des Holzes verhindert eine rasche Abkühlung des Wassers. Die Nachteile sind mehr technischer Art: Großes Gewicht, starke Reibung im Borloch, Schwierigkeit, die Leitung in Kurven zu legen, erschwerte Abdichtung der Verbindungsstellen zwischen den einzelnen Stammabschnitten.

Immerhin wird auch das Holz mit der Zeit aufgeweicht und ist dann der Fäulnis von außen her ausgesetzt; wenn die Holztüchel nicht voll Wasser laufen, fault das über dem Wasserniveau liegende Holz.

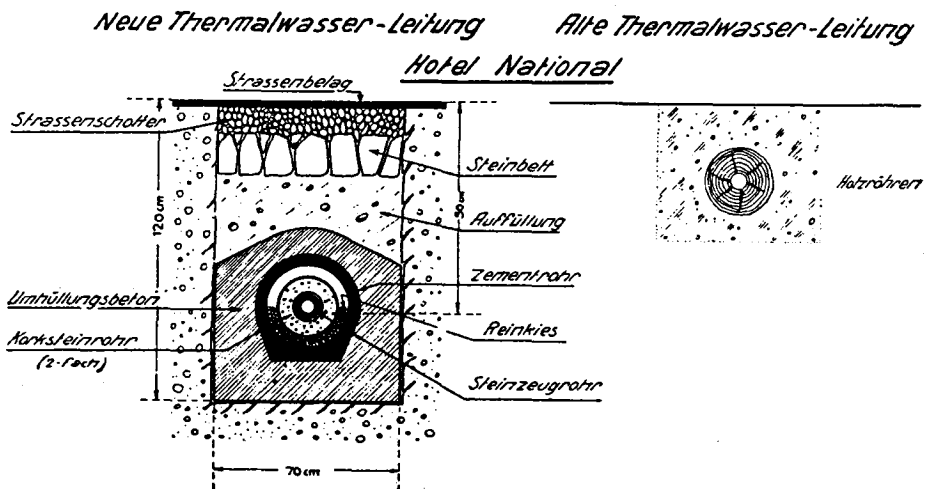


Abb. 37. Alte und neue Thermalwasserleitung

Recht gute Erfahrungen hat man in Baden laut *Schärer* (305) mit den sogenannten *Crotogina* Röhren der Firma *Stephan-Fröhlich & Küpfel* in *Scharley O. S.* gemacht. Es handelt sich dabei um eiserne Mantelrohre, die inwendig mit einem Holzfutter verkleidet sind. Sie haben den Vorteil, daß sie unter größeren Druck gesetzt werden können. Bleiröhren kommen nur ganz vereinzelt und nur für kurze Strecken in Anwendung. Dort, wo das Thermalwasser als Trinkwasser angewendet wird, wird auf Bleiröhren verzichtet. Versuche mit galvanisierten Eisenröhren führten nicht zum Ziel. Solange diese Röhren beständig gefüllt sind und unter Druck stehen, ist ihre Lebensdauer verhältnismäßig lang. Wird jedoch der Betrieb unterbrochen und die Leitung öfters geleert, so sind sie innerhalb kurzer Zeit unbrauchbar, wie eine Anlage beweist, die nach zwei Jahren bereits ausgewechselt werden mußte.



Abb. 38. Der alte Quellenkranz des Großen Heißen Steins mit dem Zulauf aus dem Kleinen Heißen Stein und den Verteilerrinnen der verschiedenen Anteilhaber

In neuerer Zeit sind erstmals auch Leitungen aus Steinzeug gelegt worden (Abb. 37). Die Vorteile bestehen in der absoluten Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Chemismus des Mineralwassers, der verringerten Reibung und der leichteren Reinigungsmöglichkeit. Nachteilig ist die größere Wärmeleitfähigkeit und die Schwierigkeit der Abdichtung der Verbindungsstellen. Die Sinterbildung läßt sich natürlich auch in Steinzeugrohren nicht verhindern.

Interessante Verhältnisse konnten anlässlich der Erneuerungsarbeiten an den Ableitungen des Heißen Stein-, der Limmat- und der Allgemeinen Quelle studiert werden, die von *Witzig* (309—311) ausgeführt worden sind. Die Quellkränze der Heißen Stein- und der Allgemeinen Quelle dienten früher zugleich als Verteiler, indem zu jeder Verbrauchsstelle eine eigene Abflurrinne führte (Abb. 38, 39). Die Verteilerstellen wurden neuerdings neben

den Quellen angelegt, um sie besser zugänglich zu machen (Abb. 40, 41). Sie sind aus Steinzeug angefertigt und aufs genaueste gearbeitet, um eine exakte Verteilung der verschiedenen Anteile zu gewährleisten. Der Zufluss des Wassers wird durch eine Art Vorkammer (Beruhigungsbecken) gedämpft, damit er gleichmäßig der eigentlichen Verteilstelle zufließt. Die Verteiler und alle Stellen der Leitungen, die zu Reinigungs- oder Kontrollzwecken zugänglich sein müssen, sind durch doppelte Lagen von je 6 cm dicken Föhrenholzbrettern geschützt und gegen die Straße durch luftdicht schließende Elkingtondeckel abgeschlossen.

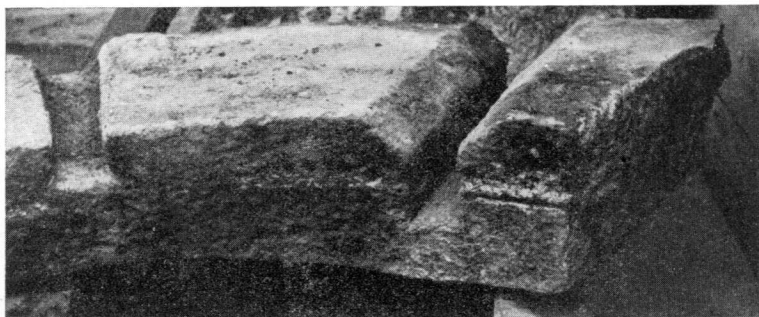


Abb. 39. Die alten Verteilerrinnen am Quellkranz des Großen Heißen Steins, je nach prozentualem Anteil verschieden tief ausgehauen



Abb. 40. Der neue Quellenkranz des Großen Heißen Steins. Es ist nur noch eine Abflußrinne angebracht, weil der Verteiler neben der Quelle angelegt wurde

Besondere Sorgfalt wurde auf die Anlage der Leitungen verwendet (Abb. 42—47). Die Steinzeugröhren weisen einen Durchmesser von 10 cm auf und wurden nach Möglichkeit so verlegt, daß der Querschnitt immer voll Wasser läuft. Die Muffen der einzelnen Rohrteile wurden mit Asbeststricken ausgestemmt und mit einem Spezial-Kitt von hohem Schmelzpunkt gedichtet (Igas-Kitt). Zur besseren Haftung des Kittes wurden die Rohre vorher mit einem Lack vorgestrichen. Zur Wärme-Isolation wurden die Steinzeugrohre in Zementschalen von 40 cm lichter Weite gebettet, wobei der Hohlraum zwischen Röhren und Schalen mit expandiertem Korkschat ausgefüllt wurde. Die Fugen der längsgespaltene Zementröhren wurden mit Lehm gedichtet. Außerdem wurden die Leitungen in frostfreier Tiefe, also etwa 50 cm unter der Erdoberfläche, verlegt.

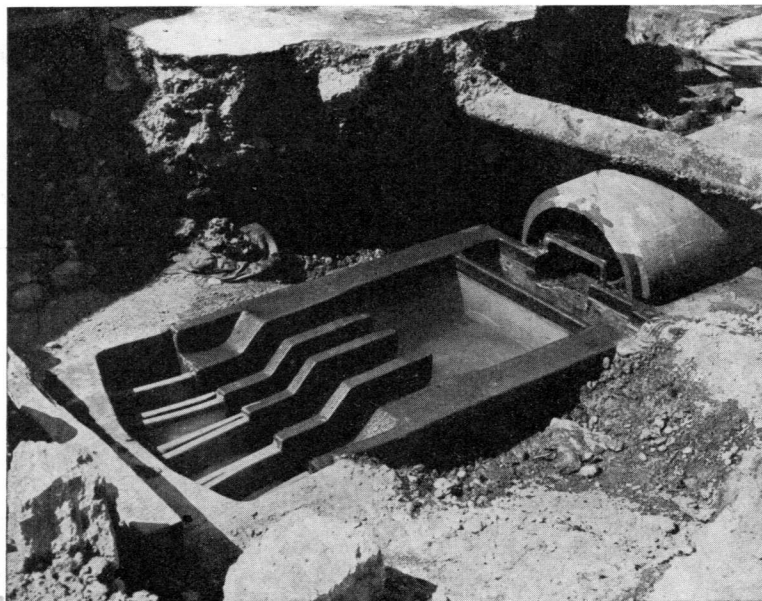


Abb. 41. Der neue Verteiler an den Heißen Steinen. Die Anteile des Großen Heißen und des Kleinen Heißen Steins (von rechts kommend) fließen im Beruhigungsbecken zusammen. Von hier aus leiten die Verteilerkanäle das Wasser den Anteilhabern zu. Wird einer der Holzkännel abgehoben, so strömt der Wasseranteil zur Meßstelle. Die Anlage des Verteilers neben der Quelle hat den Vorteil, daß die unregelmäßigen Gasauftöße im Quellschacht die Verteilung nicht mehr beeinträchtigen. Auch ist eine gute Reinigungsmöglichkeit gewährleistet.

Der Einfluß der neuen Leitungen auf den Chemismus des Thermalwassers ist augenscheinlich. Während früher die Deckel der Verteilerstellen stets mit einer ansehnlichen Schicht feinen Schwefels bedeckt und die undichten Stellen der Holztüchelleitungen mit Salzablagerungen inkrustiert waren, sind diese Sedimente jetzt beinahe ganz verschwunden. Ganz lassen

sie sich nicht vermeiden. Da in den Verteilern das Wasser ein kleines Gefälle überwinden muß und es dadurch mit der darüber stehenden Luft stärker in Berührung kommt, setzt sich auch jetzt noch mit der Zeit eine feine, aber unbedeutende Schicht von Schwefel an den Wandungen und an den Holzdeckeln ab.



Abb. 42. Alte Thermalwasserleitung, mit Steinplatten überdeckt. Die Leitung war defekt, so daß die Dämpfe austreten konnten. Infolgedessen sind die Leitungen außen und die Steinplatten an der Unterseite dick mit den Mineralbestandteilen des Thermalwassers überkrustet

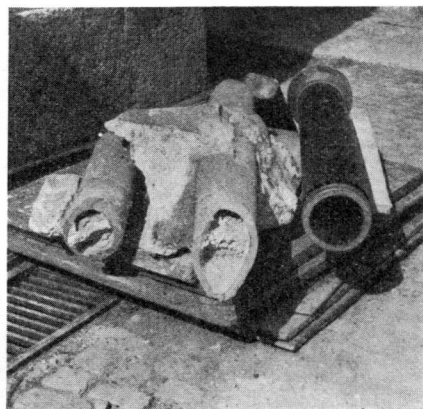


Abb. 43. Links alte, zu $\frac{3}{4}$ versinterte Thermalwasserleitungen, rechts neues Steinzeugrohr

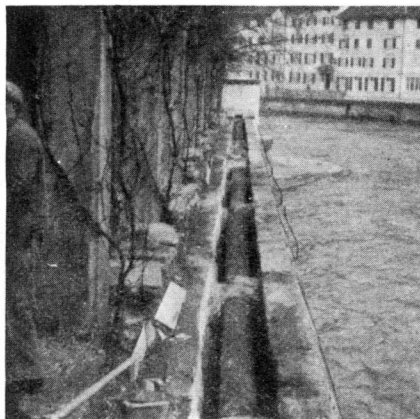


Abb. 44. Die alte Thermalwasserleitung von der Limmatquelle zu den Badehotels. Holztüchel, Verbindungsstellen einzementiert

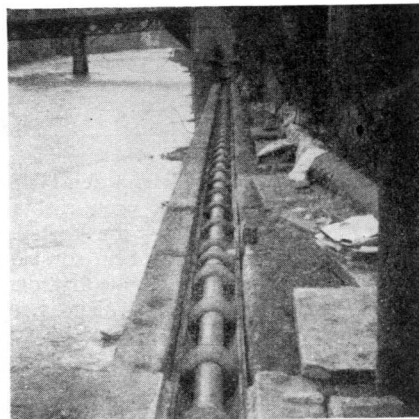


Abb. 45. Die neue Thermalwasserleitung von der Limmatquelle zu den Badehotels. Steinzeugröhren, Verbindungsstellen (Muffen) einbetoniert

Tabelle 73

Verluste an gelöstem Schwefelwasserstoff in den Leitungen von der Limmatquelle bis zur Bäderheilquelle Schiff vor der Erneuerung der Leitungen. 20. Juni 1944

Probe- nahme	Entnahmestelle	Entfernung von der vor- hergehenden Entnahme- stelle	Ent- fernung von der Quelle	Tempe- ratur ° C	Titrierbare Schwefel- verbindungen		
					Gehalt mg/l	Gehalt %	Verlust %
1	Limmatquelle.			47,0	4,8734	100	
2	Verteiler N—O Ecke Limmathof. Das Wasser steht in der Leitung unter Druck. Leitung: Holztüchel. Schacht: Sandstein. Verschluß des Schachtes: Holz- deckel, darüber Eisendeckel.	44	44	46,7	4,8734	100	
3	Kontrollschacht N—WEcke Limmat- hof auf halbem Weg gegen den Bäderplatz. Leitung: Holztüchel. Verschluß der Leitung: Holzdeckel schlecht schließend. Verschluß des Schachtes: Die Lei- tung liegt ca. 1 m unter dem Ni- veau der Straße. Der Schacht ist mit einem Eisendeckel verschlos- sen, schlecht schließend.	19	63	46,7	4,7712	97	3
4	Zusammenfluß des Wassers aus der Limmatquelle mit dem Anteil aus dem Heißen Stein *). Leitung: Holztüchel. Das Wasser aus der Heißen Stein- leitung fällt in einem ca. 10 cm hohen „Wasserfall“ in die Leitung aus der Limmatquelle. Verschluß der Leitung: Schlecht schließend., verfaulte Holzdeckel. Verschluß des Schachtes: Schlecht schließender Eisendeckel.	20	83	46,1	3,9192	80	20
5	Verteiler vor dem Inhalatorium. Leitung: Holztüchel. Verteiler: Holz. Verschluß: Bretter, Eisendeckel.	45	128	44,4	2,5900	53	47
6	Kontrollschacht vor dem Garten der Heilstätte „Schiff“. Das Wasser steht in der Leitung unter Druck. Leitung: Holztüchel. Verschluß der Leitung: keiner. Verschl. des Schachtes: Eisendeckel.	70	198	44,2	2,5900	53	47
7	Einlauf ins Reservoir der Heilstätte „Schiff“. Das Wasser fließt in einen Holzkasten und von da fällt es ins Reservoir	20	218	43,8	2,5784	52	48

*) Gehalt des Thermalwassers aus dem Heißen Stein: 3,4761 mg gelöster H₂S/l.

Bemerkung: Die Probenentnahme erfolgte immer am Einlauf in den Verteiler oder Kontrollschacht. Sie gibt also nicht Auskunft über den Verlust an gelöstem H₂S an der Entnahmestelle selbst, sondern im vorhergehenden Teilstück der Leitung. Die Probenentnahme 5 gibt also Auskunft über die H₂S-Verluste in 4 und zwischen 4 und 5.

Tabelle 74

Verluste an gelöstem Schwefelwasserstoff in den Leitungen von der Limmatquelle bis zur Bäderheilstätte Schiff n a c h der Erneuerung der Leitungen. 18. Mai 1945

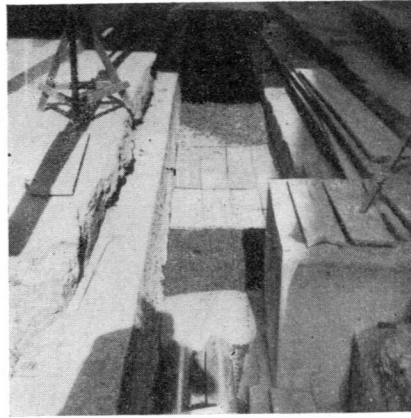
Probe- ent- nahme	Entnahmestelle	Entfernung von der vor- hergehenden Entnahme- stelle	Ent- fernung von der Quelle	Tempe- ratur ° C	Titrierbare Schwefel- verbindungen		
					Gehalt mg/l	Gehalt %	Verlust %
1	Limmatquelle			47,0	4,9586	100	
2	Verteiler N—O Ecke Limmathof. Das Wasser steht in der Leitung unter Druck. Leitung: Steinzeug, Isolation, Zementröhren. Verschluß: 2 Lagen Holzbretter von 6 cm Dicke, Elkingtondeckel.		44	46,9	4,9586	100	
3	Verteiler N—W Ecke Limmathof. Leitung: Steinzeug, Isolation, Zemet- röhren. Verschluß: 2 Lagen Holzbretter, Elkingtondeckel.	19	63	46,7	4,9586	100	
4	Zusammenfluß des Wassers aus der Limmatquelle mit dem Anteil aus dem Heißen Stein *). Das Wasser aus dem Heißen Stein fließt nicht mehr in einem „Wasser- fall“, aber doch noch mit starkem Gefälle in die Leitung aus der Limmatquelle. Es entstehen da- bei Wirbel. Leitung: Steinzeug, Isolation, Holz- tüchel. Verschluß: 2 Lagen Holzbretter, Elkingtondeckel.	3	66	46,6	4,9586	100	
5	Verteiler vor dem Inhalatorium.	45	111	46,3	4,2702	86	14
6	Kontrollschacht vor dem Garten zum „Schiff“. Leitung: Holztüchel. Verschluß: Holzdeckel, Eisendeckel.	87	198	45,2	4,0998	82	18
7	Einlauf ins Reservoir der Heilstätte „Schiff“.	20	218	44,9	4,0998	82	18

*) Gehalt des Thermalwassers aus dem Heißen Stein: 5,0438 mg gelöster H_2S/l .

Auch die Temperaturverhältnisse und der Schwefelwasserstoffgehalt sind bedeutend verbessert worden. Das läßt sich aus den eigenen Kontrollanalysen ersehen, die an der Leitung von der Limmatquelle zur Bäderheilstätte „Schiff“ vor und nach der Erneuerung der Leitung vorgenommen worden sind (Tab. 73 und 74).



Abb. 46. Neue Thermalwasserleitungen: Zementschalen umgeben die Steinzeugrohre, der Zwischenraum ist mit Korkschnitz ausgefüllt. Die Muffen sind einbetoniert



Aba. 47. Neue, dreifach geführte Thermalwasserleitung. Korkschnitzfüllung, darüber Tonplatten, darüber Schlacken

3. Die Sammler (Speicher, Reservoir)

Der Zweck der Sammler⁸³⁾ besteht in erster Linie in der Speicherung des Thermalwassers für die Stoßzeiten des Badebetriebes. Der Erguß der Badener Quellen genügt nicht, um bei starker Beanspruchung fortlaufend genügend Wasser abgeben zu können. Die meisten Bäder werden in der Regel am frühen Morgen zwischen 6.00 h und 9.00 h verabreicht. Die vorangehende Nacht dient somit der Füllung der Reservoirs. In zweiter Linie dienen die Speicher zur Abkühlung des Thermalwassers, weil es mit ca. 47⁰ zu heiß zum Baden ist. Ein und derselbe Sammler erfüllt meistens beide Aufgaben zugleich. In einzelnen Hotels gibt es jedoch auch Reservoirs, in denen das Wasser vollständig erkalten gelassen wird. Die Regulierung der Badetemperatur erfolgt dann durch Vermischung von quellheißem und kaltem Mineralwasser.

Den Sammlern kommt in bezug auf den Chemismus des Thermalwassers eine noch größere Bedeutung zu als den Quellfassungen und den Leitungen, weil es hier während längerer Zeit an der gleichen Stelle verweilt. Allfälliger Luftzutritt kann dann während Stunden einwirken und eine weitgehende Oxydation des Schwefelwasserstoffes bewirken. Selbst die vorbildlichsten Quellfassungen und Leitungen würden dann ihren Wert verlieren.

In Baden befinden sich die Reservoirs ausschließlich in den Badehotels selbst. Sie bilden hier entweder eigene Kammern oder gewölbte, kellerartige Räume, oder sie sind vielfach unter den Fußböden der Korridore und Badekabinen angelegt. Besonders die letztgenannte Einrichtung erfreut sich in Baden großer Beliebtheit, weil dadurch zugleich die Räume ohne kostspielige Heizungsinstallationen erwärmt werden.

⁸³⁾ Sammler ist die in Baden übliche Bezeichnung für Speicher (Reservoir).

In früheren Jahrhunderten spielte die Frage der Sammler nicht die gleiche Rolle wie heute, weil damals das Gesellschaftsbad vorherrschend war. Entweder trat in diesen Bädern die Quelle direkt aus, so dass der Inhalt fortwährend erneuert wurde, oder dann ließ man das Thermalwasser längere Zeit darin stehen, oft sogar eine Woche lang wie im Freibad. Mit dem Aufkommen der Einzelbäder jedoch erlangten die Sammler erhöhte Bedeutung.

Sie dienten aber vorerst zur Speicherung, noch nicht zur Abkühlung. Das Abkühlen des Wassers wurde vielfach in der Weise vorgenommen, daß am Abend der Badebehälter mit Thermalwasser gefüllt wurde. Während der Nacht erfolgte dann die Abkühlung, womöglich noch bei offenem Fenster. Daß damit ein fast vollständiger Verlust des Schwefelwasserstoffgehaltes einherging, liegt auf der Hand. *Wetzler* (252) beobachtete, daß bei geschlossenen Fenstern der Badezellen das Wasser in 6 Stunden sich hinreichend abkühle, bei offenen Fenstern in der Hälfte dieser Zeit. Es mangle an einer genügenden Zahl von Sammlern, so daß vielfach nur 2 Bäder pro Tag verabreicht werden könnten.

Sammler im heutigen Sinne werden erstmals von *Maurer* (126, 127) erwähnt. Sie seien aus Backsteinen gemauert, und mittels hölzerner Röhren gelange das Wasser aus ihnen in die Bäder. Doch seien nur der Hinterhof und der Stadthof im Besitze größerer derartiger Anlagen. *Hess* (88) berichtet von einem neuerstellten Sammler im Hofraum des Stadthofes. Er sei aus Backsteinen aufgemauert und unter dem Boden angelegt worden. Da er aber gut verschlossen und mit einer ziemlich mächtigen Erdschicht bedeckt sei, könne das Wasser nicht genügend „verdünsten“.

1824 machte *Gimbernats* (273, 274) den Vorschlag, das Quellwasser mittels Schlangenhöhren durch einen Abkühlungskanal in die Reservoirs zu leiten. In diesen geschlossenen Röhren würde das Thermalwasser keine Einbuße an wirksamen Bestandteilen erleiden und doch genügend abgekühlt werden. Dieses heute als Gegenstromprinzip bekannte und in vielen hyperthermalen Bädern angewandte Verfahren ist in Baden erst über hundert Jahre nach dem Vorschlag *Gimbernats* nur in einem einzigen Hotel eingeführt worden.

Die in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts errichteten Speicher wurden so solid gebaut, daß sie, wie übrigens auch die in der gleichen Zeit erstellten Quellfassungen und Zuleitungen, noch heute benützt werden können. Diese ältere Art der Speicher besteht aus gemauerten, bisweilen tonnenartig gewölbten Behältern von oft großem Umfang. Es gibt Sammler von ca. 8 m Länge, 4 m Breite und 2 m Tiefe, wie z. B. im Limmathof, der 1832 erbaut worden ist. Die meisten Sammler jedoch sind kleiner. Nicht alle sind von der Außenluft gleich gut abgeschlossen; einige haben gar keine Verbindung nach außen, andere sind mit ziemlich großen Öffnungen dem Luftzutritt ausgesetzt.

Die neuere Art der Speicher, wie sie bei den Hotelumbauten in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Gebrauch gekommen ist, wurde unter den Fußböden der Badezellen und Korridore im Kellergeschoß der Hotels angelegt (Abb. 48 u. 78). Es handelt sich dabei ebenfalls um gemauerte Behälter, die

aber eine geringere Tiefe aufweisen als die anderen Speicher, in der Regel 50 cm bis maximal 1 m. Dafür bilden sie ein weitläufiges und reich verzweigtes System von Kanälen und kleinen Räumen, die jeden verfügbaren Platz, soweit er nicht von den in den Boden eingelassenen Badebassins in Anspruch genommen wird, ausnützen. Diese Sammler sind durch abhebbare Platten in den Fußböden zugänglich.



Abb. 48. Korridor im Bädergeschoß eines Badehotels. Unter dem Boden befinden sich die Thermalwasserreservoirs

Die Reservoirs sind in der Regel aus Mauerwerk (Bruch- oder Backsteine) aufgeführt und die Wandungen mit einem Zementbewurf versehen. An den Wänden erfolgt starke Sinterbildung, die innerhalb eines Jahres beträchtliche Ausmaße annehmen kann. Die Wände sehen dann wie mit einer Art Tuffstein überzogen aus. Am Boden der Reservoirs setzt sich der ebenfalls aus Kalziumkarbonat bestehende Schlamm ab, der mit der Zeit eine ziemlich hohe Schicht bilden kann. Im Frühjahr vor Saisonbeginn werden die Sammler gereinigt, die Sinterbildungen an den Wänden entfernt und der Schlamm weggeschafft. Neben dem Nachteil der Verengung des Reservoirvolumens hat der Sinter den Vorteil, die Wandungen mit einer schützenden Schicht zu überziehen, welche etwa vorhandene Undichtigkeiten im Mauerwerk vollständig abschließt und den aggressiven Einfluß des Schwefelwasserstoffes auf den Mörtel verhindert.

Bei den Speichern unterscheidet man nach *Wollmann*⁸⁴⁾ Flachspeicher und Schachtspeicher. In Baden bestehen ausschließlich nur Flachspeicher. *Wollmann* macht auf die bei solchen Flachspeichern erhöhte Gefahr der „Entgasung“, d. h. des Verlustes an wirksamen flüchtigen Verbindungen, aufmerksam. In Baden betrifft dies vor allem den Schwefelwasserstoff. Der großen Wasseroberfläche der Flachspeicher entspricht eine große darüberstehende Luftschicht, die dementsprechend viel Schwefelwasserstoff oxydieren kann. Die Entgasung erstreckt sich allerdings nicht in größere Tiefen, sondern betrifft hauptsächlich die obere Wasserschichten.

Die Speicher in Baden aber haben oft eine nur geringe Wassertiefe (50 cm—2 m); es besteht damit die Möglichkeit, daß in einzelnen Fällen fast die ganze gespeicherte Wassermenge von der Entgasung betroffen wird. Außerdem ist der Wasserstand in den Reservoirien je nach der Anzahl der verabreichten Bäder sehr verschieden.

Allerdings bildet sich nach *Wollmann* über dem Wasserspiegel eine Art „Gaspolster“, d. h. es stellt sich zwischen dem noch im Wasser gelösten und dem bereits in die Luft übergetretenen Gas ein Gleichgewicht ein, das nach erfolgtem Austausch stabil bleibt und gegen weitere Entgasung schützt. Dieser Fall tritt aber nur ein, wenn das Wasser vollkommen in Ruhe bleibt und die Temperatur nicht ändert.

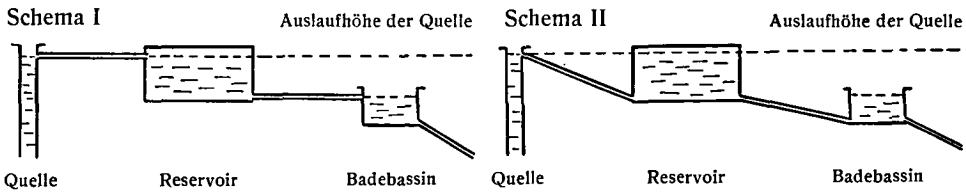
Nun wird aber fortwährend für die Bäder den Sammlern Wasser entzogen, so daß sich der Wasserspiegel senkt und dadurch der darüberstehende Luftraum vergrößert wird. Der Zufluß von neuem Wasser erfolgt aber nicht mit genügender Geschwindigkeit, um ständig den gleichen Wasserstand beizubehalten. Die größte Wassermenge wird am frühen Morgen für die Kurgäste benötigt. Von 8.00 h bis 14.00 h wird viel weniger Wasser verbraucht; nachmittags von 14.00 h bis 19.00 h werden die Bäder hauptsächlich von Passanten besucht. Die eigentliche Füllung der Reservoirie ist folglich erst während der Nacht möglich; der Gehalt an Schwefelwasserstoff ist deshalb am Morgen am größten, wenn die Reservoirie vollständig gefüllt sind.

Es kommt aber noch dazu, daß das „Gaspolster“ nicht nur durch das Auf- und Absteigen des Wasserspiegels und die dementsprechend ab- und zuströmende Luftmenge, sondern auch durch das von der Quelle zufließende Wasser gestört wird. Denn die Sammler in Baden werden nicht von unten nach oben, sondern von oben nach unten gefüllt. Das Quellwasser fällt je nach dem Wasserstand im Speicher in einem mehr oder weniger großen „Wasserfall“ in das Reservoir. Damit wird nicht nur beim Fallen das Wasser mit der Luft in Berührung gebracht; es wird auch der Wasserspiegel selbst im Reservoir fortwährend bewegt und durch den eindringenden Wasserstrahl aufgewühlt. Die Bildung des erwähnten schützenden „Gaspolsters“ wird dadurch verhindert.

Diese durchaus unzuweckmäßige Anlage der Sammler steht in engstem Zusammenhang mit der Stauhöhe der Quellen. Da sich die Quellen vielfach in den Kellergeschossen der Hotels befinden, sind die Quellen einerseits so hoch gestaut, daß ihr Wasser noch mit dem eigenen Gefälle den Bädern zufließen kann, andererseits ist das Auslaufniveau so nieder als möglich gehalten, um die Ergiebigkeit der Quelle nicht allzusehr herabzumindern.

⁸⁴⁾ *E. Wollmann: Speicher, in H. Vogt: Lehrbuch der Bäder- und Klimaheilkunde, Berlin 1940, S. 137.*

Zwischen Quelle und Bad ist das Reservoir „geschaltet“. Es muß also auf einem Niveau liegen, das einerseits dem Quellwasser den Einlauf ermöglicht, andererseits das gespeicherte Wasser an die Bäder abgeben kann und zwar immer unter der Voraussetzung, daß das Thermalwasser mit dem eigenen Gefälle fließt, also nicht mit Pumpen gefördert wird. Schematisch gezeichnet lassen sich die Anlagen folgendermaßen darstellen:



Diese Anordnung beruht immer noch auf der seit Jahrhunderten angewendeten Bauweise. Da eine Förderung des Wassers in der Quelle selbst durch Pumpen verboten ist und sich auch das Pumpen aus den Sammlern noch nicht allgemein eingebürgert hat, wird immer noch jener Einrichtung der Vorzug gegeben, die das Wasser mit dem eigenen Gefälle von der Quelle zum Ort des Verbrauches gelangen läßt.

Wenn schon dieser Förderungsart der Vorzug gegeben wird, so wäre doch zu untersuchen, ob die Gestaltung der technischen Anlagen nicht wenigstens nach dem Schema II vorgenommen werden könnte, bei welchem im Vergleich zum Schema I nur die Zwischenleitungen verändert werden müßten.

Nachteilig würde sich hier das starke Gefälle der Zwischenleitungen auswirken. Immerhin würden die „Wasserfälle“ in die Reservoirs und Badebassins beseitigt. Für spezielle therapeutische Zwecke könnte in den Badewannen immer noch ein oberer Zulauf vorgesehen werden, damit die Möglichkeit bestände, einzelne Körperteile mit einem Thermalwasserstrahl zu überrieseln. Die eigentliche Füllung der Wannen sollte aber wie diejenige der Sammler von unten nach oben geschehen.

Andere Möglichkeiten, die Reservoirverhältnisse zu ändern, ergäben sich einmal durch die Wasserförderung durch Pumpen und ferner durch die Anlage von Schachtspeichern.

Schachtspeicher haben nach *Wollmann* drei Vorzüge:

1. Die Wasseroberfläche ist sehr gering, es kommt deshalb nur ein ganz kleiner Teil des gespeicherten Wassers mit der Luft in Berührung.
2. Die große Wassertiefe setzt das im Wasser gelöste Gas unter Druck und verhindert so weitgehend die „Entgasung“.
3. Da der Schacht tief in den Erdboden hineinreicht, geht die Abkühlung gleichmäßig vor sich.

Schachtspeicher können auf zwei Arten angelegt werden: 1. Einbau in einen steilen Abhang, 2. Abteufen im ebenen Gelände.

Für die erste Art wären in Baden die Voraussetzungen günstig, da sich sowohl rechts als auch links der Limmat in unmittelbarer Nähe der Quellen und Badehotels in 20–100 m Entfernung die steilen Abhänge der Flußter-

rassen befinden. Die Anlage solcher Schachtspeicher hätte allerdings den Zusammenschluß der Quellenbesitzer zu einem so großen gemeinschaftlichen Werke zur Voraussetzung, weil kaum der einzelne Quellenbesitzer oder Anteilhaber aus eigenen Mitteln ein solches Reservoir für sich allein erstellen könnte.

Der zweiten Art von Schachtspeichern steht das Verbot von Grabarbeiten im Gebiet der Thermalquellen entgegen. In der Tat würde durch so tiefreichende Grabarbeiten das Quellengebiet gefährdet, so daß solche Anlagen wohl von vornherein ausgeschlossen sind. Sie wären auch gar nicht notwendig, weil, wie schon erwähnt, genügend steile Abhänge in der Nähe der Bäder vorhanden sind.

Ebenfalls zentrale Reservoirs schlägt *Hartmann* (291) vor. Mit dem Wasserreservoir müßte ein „Gasreservoir in direkter Verbindung stehen, so daß bei weitgehender Entleerung der Wasserreservoirs nur Quellgas, aber keine Luft eintreten kann“.

4. Die Pumpen

Die Pumpen gehören in Baden nicht zu den allgemein gebräuchlichen balneotechnischen Einrichtungen, da noch heute große Vorurteile gegen ihre Verwendung bestehen. Von den Quellen selbst wird nur eine einzige, die Straßenquelle im Ochsens, abgepumpt. Die dortige Pumpe scheint auf den Chemismus des Wassers keinen nachteiligen Einfluß zu haben, denn bei den Kontrollanalysen im Jahre 1944 konnte gegenüber den anderen Quellen keine Einbuße an Schwefelwasserstoff festgestellt werden. Sonst ist das direkte Abpumpen der Quellen in Baden verboten aus der Befürchtung heraus, es könnte nachteilige Folgen im System der Quellen nach sich ziehen. Es kann hier nicht näher auf diese Probleme eingetreten werden; es sei nur soviel vermerkt, daß in den großen Heilbädern des Auslandes das Quellwasser schon seit Jahrzehnten auf diese Weise zutage gefördert wird, ohne daß auf irgend eine Weise die Quellen geschädigt worden wären.

Dagegen werden in Baden in wenigen Fällen Pumpen zur Wasserbeförderung aus den Reservoirs in die Bäder und in die Duschen verwendet. Über ihre Einwirkung auf den Gehalt des Thermalwassers bestehen keine Mitteilungen, und es sind diesbezüglich auch keine eigenen Untersuchungen vorgenommen worden. Es besteht aber kein Zweifel, daß von der einwandfreien Konstruktion und Aufstellung einer Pumpe der Gehalt des Thermalwassers an flüchtigen Bestandteilen, in Baden also an Schwefelwasserstoff und Kohlensäure, weitgehend abhängig ist. Die Gefahr, daß die Pumpen durch den Unterdruck die Gase aus dem Wasser „herausreißen“, ist groß. Sie wird vermieden, wenn der Pumpvorgang unter Überdruck stattfindet, also in größerer Tiefe unter dem Wasserspiegel. Ein solch tiefes Einsenken der Pumpen ist aber bei den wenig tiefen Sammlern in Baden nicht möglich.

Auf die Konstruktion der Pumpe selbst (Kolben-, Kreiselpumpe) und das verwendete Material (Aggressivität des Schwefelwasserstoffes) kann hier nicht näher eingetreten werden.

II. Die technischen Einrichtungen zur Anwendung des Thermalwassers

1. Die Bäder

Von allen therapeutischen Anwendungsarten des Badener Thermalwassers nimmt das Bad die erste Stelle ein. Die Badeeinrichtungen gehören deshalb zu den wichtigsten technischen Einrichtungen und außerdem zu den ältesten.

Die frühesten Spuren gehen auf die Römerzeit zurück, obwohl aus dieser Epoche nur spärliche Überreste bekannt geworden sind. *Hess* (88) berichtet, daß 1815 anlässlich von Umbauten im Stadhof im Sammler der dortigen Kesselquelle Bruchstücke von Marmorplatten gefunden worden sind, von denen er vermutet, sie hätten zur Auskleidung der Badebassins gedient. *Vogel* (160) bezeichnet auf einer Bleistiftskizze des alten Verenabades das einfassende Mauerwerk als „opus reticulatum“, d. h. als netzförmiges Mauerwerk, wie es von den Römern angewendet worden ist. Das deutet darauf hin, daß das mittelalterliche Verenabad oder wenigstens Teile davon bis in die römische Zeit zurückreichten. Den Badegebräuchen der Römer entsprechend, hat es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um öffentliche, gemeinsame Bäder gehandelt, die wohl auch mit einigem Luxus ausgestattet gewesen sind. Über die technische Ausrüstung solcher Badeanlagen kann man sich in jedem einschlägigen Werk über die antike Kultur unterrichten.

Trotz den Zerstörungen zur Zeit der Völkerwanderung sind wahrscheinlich wenigstens die Fundamente der römischen Badeeinrichtungen erhalten geblieben, so daß sie vom Mittelalter übernommen werden konnten.

Die öffentlichen Bäder unter freiem Himmel (Abb. 49—58)

Den Mittelpunkt des mittelalterlichen Badelebens bildeten die öffentlichen Bäder auf den zentralen Plätzen in den Großen und Kleinen Bädern. Sie lagen unter freiem Himmel und waren bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts unbedacht. In den Großen Bädern befand sich das Verenabad, das ausschließlich den armen Kurgästen vorbehalten war, und das Freibad, das jedermann offen stand und in dem geschröpft werden durfte. In den Kleinen Bädern waren ebenfalls ein Frei- und ein Schröpfbad, aber von kleinerem Umfang, vorhanden.

Nach *Pantaleon* (173) besaß das Verenabad einen Umfang von 34×20 Fuß (ca. 10×6 m), es badeten darin oft 80—100 Personen, das Freibad einen solchen von 30×24 Fuß (ca. 9×7 m), ebenfalls von der gleichen Anzahl von Badenden benützt. Die öffentlichen Bäder in Ennetbaden besaßen etwa halb so große Ausmaße. Ringsum an den Wänden waren steinerne Platten angebracht, worauf man sitzen konnte; außerdem waren noch hölzerne Bänke und Unterteilungen vorhanden. Das Mauerwerk wies, wie aus alten Ansichten hervorgeht, zum Teil wenigstens, einen Verputz auf, der gegen die Einflüsse des aggressiven Thermalwassers ziemlich schützte.

Verenabad und Freibad wurden 1812 mit brusthohen jalousieartigen

Holzwänden umgeben, eine Maßnahme, die lediglich den Zweck hatte, die Badenden vor Zuschauern zu schützen, für die Beschaffenheit des Wassers aber belanglos war. 1824 wurde das Freibad, 1827 das Verenabad mit Bedachungen und Auskleideräumen versehen und in zwei Abteilungen für beide Geschlechter unterteilt.

Es ist anzunehmen, daß dadurch die wertvollen Bestandteile des Wassers weit besser erhalten blieben als vorher. Nach 1840 gingen beide Bäder ein und wurden 1844 überhaupt entfernt und die Stellen, wo sie sich befanden, mit dem Platz eingeebnet. Das Freibad in Ennetbaden blieb länger bestehen; es wurde 1865 in zwei Abteilungen getrennt und erst 1883 endgültig entfernt.

Die Bäder in Ennetbaden und das Freibad in Baden lagen dicht bei den auf den Plätzen entspringenden Quellen; das Thermalwasser mußte deshalb nur eine ganz kurze Strecke von etwa 1—2 m durchlaufen. Im Verenabad hingegen mündete direkt die St. Verenaquelle ein; das Bassin stellte also im Grunde genommen nichts anderes als den stark erweiterten oberen Teil der Quellfassung dar. Der unmittelbar aus dem Quelloch aufsteigende Sprudel besaß noch seinen vollen Gehalt an wirksamen Bestandteilen, der in den entfernteren Teilen des Bassins abnahm. Die Wassertiefe mochte

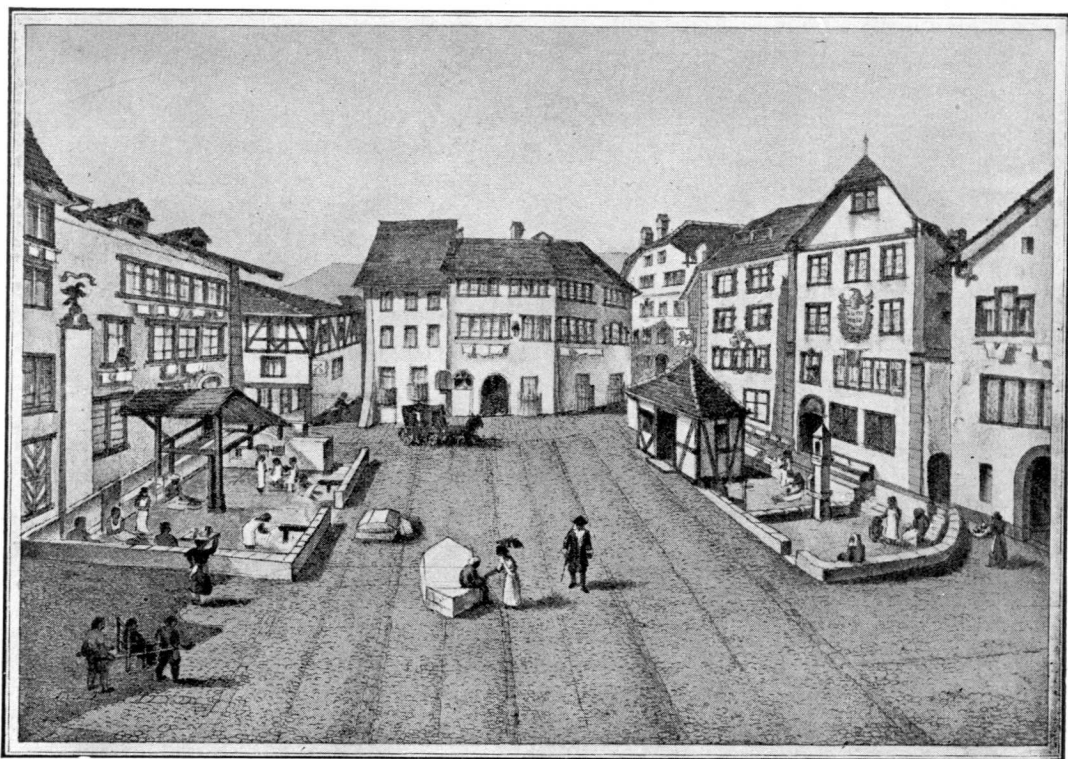


Abb. 49. Der Platz in den Großen Bädern gegen Ende des 18. Jahrhunderts. Links das Freibad, rechts das Verenabad, in der Mitte der große und kleine Heiße Stein.

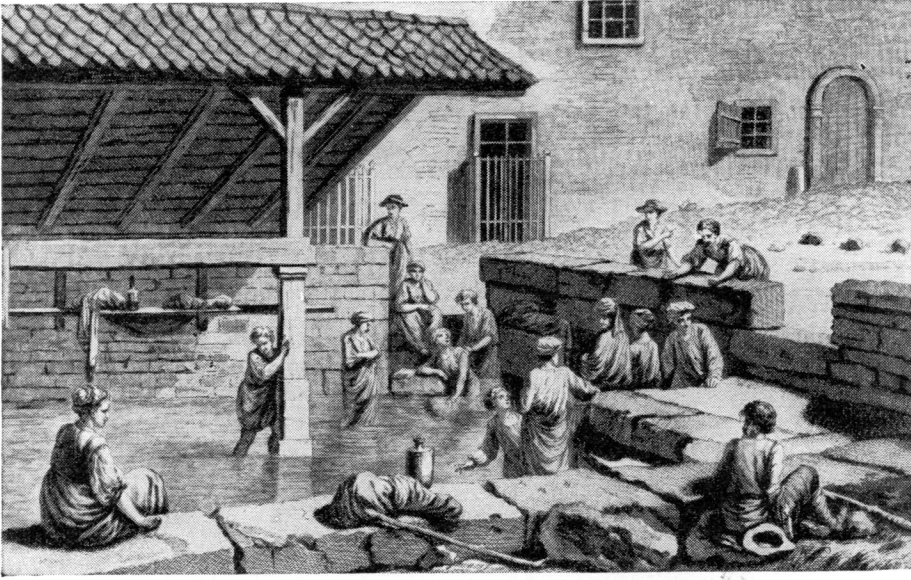


Abb. 50. Das Freibad Ende des 18. Jahrhunderts

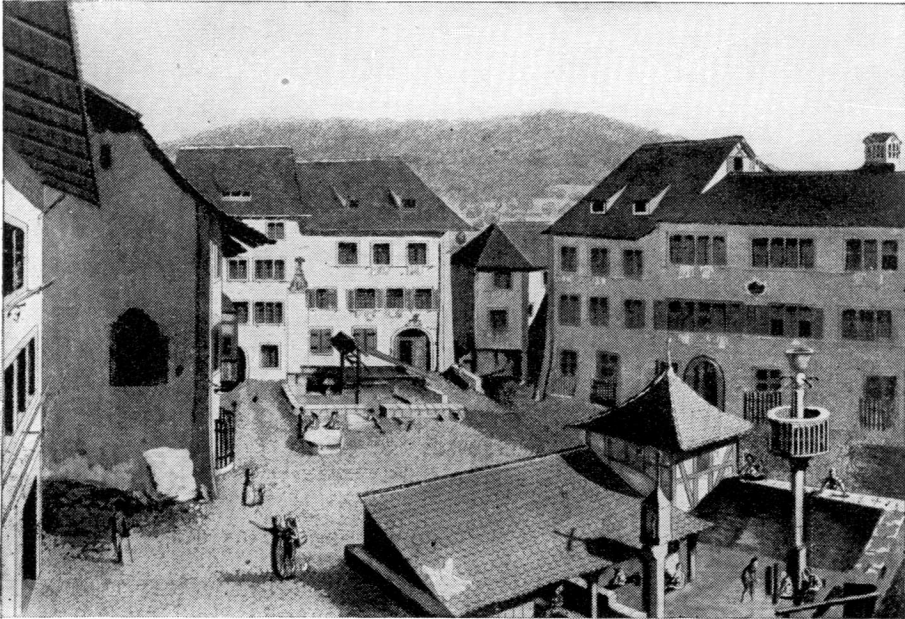


Abb. 51. Der Platz in den Großen Bädern um 1808 mit Verena- und Freibad



Abb. 52. Der Platz in den Großen Bädern um 1808. Vorne links im Verenabad eine „Tropfmaschine“ (Dusche)



Abb. 53. Der Bäderplatz um 1840. Im Vordergrund links das Verenabad, von Jalousien umwandet, im Hintergrund das als Dampfbad umgebaute Freibad mit Gedenktafel und Trinkbrunnen

wohl nicht mehr als etwa 50 cm betragen, auch pflegte man früher nur bis zum Unterleib im Bade zu sitzen. Die dem Einfluß der Luft und der Witterung ausgesetzte Wasserfläche mußte große Verluste an Schwefelwasserstoff erleiden, die allerdings durch den fortwährenden Zustrom von frischem Thermalwasser wettgemacht wurden. Bei Regenwetter bestand die Gefahr der Verdünnung, bei heißem Wetter die Gefahr der Verdunstung, worauf



Abb. 54. Das Verenabad um 1820. Das Bad ist mit Jalousiewänden umgeben und teilweise überdacht. Auf einer Steinsäule die Statue der Hl. Verena. Im Hintergrund die Dusche mit Tropfkenneln und Pumpwerk

schon *Pantaleon* (173) hingewiesen hat. Doch ist selbst *Wetzler* (252) der Meinung, die öffentlichen Bäder könnten immer noch mehr Schwefelwasserstoff enthalten als die privaten, weil sie das Wasser unmittelbar aus der Quelle und nicht erst auf dem Umweg über Leitungen und Sammler erhielten. In Bezug auf die Temperatur ist *Löwig* (104) der Ansicht, daß diese in den öffentlichen Bädern besser reguliert sei als in den privaten, weil die Abkühlung rasch erfolge und sich mit dem nachströmenden heißen Wasser gerade die richtige Wärmemischung einstelle, während in den privaten Bädern wegen der mangelhaften Abkühlung des Wassers in den Reservoirs zu heiß gebadet werde.

Im Freibad lagen die Verhältnisse ungünstiger. Das Thermalwasser floß hier nicht in fortwährendem Strome zu, und das Wasser im Bassin wurde nur einmal wöchentlich erneuert; außerdem wurde täglich darin geschöpft, so daß das Wasser in keiner Weise mehr den chemischen und hygienischen Anforderungen eines einwandfreien Mineralwassers entsprach (250). In Ennetbaden hingegen wurde das Freibad 3 mal wöchentlich gereinigt (2), auch waren die dortigen öffentlichen Bäder durch Dach und Wände gegen die Witterung geschützt, so daß sie laut *Wetzler* (252) nur allzu sehr von den Thermalwasserdämpfen angefüllt waren.

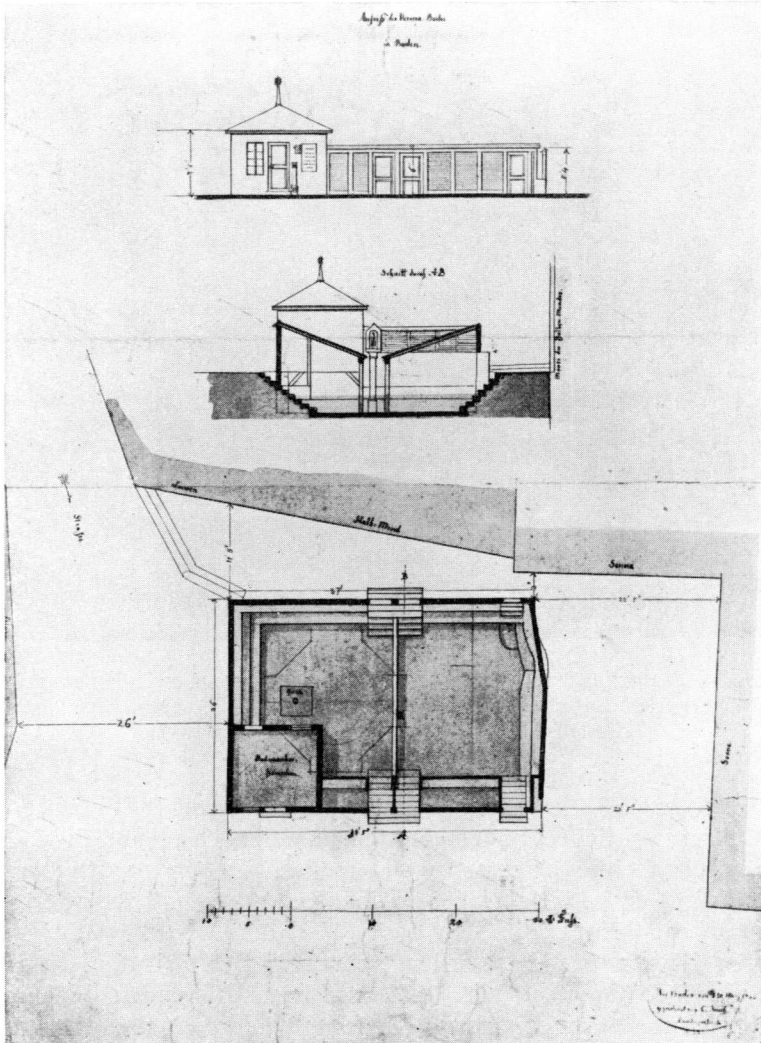


Abb. 55. Grundriß und Schnitt durch das Verena-Bad kurz vor dem Abbruch 1844

Den erwähnten Nachteilen — Veränderungen im Chemismus und schlechte hygienische Verhältnisse — standen in therapeutischer Hinsicht die Vorteile des Bewegungsbades und in psychischer Hinsicht die Möglichkeit gesellschaftlicher Zerstreuung gegenüber. Untersuchungen über die physikalischen und chemischen Verhältnisse des Thermalwassers in den öffentlichen Bädern sind nie angestellt worden.

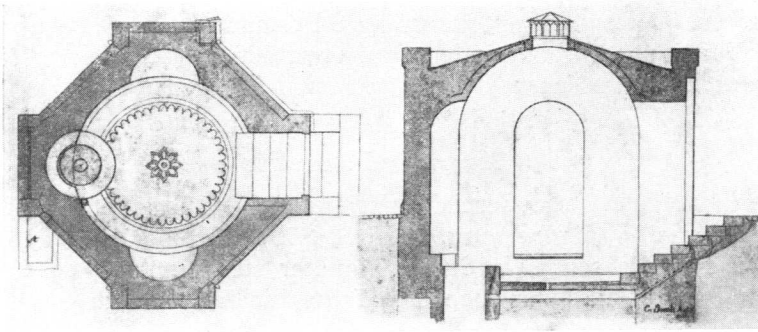


Abb. 56. Grundriß und Schnitt durch das Quellhaus der St. Verenaquelle 1846

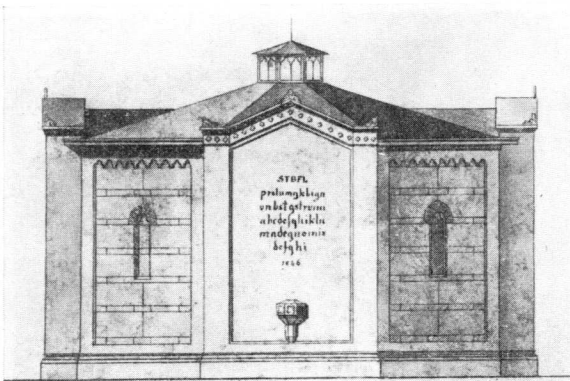


Abb. 57. Aufriß des Quellenhauses der St. Verenaquelle 1846

Seit etwa 1870 ist wiederholt die Frage der Errichtung eines Thermal-schwimmbades geprüft worden. Der Ausführung des Vorhabens standen bis jetzt Gründe finanzieller, rechtlicher, medizinischer (zu starke Ermüdung in einem so konzentrierten Wasser), hydrologischer (zu geringe Ergiebigkeit der Quellen) und technischer Natur im Wege. In chemischer Hinsicht ist zu bemerken, daß der Verlust an flüchtigen, wirksamen Bestandteilen in einem großen, von Schwimmenden ständig in Bewegung gehaltenen Bad unverhältnismäßig größer sein wird, als im kleinen Einzelbade. Wird jedoch in erster Linie auf die gesellschaftliche und sportliche Attraktion Wert ge-

legt und weniger auf den unverfälschten Gehalt des Thermalwassers, so ist schließlich gegen die Errichtung eines Thermalschwimmbades nichts einzuwenden.

Die privaten Bäder in geschlossenen Räumen (Abb. 59–77).

Außer den öffentlichen, unter freiem Himmel gelegenen Bädern bestanden von frühester Zeit an auch private, im Innern der Gasthäuser gelegene Badeanlagen. Der am frühesten erwähnte Bestand von 30 Badebassins (177) stieg bis Mitte des 19. Jahrhunderts auf etwa 600 an (45). Die erste Erwähnung eines „geschlossenen Bades“ (clausum balneum) fällt ins 13. Jahrhundert (2, 47).

Bauart und Ausmaße

Über die Bauart, die Beschaffenheit und die Ausmaße der mittelalterlichen Bäder ist wenig bekannt. *Gessner* (50) schreibt 1553, daß man im Kesselbad zum Ochsen viele Stufen hinunter steigen, *Morell* (140) spricht 1788 von Bädern, zu denen man drei Tritte hinabsteigen müsse.

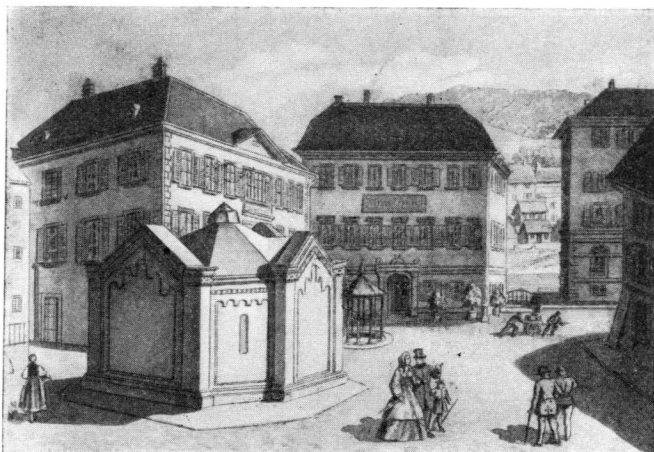


Abb. 58. Der Bäderplatz um 1860. Im Vordergrund der an Stelle des Verenabades getretene Überbau (Quellhaus) der St. Verenaquelle. Im Hintergrund an Stelle des Freibades der als Pavillon gestaltete Thermalwasser-Trinkbrunnen

Vielfach waren auch die Privatbäder wie das Verenabad nichts anderes als erweiterte Quellfassungen, weil am Boden die durch einen Gitterrost überdeckte Heilquelle zutage trat. Über die Ausmaße der früheren Badebehälter macht *Pantaleon* (173) die ersten Mitteilungen. Sie hatten im Vergleich mit den heutigen eine beträchtliche Größe, z. B. $4,80 \times 3,90$ m, $6,00 \times 2,40$ m, $3,60 \times 2,40$ m usw. Zeitgenössische Bilder bestehen leider nicht, nur eine Zeichnung aus dem Jahre 1796, die als „Bains romain dans les bains de Baden“ signiert ist (161) Abb. 59). Sie dürfte wohl auch für die

Verhältnisse in früherer Zeit zutreffend sein. Die Tiefe betrug etwa 50 cm. Die geringe Tiefe und die große Oberfläche der früheren Badebehälter lassen es als wahrscheinlich erscheinen, daß die Verluste an Schwefelwasserstoff ziemlich bedeutend waren, zumal auch durch die große Zahl von Badenden das Wasser ständig bewegt wurde.

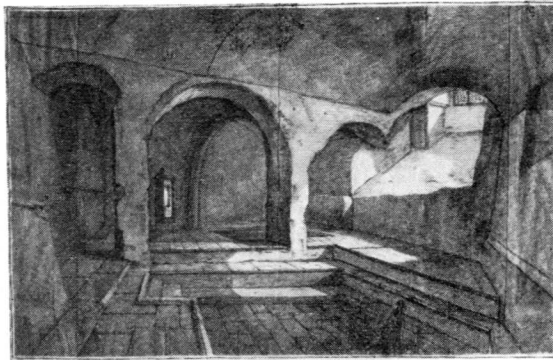


Abb. 59. Sogenanntes „Römisches Bad“, wahrscheinlich aus dem „Hinterhof“

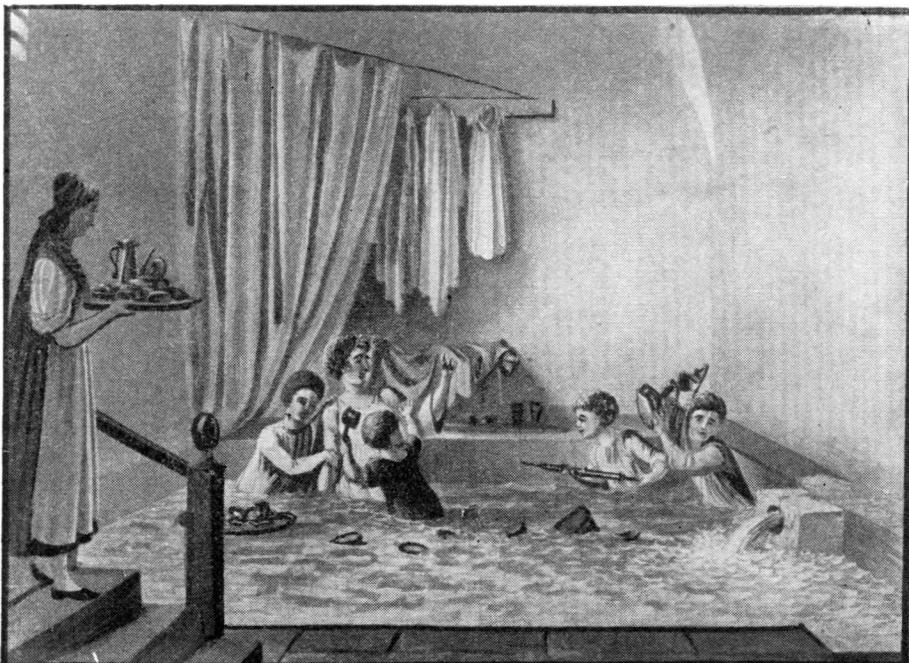


Abb. 60. Familienbad zu Beginn des 19. Jahrhunderts. Hinter dem Vorhang kleidete man sich aus

Umänderungen und Neubauten sind schon aus früherer Zeit überliefert, doch dienten sie weniger der Erhaltung der Qualität des Wassers, sondern in erster Linie der Vermehrung der Bademöglichkeiten. In der „Blume“ wurden 1421 die zwei Bäder erweitert und vertieft. Später unterteilte man die aus der Mode gekommenen großen Bassins zur Gewinnung einer größeren Zahl Einzelbäder. So sagt *Maurer* (126), daß man einzelnen Gewölben ansehe, daß hier früher mehrere Bäder in eines vereinigt gewesen seien. Der gleiche Autor schildert im Jahre 1790 die Bassins als $1\frac{1}{2}$ –3 Fuß (45–90 cm) tiefe und 5 Fuß (1,50 m) lange und breite Behälter, die größtenteils mit

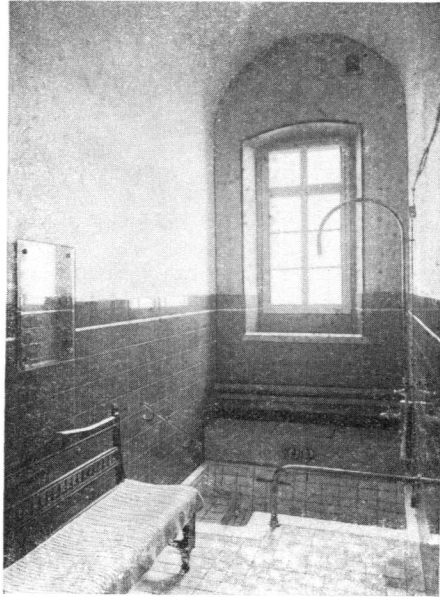


Abb. 61. Badezelle um 1880, ausgestattet mit Dusche mit Warm- und Kaltwasser-Zufluß

Brettern ausgeschlagen seien. *Morell* (140) beschreibt eine der Piscinen als runden Behälter, der 10 bis 12 Personen faßte. Um 1800 gab es immer noch eine Anzahl Bäder, die so groß waren, daß ganze Familien darin baden konnten, wie aus Stichen von *Hegi* (269) hervorgeht (Abb. 60). Der Grund, warum dann im Verlaufe des 19. Jahrhunderts die Einzelbäder immer mehr die Überhand gewannen, liegt nicht nur in moralischen und sittengeschichtlichen Anschauungen, sondern auch in wissenschaftlichen Erkenntnissen. Die Ärzte konnten das Einzelbad in Bezug auf Dauer, Temperatur, Sitzhöhe usw. viel besser individuell anpassen als das Gemeinschaftsbad. Für das Einzelbad genügten dann schließlich Ausmaße, wie sie noch heute üblich sind.

Minnich (137) beschreibt diese kleinere Art von Bädern als 6 Schuh lange und 4 Schuh breite Bassins (ca. $1,80 \times 1,20$ m). *Gsell-Fels* (57) schätzt das Fassungsvermögen der neuen Bassins im Grand Hotel auf 800 Liter (Abb.

61), derjenigen im Verena-Hof auf 6—700 Liter. Diese Zahlen dürften auf die meisten in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gebräuchlichen Badebassins zutreffen. In den Hotelneubauten nach 1900 zeigte sich die Tendenz, die Badebassins noch mehr zu verkleinern und auf etwa 500 Liter zu beschränken (Abb. 62—66). Doch eignen sich diese Anlagen nur für solche Indikationen, die ein ruhiges Liegen im Thermalwasser erforderten. Bei andern Krankheitsfällen jedoch ist intensive Bewegung vonnöten, so daß man neuerdings in einzelnen Hotels und Heilstätten Bäder einrichtete, welche

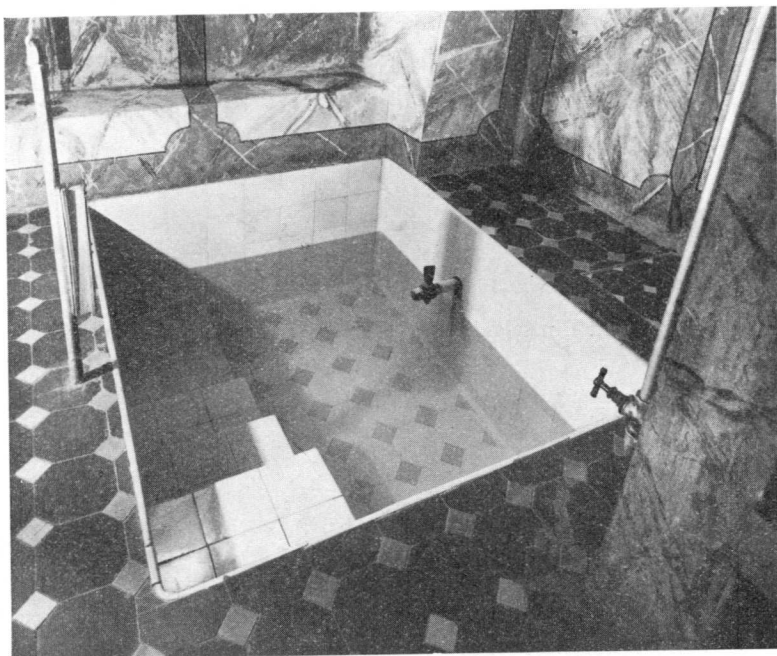


Abb. 62. Neues Bad mit Unterflurwanne, die mit keramischen Platten ausgelegt ist. Thermalwasserzulauf aus einem Holzhahnen

die in früherer Zeit üblichen Ausmaße wieder erreichen oder sogar, vor allem was die Tiefe anbelangt, übertreffen. Diese neuen Piscinen weisen Längen bis zu 8 m, Breiten bis zu 4 m und Tiefen bis zu 1 m und darüber auf und bieten für 10—15 Personen Platz (Abb. 67—69).

Eine Lösung, die zwischen Einzel- und Gemeinschaftsbad steht, stellen die Reihenbäder dar, die sich für das Volksbad als sehr praktisch erwiesen haben (Abb. 70 u. 71). Einerseits läßt sich damit eine große Raum- und Materialersparnis erzielen, andererseits kann doch für jeden einzelnen Patienten das Bad individuell reguliert werden. Dazu kommt in psychologischer Beziehung die fröhliche Geselligkeit, die den Patienten von den Gedanken über seinen Zustand ablenkt und dadurch den Heilerfolg begünstigt.

Vielfach werden die Bäder auch modifiziert als Kohlensäure- oder Sprudelbäder abgegeben. Zu diesem Zweck sind bisweilen besondere Badebassins eingerichtet worden (Abb. 72—75). Ferner bestehen in einzelnen Hotels Einrichtungen für Teilbäder, z. B. für die Hände oder die Füße (Abb. 76 u. 77).

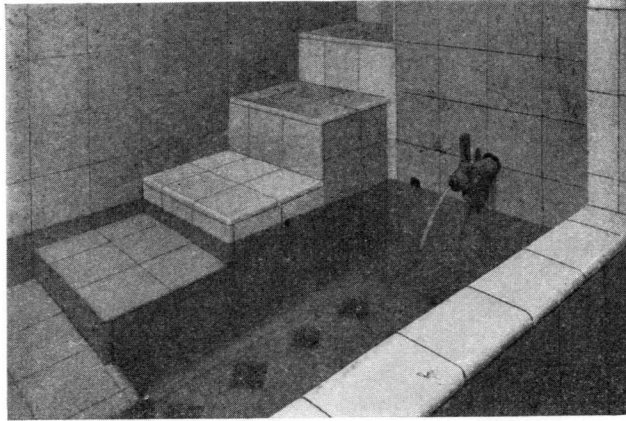


Abb. 63. Einzelbad mit Einsteigetreppe. Thermalwasserzufluß mittels Holzhahnen

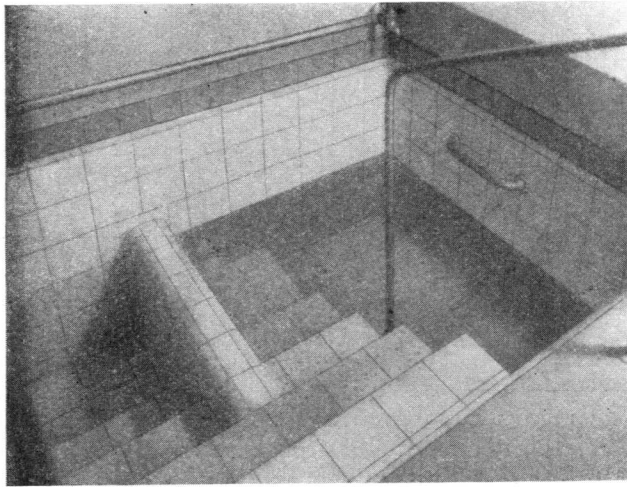


Abb. 64. Doppelbad mit Geländer und Handgriffen zum Ein- und Aussteigen

Aus diesen Ausführungen geht hervor, daß sich im Laufe der Jahrhunderte zwar die Ausmaße der Badebehälter geändert haben, daß aber die Bauart die gleiche geblieben ist, d. h. es sind auch heute noch hauptsächlich Unterflurwannen in Gebrauch (Abb. 78). Diese Tatsache ist weitgehend durch die Stauhöhe und die Lage der Reservoirs bedingt.

Sicher haben diese Bassins, in die man auf zwei, drei, ja sogar sechs und sieben Stufen hinabsteigen muß, besonders für im Gehen behinderte Personen ihre Nachteile, die allerdings vielfach durch Geländer und Stützen weitgehend gemildert sind. Die viereckige Form der Wannen erschwert eine der Körperform angepaßte Lage im Bade. Die große Wasserkapazität der Wannen macht sich in Zeiten des erhöhten Bädergebrauchs, wenn nicht genügend Wasser zur Verfügung steht, nachteilig bemerkbar. Die Lage unter dem Niveau des Fußbodens erschwert die Reinigung. Die Flächen, mit denen das aggressive Thermalwasser in Berührung kommt, sind zahlreicher und größer und begünstigen deshalb die Korrosion.

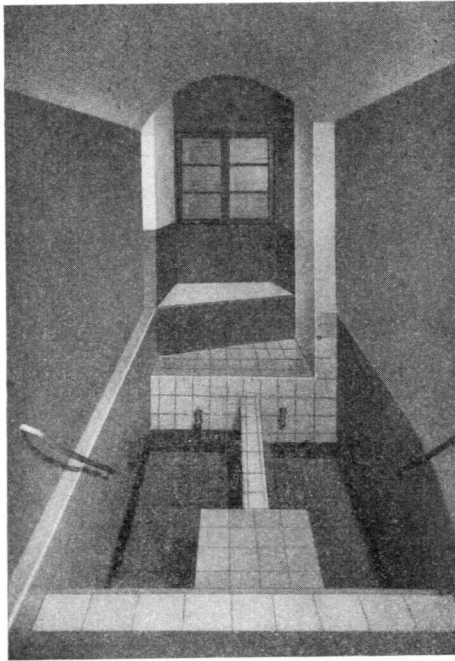


Abb. 65. Doppelbad. Badebehälter geplättelt, Wände verputzt

Diesen Nachteilen stehen jedoch auch Vorteile gegenüber. Die Geräumigkeit ermöglicht auch im Einzelbad eine ausgedehnte Bewegungstherapie, ohne daß die Gemeinschaftsbäder in Anspruch genommen werden müssen. Die ringsum angebrachten Stufen und Sitze ermöglichen bald das tiefere, bald das höhere Sitzen im Bade. Schließlich bieten die Unterflurwannen den Reiz des Ungewohnten und Neuartigen, der in psychischer Hinsicht nicht unterschätzt werden darf.

Da hier in erster Linie der Einfluß der therapeutischen Einrichtungen auf den Gehalt des Wassers in Betracht gezogen wird, kann auf die ange deuteten Probleme nicht näher eingegangen werden. Es besteht kein Zweifel darüber, daß Ausmaße und Form der Badebehälter nicht ohne Einfluß auf den Gehalt des Wassers, besonders an flüchtigen Bestandteilen, sind. Doch sind in Baden hierüber noch nie Untersuchungen angestellt worden.

Material

So wie in der Bauart, so hat sich auch in Bezug auf das verwendete Material bis 1800 nur wenig an den traditionellen Zuständen geändert. Holz war von Anfang an das beliebteste Material für die technischen Einrichtungen, weil seine Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Thermalwasser schon bald erkannt worden war. Aus der Schilderung *Poggios* (177) geht hervor, daß um 1417 Bänke, Scheidewände, Geländer, Galerien aus Holz angefertigt waren. Auch nach *Pantaleon* (173) wurde Holz zur Erstellung der Sitze und Unterteilungen angewendet. Aber noch *Maurer* (126) sagt, die Behälter seien größtenteils mit Holz ausgeschlagen, und *Hess* (88) meint ironisch, die Bäder von Baden seien weder mit Marmor, noch Zinn, noch Porzellan ausgefüttert, wie in Bad Pyrmont, sondern nur mit Holz.

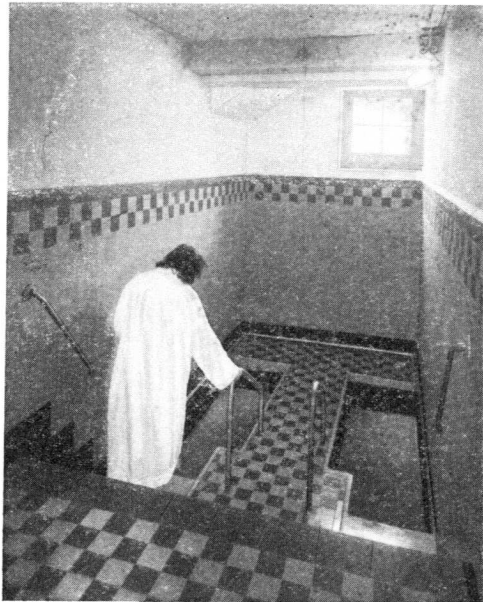


Abb. 66. Doppel- oder Wechselbad. Badebehälter aus Betonplatten, Wände und Böden geplättelt

Dennoch scheint es auch mit Steinplatten belegte Badebassins gegeben zu haben, wie aus der schon erwähnten Ansicht eines „römischen“ Bades ersichtlich ist (Abb. 59). *Morell* (140) spricht von einer Art Marmor, wie er häufig in den Bädern von Baden anzutreffen sei; ringsum seien Sitze in Marmor ausgehauen. Andere Badekästen seien jedoch nur aus Ziegelsteinen gemauert. Wie schon erwähnt, hatte sich dieses Material an den Quellfassungen und den öffentlichen Bädern gegen die chemischen Einflüsse des Wassers bewährt.

Erst nach 1800 kamen allmählich andere Baustoffe auf, besonders nachdem in den 30er Jahren stattliche Hotels nach neuen Gesichtspunkten erbaut

worden waren (Limmathof, Schiff, Freihof, Armenbad). *Heyfelder* (89) erwähnt lobend die streng voneinander geschiedenen, mit weißen glasierten Platten ausgelegten, und mit Sitzen versehenen geräumigen Bassins im Hotel Schiff. *Ruesch* (191) hebt die sechs neuen, mit einem blendend weißen Kachelbelag versehenen Badewannen im Freihof hervor. Doch fügt er bei, sie hätten sich nicht als dauerhaft erwiesen, weil sie vom Wasser leicht aufgelöst worden seien. Auch *Minnich* (137) ist kein Freund des neuen Materials. Er lobt vielmehr die alten, mit Holz gefütterten Behälter, weil sie nicht so schlüpfrig und so kalt seien, wie diejenigen aus Fayence. Um 1850 kamen noch die aus Zement hergestellten Bassins dazu, so daß nach *Diebold* (31) und *Meyer-Ahrens* (134) drei Sorten von Material vorhanden gewesen sind: Holz, Fayence und Zement. Als nach 1870 wieder neue Hotels erbaut wurden, verschwanden die alten Holzbehälter vollständig. *Gsell-Fels* (57) weist auf die aus weißem Marmor erbauten Badewannen in der „Neuen Kuranstalt“ und die Zementbassins im Verenhof hin.

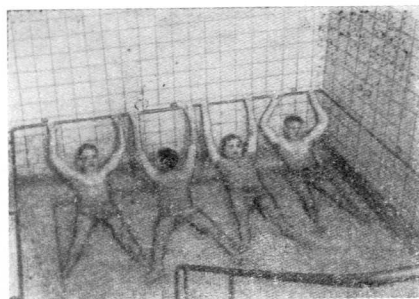


Abb. 67. Großes Gemeinschaftsbad mit Haltevorrichtungen für Bewegungsübungen

Heute sind die Badebassins fast durchwegs geplättelt; nur in wenigen älteren Räumen der Hotels finden sich noch Behälter aus Zement oder sogar solche aus Sandstein. Der keramische Belag hat sich trotz seinen Nachteilen (langsame Erwärmung, Schlüpfrigkeit, schwierige Reinigung) durchgesetzt, weil er gegenüber den Holz-, Stein- und Zementwannen viel ansehnlicher und sauberer aussieht. Anderes Material wie Metall, Email, Glas konnte in Baden, da hier nur Unterflurwannen gebräuchlich sind, nie in Anwendung kommen. In neuerer Zeit sind laut *Schärer* (305) in einzelnen Hotels 3 cm dicke polierte Betonplatten zur Anwendung gekommen, die sich gut bewährt haben (Abb. 66).

Die Frage, ob sich diese Materialien gegenüber den aggressiven Eigenschaften des Schwefelwasserstoffes bewährt habe und ob es den hygienischen Anforderungen entspreche, ist schwer zu beantworten. Mit der Zeit werden auch die keramischen Beläge, besonders an den Fugen, durch das Mineralwasser angegriffen und bekommen dann ein unsauberer Aussehen. Eine Erneuerung nach allerdings verhältnismäßig langen Zeiträumen läßt sich nicht umgehen. Die Reinigung solcher Beläge erfordert wegen der vielen Fugen besondere Sorgfalt und infolge der schwereren Zugänglichkeit der Unterflurwannen auch mehr Arbeit, ist aber bei einiger Sorgfalt in einwandfreier Weise mög-

lich. Immerhin kann sich der Mörtel in den Fugen unter dem Einfluß von scharfen Reinigungsmitteln mit der Zeit lösen und damit auch dem Thermalwasser ein besseres Eindringen ermöglichen. Die viel gerügte Schlüpfrigkeit läßt sich durch Anbringen von Handgriffen in geeigneter Lage kompensieren (Abb. 64–66).

Zu- und Abläufe

So wie in Bauart und Material, war auch die Anordnung der Zu- und Ablauföffnungen des Badwassers durch Jahrhunderte alte Tradition bestimmt. Die Zuleitungen bestanden aus Holz und waren mit Holzpflocken verschlossen. Schon im alten öffentlichen Freibad hatte jeder Badende das Recht, den Zapfen nach Belieben zu ziehen und zu stecken, während dies den Badwirten streng verboten war (2). Auch *Pantaleon* (173) rühmt vom Herrenbad im Stadhof, man könne das Bad heiß, warm oder lau machen, je nachdem man den Zapfen ziehe und wenig oder viel Wasser laufen lasse. *Montaigne* (139) fand es angenehm, daß man nach Belieben Thermalwasser zu- oder weglassen konnte. Die Stauhöhe der Quellen und die Anlage der Reservoirs brachte es mit sich, daß die Zuflußöffnungen am oberen Rand der Wannen, die Abflußöffnungen am Boden angebracht waren.

Eine dritte Öffnung diente als Überlauf, damit das Wasser nicht ein gewisses Niveau übersteigen konnte. Doch hat *Wetzler* (252) diese Rege-



Abb. 68. Großes Bewegungsbad in einem Badehotel

lung beanstandet. Auf diese Weise könne das Wasser nicht höher als $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß steigen, während doch oft eine größere Wassertiefe vonnöten wäre. Deshalb seien die neuen Bäder im Stadhof zu loben, wo man die Höhe des Wasserspiegels beliebig regulieren könne. Für die Zulauföffnungen hatten sich Holzhahnen in der Art der noch heute gebräuchlichen Faßhahnen bewährt (Abb. 63), während Metall nur ausnahmsweise in Anwendung kam. Doch berichtet schon *Wetzler* (252) von Metallhahnen im Stadhof. Erst in neuerer Zeit sind wieder Versuche mit besonders widerstandsfähigen Armaturen gemacht worden; sie haben in einigen Badekabinen einzelner Hotels Eingang gefunden (Abb. 87 u. 90). Im allgemeinen sind aber auch heute noch die



Abb. 69. Bewegungsbad

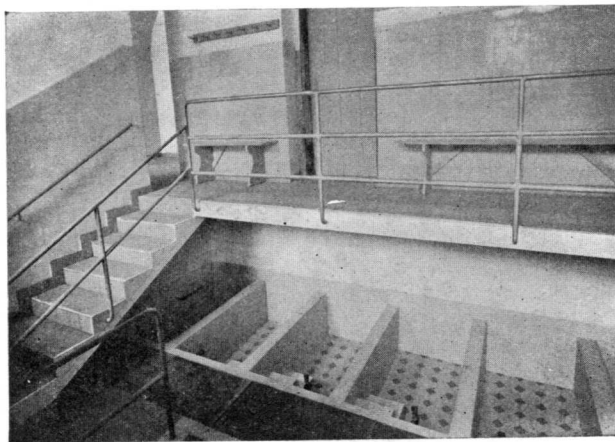


Abb. 70. Reihenbad. Je fünf Badebassins links und rechts eines Mittelganges

hölzernen Hahnen in Gebrauch. Die Ablauföffnungen sind mit Holzpflocken verschließbar, die mit einem „Badstecken“ entfernt werden können, der ebenfalls ein traditionelles Requisite der Badeeinrichtungen darstellt.

Im großen und ganzen sind die Zu- und Ablaufeinrichtungen auch heute noch dieselben wie früher (Abb. 78). Da die Reservoire meistens unter den Korrido-

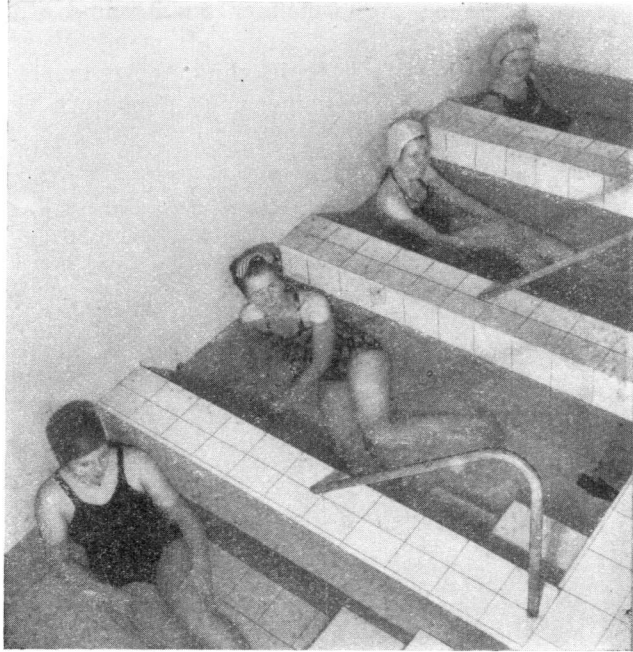


Abb. 71. Reihenbad

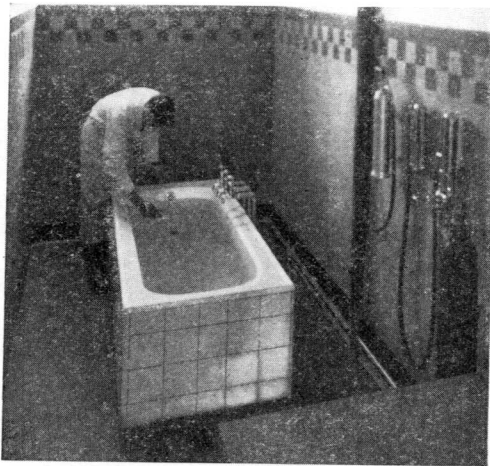


Abb. 72. Thermalwasser-Kohlensäurebad

ren des Bädergeschosses angelegt sind, befinden sich die Zulauföffnungen der Bassins an der dem Korridor zugewandten Seite. Der große Nachteil der heutigen Einrichtungen besteht darin, daß die Zulauföffnungen nicht am Boden, sondern am oberen Rande der Wannen angebracht sind. Dadurch ist das Wasser gezwungen, in einem mehr oder weniger großen Strahl ins Bad zu laufen, so daß durch das Auffallen des Strahles auf den Boden und beim Steigen des Wasserspiegels auf die Wasserfläche der Schwefelwasserstoff „ausgetrieben“ wird und sich mit der Luft vermischt. Beim Füllen des Bades von unten nach oben würden diese Nachteile vermieden.



Abb. 73.
Thermalwasser-Kohlensäurebad

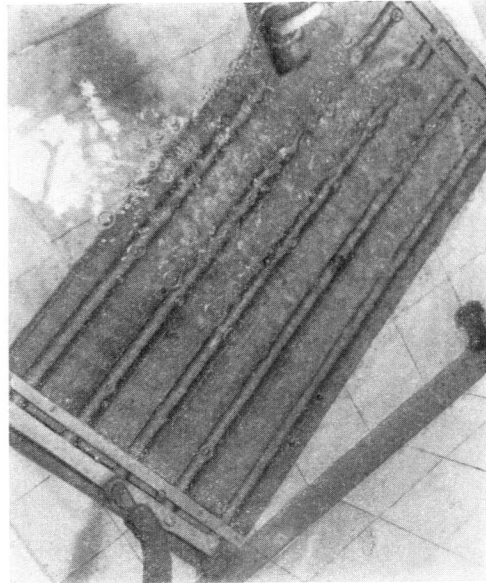


Abb. 74. Mildes Sprudelbad. Holzrost mit eingefügten durchlöcherten Metallröhren, durch welche die Luft in das Bad austritt

Der Durchmesser der Zu- und Überlauföffnungen beträgt etwa 5 cm, was den von den einschlägigen Fachwerken gestellten Anforderungen entspricht. Heute wird vielfach gefordert, daß der Badende den Zulauf des Badwassers nicht selbst sollte regulieren können, um sich nicht durch das allzuheiße und allzu starke Mineralwasser zu schädigen, doch wären mit der Verwirklichung solcher Forderungen allzu zeitraubende und kostspielige Umänderungen verbunden.

Die Baderäume

Es ist vielleicht im ersten Augenblick nicht ohne weiteres verständlich, bei längerer Überlegung aber doch einleuchtend, daß selbst der Raum, in welchem sich der Badebehälter befindet, auf den Gehalt des Wassers von

Einfluß ist. Hohe und dem Luftzug ausgesetzte Räume befördern die Abkühlung und „Durchlüftung“ des Badwassers und verursachen somit eine Gehaltsverminderung.

Schon *Poggio* (177) berichtet von den Baderäumen, daß man in ihnen auf Galerien stehen und von dort auf die Badenden herabsehen könne. *Gessner* (50) sagt, daß gerade die Lage der Bäder unter dem Niveau des Fußbodens günstig sei, weil die Dämpfe dann emporsteigen könnten und die Badenden durch einen weiten Zwischenraum von ihnen getrennt seien, so daß

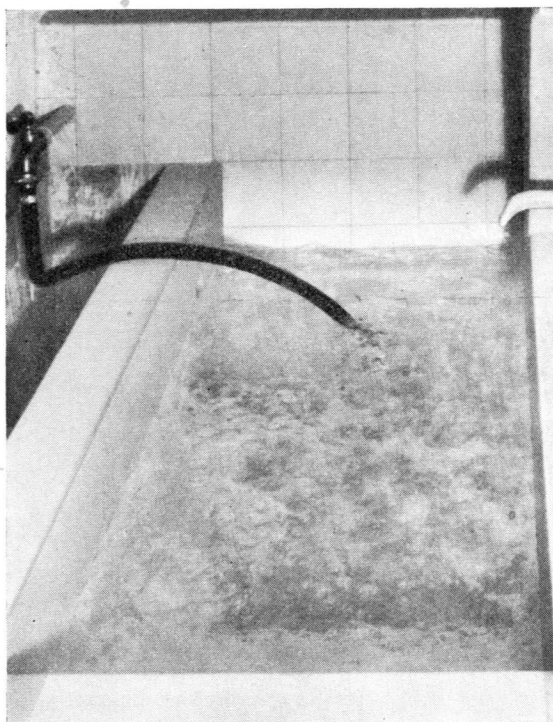


Abb. 75. Starkes Sprudelbad

Augen und Kopf nicht durch die Dünste beengt würden. Die Luft sei auf diese Weise gemäßigt, im Winter weniger kalt, im Sommer weniger heiß. *Montaigne* (139) lobt die reichen, hellen, mit Glasfenstern versehenen und mit bemalten Vertäfelungen verkleideten Badezellen, die zwar deutlich nach Schwefelwasserstoff riechen, aber keine schwüle, sondern eine gleichmäßige Wärme aufweisen würden. Besonders eingehend sind die „lustig mit schönen Fenstern bezierten“ Badezellen bei *Pantaleon* (173) beschrieben.

Mit der fortschreitenden Unterteilung der großen Badebassins in Einzelbäder wurden jedoch auch die Zellen immer kleiner, enger und unfreundlicher. Die Badewannen kamen in förmliche Schächte zu liegen, die nur durch

hoch oben angebrachte, kleine Fenster erleuchtet werden konnten. Es entstanden dadurch auch unregelmäßige, verwinkelte Räume (Abb. 79). Sie hatten allerdings den Vorteil, die Dämpfe und Gase zusammen und den Raum ständig in einer warmen, feuchten Atmosphäre zu halten und dadurch gleichsam als Inhalationsraum zu wirken. Das Verweilen in dieser mit wirksamen und radioaktiven Gasen erfüllten Atmosphäre hatte entschieden gewisse Vorteile. Außerdem wurde die Abkühlung des Badwassers verlangsamt. Andererseits verursachte diese heiße, dampferfüllte Luft manche Beschwerde und erhöhtes Unbehagen.



Abb. 76. Handbad



Abb. 77. Fuß-Wechselbad

Es wurde deshalb schon früher versucht, durch Lüftungsvorrichtungen diese Zustände zu ändern. So erwähnt *Malten* (110), daß in vielen Badezellen zwischen Eingangstüre und Wanne eine Art spanische Wand aufgerichtet wurde: man ließ dann auch während des Bades die Türe offen stehen, so daß fortwährend kühlere Luft zuströmen konnte. Diese primitive Einrichtung wurde aber schon damals getadelt, weil sie dem Gehalt des Wassers unzuträglich sei und auch für die Badenden eine Gefahr bedeute. Noch primitiver war der Brauch, durch Öffnen der Fenster die Bäder abzukühlen, wie *Hess* (88) berichtet. *Wetzler* (252) bemerkte kleine, über den Fenstern angebrachte Luftlöcher, die stets unverschlossen blieben. Sie finden sich

vielfach auch heute noch in manchen Badekabinen. In der „Neuen Kuranstalt“ wurde die Lüftung nach *Gsell-Fels* (59) mittels Ventilationskaminen durchgeführt.

In einzelnen großen alten Baderäumen wurde die Unterteilung vielfach so ausgeführt, daß die trennenden Wände nicht bis zur Decke, sondern nur bis zu Mannshöhe aufgeführt wurden, wobei selbst die Wände gegen die Korridore hin oft nicht bis zur Decke reichten oder doch durch weite Öffnungen unterbrochen blieben. Solche unterteilten Zellen erhielten die Bezeichnung „Wändlibäder“ (102). Sie finden sich auch heute noch in einzelnen Abteilungen. Es ist klar, daß die Atmosphäre in solchen Badezellen anderen Bedingungen unterworfen ist als in den kleineren, völlig geschlossenen Räumen.

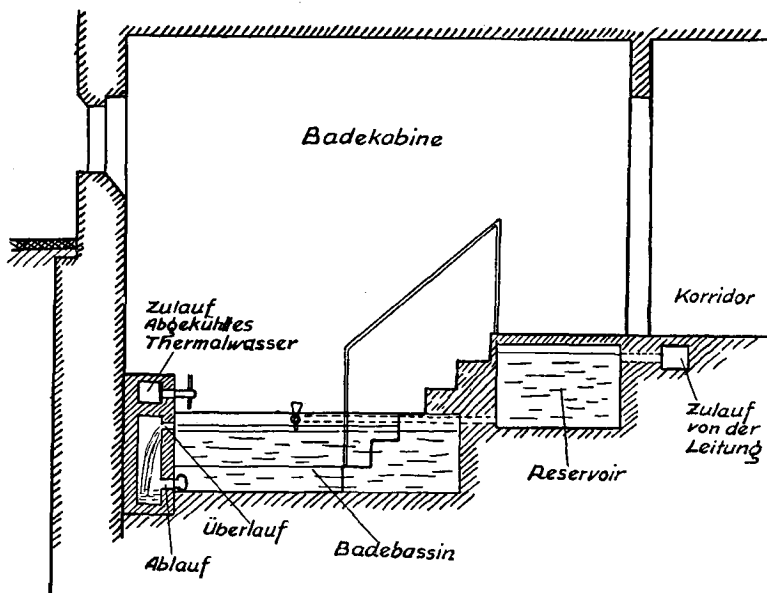


Abb. 78. Schema eines Querschnittes durch eine Badekabine

In den neueren im 19. Jahrhundert und später errichteten Badehotels erhielten die Bädergeschosse regelmäßiger und freundlicher Grundrisse (Abb. 80). Die Tradition, die Baderäumlichkeiten in den Kellergeschossen und nicht in den freundlicheren Obergeschossen oder eigenen Badehäusern einzurichten, beruht auf verschiedenerlei Gründen. Einmal entspringen viele der Quellen in den Kellergeschossen der Hotels selbst und ferner zwingt die Abneigung, das Thermalwasser durch Pumpen zu fördern, dazu, die Badebassins möglichst tief zu legen, damit das Wasser überhaupt noch genug Gefälle hat, um in die Bäder zu gelangen. Die Bauart der neueren Badehotels beweist aber, daß es trotzdem möglich ist, geräumige, freundliche und helle Badezellen einzurichten, die weder eine zu starke beengende Konzentration

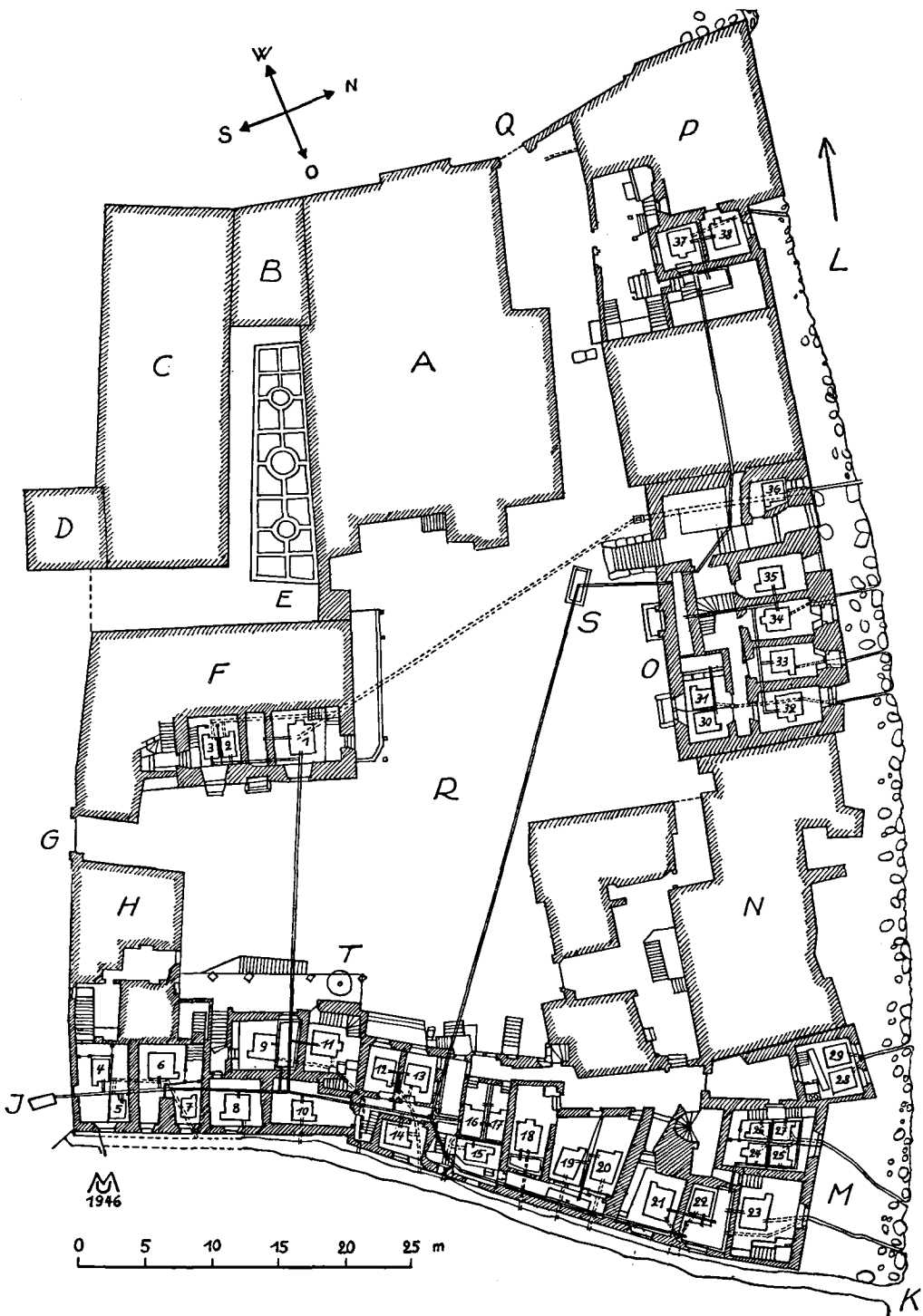


Abb. 79. Grundriß des Bädergeschosses eines alten Badehotels. Unregelmäßige, verwinkelte Badezellen. Einzelne große Badekabinen sind erst durch spätere Umbauten unterteilt worden, z. B. 19/20; 24/27

- 1 Treppenhaus
- 2 Bewegungsbad
- 3 Reservoir für abgekühltes Thermalwasser
- 4 Reservoir für heißes Thermalwasser
- 5 Badebassin
- 6 Zulauf von heißem Thermalwasser
- 7 Zulauf von abgekühltem Thermalwasser
- 8 Einlauf des Thermalwasser von der Quelle her
- 9 Ablaufkanal des gebrauchten Thermalwassers
- 10 Alte, nicht mehr benutzte Bäder

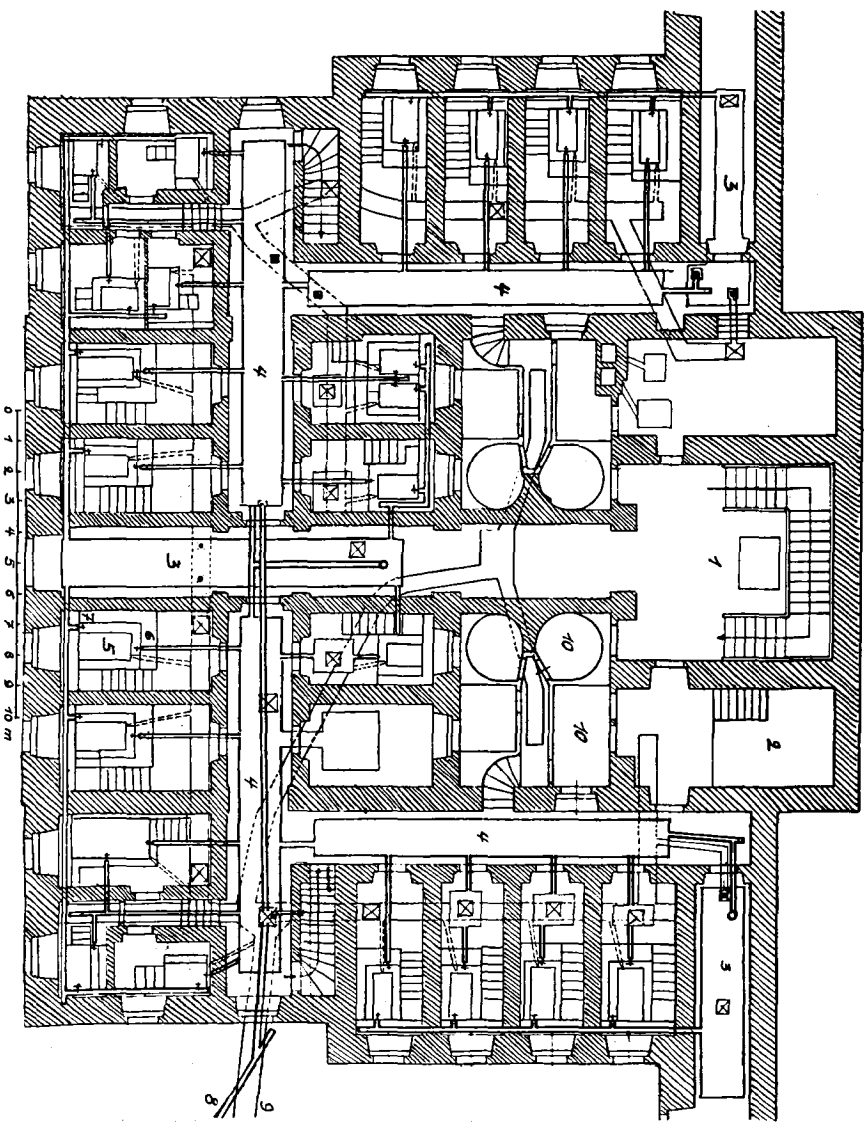


Abb. 80. Grundriß des Bädergeschosses eines neuen Badhotels

noch eine zu weitgehende Verdünnung und Abkühlung der Gase des Thermalwassers bewirken.

Die übrige Einrichtung der Baderäume gehört nicht mehr in den Bereich dieser Arbeit, doch ist es selbstverständlich, daß alle Gegenstände und der Wandverputz nur aus Material bestehen können, das gegenüber den aggressiven Eigenschaften des Schwefelwasserstoffes widerstandsfähig ist. Es wird dazu meistens Holz vorgezogen (305).

2. Die Gas-Dampf-Bäder

Die Gas-Dampf-Bäder haben den Zweck, die flüchtigen Bestandteile des Thermalwassers auf den menschlichen Organismus einwirken zu lassen. In Baden ist jedoch die Konstruktion dieser therapeutischen Einrichtungen so geschaffen, daß nicht nur diese Gase allein, sondern auch noch die Dämpfe an der Wirkung beteiligt sind. Es muß deshalb von Gas-Dampf-Bädern gesprochen werden.

Die Anwendung der Gas-Dampf-Bäder reicht nicht sehr weit zurück. Die erste Erwähnung findet man bei *Merveilleux* (131), doch scheint die Konstruktion noch reichlich primitiv gewesen zu sein. Sie bestand lediglich aus einem Faß oder Kasten, an dem der Boden durchlöchert war, so daß der Dampf des Thermalwassers eintreten konnte. Durch den mit einer Öffnung versehenen Deckel konnte der Kopf ins Freie gestreckt werden. Doch scheint der Gebrauch dieser Art der Thermalwasseranwendung nur sehr Wenigen bekannt gewesen zu sein.

Die endgültige und dauernde Einführung ist *Gimbernat* (53, 54, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 279) zu verdanken, der sich auf den Standpunkt stellte, die flüchtigen Bestandteile des Thermalwassers seien wirksamer als dieses selbst. Als im Jahre 1824 das erste „Dampfbad“, wie die allgemeine Bezeichnung lautete, errichtet wurde, bezeichnete man dieses Ereignis als einen Wendepunkt für die Bäder von Baden. *Gimbernat* drang darauf, daß die Gas-Dampf-Bäder über den Quellen selbst errichtet würden, weil nur dort der volle Gehalt an den flüchtigen Bestandteilen vorhanden sei. Seine Pläne gingen dahin, über der St. Verenaquelle an Stelle des Verenabades ein großes gemeinschaftliches Dampfbad, über der Heißen Steinquelle an Stelle des Freibades kleinere Einzeldampfbäder errichten zu lassen. Zu diesem Zwecke ließ er von Ing. Bellinger in Aarau Pläne anfertigen⁸⁵⁾. Diese Pläne gelangten nur teilweise zur Ausführung. Im Verenabad wurde nur ein kleines Dampfbad errichtet, später eines in Ennetbaden. Im folgenden Jahre wurden aus privater Initiative über den Quellen im Stadthof und Bären Dampf-bäder eingerichtet, während dasjenige im Hinterhof lediglich über einem Sammler angelegt war und deshalb nach der Ansicht *Gimbernats* keine volle Wirksamkeit entfalten konnte.

Die zwei öffentlichen Dampf-bäder in Baden und Ennetbaden erfreuten sich sogleich regsten Zuspruches; laut statistischen Angaben von Dr.

⁸⁵⁾ Diese Pläne konnten nicht ausfindig gemacht werden.

Schnebli (203) wurden im Jahre 1826 2228, im Jahre 1827 2070 Gas-Dampf-Bäder verabreicht, ohne die privaten in den erwähnten Hotels. Das Freibad in Baden wurde 1827 eingedeckt und in 4 Abteilungen getrennt, wovon die eine zur Errichtung von Dampfbädern benützt wurde. Um 1835 hatten auch die meisten Gasthöfe ein oder mehrere Dampfbäder eingerichtet.

Dr. *Amsler* (3, 4) befürwortete die Anwendung der Dampfbäder auch bei Frauenkrankheiten und fertigte zu diesem Zwecke eine Zeichnung an, die einen eigens in dieser Hinsicht konstruierten Apparat darstellte ⁸⁶⁾.

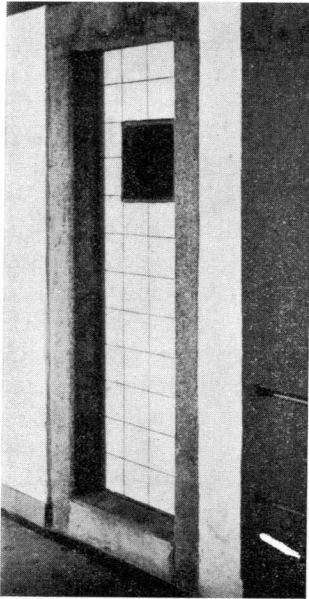


Abb. 81. Eingangstüre mit Fenster zu einem Dampfbad. Türe und Inneres des Dampfbades geplättelt

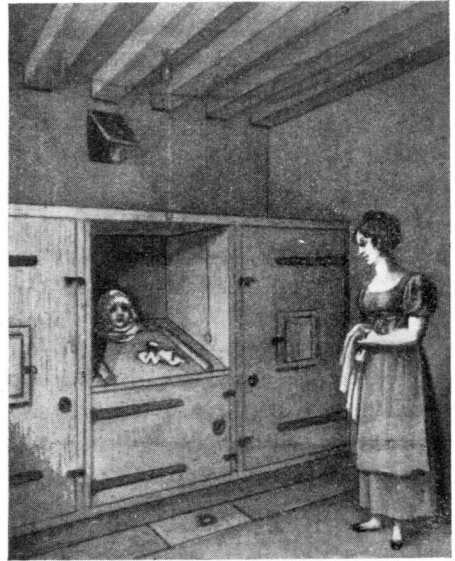


Abb. 82. Dampfbad im Jahre 1827. Im mittleren Dampfbad befindet sich der Kopf außerhalb des Kastens. Links und rechts die Eingangstüren zu Totalgasdampfbädern

Sonst wurden 2 Sorten Gas-Dampf-Bäder konstruiert: 1. Solche, wo der ganze Körper sich im Innern des Kastens befindet (Abb. 81), 2. solche, bei denen man durch eine Öffnung den Kopf außerhalb des Kastens halten kann (Abb. 82). Die erste Art wird bei *Minnich* (137), *Diebold* (31), *Meyer-Ahrens* (134) und *Wagner* (241) ausführlich beschrieben:

Es handelt sich um mannshohe Kästen von etwa 7 Schuh Höhe, 3 Schuh Breite, 3 Schuh Tiefe und ca. 8—10 m³ Inhalt. Die Türe ist mit einem kleinen Fenster versehen, das man innen und außen öffnen kann. An der Rückwand ist ein Sitz angebracht. Mit einem Glockenzug kann man im Bedarfsfall Bedienung herbeirufen. An den Seitenwänden sind verschließbare Öffnungen vorhanden, durch welche die Extremitäten allein den Dämpfen ausgesetzt werden können. Der Boden des Kastens ist durchlöchert, so daß

⁸⁶⁾ Diese Skizze konnte nicht ausfindig gemacht werden.

der Eintritt der Gase und Dämpfe ermöglicht wird; wird das Dampfbad nicht benützt, so kann die unter dem Kasten befindliche Quelle mit einem Deckel geschlossen werden. Die zweite Art Dampfbad unterscheidet sich von der ersten nur dadurch, daß mittels eines in zwei Teile gespaltenen Holzbrettes die Freihaltung des Kopfes von den Dämpfen ermöglicht wird.

Anfänglich wurden die Dampfbäder über den Quellen selbst angebracht. Später bevorzugte man die Sammler, in welche das Thermalwasser aus der Zuleitung als kleiner Wasserfall hinabstürzte und dadurch die Gase und Dämpfe aus dem Wasser frei machte. In der Regel wurden die Dampfkästen in die Ecke einer Badezelle gestellt, wobei diese als Aus- und Ankleide-raum diente.

Löwig (104) untersuchte die physikalischen und chemischen Verhältnisse in den Gas-Dampf-Kästen. Die Temperatur stellte er im Vorraum zu 24°C , im Kasten selbst zu 35° fest. Die Untersuchung der Luft ergab folgenden Befund:

Tabelle 75
Luft der Gas-Dampf-Bäder nach *Löwig*

Gase	Teile
Kohlensäure	13,76
Sauerstoff	11,40
Stickstoff	74,84
	<hr/> 100,00

Von diesen 3 Gasen stammt nur die Kohlensäure aus der Quelle allein; der Sauerstoff stammt ganz, der Stickstoff zum Teil aus der im Kasten befindlichen atmosphärischen Luft. Rechnet man deshalb den Sauerstoff und den Anteil des Stickstoffes auf die atmosphärische Luft um, so ergibt sich folgende Zusammensetzung der Luft im Dampfkasten:

Tabelle 76
Luft der Gas-Dampf-Bäder nach *Löwig*

Gase	Teile
Kohlensäure	13,76
Stickstoff	32,04
Atmosphärische Luft	54,20
	<hr/> 100,00

} Quellgase

Außerdem berechnete *Löwig* den Anteil des Thermalwasserdampfes. Seine Spannung beträgt 40,404 mm bei 35°C und 757 mm; 100 Volumteile Dampfkastenluft enthalten deshalb bei 35°C 5,35 Volumteile Wasserdampf.

Diebold (31) stellte andere Temperaturwerte fest. Im Vorraum beträgt die Temperatur $31,2^{\circ}\text{C}$, im Dampfkasten selbst $35,0^{\circ}$ — $38,5^{\circ}$ — 40°C .

Müller (157) konnte in 36 Liter Luft der Gas-Dampf-Kästen einwandfrei Schwefelwasserstoff nachweisen.

Nach *F. P. Treadwell* (229) enthält die Dampfkasten-Atmosphäre viel mehr Luft als Quellgase. Seine Untersuchungen zeigen folgendes Resultat:

Tabelle 77
Luft der Gas-Dampf-Bäder nach *F. P. Treadwell*

Gase	cm ³	
Kohlensäure	9,40	} Quellgase
Stickstoff	21,00	
Luft	969,60	
	1000,00	

Treadwell entnahm die Proben etwa 1 m über dem Boden des Dampfkastens.

Die Begeisterung, die anfänglich für die Gas-Dampf-Bäder geherrscht hatte, ließ mit der Zeit nach, nachdem sich durch die neueren Untersuchungen ergeben hatte, daß viele Behauptungen *Gimbernats* falsch oder übertrieben waren. Nach den neueren Anschauungen, gemäß denen die flüchtigen Bestandteile, vor allem der Schwefelwasserstoff, auch für das Bad von großer Wichtigkeit sind, kann das Austreiben der Gase und die nachherige Verwendung des entgasten Wassers zu Bädern nicht mehr verantwortet werden. Unter keinen Umständen dürfen die Reservoirs dazu benützt werden, in großem Maßstab Gase und Dämpfe an die erwähnten Einrichtungen abgeben zu lassen.

3. Die Umschläge, Wickel und Packungen

Es handelt sich hier vorwiegend um lokale und lang dauernde Applikation des Thermalwassers, wie sie im Bade allein nicht möglich ist.

Wenn auch schon in früheren Badeschriften der Rat gegeben wird, mit Thermalwasser getränkte Tücher aufzulegen, so widmet doch erst *Kottmann* (97, 99) dieser Anwendungsart größere Aufmerksamkeit. Er befürwortet aber nicht nur Umschläge und Wickel, sondern macht den Vorschlag, auch Schlamm wegen seiner großen Wärmekapazität zu verwenden.

Minnich (137) glaubt, daß auch der sogenannte „Badeleim“, das heißt die in den Quellen, Leitungen und Reservoirs vorkommenden gallertigen Ansammlungen der Schwefelbakterien, Verwendung finden könnten, weil er die Bestandteile des Wassers und des ausgeschiedenen Schwefels enthalte. Vermutlich hat *Minnich* davon Kenntnis gehabt, daß in ausländischen Bädern, vor allem in Barège, diese Bakterienansammlungen tatsächlich therapeutische Verwendung gefunden haben und auch heute noch finden.

Erst in jüngster Zeit ist die Anregung *Kottmanns*, Schlamm zu Packungen zu verwenden, in die Tat umgesetzt worden. *Wyller* und *Zürcher* (253) untersuchten die Eignung des in den Sammlern abgesetzten Schlammes in physikalischer und chemischer Hinsicht. Seiner Verwendung stellen sich insofern Schwierigkeiten entgegen, als die abgesetzten Mengen verhältnismäßig gering sind und sich deshalb ihre Ausbeutung kaum lohnen würde. Es wurde

deshalb 1936 ein Fangoinstitut (248) eröffnet, wo der in genügender Menge erhältliche Fango di Bataglia zusammen mit Thermalwasser zur Applikation gelangt. Im Anschluß daran haben auch einzelne Badehotels Fangoeinrichtungen angeschafft (Abb. 83 u. 84).

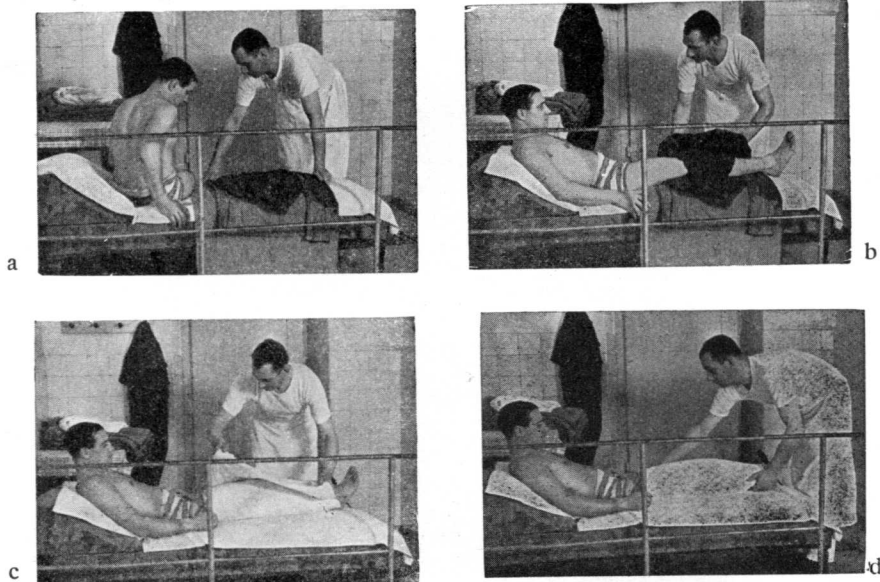


Abb. 83 a—d. Vier Stadien bei einer Fangopackung am Bein



Abb. 84. Fangopackung an der Schulter

Es erübrigt sich hier, auf die technischen Einrichtungen einzugehen, da solche nur in beschränktem Maße in Betracht kommen. Es muß lediglich darauf geachtet werden, daß das Thermalwasser in gut geschlossenen Gefäßen geschöpft wird und sogleich zur Anwendung gelangt, damit beim Transport und beim Stehen möglichst wenig Schwefelwasserstoff verloren geht (Abb. 85).

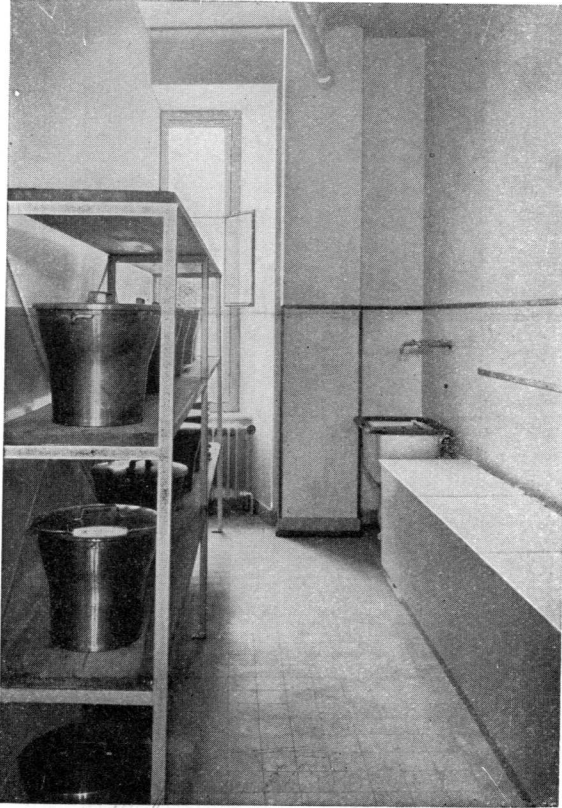


Abb. 85. Fangoküche im Fangoinstitut. Hier wird der Fango zusammen mit Thermalwasser auf die gewünschte Temperatur erhitzt

4. Die Duschen

In den Heilbädern, in denen die äußerliche Anwendung des Mineralwassers im Vordergrund steht, spielt die Dusche, d. h. die lokale Applikation des Heilwassers mit verstärkter mechanischer Wirkung, eine große Rolle.

Die Duscheneinrichtungen der alten Zeit waren in Baden sehr primitiv. *Sytz* (225) benützte ein kleines Faß mit einem Zapfen, aus dem man das warme Badewasser etwa aus 3 Schuh Höhe auf den Kopf fallen ließ. Noch einfacher war die Dusche, die *Gessner* (50) angewendet hat: Er ließ sich von einem Badgehilfen das Wasser übergießen. Noch bis ins 19. Jahrhundert hat sich die „Faßdusche“ erhalten, denn *Wetzler* (252) erwähnt ebenfalls

die Methode, einen mit einer Öffnung am Boden versehenen Kübel mit Wasser zu füllen, 10—12 Fuß (3,00—3,60 m) hoch empor zu ziehen und das Wasser hinunter fallen zu lassen. *Wetzler* schlägt aber die Wirksamkeit dieser Dusche nicht hoch an, denn 1. enthalte das Faß zu wenig Wasser, 2. sei die Ausflußöffnung zu klein und 3. sei die Fallhöhe zu gering.

Die erste eigentliche Dusche im heutigen Sinne, d. h. eine Vorrichtung, in der das Wasser durch Pumpen auf eine entsprechende Höhe gebracht wird, wurde um 1800 im Verenabad errichtet (160, 269). Das Wasser konnte von den Badenden selbst durch Betätigung eines Hebels in eine Art Kessel, der in 5 m Höhe auf einer Säule angebracht war, hinaufgepumpt werden. Die Säule selbst diente dabei als Steigrohr.

Aus diesem Kessel fiel das Wasser aus 4 Röhren auf die Badenden hinunter. Später wurde der Wasserstrahl, um ihm eine bessere Führung zu geben, in der oberen Hälfte des Fallweges durch hölzerne „Kannel“ geleitet. Eine kleine Galerie unterhalb des Druckkessels ermöglichte die Vornahme von Reparaturen am Mechanismus der Einrichtung. Das Material bestand mit Ausnahme von 4 Röhren aus Holz; die ganze „Maschine“ hatte ein ziemlich schwerfälliges Aussehen (Abb. 52 u. 54).

Duscheinrichtungen in den privaten Badgasthöfen kamen erst etwa 15 Jahre später auf. *Hess* (88) erwähnt 1818 im Stadhof zwei ganz neue „Tropfmaschinen“. Auch bei diesen Einrichtungen beruhte die Wucht des Wasserstrahles auf der Fallhöhe, nicht auf einem durch das Pumpwerk hervorgebrachten Druck. Auch *Wetzler* (252) sah diese Einrichtungen, bestand aber daran, daß das Wasser frei von der Decke herunterfalle und nicht mittels Röhren auf einzelne Körperteile gelenkt werden könne. Als Vorbild für diese Duschen im Stadhof dienten die Anlagen im Bad Plombière.

Nach 1830 hatten die meisten Badehotels Duscheinrichtungen eingeführt. Auch hier beschleunigte der Neubau von modern eingerichteten Häusern aus Gründen der Konkurrenz die Modernisierung der balneotherapeutischen Einrichtungen. Doch handelte es sich auch so noch vielfach um primitive Anlagen. Noch nach 1840 erwähnt *Kottmann* (99) die Gießdusche mittels eines hölzernen Schöpfers — „Schürfeli“. Eine Art Tropfdusche konstruierte man, indem man auf den hölzernen Zapfen des Zulaufes eine durchlöchernte Platte, wie an einer Gießkanne, steckte. Auch Regenduschen, oder in der heutigen Bezeichnung *B r a u s e n*, kamen mit der Zeit auf. Wenn sie in der Weise abgewandelt waren, daß sie den ganzen Körper bestreichen konnten, nannte man sie *Z i r k u l a r d u s c h e n*. Doch alle diese „milderen“ Arten der Dusche konnten sich gegenüber der eigentlich wirksamen Strahldusche nicht durchsetzen.

Während die erste Strahldusche im Stadhof noch unbeweglich und unregulierbar war, lernte man bald, Modifikationen in Bezug auf Durchmesser, Druck, Temperatur, Dauer und Abstand des Duschstrahles anzubringen. Einen großen Fortschritt bedeutete die bewegliche, mittels eines Schlauches lenkbare Dusche, wie sie zwischen 1830 und 1840 aufkam. *Minnich* (137) beschreibt die zu seiner Zeit gebräuchlichen Einrichtungen als auf 10—15 Fuß Höhe angebrachte Behälter, in die das Thermalwasser unmittelbar vom

Auslauf der Quelle her mittels eines Pumpwerkes hinaufbefördert werde. In diesem Behälter könne die Temperatur nach Belieben variiert werden. In befestigten oder beweglichen Röhren falle das Thermalwasser als Dusche herunter. *Ruesch* (191) berichtet von 10—25 Fuß (3,00—7,50 m) Fallhöhe und einem Strahldurchmesser von einer Federspuhle bis zu 1 Zoll (ca. 2,5 cm). *Diebold* (31) erwähnt sogar Fallhöhen bis zu 45 Fuß (13,50 m). *Monnerat* (138) findet den Duschenstrahl in Baden zu geschlossen und rät, ihn wie in Aix les Bains etwas zu mildern.

Nach der Erbauung der „Neuen Kuranstalt“ (späteres Grand Hotel) kamen die neuesten Duschapparaturen in Gebrauch. Der Druck wurde nicht mehr durch eine mehr oder weniger große Fallhöhe, sondern durch eine Pumpe reguliert (57) (Abb. 86).

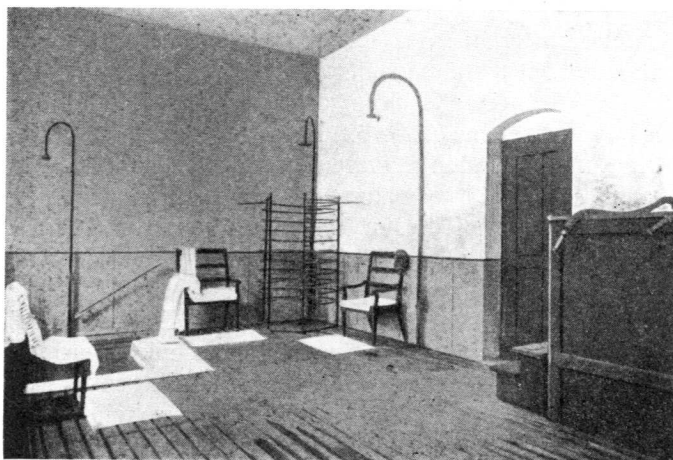


Abb. 86. Dushraum um 1880. Regenduschen, in der Ecke Zirkulationsdusche, rechts außen Strahldusche

Diese durch Pumpen im Druck regulierbaren Duschen sind noch heute im Gebrauch. In den Bäderheilstätten Freihof und Schiff z. B. duscht man mit einem Druck von 2—3 atü. Das Wasser wird aus den Reservoirs gepumpt und dem Mischhahn zugeführt, in welchem mit abgekühltem Thermalwasser die Temperatur reguliert werden kann. Am Mischhahn ist ein beweglicher Schlauch angebracht, der die Lenkung des Strahles an die verschiedenen Körperstellen und den Abstand von diesen zu variieren ermöglicht. Der Durchmesser des Strahles kann mittels einer Düse am Mundstück des Schlauches auch während der Duschmassage verändert werden.

Es liegt auf der Hand, daß das Thermalwasser besonders in bezug auf den Schwefelwasserstoff in den Duschapparaturen chemischen Veränderungen ausgesetzt ist, wenn deren Beschaffenheit nicht einwandfrei funktioniert. In erster Linie spielt auch hier die Pumpe die größte Rolle, die vor allem den Schwefelwasserstoff nicht aus dem Wasser „heraussaugen“ darf. Der Strahl selbst kommt naturgemäß intensiv mit der Luft in Berührung, doch da er geschlossen und unter großem Druck austritt, sind hier keine

Verluste an flüchtigen Bestandteilen zu befürchten. Einige Schwierigkeiten bestehen in der Verwendung des geeigneten Materials, weil für die Zuleitungen und die Düsen nur Metall verwendet werden kann. Doch bietet die Herstellung gegen Schwefelwasserstoff widerstandsfähiger Armaturen nicht mehr die gleichen Schwierigkeiten wie früher.

Die Duscheinrichtungen befinden sich meistens in den Badezellen der Hotels, doch ist stets nur ein Teil der Kabinen damit ausgerüstet. Es kann hier auch die abgeschwächte Form der Unterwasserdusche zur Anwendung kommen, wie sie neuerdings Eingang gefunden hat (Abb. 87).



Abb. 87. Unterwasser-Duschmassage

Im Volksheilbad Freihof sind eigene Duschräume eingerichtet worden, die vollständig mit keramischen Platten ausgelegt sind. Der Duscheur befindet sich bis Brusthöhe hinter einer Wand und appliziert von dort aus dem Patienten die Dusche. Die Reguliervorrichtungen für Druck und Temperatur sind hinter dieser Wand angebracht (Abb. 88 u. 89).

5. Die Klystiere und Irrigationen

Der Gebrauch der „innerlichen Dusche“ im Gegensatz zur „äußerlichen Dusche“, oder, wie eine spätere Bezeichnung lautet, der „aufsteigenden Dusche“ im Gegensatz zur „fallenden Dusche“, reicht ebenfalls in die frühesten Zeiten zurück.

Als eine Irrigation ohne besondere technische Einrichtung kann der Gebrauch der Quellen selbst gelten, die ja früher in den Badebassins selbst zutage traten, wie z. B. im Verenaabad, im Kesselbad zum Ochsen und im Kesselbad zum Stadthof. Seitdem über Baden schriftliche Äußerungen bestehen, findet man stets den Vermerk, daß die Quellen selbst, besonders die St. Verenaquelle, gegen Unfruchtbarkeit verwendet worden sei. Die Applikation erfolgte in der Weise, daß man sich über die Quelle setzte oder ein Bein ins Quelloch steckte. Es besteht kein Zweifel darüber, daß auf diese Weise der volle Gehalt des Wassers zur Wirkung kam, daß aber auch durch die Unmöglichkeit, die Quantität, den Druck und die Temperatur des Thermalwassers zu regulieren, manche Schädigungen eintreten konnten.

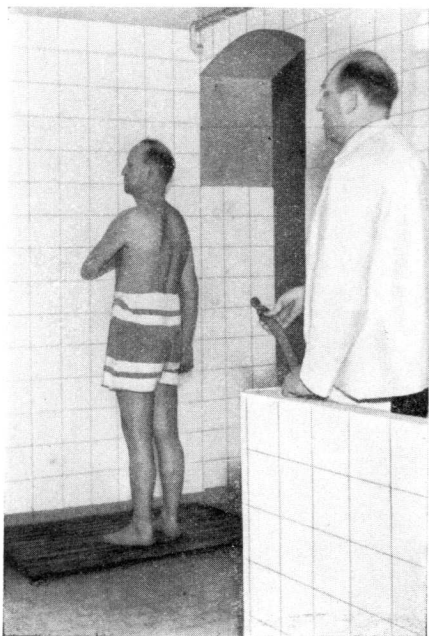


Abb. 88. Dushraum. Der Duscheur befindet sich hinter einer Wand

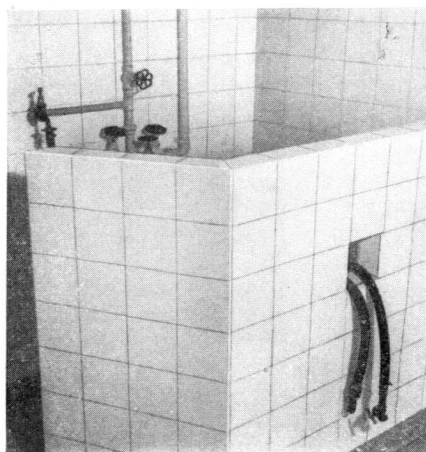


Abb. 89. Strahldusche. Hinter der Wand befindet sich der Duscheur, wo er sowohl die Mischhahnen als auch die Schlauchspritzen bedient

Die Klystiere wurden mit Klystierspritzen vorgenommen, die schon Sytz (225) bekannt waren. Noch bis ins 19. Jahrhundert hinein war die Klystierspritze ein unentbehrliches Requisit zu einer erfolgreichen Badekur, so daß man ihr auf den Abbildungen von Badeszenen (269) (Abb. 60) und in Kapiteln „ohne Überschrift“, wie Hess (88) sagt, begegnet.

Mit der Einrichtung von Irrigatoren zur Applikation des Thermalwassers ging wie bei den Duschen und Dampfbädern der Stadthof voran. Es wurde dort um 1818 eine festmontierte „Douche ascendante“ eingerichtet. Wetz-

ler (252) tadelt jedoch diese Einrichtung, weil das Endstück des Apparates nicht beweglich sei. Allmählich kamen dann Irrigationseinrichtungen auch in den andern Gasthöfen in Gebrauch. *Ruesch* (191) schildert ihr Aussehen wie dasjenige von Abtritten. Es mangle dabei an den notwendigen biegbaren Leitungsröhren von verschiedenem Kaliber. Nach *Minnich* (137) war es möglich, den Wasserstrahl von sehr kleiner Höhe bis zu 13 Fuß (3,90 m) Höhe zu steigern.

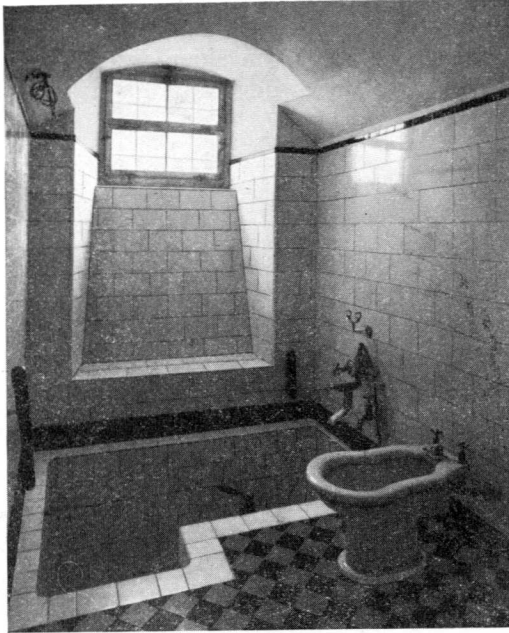


Abb. 90. Einzelbad mit Dusche und Irrigationseinrichtung. Die Armaturen sind verchromt

Er unterscheidet drei Arten von aufsteigenden Duschen: 1. Die äußere Mutterdusche, wobei das Thermalwasser durch kleine Öffnungen aus dem etwa 30 cm vom Körper entfernten Apparat getrieben wird; 2. die innere Mutterdusche, eine Vorrichtung mit elastischem Vaginalrohr mit mehreren Öffnungen; 3. die Klystierdusche, bei der eine Düse aus Horn, Bein oder Gummi am Apparat befestigt wird und zur Einführung ins Rectum dient. Alle drei Abarten von aufsteigender Dusche konnten mittels Hahnen in bezug auf Druck, Stärke des Strahls und Temperatur geregelt werden.

Eine etwas primitivere Art von Klystier- und Irrigationseinrichtung stellt ein an den Zufluhähnen des Bades angeschlossener Schlauch dar, dessen Mundstück mit einem der üblichen Garnituren aus Hartgummi, Glas oder Metall versehen wird. Jedoch ist auf diese Art die Regelung der Temperatur nicht möglich. Einzelne Baderäume in den Hotels sind mit sogenannten Biéts versehen, wie sie auch in den Badezimmern der privaten Haushaltungen üblich sind (Abb. 90). Auch bei diesen Irrigations- und Klystiereinrichtungen bestehen die Zuleitungen, Hahnen und Garnituren aus Material, das vom

Thermalwasser nicht angegriffen wird. Wichtig sind Mischhahnen zur Temperaturregulierung. Die für sanitäre Anlagen üblichen weißen Schüsseln aus Porzellan erweisen sich auch für das Schwefelwasserstoff haltige Badener Thermalwasser als geeignet.

6. Die Kureinrichtungen für die Atmungsorgane

So wie bei Klystier und Irrigation das Thermalwasser ins Innere von Körperhöhlen gebracht wird, so hat auch seine Anwendung bei den Atmungsorganen den Zweck, das Innere von Körperhöhlen zu beeinflussen. In beiden Fällen spricht man aber noch nicht von einer eigentlichen „Inneren Anwendung“ wie bei der Einnahme durch den Mund.

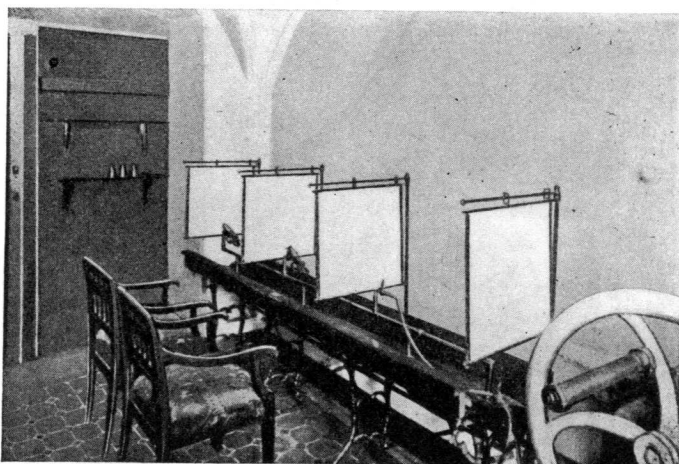


Abb. 91. „Pulverisationsapparate“ mit Handbetrieb um 1880

Man hielt schon von frühester Zeit an die Einwirkung des Thermalwassers und seiner Dämpfe auf die Atmungsorgane für sehr vorteilhaft, ohne daß man dazu besondere Vorrichtungen traf, um diese Beeinflussung zu verstärken. Der Aufenthalt in den Baderäumen bildete die einzige Möglichkeit zur Inhalationskur. Erst mit der Einrichtung der Gas-Dampf-Bäder ergab sich die Möglichkeit, die Gase und Dämpfe intensiver auf die Atmungsorgane einwirken zu lassen.

Minnich (137) unterscheidet 2 Arten von Inhalationsmöglichkeiten: 1. die feuchte Inhalation, 2. die trockene Inhalation. Die erste Art spielt sich in der milderer Form in den Baderäumen und Baderkorridoren, in der stärkeren Form in den Gas-Dampfkästen ab. Das wirksame Prinzip dieser Kuren sieht *Minnich* einmal in den Gasen, die aus dem Thermalwasser austreten (Stickstoff, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff) und in den Dämpfen, welche die Mineralbestandteile des Thermalwassers mit sich führen. *Minnich* hält diese Art der Inhalation für noch wirksamer als die Zerstäubung des Thermal-

wassers, weil auf diese Weise noch die Gase mitbeteiligt seien, während sie auf die andere Art verloren gingen. In den Gas-Dampfkästen erfolge die Inhalation während kürzerer Zeit, aber bei höherer Temperatur, größerer Konzentration der wirksamen Bestandteile und bei unbekleidetem Körper, während es sich in den Badezellen und Korridoren um den Aufenthalt unter gemilderten Bedingungen handle. Die zweite Art, die trockene Inhalation, findet sich zum ersten Mal bei *Meyer-Ahrens* (134) erwähnt; sie ist etwa um 1860 in Baden eingeführt worden. Über der Verenaquelle war eine Glasglocke angebracht. Von dieser führten Schläuche aus „vulkanisierter Guttapercha“ die aufsteigenden Quellgase zu Glasröhrchen, deren Mündungen eine schmale Spalte aufwiesen. Mit Hilfe dieser Mundstücke konnten die Gase inhaliert werden. Eine ähnliche Einrichtung befand sich im „Ochsen“ über der Paradiesquelle. Auch in andern Hotels wurden solche Einrichtungen geschaffen, doch wiesen sie nicht die gleiche Wirksamkeit auf, weil sie nicht unmittelbar über den Quellen angebracht waren.



Abb. 92. Gurgel- und Spülbecken mit Wasserspülung

Pulverisationsapparate zur Zerstäubung des Thermalwassers fanden nach *Gsell-Fels* (59) zum ersten Mal in der „Neuen Kuranstalt“ Verwendung, wurden aber vorerst nur von den französischen Kurgästen bevorzugt. Sie fanden Eingang dank der Anregung von *Wagner* (236) (Abb. 91).

Aber erst durch *F. Diebold* (32—34) wurde die Inhalationstherapie in Baden auf eine wissenschaftliche Grundlage gestellt. Er bemühte sich ferner auch um die Anschaffung der entsprechenden Apparaturen und der Einrichtung geeigneter Räume. Für die Anwendung des Badener Thermalwassers in Bezug auf die Atmungsorgane kommen nach *Diebold* 7 Arten in Frage:

- | | |
|---------------------|----------------------------------|
| 1. Gurgelungen, | 5. Nasenspray, |
| 2. Aufschnupfungen, | 6. Aufenthalt in den Baderäumen, |
| 3. Nasenbad, | 7. Inhalation. |
| 4. Nasendusche, | |

Nur bei den ersten 5 Anwendungsformen gelangt das Wasser in unveränderter Form zur Wirkung, weil es direkt aus der Quelle geschöpft werden kann. Die technischen Einrichtungen dazu sind denkbar einfach. Für die Gurgelungen müssen hygienisch einwandfreie Gläser und Speibecken zur Verfügung stehen. Einzelne Hotels haben abgesonderte Gurgel- und Spülbecken eingerichtet (Abb. 92). Für die Nasenbehandlung kommen einfache Handapparate aus Glas und Porzellan in Frage wie Nasenkännchen, Nasenschiffchen, Taschenzerstäuber usw., die auch für das schwefelwasserstoffhaltige Badener Thermalwasser ohne weiteres verwendbar sind. Der Aufenthalt in den Baderäumen ist bereits von *Minnich* eingehend behandelt worden.



Abb. 93. Rauminhalation

1906 ist auf den Antrag *Diebolds* in der ehemaligen Trinklaube das Städtische Inhalatorium eingerichtet worden. Später sind auch einzelne Hotels dazu übergegangen, in ihren Häusern private Inhalationsgelegenheiten zu schaffen, deren Apparaturen allerdings nicht immer das gleiche System aufweisen. Wenn hier von Inhalation gesprochen wird, so ist darunter immer die Inhalation von zerstäubtem Thermalwasser verstanden.

Man unterscheidet Raum- und Einzelinhalation (Abb. 93 u. 94). Für beide Arten existieren eine große Zahl von verschiedenen Apparaten. In Baden hat im öffentlichen Inhalatorium das System nach Wassmuth Eingang gefunden (Abb. 95 u. 96). Es ist hier nicht der Platz, auf die verschiedenen Systeme einzugehen. Ihr Prinzip beruht darin, möglichst viele und möglichst kleine Tröpfchen zu erzeugen.

Bei den technischen Einrichtungen interessiert uns in diesem Zusammenhang neben dem Material der Apparate (Glas, Porzellan, vernickelte und verchromte Metallteile) in erster Linie ihr Einfluß auf den Gehalt des Thermalwassers.

Bei einem so empfindlichen Bestandteil wie Schwefelwasserstoff ist die Forderung, er müsse möglichst in seiner ursprünglichen Konzentration zur Anwendung gelangen, bei der Zerstäubung nur schwer oder überhaupt nicht zu erfüllen. In je mehr und je kleinere Tröpfchen das Thermalwasser zerstäubt wird, umso eher wird der Schwefelwasserstoff mit der Luft in Berührung gebracht und oxydiert. *Diebold* zitiert eine Beobachtung von Dr. *Winkler* aus Bad Nenndorf, wo nach der Zerstäubung kein Schwefelwasser-

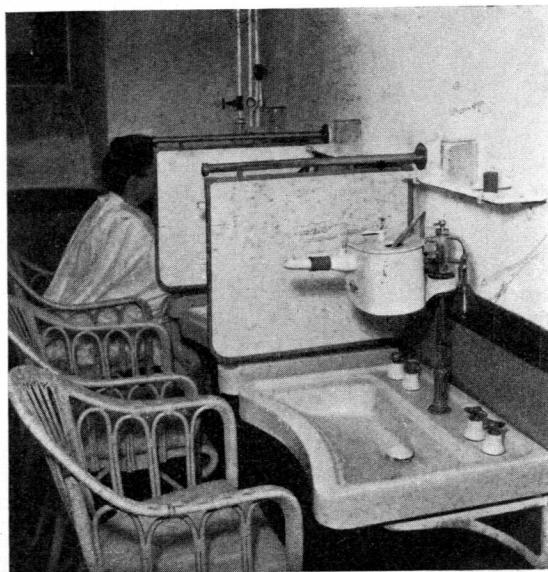


Abb. 94. Einzelinhalation

stoff mehr nachweisbar sei, weil er augenblicklich zu Schwefel, aber auch noch weiter zu unterschweflicher Säure und Schwefelsäure oxydiert werde; diese Oxydationsprodukte seien dann in beträchtlicher Konzentration in 1 m^3 Inhalationsluft nachweisbar. *Diebold* ist der Meinung, daß aber auch diese Oxydationsprodukte des Schwefelwasserstoffes bei der Inhalation von Bedeutung sein können und daß auf alle Fälle eine Schwefelwirkung vorhanden sei. *Diebold* hat in Bezug auf die Verhältnisse in Baden keine eigenen Untersuchungen durchgeführt; es sind seither auch keine unternommen worden. Doch ist dieser Frage entschieden eine große Aufmerksamkeit zu schenken, weil es nicht gleichgültig ist, ob der ohnehin niedere Gehalt des Badener Thermalwassers an Schwefelwasserstoff bei der Inhalation noch mehr herabgesetzt wird oder nicht.

Außer dem Gehalt an Schwefelwasserstoff spielt natürlich auch der Gehalt an Mineralbestandteilen eine große Rolle. Die verhältnismäßig starke Konzentration des Badener Thermalwassers und sein großer Gehalt an Na- und Cl-Ionen machen es besonders geeignet zur Applikation bei Erkrankungen der Luftwege.

Weit mehr als beim Bad oder bei der Dusche spielt die Konstruktion der Apparate und die Bauweise der Räume eine ausschlaggebende Rolle, weil es hier auf eine Reihe von Faktoren ankommt, die nur auf künstliche Weise beeinflußt werden können.

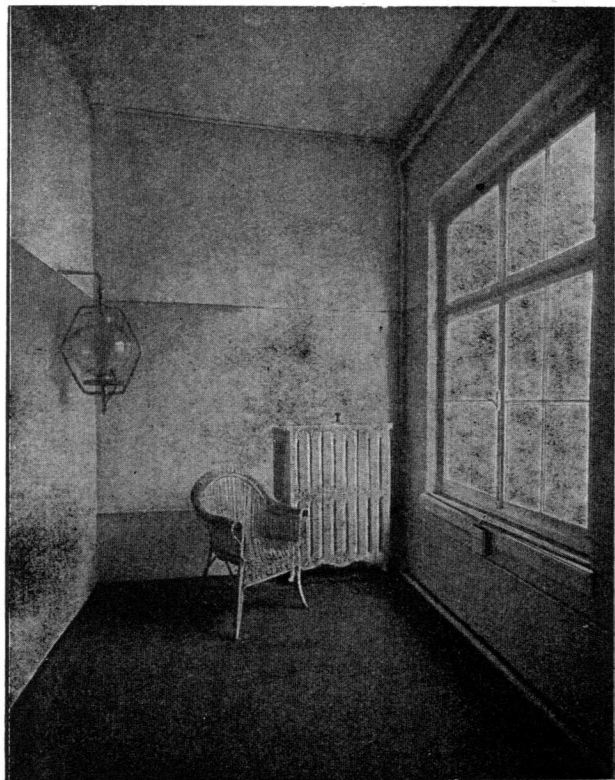


Abb. 95. Rauminhalation, System Waßmuth um 1906

Laut *Wagner*⁸⁷⁾ sind durch *Heubner* folgende Begriffsbestimmungen aufgestellt worden:

1. *Nebelmenge* ist die Menge des Gases in l/Min., das durch seinen Druck die Vernebelung erzeugt und mit Tröpfchen beladen den Apparat verläßt.
2. *Nebeldichte* ist die Menge des vernebelten Materials in ccm/l des zerstäubenden Gases.

⁸⁷⁾ *B. Wagner*: Technik der Inhalation, in *Vogt*: Lehrbuch der Bäder- und Klimatheilkunde, Berlin 1940, S. 192.

3. **Nebelgehalt** ist die Menge der in 1 l des Nebels enthaltenen nicht flüchtigen Substanz in mg.
4. **Zerstäubungsgrad** ist die Art der Zusammensetzung des Nebels aus Tröpfchen verschiedener Größe.

Alle diese Faktoren hängen von der Konstruktion und der Eignung des Inhalationsapparates ab. Dazu tritt bei der Rauminhalation noch die Temperatur, das Volumen und die Wandbekleidung, weil je nach deren Beschaffenheit das Inhalationsgut sich langsam oder rasch im Raume niederschlägt.

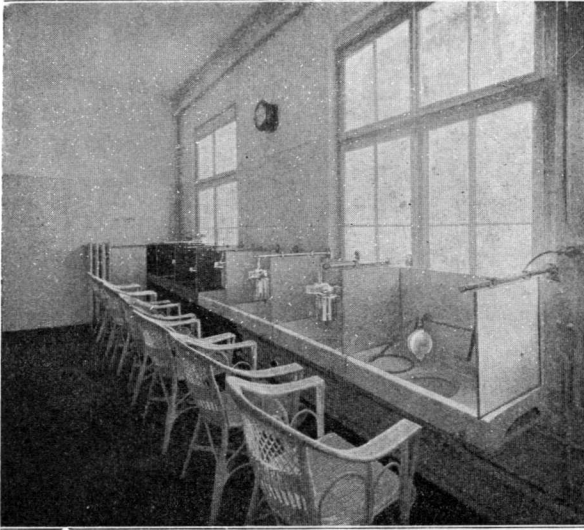


Abb. 96. Einzelinhalation, System Waßmuth um 1906

Wie sich alle diese Faktoren bei den Einrichtungen in Baden auswirken, ist nie studiert worden; es kann deshalb hier nicht auf Einzelheiten eingetreten werden. Das Städtische Inhalatorium besitzt etwa 6—8 Einzelinhalationsapparate, und Räume zur Rauminhalation für 1 Person und für 10—20 Personen. In einzelnen Badehotels sind 1—2 Einzelinhalationsapparate und Rauminhalatorien für etwa 4 Personen vorhanden.

7. Die Einrichtungen zur Trinkkur

Neben die rein äußerliche Anwendung des Thermalwassers (Wasser-Bad, Gas-Dampf-Bad, Dusche, Wickel) und die „halb innerliche“ Anwendung (Klystier, Irrigation, Inhalation) tritt als letzte Applikation die Trinkkur.

Sie ist mindestens gleich alt wie die Badekur, doch war ihre Bedeutung umstritten und nicht immer gleich hoch eingeschätzt. Im Mittelalter war sie ungemein beliebt; *Gessner* (51, 52) stellte ihre Wirkung stark in den Vordergrund, und *Montaigne* (139) machte bei seinem Aufenthalt in Baden nur eine Trinkkur, aber keine Badekur. Später kam dann die Trinkkur gänz-

lich in Mißkredit und war im 18. Jahrhundert vollständig verpönt. Ihre erneute Einführung nach 1800 ist *Kottmann* (97) zu verdanken.

Aus der Zeit vor 1800 sind keine speziellen Einrichtungen für die Trinkkur überliefert. Man schöpfte das Wasser entweder direkt aus der Quelle oder fing es an den Zuflüssen in die Bäder auf.



Abb. 97. Alter Thermaltrinkbrunnen, um 1817 erbaut. Abgebrochen 1937

Erst nach 1800 wurde auch den Anlagen für die Trinkkur wieder vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt. Wie bei den anderen technischen-therapeutischen Neuerungen ging der Stadthof mit dem guten Beispiel voran. *Hess* (88) berichtet, daß der Besitzer Egloff in einer Ecke des Hofes einen Trinkbrunnen errichten ließ, aus dem die Gäste nach Belieben Thermalwasser entnehmen konnten; bei geschlossenem Hahn floß das Wasser in die Bäder (Abb. 97). Nach und nach gingen auch die anderen Badehotels dazu über, in ihren Badekorridoren kleine Trinkbrunnen zur Bedienung ihrer Gäste zu errichten, so daß nach *Fricker* (45) um 1870 sämtliche Hotels eigene Anlagen besaßen. Als 1827 das Freibad als Dampf- und Schröpfbad unterteilt wurde, schied man einen Teil zur Errichtung eines Trinkbrunnens aus; er erhielt deswegen die Bezeichnung „Freibrünnelein“. Es lag unter dem Platzniveau, so daß

man einige Stufen zu einem halbrunden Becken hinabsteigen mußte, wobei ein Geländer gegen den Platz hin die Brustwehr bildete. Weil das Wasser aus dem dicht daneben liegenden Kleinen Heißen Stein zufloß, war es sehr warm und wurde deshalb für besonders wirksam gehalten. Bei der Umgestaltung des Bäderplatzes im Jahre 1844 wurde diese Anlage entfernt. An ihre Stelle trat ein in klassizistischem Stile gehaltener Rundpavillon, in welchem man einige Stufen zum Brunnen hinabsteigen mußte. Wie sein Vorgänger erhielt er sein Wasser direkt aus dem dicht daneben liegenden Kleinen

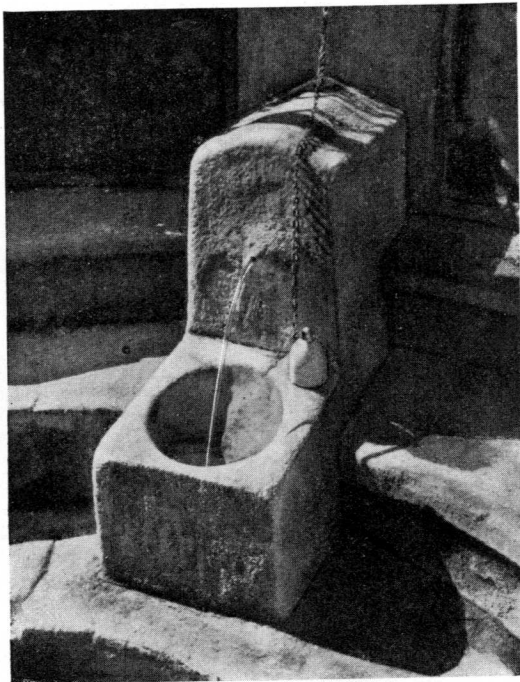


Abb. 98. Der alte Thermaltrinkbrunnen auf dem Bäderplatz in den Großen Bädern, im Volksmund „Eierbrünneli“ genannt. Errichtet um 1840, abgebrochen 1938. Thermalwasserzufluß direkt aus der 2 m entfernten Quelle

Heißen Stein. Das Thermalwasser floß nicht aus einem Metallrohr, sondern direkt aus dem mit einem kleinen Kanal versehenen Brunnenstock in das halbrunde Steinbecken (Abb. 98). Es konnte also keine Veränderung im Chemiesmus des Thermalwassers durch Berührung mit Metallteilen und infolge der kurzen Entfernung von der Quelle auch keine Verluste an Schwefelwasserstoff und Wärme eintreten, so daß sich dieses „Eierbrünneli“, wie es im Volksmund infolge seines Geruches genannt wurde, bei Kurgästen und Einheimischen großer Beliebtheit erfreute.

Trotz dieser vortrefflichen Qualität des Wassers berichtet *Minnich* (137) von einer Beobachtung am Kurbrunnen in Ennetbaden, daß dort die Tempera-

tur höher sei als in den Großen Bädern, obwohl doch bei beiden Trinkbrunnen das Wasser direkt aus den daneben liegenden Quellen zufließe. Er glaubt aber, daß diese Beobachtung nur auf einer Sinnestäuschung beruhe, und führt dafür folgende Gründe an: In den Großen Bädern fließe das Thermalwasser von der Oberfläche der Quelle in den Trinkbrunnen, während es in Ennetbaden etwa 1,20 m unter dem Wasserspiegel entnommen werde. In Ennetbaden würden deshalb mehr Gase an die Ausflußstelle gelangen und das Wasser heißer erscheinen lassen, als in Baden, wo die Gase schon vorher entwichen seien. Daß der erwähnte Temperatur-Unterschied tatsächlich nur ein scheinbarer war, beweisen die zeitgenössischen Tempera-

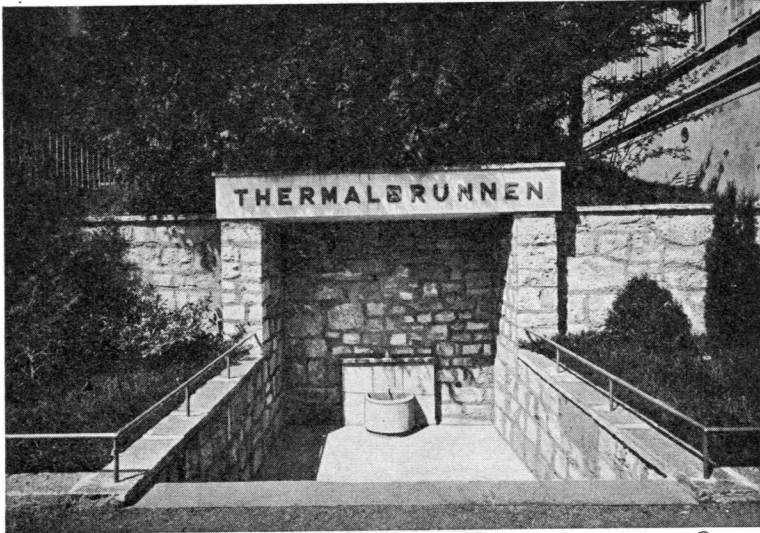


Abb. 99. Der öffentliche Thermaltrinkbrunnen an der Limmatpromenade in Baden

turmessungen von *Löwig*, *Minnich* und *Merian*, welche höchstens einen Unterschied von $\frac{1}{2}$ Grad erkennen lassen. *Minnich* hielt allerdings das von Gasen befreite Thermalwasser am Trinkbrunnen in Baden für die Trinkkur geeigneter als das gashaltigere in Ennetbaden, eine Auffassung, die wir heute nicht mehr teilen können. Die ganze von *Minnich* aufgeworfene Frage beweist aber doch, wie sehr man früher schon auf die einwandfreie Zuleitung des Thermalwassers zur Trinkstelle Wert gelegt hat.

Das „Freibrünnelein“ wurde im Winter 1938 abgebrochen, nachdem die neue Kuranlage erstellt worden war. Der öffentliche Thermaltrinkbrunnen wurde an der Limmatpromenade neben der Brücke nach Ennetbaden angelegt (Abb. 99). Doch erfreute sich dieser Trinkbrunnen anfänglich keiner Beliebtheit, weil er gegenüber dem früheren beträchtlich kälteres Wasser infolge der größeren Entfernung von der Quelle spendete. Seit der Isolierung der Zuleitung haben sich jedoch die Verhältnisse gebessert.

Der vorhin erwähnte Thermaltrinkbrunnen in Ennetbaden wurde wie derjenige in Baden in den 20er Jahren des 19. Jahrhunderts erstellt und in späteren Jahren mehrfach umgeändert. 1942 wurde er künstlerisch umgestaltet (Abb. 100).

Weil sich alle diese Anlagen unter freiem Himmel befanden und deshalb den Witterungseinflüssen ausgesetzt waren, wurde 1833 auf Grund rechtlicher Verpflichtungen eine Trinkhalle neben dem Limmathof gebaut. *Ruesch* (191) beschreibt diese „Trinklaube“ als ein Gebäude von 145 Fuß Länge und 20 Fuß Breite (ca. 40×6 m), mit Fensterreihen an beiden Längsseiten und

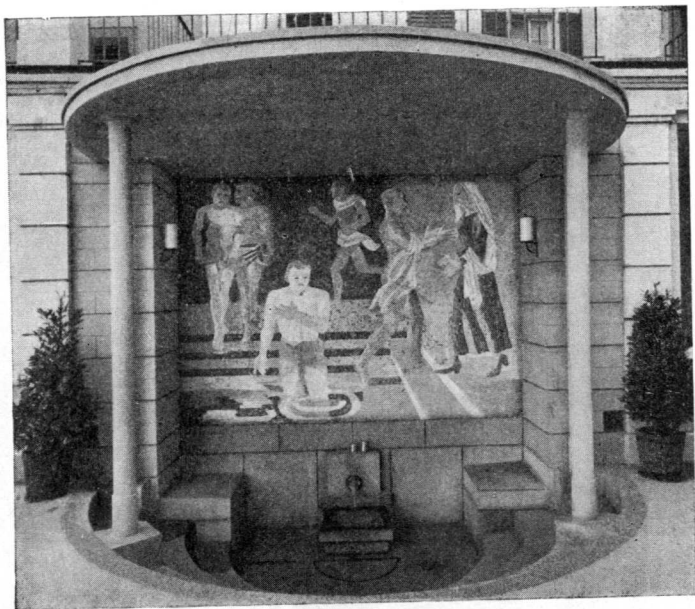


Abb. 100. Der öffentliche Thermaltrinkbrunnen auf dem Bäderplatz in Ennetbaden.
Mosaik von Karl Hügin, Bassersdorf

zwei Portalen. Das Thermalwasser, das aus der St. Verenaquelle zugeleitet wurde, ergoß sich in ein muschelartiges steinernes Becken. Trotz der gediegenen Ausstattung wurde die Trinkhalle wenig benützt, weil das Wasser auf dem Weg einige Grad an Wärme einbüßte und deshalb für weniger wirksam betrachtet wurde. Trotzdem empfahlen die Ärzte die Benützung der Trinkhalle, weil die Kur auch bei schlechtem Wetter fortgesetzt werden konnte. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde hier, gemäß der damaligen Mode der Molkenkuren, am Morgen Ziegenmilch und Molken aus-
geschenkt. Das steinerne Muschelbecken wurde um die Jahrhundertmitte entfernt. An seine Stelle traten an den Schmalseiten der Halle zwei aus Keramik erstellte Trinkbrunnen, deren Rückseiten die Tafeln mit den Namen der Wohltäter der Badarmen trugen. 1906 wurde die baufällige Trinkhalle

abgerissen und neu aufgebaut; es blieb aber nur noch etwa $\frac{1}{3}$ des Gebäudes für die Trinkkur reserviert. Doch ist auch dieser Teil inzwischen eingegangen.

Eine Zeit lang fehlte dann ein Zentrum, wo die Trinkkur auch bei schlechtem Wetter und unter Bewegung vorgenommen werden konnte. Deshalb wurde im Jahre 1937 die neue Kuranlage mit Trinkbrunnen, offener Wandelhalle und Gartenanlage errichtet (Abb. 101). Der zweiröhrige, künstlerisch gestaltete Trinkbrunnen bezog anfänglich das Wasser aus der etwa 20 m entfernten Stadhof Kesselquelle. Seit 1945 läuft es ihm von der etwa 30 m entfernten Limmatquelle zu. Es wird mit einer Pumpe in den Brunnen ge-



Abb. 101. Der Thermaltrinkbrunnen in der Kuranlage, errichtet 1937.
Brunnenstatue von Hans Trudel, Baden

trieben. Die beiden Auslaufröhren des Brunnens bestehen aus vernickelten Armaturen, das Auffangbecken aus Klinker. Das letztgenannte erwies sich jedoch nicht als widerstandsfähig und mußte nach zehn Jahren durch ein Becken aus Granit mit Glaseinsatz ersetzt werden. Quantitative Schwefelwasserstoffbestimmungen ergaben gegenüber dem Gehalt der Quelle selbst keine Einbuße. Auch der Temperaturunterschied ist unbedeutend. Die einwandfreie Beschaffenheit des Thermalwassers konnte also mit einfachen Mitteln gewährleistet werden.

Der Gehalt des Wassers erleidet höchstens bei der Trinkkur selbst

einige Einbuße. Das Wasser ist zum Trinken zu heiß (ca. 45^o) und muß deshalb durch Stehenlassen abgekühlt werden. Dadurch gehen die wertvollen flüchtigen Bestandteile verloren. Es sollte deshalb wie beim Bad auch ein Zufluß mit abgekühltem Thermalwasser vorhanden sein, so daß sich innerhalb kürzester Zeit der gewünschte Temperaturgrad erreichen ließe. Ferner kann in der allen Witterungseinflüssen ausgesetzten offenen Halle

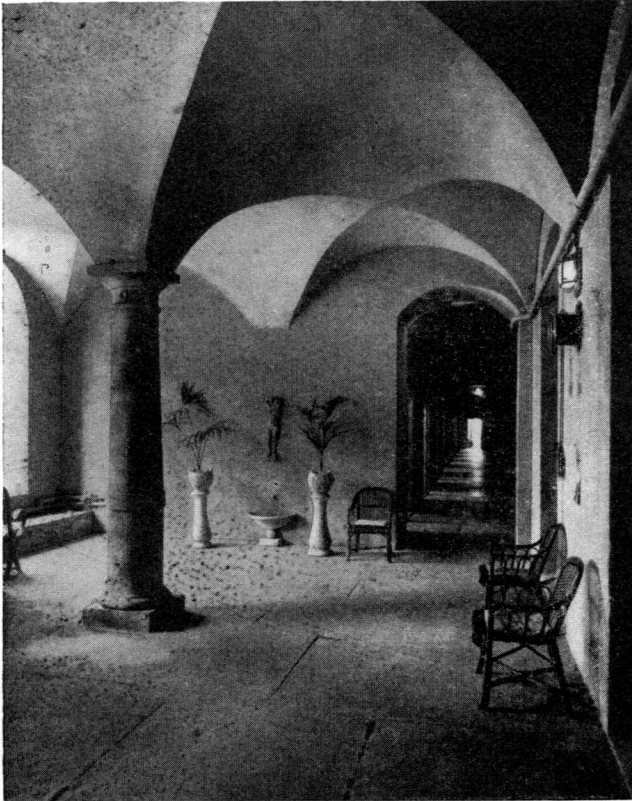


Abb. 102. Trinkhalle und Bade-Korridor um 1880

das Thermalwasser Einbuße an Gehalt und Temperatur erleiden, was bis jetzt nicht in Berücksichtigung gezogen worden ist. Auf die übrige Ausstattung der Kuranlage in ästhetischer, gesellschaftlicher, praktischer und vor allem hygienischer Hinsicht kann hier wie bei den Badeeinrichtungen nicht näher eingetreten werden, da sie nicht mehr unmittelbar zum Thema dieser Arbeit gehört.

Neben den erwähnten öffentlichen Trinkanlagen bestehen auch in allen Badehotels kleinere Trinkbrunnen. Die Badekorridore dienen dabei als Wandelgänge während der Kur (Abb. 30, 102 u. 103).

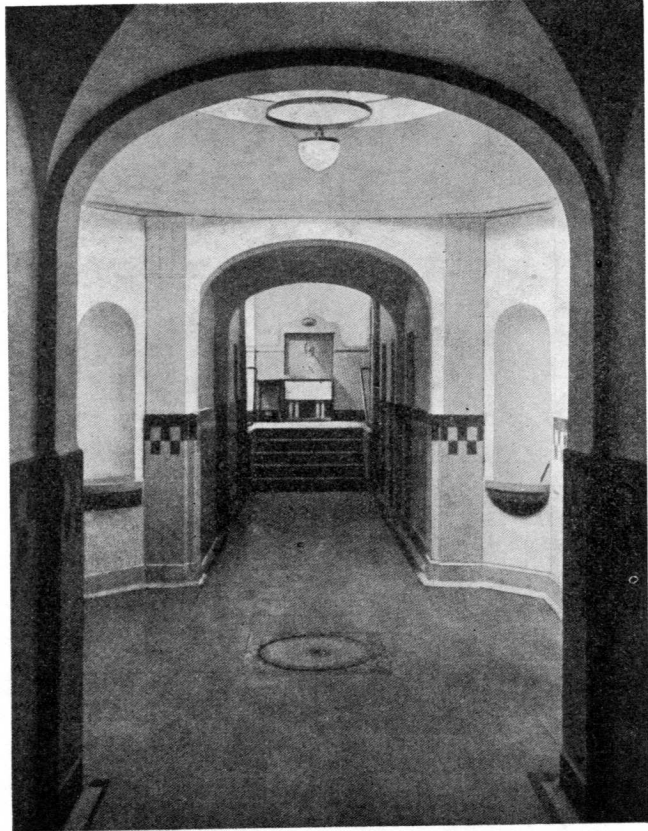


Abb. 103. Bade-Korridor in einem Badehotel um 1911. Der Korridor dient gleichzeitig als Wandelgang bei der Trinkkur. Im Hintergrund der Thermalwassertrinkbrunnen

VI. Wirkung und Anwendung des Badener Thermalwassers

Es kann sich in diesem Kapitel nicht darum handeln, die ganze medizinische Seite der Badener Thermen einläßlich zu behandeln. Denn einmal ist dies Sache eines Arztes und nicht eines Naturwissenschafters und weiter müßte überhaupt das ganze Problem der medizinischen Balneologie aufgegriffen werden. Dies würde aber den Rahmen einer Monographie sprengen. So wird hier nicht untersucht, welche Wirkung etwa das Ca⁺- oder das HS⁻-Ion auf den kranken Organismus ausübt, welchen Einfluß weiter die Temperatur, die Konzentration der Mineralbestandteile usw. hat, auf welche Weise die in Baden zur Heilung gelangenden Krankheiten, z. B. Gicht, Rheumatismus, Ischias und dergleichen, geheilt werden, d. h. wie sich die einzelnen Bestandteile oder die Gesamtheit des Thermalwassers in dieser Hinsicht auswirken. Alle diese und noch viele andere Probleme gehören selbstverständlich ebenfalls in das Gebiet der balneotherapeutischen Forschung von Baden, aber ebenso sehr auch in den Bereich der allgemeinen Balneotherapie, ganz abgesehen davon, daß verhältnismäßig wenig einschlägige wissenschaftliche Arbeiten in dieser Beziehung auf dem Platze Baden unternommen worden sind.

Was in diesem Kapitel vor allem angestrebt wird, ist ein Überblick über die medizinische Literatur von Baden, und zwar von den frühesten Anfängen bis zur Gegenwart, damit an Hand dieser Einführung festgestellt werden kann, wie sich die Kenntnis über die Heilwirkung der Badener Thermen allmählich entwickelt und die sinngemäße Anwendung vervollkommen hat. Aus diesen medizinischen Arbeiten haben sich dann die Indikationen und Anwendungsformen entwickelt, wie sie noch heute Gültigkeit haben.

1. Die medizinische Literatur über Baden

Die erste, aus eigener Beobachtung verfaßte Arbeit, die medizinischen Wert hat, lieferte *Gundelfinger* (60). Er befaßte sich sowohl mit den chemischen als auch mit den medizinischen Belangen. Er erwähnt bereits zahlreiche Indikationen, die noch heute Geltung haben, z. B. die günstige Beeinflussung von Arthritis, Rheumatismus und Ischias, von Erkrankungen der Luftwege, des Magens, der weiblichen Genitalien, von Fisteln und Wunden. Die Dauer des täglichen Bades setzt er auf sieben Stunden an, vier am Vormittag, drei am Nachmittag, wobei nach dem Mittagessen eine längere Pause eingeschaltet werden solle. Während dem Bade möge man sich von Speise und Trank enthalten, ebenso vom Schlafen, eine Ermahnung, die den damaligen Badegebräuchen entgegenwirken sollte. Je nach körperlicher Konstitution und Gesundheitszustand sei die

Dauer und die Anwendung des Bades zu verändern, resp. einzuschränken. *Gundelfinger* stellt auch schon Diätvorschriften auf und empfiehlt Mäßigkeit im Essen und Trinken. Die Kurdauer soll 15—20 Tage, eventuell etwas mehr betragen; dabei soll man heiteren Gemütes sein. Man merkt, daß die lebensbejahende Einstellung des Humanismus bei *Gundelfinger* bereits Fuß gefaßt hat.

Die meisten späteren Autoren tragen keine grundlegend neuen Erkenntnisse zu diesen ersten Beobachtungen bei. Nur in der Schilderung der historischen und kulturellen Belange und der Einrichtung der Bäder sind sie ausführlicher. Die erste Schrift, die Baden allein gewidmet und in Buchform herausgekommen ist, wurde von *Sytz* (225, 226) verfaßt. Nach längeren philosophischen und spekulativen Betrachtungen widmet er je ein Kapitel der Erwärmung und der Mineralisation des Thermalwassers, dem Schwefel, den man früher allgemein für den Hauptbestandteil ansah, und den Indikationen, die sich wenig von denjenigen *Gundelfingers* unterscheiden, nur legt *Sytz* größeren Wert auf die vorangehende Purgierung. Dagegen kennt er bereits eindeutig die vier Hauptanwendungsarten des Thermalwassers: 1. die Trinkkur, 2. die Duschmassage, 3. das Klistier, 4. das Bad. Für das Verhalten in und nach dem Bade stellt er eine Reihe erstaunlich moderner Regeln auf: man solle nicht mit dem vollen Magen baden, im Bade etwelche Bewegungen unternehmen, nicht zu heiß baden, die vorgeschriebene Zahl der Bäder nicht innerhalb möglichst kurzer Zeit nehmen, nach dem Bade ein wenig im Bett ruhen, dann spazieren gehen usw. Bei Unpäßlichkeiten infolge des Badens, etwa bei Blutandrang nach dem Kopfe, beim Badausschlag und ähnlichen Erscheinungen weiß er ebenfalls gute Ratschläge zu erteilen. Nicht weniger fortschrittlich erweist er sich in Diätvorschriften und stimmt die Menge und die Art der Speisen und Getränke je nach Konsitution und Krankheit des Patienten auf die Zahl und Dauer der Bäder ab.

Der erste bedeutende Schweizer Naturforscher, *Gessner* (50, 51, 52), ist auch der erste, der an sich selbst die Wirkung der Bäder und der Trinkkur erprobt hat und einzelne selbstbeobachtete Krankheitsfälle an Männern und Frauen, die in Baden geheilt wurden, mitteilt. Er erwähnt den Gebrauch des Schröpfens, der immer mehr zu großer Bedeutung gelangte. Ferner kennt und beschreibt er die Wirkung bei Hautkrankheiten. Für die Anwendung des Wassers gegen die „Franzosenkrankheit“ (Syphilis) stellt er genaue Regeln auf. Besonders eingehend befaßte er sich mit der Trinkkur und stellte in drei aufeinanderfolgenden Jahren an sich selbst genaue Beobachtungen an, indem er die Menge des eingenommenen Wassers, den Zeitpunkt der Einnahme, das Verhalten nach dem Trinken und den Eintritt des Harnlassens sowie die Menge und das Aussehen des Urins genau registrierte.

Im Zusammenhang mit der Trinkkur seien die Aufzeichnungen *Montaignes* (139) erwähnt, der an sich selbst, obwohl er nur wenige Tage auf der Durchreise in Baden weilte, sehr genaue Beobachtungen über die innerliche Wirkung des Wassers anstellte.

Wenig ergiebig in bezug auf Baden sind die zahlreichen „Traktate“ und „Baderbüchlein“ des 16. und 17. Jahrhunderts, die vielfach in Versform abgefaßt sind. Auch auf die zahlreichen Kosmographien kann hier nicht näher eingetreten werden. Meistens handelt es sich um Auszüge, Abschriften oder Umarbeitungen früherer Autoren.

In *Pantaleon* (173) dagegen erwuchs Baden einer seiner wichtigsten Schriftsteller, allerdings mehr in bezug auf die Schilderung der Badeeinrichtungen und des Badelebens. In chemischer und medizinischer Hinsicht hält er sich an seine Vorgänger; auch für ihn ist das Badener Thermalwasser ein Allheilmittel für Krankheiten in Kopf, Brust, Magen, Darm, Leber, Milz, Niere und Blase. Erwähnt wird wiederum die besonders geeignete Wirkung gegen Unfruchtbarkeit, Podagra und Hautausschläge. Ein eigenes Kapitel widmet er den Kontraindikationen, wobei er zehn Hauptpunkte aufzählt, unter anderem Magerkeit, Kopfweg, Schwindsucht, Gelbsucht. In bezug auf Badeanwendung und Diät stellt er keine neuartigen Regeln auf, wendet sich aber scharf gegen das Quacksalbern während der Kur. Recht vernünftige Anordnungen regt er an, wenn sich infolge unrichtiger Anwendung des Bades Unpäßlichkeiten einstellen, z. B. Kopfweg, Schlaflosigkeit, Verstopfung, Schwitzen, Fieber.

Alle Erkenntnisse, welche die alten Ärzte über die Thermen von Baden erworben hatten, wurden 1619 in einem übersichtlichen Einblattdruck nach Art eines Vademecums

in kurzen Merksätzen zusammengefaßt (260). Diese Tabelle, die im 17. Jahrhundert und auch später noch mehrere Auflagen erlebte, gibt wohl den besten Überblick über den damaligen Stand der balneologischen Wissenschaft. In logischer Folge werden Natur und Eigenschaft des Bades, seine Wirkung und Nutzbarkeit, die Eignung der Patienten, Weise und Maß des Gebrauchs, Essen und Trinken und schließlich das Verhalten außerhalb des Bades dargelegt. Neben manchen unrichtigen und überholten Anschauungen finden sich doch zahlreiche gute und beherzigenswerte Ratschläge, die auch heute noch lesenswert sind.

Sonst sind im 17. Jahrhundert keine wichtigen Schriften, die neue Forschungen vermitteln könnten, erschienen.

Zu den wichtigsten und ausführlichsten Veröffentlichungen dagegen gehört das Werk *Hottingers* (91). Obwohl er zwar in der damaligen Schreibweise recht weit-schweifig und überschwenglich ausholt, vermittelt er kaum neue Erkenntnisse, sondern hält sich an die früheren Autoren, vor allem an *Pantaleon*. Die fleißige Arbeit faßt jedoch das gesamte Wissen der Zeit in einem Bande zusammen. Eine Ursache für die vielfach schlechten Folgen einer Badekur sieht *Hottinger* darin, daß ganze Haushaltungen nach Baden fahren und daß alle Mitglieder die Kur mitmachen, ob sie nun der Bäder bedürftig seien oder nicht; so werde der Aufenthalt in Baden denjenigen, die seiner gar nicht bedürfen, zum Schaden. Am ausführlichsten befaßt sich *Hottinger* mit dem Verhalten während und außerhalb des Bades; man erkennt daraus den erfahrenen Badearzt. Während es noch zu *Pantaleons* Zeiten Brauch war, den ganzen Tag im Bade zuzubringen, rät die Anweisung von 1619 zu einer allmählichen Steigerung von zwei auf acht Stunden und nachheriges Zurückgehen in gleichen Intervallen. *Hottinger* möchte als erster Kurarzt die Badezeit auf den Vormittag allein beschränkt wissen. Er vertritt die Auffassung, daß Dauer, Wärme, Art usw. des Bades individuell anzupassen seien. Aus den gleichen Gründen lobt er die immer mehr aufkommenden Einzelbäder gegenüber den Gemeinschaftsbädern, weil sie dem einzelnen Patienten viel besser gemäß seiner Konstitution und Krankheit anzupassen seien. Wir treffen also bei *Hottinger* zum ersten Mal die Bevorzugung des in der Dauer beschränkten Einzelbades, im Gegensatz zum früheren lang-dauernden Gemeinschaftsbad, und diese Änderung der Gesinnung bricht sich immer mehr Bahn. *Hottinger* ist ein Gegner der Trinkkur, befürwortet hingegen ausgiebigen Gebrauch des Schröpfens. In allen Fragen der Badekur, der Diät, des Verhaltens nach der Kur, der Wiederholung einer Kur usw. äußert er sehr vernünftige Ansichten.

Scheuchzer (195—198) betrachtet die Bäder von Baden mehr vom chemischen Standpunkt aus; als Arzt hält er sich aber nicht nur an das Wissen seiner Vorgänger, sondern steuert auch selbst beobachtete Krankheitsfälle bei (197). Seine Hauptschrift (198) gehört wie diejenigen von *Sytz*, *Pantaleon* und *Hottinger* zu den wichtigsten Werken über die Badener Thermen.

Eine Beobachtung über einen ungünstig verlaufenen Krankheitsfall vermittelt *Muralt* (162), andere Beobachtungen macht *Glueckherr* (56).

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts kamen im Badewesen allmählich neue Anschauungen zum Durchbruch, die rasch allgemeine Verbreitung fanden. Während die Badekurorte im 17. und vor allem im 18. Jahrhundert immer mehr an Bedeutung verloren hatten, begann kurz vor 1800 eine neue Epoche der Wertschätzung. So wie im 16. Jahrhundert eine Reihe von „Traktaten“ und „Baderbüchlein“ erschienen waren, so wurden jetzt eine Fülle von „Brunnenschriften“ und „Taschenbüchern für Badereisende“ verlegt. Diese neue Wertschätzung hat ihre Ursache einerseits in veränderten gesellschaftlichen Bräuchen, andererseits in den neuen Forschungen der Chemie und Medizin. Auch in den Badeschriften, die seit Ende des 18. Jahrhunderts über Baden erschienen sind, läßt sich diese neue Richtung feststellen. Ansporn dazu gaben die von *Morell* herausgegebenen „Chemischen Untersuchungen einiger der bekannten und besuchteren Gesundbrunnen und Bäder der Schweiz“, Bern 1788. Anschließend daran wurden auch die medizinischen Gesichtspunkte den veränderten Bedingungen angepaßt und entsprechend ergänzt.

1787 erschien eine 16 Seiten umfassende anonyme Schrift mit einer Beschreibung der Bäder, der außerdem eine Sammlung von acht Krankheitsfällen beigelegt wurde (261). Bemerkenswert sind darin die Beobachtungen über die Heilung von Unfallfolgen und Wundeiterungen.

Die erste neuzeitliche Badeschrift wurde von *Dorer* verfaßt (35). Mit ihr beginnt das neue medizinische Schrifttum von Baden, das nicht einfach mehr oder weniger die Aussagen und Beobachtungen der früheren Autoren übernimmt. *Dorer* geht von der Analyse *Morells* aus und stellt die Wirkung jedes einzelnen Mineralbestandteiles auf den Organismus fest. Dann untersucht er die Wirkungen des Mineralwassers auf den gesunden, den anfälligen und den kranken Körper. Die Wirkung des Schwefelwasserstoffes auf Hautkrankheiten und Drüsenerkrankungen ist ihm bereits bekannt. Großen Wert legt er auf eine richtig eingehaltene Badetemperatur; er stuft die Badewärme vorsichtig nach Konstitution und Krankheit des Patienten ab und stellt genaue Messungen mit dem Thermometer an. Die Anwendung der Dusche war schon den früheren Ärzten bekannt, aber auch hier geht *Dorer* neue Wege, indem er die Dusche vorzugsweise bei „Steifigkeit der Gelenke“, bei „Venerischen Gliederschmerzen“, bei „Lähmungen und Kontrakturen“ usw. angewendet wissen möchte. Ferner regelt er Fallhöhe und Dauer der Dusche. Ähnlich individuell geregelte Vorschriften erläßt er auch für die Trinkkur. Es ist selbstverständlich, daß *Dorer* für das Einzelbad eintritt und das Gemeinschaftsbad kaum mehr erwähnt.

Dorer ist es auch vor allem zu verdanken, daß das Badewesen für Minderbemittelte, das in Baden von den frühesten Zeiten an eine große Rolle spielte, auf ganz neue Grundlagen gestellt wurde. Während sich vorher die diesbezüglichen Vorschriften mehr auf polizeiliche Verordnungen beschränkten, z. B. Benehmen im Bade, Sauberkeit, Ordnung, Almosen, Unterkunft und Verpflegung, aber kaum medizinische Fragen berührte, so gab nun *Dorer* zusammen mit anderen Kurärzten eine kleine Schrift heraus (36), die sehr wertvolle Aufschlüsse über die Unterkunft, Verpflegung und Betreuung der badenden Armen gibt. Die Krankheitsfälle sind nicht wie bisher nach Personen, sondern nach Indikationen geordnet, und zeichnen sich durch gewissenhafte Beobachtung aus. Die Beobachtungen wurden auch auf die allgemeinen Verhältnisse während der Kurzeit ausgedehnt, vor allem auf das Klima. *Dorers* Schrift ist eine kleine Tabelle beigefügt, von der man behaupten kann, daß sie den Beginn der neuzeitlichen Balneotherapie in Baden darstellt. Sie sei hier deshalb vollständig mitgeteilt:

Witterungskonstitution,
 Anfang der Kur (Tag, Monat),
 Namen, Geburtsort, Alter, Gewerbe und Leibesbeschaffenheit des Armen,
 Benennung der Krankheit,
 Wieviel Stunden im Tag zu baden,
 Ob heiß, warm oder kühl,
 Wie lang und oft im Tag die Dusche zu gebrauchen,
 Wieviel Thermalwasser im Tag zu trinken,
 Ob zu schröpfen,
 Ob $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{1}$ Kost zu geben,
 In wählender Badekur vorgekommene Nebenzufälle,
 Gegebene Arzneimittel,
 Erfolg der Badekur,
 Ob er mit oder ohne Badausschlag sich geäußert,
 Ende der Badkur (Tag, Monat).

1805 war auf Betreiben *Dorers* die Aufstellung einer „Medizinal Bad-Armen Inspektion“ erfolgt (262), die 1810 erweitert und verbessert wurde (263). Seit 1808 erschien ein jährlicher Rechnungsbericht über die verwendeten Mittel; er wurde später in einen Bericht der Badarmenkommission über die Bad-Armen-Anstalt umgewandelt; heute erscheint er als Jahresbericht der Badanstalt (Volksbad) „Freihof“ (268). Diese Jahresberichte enthalten nicht nur die Rechnungsabschlüsse, sondern auch die statistischen Angaben über die Patientenzahl, die behandelten Krankheiten, Erfolge und Mißerfolge, angewandte Kurmittel usw.

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts gelangte das Thermalwasser in vermehrtem Maße auch als Klistier zur Anwendung. Fortan findet man in den Badeschriften neben den Verzeichnissen der Zimmer und Bäder auch immer die Anzahl der „fallenden“ und „steigenden“ Duschen erwähnt. Auch *Hess* (88) widmet der Anwendung des Klistiers

ein eigenes „Kapitel ohne Überschrift“. Wenn *Hess* auch nicht Arzt ist, so zeichnen sich seine Ausführungen über die Anwendung des Bades und der Trinkkur doch durch wahrheitsgetreue Beobachtungen und vernünftige Überlegungen aus. Das literarische Trinken des Mineralwassers will er auf zwei bis acht Gläser beschränkt wissen. Wenige Jahrzehnte vorher war die Trinkkur noch ganz verpönt. Die Badedauer scheint ihm mit 1 Stunde am Vormittag und $\frac{1}{2}$ Stunde am späten Nachmittag richtig bemessen zu sein; nur wer den bekannten „Badausschlag“ bekommen will, hat 2—5 Stunden täglich zu baden. Der Badausschlag spielt überhaupt in der älteren balneologischen Literatur eine große Rolle; ohne sein Eintreten hielt man vielfach die Kur für wirkungslos. Daß er eine Reaktion der durch übermäßig langes Baden gereizten Haut war, wurde erst nach und nach klar.

In den vielen Badeschriften und Reisehandbüchern, die um 1800 erschienen sind und in denen auch Baden ein mehr oder weniger ausführliches Kapitel gewidmet ist, stellt der Text meistens nur eine Zusammenstellung der einschlägigen Literatur dar. Eine Ausnahme macht *Wetzler* (252), der sehr strenge, aber gerechtfertigte Kritik an den Badener Zuständen übt. Er war dazu umso mehr berechtigt, als er selbst in Baden zur Kur weilte und die Erfahrungen am eigenen Leibe machte. Er wendet sich vor allem gegen den Mißbrauch des Thermalwassers beim Baden und Trinken, gegen die Mißachtung der Diät, gegen das übermäßige Schröpfen, wie es immer noch in großem Ansehen stand. Es scheint ihm unverantwortlich zu sein, daß viele Leute nach ihrem Gutdünken baden, ohne einen Arzt zu Rate zu ziehen. Der Badausschlag ist nicht maßgebend für das Gelingen einer Kur. Auch auf die Bedeutung Badens zur Heilung von Frauenkrankheiten weist *Wetzler* hin.

Nach 1820 kam in Baden eine neue Anwendungsform des Thermalwassers auf: Die Gasdampfbäder. Sie wurden von *Gimbernat* (53, 54) eingeführt. Er sieht die wirksamen Agenzien nicht in den mineralischen, sondern in den gasförmigen Bestandteilen des Wassers verkörpert. Seine Theorien sind allerdings oft unklar, aber insofern richtig, als tatsächlich gerade der Schwefelwasserstoff eine erhebliche Rolle spielt. Nach anfänglichen Widerständen fanden die Gasdampfbäder große Verbreitung und gesteigerte Anwendung. Ganz in den Dienst der neuen Sache stellte sich der Badarzt Dr. *Schneebl* (203). Fortan findet in der balneologischen Literatur über Baden diese neue therapeutische Anwendungsform stets ausführliche Erwähnung.

Eine klar geschriebene und übersichtliche Arbeit lieferte *Kottmann* (97—99). Er stellt an den Anfang die chemische Analyse und geht dann zu den Indikationen über, unter denen er den Erkrankungen der oberen Luftwege ein besonderes Kapitel widmet. Gerade diese Indikation gewinnt infolge der Einführung der Gasdampfbäder, die natürlich nicht nur von außen auf den Körper einwirken, sondern auch die Atmungsorgane beeinflussen, immer mehr an Bedeutung. *Kottmann* kennt sechs Anwendungsformen: 1. die Trinkkur, 2. das Klistier, 3. das Bad, 4. die Dusche (Gieß-, Tropf- und Spritzbad), 5. die Wasserumschläge, 6. die Dampf- und Qualmbäder. Schröpfen, Diät und psychisches „Regime“ während der Badekur scheinen ihm ebenfalls ausführlicher Darlegung wert. Das Buch beschließt er mit gewissenhaften Beobachtungen über den Badausschlag, der vor ihm noch nie so ausführlich behandelt worden ist. Er versucht, das wilde „Ausschlagbaden“ auf vernünftige Grenzen zurückzuführen. *Kottmann* erwähnt ferner, daß die Trinkkur, als er 1803 nach Baden kam, noch verpönt war, und daß es ihm nur unter großen Anstrengungen gelungen ist, sie wieder einzuführen. Er ist auch der erste, der die Anwendung von erhitztem Schlamm zu Kompressen anregt, also hundert Jahre vor der endgültigen Einführung der Fangopackung.

Mit der Anwendung der Gasdampfbäder auf die weiblichen Genitalien befaßte sich eingehend *Amsler* (4), der annimmt, daß die Resorption der aktiven Bestandteile besser vor sich ginge, als im gewöhnlichen Bad. Zur Applikation konstruierte er einen selbst ausgedachten Apparat.

Als besonders geeignet gegen Gichtleiden wird Baden von *Lutz* (109) gerühmt; dagegen warnt er vor dem Gebrauch der Badener Thermen bei Kniegeschwülsten und den meisten Lähmungszuständen.

Während die Schrift *Kottmanns* mehr für Ärzte gedacht war, wandten sich *Schmid* und *Wiederkehr* (202) an die Badekurgäste. Wenn sie sich auch im großen und ganzen an die Regeln von *Kottmann* hielten, so steuern sie doch auch nach ihren eigenen Worten „auf zwanzigjährige Beobachtung und Erfahrung begründete“ Theorien bei.

Sehr verdienstvoll befaßte sich mit den Badener Thermen auch *Ruesch* (190—192), der ähnlich wie *Kottmann* einige Jahre in Baden als Kurarzt tätig war und auch später noch öfters hier zur Kur weilte. In seinem Werk über die Schweizerischen Mineralquellen (190) beschreibt er Baden an Hand der damals bekannten Literatur, fügt aber viele eigene Beobachtungen und Untersuchungen an. Vor allem interessiert er sich für die chemischen und physikalischen Verhältnisse der Thermen. Von *Ruesch* stammt auch der erste Fremdenführer durch Baden, eine der erfreulichsten kleinen Schriften über den Kurort, in jeder Hinsicht knapp, klar, anschaulich, wissenschaftlich und populär gleichermaßen befriedigend (191). Einen revidierten Auszug des medizinischen Teiles veröffentlichte *Ruesch* drei Jahre später auf Veranlassung des Besitzers des Badhotels Limmathof (192).

Oft wurden auswärtige Ärzte, die Baden als Kurgäste aufgesucht und Besserung ihrer Gebrechen gefunden hatten, zu medizinischen Studien angeregt, so z. B. *Castella* (27). Er schreibt den Erfolg fünf Gründen zu: 1. der Temperatur, 2. der chemischen Zusammensetzung, 3. den Wirkungen, hervorgerufen a) durch die Trinkkur (Magen-Darm-Trakt), b) durch Bad und Dusche, c) durch die Dämpfe (Luftwege), 4. der „organischen Substanz“ (Schwefelbakterien), 5. dem „elektrischen Zustand“ (Radioaktivität). *Castella* verfaßte über seine Beobachtungen und Ansichten eine größere Arbeit, die aber nie veröffentlicht wurde.

Wie *Ruesch* nahm auch *Minnich* (136) regen Anteil an den chemischen und physikalischen Belangen der Thermen und stellte selbst zahlreiche diesbezügliche Versuche an. Sein Buch ist aber zum größten Teil medizinischen Fragen gewidmet und stellt das umfangreichste Werk über Baden in dieser Hinsicht dar. Während noch um 1800 das lang dauernde Bad üblich war, hatte sich zur Zeit *Minnichs* das $\frac{1}{2}$ —1stündige Bad bereits endgültig durchgesetzt. *Minnich* muß deshalb feststellen, daß das kurze Bad wohl in gewissen Fällen zweckdienlich sei, aber doch bei gewissen Krankheiten nicht mehr die gleichen günstigen Resultate aufweise wie früher. Die Duschentherapie hatte ihre volle Ausbildung erreicht; *Minnich* gibt deshalb genaue Vorschriften für ihre Anwendung. Ebenfalls war auch die Trinkkur wieder zu voller Anerkennung gelangt. Der noch heute vielfach geübte Brauch, zugleich mit dem Badener Thermalwasser etwas Birnenstorfer Bitterwasser zu trinken, falls sich eine stopfende Wirkung zeigen sollte, geht auf *Minnich* zurück. Als neue Anwendung der Thermen kam die Inhalationskur dazu, zwar noch nicht in der heutigen Form der Zerstäubung, sondern lediglich in der Form der Einatmung der Dämpfe und Gase entweder in den Baderäumen oder unmittelbar an der Quelle. Die Besprechung der in Baden zur Heilung kommenden Krankheiten halten sich in dem seit etwa 1800 geltenden Indikations-Rahmen; *Minnich* belegt jedoch seine Ausführungen mit zahlreichen Krankheits- und Kurbildern, die er im Laufe seiner ausgedehnten Praxis selbst beobachtet und größtenteils auch selbst behandelt hat. In der minutiösen Schilderung dieser Einzelfälle liegt das große Verdienst *Minnichs* um den Kurort Baden, das auch durch die Errichtung einer Denkmalbüste im Kurpark gewürdigt worden ist.

Anregungen zu Verbesserungen im Kurort und seinen Einrichtungen wurden manchmal von auswärtigen Ärzten gemacht, die in Baden zur Kur weilten, so von *Monnerat* (138). Er vergleicht die Bäder von Aix les Bains mit denen von Baden und kommt zum Schluß, daß die beiden Heilwässer im Chemismus ziemlich übereinstimmen. Er wünscht jedoch eine Modifikation der Duschenanwendung, wobei er für Aix gewisse Abänderungen, wie sie in Baden gebräuchlich sind, vorschlägt, und umgekehrt für Baden einige Vorteile, die Aix bietet, in Betracht zieht.

Mit *Minnich* schließt die balneotherapeutische Literatur der ersten Jahrhunderthälfte ab. Die nächste größere Arbeit von *C. Diebold* (31) gehört in Charakter und Inhalt bereits zu den neuzeitlichen Untersuchungen. Obwohl sie sich nur als populären Abriss bezeichnet, sind die einzelnen Kapitel durchaus in wissenschaftlichem Sinne ge-

schrieben. Die einzelnen Indikationen sind trefflich gekennzeichnet und haben noch heute die gleiche Geltung. An den Anfang stellt *Diebold* Rheumatismus und Gicht, wobei er deren Wesen schildert. Ferner ist ihm die vortreffliche Wirkung des Thermalwassers bei Unfallfolgen (Knochenbrüchen, Verrenkungen, Verstauchungen usw.) bekannt. Während *Minnich* die Inhalationskur bei Lungenkrankheiten angezeigt findet, warnt *Diebold* ausdrücklich davor. Ferner gibt er als Indikationen auch Hämorrhoidalbeschwerden, Hautausschläge, Drüsenerkrankungen, Frauenkrankheiten, Metallvergiftungen und Ischias an. In bezug auf die Anwendung des Thermalwassers spielt der Badausschlag, der in den früheren Werken so viel von sich reden machte, keine große Rolle mehr; die kürzere Dauer des täglichen Bades hatte ihn zum Verschwinden gebracht. Kurz vor *Diebold* waren die Molkenkuren in Baden Mode geworden; er widmet ihnen deshalb bei der Besprechung der Diät ein eigenes Kapitel.

Zu den Verfassern von balneologischen Sammelwerken, die Baden aus eigener Anschauung kannten, gehört *Meyer-Ahrens*, der in seinem vorzüglichen Bäderbuch dem Kurort Baden beinahe 40 Seiten widmet (134). Die Therapie durchgeht er allerdings nur an Hand der einschlägigen Literatur, erweist sich aber umso fruchtbarer in bezug auf den Chemismus der Thermen. Seiner Anregung, Förderung und Mithilfe ist die Analyse *Müllers* vom Jahre 1870 weitgehend zu verdanken. Er steuerte zu dieser Arbeit ein eigenes Kapitel über die im Thermalwasser vorkommenden Schwefelbakterien bei.

Kurz nach dem Kompendium von *Meyer-Ahrens* erschien die zweite, verbesserte Auflage von *Minnichs* Werk (137), die den stark gewandelten Anschauungen Rechnung trägt.

Als ein wissenschaftlich hervorragend tätiger Kurarzt erwies sich *Wagner* durch seine Spezialabhandlungen. Eine eigene Untersuchung widmet er der Behandlung der Frauenkrankheiten durch die Badener Thermen (232). Das früher diesbezüglich ohne jede Einschränkung angewendete Heilwasser will er auf bestimmte Fälle beschränkt wissen, für die es tatsächlich zuständig ist, wie mehrere Krankheitsgeschichten beweisen. *Wagner* dosiert Bad und Dusche in vorsichtiger, wohlabgestufter Weise und räumt der Trinkkur einen wichtigen Platz ein. Aus seinen Ausführungen geht hervor, daß der Ruf des Badener Thermalwassers zur Heilung von Frauenkrankheiten vollauf gerechtfertigt ist, aber nicht mehr im mittelalterlichen Sinn, sondern im Rahmen der modernen Balneotherapie. *Wagner* verfaßte ferner eine Übersicht über die für Baden geltenden Indikationen (235) und eine Studie über Baden als Winterkurort (234), eine umwälzende Neuerung, denn bis jetzt schien es unmöglich, in den Wintermonaten eine erfolgreiche Badekur durchzuführen. Auch die Inhalationstherapie fand in *Wagner* einen ihrer eifrigsten Förderer, der sich der modernen Inhalationsverfahren bediente (236). — Einige weitere Arbeiten stehen nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit den Thermen, gehen aber doch aus den dort gemachten Erfahrungen hervor, wie der Einfluß des Lithiums auf die Gicht (233), des Calciums auf die Magensekretion (239), der Infektionsherde auf den Gelenkrheumatismus (237). Eine der interessantesten und originellsten Arbeiten veröffentlichte er mit seiner Abhandlung über Baden als Terrainkurort (240, 241). Die Wichtigkeit der körperlichen Bewegung während der Kur und die für Wanderungen günstige Umgebung Badens war auch schon von früheren Autoren festgestellt worden. *Wagner* geht aber wissenschaftlich vor; er beschreibt die Lage Badens, hebt die klimatischen Verhältnisse hervor und bespricht die „Dosierung des mechanischen Heilmittels des Bergsteigens“. Die Art der Steigungen und die Höhendifferenzen trägt er in den beigefügten graphischen Darstellungen ein. Diese Schrift stellt eine Besonderheit im kurörtlichen Schrifttum über Baden dar.

Zehnder (255) wirkte längere Zeit als Arzt in der Badarmenanstalt.

Mit großem Erfolg setzte sich *Röthlisberger* für den Kurort Baden ein, und die Übersetzungen seiner Veröffentlichungen in französischen und englischen wissenschaftlichen Publikationen förderten den Besuch des Kurortes. Besonders erkannte er die vortreffliche Wirkung des Thermalwassers bei der Behandlung der Gicht (185--188). Bei dessen innerlicher Anwendung stellt er fest, daß es 1. die Ausscheidung der Harnsäure beeinflusst und demzufolge diuretische und harnsäurelösende Wirkung hat, 2. auf die Bildung der Harnsäure im Körper einen hemmenden Einfluß ausübt, 3. der bei der

Gicht beobachteten Demineralisation entgegenwirkt. In bezug auf die Behandlung der Ischias stellte *Röthlisberger* die von ihm während eines Jahres behandelten Fälle in einer Übersicht zusammen (184), wobei er gesondert Alter des Patienten, Dauer der Krankheit vor der Kur, Charakter der Krankheit, Heftigkeit der Schmerzen, Komplikationen, Erfolg am Ende der Kur, Dauererfolg festzustellen sucht. Diese Erfolgsstatistik erweist sich als ziemlich bedeutend. Sehr eingehende Untersuchungen nahm *Röthlisberger* mit Messungen der Körpertemperatur und Stoffwechsellasscheidungen vor (180—183). Er bestimmte den Einfluß der Badetemperatur auf die Körpertemperatur und nahm Pulskurven auf. Von besonderer Bedeutung sind seine Stoffwechsellassuntersuchungen bei genau festgelegter Diät, um die durch die Badekur verursachten Veränderungen festzustellen. Durch diese wissenschaftlichen Arbeiten und andere Hinweise auf den Kurort (189) gehören die Veröffentlichungen *Röthlisbergers* zu den wichtigsten medizinischen Publikationen über Baden.

Den eingehenden Studien *Diebolds* (32—34) ist es zu verdanken, daß die Inhalationstherapie auch mittels der modernsten Apparaturen ausgeübt werden kann. Seiner Initiative entsprang der Gedanke der Einrichtung eines Inhalatoriums nach dem System *Wafmuth*. Die Inhalationskur war zwar schon seit längerer Zeit bekannt; es wurden jedoch nur die Gase und Dämpfe eingeatmet. *Diebold* führte nun auch die Pulverisation ein. In seinen Abhandlungen betrachtet er zunächst das Wasser in chemischer, physikalischer und physiologischer Hinsicht, um dann auf die pharmakodynamische Wirkung der im Wasser enthaltenen Mineralbestandteile zu sprechen zu kommen. Der verhältnismäßig hohe Gehalt an verschiedenen Stoffen zugleich scheint ihm wesentlich zu sein; besonderen Wert legt er auf die Ionen des Natriums, Calciums, Lithiums, Broms und Schwefels. Auch die Wärme spielt eine große Rolle. Als Hauptindikationen gibt er Nasen-, Rachen-, Kehlkopf- und Bronchialkatarrh nebst deren zahlreichen Abwandlungsformen an. Größere Kapitel widmet *Diebold* den Ursachen und den Folgen der chronischen Katarrhe. Anwendungsformen des Thermalwassers bei den Erkrankungen der Atmungsorgane sind: 1. Aufsnupfungen, 2. Nasenspray, 3. Nasenbad, 4. Nasendusche, 5. Gurgelungen, 6. Inhalation, 7. Einatmung der Gase und Dämpfe in den Baderäumen.

Aus langjähriger praktischer Erfahrung heraus schrieb *E. Markwalder* (111—121) seine Abhandlungen. Als Arzt in den beiden Bäderheilstätten zum „Freihof“ und zum „Schiff“ veröffentlichte er seine Arbeiten meistens in den Jahresberichten der beiden genannten Anstalten. Vor allem widmete er sich der Behandlung von Unfallfolgen (112). Unfallfolgen wurden in Baden schon früher zur Heilung gebracht, doch wurde die Behandlung erst seit etwa 1900 in neuzeitlicher Art vorgenommen. Die Heilerfolge wurden wesentlich gefördert durch die Einführung von neuen Kurmitteln, vor allem physikalisch-therapeutischer Art, welche die eigentliche Behandlung mit Thermalwasser wirkungsvoll unterstützen: Massage, Heilgymnastik, Bewegungsapparate, Elektrotherapie, Diathermie, Wickel, Fangopackungen usw. Besonders seit der Übernahme des früheren Badehotels zum „Schiff“ durch die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA) gehört die Behandlung von Unfallfolgen zu den wichtigsten Heilindikationen der Thermen von Baden. Im Anschluß an diese günstigen Erfolge wurde dieser Heilstätte eine Amputiertenschule angegliedert, über deren Wirken ebenfalls *Markwalder* Aufschluß gibt (117). Er widmet sich aber auch den Fragen der anderen Kurmittel, wie sie besonders im Volksbad „Freihof“ zur Anwendung gelangen (111), beleuchtet die beste Auswertungsart der Badekur (115), der Trinkkur (116), der Dusche (118), des Sprudelbades (121), und streift die Krankheitsfälle der Arthritis (113), des Rheumatismus (119) und der Ischias (120). In bezug auf die Zahl und die Dauer der Bäder hat er bemerkenswerte neue Erfahrungen gesammelt (114). Während noch bis um 1900 eine Badekur auf die „obligatorische“ Zahl von 21 Bädern berechnet wurde, wobei jedesmal nur am Morgen ein ½stündiges Bad zur Anwendung kam, erweist sich in den beiden genannten Heilstätten immer mehr, daß eine Kurdauer von 4—7 Wochen durchschnittlich viel bessere Erfolge zeitigt, wobei zum Morgenbad von 1 Stunde Dauer oft noch ein ½stündiges Abendbad appliziert wird. Dazu tritt das Bestreben, die immer kleiner gewordenen Bassins durch größere Piscinen zu ersetzen, um eine ausgiebige Bewegungs-

therapie unter Wasser zu gestatten. Man nähert sich also vielfach wieder den Anschauungen und Erfahrungen der früheren Zeit, als die natürlichen Kurmittel bestmöglichst ausgenützt worden waren.

Im Anschluß an die Erfolge in der Bäderheilstätte zum „Schiff“ wurde von *Büchel* (21) eine Dissertation ausgearbeitet, welche die Heilungsergebnisse der verschiedenen Verletzungsarten und der einzelnen Indikationsgebiete behandelt und mit zahlreichen Krankheitsfällen belegt. Aus diesen Untersuchungen geht hervor, daß sich viele traumatische Schädigungen für die Nachbehandlung in den Badener Thermen eignen und daß der Übergang zur früheren Berufsarbeit durch die Kur erleichtert wird.

Als langjähriger Anstaltsarzt im Freihof vermittelt *Nietlispach* (163—167) einige dort gemachten Erfahrungen in den Jahresberichten der Anstalt.

M. Markwalder beschäftigt sich vorwiegend mit den einzelnen im Badener Thermalwasser vorkommenden Elementen (122—124). Große Wichtigkeit mißt er der Schwefelwirkung zu (122): Wenn auch die Menge des Schwefelwasserstoffes nur gering ist, findet sie ihr Korrelat in der Wirksamkeit, die schon durch minime Quantitäten hervorgerufen wird. Beachtenswert ist auch seine Feststellung, daß das Badener Wasser ein Puffersystem darstelle, d. h. eine Verschiebung der Reaktion sowohl nach der sauren wie nach der alkalischen Seite verhindere. Das pH liegt zwischen 6 und 7, also in der biologisch wichtigsten Zone. Dadurch erklärt sich die vortreffliche Wirkung des Badener Wassers bei Hyperazidität und Hypersekretion. Ferner führen die Bestandteile Calciumsulfat und Calciumphosphat zu einer Säuerung des Harnes, was die Erfolge des Badener Wassers bei Steinleiden erklärt.

Gegen die gesonderte Betrachtung der Einwirkung der einzelnen Bestandteile eines Mineralwassers wendet sich *Spiro* (215). Gewiß enthalten die Bäder von Baden und Schinznach Schwefelwasserstoff, aber das Quellwasser stellt nicht nur ein Mosaik einzelner Bestandteile, sondern ein harmonisches Ganzes dar und übt in erster Linie als solches seine heilsame Wirkung aus.

Auch *Weber* vertritt immer wieder diesen Standpunkt (244), wobei er seine Erfahrungen durch Krankheitsbilder belegt (245, 246). Die neuaufgekommene Anwendung des Thermalwassers in Verbindung mit Fangopackungen liegt ihm besonders am Herzen (248). Für den Kurgast schrieb er, ähnlich wie die Kurärzte des 19. Jahrhunderts, einen handlichen Abriß über das Wesen und die Entstehung des Thermalkurortes Baden (247), der in einer 2. Auflage besonders im medizinischen Teil stark erweitert wurde.

Wylder untersuchte die Möglichkeiten, den von den Thermen abgesetzten Schlamm (253) und die Kohlensäure (254) für die Therapie nutzbar zu machen.

Eine Zusammenfassung der neueren, für die Gegenwart geltenden Untersuchungen und Erfahrungen stellt die im Auftrag des Kur- und Verkehrsvereins von *Meyer* verfaßte Abhandlung dar (135). Dabei wird das Badener Thermalwasser auch in Vergleich zu zahlreichen in- und ausländischen Bädern von ähnlicher Zusammensetzung gesetzt.

Einer Erwähnung wert sind auch die Bestrebungen, das Badener Thermalwasser in Form eines in Flaschen abgefüllten Kur- und Tafelwassers als zusätzliche Anwendungsform einzuführen. Die Bestrebungen sind nicht neu; sie gehen bis in die 80er Jahre des 19. Jahrhunderts zurück, als der auch als Balneologe verdienstvolle Badener Historiker *Fricker* versuchte, das Badener Tafelwasser an einer Landesausstellung zu propagieren. In späterer Zeit unternahm der Kur- und Verkehrsverein neue Vorstöße und ließ die Probleme durch *F. X. Münzel* bearbeiten (159). Wenn auch das als Tafelwasser abgefüllte Thermalwasser keinen Schwefelwasserstoff mehr enthält, so rechtfertigt sein hoher Gehalt an Mineralbestandteilen doch seine Anwendung als Getränk auch außerhalb der Kur am Trinkbrunnen selbst.

2. Der heutige Stand der Balneotherapie in Baden

Während in früheren Jahrhunderten die Thermen von Baden schlechthin ein Universalheilmittel für Gebresten jeder Art darstellten, hat sich im Lauf der Zeit auf Grund der besprochenen wissenschaftlichen Arbeiten ein ganz

bestimmtes Indikationsgebiet herauskristallisiert, das vielleicht in späterer Zeit wieder mannigfachen Ergänzungen und Abänderungen unterworfen sein wird, das aber gegenwärtig folgenden Stand aufweist:

a) Heilanzeigen

Es kommen hauptsächlich folgende Krankheiten zur Behandlung, wobei die Reihenfolge ungefähr der statistisch erfaßten Häufigkeit entspricht:

1. Rheumatismus in allen seinen verschiedenen Erscheinungsformen: a) Akuter Rheumatismus, b) chronischer Muskelrheumatismus (Myalgien), c) subakuter und chronischer Gelenkrheumatismus (Arthritiden, Arthrosen, Arthritis deformans)
2. Nervenentzündungen und Neuralgien (Ischias)
3. Stoffwechselkrankheiten (Gicht, Diabetes, Fettsucht)
4. Funktionelle Schäden nach Knochenbrüchen und Gelenkverletzungen, Zirkulationsstörungen nach Verletzung der Extremitäten, Nachbehandlung chirurgischer Krankheiten und ausgeheilter Knochen- und Gelenkerkrankungen, Versteifungen
5. Schlanke und tonische Lähmungen (Poliomyelitis)
6. Störungen der Zirkulationsorgane (Apoplexien, Venenthrombosen)
7. Gynäkologische Erkrankungen (Exsudate, Entzündungen, Adnexerkrankungen, Endometritis, Blutungsanomalien auf endokriner Grundlage)
8. Chronische Erkrankungen der Luftwege (Katarrhe, subakute und chronische Bronchitiden, Lungenemphyseme, Brochiektasien)
9. Sekretionsstörungen des Magen- und Darmkanals
10. Steinbildung in Niere und Blase, Nachbehandlung von Nierensteinoperationen
11. Nachbehandlung von Infektionskrankheiten (Grippe) und chronischen Tropenkrankheiten (Malaria)
12. Nachbehandlung von Metallintoxikationen (Blei, Quecksilber).

b) Kurmittel

Je nach Krankheitsfall und Patient stehen verschiedene Kurmittel zur Verfügung. Während in früherer Zeit nur das Thermalwasser selbst zur Anwendung gelangte, das übrigens natürlich auch heute noch die Hauptrolle spielt, sind in neuerer Zeit noch eine Reihe anderer Unterstützungsmittel in Gebrauch gekommen.

α) Die Therme selbst

1. Bäder, mit und ohne Bewegungstherapie, auch modifiziert als Sprudel-, Kohlensäure- und Solbäder
2. Duschen in verschiedenster Art (Brause, Fächer-, Zirkulations-, Strahldusche, über oder unter Wasser, auch mit wechselnden Temperaturen)
3. Klystiere und Irrigationen
4. Gas-Dampfbäder

5. Packungen mit Thermalwasser allein oder in Verbindung mit Heilschlamm (Fango)
6. Feuchte und gasförmige Inhalationen, Nasen-, Mund- und Rachenspülungen
7. Trinkkur mit natürlichem, warmem oder als Tafelwasser abgefülltem Thermalwasser.

β) Unterstützungsmittel

1. Bewegungstherapie im Bad
2. Gymnastik
3. Mechanotherapie (Zanderapparate)
4. Manuelle und Vibrationsmassage
5. Hydrotherapie
6. Fango
7. Heißluft
8. Radium
9. Elektrizität in ihren verschiedenen Anwendungsformen: Galvanisation, Faradisation, Diathermie, Kurzwellen, Hochfrequenz, Röntgen, Höhen-sonne, Lichtbad, Vierzellenbad
10. Schröpfen
11. Diätkuren
12. Terrainkuren.

c) Die Anwendung des Thermalwassers

Es sollen hier nur kurz einige Gesichtspunkte zur Anwendung der eigentlichen Thermalwasser-Kurmittel vermittelt werden. Denn gerade hierin ist allen Möglichkeiten weitester Spielraum gelassen, weil ja die Anwendung in erster Linie von der Konstitution des Patienten und seiner Krankheit abhängt. Man kann wohl allgemeine Regeln aufstellen, die aber von Fall zu Fall modifiziert und angepaßt werden müssen.

Was z. B. das Bad anbetrifft, so kann es in mannigfacher Weise individuell gestaltet werden. 6—8stündiges Baden wie im Mittelalter kommt nicht mehr in Frage. Man nimmt das Bad meistens am frühen Morgen, fängt in der Regel mit 10—20 Minuten an und kann bis auf 1 Stunde steigern. Die mittlere Dauer beträgt etwa $\frac{1}{2}$ Stunde. Das Bad kann als Teil- (Sitz-) oder Vollbad genommen werden. Bei gewissen Erkrankungen, wie Versteifungen, Lähmungen usw. ist Bewegung unter Wasser angezeigt, um den Auftrieb des Wassers, der die Bewegung erleichtert, auszunützen. Was die Temperatur anbetrifft, so gibt die Blutwärme den Mittelwert; oft beginnt man aber mit Temperaturen unter Blutwärme und steigert manchmal darüber hinaus. Für Patienten mit Zirkulations- und Herzstörungen ist das Bad oft in der Modifikation eines Sprudelbades angezeigt.

Ganz ähnliche Gesichtspunkte gelten auch für die Anwendung der Dusche. Noch viel mehr als beim Bad müssen Dauer, Temperatur und vor allem Intensität individuell geregelt werden. Zwischen Brause-, Fächer- und Strahl-

usche sind alle Abstufungen möglich, und bei der am meisten gebrauchten Form der Strahldusche sind wieder Variationen in der Temperatur, der Dichte und der Entfernung des Strahles von der zu behandelnden Körperstelle notwendig; auch der Druck kann entsprechend reguliert werden. Das modernste Verfahren ist die Unterwasserdusche, wobei das Wasser des Bades in abschwächendem Sinne wirkt.

Klystier und Irrigationen bedürfen, da sie direkt auf die empfindlichen Schleimhäute einwirken, noch viel mehr der sorgfältigsten Dosierung in Temperatur, Stärke und Dauer. Ob man Rectum oder Vagina mittels eines Speculum offen hält, um den Zutritt des Wassers in Form eines Bades zu ermöglichen, oder ob man Klystierspritze und Irrigator benützt, oder ob man direkt mittels eines an den Zuflußhahn angeschlossenen Schlauches die Spülungen vornimmt, liegt im Ermessen des behandelnden Arztes. Allgemeine Durchschnittsregeln können hier nicht aufgestellt werden.

Die Anwendung der Gas-Dampfbäder ist stark zurückgegangen. Die Temperatur kann hier meistens nicht reguliert werden, weil sich die Dampfkästen über den Thermalwasserreservoirs der Badehotels befinden. Dagegen sind Abänderungen in der Dauer, die durchschnittlich $\frac{1}{2}$ Stunde beträgt, möglich. Dampfbäder, in denen nur der Körper, nicht aber auch der Kopf von den Gasen und Dämpfen umgeben ist, sind nicht mehr gebräuchlich.

Bei der Inhalation ist vor allem die Frage wichtig, ob man eine Einzelinhalation am Apparat oder eine Rauminhalation vornehmen lassen will. Bei keiner Anwendungsform des Thermalwassers ist die Frage der technischen Einrichtung von so ausschlaggebender Bedeutung, weil hier nicht nur Temperatur und Dauer, sondern auch andere Faktoren eine wichtige Rolle spielen, z. B. Zerstäubungsgrad des Wassers und Anzahl Tröpfchen pro Raumeinheit. Die Dosierung und die Dauer einer Sitzung können nur individuell geregelt werden.

Für die Trinkkur lassen sich eher wieder Durchschnittsregeln aufstellen. Auch hier ist die quantitative Anwendungsweise der qualitativen gewichen, indem die frühere Konsumation von 1—2 Liter auf 1—2 Gläser täglich herabgesetzt wurde. Es wird angeraten, die Kur am Morgen nüchtern zu machen, entweder vor oder nach dem Bade oder dann nach der Verdauung des Frühstücks, also etwa 1 Stunde vor dem Mittagessen. Jedenfalls ist die Wirkung logischerweise bei nüchternem Magen intensiver als bei vollem. Auch die Temperatur ist nicht gleichgültig; quellwarmes Wasser übt auf den Organismus, vor allem auf Magen und Darm, einen andern Einfluß aus als gestandenes und abgekühltes. Das schließt nicht aus, daß das Badener Thermalwasser in Form des Tafelwassers (Badener Kurwasser) ein wertvolles Unterstützungsmittel sein kann.

Außer der Anwendung der einzelnen Kurmittel pro Mal stellt sich auch die Frage nach der Ausdehnung der Anwendung über einen gewissen Zeitraum, d. h. nach der Kurdauer. In der Regel wird das einzelne Kurmittel ein Mal pro Tag angewendet. Doch läßt sich z. B. die Trinkkur mehrmals am Tag vornehmen, und selbst das tägliche Bad in der Morgenfrühe wird in neuester Zeit oft wieder durch ein Abendbad von etwas kürzerer Dauer

ergänzt. Aus unbekanntem Gründen hatte sich im Laufe des 19. Jahrhunderts die „heilige Zahl“ von 21 Bädern pro Kur herauskristallisiert, an der vielfach noch heute starr festgehalten wird. Mit weniger kommt man allerdings selten mehr aus, doch ist für wirklich befriedigende Heilresultate oft eine größere Zahl notwendig, wobei 25—30 Bäder keine Seltenheit mehr sind. Von Zeit zu Zeit in den Verlauf der Kur eingeschaltete Ruhetage sind stets von günstigem Einfluß. Dies gilt auch für die Duschbehandlung und die Trinkkur. — Eine Kurdauer von drei Wochen stellt ein Minimum dar; vier Wochen können genügen, um den Organismus den Einflüssen des Thermalwassers zugänglich zu machen; 5—7 Wochen sind bisweilen vonnöten, wenn die Schädigungen, die zur Heilung kommen sollen, ernsterer Natur sind.

Wiederholungs- und Vorbeugungskuren sind wieder eine Angelegenheit für sich und dem Belieben des Patienten und dem Rat des Arztes anheimgestellt.

d) Die Wirkungsweise des Thermalwassers

Die Wirkungsweise eines Heilwassers setzt sich zusammen aus 1. mechanischen, 2. thermischen und 3. chemischen Faktoren. Die zwei erstgenannten können oder müssen sogar den Krankheitsfällen und den Patienten angepaßt werden. Gewiß ist auch die Temperatur ein wesentliches Charakteristikum einer Quelle; doch gelangt sie nur selten in ihrem ursprünglichen Auftreten zur Anwendung, d. h. nur dann, wenn es sich um eine Homoeothermie handelt. Bei Hypo- resp. Hyperthermie muß das Wasser erhitzt resp. abgekühlt werden. Damit werden aber auch die natürlichen Austrittsverhältnisse künstlich geändert. Auch die mechanische Wirkung ist den mannigfachsten Abänderungen unterworfen. Im Bade etwa ist der Einfluß des Wassers ganz verschieden, ob der Badende in Ruhe sei oder in Bewegung. Bei weiteren Anwendungen, die überhaupt gänzlich von technischen Einrichtungen abhängig sind, wie Dusche, Inhalation usw. kann von natürlichen Bedingungen überhaupt nicht mehr gesprochen werden. Ganz abgesehen von solchen unvermeidlichen Eingriffen kommen mechanische und thermische Wirkungen auch jedem ganz gewöhnlichen Bade zu.

Die eigentliche charakteristische Wirkungsweise einer Heilquelle kann deshalb nur aus ihren chemischen Verhältnissen erkannt werden. Gewiß können auch hier durch künstliche Eingriffe Änderungen vorgenommen werden. Damit wäre aber der Auffassung, daß ein Heilwasser künstlich nachgeahmt werden könne, Tür und Tor geöffnet. Eine Heilquelle muß deshalb in chemischer Hinsicht durchaus unverändert zur Anwendung kommen, damit ihre spezifischen Heilwirkungen unbeeinflusst studiert und damit auch voll ausgenützt werden können. Es ist stets von neuem zu betonen, daß die chemische Analyse eine Heilquelle wohl charakterisiert und daß an Hand dieser Aufstellung auch die ungefähre Richtung der Wirkung aufgezeigt werden kann, daß damit aber die endgültigen und eindeutigen Heileigenschaften, wie sie theoretisch immer und unter allen Umständen auftreten sollen, noch nicht gegeben sind. Eine gewisse gesonderte Betrachtung der einzelnen Bestandteile auf ihre spezifische Wirkung hin hat ohne Zweifel eine Berechtigung; es darf dabei aber nie vergessen werden, daß erst die Gesamtheit aller Faktoren maßgebend ist. Und selbst wenn es gelänge, eine Heilquelle künstlich nachzuahmen, so wären die vielen anderen Begleitumstände, die ebenfalls das Wesen einer Kur ausmachen, wie die Veränderungen in bezug auf Klima, Ort, Milieu, Kost, Ruhe usw., noch nicht in Betracht gezogen.

Umgekehrt setzt der Chemismus einer Heilquelle der Anwendung eine Grenze, so daß man mit Recht z. B. Herz-, Rheuma-, Magen-, Nieren-, Nervenbäder usw. unterscheidet. Allen Heilwässern gemeinsam ist die Erscheinung der „Umstimmung“ (Reaktionsänderung), die hauptsächlich auf einer Reizwirkung beruht. Daraus erklärt sich auch die charakteristische Erscheinung der „Badereaktion“, wie sie genugsam in der

einschlägigen Literatur beschrieben ist. Auf Grund der chemischen Bestandteile lassen sich aber doch auch spezifische Wirkungen feststellen, wobei es allerdings nicht gleichgültig ist, ob das Wasser auf den äußeren Körper (Bad, Dusche), die innern Organe (Trinkkur) oder die Schleimhäute (Inhalation, Klistier, Irrigation) einwirkt. In dieser Hinsicht können die Auswirkungen trotz der jedesmal gleichen chemischen Zusammensetzung des Wassers ganz verschieden sein. Auch eine Kombination dieser einzelnen Anwendungsarten, wie sie in vielen Fällen angezeigt ist, kann wieder ganz andere Resultate zur Folge haben.

Diese Ausführungen sollen nur dazu dienen, die Schwierigkeiten in der Beurteilung der Wirkungsweise eines Heilwassers darzulegen. Für die Thermen von Baden können etwa folgende Gesichtspunkte gelten, ohne damit auch nur annähernd die unübersehbaren Probleme gestreift zu haben:

Der auffallendste Bestandteil der Badener Thermen, der Schwefelwasserstoff, ist gasförmig in Spuren, gelöst in etwas größeren Mengen vorhanden. Er spielt bei allen Anwendungsformen (Bad, Trinkkur, Inhalation) eine wichtige Rolle. Daß er die Haut durchdringt, und zwar aus relativ kleinen Konzentrationen besser als aus großen, ist experimentell erwiesen, ebenso seine selektive Wirkung auf rheumatisch erkrankte Gelenke. Für Hautkrankheiten, wo der Schwefel hauptsächlich äußerlich wirken muß, sind höhere Konzentrationen, wie sie z. B. die Heilquellen von Schinznach, Lostorf, Lenk usw. aufweisen, vorteilhafter. Der Stoffwechsel des Organismus wird durch Schwefelbehandlung grundlegend beeinflußt (Metallintoxikationen, Diabetes). Die Inhalationstherapie mit Schwefelwässern gehört zu den erfolgreichsten Indikationen dieser Art von Mineralwässern. — Von den andern beiden gasförmigen Bestandteilen der Badener Thermen, Stickstoff und Kohlensäure, spielt die letztgenannte in Heilbädern die bedeutendste Rolle. Obwohl sie zwar in Baden in verhältnismäßig großer Menge vorkommt, kann von der Wirkung eines Kohlensäurebades im eigentlichen Sinne wie z. B. bei den Bädern von Schuls und St. Moritz, nicht gesprochen werden.

An gelösten festen Bestandteilen sind die Quellen von Baden besonders reich; unter den Thermen der Schweiz steht Baden diesbezüglich an erster Stelle. Daß ein solcher Gehalt an Mineralbestandteilen an und für sich schon besondere Reizwirkungen ausübt, etwa im Sinne einer Hyperämisierung der Haut, liegt ohne weiteres auf der Hand. Aus der Analyse geht hervor, daß unter den Kationen Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , unter den Anionen Cl^- , SO_4^{--} und HCO_3^- vorwiegen. Obwohl man bekanntlich in Heilquellen die Mineralbestandteile sich nicht einfach als gelöste Salze vorstellen darf, spricht man in pharmakologischer Hinsicht auch heute noch von Kochsalz-, Gips-, erdigen Quellen usw. Als Na^+ - und Cl^- -Ionen haltiges Mineralwasser vermögen die Badener Thermen, innerlich angewendet, auf den Magen-Darmtrakt Wirkungen auszuüben, nicht weniger auch auf die Niere. Die Heilerfolge bei Erkrankungen der Luftwege gehören zu den spezifischen Wirkungen der Kochsalzwässer. Gerade in diesem Punkte hat Baden immer noch nicht die gebührende Würdigung gefunden. Der Gehalt an Ca^{++} -Ionen erweist seine Bedeutung bei Erkrankungen der Nieren- und Harnwege, aber auch die Allgemeinwirkung des Calciums ist nicht zu unterschätzen. Ähnlich denkt man

sich das Verhalten des Mg^{++} -Ions. Die Bedeutung des Gehaltes an HCO_3' tritt zurück, obwohl er nicht unbedeutend ist. Wie weit die Vorkommen von HBO_2 und die ziemlich beträchtlichen von H_2SiO_3 bewertet werden müssen, läßt sich noch nicht beurteilen. Umstritten ist die Bedeutung des Lithiums; der Gehalt der Badener Thermen ist ziemlich hoch, doch wird der Einfluß bei Gicht nicht mehr so hoch eingeschätzt wie in früheren Zeiten.

In Bezug auf die physikalischen Konstanten ist von der Temperatur bereits gesprochen worden. Die Radioaktivität ist sehr gering und berechtigt wohl kaum, sie als wesentlichen Bestandteil der Badener Thermen immer wieder anzuführen. Wichtig ist noch das pH, weil es für die innerliche Anwendung des Badener Wassers von Bedeutung ist, desgleichen der osmotische Druck.

Mit diesen Angaben ist der ungefähre Wirkungsbereich des Badener Thermalwassers angedeutet. Weitere Einzelheiten gehören bereits in das Gebiet der allgemeinen Balneotherapie und der am Patienten vorgenommenen physiologischen Untersuchungen. Aber gerade in dieser Beziehung setzt sich die medizinische Forschung aus den Einzelbeobachtungen in den verschiedenen Heilbädern zusammen, und deshalb ist auch für Baden die Weiterentwicklung der Kenntnisse nach der medizinischen Seite hin anzustreben.

Anhang

Die Aufgaben der balneologischen Forschung in Baden

Im Verlauf der vorangegangenen Kapitel mußte immer wieder darauf hingewiesen werden, daß einzelne Probleme noch ungeklärt sind und verschiedene Fragen noch nicht beantwortet werden können, weil die betreffenden Untersuchungen zu wenig weit gediehen oder überhaupt noch nie in Angriff genommen worden sind. Eine Aufklärung und Beantwortung ist nur möglich durch die Fortsetzung und Intensivierung der Forschung. In welcher Richtung diese einsetzen muß, läßt sich am besten erkennen, wenn wir in der Reihenfolge der einzelnen Kapitel vorgehen.

1. Auf geologischem Gebiet ist immer noch die grundlegende Herkunft der Thermen ungelöst. Wenn sie auch an und für sich für die therapeutische Ausnützung des Thermalwassers nicht von Belang ist, so spielt sie dafür für den Quellenschutz eine umso größere Rolle. Unter Quellenschutz versteht man die Verhinderung menschlicher Eingriffe in jene Gebiete, die mit den Quellen in Verbindung stehen. Im Austrittsgebiet der Quellen ist in dieser Hinsicht durch die staatlichen Dekrete (264, 265) bereits weitgehend gesorgt. Alle Bohrungen, Grabungen, Tiefbauarbeiten, Sprengungen, Änderungen am Zustand der Quellen usw. sind verboten resp. nur mit Bewilligung unter Aufsicht des Staates und unter Beachtung aller Vorsichtsmaßregeln gestattet.

Alle diese Maßnahmen nützen aber nichts, wenn im Einzugsgebiet der Quellen oder am Quellenweg Veränderungen vor sich gehen, welche das Bestehen der Quellen gefährden können.

Dies läßt sich am besten durch einige praktische Beispiele erörtern. Wenn z. B. nach *Hartmann* wirklich das Müsernplateau als Einzugsgebiet der Thermen in Frage käme, so müßten dort Änderungen in der Vegetation, etwa ausgedehnter Kahlschlag der Waldungen, sich in der Folge an den Quellen bemerkbar machen. Wenn nach *Haberbosch* der Grundwasserstrom des Reußtales als Lieferant der Badener Thermen in Frage käme, könnte eine Veränderung der dortigen hydrologischen Verhältnisse, z. B. ein Aufstau der Reuß für ein Elektrizitätswerk, von unabsehbaren Folgen sein. Nimmt man wiederum an, das Wasser stamme von Westen, so könnten Tiefbohrungen, etwa im Gebiet des Haselquartiers, die aus irgendwelchen Gründen vorgenommen werden müßten, unter Umständen den Quellenweg anschnneiden.

Mit diesen Beispielen soll nicht gesagt sein, daß die Verhältnisse tatsächlich so liegen; es soll damit nur die Bedeutung erläutert werden, die der Kenntnis des Einzugsgebietes und des Quellenweges zukommt. Der geologischen Forschung stehen also noch eine Reihe von Problemen zur Bearbeitung zur Verfügung.

2. Etwas besser erforscht, aber noch nicht bis in alle wünschbaren Details aufgeklärt sind die meteorologischen Verhältnisse, beson-

ders was die Abhängigkeit des Quellenergusses von den Niederschlägen anbetrifft.

3. Die hydrologischen Bedingungen sind teilweise im Zusammenhang mit der Geologie untersucht worden. Da sie aber zeitlichen Schwankungen unterliegen, fallen sie ebenfalls in den Bereich der balneologischen Forschung. Die Limmat und der Grundwasserstrom gehören selbstverständlich zum engsten Bezirk des Quellengebietes und verlangen eine dementsprechende Beachtung. Man braucht nur daran zu denken, in welchem Maße die Stauung der Limmat durch das Kraftwerk der Stadt Zürich in Wettingen die dortigen Grundwasserverhältnisse beeinflusst worden sind (71), um zu ermessen, welche Folgen eine Änderung der Grundwasserverhältnisse in der Nähe der Thermen nach sich ziehen könnte.

4. Verhältnismäßig gut erforscht ist die Ergiebigkeit und der Zusammenhang der Quellen, weil dies mit rechtlichen Fragen zusammenhängt. Bis jetzt sind durch Absenkungsversuche und monatliche Ergußmessungen einzelne Fragen abgeklärt worden, ohne daß man zu vollständig eindeutigen und endgültigen Resultaten gelangt wäre.

5. Am besten erforscht sind die physikalischen, chemischen und biologischen Verhältnisse, weil seit 150 Jahren mehrfach umfassende Gesamtanalysen vorgenommen worden sind. Dagegen bestehen keine regelmäßig periodisch durchgeführten Aufzeichnungen über die zeitlichen Schwankungen des Chemismus und die Unterschiede bei den einzelnen Quellen.

Die wissenschaftliche Forschung für die unter 2.—5. angeführten Verhältnisse sollte nicht nur nach Zeit und Gelegenheit, sondern regelmäßig und periodisch erfolgen, weil sie zeitlichen Schwankungen unterworfen sind.

Solche Kontrolluntersuchungen faßt man am besten unter dem Begriff *Quellenbeobachtung*⁸⁸⁾ zusammen. Diese müßte sich auf folgende Untersuchungen erstrecken:

1. Meteorologische Verhältnisse

- a) Lufttemperatur,
- b) Luftdruck,
- c) Niederschläge.

Diese Daten werden täglich von den offiziellen Wetterstationen, von denen eine in Baden selbst stationiert ist, automatisch registriert und an die Eidgenössische Meteorologische Zentralanstalt in Zürich weitergeleitet. Dort sind sie jederzeit erhältlich.

2. Hydrologische Verhältnisse

- | | |
|---------------------------|---------------------------------------|
| a) Pegelstand der Limmat, | c) Pegelstand des Grundwasserstromes, |
| b) Temperatur der Limmat, | d) Temperatur des Grundwasserstromes. |

Auch diese Daten werden täglich entweder automatisch oder durch Ablesung der Kontrollinstrumente registriert. Die Grundwasserverhältnisse werden von den städtischen Werken beaufsichtigt, da sie zum Teil der Trinkwasserversorgung der Stadt Baden dienen.

⁸⁸⁾ Vgl. diesbezüglich folgende Literatur:

E. Berch: Quellenbeobachtung und Quellenforschung, *Balneologie* 5, 401 (1938).

R. Kampe: Quellenbeobachtung, in *H. Vogt*: Lehrbuch der Bäder- und Klimaheilkunde, Berlin 1940, S. 69.

J. Kreilos: Die Inkonzanz der Heilquellen. *Z. exper. Med.* 109, 32 (1941).

W. Müller: Quellenbeobachtung im Bad Nauheim. *Balneologie* 10, 169 (1943).

3. Ergiebigkeit der Quellen

Die Ergiebigkeit wird amtlich in der Mitte jedes Monats in Anwesenheit von je einem Vertreter der Gemeinde, des Bezirks und des Kantons gemessen. Die Ergebnisse werden protokolliert und auf dem Wasserrechtsamt in Aarau deponiert. Hier wäre vielleicht die Frage aufzuwerfen, ob die Ergiebigkeit nicht noch öfter kontrolliert werden sollte. Dies könnte allerdings nicht mehr in der bisherigen, Zeit und Kraft raubenden Weise geschehen. Es müßte vielmehr an den Quellen selbst eine Art Pegel angebracht werden, an dem jederzeit das geschüttete Wasserquantum abgelesen werden könnte. Eine solche Vorrichtung ist bereits schon früher von *Escher* und *Culmann* (40) vorgeschlagen worden.

4. Physikalische, chemische und biologische Verhältnisse

a) Temperatur

Die Temperatur wird einmal pro Monat im Zusammenhang mit der amtlichen Er-
güßmessung vorgenommen.

b) Chemismus

Es werden in Baden keine Kontrollanalysen unternommen. Hierin besteht ganz entschieden eine Lücke. Denn eventuelle Veränderungen an den Quellen machen sich nicht nur am Erguß und an der Temperatur bemerkbar, sondern auch im Chemismus. So kann z. B. nur durch eine chemische Kontrollanalyse das Zusitzen von Wildwasser einwandfrei festgestellt werden. Es kann sich bei der Überwachung des Chemismus nicht um vollständige Analysen handeln, sondern nur um Überprüfung der wichtigsten Bestandteile. Für das Badener Thermalwasser kämen in Frage

Konzentrationsbestimmung, z. B. Trockenrückstand,
Chlorid,
Sulfat,
Hydrokarbonat (Alkalinität),
Titrierbare Schwefelverbindungen (gelöster Schwefelwasserstoff).

c) Biologie

Als regelmäßige periodische Untersuchung käme hier nur die Bestimmung der Keimzahl in Frage, um eventuelle organische Verunreinigungen z. B. durch Wildwasser feststellen zu können.

Nur auf Grund der ständigen Kontrolle und Registrierung der genannten Verhältnisse kann man Einblick in das Verhalten der Quellen gewinnen. Nur so ist man in der Lage, Veränderungen feststellen und ihre Ursachen ergründen zu können, weil dann die normalen Verhältnisse bekannt sind, während beim Fehlen der entsprechenden Unterlagen bei Störungen überhaupt keine Handhaben zur Beurteilung des früheren Zustandes vorhanden sind. Es werden dabei aber nicht nur die eigentlichen Störungen, sondern auch die normalen Schwankungen erfaßt, die für die einzelnen Quellen sehr charakteristische Werte aufweisen und somit zur Feststellung der Eigenschaften jedes Quellenindividuums dienen können. Gerade für die komplizierten rechtlichen Zustände in Baden ist die Kenntnis solcher Verhältnisse sehr wichtig.

6. Die wissenschaftliche Forschung muß sich ferner auf die technischen Einrichtungen erstrecken. In erster Linie wird man die Widerstandsfähigkeit des verwendeten Materials gegenüber dem Chemismus des Thermalwassers immer wieder kontrollieren müssen. Gerade für die Ther-

men von Baden mit ihrem Gehalt an aggressivem Schwefelwasserstoff ist diese Frage von besonderer Wichtigkeit. Umgekehrt muß auch immer wieder nachgeprüft werden, ob der Chemismus des Wassers, vor allem der Gehalt an sehr empfindlichem Schwefelwasserstoff, nicht unter dem Einfluß der technischen Einrichtungen, infolge unzureichender Konstruktion, Zutritt von Luft, Sintern usw. leidet.

Die übrigen technischen Fragen, wie Zweckmäßigkeit und Art der Fassungen, der Leitungen, der Reservoirs, optimaler Querschnitt der Rohre, Gestaltung der balneotherapeutischen Einrichtungen usw. bilden zugleich eine Angelegenheit der technischen Balneologie im Allgemeinen und brauchen hier nicht besonders erörtert zu werden.

7. Ein sehr weites Forschungsgebiet steht der Medizin offen. Wenn auch schon eine Reihe von Arbeiten in dieser Hinsicht, vor allem im 19. Jahrhundert erschienen sind, so sind die in Frage kommenden Gebiete noch lange nicht genügend und vor allem nicht nach den neuesten Gesichtspunkten behandelt. Der medizinischen Forschung kommt sogar der Vorrang zu, denn mit ihr steht und fällt der Ruf und damit der Besuch des Kurortes Baden.

Die Bäderheilstätte der SUVA im „Schiff“ und das Volkshelbad im „Freihof“ sind besonders zur Vornahme von Versuchsreihen geeignet, weil dort die Patienten auch außerhalb des Kurbetriebes unter strengem Regime stehen als in den Privathotels. Die Jahresberichte der beiden Anstalten (268, 282) sind für die balneologische Medizinstatistik bereits heute schon aufschlußreich. Vielleicht könnten diese Heilstätten in Zukunft als Grundlage zur Ausbildung von Ärzten und ärztlichem Hilfspersonal (Bademeister, Duscheure, Masseure, Gymnastiklehrer usw.) dienen, die sich besonders der Ausübung ihres Berufes an Badekurorten widmen wollen. Ansätze zu solchen Bestrebungen sind bereits vorhanden.

Es besteht gar kein Zweifel darüber, daß nur die wissenschaftliche Forschung imstande ist, die Stellung und Bedeutung Badens als *Thermalkurort* zu gewährleisten. Die Zeiten, in denen Baden nicht nur der Heilquellen, sondern auch der schönen Lage, der vornehmen Ausstattung und des gesellschaftlichen Lebens wegen besucht war, sind endgültig vorbei. Laut *Tacitus* (227) war Baden schon zur Römerzeit ein bekanntes und viel besuchtes Heilbad. Im Mittelalter und zur Zeit der Renaissance war es das berühmteste und besuchteste Heilbad nördlich der Alpen. Das ist keine Übertreibung, sondern eine durch zahlreiche authentische Berichte und historische Dokumente belegte Tatsache (29, 100, 139, 177, 242). Noch im 19. Jahrhundert gehörte Baden zu den besuchtesten Kurorten der Schweiz (88, 90, 211, 281). Erst dem 20. Jahrhundert blieb es vorbehalten, das äußere Bild und die wirtschaftliche Struktur der Stadt vom Weltkurort zum Weltindustriort zu wandeln. Es wird deshalb nie mehr möglich sein, Baden jenes Gepräge zu verleihen, das die rein kurörtlichen Zwecken dienenden Heilbäder der Schweiz und erst recht diejenigen des Auslandes so anziehend gestaltet, obwohl seine landschaftlichen Schönheiten wie die Qualität seiner Heilquellen ganz dazu angetan gewesen wären, ihm eine ebenbürtige Stellung neben den bekanntesten Heilbädern zu sichern.

Die einzige Möglichkeit, Baden seine Stellung als Thermalkurort zu sichern, besteht in seinem Ausbau als Heilbad⁸⁹⁾. Die Thermen selbst haben ja die Wandlungen nicht mitgemacht, sondern ihre Heilkräfte unverändert bewahrt. Sie sind es, die durch die balneologische Forschung in solchem Maße der Nutzbarmachung zugeführt werden müssen, daß ihr Bestehen nicht mehr entbehrt werden kann.

Die Frage, in welchem Rahmen die zukünftige balneologische Forschung in Baden durchgeführt werden müßte, gehört nicht mehr zum Thema der vorliegenden Monographie.

Ohne eine zentrale Stelle, an welche die Forschungsergebnisse der balneologischen Teilgebiete geleitet und an der sie ausgewertet werden könnten, wird aber eine dauerhafte Grundlage nicht möglich sein. Es ließe sich ein balneologisches Forschungslaboratorium in Baden denken, vielleicht in Verbindung mit den benachbarten Zürcher Hochschulen, in welchem die notwendigsten Hilfsmittel und eine geeignete Handbibliothek zur Verfügung ständen.

Die Bibliothek müßte nicht nur allgemeine balneologische Hand- und Lehrbücher umfassen, sondern auch die über die Thermen von Baden bestehende Literatur und vor allem auch ein reichhaltiges Aktenmaterial der nicht gedruckten Arbeiten über die Quellen. Dazu gehören die verschiedenen Gutachten, geologischen Profile, Akten über die Quellen, Pläne der Fassungen und Leitungen, Beschreibungen der verwendeten Materialien, Protokolle der Quellenüberwachungs-Untersuchungen, Einzelheiten über die Untersuchungsmethoden der Gesamtanalysen, geschichtliche Daten, graphische Darstellungen usw.

II. ändern, vor allem ausländischen Badekurorten, gehören solche Forschungslaboratorien schon längst zu den selbstverständlichen und unentbehrlichen Einrichtungen.

Wird die Initiative zu einem solchen Vorgehen in erster Linie von privater Seite an die Hand genommen, so wird sie nur dann Erfolg haben, wenn sich die interessierten Kreise zusammenschließen und ihre Sonderinteressen überwinden. Auch wenn schließlich ein solches Vorgehen Wirklichkeit werden sollte, ist eine Förderung von Seiten der Behörden und der Gemeinde nicht zu umgehen. Es sollte eigentlich eine Selbstverständlichkeit sein, daß einer so reichen, wichtigen und vor allem heilkräftigen und damit segensvollen Naturerscheinung, wie es die Thermen von Baden sind, von Seiten der zunächst Interessierten, aber auch der Behörden und der Bevölkerung alle Aufmerksamkeit entgegengebracht würde, und daß man sich der Pflicht und der Verantwortung bewußt wäre, die der Besitz eines solchen Heilgutes mit sich bringt. Wenn diese Einsicht endlich die Oberhand gewinnt, werden die Thermen von Baden auch in Zukunft wieder die ihnen gebührende Stellung einnehmen.

⁸⁹⁾ Vgl. *K. von Neergard*: Der medizinische Ausbau der schweizerischen Kurorte. Zürich 1943.

J. Weber: Brauchen wir in der Schweiz ein Gesetz zum Schutz der Kurorte? Schw. Med. Wchschr. 13, 481 (1928).

J. Weber: Ausbau der schweizerischen Kurorte. Forderungen und Wünsche der Balneologen. Schw. Med. Wchschr. 24, 941 (1943).

O. Veraguth: Die Organisation der wissenschaftlichen Balneologie. Schw. Med. Wchschr. 20, 1012 (1939).

Literatur- und Quellennachweis

Vorbemerkung

Eine Monographie sollte eine möglichst vollständige Bibliographie über den behandelten Gegenstand bieten. Auch im vorliegenden Fall ist Vollständigkeit angestrebt worden, ohne daß es möglich gewesen wäre, sie zu erreichen. Der Grund dafür liegt in der außerordentlichen reichen Literatur, die über Baden existiert. Als Bäder- und Tag-satzungs-Stadt fand Baden nicht nur Erwähnung in privaten Reiseschilderungen und Aufzeichnungen, sondern auch in offiziellen topographischen und balneologischen Werken, ganz abgesehen von den historischen Veröffentlichungen lokalen oder regionalen Charakters, die in der vorliegenden Arbeit vollständig unberücksichtigt geblieben sind.

In erster Linie wurde versucht, das gesamte naturwissenschaftliche Material über die Thermen von Baden möglichst lückenlos zusammenzufassen. Die ursprüngliche Absicht, die geologische, medizinische, analytische, technische und allgemeine balneologische Literatur gesondert anzuführen, konnte nicht verwirklicht werden, da viele Werke mehrere Disziplinen zugleich umfassen.

Was im nachfolgenden 1. Kapitel (Nicht zitierte Literatur) die Abschnitte a), b) und c) anbetrifft, so sind hier nur die allerwichtigsten und bekanntesten Namen angeführt, denn es hat keinen Sinn, hier auch nur eine Auswahl der wichtigsten Werke, die für die vorliegende Monographie durchgesehen wurden, anzuführen. Man findet solche Zusammenstellungen in den einschlägigen Bibliographien, vor allem denjenigen zur Schweizerischen Landeskunde, herausgegeben von der Schweizerischen Landesbibliothek in Bern.

Nicht oder nur zum Teil durch Zitate belegt sind in der vorliegenden Monographie die einzelnen historischen Daten, wie sie vor allem in den die Thermalquellen und die technischen Einrichtungen betreffenden Abschnitten erwähnt werden. Hier folgt die Darstellung in der Regel den Werken von *Albrecht* (2), *Fricker* (47) und *Wehrli* (250), aber auch einzelnen Urkunden, Fertigungsprotokollen und Gemeinderatsverhandlungen aus dem Stadtarchiv in Baden, ohne daß speziell darauf verwiesen wird.

Trotz diesen Einschränkungen dürfte das vorliegende Literaturverzeichnis unter zwei Gesichtspunkten maßgebend sein: 1. für Einzelwerke in Buchform oder Artikel, Aufsätze und Abhandlungen in Zeitschriften, die Baden allein zum Gegenstand haben, 2. für Sammelwerke, in denen Baden in separaten Kapiteln oder auch nur beiläufigen Sätzen erwähnt wird, die aber etwas wesentlich Neues bringen, das an anderer Stelle nicht zu finden ist. Es betrifft dies vor allem die geologische Literatur.

1. Nicht zitierte Literatur

Es mußte eine Reihe von Werken durchgesehen werden, ohne daß sie hier einzeln aufgeführt sind. Es betrifft dies vor allem fünf Kategorien von Literatur:

a) *Chroniken, Topographien, Erd-, Länder- und Staatsbeschreibungen, Lexika*

Der Stadt Baden und den Bädern sind in diesen Werken umfangreiche Kapitel gewidmet, und oft finden sich dabei wertvolle und aufschlußreiche Abbildungen. Es seien erwähnt die bekanntesten Werke von *Stumpf* (mit der frühesten Abbildung des Bäderplatzes), *Münster*, *Merian*, *Wagner*, *Simmler*, *Funk*, *Kypseler*, *Ruchat*, *Faesi*, *Füssli*, *Leu*, *Herrli-berger*, *Zurlauben*, *Zschokke* usw. Vielfach haben diese Autoren ihre Unterlagen anderen Büchern entnommen, so daß sie meistens wenig Neues bieten. Doch gibt es auch Ausnahmen; so findet sich bei *Wagner* (231) die Bemerkung, in den Thermen von Baden seien 60 Thermalwasserleitungen vorhanden.

b) Bädertraktate und Brunnenschriften

Wichtiger als die genannten allgemeinen Sammelwerke sind diejenigen, die nur die Heilbäder betreffen. Die „Bädertraktate“ und „Baderbüchlein“ stammen vorwiegend aus dem 16. und 17. Jahrhundert. Manche davon sind sogar in poetischer Form abgefaßt. Die bekanntesten Autoren sind *Hemmerlin, Folz, Clemens von Graz, Phries, Hugelin, Pictorius, Etschenreutter, Ryff, Paracelsus, Tabernaemontanus* usw. Während der Barockzeit trat ein Tiefstand in der Bäderkultur ein. Erst von der Mitte des 18. Jahrhunderts an begann sich neues Leben zu regen, und in der Folge vermehrten sich die „Brunnenschriften“, Handbücher über die „Gesundbrunnen“, „Taschenbücher für Baderreisende“ usw. ins Unübersehbare. Im 19. Jahrhundert kamen dann, wenigstens was die Schweiz anbelangt, die klassischen „Kuralmanache“ etwa von *Meyer-Ahrens, Gsell-Fels, Lötscher, de la Harpe* hinzu.

So ist auch hier die Zahl der bestehenden Werke außerordentlich groß; dennoch blieb die Ausbeute verhältnismäßig gering, weil die meisten Autoren sich mit der Abschrift oder Bearbeitung der Originalliteratur begnügten. Aber auch hier gibt es Ausnahmen. Es betrifft vor allem die Schriftsteller, die Baden aus eigener Anschauung oder sogar Erforschung kannten, wie z. B. *Gessner* (50), *Wetzler* (252), *Ruesch* (190), *Meyer-Ahrens* (134) und andere. Sie wissen oft sehr wesentliche Mitteilungen über Baden zu machen, die sonst nirgends zu finden sind. Andere stützen sich zwar ebenfalls auf die einschlägigen Werke, bieten aber oft ausführliche und wertvolle Literaturhinweise wie z. B. *Osann*.

c) Reiseberichte, Memoiren, Tagebücher, Briefe

Hier ist die Menge der bestehenden Werke noch viel größer und unübersichtlicher als in den zwei ersten Kategorien. Aber gerade hier stößt man oft auf die wertvollsten Hinweise. Man denke etwa an *Poggio* (177), *Montaigne* (137), *Coryat* (29), *Andreae* (9) und andere, die für Baden ganz wesentliche Aufzeichnungen hinterlassen haben. Nur diese privaten Berichte einigermaßen vollständig erfassen zu wollen, würde ein Unternehmen von vielen Jahren darstellen.

d) Prospekte, Broschüren, Fremdenführer, Werbeschriften

In diesen größeren oder kleineren Broschüren konnten oft sehr wertvolle Hinweise in textlicher und besonders in illustrativer Hinsicht gefunden werden, ohne daß es möglich ist, alle diese Publikationen einzeln zu zitieren.

Es handelt sich vorwiegend um Veröffentlichungen folgender Art:

Prospekte und Werbeschriften der einzelnen Badehotels mit zum Teil sehr instruktiven Abbildungen über die balneotherapeutischen Einrichtungen.
Fremdenführer, Werbeschriften, Flugblätter der ehemaligen Casinogesellschaft, des Verkehrsvereins und des jetzigen Kur- und Verkehrsvereins.
Publikationen von schweizerischen Organisationen wie des Verbandes Schweizerischer Badekurorte, der Schweizerischen Gesellschaft für Balneologie und Klimatologie, der Schweizerischen Zentrale für Verkehrsförderung, der Schweizerischen Bundesbahnen usw.

e) Akten, Tabellen, graphische Darstellungen, Pläne, technische Zeichnungen

Ohne eine umfassende Bearbeitung von unveröffentlichten Akten und Darstellungen wäre die vorliegende Arbeit nicht möglich gewesen. Dies gilt vor allem in bezug auf die Thermalquellen selbst, ihre Gestaltung und ihre Ergiebigkeit. So konnte z. B. der Charakter einzelner Quellen nur auf Grund von Längsschnitten und Grundrissen beurteilt werden. Es wurden die Bestände der Archive des Kantonalen Wasserrechtsamtes in Aarau, des Stadtbauamtes in Baden und des Technischen Büros E. Schärer-Keller in Baden in weitgehendem Maße durchgearbeitet. Außerdem wurden von privater Seite noch Akten und Dokumente zur Verfügung gestellt. Es ist jedoch ausgeschlossen, alle diese Archivalien einzeln zu zitieren; über den Bereich des Materials gibt die folgende Zusammenstellung Auskunft. Zitiert werden hier nur die größeren, textlich im

Zusammenhang bearbeiteten Berichte und Gutachten, deren Autoren bekannt sind. (Siehe Abschnitt 2. Zitierte Literatur, Kapitel c). Ungedruckte Gutachten und Berichte.) Außerdem wurden aber noch folgende Bestände der genannten Archive durchgearbeitet:

Protokolle der Ergußmessungen; nicht amtliche, unvollständige von 1824—1844; amtliche, regelmäßige von 1844 bis zur Gegenwart.

Tabellen mit den Zusammenstellungen der Ergüsse, von einzelnen und von der Gesamtheit der Quellen oder einzelnen Quellengruppen, in absoluten und in prozentualen Werten.

Graphische Darstellungen der Quellenergüsse von einzelnen Quellen, Quellengruppen und der Gesamtheit der Quellen.

Graphische Darstellungen der Niederschlagsmengen und deren Einfluß auf den Quellenerguß nach Mühlberg, Peter, Hartmann, Hauri und anderen.

Geologische Karten und Profile nach Mousson, Stutz, Moesch, Mühlberg, Senftleben, z. T. unveröffentlicht. Profile durch die Limmat.

Sammelprofile durch die Quellen, Darstellungen der Fassungstiefen, Auslaufhöhen und Querschnitte.

Pläne und Grundrisse des Quellengebietes, meistens auf Grund der offiziellen Katasterpläne bearbeitet. Vor allem die wertvollen Pläne von L. Schulthess (1817), F. Leemann (1845) und E. Schärer (1920).

Grundrisse der Bädergeschosse der einzelnen Badehotels, wie sie sich vielfach in den Räumen der Hotels befinden.

Technische Zeichnungen, Längs- und Querschnitte, Grund- und Aufrisse von Bäderanlagen und Quellen, vor allem vom ehemaligen Verenabad, der Allgemeinen, Wälderhut-, Bären-Kessel-, Limmat- und Schwanen-Quelle.

2. Zitierte Literatur

a) Gedruckte Werke, nach Verfassern alphabetisch geordnet

1. *Aeppli, A. und Rikli, M.*: Die Lägern. Mit Karte, geolog. Querprofil und Abbildung. Geograph. Lex. d. Schw., Neuenburg 1905, Bd. 3, S. 25.
2. *Albrecht, F.*: Rechtsgeschichte der Bäder zu Baden im Aargau. Diss. Univ. Bern 1915.
3. *Amsler, Dr.*: Die Dampfbäder in Baden. Vhdlg. vereinigt. ärztl. Ges. d. Schw. 1, 54 (1828).
4. — Die Anwendung der Thermaldämpfe auf die innern weiblichen Genitalien. Vhdlg. vereinigt. ärztl. Ges. d. Schw. 2, 70 (1829).
5. *Amsler, A.*: Tektonik des Staffelegg-Gebietes. Eclog. Geolog. Helv. 13, 377 (1915).
6. — Der geologische Aufbau des östlichen Jura, spez. des Staffelegg-Gebietes. Mittlg. Aarg. Naturf. Ges. 14, XXXVIII (1917).
7. — Beziehungen zwischen Tektonik und tertiärer Hydrographie im östlichen Jura, genauer zwischen Jurafaltung und dem gleichzeitigen Hauptfluß-System. Eclog. Geol. Helv. 16, 511 (1922).
8. — Eisenbahnfahrt Basel-Brugg-Zürich; Strecke Frick-Brugg-Baden. Geol. Führer d. Schw. 1934, Fasc. IV, S. 269.
Wie Mühlberg und Schardt war es Amsler nie möglich, seine Ansichten über die Thermen von Baden zu verarbeiten. Sie sind hier zit. nach Senftleben (212), der eine Spezialarbeit von Amsler über das Problem der Thermen von Baden angekündigt hat, die aber nie erschienen ist, und nach den mündlichen Mitteilungen von Herrn Dr. Max Mühlberg, Aarau, dem gegenüber Amsler die Absicht kundtat, im Oktober 1921 an einer Techniker-Versammlung über die Jurathermen referieren zu wollen.
9. *Andraee*: Briefe aus der Schweiz nach Hannover geschrieben. Zürich 1763, 15. Brief, S. 70.
10. *Baccius, A.*: De Thermis. Patavia 1711, S. 127 (1. Ausgabe 1571).
11. *Bauhof*: Chemische Untersuchung des Schwefelwassers zu Schinznach. Neujahrsbl. Schwarz. Garten, Zürich 1815, S. 3.

12. *Bauhof*: Analyse der Heilquellen von Baden. Helvetischer Almanach 1816, S. 47.
13. *Bauhof* und *Opitz*: Zur Kenntnis schweizerischer Mineralquellen. Kastners Arch. f. d. gesamte Naturlehre 20, 231 (1830).
14. *Bischof*, zit. nach C. Diebold (31), S. 47.
15. *Blumer*, zit. nach W. Wydler (253).
16. *Brandenberger, E.*: Bemerkungen zur Stratigraphie der Molasse des untern Limmatales. Mittlg. Aarg. Naturf. Ges. 16, 43 (1925).
17. — Zur Stratigraphie und Tektonik der Molasse des östlichen Aargaus. Eclog. Geol. Helv. 19, 618 (1926).
18. — Zur Frage der Molasseantiklinale nördlich von Mellingen. Viertelj.schr. Naturf. Ges. Zürich 71, 102 (1926).
19. — Aquitane Nagelfluh südlich der Lägern. Mittlg. Aarg. Naturf. Ges. 16, 43 (1923).
20. *Bronner, F. X.*: Der Kanton Aargau, historisch, geographisch, statistisch geschildert. St. Gallen und Bern 1844, Bd. 1, S. 205.
21. *Büchel, H.*: Über die Nachbehandlung von Unfallverletzungen in der Bäderheilstätte zum „Schiff“ der Schweiz. Unfall-Versicherungs-Anstalt in Baden. Diss. Univ. Zürich 1935.
22. *Buser, Dr.*: Rechtliches über die Thermalquellen in Baden und Ennetbaden und ihr staatlicher Schutz. Schw. Jurist.-Ztg. 37, 161 (1940).
23. *Cadisch, J.*: Zur Geologie der schweizerischen Mineral- und Thermalquellen. Verhdlg. Naturf. Ges. Basel 42, 138 (1931).
24. — Geologie der Schweizer Mineral- und Heilquellen. Mittlg. a. d. Gebiet d. Lebensmitteluntersuchung und Hygiene 27, 216 (1936).
25. — Geologie der Schweizer Mineral- und Heilquellen in Bäderbuch (267), S. 21.
26. — Geologische Charakteristik der schweizerischen Mineral- und Heilquellen in (267), S. 49.
27. *Castella, Dr.*: Memoire sur les effets curatifs des eaux thermales de Baden. Act. soc. Hélv. sc. nat. à Fribourg 24, 125 (1840).
28. *Chatin, Prof.*, zit. nach Müller (157), S. 20.
29. *Coryat, Th.*: Crudities. Hastely gobled up in five Moneths travells in France, Savoy, Italy, Rhetia, commonly called the Grisons country, Helvetia alis Switzerland, some parts of high Germany and the Netherlands, 1608. Glasgow 1905, 2. Bd., S. 136.
30. *Daubrée, A.*: Les eaux souterraines. Paris 1887, S. 168.
31. *Diebold, C.*: Der Kurort Baden in der Schweiz. Winterthur 1861.
32. *Diebold, F.*: Das Thermalwasser zu Baden in Hinsicht auf seine Anwendung bei den Erkrankungen der obern Luftwege. Aarau 1905.
33. — Über die Inhalationstherapie und das neue Waßmuth'sche Inhalatorium in Baden. Annal. Schw. Ges. Baln. Klimat. 8, 74 (1912).
34. — Die Katarrhe der Atmungsorgane und ihre Heilung durch die Kurmittel Badens. Baden 1914.
35. *Dorer, F. S.*: Wirkungen des natürlich warmen Mineral-Bades zu Baden im Kanton Aargau. Baden 1806.
36. — Beobachtungen der Badkuren der Armen im Verenabad zu Baden in den Jahren 1805 und 1806. Baden 1806.
37. *Ebel, J. G.*: Anleitung, auf die nützlichste und genußvollste Art die Schweiz zu bereisen. Zürich 1809, 3. Aufl., 2. Bd., S. 164.
38. — Über den Ursprung und den Erhitzungsherd der Heilquellen zu Baden. Zürich 1817.
39. — Über den Ursprung und den Erhitzungsherd der Heilquellen zu Baden in Hess (88), S. 519.
40. *Escher, A. v. d. Linth* und *Culamm, C.*: Gutachten über die Thermalquellen-Verhältnisse zu Baden und Ennetbaden und über die Fassung der im Limmatbette ausfließenden Thermen. 23. Juni 1858.
41. *Escher, A. v. d. Linth* und *Stadler, F.*: Expertengutachten über die Thermen von Baden. 21. März 1845, zit. nach Mousson (146), S. 10.

42. *Escher, A. v. d. Linth*: Escher befaßte sich oft mit den Thermen von Baden, doch hat er keine eingehende Darstellung darüber veröffentlicht. Escher war der Meinung, die Thermen hätten ihr Einzugsgebiet in den Alpen. Er hat seine Theorie seinem Schüler A. Heim überliefert.
43. *Escher, G.*: Die Mineralquellen der Schweiz. Neujahrsbl. Naturf. Ges. Zürich 57, (1855).
44. *Fontan, Dr.*: Résumé d'une notice sur l'eau thermale de Bade en Suisse. Act. soc. Hélv. sc. nat. à Fribourg 24, 241 (1840).
45. *Fricker, B.*: Illustrierter Fremdenführer für die Stadt und Bäder zu Baden in der Schweiz. Baden 1874.
46. — Baden in der Schweiz. Europäische Wanderbilder. Zürich 1880.
47. — Geschichte der Stadt und Bäder zu Baden. Aarau 1880.
48. — Anthologia ex Thermis Badensibus. Aarau 1883.
49. — Wegweiser zu den Heilquellen und Kurorten der Schweiz. Zürich 1895.
50. *Gessner, C.*: De balneis omnia quae exstant... Venedig 1553. Die Stelle über Baden abgedruckt in Fricker (48), S. 33.
51. — Beobachtungen über das Bad zu Baden. Mitgeteilt durch J. J. Scheuchzer in seiner Hydrographia Helvetiae. Zürich 1716, S. 402, 406. Abgedruckt in Fricker (48), S. 39.
52. — Briefe
 - a) an Crato von Krafftheim. Epist. medicin. Zürich 1577, lib. I, S. 18.
 - b) an Achilles Pirmin Gasser. Epist. medicin. Zürich 1577, lib. I, S. 23.
 - c) an Taddaeus Dunus. Epist. medicin. Zürich 1577, lib. III, S. 88.
 - d) an Theodor Zwinger. Epist. medicin. Zürich 1577, lib. III, S. 106.
53. *Gimbernat, C.*: Über die Auffindung von natürlichem Glaubersalz in den Gipsbrüchen von Mülligen. Über den aus den Quellen von Baden im Aargau durch das Gas abgesetzten Schwefel. Über die in den Leitungen gesammelte organische Materie. Über ein Modell für die Dampfbäder in Baden. Verhdlg. Schw. Naturf. Ges. in Solothurn 9, 34 (1825).
54. — Pièces relatives à l'enseignement des bains gazeux aux thermes de Baden en Suisse. Aarau 1824.
55. *Glarner, P. und Zschokke, L.*: Aus Bad Schinznachs Vergangenheit. Aarau 1944.
56. *Glueckherr, F. F.*: Observations medicae de Thermis Badensibus. Argent. 1780. Dieses Werk war nicht auffindbar.
57. *Gockel, A.*: Über die in Thermalquellen enthaltene radioaktive Emanation. Physikal. Zschr. 5, 594 (1905).
58. — Über die Radioaktivität einiger schweiz. Heilquellen. Chem. Ztg. 29, 308, 1201 (1905).
59. *Gsell-Fels, Th.*: Die Bäder und klimatischen Kurorte der Schweiz. Zürich 1894, 3. Aufl., S. 421.
60. *Gundelfinger, H.*: De thermis Helveticis. Mitgeteilt von Gessner (50), abgedruckt in Fricker (48), S. 22.
61. *Haberbosch, P.*: Der Baugrund des Burghaldenschulhauses in Baden. Bad. Neujahrsbl. 5, 27 (1929).
62. — Die Abhängigkeit der Oberflächenformen bei Baden vom geologischen Untergrund. Bad. Neujahrsbl. 9, 44 (1933).
63. — Vom Lägerknopf. Bad. Neujahrsbl. 13, 21 (1937).
64. — Ein römischer Steinbruch bei Würenlos. Bad. Neujahrsbl. 14, 57 (1938).
65. — Geologisches aus dem Bereich der neuen Exkursionskarte des Kur- und Verkehrsvereins. Bad. Neujahrsbl. 15, 36 (1939).
66. — Baden und Umgebung. Ein geologisches Skizzenbuch. Bad. Kalender 291, 79 (1943).
67. — Die Herkunft der Badener Thermen. Bad. Tagbl. 96, No. 7, 9. Jan., No. 13, 16. Jan. (1943).
68. — Von einer seltsamen Mineralquelle. Bad. Neujahrsbl. 19, 89 (1944).
69. — Altes und Neues von der Badener Therme. Bad. Neujahrsbl. 20, 33 (1945).

70. *Haller, A.*, zit. nach *Haberbosch* (69), S. 42.
71. *Harder, W.*: Über die Grundwasserverhältnisse des untern Limmattaales. *Bad. Neujahrsbl.* 15, 19 (1939).
72. *Hartmann, A.*: Herkunft und Chemismus der Thermen von Baden und Schinznach. *Schw. Wchschr. Chem. Pharm.* 47, 3, 17 (1909).
73. — Chemische und geologische Verhältnisse der Quellen von Lostorf. *Mittlg. Aarg. Naturf. Ges.* 14, 52 (1917).
74. — Die Thermalquelle von Schinznach. *Vhdlg. Schw. Naturf. Ges. in Aarau* 106, II, 52 (1925).
75. — Die Mineral- und Heilquellen des Kantons Aargau. *Mittlg. Aarg. Naturf. Ges.* 17, 255 (1925).
76. — Quellen im Quertal von Schinznach am Fuße des Wannenhübels. *Mittlg. Aarg. Naturf. Ges.* 18, 71 (1928).
77. — Neue Untersuchungen an der Therme von Schinznach. *Mittlg. Aarg. Naturf. Ges.* 19, 153 (1932).
78. — Zur Kenntnis der Thermen von Baden. *Mittlg. Aarg. Naturf. Ges.* 20, 112 (1937).
79. — *Natur und Herkunft der Therme von Baden.* *Bad. Neujahrsbl.* 18, 3 (1943).
80. — *Natur und Herkunft der Therme von Baden.* *Mittlg. Aarg. Naturf. Ges.* 21, 1 (1943).
81. — Alte und neueste Untersuchungen an der Schwanenquelle. *Mittlg. Aarg. Naturf. Ges.* 21, 26 (1943).
82. — *Natur und Entstehung der Therme von Baden.* *Annal. Schw. Ges. Baln. Klimat.* 36, 72 (1943).
83. — *Vulkanische Erscheinungen an schweizerischen Mineralquellen.* *Leben und Umwelt* 1, No. 1, 12 (1944).
84. *Heim, A.*: *Projet d'unification des procédés graphiques dans les cartes géologiques.* *Cte. rend. Congrès géol. int. Bologne* 1881.
85. — *Vortrag, gehalten 1884 in Zürich, zit. nach F. P. Treadwell* (229), S. 2.
86. — *Geologie der Schweiz.* Leipzig 1919, 1. Bd., S. 700.
87. — *Die Therme von Pfäfers.* *Viertelj.schr. Naturf. Ges. Zürich* 73, 65 (1928).
88. *Hess, D.*: *Die Badenfahrt.* Zürich 1818.
89. *Heyfelder*: *Notizen über einige Bäder in der Schweiz.* *Journ. prakt. Heilkunde von Hufeland und Osann* 82, No. 4, 72 (1836).
90. *Hirzel, H.*: *Eugenias Briefe.* Zürich 1811, 1. Bd., S. 29.
91. *Hottinger, S.*: *Thermae Argovia Badenses.* Baden 1702.
92. *Hug, J.*: *Die Grundwasservorkommnisse der Schweiz.* *Annal. Schw. Landeshydrographie* 3 (1918).
93. — zit. nach *Peter* (303), S. 5.
94. *Hüttenschmid*, zit. nach *Ruesch* (190), 2. Teil, S. 49.
95. *Irniger*, zit. nach *Hess* (88), S. 75.
96. *Keller, F.*: *Ein Ausflug nach dem Lägernberg.* *Neujahrsbl. Naturf. Ges. Zürich* 38, (1837).
97. *Kottmann, J. K.*: *Über die warmen Quellen zu Baden im Aargau oder die Trink- und Badekuren daselbst.* Aarau 1826.
98. — *Nachtrag zu seiner Schrift.* *Verhdlg. Schw. Naturf. Ges. in Basel* 22, 128 (1838).
99. — *Über die warmen Quellen zu Baden etc.* Aarau 1842, 2. mit einem Nachtrag vermehrte Aufl.
100. *Krafft, H. U.*: *Reisen und Gefangenschaft, 1573.* Abgedruckt in *Fricker* (48), S. 44.
101. *Laué, F.*, zit. nach *Minnich* (137), S. 14.
102. *Leemann, F.*: *Plan von den Thermalquellen, Wasserleitungen und Bädern zu Baden im Aargau,* 1:500, 1844/45.
103. *Loriol, P.*: *Monographie paléontologique des couches de la zone à Ammonites tenuilobatus (Badener Schichten) de Baden (Argovie).* *Mém. soc. paléont. Suisse* 3, 1 (1876), 4, 33 (1877), 5, 77 (1878).
104. *Löwig, C.*: *Die Mineralquellen von Baden im Canton Aargau in chemisch-physikalischer Beziehung.* Zürich 1837.

105. *Lüscher, G.*: Die Rechtsverhältnisse und einige Wesenseigentümlichkeiten und Herkunft der Thermalquellen in Baden. Aarau 1942.
106. — Expertenbericht betreffend die Ausräumungs- und Bohrungsarbeiten an der Schwanenquelle in Ennetbaden. Aarau 1943.
107. — Über die Herkunft und den Weg des Wassers der Thermen von Baden und dessen Erwärmungsursachen auf seiner Reise von den Alpen nach Baden. Aarau 1945.
108. — Die Thermen von Baden und die Mineral- und Heilquellen der Schweiz nach der neuen Erkenntnis der Atomphysik bearbeitet. Aarau 1946.
109. *Lutz*: Versuche einer näheren Bestimmung des Gebrauches der schweizerischen Heilquellen gegen Gicht und Gichtkrankheiten. Verhdlg. vereinigt. ärztl. Ges. d. Schweiz 2, 81 (1829).
110. *Malten, H.*: Beschreibung aller berühmten Bäder in der Schweiz. Aarau 1830, S. 31.
111. *Markwalder, E.*: Über die Kurmittel in der Badeanstalt Freihof. Jahresber. Freihof 1906.
112. — Über die Nachbehandlung von Schulterversteifungen in den Thermen von Baden. Annal. Schw. Ges. Baln. Klimat. 8, 85 (1911).
113. — Arthritis deformans und Bäderbehandlung. Zschr. Schw. Unfallmedizin, No. 10 (1928).
114. — Über die notwendige Kurdauer in Baden. Schw. Med. Wschr. 15, 124 (1934).
115. — Wie sollen wir baden? Jahresber. Freihof 1934.
116. — Die Trinkkur. Jahresber. Freihof 1937.
117. — Die Amputiertenschule der Bäderheilstätte der SUVA zum „Schiff“. Jahresber. SUVA 1937.
118. — Über die Wirkung und Anwendung der Duschen in den Thermen von Baden. Jahresber. Freihof 1938.
119. — Neue Anschauungen über das Wesen und die Bedeutung des Rheumatismus. Jahresber. Freihof 1940.
120. — Über die Ischias und ihre Behandlung in den Thermen von Baden. Jahresber. Freihof 1942.
121. — Über Sprudelbäder. Jahresber. Freihof 1945.
122. *Markwalder, J.*: Zur Frage der Schwefelwirkung. Schw. Med. Wschr. 3, 1077 (1922).
123. — Zur Kenntnis der Therme von Baden I. Schw. Med. Wschr. 5, 397 (1924).
124. — Zur Kenntnis der Therme von Baden II. Schw. Med. Wschr. 6, 1053 (1925).
125. *Maurer, H. R.*: Beytrag zur Topographie von Ober-Baden. Helvet. Kal. 6, 25 (1786).
126. — Lokalbeschreibung des Heilbads zu Baden in der Schweiz. Rahns Arch. gemeinnützig. phys. u. med. Kenntn. 3, 2. Abtlg., 65 (1791).
127. — Kleine Reisen im Schweizerland. Zürich 1794.
128. *Mercier, H.*: Die Badenfahrten. Lausanne 1923.
129. *Merian, P.*: Über das Vorkommen von Insektenarten im Lias bei Baden. Basel 1849/50.
130. — Über die gegenseitigen Beziehungen der warmen Heilquellen zu Baden im Kanton Aargau. Ber. Vhdlg. Naturf. Ges. Basel, 10. Aug. 1850—Juni 1852.
131. *Merveilleux, D. F.*: Amusements des bains de Bade en Suisse. London 1739.
132. *Meyer, G. A.*, zit. nach Glarner (55), S. 127.
133. *Meyer, O. E.*: Katzenssee-Lägern-Baden. Zürich 1920.
134. *Meyer-Ahrens, C.*: Die Heilquellen und Kurorte der Schweiz. 1. Auflage Zürich 1860, 2 Bde. 2. Auflage Zürich 1867, S. 664.
135. *Meyer-Hartmann, W.*: Die Kur in Baden bei Zürich. Baden 1937.
136. *Minnich, J. A.*: Baden in der Schweiz und seine warmen Heil-Quellen, in medizinischer, naturhistorischer und geschichtlicher Hinsicht. Zürich 1844.
137. — Baden in der Schweiz und seine warmen Heil-Quellen, in medizinischer, naturhistorischer und geschichtlicher Hinsicht. 2., vollständig umgearbeitete Aufl., Baden 1871.
138. *Monnerat, M. A.*: Quelques mots sur les eaux d'Aix en Savoie et de Bade en Argovie. Echo méd. Neuchâtel 1, 134 (1857).

139. *Montaigne, M.*: Journal du voyage en Italie par la Suisse et l'Allemagne en 1580 et 1581. Rome et Paris 1774. Der Baden betreffende Teil abgedruckt bei Fricker (48), S. 47.
140. *Morell, C. F.*: Chemische Untersuchung einiger der bekannten und besuchteren Gesundbrunnen und Bäder der Schweiz. Bern 1788, S. 206.
141. *Mösch, C.*: Das Flötzgebirge im Kanton Aargau. Neue Denkschr. d. Allg. Schw. Naturf. Ges. 15, 10. Bogen, 1 (1857).
142. — Geologische Beschreibung des Aargauer Jura und der nördlichen Gebiete des Kantons Zürich. Beitr. geol. Karte d. Schw., 4. Lief. 1867.
143. — Der südliche Aargauer Jura und seine Umgebungen. Beitr. geol. Karte d. Schw., 10. Lief. 1874.
144. — Geolog. Beschreibung der Umgebung von Brugg. Neujaersbl. Naturf. Ges. Zürich 1867.
145. *Mousson, A.*: Geologische Skizze der Umgebungen von Baden. Zürich 1840.
146. — Über die Wasserverhältnisse der Quellen von Baden im Aargau. Mittlg. Naturf. Ges. Zürich, No. 21 (1848).
147. *Mühlberg, F.*: Überschiebungen und Überschiebungsklappen im Jura und speziell am Lägern. Eclog. Geol. Helv. 3, 477 (1898).
148. — Bericht über die Exkursion d. Schw. Geol. Ges. in das Grenzgebiet zwischen dem Ketten- und dem Tafeljura, in das aargauische Quartär und an die Lägern. Eclog. Geol. Helv. 7, 154 (1902).
149. — Erläuterungen zur geologischen Karte der Lägern. Eclog. Geol. Helv. 7, 246 (1902).
150. — Die geologischen Verhältnisse der Thermen von Baden. Vortrag, gehalten an der Jahresvers. der Aarg. Naturf. Ges. in Baden am 15. Juni 1902. Résumé Bad. Tagbl. 54, No. 140, 19. Juni 1902.
151. — Die geologischen Verhältnisse der Thermen von Baden. Vortrag, gehalten an der Jahresvers. der Aarg. Naturf. Ges. in Baden am 15. Juni 1902. Résumé Mittlg. Aarg. Naturf. Ges. 10, XXVIII (1905).
152. — Erläuterungen zur geologischen Karte des unteren Aare-, Reuß- und Limmattals. Eclog. Geol. Helv. 8, 487 (1905).
153. — Beobachtungen bei der Neufassung der Limmatquelle zu Baden und über die dortigen Thermen im allgemeinen. Eclog. Geol. Helv. 9, 56 (1906).
154. — Beobachtungen bei der Neufassung der Limmatquelle zu Baden. Mittlg. Aarg. Naturf. Ges. 11, XX (1909).
Es war F. Mühlberg nicht gegönnt, seine Forschungen über die Thermen von Baden in einer zusammenfassenden Arbeit zu veröffentlichen. Ein umfangreicher handschriftlicher Nachlaß befindet sich im Besitz von Herrn Dr. Max Mühlberg, Aarau, der ihn freundlicherweise zur Durchsicht zur Verfügung gestellt hat.
155. *Mühlberg, M.*: Temperaturmessungen in der Bohrung Tuggen in der Linthebene und einige andere Befunde in der Schweiz. Eclog. Geol. Helv. 36, 17 (1943).
156. *Müller, Chr.*: Bericht über die Mineralwasseranalyse von Baden. Verhdlg. Schweiz. Naturf. Ges. in Solothurn 53, 75 (1869).
157. — Chemisch-physikalische Beschreibung der Thermen von Baden. Baden 1870.
158. — Die Badener Thermen im Kanton Aargau. Schw. Wschr. Chem. Pharm. 8, 139 (1870).
159. *Münzel, F. X.*: Das Badener Kurwasser. Herausgegeben vom Kur- und Verkehrsverein 1938.
160. *Münzel, K.*: Das Verenabad zu Baden. Neujaersbl. Apotheke Münzel 9 (1937).
161. *Münzel, U.*: Der Hinterhof zu Baden. Neujaersbl. Apotheke Münzel 18, (1946).
162. *Muralt, J.*: Sur les mauvais effets des eaux de Bade. Collect. académ. 7, 642 (1766).
163. *Niellispach, J.*: Die Badener Thermen und die Anstalt Freihof. Jahresber. Freihof 1931.
164. — Welche in und außer dem Körper liegenden Verhältnisse wirken beim Zustandekommen des akuten und subakuten Gelenkrheumatismus ursächlich mit? Jahresber. Freihof 1933.

165. *Nietlisbach, J.*: Neubau und Umbau in der Anstalt Freihof. Jahresber. Freihof 1935.
166. — Die Badener Kurmittel. Jahresber. Freihof 1937.
167. — Badens Heilquellen, Kurmittel und Indikationen. Jahresber. Freihof 1941.
168. *Notz, R.*: Geologische Untersuchungen an der östlichen Lägern. Diss. Univ. Zürich 1924.
169. *Opitz und Schneebli*, zit. nach Ruesch (190), 2. Teil, S. 40.
170. *Oppliger, F.*: Die Juraspongien von Baden. Diss. Univ. Zürich 1897.
171. — Dislokationen und Erosionen im Limmattal. Jahresber. Seminar Wettingen 1890/91.
172. — Ein Schwamm lager in den Kalkschichten von Baden. Jahresber. Seminar Wettingen 1894/95.
173. *Pantaleon, H.*: Wahrhaftige und fleißige Beschreibung der uralten Stadt und Grafschaft Baden. Basel 1578.
174. *Pfluger*: Über die Mineralquellen zu Baden in der Schweiz. Kastners Arch. f. d. ges. Naturlehre 14, 384 (1828).
175. — Über die Mineralquellen zu Baden in der Schweiz. Kastners Arch. f. d. ges. Naturlehre 20, 332 (1834).
176. *Phries, L.*: Tractat der Wildbäder. Straßburg 1519, 4. Kapitel.
177. *Poggio, G. F.*: Brief an Niccolo Nicoli, 1417. Abgedruckt in zahlreichen Werken, Periodica und Separatdrucken über Baden, ferner bei Fricker (48), S. 1.
178. *Raschle, H.*: Die rechtlichen Verhältnisse der Badener Thermen. Bad. Tagbl. 82, Mittwoch 2. Juni (1920).
179. *Rengger, A.*: Denkschrift der Allg. Schweiz. Gesellschaft f. d. gesamten Naturwissenschaften 1829, S. 173.
180. *Röthlisberger, P.*: Zum Studium der kohlen säurehaltigen Chlornatrium-Schwefelthermen von Baden. Zschr. diät. physikal. Therapie 5, 658 (1901/02).
181. — Zum Studium der kohlen säurehaltigen Chlornatrium-Schwefelthermen von Baden. Arch. general. Hydrolog., Climat., Hydrotherap., April/August (1903).
182. — Zum Studium der kohlen säurehaltigen Chlornatrium-Schwefelthermen von Baden. On sulphur bath. Journ. Baln. Climat., Januar (1904).
183. — Zum Studium der kohlen säurehaltigen Chlornatrium-Schwefelthermen von Baden. Annal. Schw. Ges. Baln. Climat. 1, 16 (1905).
184. — Einige Betrachtungen über die Natur und den Thermalkurerfolg sämtlicher im Verlauf der Saison 1903 von mir behandelter und nachbehandelter Ischiasfällen. Arch. physik. diät. Therapie i. d. ärztl. Praxis 7, No. 2, 15. Febr. (1905).
185. — Neue Gesichtspunkte über das Wesen und die Behandlung der Gicht. Archiv Verdauungskrankheiten 12, 223 (1905).
186. — Über die Bedeutung des Badener Thermalwassers bei der Gicht. Annal. Schw. Ges. Baln. Climat. 2, 43 (1906).
187. — Upon the therapeutic properties of the waters of Baden in the treatment of gout. Journ. Baln. Climat. Oktober (1906).
188. — Sur la valeur thérapeutique des eaux de Baden dans le traitement de la goutte. Umgearbeiteter Separatdruck, Baden, Jahr ?
189. — Baden bei Zürich. Zschr. Baln. Climat. Kurorthygiene 1, 235 (1908).
190. *Ruesch, G.*: Anleitung zu dem richtigen Gebrauch der Bade- und Trinkkuren überhaupt mit besonderer Berücksichtigung der schweizerischen Mineralwasser und Badeanstalten. 1. Teil: Allgemeiner Teil, Ebnat 1825. 2. Teil: Spezieller Teil, Ebnat 1826, S. 32. 3. Teil: Supplement, Bern und Chur 1832, S. 72.
191. — Baden im Aargau, historisch, topographisch, medizinisch beschrieben. St. Gallen 1842.
192. — Wirkungen der Heilquellen zu Baden im Aargau. St. Gallen 1845.
193. *Schardt, H. und Suter, H.*: Geologie der Lägernkette und Umgebung. Führer durch den Bezirk Dielsdorf. Kilchberg 1931, S. 7.
Prof. Dr. H. Schardt äußerte sich nur mündlich über die Entstehung der Thermen von Baden, in Vorträgen, Vorlesungen und Mitteilungen an seine Schüler, z. B. G. Senftleben (212).

Über die Erklärung der thermischen Konvektion vgl. Rapport sur les venues d'eau rencontrées dans le tunnel du Simplon, Lausanne 1902.

Rapport supplémentaire, Lausanne 1903.

Über die Mineralquellen der Schweiz im allgemeinen äußerte sich Schardt im Kapitel „Quellenkunde“ des Buches „Die Bäder und Kurorte der Schweiz“. Aarau 1910.

194. *Schärer, E.*: Plan von den Thermalquellen, Wasserleitungen und Bädern zu Baden im Aargau, 1: 500, 1919/20.
195. *Scheuchzer, J. J.*: Das Bad zu Baden. Thermae Badenses. Hydrographia Helvetica. 2. Teil der Naturhistorie des Schweizerlandes. Zürich 1717, S. 387.
196. — *Otia aestivalia circa Thermae Badenses Helvet.* Act. physico-medica Acad. Caesar. Leopold. Carolin. naturae curiosum. Appendix 2, 41 (1730).
197. — *De salis Badensis Thermalis effectu.* Act. phys. med. Acad. Leop. 3, 12 (1733).
198. — Vernunftgemäße Untersuchung des Bads zu Baden. Zürich 1732.
199. *Schlagdenhauffen*, zit. nach Wagner (238).
200. *Schlatter, Dr.*: Bericht über die Mineralwasseranalyse von Baden. Vhdlg. Schw. Naturf. Ges. in St. Gallen 14, 67 (1830).
201. *Schmid, H.*: Die Lägern und ihre Umgebung als Wanderziel. Regensberg 1897.
202. *Schmid und Widerkehr*: Kurze Anleitung über den Gebrauch der Heil-Bäder zu Baden in der Schweiz und über ihre vortrefflichen Wirkungen in vielen menschlichen Leiden. Baden 1830.
203. *Schneebli, Dr.*, zit. nach Neujahrsbl. Schw. Garten (271, 272).
204. *Schulthess, L.*: Grundriß sämtlicher Quellen, Leitungen, Bäder und Gasthöfe zu Baden. 1817.
205. *Schulthess, W.*: Actes Helvétiennes 1830, S. 88. Diese Zeitschrift konnte nicht auffindig gemacht werden. Zit. nach Ruesch (191), S. 40.
206. *Schweitzer, A.*: Sur la radioactivité des sources minérales de la Suisse. Arch. sc. phys. nat. 22, 256 (1909).
207. — Sur la radioactivité des sources minérales de la Suisse. Arch. sc. phys. nat. 30, 46 (1910).
208. — Die Radioaktivität der Heilquellen in Baden. Schw. Rsch. Med. 1912, 537.
209. — Über die Radioaktivität der Heilquellen mit besonderer Berücksichtigung der Quellen der Schweiz. Annal. Schw. Ges. Baln. Klimat. 8, 66 (1912).
210. — Über die Radioaktivität der Heilquellen der Schweiz. Annal. Schw. Ges. Baln. Klimat. 11/12, 1 (1916).
211. *Schweizer J. J.*: Die Badekur in Aargauisch-Baden mit ihren Vor- und Nachwehen. Burgdorf 1834.
212. *Senfleben, G.*: Beiträge zur geologischen Erkenntnis der Westlägern und ihrer Umgebung. Diss. Univ. Zürich 1923.
213. — Erläuterungen zur geologischen Karte der Westlägern und ihrer Umgebung. Männedorf 1924.
214. *Sommer E.*: Beiträge zur Kenntnis der Radioaktivität und ihrer therapeutischen Wirkungen, mit besonderer Berücksichtigung der schweizerischen Heilquellen. Annal. Schw. Ges. Baln. Klimat. 4, 36 (1908).
215. *Spiro, K.*: Grundsätzliches zur Balneologie. Schw. Med. Wschr. 6, 1021 (1925).
216. *Staub, R.*: Der Bau der Alpen. Profil B 2 in Beitr. Geol. Karte d. Schw. N. F., 52. Lief. 1924.
217. *Studer, B.*: Geologie der Schweiz. Zürich 1853, 2. Bd., S. 269.
218. *Stutz, U.*: Über die Lägern. Neujahrsbl. Naturf. Ges. Zürich 66, (1864).
219. *Sury, J.*: Über die Radioaktivität einiger schweizerischen Mineralquellen. Diss. Fribourg 1906.
220. — Über die Radioaktivität einiger schweizerischen Mineralquellen. Mittlg. Naturf. Ges. Fribourg 2, 169 (1907).
221. — Referat über seine Dissertation. Arch. sc. phys. nat. 23, 101 (1907).
222. *Suter, H.*: Geologischer Führer der Schweiz. Fasc. XII, Exkursionen, No. 71, 867 (1934).

223. *Suter, H.*: Geologie von Zürich einschließlich seines Exkursionsgebietes. Führer durch Zürich und Umgebung III, Zürich 1939, S. 28.
224. — Glazialgeologische Studien im Gebiet zwischen Limmat, Glatt und Rhein. *Eclog. Geolog. Helv.* **37**, 83 (1944).
225. *Sytz, A.*: Menschlichen Lebens Art und Ursprung und wie man das befristen soll durch die Wildbäder zu Oberbaden. Basel 1516.
226. — Menschlichen Lebens Art und Ursprung und wie man das befristen soll durch die Wildbäder zu Oberbaden. 2. Auflage, Zürich 1576.
227. *Tacitus, C.*: Historien, 5. Buch, 26. Kapitel. Die Stelle über Baden abgedruckt in: Howald-Meyer, Die römische Schweiz. Texte und Inschriften mit Übersetzung. Zürich 1940, S. 87.
228. *Thury, Prof.* und *Minnich*, zit. nach Sury (219).
229. *Treadwell, F. P.*: Chemische Untersuchung der Schwefeltherme von Baden. Aarau 1900.
230. — Bestimmung der frei aus dem Badener Thermalwasser aufsteigenden Kohlensäure. Lehrbuch der analytischen Chemie. Leipzig und Wien 1930, 11. Aufl., 2. Bd., S. 638.
231. *Wagner, J. J.*: Historia naturalis Helvetiae curiosa. Zürich 1680, S. 88, 115, 389.
232. *Wagner, M.*: Die Behandlung der Frauenkrankheiten durch die Therme von Baden. Baden 1873.
233. — Über die Lithionsalze hauptsächlich in Berücksichtigung ihrer Wirkung gegen die Gicht. *Korrbl. Schw. Ärzte* **3**, 39, 59 (1873).
234. — Baden im Aargau im Winter. *Korrbl. Schw. Ärzte* **4**, 74 (1874).
235. — Kritische Besprechung der Krankheiten, die in den Thermen von Baden im Kanton Aargau zur Heilung kommen. *Korrbl. Schw. Ärzte* **4**, 326, 363 (1874).
236. — Inhalationstherapie in Baden. *Korrbl. Schw. Ärzte* **6**, 239 (1876).
237. — Ist der akute Gelenkrheumatismus zu den fieberhaften Infektionskrankheiten zu zählen? Aarau 1879.
238. — Neuere Untersuchungen in bezug auf die Thermen von Baden und deren Quellenprodukte. *Korrbl. Schw. Ärzte* **13**, 347 (1883).
239. — Untersuchungen über die Resorption der Calciumsalze und über die Abstammung der freien Salzsäure im Magensaft, nebst einigen Erörterungen über die Probleme der Rachitis. Zürich 1883.
240. — Baden in der Schweiz als Terrainkurort. *Korrbl. Schw. Ärzte* **16**, 127 (1886).
241. — Baden in der Schweiz als Terrainkurort. Mit 1 Exkursionskarte und 4 graphischen Tafeln zur Illustration der Steigungsverhältnisse der Kurwege. Baden 1886.
242. *Waldheim, H.*: Reisebuch 1574. Die Baden betreffende Stelle abgedruckt in *Fricker* (48), S. 15.
243. *Weber, F. A.*, zit. nach Haller, Bibliothek der Schweizer Geschichte. Bern 1785, 1. Bd., S. 456, No. 1505.
244. *Weber, Joseph*: Vom Brunnengeist der Thermalquellen von Baden. *Bad. Neujahrsbl.* **4**, 12 (1928).
245. — Die Therme von Baden. *Schw. Med. Wschr.* **13**, 646 (1928).
246. — Altes und Neues von der Therme von Baden. *Annal. Schw. Ges. Baln. Klimat.* **23**, 37 (1928).
247. — Der Kurort Baden, seine Heilquellen und seine Umgebung. Baden 1930.
248. — Ein zentrales therapeutisches Institut in Baden. *Bad. Neujahrsbl.* **13**, 53 (1937).
249. *Weber, Julius*: Geologische Wanderungen durch die Schweiz. Clubführer SAC., 1911, 1. Bd.
250. *Wehrli, J.*: Das öffentliche Medizinalwesen der Stadt Baden im Aargau von der Gründung des Spitals 1349—1798. Aarau, Jahrzahl fehlt.
251. *Weithofer, K. A.*: Zur Geologie und Entstehung der Schwefelquellen. *Berg- u. Hüttenmännische Monatsh.* **86**, 89 (1938).
252. *Wetzler, J. E.*: Über Gesundbrunnen und Heilbäder. Mainz 1822, 2. Aufl., 2. Teil, S. 3.
253. *Wydler, W.*: Zur Kenntnis des Schlammes der Badener Thermalquellen. *Schw. Med. Wschr.* **10**, 714 (1934).

254. *Wydler, W.*: Der Kohlensäuregehalt der Badener Thermal-Quellen. Schw. Med. Wschr. 13, 695 (1937).
255. *Zehnder, Dr.*: Bericht über die Badarmenanstalt in Baden vom Jahre 1885. Korrbf. Schw. Ärzte 17, 124 (1887).
256. *Ziegler*: Untersuchungen über die Heilquellen in Baden. Vhdlg. Schw. Naturf. Ges. in Aarau 20, 37 (1836).
257. *Zschokke, H.*: Topographisch-statistische Beschreibung des Cantons Aargau. Helv. Almanach 1816, S. 46.
258. *Zürcher, M.*, zit. nach *Wydler* (253).
259. — zit. nach *Wydler* (254).

b) Gedruckte anonyme Werke und Periodica

260. Kurze und eigentliche Beschreibung des Ursprungs, Kraft, Nutzbarkeit und Gebrauchs des edlen, weit berühmten, warmen Bads zu Baden im Aargau in der löblichen Eidgenossenschaft. 1. Auflage Baden 1619, 2. Auflage Baden 1683, 3. Auflage Baden 1730.
261. Kurze Beschreibung von der Bequemlichkeit und Lage des warmen Heilbads zu Baden im Aargau nebst einer Sammlung merkwürdiger Kuren, die in selbem eine zeither geschehen. Baden 1787.
262. Instruktion und Aufstellung einer Medizinal Bad-Armen Inspektion nebst einem Zusatz über die Bad-Almosenpflege. 1805.
263. Reglement betreffend Aufnahme, Unterhalt, Besorgung und Entlassung kranker Armen, welche die Bäder zu Baden gebrauchen. 1810.
264. Dekret betreffend das Suchen, Graben usw. nach Heilwasser in den Bädern zu Baden und in Ennetbaden. 7. Nov. 1844.
265. Dekret betreffend die Sicherung der bestehenden Heilquellen und das Graben nach solchen in Baden und Ennetbaden. 12. Jan. 1869.
266. Die Kurorte der Schweiz. Schweizerisches Bäderbuch. Herausgegeben im Auftrag der Schw. Ges. Baln. Klimat. unter dem Patronat der Schweiz. Verkehrszentrale. Zürich 1930, 4. Auflage.
267. Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz. Herausgegeben vom Schw. Verein analyt. Chemiker, dem Eidg. Gesundheitsamt und der Schw. Ges. Baln. Klimat. Bern 1937.
268. Rechnungsbericht über die Verwendung der Beisteuern für die badenden Armen. Später: Bericht der Armenbad-Kommission in Baden über die Armenbad-Anstalt daselbst. Jetzt: Jahresberichte der Badanstalt Freihof Baden. 1808 ff. Diese Jahresberichte geben unter anderem auch Aufschlüsse über die Zahl der jährlich verabreichten Kurmittel (Bäder, Duschen usw.).
Neujahrsblätter der Gesellschaft zum Schwarzen Garten in Zürich:
269. 1808: Beschreibung der Heilbäder zu Baden im Kanton Aargau.
270. 1809: Fortsetzung der Beschreibung.
271. 1827: Über die Dampf- und Qualmbäder zu Baden im Kanton Aargau.
272. 1828: Über die Dampf- und Gasbäder zu Baden.
Unterhaltungsblätter für Welt- und Menschenkunde, Aarau:
273. 1, 520 (1824): Über die Verbesserungen der Badeanstalten von Baden und Schinznach.
274. 2, 470 (1825): Über die Verbesserungen der Badeanstalten zu Baden im Kanton Aargau.
Der Schweizerbote, Aarau:
275. 21, 29. März (1824): Über die Wirkung der Dampfbäder.
276. 22, 249 (1825): Von Heilbädern und Gesundbrunnen des Vaterlandes.
Schweizer Monatschronik, Aarau:
277. 76, 34 (1825): Über die beabsichtigte Neufassung der Limmatquelle.
278. 76, 236 (1825): Entdeckung einer Mineralquelle auf dem Petersberg.
279. 77, 61 (1826): Über die Tätigkeit Gimbernats in Baden.

280. 77, 216 (1826): Behauptung einiger Ärzte, Baden gehöre zu den alkalischen, nicht zu den Schwefelquellen.
281. Bulletin des sciences médicales. Juillet 1830, S. 150. Originalliteratur nicht auffindbar, zit. nach Osann, E., Heilquellen Europas, 1839.
282. Verzeichnis der fremden Reisenden, Kur- und Badegäste zu Baden in der Schweiz. Später: Badeblatt für die Bäder zu Baden in der Schweiz. Fremdenliste. Fremdenblatt. Heute: Gästebblatt. 1830ff.
Seit 1900 erscheint das Gästebblatt an den Sonntagen mit Text und Illustrationen. In diesen Rubriken finden sich zahlreiche geologische, medizinische, balneotherapeutische Notizen über die Thermen von Baden. Auch Neueinrichtungen und Neuanlagen, z. B. von Inhalatorium, Fangoinstitut, Kuranlage, Trinkbrunnen usw. werden in Wort und Schrift erläutert.
283. Jahresberichte der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (SUVA). 1928 ff. (Seit Bestehen der Bäderheilstätte zum „Schiff“.)

c) Ungedruckte Gutachten und Berichte

284. *Amberg-Falck*: Hausbuch, 1503—1679. Privatbesitz.
285. *Borsinger, N.*: Aufzeichnungen über die Entdeckung der Quelle im Verena Hof. 29. Sept. 1895. Privatbesitz.
286. *Hagen, J.*: Folgerungen aus den Ergebnissen der Arbeiten an der Schwanenquelle im Frühjahr 1943. 22. Nov. 1943.
287. *Hartmann, A.*: Bericht über geologische, hydrologische und chemische Studien über die Thermen von Baden. Bericht zum Expertengutachten von H. Peter. Oktober 1921.
288. *Hartmann A. und Keller, R.*: Bericht über die in den Jahren 1937/38 vorgenommenen Absenkungsversuche an der Verena Hof- und Paradies-Quelle in Baden. 31. Aug. 1939.
Der Bericht enthält 11 Beilagen, darunter umfangreiche graphische Darstellungen über den Quellenerguß, über den Zusammenhang mit den Niederschlägen usw.
289. *Hartmann, A.*: Gutachten über die Notwendigkeit einer Untersuchung und Verbesserung des Wasserzuflusses der Schwanenquelle in Ennetbaden. 9. Okt. 1942.
290. — Gutachten über die Abdichtungsvornahme an der Schwanenquelle. 19. Nov. 1935/4. Febr. 1936.
291. — Die Therme von Baden. Bericht an den Schweizerischen Bäderverband. 10. Sept. 1943.
292. *Hässig, A.*: Bericht über vorzunehmende Pumpversuche an den höchst gestauten Thermalquellen im Ochsen und Verena Hof. November 1936.
293. *Hauri, C.*: Auszug aus dem Protokoll des Regierungsrates betreffend die Neufassung der Neuen Quelle im Ochsen. 8. März 1946. Mit Beilagen und Tabellen.
294. — Auszug aus dem Protokoll des Regierungsrates betreffend Ausräumung der Schwanenquelle. 15. März 1946.
Der Bericht enthält 22 Beilagen mit Tabellen über die Ergußmengen, graphische Darstellung der Ergußmengen und der Niederschläge, Längsschnitte durch die Schwanenquelle, Vergleiche der einzelnen Perioden des Quellenergusses und ihr Einfluß auf die verschiedenen Quellen usw.
295. *Hug, J.*: Geologisch-hydrologischer Bericht betreffend Sondierarbeit im Keller des Hotels Stadthof in Baden. 12. Juli 1945.
296. — Geologisches Gutachten über die frei in die Limmat ausfließenden Thermalquellen. Dieses Gutachten war zur Zeit der Vollendung der vorliegenden Arbeit noch nicht abgeschlossen.
297. *Keller, R.*: Berichterstattung über ein Referat von Ing. H. Peter vor den Thermalquellenbesitzern und über die anschließende Diskussion, am 27. April 1922. Anschließend persönliche Anregungen des Berichterstatters. 4. Mai 1922.
298. — Mitteilung über die gebohrte und gegrabene Schwanenquelle. 10. Dez. 1942.
299. — Untersuchung über Bau und Funktion der Schwanenquelle sowie Vorschlag für ihre Sanierung. Okt./Dez. 1942.

300. *Küpfer, P.*: Aufzeichnungen über die Entdeckung der Schwanenquelle. Bearbeitete Auszüge davon veröffentlicht durch das Badhotel Schwanen.
301. *Lüscher, G.*: Zur Erklärung der Ergußabnahme der Verenaquelle, der Gruppe der vier Ochsenquellen, unter Berücksichtigung des Versiegens der Neuen Quelle im Ochsen als Folge der Eingriffe 1942/43 an der Schwanenquelle. 4. Okt. 1943.
302. — Expertengutachten betreffend den Irrtum der Tiefbohrung an der Schwanenquelle in Ennet-Baden, ausgeführt vom 1. bis 6. Febr. 1943. 20. Juni 1944.
303. *Peter, H.*: Expertenbericht über die Thermalquellen in Baden. 14. Jan. 1922. Das Gutachten enthält 12 Beilagen und graphische Darstellungen über die Ergußverhältnisse der Quellen und ihre Abhängigkeit von den Niederschlägen, ferner Tabellen und Berichte.
304. *Rothpletz*: Verbal vom 8. August 1858 mit Beschreibung und geschichtlichen Daten über die Thermalquellen und Angaben der Fassungstiefen und Auslaufhöhen.
305. *Schärer, E.*: Bericht betreffend Thermalkurort Baden. 1. Mai 1920.
306. — Fassung der Kesselquelle im Bären. 2. April 1921.
307. *Scherrer, A.*: Über die Sanierung und Neufassung der Limmatquelle. Bericht an das Stadtammannamt Baden. 14. Jan. 1905.
308. *Schmidt, C.*: Geologischer Bericht über die Neufassung der Limmatquelle. 15. Juni 1905.
309. *Witzig, R.*: Bericht über die Renovation des Großen Heißen Steins, neuer Verteiler mit Meßmöglichkeit der Anteile und neue Ableitungen, ausgeführt Winter 1943/44. 26. Mai 1944.
310. — Bericht über die Erstellung einer neuen Thermalwasser-Verteileranlage und neue Zuleitungen zu den Sammlern im Limmathof, Inhalatorium, Schiff und Freihof. 30. Mai 1945.
311. — Bericht über die Erstellung einer neuen Thermalwasser-Verteileranlage und Zuleitungen zu den Badhäusern in Ennetbaden. 28. Mai 1945.

d) Nachtrag

312. *Weber, Joseph*: Der Kurort Baden, seine Heilquellen und seine Umgebung. 2. vollständig umgearbeitete Auflage. Baden 1946.
313. *Wittlin, J.*: Bakteriologische Untersuchungen der Mineralquellen der Schweiz. I. Schwefelthermen. Cbl. Bakt. II, 2, 579 (1896).
314. *Kuhn, E.*: Fischfunde aus dem Jura der Umgebung von Baden (Aargau). Eclog. Geol. Helv. 34, 297 (1941).
315. *Friedländer, C.*: Über das Interglazial von Wettingen. Eclog. Geol. Helv. 35, 151 (1942).
316. Geolog. Ges. Zürich: Geologische Exkursionen in der Umgebung von Zürich. Zürich 1946.
317. *Richard, O.*: Das Vorkommen von Schwefelwasserstoff als Folge bakterieller Sulfatreduktion. Zschr. Hydrolog. 10, 124 (1946).
318. *Münzel, U.*: Die Kleinen Bäder. Neujahrsbl. Apotheke Münzel 19 (1947).

Bildernachweis

- Abb. 1, 2, 4—6, 11—14: Zeichnungen von P. Haberbosch (1, 2, 6, 13, 14 aus Literaturverzeichnis Nr. 66; 11, 12 aus Lit.-Verz. Nr. 69; 4, 5 aus Lit.-Verz. Nr. 316).
- Abb. 3, 7—10: Zeichnungen von A. Hartmann aus Literaturverzeichnis Nr. 82.
- Abb. 15, 26, 28, 78—80: Zeichnungen des Verfassers nach Plänen und Grundrissen aus den Archiven des Kantonalen Wasserrechtsamtes Aarau, des Stadtbauamtes Baden und des Technischen Büros E. Schärer-Keller, Baden.
- Abb. 33: Zeichnung von W. Hartmann, Baden, nach den amtlichen Katasterplänen.
- Abb. 34, 52, 60, 82: Aquatintastiche von F. Hegi (34 aus Literaturverzeichnis Nr. 88; 52, 60 aus Lit.-Verz. Nr. 269; 82 aus Lit.-Verz. Nr. 271).
- Abb. 49: Nach einer Zeichnung unbekannter Hand aus der Graph. Sammlung der Zentralbibliothek Zürich, ausgeführt von H. Buchstätter, Baden.
- Abb. 50: Kupferstich von F. Née, nach einer Zeichnung von Barbier l'ainé aus den „Tableaux topographiques de la Suisse“ von B. F. Zurlauben, 1780—96.
- Abb. 51: Kolorierter Kupferstich von H. Keller. Verlag Füssli & Co., Zürich, ca. 1800.
- Abb. 53: Bleistiftzeichnung, vermutlich von J. Mayer-Attenhofer. Privatbesitz B. Goelden.
- Abb. 54: Nach einer Skizze von Ludwig Vogel aus der Graph. Sammlung des Schweiz. Landesmuseums in Zürich, ausgeführt von W. Meier, Thalwil.
- Abb. 55, 56, 57: Pläne und Aufrisse von Architekt Caspar Joseph Jeuch. Archiv des Stadtbauamtes Baden.
- Abb. 58: Aquatintastich von J. Sperli nach einem Aquarell von J. Mayer-Attenhofer.
- Abb. 59: Bleistiftzeichnung eines unbekanntenen Künstlers aus der Graph. Sammlung des Kunsthauses Zürich.
- Abb. 97: Ölgemälde nach der Natur von H. Buchstätter, Baden. Privatbesitz F. X. Münzel.
- Abb. 16, 17: Photos Ganz, Zürich.
- Abb. 18—25: Mikrophographien des Verfassers unter Mithilfe von Dr. O. Richard, E. T. H., Zürich.
- Abb. 95, 96: Photograph unbekannt (Städtisches Inhalatorium).
- Abb. 32, 35—47, 67, 83 a—d: Photos Schaich, Baden (32, 35—47 aus Literaturverzeichnis Nr. 309 u. 310; 67, 83a—d: Bäderheilstätte zum „Schiff“).
- Abb. 30, 31, 48, 61—66, 68—77, 81, 83—91, 93, 98—102: Photos Schmidli, Goldwandverlag, Ennetbaden (31, 98, 99, 100, 101: Öffentliche Kur- und Trinkanlagen in Baden und Ennetbaden; 61, 86, 91, 102: Grand Hotel „Quellenhof“, abgebrochen 1943; 65: Hotel „Adler“; 30, 62, 63: Hotel „Bären“; 81: Hotel „Blume“; 70, 71, 74, 88, 89: Volksheilbad „Freihof“; 85: Therapeutisches Institut „Hinterhof“; 64: Hotel „Hirschen“; 69, 93: Hotel „Limmathof“; 66, 72: Hotel „National“; 73, 84: Hotel „Ochsen“; 75, 87: Hotel „Schweizerhof“; 48, 68, 76, 77, 90: Hotel „Verenahof“).
- Abb. 29, 92, 94, 103: Photos Zipser, Baden: Hotel „Schwanen“.

Curriculum vitæ

Ich wurde am 15. August 1914 in Baden (Aargau) geboren. Ich besuchte dort während 5 Jahren die Gemeinde- und anschließend 3 Jahre lang die Bezirksschule. Hierauf weilte ich 6 Jahre lang an der Stiftsschule in Engelberg, wo ich im Sommer 1935 die Maturitätsprüfung, Typus A, bestand.

Den naturwissenschaftlichen und fachtechnischen Teil des Pharmaziestudiums absolvierte ich an der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich. Das zwischen diesen beiden Studienabschnitten liegende 3semestrige Praktikum und das 2semestrige Assistentenjahr verbrachte ich in der Apotheke meines Vaters in Baden. Das Studium schloß ich im Frühjahr 1942 mit dem Eidg. Staatsexamen ab.

Hierauf arbeitete ich wiederum ein Jahr lang in der Apotheke meines Vaters. Im Frühjahr 1943 begann ich mit der vorliegenden Arbeit. Sie wurde im Sommer des gleichen Jahres durch einen viermonatigen Aufenthalt in Lausanne, wo ich als Vertreter in einer Apotheke arbeitete, unterbrochen. Nach meiner Rückkehr wurde der Abschluß der Dissertation bis in die Mitte des Jahres 1946 verzögert, weil die eigenen Militärdienstleistungen, die öftere Abwesenheit des Personals im Aktivdienst und die Unmöglichkeit, Assistenten als Ersatz zu finden, meine vermehrte Anwesenheit in der Apotheke meines Vaters erforderten.