

# Die Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Landkreis Waldeck, Hessen)

Von  
Bernward Hölting  
Wiesbaden

Mit 7 Abbildungen und 9 Tabellen

Herausgabe und Vertrieb  
Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Leberberg 9

Wiesbaden 1966

## IN DIESER REIHE BISHER ERSCHIENEN:

- Heft 1: JOHANNSEN, A.: Die geologischen Grundlagen der Wasserversorgung am Ost-  
rand des Rheinischen Gebirges im Raume von Marburg-Frankenberg-Borken.  
1950. 87 S., 10 Taf., 8 Abb. . . . . . vergriffen
- Heft 2: SCHÖNHALS, E.: Die Böden Hessens und ihre Nutzung. Mit einer bodenkund-  
lichen Übersichtskarte 1:300 000. 1954. 288 S., 15 Taf., 25 Abb., 60 Tab. . 15,— DM
- Heft 3: KUBELLA, K.: Zum tektonischen Werdegang des südlichen Taunus. 1951.  
81 S., 2 Taf., 14 Abb. . . . . . 5,— DM
- Heft 4: GÖRGES, J.: Die Lamellibranchiaten und Gastropoden des oberoligozänen  
Meeressandes von Kassel. 1952. 134 S., 3 Taf. . . . . . 7,50 DM
- Heft 5: SOLLE, G.: Die Spiriferen der Gruppe *arduennensis-intermedius* im rheini-  
schen Devon. 1953. 156 S., 18 Taf., 45 Abb., 7 Tab. . . . . . 20,— DM
- Heft 6: SIMON, K.: Schrittweises Kern- und Messen bodenphysikalischer Kenn-  
werte des ungestörten Untergrundes. 1953. 63 S., 3 Taf., 19 Abb. . . . . 7,— DM
- Heft 7: KEGEL, W.: Das Paläozoikum der Lindener Mark bei Gießen. 1953. 55 S.,  
3 Taf., 3 Abb. . . . . . 6,— DM
- Heft 8: MATTHES, S.: Die Para-Gneise im mittleren kristallinen Vor-Spessart und  
ihre Metamorphose. 1954. 86 S., 36 Abb., 8 Tab. . . . . . 12,50 DM
- Heft 9: RABIEN, A.: Zur Taxonomie und Chronologie der Oberdevonischen Ostra-  
coden. 1954. 269 S., 7 Abb., 5 Taf., 4 Tab. . . . . . 17,— DM
- Heft 10: SCHUBART, W.: Zur Stratigraphie, Tektonik und den Lagerstätten der  
Witzenhäuser Grauwacke. 1955. 67 S., 4 Taf., 8 Abb. . . . . . 8,— DM
- Heft 11: STREMMER, H.: Bodenentstehung und Mineralbildung im Neckarschwemm-  
lehm der Rheinebene. 1955. 79 S., 3 Taf., 35 Abb., 28 Tab. . . . . . 7,— DM
- Heft 12: v. STETTEN, O.: Vergleichende bodenkundliche und pflanzensoziologische  
Untersuchungen von Grünflächen im Hohen Vogelsberg (Hessen). 1955.  
67 S., 1 Taf., 4 Abb., 2 Tab. . . . . . 5,50 DM
- Heft 13: SCHENK, E.: Die Mechanik der periglazialen Strukturböden. 1955. 92 S.,  
21 Abb., 13 Tab., 10 Taf. . . . . . 12,— DM
- Heft 14: ENGELS, B.: Zur Tektonik und Stratigraphie des Unterdevons zwischen  
Loreley und Lorchhausen a. Rhein (Rheinisches Schiefergebirge). 1955.  
96 S., 31 Abb., 2 Tab., 15 Diagramme, 5 Taf. . . . . . 12,60 DM
- Heft 15: WIEGEL, E.: Sedimentation und Tektonik im Westteil der Galgenberg-Mulde  
(Rheinisches Schiefergebirge, Dill-Mulde). 1956. 156 S., 41 Abb., 7 Tab.,  
7 Taf. . . . . . 18,60 DM
- Heft 16: RABIEN, A.: Zur Stratigraphie und Fazies des Oberdevons in der Waldecker  
Hauptmulde. 1956. 83 S., 2 Abb., 2 Tab., 3 Taf. . . . . . 7,— DM

Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

Herausgegeben vom  
Hessischen Landesamt für Bodenforschung

Heft 53

# Die Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Landkreis Waldeck, Hessen)

Von  
Bernward Hölting  
Wiesbaden

Mit 7 Abbildungen und 9 Tabellen

Herausgabe und Vertrieb  
Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Leberberg 9

Wiesbaden 1966

Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.	53	59 S.	7 Abb.	9 Tab.	Wiesbaden, 15. 12. 1966
--------------------------------	----	-------	--------	--------	-------------------------



Es ist so gut als erwiesen, daß gute und gründliche Brunnen-Beschreibungen zu den angenehmsten und nützlichsten Schriften gehören, die man dem Publicum nur darbringen kann. (STUCKE 1791)

**Kurzfassung:** Die im Gebiet von Bad Wildungen und Kleinern austretenden und gefaßten 22 Mineralquellen mit einer Schüttung von 370—380 l/min werden hydrogeologisch und hydrochemisch untersucht, ihre Fassungen einzeln beschrieben. Die Aufstellung von Ionenverhältnissen nach Äquivalentgewichten führt zu einer regionalen Gliederung der Mineralquellen. Diese sind an Sattelzonen der Spezialfaltung im Bereich des abtauchenden Hundsdorfer Sattels (Nordostrand des Kellerwaldes) gebunden. Zahlreiche Analyseergebnisse ermöglichen die Untersuchung der kurz- und langfristigen Änderungen in der chemischen Verteilung der Mineralwässer. Die Salzkonzentration in den Mineralwässern hängt vom Gehalt an freier Kohlensäure sowie von den Durchlässigkeitsverhältnissen der mineralwasserleitenden Schichten ab. Der Salzgehalt wird auf Wasserzuflüsse von salinaren Lagerstätten (vermutlich des Zechstein) zurückgeführt, wobei die Salzwässer bis in das Randgebiet des Kellerwaldes infiltrieren.

**Abstract:** In the area of Bad Wildungen and Kleinern 22 mineral springs with a total discharge of 370—380 l/min well up. The history, the hydrogeological and hydrochemical properties and the construction of each well are described.

Considering the ratio of ions according to their equivalent weight leads to a regional division of the mineral springs. These depend on secondary anticlines in the area of the dipping anticline of Hundsdorf (northeast rim of the Kellerwald). A great number of analyses allows the investigation of all alternations of short and long duration in the chemical distribution of the mineralized waters. The salt-water content of the mineral waters depends on the concentration of carbon dioxide as well as on the permeability of the aquifer of mineral waters. The salt-concentration is likely to come from groundwater-flows out of salt-deposits (probably Permian); the salt-waters infiltrate into marginal areas of the Kellerwald.

**Résumé:** Les 22 sources minérales avec un discharge de source de 370 à 380 l/min, sortant et captant du territoire de Bad Wildungen et Kleinern, sont examinées hydrogéologiquement et hydrochimiquement, les captations de source sont séparément définies. Le relevé de raisons de ion aux poids d'équivalent mène à une division par membre régionale des sources minérales. Celles-ci sont attachées aux zones d'anticlinale du plissement spécial dans la sphère de la croupe de Hundsdorfer plongée (le bord nord-est du Kellerwald). Nombreux de résultats d'analyse rendent possible l'examen des modifications d'une durée courte et longue à la distribution chimique des eaux minérales. La concentration de sel dans les eaux minérales, dépend du teneur du dioxyde de carbone ainsi des proportions de perméabilité des aquifères de l'eau minérale. Le teneur du sel est ramené des écoulements de l'eau souterraine des dépôts de sel (vraisemblable du Permien), près de quoi les eaux salées infiltrent jusque dans le bord du territoire du Kellerwald.

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	8
2. Die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse . . . . .	10
2.1. Stratigraphie . . . . .	10
2.2. Tektonik . . . . .	11
2.3. Tektonik und Mineralquellen . . . . .	12
2.4. Hydrogeologie . . . . .	13
3. Die Mineralquellen . . . . .	14
3.1. Die Mineralquellen in Bad Wildungen — Ortslage . . . . .	14
3.2. Die Mineralquellen in Bad Wildungen — Reinhardshausen . . . . .	19
3.3. Die Mineralquellen in Bad Wildungen — Reitzenhagen . . . . .	22
3.4. Die Mineralquellen in Kleinern . . . . .	24
3.5. Andere Quellen . . . . .	25
4. Die chemische Zusammensetzung der Mineralwässer . . . . .	27
5. Die Ionenverhältnisse in den Mineralwässern . . . . .	31
6. Die zeitlichen Änderungen in der chemischen Verteilung der Mineralwässer . . . . .	38
6.1. Kurzfristige Änderungen . . . . .	38
6.2. Langfristige Änderungen . . . . .	40
7. Die Entstehung der Mineralquellen und die Herkunft der Mineralanteile in den Mineralwässern . . . . .	42
7.1. Die mittlere chemische Verteilung in der Außen-, Übergangs- und Innenzone . . . . .	42
7.2. Die Entstehung der Mineralquellen . . . . .	43
7.3. Die Herkunft der mineralischen Anteile in den Mineralwässern . . . . .	46
8. Zusammenfassung . . . . .	47
Tabellen 1—9 . . . . .	49
Schriftenverzeichnis . . . . .	57

## 1. Einleitung

Die Mineralquellen von Bad Wildungen und Kleinern sind seit langer Zeit bekannt. So berichtet OVELGUN (1725) von Versen am Hauptaltar der Wildunger Stadtkirche, nach denen bereits im Jahre 1378 das Wasser des Stadtbrunnens (der heutigen Georg-Viktor-Quelle) über gemauerte Rinnen und durch ausgehöhlte Baumstämme zu 8 „Kumpen“ in „Nieder-Stadt Wildungen“ (dem heutigen Ortsteil um die Stadtkirche) als Trinkwasser geleitet wurde. Sicher sind aber die Mineralquellen schon sehr viel früher genutzt worden. So wurden bei Ausgrabungen nahe der im Jahre 1869 von dem damaligen Sanitätsrat Dr. Rörig wiederentdeckten Königsquelle unter 3 m Geröllschutt Steinstufen und eine primitive Fassungsanlage aus einem ausgehöhlten Baumstamm gefunden. Ein in der Nähe entdecktes, Latène-zeitliches Hügelgrab und steinzeitliche Gerätefunde weisen auf eine Nutzung schon in prae- oder frühhistorischer Zeit.

Die geschichtlichen Urkunden reichen bis in das 14. Jahrhundert zurück. Am 29. August 1495 belehnte Kaiser Maximilian den Grafen Philipp zu Waldeck mit „yegliche Perckwerckh und Saltzprunn“. Wegen ihrer schon früh erkannten Heilwirkung, vor allem bei Krankheiten der Harnorgane, wurden die Quellen von Grafen und Edelleuten mit ihren Gefolgen etwa seit Anfang des 16. Jahrhunderts zu Trink- und Badekuren aufgesucht. Bald finden sich auch die ersten Berichte, so von dem Marburger Professor WOLFIUS (1580), ELLENBERGER (1621), RAMELOVIUS (1664), RAMELOVIUS & BOLMANUS (1682), OVELGUN (1725) und MUTH (1748). Der erste Höhepunkt des Kurbetriebes fällt (nach STÖCKER 1896) in die Mitte des 18. Jahrhunderts. STUCKE (1791) sowie DREVES & WIGGERS (1835) fertigten die ersten chemischen Analysen an. In dieser Zeit wurden der Stadtbrunnen (heute Georg-Viktor-Quelle) mit der Badequelle sowie der Salzbrunnen (heute Helenenquelle), gelegentlich auch der Brückenbrunnen (heute Stahlquelle) für die Trinkkuren herangezogen. In der ausklingenden 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts gerieten die Wildunger Mineralquellen mit ihrer heilenden Wirkung mehr und mehr in Vergessenheit. MOSCH (1820) erwähnte sie jedoch in seiner Übersicht über die Bäder- und Heilbrunnen Deutschlands und der Schweiz.

Auf eine Empfehlung des seinerzeit berühmten Arztes HUFELAND (1831) hin begann die neue Blüte des Bades, die bis heute andauert, und Bad Wildungen zu einem weltberühmten Kurort werden ließ. In zahlreichen Veröffentlichungen wurden nun die Heilquellen beschrieben und medizinisch oder chemisch, später auch geologisch untersucht, so von FISCHER (1838), SIMON (1839), KOCH (1841), OSANN (1841), KRENSLER (1848), CASTENDYCK (1856), SCHAUER (1858), LERSCH (1860), RÖRIG (1868) und MÜLLER (1878). Im Jahre 1859 wurden die Georg-Viktor-Quelle, die Badequelle, die Tal- und Stahlquelle neu gefaßt und ihr Wasser eingehend von FRESENIUS (1860) chemisch analysiert. Eine zweite chemische Untersuchung der Georg-Viktor-Quelle folgte im Jahre 1892 (FRESENIUS 1892). Die zwischenzeitlich (im Jahre 1869) wiederentdeckte Königsquelle wurde von NEUBAUER (nach STÖCKER 1896) erstmals untersucht. Im Anschluß an diese Entwicklungsperiode mit der Neufassung der damals genutzten Mineralquellen, also in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts, wurden viele der in Bad Wildungen bekannten Hotels und Badehäuser gebaut, der Kurgarten angelegt und das Kurviertel eingerichtet.



Der stark zunehmende Kur- und Badebetrieb führte zwangsläufig zu Überlegungen hinsichtlich der Schüttung der Mineralquellen. VON BAUR (1929) wurde deshalb in den Jahren 1900 bis 1907 die Schüttung der Helenenquelle regelmäßig wöchentlich gemessen und im Jahre 1912 durch Messungen der Grundwasserspiegel in sechs Meßrohren im Sonderbach-Tal nahe der Helenenquelle der Zusammenhang Quellschüttung-Kohlensäuregehalt-Grundwasserspiegelung festgestellt, eine Beziehung, die auch aus anderen Bädern bekannt ist. BAUR gab im Jahre 1920 neben einer vorwiegend medizinischen Betrachtung über die Mineralquellen auch eine Deutung der Entstehung der Mineralquellen, die noch heute weitgehend gültig ist. Wenn auch unser heutiges Wissen durch eingehendere Messungen und Untersuchungen tiefergründiger und fundierter geworden ist, so verdienen die von BAUR dargelegten Überlegungen noch jetzt Beachtung. — Bad Wildungen dient der Behandlung und Kurheilung von Erkrankungen der Harn-, Herz- und Kreislauforgane. Moderne Anlagen und Kurmittelhäuser für Bade- und Trinkkuren wurden dafür in den letzten Jahren gebaut.

Im Jahre 1831 gab STUCKE eine geognostische Karte Deutschlands im Maßstab 1:2,5 Mill. heraus und trug darin alle Mineralquellen Deutschlands nach Klassen geordnet ein; in dieser Karte ist Wildungen verzeichnet. Die älteste geologische Beschreibung (ohne Karte) der Umgebung von Bad Wildungen findet sich bei DREVES & WIGGERS (1835). Geologische Karten dieses Gebietes veröffentlichten zuerst CASTENDYCK (1856) und WALDSCHMIDT (1885). Dann folgten geologische Aufnahmen von LEPPLA (1889, 1892) und DENCKMANN (1889, 1892) für die Geologische Übersichtskarte 1:80 000, Sektion Waldeck-Kassel (DECHEND 1892). Eine zusammenhängende und genauere Darstellung der Geologie des Kellerwaldes mit seiner Umgebung gab DENCKMANN im Jahre 1901 in seiner Karte im Maßstab 1:100 000 (mit Erläuterungen). Seine darauf fußende Untersuchung über die geologische Stellung der Mineralquellen Bad Wildungen und Kleinerns sowie ihre Entstehung, dargelegt in einem Gutachten aus dem Jahre 1905 (DENCKMANN 1905), bildeten die Grundlage für die Bemessung des Wildunger Heilquellenschutzgebietes, das durch Gesetz vom 21. 7. 1906 rechtskräftig wurde.

Der Bereich des Meßtischblattes 4820 Bad Wildungen wurde in den Jahren 1937/38 von DAHLGRÜN geologisch neu aufgenommen, kam jedoch wegen der Kriegswirren nicht mehr zur Veröffentlichung. Die geologisch-hydrogeologische Stellung der Mineralquellen, vor allem der Helenenquelle, wurde von UDLUFT (1952) beschrieben. UDLUFT & HORN (1965) ergänzten und erweiterten diese Untersuchungen.

Ende der fünfziger Jahre führte MEISCHNER (1959) eine Strukturuntersuchung im Gebiet der Reinhardquelle in Bad Wildungen-Reinhardshausen als Diplomarbeit aus. Diese Arbeit gab den Anstoß für eine neue geologische Aufnahme des Blattes Bad Wildungen, die von den Herren Dr. Horn und Dr. Kulick (Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden) in den Jahren 1961 und 1962 ausgeführt wurde. Im Anschluß daran folgte eine hydrogeologische Kartierung im Herbst 1965, ausgeführt von dem Verfasser. Da eine eingehende hydrogeologische Untersuchung der Mineralquellen, vor allem die Bearbeitung eines umfangreichen und z. T. noch nicht ausgewerteten Beobachtungsmaterials den Rahmen der Erläuterung zu der Kartierung sprengen würde, soll im Folgenden eine gesonderte Darstellung gegeben werden, zumal eine eingehende Beschreibung aller Mineralquellen Bad Wildungen's und Kleinern's bislang fehlt.

Dem Staatsbad Bad Wildungen, Herrn Kurdirektor Daniels, sowie der technischen Abteilung mit dem Leiter, Herrn Bau-Ing. Breithaupt, und seinen Mitarbeitern, den Herren Schneider und Merle, bin ich zu größtem Dank für ihre Unterstützung und Hilfe verpflichtet.

## 2. Die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse

In der folgenden Darstellung der geologischen Verhältnisse schließt sich diese Untersuchung an die Ausführungen von MEISCHNER (1959) und UDLUFT & HORN (1965) an. Bad Wildungen und Kleinern liegen am Nordostrand des Kellerwaldes, dem großen Ostvorsprung des Rheinischen Schiefergebirges. Durch den nördlichen und östlichen Stadtteil von Bad Wildungen verläuft die Grenze des Schiefergebirges gegen die östlich davon liegende hessische Senke, die Grenze zwischen altpaläozoischen (Devon bis Unterkarbon) und jungpaläozoischen (Zechstein) sowie mesozoischen (vorwiegend Buntsandstein) Schichten (siehe Abb. 2—6).

### 2.1. Stratigraphie

Im Schiefergebirgsanteil des zu untersuchenden Gebietes haben die ältesten Schichtfolgen, sandige Tonschiefer des *U n t e r d e v o n* und kalkige Tonschiefer des unteren Mitteldevon nur eine geringe Verbreitung. Sie wurden anstehend in der heute teilweise verfüllten Tongrube der Klinkerwerke des Ortsteils Reinhardshausen angetroffen.

Wesentlich weiter verbreitet sind dunkelgraue Tonschiefer des *M i t t e l d e v o n* (zusammengefaßt zur Gruppe der Wissenbacher Schiefer), welche die Niederung um Reinhardshausen von der B 253 bis westlich Albertshausen, zwischen Hahn- und Hom-Berg einnehmen. Diesen Schiefen liegen im Gebiet des Hom-Berges kieselige und sehr harte Tonschiefer des oberen Mitteldevon auf.

Östlich und südöstlich von Bad Wildungen tritt das Mitteldevon in kalkiger Fazies und geringmächtiger als die gleichaltrigen Tonschiefer auf. Es sind dies die plattigen Kalk- und Mergelsteine der Ense (Ense-Kalk), die in Steinbrüchen (z. B. „Blauer Bruch“ am Westhang des Galgen-Berges, östlich Bad Wildungen) abgebaut werden.

Das *O b e r d e v o n* ist verhältnismäßig geringmächtig im Gebiet des Hom-Berges zwischen Bad Wildungen selbst und Bad Wildungen-Reitzenhagen entwickelt. Im unteren Teil sind es kieselige Schwarzschiefer, kalkarme Bänderschiefer und Dachschiefer, im höheren konglomeratische, z. T. quarzitische Sandsteine.

Das *U n t e r k a r b o n* in der Kulm-Fazies ist im Stadtgebiet von Bad Wildungen (Bornebach-, Uhrenbach-, Sonderbach-, Oberes Ensebach-Tal) zwischen Bad Wildungen und dem Wesebach-Tal sowie zu beiden Seiten des oberen Wesebachtals bei Gellershausen verbreitet.

Die Liegenden Alaunschiefer wurden bisher nur nördlich des Wildetales und an der Wolfschur nachgewiesen. Die darüber folgenden Kieselschiefer nehmen dagegen größere Flächen ein, vor allem zwischen dem Hom-Berg und Alt-Wildungen sowie im Bad Wildungener Stadtwald (zwischen Reitzenhagen und Wesebach-Tal). Schmale Streifen in der Zimmergründe südöstlich Reinhardshausen deuten die intensive Falten tektonik dieses Gebietes an.

Die über den Kieselschiefern liegenden Kulm-Tonschiefer sind vor allem im Stadtgebiet Bad Wildungen (im Westen durch das Bornebach-Tal, im Osten durch das obere Ense-Tal begrenzt) anzutreffen, schließen südwestlich etwa mit der Talquelle ab (südwestlich der Talquelle Wissenbacher Schiefer). Die stratigraphisch das Kulmprofil abschließenden Grauwacken treten nur in einzelnen Faltenzügen zwischen den Tonschiefern zutage.

Zwischen Devon und Unterkarbon sind Diabase eingeschaltet. Diese massigen, im Untersuchungsgebiet meist grobkörnigen Eruptivgesteine, stehen in der Zimmergründe, im Hom-Berg, im Bad Wildungener Stadtwald und in der Höhe Nitter sowie im Wildetal im Bereich der Ortslage Reitzenhagen an. Am Kontakt der Diabase zu den Kieselschiefern des Unterkarbon hat sich ein roter Eisenkiesel gebildet, der z. T. so angereichert ist, daß sich im Mittelalter ein Abbau der Erze (Stollenabbau in der Nähe der Stadtkirche von Bad Wildungen) lohnte.

Außerhalb des Schiefergebirges beginnt die Schichtfolge mit den Kalk-/Dolomit- und Tonsteinen des Zechstein östlich und nördlich von Bad Wildungen. Gips- und Steinsalzlager sind nicht mehr anzutreffen. Jedoch wurden in Steinbrüchen unterhalb des auf Kalk-/Dolomitsteinen des Zechstein gebauten Schlosses Friedrichstein früher kleine Lager dieser Salzfolgen abgebaut (BAUR 1920). Die saline Anhydrit-Fazies des Zechstein reichte also bis nach Bad Wildungen. Die Zechsteinschichten bilden einen schmalen Streifen entlang der Grenze des Schiefergebirges. Weiter östlich folgt das große Verbreitungsgebiet des Buntsandstein mit Sand- und Schluff-/Tonsteinlagen sowie in der hessischen Senke das der Ton- und Sandfolgen des Tertiär.

## 2.2. Tektonik

In den tektonischen Verhältnissen unterscheiden sich Schiefergebirge und hessische Senke grundlegend. Das Schiefergebirge ist durch die varistische Gebirgsbildung mit verschuppten und verfalteten Devon- und Karbonschichten, die hessische Senke durch flachgelagerte, bei der saxonischen Gebirgsbildung zerbrochene Schollen geprägt.

Bad Wildungen liegt am östlichen Ende des Hundsdorfer Sattels, einer den nordöstlichen Kellerwald aufbauenden Auffaltung vorwiegend mitteldevonischer Schichten. Im abtauchenden nordöstlichen Teil wird die Sattelzone überlagert von kleineren Sattel- und Muldenzonen, welche das Gebiet von Bad Wildungen — Kleinern geologisch stark differenzieren. MEISCHNER (1959) und UDLUFT & HORN (1965) unterschieden dabei folgende Einheiten:

das Schuppengebiet der Ense,  
 die Kulm-Mulde von Kirchrödern mit dem Spezialsattel der Helenenquelle,  
 den Deckdiabas-Sattel der Zimmergründe,  
 die Grauwacken-Tonschiefer-Mulde der Zimmergründe,  
 den Sattel der Georg-Viktor-Quelle,  
 die Mulde des Hom-Berges,  
 den Sattel des Wilde-Tales und  
 die Mulde der Nitter.

Hinzuzufügen wäre noch, daß an die Nitter-Mulde nordwestlich ein weiterer Sattel (Mühlberg-Sattel) anschließt, dem wiederum eine Mulde (Kahlenberg-Mulde) folgt. Zwischen beiden liegt eine Überschiebungszone, die Kulm-Schichten des Mühlberg-Sattels sind entlang dem Wesebachtal auf die Mitteldevon-Schichten der Kahlenberg-Mulde überschoben. Die Achsen aller aufgeführten Strukturen streichen ungefähr Südwest — Nordost und biegen mit Annäherung an den Schiefergebirgsrand nach Norden um.

### 2.3. Tektonik und Mineralquellen

Die Zusammenhänge zwischen Tektonik und Mineralquellen aufzudecken, war schon DENCKMANN (1905) bemüht. Er glaubte, auf Grund seiner Kartierungen annehmen zu können, daß die Mineralquellen an Nord-Südstreichende Störungen gebunden sind, und unterschied mehrere Quellenlinien:

1. die Quellenlinie Kleinern—Reinhardshausen,
2. die Talquellenlinie,
3. die Quellenlinie der Georg-Viktor-Quelle (nach Reitzenhagen zu),
4. die Quellenlinie der Helenenquelle und
5. die Quellenlinie der Königsquelle.

KEGEL (in mehreren Gutachten) sowie UDLUFT (1952) bezweifelten jedoch derartige Beziehungen. Für den Bereich der Helenenquelle wies UDLUFT nach, daß diese in einem Spezialsattel der Kulm-Mulde von Kirchrödern aufsteigt. Die Neubohrung der Helenenquelle im Jahre 1951 hatte seine Auffassung bestätigt.

MEISCHNER (1959) stellte fest, daß die Nordsüd-Störungen im Gebiet der Reinhardsource (und Bad Wildungen) keine große Bedeutung haben. Sie wurden früher (von DENCKMANN und DAHLGRÜN) kartiert, weil der Fazieswechsel zwischen den Gebieten westlich und östlich Reinhardshausen wegen nicht ausreichender Beobachtungen nicht bekannt geworden war und der benutzte Kartenmaßstab zu etwas schematischer Darstellung verleitete. Nach der Neukartierung im Maßstab 1:10 000 ist die Zuordnung der Mineralquellen zu tektonischen Elementen unsicher geworden. Von großer Bedeutung ist aber die Feststellung, daß die Mineralquellen an die Aufschiebungs-Tektonik steiler Sättel gebunden zu sein scheinen.

Diese Auffassung unterstützten UDLUFT & HORN (1965). Sie unterschieden wie MEISCHNER:

1. den Wilde-Sattel mit der Gemeindequelle und der Prozeßquelle von Reinhardshausen,
2. den Sattel der Georg-Viktor-Quelle mit der Reinhardsource, Gustav-Görner-Quelle, der Tempel- und Schachtquelle, der Georg-Viktor-Quelle, Bade-Quelle, und den Quellen in Reitzenhagen (Bilstein-, Johanniterquelle sowie die Quelle bei der Obermühle),
3. Sattel der Helenenquelle in der Kulm-Mulde von Kirchrödern, in nordöstlicher Fortsetzung die Schloßberg-Aufwölbung mit der Königs- und Schloßquelle,
4. die Talquelle in der südwestlichen Fortsetzung des Kieselschiefer-Diabas-Sattel der Zimmergründe. Die Stahlquelle steigt wahrscheinlich in Verbindung mit dem Georg-Viktor-Quellen-Sattel auf.

Diese Auffassung trifft auch für das Gebiet von Kleinern zu, da die vier Mineralquellen dort entlang der Überschiebungszone des Mühlberg-Sattels gegen die Kahlenberg-Mulde auftreten.

## 2.4. Hydrogeologie

Auf die hydrogeologischen Zusammenhänge zwischen Grundwasserspiegelgang und Schüttung der Mineralquellen wurde im Abschnitt 1 hingewiesen. Eingehende wöchentliche Messungen führte BAUR (1920, 1929) im Sonderbach-Tal in der Umgebung der Helenenquelle aus. Diese Quelle ist inzwischen (im Jahre 1951) neu erbohrt (UDLUFT 1952). Da die BAUR'schen Messungen aber doch von allgemeiner Bedeutung sind, sollen sie ausführlicher erläutert werden. In der Umgebung der Helenenquelle ließ er im Jahre 1912 sechs Grundwassermeßrohre (zwischen 1,33 und 2,09 m Tiefe) in die Talkiese einbringen. Er fand dann die auch schon auf Grund von wöchentlichen Quellmessungen in den Jahren 1900 bis 1907 vermutete Beziehung, daß mit steigendem Grundwasserspiegel die Schüttung der Mineralquellen zunimmt, mit fallendem dagegen abnimmt. Er erklärte diese Beziehung damit, daß bei steigendem Grundwasserspiegel das Mineralwasser an freiem Ausfließen gehindert wird, und zwar um so mehr, je größer der Druck des Grundwassers ist, je höher also dieses ansteigt. Nur am Quellaustritt selbst wirkt sich der Gegendruck nicht oder nur kaum aus, so daß an dieser Stelle das Mineralwasser mit höherer Ergiebigkeit austritt. Ferner hatte sich ergeben, daß kurze Niederschläge im Niederschlagsgebiet des Sonderbaches die Quellschüttungen nicht oder nur kaum erhöhten. Starke Gewitterregen, welche den Sonderbach anschwellen ließen, erhöhten die Schüttung merkbar und schon nach wenigen Stunden. Landregen erhöhten die Schüttung langsam, dafür aber um so nachhaltiger. In den Jahren 1900 bis 1920 betrug die Maximalschüttung (28. 11. 1906) 27,3 l/min., die Minimalschüttung (20. 12. 1920) 2,66 l/min., die mittlere Schüttung 10,75 l/min. Die derart gewonnenen Erkenntnisse führten dazu, im Jahre 1921 im Sonderbach gegenüber der Helenenquelle (vor dem heutigen Cafe Helenental) ein Wehr in den Sonderbach einzubauen, als im Sommer dieses Jahres die Schüttung der Helenenquelle erheblich nachgelassen hatte. Schon eine Veränderung der Wehrhöhe um wenige cm ließ die Quellschüttung mit einer Verzögerung von 1 bis 2 Tagen ansteigen. Ein zu starker Aufstau hatte allerdings den Nachteil, daß Süßwasser der Mineralquelle zufließ. Im Laufe der Zeit gelang es aber, durch Einstellung des Wehres die Schüttung mit 10 l/min. bei gleichem Mineralgehalt konstant zu halten.

Ähnliche Beziehungen zwischen Grundwasserspiegelgang und Schüttung stellte BAUR (1929) auch für die Georg-Viktor-Quelle, Talquelle und Stahlquelle fest. Die Änderungen des Luftdruckes hatten keinen Einfluß auf die Schüttung.

Leider sind derartige Beobachtungen, wie sie BAUR anstellen konnte, in Bad Wildungen nicht mehr möglich. Die genutzten Mineralquellen werden heute entweder abgepumpt oder die Schüttung ist durch entsprechende Einrichtungen fest eingestellt (meist durch Vorrichtungen zur Änderung der Auslaufhöhe). Grundwassermeßstellen sind, abgesehen von den Meßstellen im Edertal unterhalb der Edertalsperre, nicht vorhanden. Die mittlere Gesamtschüttung aller gefaßten und beobachteten Mineralquellen in Bad Wildungen einschließlich der Ortsteile Reitzenhagen und Reinhardshausen (18 Quellen) beträgt 325 bis 330 l/min. (rd. 5,5 l/s), in Kleinern (4 Quellen) 45 bis 50 l/min. (ca. 0,8 l/s), zusammen 370—380 l/min (rd. 6 l/s = 520 m<sup>3</sup>/Tag). Die täglichen Entnahmen wechseln erheblich. Teilweise werden höhere Entnahmen durch Pumpen ermöglicht.

### 3. Die Mineralquellen

Im Folgenden werden die Mineralquellen beschrieben, und zwar Lage, Höhenlage des Mineralwasserspiegels oder mittlere Auslaufhöhe, geologische Position, die Fassungsanlage, Schüttung und deren mittlere Schwankung, Wassertemperatur und deren Schwankung sowie die vorhandenen Wasseranalysen (Zeit der Probenentnahme, Analytiker). Die bereits veröffentlichten Analysen werden zitiert. Bei der Angabe der mittleren Schüttung und Temperatur kann bei der Mehrzahl der Quellen auf Mittel von Messungen aus den Jahren 1955 bis 1964 zurückgegriffen werden.

#### 3.1. Die Mineralquellen in Bad Wildungen — Ortslage

##### 3.1.1. Königsquelle

Lage: Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 09 210, h. 56 65 275.

Höhenlage des Mineralwasserspiegels: 222,69 m ü. NN.

Geologische Position: unter rd. 4 m sandigem Ton stehen Kiesel-schiefer des Unterkarbon an, das Mineralwasser tritt unmittelbar vor (westlich) der Schiefergebirgsrandstörung auf dem Helenen-Quellen-Sattel aus. Nach CO<sub>2</sub>-Bodenluftmessungen in den Jahren 1963 und 1965 (KAPPELMEYER 1966) sind in der Umgebung noch weitere Kohlensäureaustritte festzustellen. Soweit feststellbar, erfolgt der CO<sub>2</sub>-Aufstieg auf Nordwest-Südost verlaufenden Störungen.

Fassungsanlage: Die Quelle wurde nach ihrer Wiederentdeckung im Jahre 1869 6 m tief aufgeschürft, das 2,40 m breite Quellbecken (nach einer Bauzeichnung vom 10. 7. 1908) mit einer Betonschicht in 3,60 m Tiefe abgedeckt und mit Ton bis 1,90 m unter Gelände aufgefüllt. — Die Quelle wurde bis zum Jahre 1945 für Bade- und Trinkkuren genutzt, heute nur noch für Trinkkuren.

Schüttung: Mittel 1955/64:  $5,1 \pm 0,5$  l/min.

Wassertemperatur: Mittel 1955/64:  $9,2 \pm 0,2^{\circ}$  C.

Wasseranalysen: 1869 (Neubauer, cit. STÖCKER 1896), 1895 (Dietrich, cit. Deutsches Bäderbuch 1907, BAUR 1920, UDLUFT 1962); 21. 10. 1916 (Städt. Untersuchungsamt Kassel); 29. 6. 1940 (Fresenius, cit. UDLUFT 1962, 1965 s. Tab. 1); 12. 1. 1950 (Fresenius, cit. UDLUFT 1962).

##### 3.1.2. Schloßquelle

Lage: Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 08 840, h. 56 65 370.

Mineralwasserspiegelhöhe: 227,80 m ü. NN.

Geologische Position: unter sandigem pleistozänen Ton stehen vermutlich Kiesel-schiefer des Unterkarbon oder Diabas an. Bei den CO<sub>2</sub>-Bodenluftmessungen in den Jahren 1963 und 1965 wurden keine Kohlensäureaustritte in der Umgebung festgestellt (KAPPELMEYER 1966).

**Fassungsanlage:** Die Quelle wurde im Jahre 1877 entdeckt. Vier Tonrohre münden in den 2,47 m tiefen Schacht, 0,4 m über Schachtsohle; eines dieser Rohre führt aus einer 25 m tiefen Bohrung, von der Schichtenverzeichnis und Aufbauzeichnung nicht mehr vorhanden sind. Zeit der Bohrung ist ebenfalls nicht bekannt. — Die Quelle wird nicht genutzt.

**Schüttung:** Mittel aus den Jahren 1955/64:  $8,9 \pm 2,5$  l/min.

**Wassertemperatur:** Mittel 1955/64:  $10,0 \pm 0,3^{\circ}$  C.

**Wasseranalysen:** 1899 (Dietrich, cit. Deutsches Bäderbuch 1907); 28. 2. 1941 (Fresenius, Tab. 1).

### 3.1.3. Georg-Viktor-Quelle (früher Stadtbrunnen)

Zur Georg-Viktor-Quelle gehören eine Quelfassung und zwei Bohrungen (Bohrung A und Bohrung B).

**Lage:** (Quelle): Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 07 205, h. 56 64 105; Bohrung A 84 m südwestlich der Quelle, Bohrung B 13,6 m nordöstlich der Quelle.

**Höhenlage des Überlaufs der Quelle:** 300,28 m ü. NN, Bohrung A Wasserspiegel 304,90 m ü. NN, Bohrung B 300,80 m ü. NN.

**Geologische Position:** unter 2—3 m Lehm oder Schutt folgen bis 6 m mächtige Torf- oder stark humose Tonlagen, darunter Tonschiefer des Mitteldevon (Wissenbacher Schiefer). Die Bohrungen hatten folgende Ergebnisse: Bohrung A (10. 12. 1957 bis 16. 5. 1958), geologisch bearbeitet von Prof. Dr. Udluft und Dr. Rabien (Hessisches Landesamt für Bodenforschung):

- 0 — 11,6 m vorwiegend Ton mit Geröllen (Pleistozän)
- 38,0 m Tonschiefer, schwarz, feinschichtig (Mitteldevon)
- 47,0 m wie vor, mit dünnplättigen Sandsteinen (Mitteldevon)
- 250,0 m Tonschiefer, wie vor, mit Quarz- und Pyritbrocken (Mitteldevon).

Mineralwasseraustritte nach einer Schlumberger-Messung (20. 5. 1958) gehäuft bei 115 m u. Gel. und zwischen 124 m und 131 m u. Gel., CO<sub>2</sub>-Zutritte stark bei 127,70 und 129,90 m u. Gel.

Bohrung B (18. 2. — 31. 3. 1959) geologisch bearbeitet wie Bohrung A:

- 0 — 9,0 m Schutt und Lehm (Pleistozän)
  - 11,0 m Lehm und Tonschiefer (Pleistozän)
  - 44,7 m Tonschiefer, dunkelgrau bis schwarz, mit fein verteiltem Pyrit, im unteren Teil quarzdurchtrübert (Mitteldevon, Wissenbacher Schiefer)
- Mineralwasseraustritte oberhalb 31 m u. Gel., darunter Wasser stark ausgesüßt.

**Fassungsanlage:** Die Georg-Viktor-Quelle (früher Stadtbrunnen) wurde schon sehr früh genutzt. Im Jahre 1378 wurde das Wasser in einer durch Hermann Schmenky verlegten Rohrleitung der Nieder-Stadt Wildungen zugeleitet. Zeichnungen von Brunnenhäusern aus den Jahren 1572, 1640, 1666 und 1875 gibt BAUR (1920) wieder. Die jetzige Fassung stammt aus dem Jahre 1890 und ist bis 3,59 m u. Gel. (= Fußboden Wandelhalle) eingetieft, nach BAUR (1929) bis in die anstehenden Tonschiefer.

Bohrung A: Ausbau: perforiertes Kupfer-Produktionsrohr NW 150 200 bis 100 m u. Gel. (Bohrloch von 200 bis 250 m u. Gel. nicht ausgebaut, da Mineralwasser ver-süßt), von 0—100 m u. Gel. vollwandig, Zementierung 0—100 m u. Gel.

Bohrung B: ausgebaut von Oberkante Gelände bis 31,1 m u. Gel., abgedichtet bis 7,5 m u. Gel.; Produktionsrohr OBO NW 250 bis 31,10 m u. Gel.

Schüttung: der Georg-Viktor-Quelle, Mittel 1955/58:  $14,5 \pm 1,4$  l/min. Boh-rung A lief nach Abschluß der Bohrarbeiten mit 4 l/min. über, mittlere Entnahme 1959—64:  $10,5 \pm 5,9$  l/min. Bohrung B Pumpversuch 13. 3. — 29. 4. 1959: Ruhe-spiegel 1,75 m u. Gel., bei 88,5 l/min. abgesenkt auf 5,20 m u. Gel.; Leistung inzwischen stark zurückgegangen, mittlere Entnahme 1961/64:  $31,2 \pm 17$  l/min. Die Entnahme aus den Brunnen A und B hatte anfangs (seit dem Jahre 1959) die Georg-Viktor-Quelle stark beeinträchtigt, besonders die  $\text{CO}_2$ - und  $\text{HCO}_3$ -Gehalte, bis 1963 hat sich die Mineralquelle bei geringerer Entnahme aus den Bohrungen weitgehend wieder er-holt und hat heute ähnliche Gehalte wie in den Jahren vor Erstellung der Bohrungen er-reicht.

Wassertemperatur: Georg-Viktor-Quelle: älteste Messungen (STUCKE 1791) im September 1789 mit  $10,8^\circ \text{C}$  ( $51,5^\circ \text{F}$ ), Mai 1833 (nach DREVES & WIGGERS 1835)  $10,6^\circ \text{C}$  (=  $8,5^\circ \text{R}$ ), Mittel der Jahre 1955/58  $10,4 \pm 0,8^\circ \text{C}$ . Bohrung A Mittel 1959/64:  $11,4 \pm 1,6^\circ \text{C}$ . Bohrung B Mittel 1961/64:  $10,7 \pm 0,5^\circ \text{C}$ .

Wasseranalysen: Älteste Analysen von Proben September 1789 (STUCKE 1791, 1831) sind unvollständig und nicht mehr auswertbar; auswertbare Analysen: Mai 1833 (Wiggers, cit. DREVES & WIGGERS 1835, SIMON 1839, LERSCH 1860, umgerechnete Ana-lyse Tab. 2); 8. 10. 1859 (Fresenius, cit. FRESENIUS 1860); 1892 (Fresenius, cit. Deut-sches Bäderbuch 1907, BAUR 1920); 12. 2. 1936 (Fresenius, Tab. 1); Analyse des Wassers aus der Bohrung B vom 10. 1. 1962 (Müller, Bad Nauheim, cit. UDLUFT & HORN 1965).

#### 3.1.4. B a d e q u e l l e

L a g e (Zentralschacht): Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 07 310, h. 56 64 155 (120 m westlich der Georg-Viktor-Quelle).

H ö h e d e s Ü b e r l a u f s : 296,80 m ü. NN.

G e o l o g i s c h e P o s i t i o n : 9—10 m Moorboden, z. T. tonig; darunter Ton-schiefer des Mitteldevon (Wissenbacher Schiefer).

F a s s u n g s l a g e : Zur Badequelle sind mehrere Bohrungen und Quellen vereinigt; die Bohrungen wurden um das Jahr 1900 niedergebracht. Das anfallende Mineral-wasser läuft in den Zentralschacht (Sammelschacht). Im einzelnen bestehen noch fol-gende Fassungsanlagen:

1. der Zentralschacht selbst über der Bohrung 2, Tiefe 14,25 m u. Gel., verfiltert von 8,0 m u. Gel. bis Sohle;
2. Bohrloch 0 über der eigentlichen Badequelle, etwa 3 m neben dem Zentralschacht, 12,92 m tief, verfiltert 8,6—12,6 m u. Gel.;



3. die Bohrungen 4 (13,2 m tief, verfiltert 7—13 m u. Gel.), 8 (12 m tief, verfiltert 8,3—11 m u. Gel.) und 9 (12,6 m tief, verfiltert 8,3—12,5 m u. Gel.);

4. die Grottenquelle 100 m westlich des Zentralschachtes.

Die Bohrungen 8 und 9 stehen in enger Beziehung zur Georg-Viktor-Quelle, bei zu starker Inanspruchnahme der Bohrungen geht die Schüttung der Georg-Viktor-Quelle zurück, der Mineralgehalt nimmt ab, die Quelle süßt mehr und mehr aus. Deshalb sind die Schieber dieser Brunnenausläufe meistens geschlossen und werden nur zu Zeiten starken Badebetriebes geöffnet.

Schüttung: Badequelle (1955/64):  $13,8 \pm 6,8$  l/min., Grottenquelle (1955/60):  $8,7 \pm 1,4$  l/min.

Wassertemperatur: Am 10. 10. 1859:  $10,2^{\circ}$  C; Mittel 1955/64: Badequelle:  $9,5 \pm 0,3^{\circ}$  C; Grottenquelle:  $9,0 \pm 0,4^{\circ}$  C.

Wasseranalyse: Älteste Analyse von Stucke (um 1825, cit. bei SIMON 1839) unvollständig und nicht auswertbar; 10. 10. 1859 (Fresenius, cit. FRESENIUS 1869, Deutsches Bäderbuch 1907); 26. 6. 1940 (Fresenius, Tab. 1).

### 3.1.5. Helenenquelle (früher Salzbrunnen)

Lage: Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 08 100, h. 56 62 810.

Mineralwasserspiegelhöhe (Brunnen): 271,37 m ü. NN (vor der Bohrung in der Quelle: 267,00 m ü. NN).

Geologische Position: Die Brunnenbohrung (ausführlich von UDLUFT 1952 beschrieben) hatte folgendes Profil (zusammengefaßt):

- 0 — 2,6 m Auelehm und Talschotter (Quartär)
- 40,3 m Tonschiefer, dunkelgrau (Unterkarbon)
- 54,2 m Tonschiefer, fast schwarz (Unterkarbon)
- 73,4 m Kieselschiefer (Unterkarbon).

Der Mineralwasserzulauf erfolgt über das gesamte Profil. BAUR (1929) berichtete, daß im Tal des Sonderbaches in der Umgebung der Helenenquelle weitere Kohlensäureaustritte zu beobachten waren. CO<sub>2</sub>-Bodenluftmessungen im Oktober 1963 (KAPPELMEYER 1966) bestätigten diese Angaben. Das CO<sub>2</sub>-Maximum mit 7,8 Vol. % lag 10 m westlich des Brunnens. — Das Kluftsystem in der Umgebung der Helenenquelle wurde von UDLUFT eingehend untersucht. Wichtigste Quellaufstiegswege scheinen die Ostwestgerichteten Störungen zu sein. — Die BAUR'schen Untersuchungsergebnisse an der Helenenquelle wurden bereits zitiert (Abschnitt 2.4).

Fassungsanlage: Die erste Fassung wurde im Jahre 1696 angelegt, aber erst seit dem Jahre 1870 für Trinkkuren herangezogen. Die Fassung war 5,50 m tief. Die Brunnenbohrung wurde von Dezember 1950 bis Februar 1951 niedergebracht.

Ausbau: 0—25 m geschlitzte Eichenholzrohre NW 250, 25—50 m u. Gel. Gußeisenrohre NW 400.

**Brunnenleistung:** Nach Abschluß der Bohrung wurde ein Überlauf von 40 l/min. gemessen, die Schüttung der alten Quelfassung ging auf 5 l/min. (vorher 10 l/min.) zurück.

**Mittlere Entnahme aus dem Brunnen in den Jahren 1955/64:**  $29,8 \pm 0,8$  l/min.

**Wassertemperatur:** September 1789:  $12,2^{\circ}$  C (=  $54^{\circ}$  F), Mai 1833:  $10^{\circ}$  C (=  $8^{\circ}$  R), 10. 10. 1859:  $11,5^{\circ}$  C, 12. 2. 1936:  $10,0^{\circ}$  C, Mittel 1955/64 (Brunnen):  $12,1 \pm 0,2^{\circ}$  C.

**Wasseranalysen:** Älteste Analyse von Proben entnommen im September 1789 (STUCKE 1791) unvollständig und nicht auswertbar; Mai 1833 (Wiggers, cit. DREVES & WIGGERS 1835, SIMON 1839, LERSCH 1960, Umrechnung Tab. 2); 10. 10. 1859 (Fresenius, cit. FRESENIUS 1860, Deutsches Bäderbuch 1907, UDLUFT 1952, 1962); 5. 1. 1909 (Fresenius, cit. BAUR 1920, UDLUFT 1960); 12. 2. 1936 (Fresenius, cit. UDLUFT 1952, 1957, 1962, Tab. 1); 28. 10. 1957 (Fresenius, cit. UDLUFT 1962, Tab. 1, UDLUFT & HORN 1965).

### 3.1.6. Talquelle (früher Thal-Brunnen)

**Lage:** Blatt 4920 Armsfeld — r. 35 06 540, h. 56 62 420.

**Mineralwasserspiegelhöhe:** 340,56 m ü. NN.

**Geologische Position:** Tonschiefer (Unterkarbon, nach BAUR 1929).

**Fassungsanlage:** Quelle bereits von WOLFIUS (1580) erwähnt, nach FRESENIUS (1860) durch ein hölzernes Faß gefaßt, von BAUR im Jahr 1900 erneuert in einer Haupt- und zwei Nebenfassungen, ferner wurde eine Bohrung 22 m tief in die Tonschiefer niedergebracht.

**Schüttung:** 11. 10. 1859: 1,5 l/min. (FRESENIUS 1860), die Schüttungsmessungen von BAUR (1929) in den Jahren 1900 bis 1907 erbrachten ähnliche Beziehungen Niederschlag-Grundwasserspiegelgang-Schüttung wie bei der Helenenquelle; nach BAUR (1929) betrug die mittlere Schüttung vor der Neufassung im Jahre 1900 7 bis 8,5 l/min., nach der Neufassung im Mittel 32 l/min.; Schüttung am 13. 3. 1942: 22 l/min.

**Wassertemperatur:** September 1789 (STUCKE 1791)  $10,8^{\circ}$  C ( $51,5^{\circ}$  F), Mai 1833:  $10,9^{\circ}$  C (nach DREVES & WIGGERS 1835, SIMON 1839); 11. 10. 1859:  $9,4^{\circ}$  C (FRESENIUS 1860); 28. 6. 1940:  $7,6^{\circ}$  C.

**Wasseranalysen:** Älteste Analyse einer Probe vom September 1789 (STUCKE 1791) nicht auswertbar; Mai 1833 (Wiggers, cit. DREVES & WIGGERS 1835, SIMON 1839, LERSCH 1860, Tab. 2); 11. 10. 1859 (Fresenius, cit. FRESENIUS 1860, Deutsches Bäderbuch 1907, BAUR 1920, UDLUFT 1962); 28. 6. 1940 (Fresenius, cit. UDLUFT 1962, Tab. 1).

### 3.1.7. Stahlquelle früher Brückenbrunnen)

**Lage:** Blatt 4920 Armsfeld — r. 35 06 035, h. 56 62 375.

**Mineralwasserspiegelhöhe:** 351,97 m ü. NN.

**Geologische Position:** Tonschiefer (Mitteldevon, Wissenbacher Schiefer).

**Fassungsanlage:** FRESENIUS (1859) berichtet von einer alten Fassung, die seinerzeit nur noch in Resten vorhanden war. Das Wasser kam aus einer Felsspalte. Im Jahre 1896 wurde von Eigel eine primitive Fassung aufgesetzt und durch eine Tonummantelung ( $2 \times 2$  m) gegen seitlich eindringendes Wasser geschützt.

**Schüttung:** 11. 10. 1859 (FRESENIUS 1860): 2,2 l/min., mittlere Schüttung 1900—1906 (BAUR 1929): 6,4 l/min., Mittel 1955/64:  $5,5 \pm 0,4$  l/min.

**Wassertemperatur:** 9. 10. 1859 (FRESENIUS 1860)  $9,9^{\circ}$  C; Mittel 1955/64:  $7,4 \pm 0,3^{\circ}$  C.

**Wasseranalysen:** 11. 10. 1859 (Fresenius, cit. FRESENIUS 1860, Deutsches Bäderbuch 1907, BAUR 1920, UDLUFT 1962); 6. 12. 1940 (Fresenius, cit. UDLUFT 1957, 1962, Tab. 1).

### 3.1.8. Hotel Quellenhof Bad Wildungen

**Lage:** Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 07 78, h. 56 64 38.

**Höhenlage der Fassung:** ca. 300 m ü. NN.

**Geologische Position:** Tonschiefer des Unterkarbon.

**Fassung:** Im Keller des Hotels liegt die Fassung eines kleinen Eisensäuerlings. Der Ablauf soll durch Dränrohre zum Garten des Hotels erfolgen. Schüttung und weitere Einzelheiten sind nicht mehr bekannt. Der Auslauf soll früher in „einem knapp fingerdicken Strahl“ erfolgt sein. — Die Quelle wird nicht genutzt.

## 3.2. Die Mineralquellen in Bad Wildungen — Reinhardshausen

### 3.2.1. Reinhardtsquelle (früher Reinershäuser-Brunnen)

**Lage:** Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 05 785, h. 56 63 960.

**Höhenlage des Überlaufes (Trinkhalle):** 322,04 m ü. NN.

**Geologische Position:** Tonschiefer des Mitteldevon (Wissenbacher Schiefer) unter pleistozäner Überdeckung.

**Fassung:** Quelle genutzt schon vor dem Jahre 1619, Fassung von OVELGUN (1725) beschrieben. Jetzige Fassung aus dem Jahre 1894. Fassung nicht zugänglich (unter der Trinkhalle), soll aus einem 5 m tiefen Betonschacht bestehen.

**Schüttung:** im Jahre 1894: 7,5 l/min., Mittel 1955/61:  $3,5 \pm 0,4$  l/min.

**Wassertemperatur:** im Jahre 1894:  $9,6^{\circ}$  C, Mittel 1955/64:  $11,0 \pm 0,8^{\circ}$  C.

**Wasseranalysen:** 1894 (Dietrich, cit. Deutsches Bäderbuch 1907, BAUR 1920); 7. 12. 1940 (Fresenius, Tab. 1); 14. 5. 1962 (Fresenius, cit. UDLUFT & HORN 1965).

### 3.2.2. Görnerquelle (früher Namenlose Quelle)

**Lage:** Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 05 735, h. 56 63 920.

**Höhenlage des Überlaufes:** 324,25 m ü. NN. (Ruhewasserspiegel September 1959: 325,02 m ü. NN).

**Geologische Position:** Tonschiefer des Mitteldevon (Wissenbacher Schiefer) unter einer 2,15 m mächtigen pleistozänen Überdeckung aus Lehm.

**Fassung:** nach Untersuchungen der Kohlensäureaustritte in einer  $3 \times 5,5$  m großen Baugrube (Juni 1959) wurde im Juli 1959 eine 12,50 m tiefe Bohrung niedergebracht. Die Bohrung wurde von 12,50 m u. Gel. bis 2,10 m u. Gel. mit einem Kupfer-Filter-Rohr NW 150 ausgebaut und bis Pumpenhaussohle (1,10 m u. Gel. bis 2,10 m u. Gel.) abgedichtet.

**Brunnenleistung:** Der Brunnen lief nach Fertigstellung der Bohrung mit 8 l/min. frei über. Pumpversuche im Anschluß an die Bohrung (April bis Juni 1960 mit Unterbrechungen) ergaben bei einer Absenkung von 1,46 m unter Überlaufhöhe (= 1,58 m unter Ruhespiegel September 1959) eine Leistung von 30 l/min., ohne daß die benachbarte, 55 m entfernte Reinhardsquelle beeinflusst wurde. Die Pumpversuche hatten ergeben, daß erst bei einer Absenkung des Wasserspiegels unter 322,0 m ü. NN (Überlaufhöhe der Reinhardsquelle 322,04 m ü. NN) eine Beeinflussung eintrat. Die bei dem Pumpversuch erzielte Leistung konnte aber nicht eingehalten werden, da zunehmend eine Abnahme des Kohlensäure- und Hydrogenkarbonatgehaltes festzustellen war. Die Entnahme beträgt zur Zeit (Herbst 1965) 10 l/min. Die mittlere Entnahme in den Jahren 1961/64 lag bei  $36,4 \pm 5,1$  l/min.

**Wasseranalysen:** 1960 (Fresenius), Herbst 1964 (Fresenius).

### 3.2.3. Tempelquelle (Schwefelquelle)

**Lage:** Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 05 575, h. 56 64 205.

**Mineralwasserspiegel:** 313,65 m ü. NN.

**Geologische Position:** Tonschiefer des Mitteldevon (Wissenbacher Schiefer).

**Fassungsanlage:** Die Tempelquelle wurde durch eine 149,50 m tiefe Bohrung in den Jahren 1901—1903 von Görner mit der Absicht erbohrt, in der Tiefe warmes mineralisiertes Wasser zu erschließen, jedoch ohne Erfolg. Einzelheiten der Schichtfolge und des Ausbaus sind nicht mehr bekannt. In einer Tiefe von 48 m soll das Mineralwasser zusetzen. Bereits im Jahre 1911 soll das Aufstiegsrohr korrodiert gewesen sein, nach anderen Notizen aus dem Jahre 1914 sollen Rohre bis auf 20 m unter dem Quellenspiegel in das Bohrloch abgerutscht sein. Das Wasser hat ursprünglich sehr stark nach Schwefelwasserstoff gerochen; deshalb ist die Tempelquelle den Ortsansässigen noch heute nur als Schwefelquelle bekannt. Das Wasser wird nur für Badezwecke verwandt.

**Schüttung** am 8. 12. 1940: 7,1 l/min.

**Wassertemperatur:** 8. 12. 1940: 9,4° C.

**Wasseranalyse:** 8. 12. 1940: (Fresenius, Tab. 1).

### 3.2.4. Schachtquelle

**Lage:** Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 05 585, h. 56 64 220.

**Mineralwasserspiegelhöhe:** 313,87 m ü. NN.

**Geologische Position:** Tonschiefer des Mitteldevon (Wissenbacher Schiefer).

**Fassung:** Die Schachtquelle liegt 9 m von der Tempelquelle entfernt, Bohrungen wurden von Görner in der gleichen Absicht wie bei der Tempelquelle niedergebracht. Nach alten Notizen sollen es drei Bohrungen gewesen sein:

1. ab 4. 10. 1897: Tiefe etwa 149,4 m;
2. daran anschließend bis zur gleichen Tiefe;
3. ab 11. 9. 1903: Tiefe etwa 150,5 m.

Welche der drei Bohrungen die heutige Schachtquelle ist, bleibt unbekannt; ebenfalls fehlen Schichtenverzeichnisse und Ausbauzeichnungen. Ursprünglich bestand angeblich kein hydraulischer Zusammenhang mit der Tempelquelle; dieser soll sich etwa seit 30 Jahren eingestellt haben, beide Wasserspiegel liegen heute annähernd in gleicher Tiefe.

**Schüttung:** 7. 12. 1940: 22,7 l/min.

**Wassertemperatur:** 7. 12. 1940: 9,6° C.

**Wasseranalyse:** 7. 12. 1940 (Fresenius, Tab. 1).

### 3.2.5. Prozeßquelle (links und rechts)

**Lage:** Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 05 260, h. 56 64 565.

**Höhenlage des Überlaufs:** ca. 305 m ü. NN.

**Geologische Position:** Fassung vermutlich nur in der pleistozänen Überdeckung über Tonschiefern des Mitteldevon (Wissenbacher Schiefer). CO<sub>2</sub>-Bodenluftmessungen im Oktober 1963 (KAPPELMEYER 1966) ergaben Kohlensäureaustritte in der näheren Umgebung der Quelle.

**Fassungsanlage:** vermutlich in den Jahren 1900—1905 wurden zwei Quellrohre abgestoßen (als Prozeßquelle links und Prozeßquelle rechts bezeichnet nach der Lage beim Eintritt in das Quellenhaus, Tür an der Südostseite). Das linke, südwestliche Quellenrohr soll 3,75 m, das rechte, nordöstliche 2,71 m tief sein. Die Mineralquellen sind durch Tonrohre gefaßt und münden in zwei aus Beton hergestellte Sammel-schächte, in die das Wasser einläuft.

**Schüttung:** 6. 12. 1940: Prozeßquelle links 12,4 l/min., Prozeßquelle rechts 13,7 l/min. Im Jahre 1959 (genaues Datum nicht mehr bekannt) betrug die Leistung beider Quellen bei einer Absenkung um 1,2 m unter Überlaufhöhe (= 2 m unter Geländeoberkante) 20 l/min., ist also gegenüber dem Überlauf aus dem Jahre 1940 mit 26,1 l/min. zurückgegangen.

**Wassertemperatur:** 6. 12. 1940: 9,9° C, Mittel der Jahre 1955/64: 9,9 ± 0,4° C.

**Wasseranalyse:** 6. 12. 1940: (Fresenius, je Quellenauslauf eine Analyse, Tab. 1).

**Vermerk:** siehe Gemeindequelle.

### 3.2.6. Gemeindequelle

**Lage:** Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 05 250, h. 56 64 610.

**Höhenlage des Einlaufes in den Quellentempel:** 304,35 m ü. NN.

**Geologische Position:** Quelle vermutlich in pleistozäner Überdeckung über Tonschiefern des Mitteldevon (Wissenbacher Schiefer).

**Fassungsanlage:** vermutlich angelegt in den Jahren 1900—1905. Das Wasser läuft durch ein Kupferrohr seitlich in den 2,45 m tiefen Quellentempel, Einlauf 2,00 m u. Gel.

**Schüttung:** am 5. 12. 1940: 24,6 l/min.; Mittel der Jahre 1955/63:  $28,0 \pm 6,1$  l/min.

**Wassertemperatur:** 5. 12. 1940:  $9,9^{\circ}$  C, Mittel der Jahre 1955/63:  $9,7 \pm 0,2^{\circ}$  C.

**Wasseranalyse:** 5. 12. 1940 (Fresenius, Tab. 1).

**Vermerk:** Bei Arbeiten zur Verlegung der Ortskanalisation südlich der unmittelbar vor der Quelle verlaufenden Straße Reinhardshausen—Albertshausen ereignete sich am 11. 11. 1964 ein Mineralwasserdurchbruch. In dem 5—6 m tiefen Graben standen unter grauem Auelehm bis 0,5 m mächtige Flachmoortorfe sowie bis zur Sohle Kies und Grobsand an. In der Prozeßquelle (40 m entfernt) sank der Mineralwasserspiegel um 1 m, gleichzeitig ging in der Gemeindequelle die Schüttung von 11 auf 9 l/min. zurück. Das Grabenwasser hatte einen Hydrogenkarbonatgehalt von 451 mg/l, das der Gemeindequelle 622 mg/l, der Kohlensäuregehalt betrug 374 mg/l, Mittel der Gemeindequelle Januar bis April 1964: 1330 bis 1410 mg/l. Ein Zusammenhang des Grabenwassers mit dem der Gemeindequelle war damit erwiesen. Der Graben wurde mit Ton abgedichtet, an der Gemeindequelle und der Prozeßquelle stellten sich danach wieder die alten Schüttungs- und Mineralgehaltsverhältnisse ein. — Bei gleichen Arbeiten ereignete sich ein erneuter Durchbruch mineralisierten Wassers am 1. 7. 1966 ca. 70 m westlich der Gemeindequelle in einer Tiefe von 2 m, auf der westlichen Tal-seite des Wilde-Baches. Bei einem Gehalt von 350 mg/l freier Kohlensäure, 430 mg/l Hydrogenkarbonaten und einer Gesamthärte von  $10^0$  dH betrug der Zulauf in die  $2,5 \times 1,7$  m große und 2,5 m tiefe Baugrube am 27. 7. 1966: 50 l/min.

### 3.3. Die Mineralquellen in Bad Wildungen — Reitzenhagen

#### 3.3.1. Bilsteinquelle (= Molkenstoffel — = Vorloquelle)

**Lage:** Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 07 060, h. 56 65 725.

**Höhenlage des Mineralwasserspiegels:** ca. 260 m ü. NN.

**Geologische Position:** Kieselschiefer des Unterkarbon unter 5 m pleistozäner Überdeckung.

**Fassungslage:** Die erste Fassung wurde im Jahre 1705 (nach OVELGUN 1725), die jetzige im Jahre 1890 angelegt, sie ist 2,5 m tief. Im Jahre 1929 wurde 4,5 m oberhalb (westlich) der Quellfassung eine 29,6 m tiefe Bohrung mit einem Durchmesser von 300 mm in die Kieselschiefer niedergebracht und im Jahre 1949 neu verfiltert, da das alte Filterrohr korrodiert war. Die Wasserspiegel beider Fassungsanlagen liegen in gleicher Tiefe.

**Quellschüttung bzw. Brunnenleistung:** Quelle: 15. 1. 1930: ca. 2 l/min.; Brunnen: Überlauf am 15. 1. 1930: 33,5 l/min.; bei Pumpversuchen wurden stärkere Leistungsschwankungen festgestellt; vom 20.—26. 9. 1929 wurde bei einer Absenkung des Wasserspiegels um 3 m eine Leistung von 75 l/min. erzielt, in einem wei-

teren Pumpversuch vom 19.—27. 10. 1929 bei der gleichen Absenkung von 3 m eine Leistung von 120 l/min. Am 28. 2. 1941 betrug der Überlauf beider Fassungsanlagen zusammen 46 l/min., am 3. 10. 1952 bei einer Spiegellage von 1,65 m u. Gel. etwa 100 l/min.

Auf der gegenüberliegenden (südlichen) Straßenseite, etwa 20 m von der Bilsteinquelle entfernt, war im Jahre 1906 von dem Sanitätsrat Dr. Rörig eine 5 m tiefe Grube ausgehoben, die Mineralwasser antraf (Rörig-Quelle). Diese Quelle stand in enger hydraulischer Beziehung zur Bilsteinquelle (Absinken des Wasserspiegels bei den Pumpversuchen im Jahre 1929), und war auch chemisch sehr ähnlich (siehe Analyse bei BAUR 1920). Die Grube ist inzwischen wieder verfüllt.

Bei Verlegung der Kanalisation im Sommer 1954 wurde die Bilsteinquelle nicht nachteilig beeinflusst.

Wassertemperatur: November 1915 (BAUR 1920) 9,2° C; 28. 2. 1941: 7,8° C; 14. 3. 1950: 9,1° C; Mittel 1955/64: 9,2 ± 0,6° C.

Wasseranalysen: 1910 (Allendorf, cit. BAUR 1920); November 1915 (unvollständige Kontrollanalyse von Baur, cit. BAUR 1920); 28. 2. 1941 (Fresenius, Tab. 1); 14. 3. 1950 (Fresenius).

### 3.3.2. Mineralquelle Obermühle

Lage: Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 07 620, h. 56 65 615.

Höhenlage des Überlaufs: ca. 254 m ü. NN.

Geologische Position: Mineralwasserzulauf aus pleistozänem Schutt über Kieselschiefern des Unterkarbon (Kulm).

Fassungsanlage: Die Quelle ist in privatem Besitz, liegt unmittelbar neben einer Scheune, ca. 4 m von dem Wilde-Bach entfernt, primitive Fassung aus einem Betonrohr, das 0,8 m tief eingelassen wurde. Bei Aushebung eines Grabens zur Verlegung der Kanalisation im Herbst 1963 fiel die Quelle für einige Monate trocken, erholte sich aber nach Zuschütten des Grabens wieder.

Schüttung: 3. 1. 1966: 1,2 l/min.

Mineralwassertemperatur: am 3. 1. 1966: 6,2° C.

Wasseranalysen: 3. 1. 1966 (Thielicke, Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Tab. 3).

### 3.3.3. Johanniterquelle

Lage: Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 08 090, h. 56 65 455.

Höhenlage des Überlaufes: ca. 245 m ü. NN.

Geologische Position: Kieselschiefer des Unterkarbon (Kulm), von pleistozänem Talschutt überdeckt.

Fassungsanlage: Quelle im Jahre 1909 etwa 5,80 m tief gefaßt, Fassung durch Betonlage abgedeckt, Überlauf ca. 1 m u. Geländeoberkante.

Schüttung: 28. 5. 1946: 8,5 l/min.; eingestellte Pumpleistung (im Jahre 1965): 15,8 l/min.

Wassertemperatur: 28. 5. 1946: 8° C.

Wasseranalysen: 28. 5. 1946: (Fresenius, Tab. 1); 1958 (Fresenius).

### 3.4. Die Mineralquellen in Kleinern

#### 3.4.1. Bathildisquelle (= Hammerbrunnen)

Lage: Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 05 090, h. 56 67 390.

Höhenlage des Mineralwasserspiegels: ca. 234 m ü. NN.

Geologische Position: Fassungsanlage steht in Talkiesen, unter diesen vermutlich Kieselschiefer an der Grenze der Überschiebung im Wesebachtal gegen mitteldevonische Tonschiefer (nördlich des Wesebachtals).

Fassungsanlage: Die Mineralwasserquellen in Kleinern wurden schon im Jahre 1619 erwähnt und von OVELGUN (1725) beschrieben. Quellfassung 2 m tief. — Quelle nicht genutzt.

Schüttung: 27. 6. 1941: 8,2 l/min.; Mittel 1955/64:  $7,5 \pm 0,6$  l/min.

Wassertemperatur: November 1917:  $9,1^{\circ}$  C (BAUR 1920); Mittel 1955/64:  $9,6 \pm 0,4^{\circ}$  C.

Wasseranalysen: Älteste Analyse um das Jahr 1820 (Stucke, cit. SIMON 1839) unvollständig und nicht auswertbar; 1905 (Alexander, cit. BAUR 1920); 26. 2. 1941: (Wagner, Bad Salzbrunn, Tab. 1).

#### 3.4.2. Dorfquelle (Dorfbrunnen)

Lage: Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 04 620, h. 56 67 085.

Höhenlage des Mineralwasserspiegels: ca. 239 m ü. NN.

Geologische Position: Talkies, darunter Tonschiefer des Mitteldevon.

Fassungsanlage: Ähnlich Bathildisquelle, 1,8 m u. Gel. tief — Quelle nur zu Trinkzwecken genutzt.

Schüttung: 27. 6. 1941: 2,3 l/min.; Mittel 1955/64:  $4,8 \pm 0,7$  l/min.

Wassertemperatur: August 1917:  $8,5^{\circ}$  C (BAUR 1920); Mittel 1955/64:  $9,4 \pm 0,3^{\circ}$  C.

Wasseranalysen: Älteste Analyse um das Jahr 1825 (Stucke, cit. STUCKE 1831, SIMON 1839) unvollständig und nicht auswertbar; unvollständige Teilanalyse August 1917 (Baur, cit. BAUR 1920); 26. 2. 1941 (Wagner, Bad Salzbrunn, Tab. 1).

#### 3.4.3. Mühlbrunnen

Lage: Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 04 500., h. 56 66 925.

Höhenlage des Mineralwasserspiegels: ca. 239 m ü. NN.

Geologische Position: 2,5 m Auelehm und Kies (Pleistozän), bis Fassungs-  
sohle (4 m unter Gelände) Tonschiefer des Mitteldevon (Wissenbacher Schiefer).

Fassungsanlage: Ursprünglich war in die Quelle ein Holzfaß gesetzt, im Jahre 1954 wurde die Fassung erneuert. Dabei wurde eine  $9,5 \times 5$  m große Grube ca. 2 m tief ausgehoben, in der Nordecke bis 4 m u. Gel. Die Grube wurde mit Kies aufgefüllt und durch Ton abgedeckt, in der tiefsten Aushubstelle ein Steigrohr mit einem 2 m langen Filter eingesetzt. — Die Quelle wird nicht genutzt.



Schüttung: Mittel der Jahre 1955/64:  $34,3 \pm 3,7$  l/min.

Wassertemperatur: Mittel 1955/64:  $10,1 \pm 0,2^{\circ}$  C.

Wasseranalyse: Älteste Analyse wie Bathildis- und Dorfquelle bei SIMON (1839), aber nicht auswertbar; 26. 2. 1941 (Wagner, Bad Salzbrunn, Tab. 1).

#### 3.4.4. Domänenquelle

Lage: Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 06 235, h. 56 68 055.

Höhenlage des Mineralwasserspiegels: ca. 222 m ü. NN.

Geologische Position: wie Bathildisquelle.

Fassung: primitive Fassung durch aufgesetzten Holzkasten, Quelle nicht genutzt.

Schüttung: nicht meßbar, da die Mündung eines angeblich vorhandenen Überlaufs zum Wese-Bach nicht mehr auffindbar ist.

Wassertemperatur: am 15. 12. 1965:  $9,5^{\circ}$  C.

Wasseranalyse: 3. 1. 1966 (Thielicke, Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Tab. 3).

### 3.5. Andere Quellen

#### 3.5.1. Erfolgreiche Erschließungsversuche

##### 3.5.1.1. Bad Wildungen, Bornebachtal

Lage: Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 08 05, h. 56 64 89, ca. 260 m ü. NN, Schachtbrunnen, 5—6 m tief, sollte Mineralwasser erschließen, der Versuch war jedoch nur z. T. erfolgreich; am 3. 1. 1966 wurde ein Kohlensäuregehalt von ca. 350 mg/l festgestellt (nach der Methode Haertel), Wassertemperatur  $8^{\circ}$  C, Analyse 3. 1. 1966 (Thielicke, Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Tab. 3).

##### 3.5.1.2. „Wittekind-Brunnen“, Bad Wildungen, Uhrenbachtal

Lage: Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 07 25, h. 56 63 37, ca. 300 m ü. NN. Die Bohrung wurde im Auftrag des Herren Wittekind (Bad Wildungen) im Jahre 1902 bis in eine Tiefe von 24,88 m in Tonschiefer des Unterkarbon niedergebracht; Überlauf im Juni 1903: 4 l/min.; Wassertemperatur am 7. 10. 1965:  $9,2^{\circ}$  C. BAUR (1929) fand bei einer Untersuchung des Wassers keine Kohlensäure.

3.5.1.3. Weder die Brunnen der Stadt Bad Wildungen im Tal des Großen Brunnen (1,5 km südöstlich des Ortskernes, r. 35 10 11, h. 56 63 71, 243 m ü. NN, im Karst der Devon- und Zechsteinkalksteine, Gesamtförderung ca. 60 l/sec.) noch der Quellendurchbruch beim Neubau der Kläranlage (r. 35 10 58, h. 56 65 20, 208 m ü. NN, 1,2 km östlich der Königsquelle, Karst der Zechsteinkalksteine, 8—11 l/sec.) am 15. 4. 1961 haben mineralisiertes Wasser gebracht.

### 3.5.2. Unbeabsichtigte Erschließung oder Teilerschließung von Mineralwässern in der weiteren Umgebung von Bad Wildungen

#### 3.5.2.1. Wassererschließung für Bad Wildungen im Edertal, 0,5 km südöstlich Ortskern Anraff

L a g e : Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 10 28, h. 56 67 22, ca. 195 m ü. NN; Bohrung im Jahre 1955 bis 60,2 m u. Gel. in Ton- und Kalk-/Dolomitsteinen des Zechstein niedergebracht, traf bei ca. 50 m u. Gel. Mineralwasser an. Nach einer Analyse des Stadtkrankenhauses Bad Wildungen einer Probe vom 2. 3. 1955 betrug der Abdampfrückstand 2,05 g/l, Chloridgehalt 493 mg/l, die Gesamthärte 49,6<sup>0</sup> dH, Karbonathärte 24,4<sup>0</sup> dH, der Gehalt an gebundener Kohlensäure 101,4 mg/l. Das Bohrloch wurde wieder verfüllt.

#### 3.5.2.2. Wassererschließung für die Stadt Bad Wildungen im Edertal, 1 km nordwestlich Ortskern Anraff

L a g e : Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 09 65, h. 56 6862, ca. 192,5 m ü. NN. Bohrung im Jahre 1960 bis 74,0 m u. Gel. in Ton- und Kalk-/Dolomitsteinen des Zechstein niedergebracht; Brunnenleistung beim Pumpversuch 28. 4. — 19. 5. 1961 7 l/sec. bei Absenkung von 2,8 m u. Gel. (Ruhespiegel) auf 4,7 m u. Gel. Die Analyse vom 12. 5. 1964 (Hygiene-Institut der Universität Marburg) wies einen Mineralgehalt von 1,2047 g/l (Summe der Äquivalent-Gewichte in mval: 17,30) aus, freie Kohlensäure 110,0 mg/l. Nach Inbetriebnahme des Brunnens stieg der Mineralgehalt (Analyse einer Probe vom 6. 1. 1965) auf 1,460 g/l (Summe der Äquivalent-Gewichte in mval: 22,0). Die Brunnenleistung mußte deshalb wieder gedrosselt werden.

3.5.2.3. Etwas erhöhte Mineralgehalte hat auch der Brunnen der Gemeinde Affoldern (Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 05 84, h. 56 70 42, auf 198 m NN, 12 m tief, freie Kohlensäure 98,0 mg/l, Chloridgehalt 58 mg/l, Sulfatgehalt 59,0 mg/l, Gesamthärte 16,9<sup>0</sup> dH, Karbonathärte 12,3<sup>0</sup> dH).

3.5.2.4. Bei Bauarbeiten wurde im Sommer 1931 ein Eisensäuerling im Sonderbach-Tal (Bad Wildungen) 350 m oberhalb des Schwimmbades (bei r. 35 08 24, h. 56 64 00, 260 m ü. NN) festgestellt, der jedoch wieder zugeschüttet wurde.

3.5.2.5. Ebenfalls ein Eisensäuerling wurde bei Ausschachtungsarbeiten an der Sohle der Edersee-Staumauer gefunden; die Quelle hatte am 23. 5. 1911 eine Schüttung von 1,5—2 l/sec., der Kohlensäuregehalt wurde nicht festgestellt.

#### 3.5.2.6. Wassererschließungsversuch für die Stadt Bad Wildungen am Nordhang des Edertales, 1,5 km südöstlich Ortskern Bergheim

L a g e : Blatt 4820 Bad Wildungen — r. 35 11 10, h. 56 69 98, ca. 258 m ü. NN, 5 km nördlich der Königsquelle.

Die Bohrung wurde im März 1966 als Rotary-Spülbohrung ( $\phi$  120 mm) im Unteren Buntsandstein angesetzt und bis 248 m u. G. niedergebracht. Nach Erreichen der Schichten des Zechstein (Plattendolomit) bei 236,3 m u. G. stellte sich der Ruhespiegel auf 35 m u. G. (223 m ü. NN) ein. In einem neunstündigen Pumpversuch mit Druckluftwasserheber wurden 8—10 l/s Wasser gefördert. Dabei stieg die Gesamthärte von anfänglich 16° dH bis auf 49° dH an. Weitere chemische Untersuchungen wurden leider nicht ausgeführt. Interessant ist das Bohrergebnis aber deshalb, weil das offensichtlich mineralisierte Wasser eine Temperatur von 23 ° C hatte. Damit war im Gebiet von Bad Wildungen erstmalig warmes Mineralwasser gefunden. Das Bohrloch wurde wieder verfüllt.

#### 4. Die chemische Zusammensetzung der Mineralwässer (Tab. 1)

Da sich die chemische Zusammensetzung der Mineralwässer langfristig (Abschnitt 6) ändern kann, wurden solche Analysen in der Tabelle 1 zusammengestellt, die möglichst zur gleichen Zeit angefertigt wurden. Das ist der Fall gewesen in den Jahren 1940/41, als die Mehrzahl der Mineralquellen (mit Ausnahme der Helenenquelle, Georg-Viktor-Quelle und Johanniterquelle) untersucht wurde. Die Analysen der Mineralquellen in Bad Wildungen mit den Ortsteilen Reinhardshausen und Reitzenhagen wurden vom Institut Fresenius (Wiesbaden), der Quellen in Kleinern von Herrn Dr. Wagner (Staatl. Kurverwaltung Bad Salzbrunn, Chem. Laboratorium) ausgeführt. Von der Mineralquelle Obermühle in Bad Wildungen-Reitzenhagen und der Domänenquelle in Kleinern wurden bisher keine chemischen Analysen ausgeführt. Deshalb wurden Proben am 3. 1. 1966 entnommen und von Herrn Dipl.-Chem. Thielicke, Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, untersucht. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 3 zusammengefaßt.

Gemäß der balneologischen Terminologie (Deutscher Bäderverband 1958) sind die Mineralwässer von Bad Wildungen und Kleinern als kalte Natrium — Magnesium — Calcium — Hydrogenkarbonat — Chlorid- und Calcium — Magnesium — Hydrogenkarbonat-Säuerlinge und -Wässer charakterisiert. Im Folgenden werden Wassertemperatur und chemische Verteilung der Mineralquellen beschrieben und verglichen.

4.1. Die Mineralwassertemperaturen wechseln in den Mineralquellen von Bad Wildungen zwischen 7,6° C und 10,0° C, also um 2,4° C. Dabei wird von der Mineralquelle Obermühle (3.3.2) mit 6,2° C abgesehen, da sie offensichtlich stark Oberflächeneinflüssen unterliegt. Die niedrigsten Temperaturen wurden mit 7,6° C in der Tal- und der Stahlquelle gemessen, gefolgt von der Bilstein- (7,8° C) und der Johanniterquelle (8° C). Die Mineralquellen von Reinhardshausen, Reitzenhagen sowie die Schloß- und Georg-Viktor-Quelle sind mit 9—10° C etwas wärmer. Insgesamt sind die Temperaturunterschiede jedoch gering. Die durch tiefere Bohrungen erschlossenen Mineralwässer sind naturgemäß etwas wärmer (z. B. Brunnen der Helenenquelle mit 11,8° C). — Bei der Entnahme der Wasserproben aus den Mineralquellen in Kleinern wurde die Wassertemperatur nicht gemessen. Aus den mehrjährigen Messungen (Abschnitt 3.4) ergaben sich Mittel zwischen 9,4 und 10,1° C.

4.2. Die Natriumgehalte streuen erheblich. Sehr niedrige Gehalte haben die Quellen von Reinhardshausen mit 4 bis 15 mg/l (0,2—0,7 mval), wobei die geringsten

Gehalte in der Tal- und Stahlquelle festgestellt wurden. Zwischen 30 und 80 mg/l (1,3—3,5 mval) bleiben die Natriumanteile in der Bilsteinquelle, der Bade- und Georg-Viktor-Quelle sowie in der Schloßquelle. Besonders hohe Gehalte erreichen die Schloßquelle (79,9 mg/l = 3,46 mval), die Königsquelle (325,5 mg/l = 14,14 mval) und die Helenenquelle mit 661,1 mg/l = 28,75 mval. — Die Quellen von Kleinern mit Gehalten von 70,5—106,3 mg/l (3,2—4,6 mval) stehen den höherhaltigen Mineralquellen von Bad Wildungen nahe. Die Natriumgehalte nehmen von den schiefergebirgsrandnahen Mineralquellen (einschließlich Kleinern) nach dem inneren Teil des Kellerwaldes ab.

4.3. Grundsätzlich das gleiche Verteilungsbild wie die Natriumgehalte zeigen die Kaliumgehalte, nur sind die Anteile wesentlich geringer. In Reinhardshausen (außer Tempelquelle), Reitzenhagen, in der Stahl- und Talquelle sowie Bade- und Bilsteinquelle wurden weniger als 5 mg/l Kalium (0,13 mval) festgestellt, in der Georg-Viktor-Quelle 6,5 mg/l und in den Quellen am Kellerwaldrand 8 bis 18 mg/l (bis 0,46 mval). — In Kleinern bleiben die Gehalte ebenfalls unter 5 mg/l und unterscheiden sich damit etwas von dem Verteilungsbild der Natriumgehalte.

4.4. Die Calciumgehalte sind in den meisten Quellen höher als 100 mg/l und verleihen zusammen mit den ebenfalls höheren Magnesiumgehalten den Quellen ihren erdalkalischen Charakter. Auffallend gering ist dagegen der Anteil in der Stahlquelle mit 32,6 mg/l (1,64 mval) sowie der Schachtquelle und Tempelquelle (um 70 mg/l, 3,5 mval). In den anderen Mineralquellen in Reinhardshausen, Reitzenhagen, Kleinern (außer Dorfquelle) sowie der Schloßquelle bleiben die Gehalte zwischen 100 und 180 mg/l (bis 8,9 mval). Die schiefergebirgsrandnahen Quellen weisen wiederum die höchsten Gehalte auf. Dabei zeigt es sich, daß auch die Georg-Viktor-Quelle und die Badequelle im Gegensatz zur Alkaliverteilung hinsichtlich des Calciumgehaltes (über 200 mg/l) den randnahen Quellen ähnlich sind, das gleiche trifft für die Dorfquelle in Kleinern zu.

4.5. Eine gleiche Rolle wie bei den Alkaliën das Kalium spielt bei den Erdalkaliën das Magnesium. In der Stahl- und Schachtquelle wurden Gehalte von 30—35 mg/l (bis 2,9 mval) ermittelt, in den anderen Mineralquellen von Reinhardshausen 50—70 mg/l, Schloßquelle 80 mg/l, in den schiefergebirgsrandnahen Quellen (einschließlich Georg-Viktor-Quelle, Badequelle) solche von 110—252 mg/l (bis 20,7 mval). — Abweichend sind die Verhältnisse in Kleinern. Hier nehmen bezüglich der Magnesiumanteile Bathildisquelle und Mühlbrunnen mit Gehalten um 90 mg/l eine Mittelstellung ein, während die Dorfquelle mit 63,4 mg/l unter den Magnesium-Gehalten der anderen beiden Quellen bleibt.

4.6. Den höchsten Eisengehalt hat die deshalb auch so genannte Stahlquelle mit 21,5 mg/l (0,77 mval), eine der eisenreichsten Quellen Deutschlands. Alle anderen Quellen haben Eisenanteile zwischen 5 und 10 mg/l. Eisenarm sind Schloß- (3,0 mg/l) und Johanniterquelle (1,2 mg/l).

4.7. Am Mangan-reichsten ist die Talquelle mit 1,99 mg/l, gefolgt von der Stahl- (1,5 mg/l), der Gemeinde- (1,4 mg/l) und der Dorfquelle in Kleinern (1,2 mg/l). Am Mangan-ärmsten sind Tempel- und Schachtquelle (um 0,2 mg/l).

4.8. Unter den Anionen treten die Chloride und Sulfate gegenüber den Hydrogenkarbonaten zurück, doch sind sie für einige Quellen von besonderer Bedeutung, besonders die Chloride. So war die Helenenquelle schon seit langem als Salzbrunnen (Abschnitt 3.1.5) bekannt. Im Jahre 1936 wurden 619 mg/l (17,47 mval) festgestellt. Erhöht sind die Gehalte auch in der Königsquelle (498,2 mg/l). Die Mehrzahl der Quellen hat Gehalte unter 15 mg/l, auch die Georg-Viktor- und die Badequelle. Eine Zwischenstellung nehmen die Schloßquelle (63,7 mg/l = 1,8 mval) und die Mineralquellen in Kleinern (36—53 mg/l) ein.

4.9. Deutlich abweichend ist die Verteilung der Sulfate. Die chloridreichsten Quellen sind nicht auch die sulfatreichsten. Die höchsten Sulfatgehalte haben die Georg-Viktor- und Reinhardsquelle mit 59,2 mg/l (1,35 mval). Erst dann folgen Königsquelle und Schloßquelle (51—55 mg/l). Von der Gruppe unter 25 mg/l weichen noch ab die Badequelle (49,8 mg/l), die Bilsteinquelle (41,3 mg/l) und die Helenenquelle (30,5 mg/l). Alle anderen Quellen, auch die in Kleinern, bleiben unter 20 mg/l (0,4 mval).

4.10. Die Hydrogenkarbonat-Gehalte streuen am stärksten unter den Anionen, nämlich zwischen 3032 mg/l (49,70 mval) in der Helenenquelle und 291,3 mg/l (4,78 mval) in der Stahlquelle, also in zwei verhältnismäßig nahe beieinander gelegenen Mineralquellen. Über 1000 mg/l Hydrogenkarbonat weisen außer der Helenenquelle noch die Königs-, Georg-Viktor-, die Badequelle sowie die Mineralquellen in Kleinern auf, also Quellen, die mehr oder weniger nahe dem Schiefergebirgsrand liegen. Im allgemeinen liegen die Gehalte zwischen 1000 und 500 mg/l, bleiben nur in der Tempel-, Schacht- und der bereits erwähnten Stahlquelle niedriger.

4.11. Die freie Kohlensäure erreicht ihre höchsten Gehalte wie auch bei der Hydrogenkarbonat-Verteilung in der Königs-, Georg-Viktor-, Bade- und Helenenquelle mit mehr als 2000 mg/l, am höchsten in der Georg-Viktor-Quelle mit 2652 mg/l. Ein größerer Teil der Quellen weist Gehalte zwischen 1500 und 2000 mg/l (Tal-, Stahl-, Reinhards-, Prozeßquelle und die Mineralquellen von Kleinern) auf. Die hydrogenkarbonatarme Stahlquelle fällt dabei wegen ihres verhältnismäßig hohen Gehaltes an freier Kohlensäure auf. Zwischen 1500 und 1200 mg/l bleiben die Schloß-, Gemeinde- und Bilsteinquelle, während die niedrigsten Gehalte in der Tempel-, Johanniter- (770 mg/l) und in der Schachtquelle (diese nur 681,1 mg/l) ermittelt wurden.

4.12. Von den übrigen Ionen liegen nur wenige Analysenangaben vor. In der Helenenquelle (Brunnen) wurden in der am 28. 10. 1957 entnommenen Probe festgestellt:

Strontium	1,18 mg/l (0,04 mval)
Lithium	0,56 mg/l (0,12 mval)
Barium	0,481 mg/l (0,01 mval)
Ammonium	0,20 mg/l (0,02 mval)
Aluminium	0,15 mg/l (0,03 mval)
Kupfer (II)	0,0062 mg/l (0,0002 mval)
Beryllium	0,0019 mg/l (0,0004 mval)
Bromid	0,258 mg/l (0,003 mval)
Hydrogenphosphat	0,156 mg/l (0,003 mval)
Jodid	0,013 mg/l (0,0001 mval)
Borsäure (meta)	1,78 mg/l
Titansäure (meta)	0,0041 mg/l

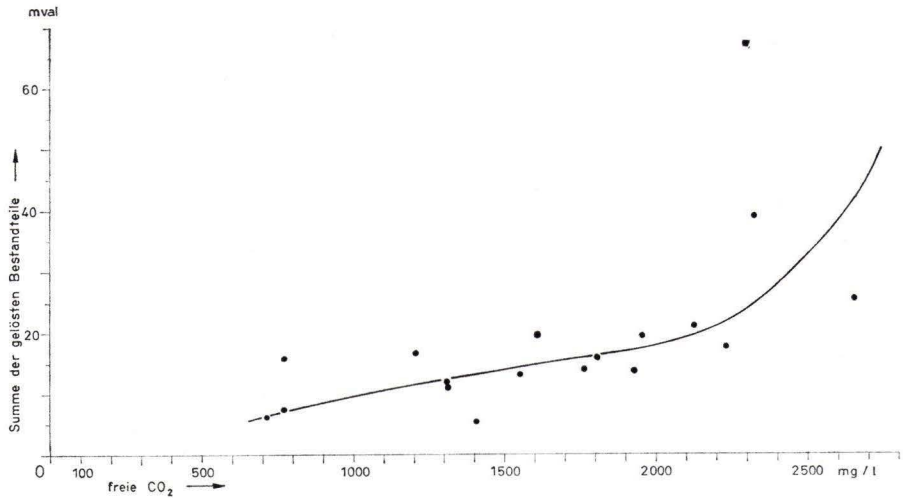


Abb. 1. Das Verhältnis Summe der gelösten Bestandteile (mval) zum Gehalt an freier Kohlensäure (mg/l) in den Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Analysen der Jahre 1940/41).

In der Georg-Viktor-Quelle (Analyse vom 12. 2. 1936):

Lithium 0,18 mg/l (0,1 mval)  
 Barium 0,08 mg/l (0,001 mval)  
 Hydrogenphosphat 0,12 mg/l (0,0025 mval)  
 Borsäure (meta) 0,53 mg/l

Reinhardtsquelle (Analyse vom 14. 5. 1962):

Strontium 0,38 mg/l (0,009 mval)  
 Barium 0,06 mg/l (0,0009 mval)  
 Zink 0,029 mg/l (0,0009 mval)  
 Kupfer 0,01 mg/l (0,0003 mval)  
 Lithium 0,004 mg/l (0,0006 mval)  
 Aluminium 0,003 mg/l (0,0003 mval)  
 Nickel 0,0007 mg/l (0,00002 mval)  
 Beryllium 0,0003 mg/l (0,00007 mval)  
 Nitrat 1,73 mg/l (0,028 mval)  
 Hydrogenphosphat 0,13 mg/l (0,0027 mval)  
 Fluorid 0,10 mg/l (0,0053 mval)  
 Bromid 0,075 mg/l (0,0009 mval)  
 Jodid 0,019 mg/l (0,00015 mval)  
 Hydrogenarsenat 0,014 mg/l (0,0002 mval)  
 Borsäure (meta) 0,11 mg/l  
 Titansäure (meta) 0,017 mg/l

Soweit die wenigen Analysenangaben einen Schluß erlauben, dann den, daß die Gehalte aller aufgeführter Ionen vom Kellerwaldrand (Helenenquelle) zum Innern (Reinhardtsquelle) vorwiegend abnehmen.

4.13. Nimmt man als Maß für die Höhe der mineralischen Anteile (Mineralwasserkonzentration) die Summe der Äquivalentgewichte (mval), so zeigen sich erhebliche Streuungen. Am mineralreichsten ist mit Abstand die Helenenquelle mit 67,81 mval. Nur etwas mehr als die Hälfte der Konzentration in der Helenenquelle weist die Königsquelle mit 38,94 mval auf. Die Mehrzahl der Mineralquellen von Bad Wildungen und Kleinern hat Konzentrationen zwischen 10 und 25 mval. Am mineralärmsten sind die Tempel- (7,69 mval), Schacht- (7,18 mval) und Stahlquelle (5,28 mval).

Es hat sich nun gezeigt, daß zwischen der Konzentration und dem Gehalt an freier Kohlensäure eine enge Beziehung besteht (Abb. 1). Mit zunehmender Konzentration steigt der Gehalt an freier Kohlensäure, mit abnehmender fällt der Kohlensäureanteil. Bei hohen Gehalten streuen die Werte stärker, bei geringeren liegen sie im allgemeinen dichter zusammen.

Eine ähnliche Relation scheint sich auch zwischen Konzentration und Schüttung abzuzeichnen, jedoch nur annähernd und nicht so deutlich wie bei der Kohlensäure. Bei geringerer Schüttung nimmt bei einigen Quellen die Konzentration zu. Daß diese Beziehung nicht allgemein gilt, zeigt sich bei der Helenenquelle, wo Schüttung und Konzentration stark sind. Während die Beziehung Konzentration-Kohlensäure nur geologische Ursachen haben dürfte (Abschnitt 7.2), wird das Verhältnis Konzentration-Schüttung wahrscheinlich auch fassungstechnisch bedingt sein, da flache Fassungen in ihrer Schüttung mehr von Grundwasserspiegelschwankungen (BAUR 1929) abhängen als tiefere.

4.14. Abschließend soll bei der Erörterung der chemischen Verteilung in den Mineralwässern darauf hingewiesen werden, daß durch die Brunnenbohrungen in den Mineralquellen kein konzentrierteres oder chemisch wesentlich anders zusammengesetztes Mineralwasser erschlossen wurde. Ein gutes Beispiel dafür bietet die chemisch sehr konstante (Abschnitt 6.1) Helenenquelle, von der die Analysen vor (Quelle) und nach der Bohrung (Brunnen) in Tabelle 1 aufgeführt wurden. Verteilung und Konzentration sind sehr ähnlich. Gleiche Ergebnisse hatten die Bohrungen in der Georg-Viktor-Quelle. In dieser Quelle hat der Mineralgehalt seit Vorliegen der ersten Analysen (seit dem Jahre 1833) zugenommen. Das erbohrte Mineralwasser (Bohrung A mit 20,94 mval) ist chemisch dem der Analyse aus dem Jahre 1892 (21,29 mval) ähnlich und weist gegenüber dem Mineralwasser der im Jahre 1936 (25,11 mval) entnommenen Probe etwas geringere Gehalte auf (siehe auch Abschnitt 6).

## 5. Die Ionenverhältnisse in den Mineralwässern

Die chemischen Verhältnisse und die Zusammensetzung der Mineralwässer werden übersichtlicher und klarer, wenn man die Äquivalentgewichte (mval) der einzelnen Ionen zueinander in Beziehung bringt. Dafür eignen sich die Kationen- und Anionen-Verhältnisse, jedoch nicht die Kationen-Anionen-Verhältnisse (Errechnung von Salzverbindungen), wenn man regional die chemische Verteilung in den Mineralquellen über größere Entfernungen vergleichen und genetische Zusammenhänge untersuchen will. Denn die Verteilung der Kationen und Anionen in der Ausgangslösung kann sich beim Durchfließen des Gebirges verschieden entwickeln, wenn z. B. durch Ionenaustausch

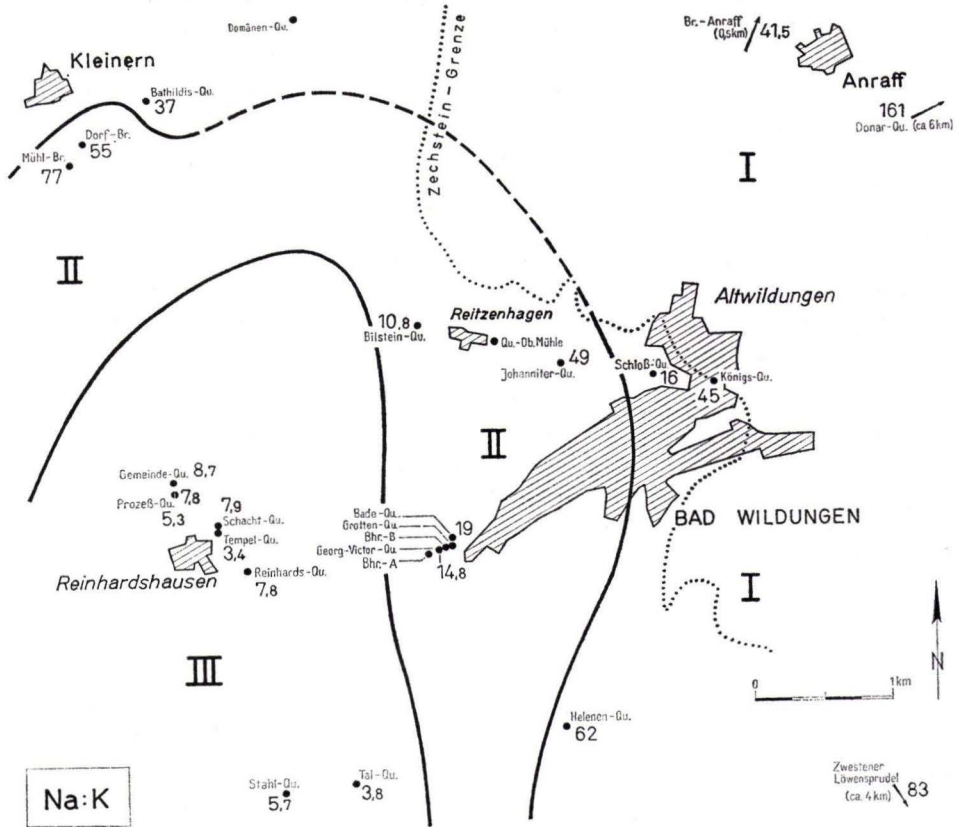


Abb. 2. Das Verhältnis Natrium zu Kalium im Wasser der Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Analysen der Jahre 1940/41).

oder andere physiko-chemische Vorgänge eine Verschiebung der Kationen- und Anionen-Verhältnisse unabhängig voneinander erfolgen sollte.

Ein Weg zur Untersuchung der Ionenverhältnisse und zu ihrem Vergleich ist die von UDLUFT (1951, 1952, 1953, 1957) gegebene Kreisdarstellung der  $mval\text{-}\frac{0}{\%}$ , wobei der Kreisradius der Konzentrationshöhe entspricht. Diese Darstellung von Analyseergebnissen ermöglicht eine schnelle, übersichtliche und klare Orientierung über die charakteristische Mineralverteilung eines Wassers. Für die hier beabsichtigte Untersuchung erschien es jedoch dem Verf. geeigneter, Zahlenverhältnisse zu errechnen, weil Zahlen leichter als Kreissektoren vergleichbar sind und weil mehrere Ionen in einem Faktor zum Vergleich vereinigt werden können.

Von den vielen möglichen Ionenverhältnissen wurden folgende ausgewählt:

- das Alkaliverhältnis Natrium zu Kalium,
- das Erdalkaliverhältnis Calcium zu Magnesium,
- das Erdalkali-Alkali-Verhältnis (Calcium + Magnesium) zu (Natrium und Kalium),



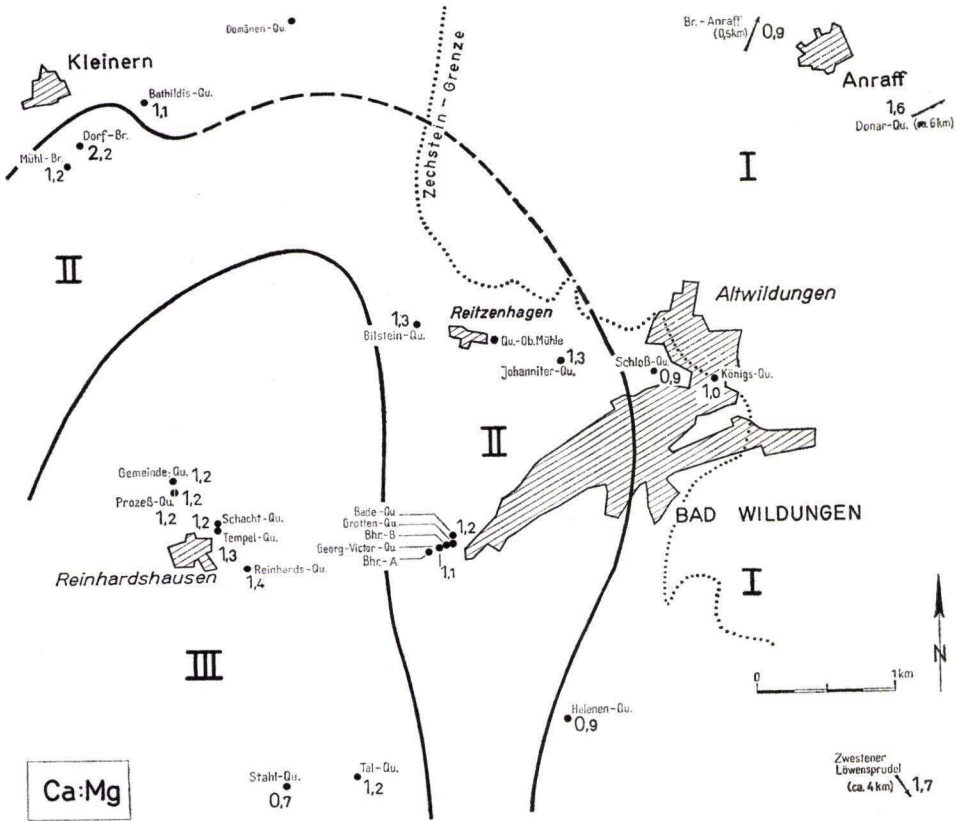


Abb. 3. Das Verhältnis Calcium zu Magnesium im Wasser der Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Analysen der Jahre 1940/41).

- d) das Verhältnis Hydrogenkarbonat zu Chlorid + Sulfat,
- e) das Verhältnis Chlorid zu Sulfat.

Zueinander werden die Äquivalentgewichte (mval) in Beziehung gesetzt, um chemisch eine vergleichbare Grundlage zu haben. Die Untersuchungen gehen wiederum von den Analysen aus, die in den Jahren 1940/41 angefertigt wurden. Der kürzeren Schreibweise wegen werden die Ionen ohne Wertigkeitsangabe aufgeführt.

Ergänzend werden noch zum Vergleich herangezogen:

der Löwensprudel in Zwesten (7,5 km südöstlich der Helenenquelle, Lage: Blatt 4921 Borken, r. 35 12 73, h. 56 56 90, 199 m ü. NN; geol. Position: Talfüllung über Zechsteinschichten) und die Donarquelle / Sauerbrunnen in Geismar (7,8 km nordöstlich der Königsquelle, Lage: Blatt 4821 Fritzlar, r. 35 16 36, h. 56 68 40, 192 m ü. NN; geol. Position: Talfüllung über Mittlerem Buntsandstein) sowie der Brunnen Anraff für die Wasserversorgung der Stadt Bad Wildungen im Edertal (Abschnitt 3.5.2.2) und der Brunnen Affoldern (Abschnitt 3.5.2.3). Die Verhältniszahlen sind in der Tabelle 4 aufgeführt und in den Abbildungen 2—6 dargestellt.

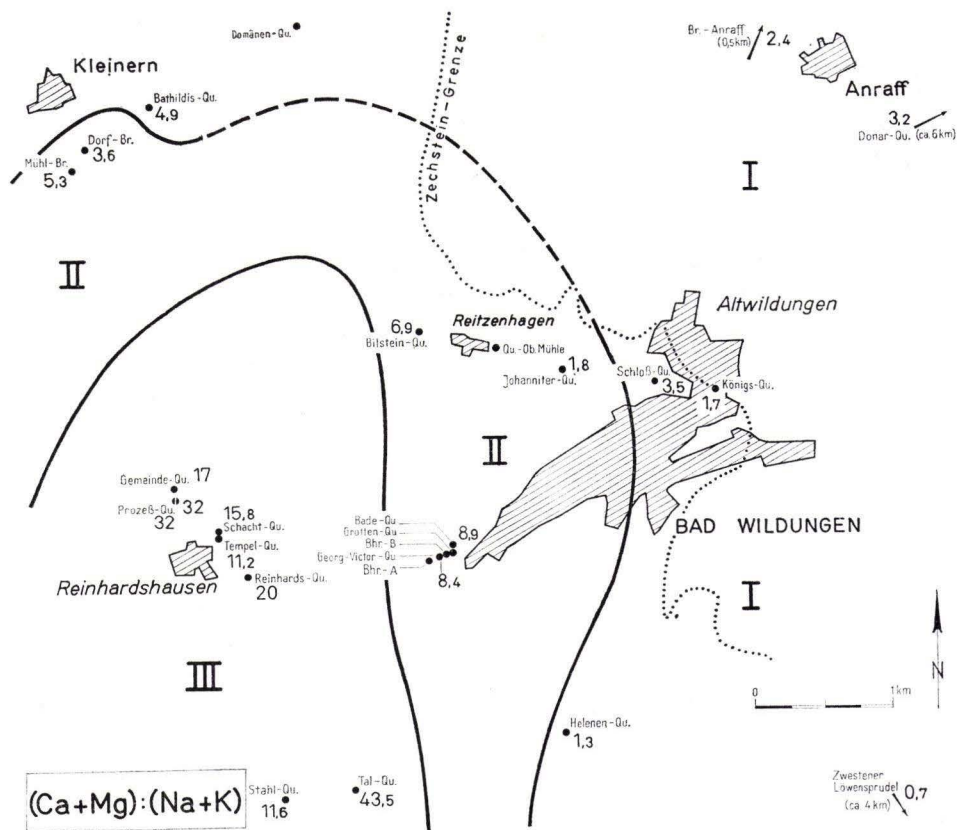


Abb. 4. Das Verhältnis Summe Calcium + Magnesium zur Summe Natrium + Kalium im Wasser der Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Analysen der Jahre 1940/41)

5.1. Das Alkaliverhältnis Natrium zu Kalium (Abb. 2) ist in den Kellerwaldrandquellen größer als 20, ebenfalls in der Donarquelle, im Löwensprudel und im Brunnen Anraff. In Kleinern liegen die Verhältniszahlen über 40. Zum Innern des Kellerwaldes nimmt dieses Verhältnis ab und bleibt in Reinhardshausen sowie in der Tal- und Stahlquelle kleiner als 10. Die Natriumvormacht nimmt also in dieser Richtung erheblich ab und nähert sich dem Kaliumgehalt. Zwischen den Kellerwaldrandquellen und den Quellen im Innern finden sich Übergänge, die Zahlen wechseln zwischen 10 und 20.

5.2. Das Erdalkali-Verhältnis Calcium zu Magnesium (Abb. 3) ist wesentlich ausgeglichener als das Alkaliverhältnis. Allgemein ist der Calciumanteil größer als der Magnesiumanteil (Zahlenwerte größer als 1,0). Nur unmittelbar am Kellerwaldrand (Brunnen Anraff, Königs-, Schloß- und Helenenquelle) ist der Magnesiumanteil höher oder nahezu ausgeglichen. Nach dem Innern des Kellerwaldes nimmt die Calciumvormacht zu, die Verhältniszahlen werden (mit Ausnahme der schwach konzentrierten Stahlquelle) größer als 1,2. Die Mineralwässer von Kleinern nehmen eine Zwischenstellung ein.

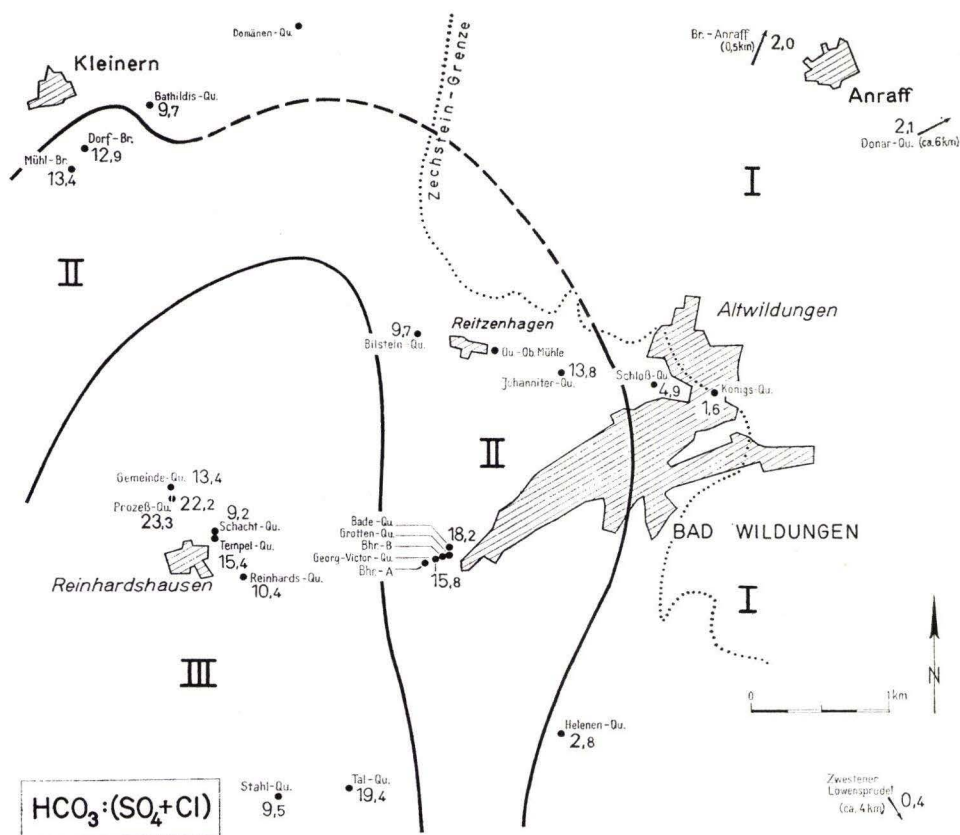


Abb. 5. Das Verhältnis Hydrogenkarbonat zur Summe Sulfat + Chlorid im Wasser der Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Analysen der Jahre 1940/41)

5.3. In dem Erdalkali-Alkali-Verhältnis (Calcium + Magnesium) zu (Natrium + Kalium) (Abb. 4) zeichnet sich wieder eine Dreigliederung ab. Am und vor (außerhalb) dem Kellerwaldrand ist das Verhältnis nahezu ausgeglichen, die Werte bleiben bei allen Mineralquellen unter 5. Weiter zum Innern des Kellerwaldes stellt sich eine sehr ausgeprägte Erdalkali-Vormacht ein, die Verhältniszahlen nehmen zu, am höchsten in der Reinhards- (20) und in der Talquelle (43,5). Zwischen beiden Gruppen liegt wieder eine Übergangsgruppe mit den Zahlen 5—10. Die Quellen von Kleinern haben in ihrem Erdalkali-Alkali-Verhältnis einen kellerwaldrandnahen Charakter.

5.4. Am und vor dem Schiefergebirgsrand ist das Verhältnis Hydrogenkarbonat zu Chlorid + Sulfat (Abb. 5) ziemlich ausgeglichen, bei leichter Hydrogenkarbonatvormacht, Zahlen kleiner als 5. Weiter zum Innern des Kellerwaldes herrschen die Hydrogenkarbonate bei den Anionen vor, die Chloride und Sulfate haben relativ abgenommen (mit Ausnahme der Stahl- und Schachtquelle), wie sich aus den Verhältnissen  $> 10$  ergibt. Eine Übergangsgruppe ist kaum ausgeprägt, der Schnitt Kellerwaldrand/randferneres Gebiet ist ziemlich scharf. — In den Quellen von Kleinern

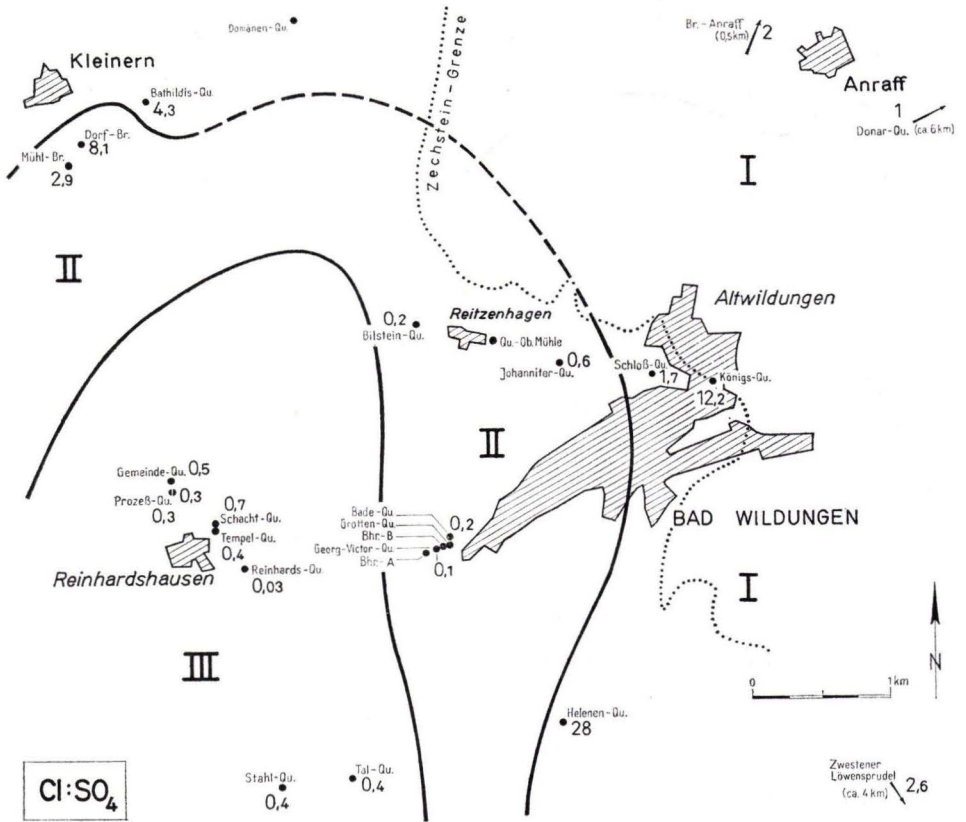


Abb. 6. Das Verhältnis Chlorid zu Sulfat im Wasser der Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Analysen der Jahre 1940/41).

überwiegt der randfernere Charakter. Die zum Vergleich herangezogenen Quellen Löwensprudel bei Zwesten, Donarquelle bei Geismar, Wasserversorgungsbrunnen Anraff und Affoldern haben die gleiche Charakteristik wie die kellerwaldrandnahen Quellen.

5.5 In dem Verhältnis Chlorid zu Sulfat (Abb. 6) zeichnet sich am und vor dem Kellerwaldrand eine deutliche Chloridvormacht mit Zahlen größer als 1,0 ab, am deutlichsten in der Helenen- (28) und der Königsquelle (12,2). Mit scharfem Schnitt nimmt die Chloridvormacht ab. Schon in geringer Entfernung vom Kellerwaldrand sinken die Verhältniszahlen unter 1,0, eine Sulfatvormacht stellt sich ein. — Die Mineralquellen in Kleinern weichen davon ab, in ihnen überwiegt der Chloridgehalt, und zwar sehr deutlich. — Wie bei den anderen Ionenverhältnissen passen sich die zum Vergleich herangezogenen Quellen Löwensprudel, Donarquelle, Wasserversorgungsbrunnen Anraff und Affoldern dem Charakter der kellerwaldrandnahen Mineralquellen an.

5.6. Nach dieser Übersicht zerfallen die Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern und auch die in einiger Entfernung vom Kellerwaldrand bereits in der hessischen Senke gelegenen Brunnen und Quellen ihrer chemischen Verteilung nach deutlich in zwei Gruppen, zwischen denen eine Übergangsgruppe (Mischgruppe) mit wechselnden Eigenschaften besteht. Ihrer Lage zum Kellerwaldrand nach liegen sie in einer Außen- (vor und am Kellerwaldrand), Übergangs- und Innenzone. Diese Zonen sind durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet:

Ionenverhältnis	Chemischer Charakter und Ionenverhältnis in der		
	Außenzone	Übergangszone	Innenzone
Na : K	große Na-Vormacht > 20	20—10	kleine Na-Vormacht < 10
Ca : Mg	schwache Mg-Vormacht < 1,0	1,0—1,3	schwache Ca-Vormacht > 1,2
(Ca + Mg) : (Na + K)	schwache Erdalkalivormacht < 5	5—10	starke Erdalkalivormacht > 10
HCO <sub>3</sub> : (Cl + SO <sub>4</sub> )	schwache HCO <sub>3</sub> -Vormacht < 5	5—20	starke HCO <sub>3</sub> -Vormacht > 10
Cl : SO <sub>4</sub>	Chloridvormacht > 1,0	< 0,7	ausgeprägte SO <sub>4</sub> -Vormacht < 0,7

Im Anschluß an diese Gliederung wurde in Tab. 5 für jede Mineralquelle in Bad Wildungen und Kleinern die der jeweiligen Ionenverhältniszahl entsprechende Zone bestimmt. Einige Quellen haben ausschließlich oder doch sehr stark überwiegend Verhältniszahlen der Außenzone, andere nur solche der Innenzone. Dazwischen liegt eine Gruppe von Quellen, die in einigen Ionenverhältnissen mehr der Außen-, in anderen mehr der Innenzone entsprechen, also einen Übergangstyp zwischen Außen- und Innenzone bilden. In der Außenzone liegen Königsquelle, Schloßquelle, Helenenquelle und angenähert auch die Bathildisquelle in Kleinern, die in ihren Merkmalen den Mineralquellen der Außenzone sehr nahe steht. Die Mineralwässer der Außenzone sind nach der balneologischen Nomenklatur Natrium — Magnesium — Calcium — Hydrogenkarbonat — Chlorid — Säuerlinge. Die gleichen Verhältniszahlen wie die in der Außenzone gelegenen Mineralquellen von Bad Wildungen haben auch die Wässer der Donarquelle/Geismar, des Löwensprudel/Zwesten, der Wasserversorgungsbrunnen Anraff der Stadt Bad Wildungen und der Brunnen der Gemeinde Affoldern im Ederthal, 4,8 km nordwestlich des Brunnens Anraff.

In der Innenzone liegen die Talquelle, Reinhardquelle, Tempelquelle, Schachtquelle, Prozeßquelle und Gemeindequelle. Balneologisch sind sie charakterisiert als Calcium-Magnesium-Hydrogenkarbonat-Säuerlinge und -Wässer. Die übrigen Mineralquellen gehören der Übergangszone an: Georg-Viktor-Quelle, Badequelle, Stahlquelle, Bilstein-Quelle, Johanniterquelle; in Kleinern: Mühlbrunnen und Dorfbrunnen. Sie bilden einen Mineralwassermischtyp als Calcium-Magnesium-(Natrium)-Hydrogenkarbonat-Säuerling und -Wasser.

Die kartenmäßige Darstellung der Zonen (Abb. 2—6) läßt erkennen, daß die einzelnen Zonen (Zone I—III) bogenförmig um Reinhardshausen herumführen. Die Mi-

neralquellen in Kleinern gehören dabei der Außen- und der Übergangszone an, obwohl der Ort nicht am Kellerwaldrand liegt (Bathildisquelle rd. 2 km südöstlich der Randverwerfung bei der Grund-Mühle im Wesebachtal). Fraglich ist nur die Zugehörigkeit der Stahlquelle, die den Verhältniszahlen nach der Übergangszone zuzurechnen wäre. Trotzdem ist es vermutlich richtiger, auch die Stahlquelle der Innenzone zuzuweisen, da es bei der geringen Konzentration möglich erscheint, daß diese Quelle durch Süßwasserzuflüsse in ihrem chemischen Charakter verfälscht ist.

Vergleicht man nun diese Zonen mit den tektonischen Verhältnissen, wie sie in dem Abschnitt 2.3 skizziert wurden, so fällt auf, daß die Zonen I-III den abtauchenden Hundsdorfer Sattel umrahmen. Deshalb ist zu vermuten, daß die Mineralquellen von Bad Wildungen und Kleinern mit der Sattelstruktur in Zusammenhang stehen, und zwar an den abtauchenden Hundsdorfer Sattel gebunden sind, und innerhalb dieses Satteltbereiches wiederum an Sattelzonen der Spezialfaltung. In Übereinstimmung mit UDLUFT & HORN (1965) lassen sich weder nach tektonischen noch nach chemischen Verhältnissen die Quellenlinien nach DENCKMANN (1905) nachweisen.

## 6. Die zeitlichen Änderungen in der chemischen Verteilung der Mineralwässer

MÜLLER (1950) zeigte, wie und warum die Mineralquellen in ihrem chemischen Bestand veränderlich sein können. UDLUFT (1962) hielt es deshalb für richtig, erst nach Vorliegen möglichst zahlreicher Analysenergebnisse Schlüsse zu ziehen.

Im Folgenden soll deshalb nur versucht werden, das vorhandene Untersuchungsmaterial zu sichten — und soweit möglich — auf im Laufe der Zeit eingetretene Änderungen hinzuweisen.

Abgesehen von Fehlern bei der Entnahme von Wasserproben und bei der Analyse ist bei Änderungen des Mineralgehaltes in Mineralwässern und deren Ursachen zu unterscheiden:

a) **kurzfristige Änderungen**, vielfach periodisch (Schwankungen), z. B. durch wechselnde Witterungsverhältnisse, Grundwasserspiegelschwankungen (entsprechend den Untersuchungen von BAUR 1929, die schon mehrfach erwähnt wurden), anthropogene Einflüsse, Neufassungen der Quellen u. a. m. Die kurzfristigen Änderungen treten für eine kurze Zeit, also in Wochen oder Monaten ein.

b) **langfristige Änderungen**, meist nicht periodisch, z. B. durch Änderung des Klimas und damit der Grundwasserverhältnisse über größere Gebiete, durch anthropogene Eingriffe in der Umgebung der Mineralquellen (großflächige Bebauungen, Straßenbau, Bach- oder Flußverlegungen, Verlegung von Kanalisationen), künstliche Verlegung der Quellenaustritte. Die Änderung tritt für eine längere Zeit, in Jahren oder Jahrzehnten ein.

### 6.1. Kurzfristige Änderungen

Kurzfristige Änderungen und ihre Ursachen untersuchte, wie bereits ausgeführt, BAUR (1929) eingehend an der Helenenquelle, und daran anschließend auch in der Georg-Viktor-, der Stahl- und Talquelle. Grundwasserspiegelschwankungen wirken sich danach besonders in der Schüttung aus. Laufende qualitative Untersuchungen führte

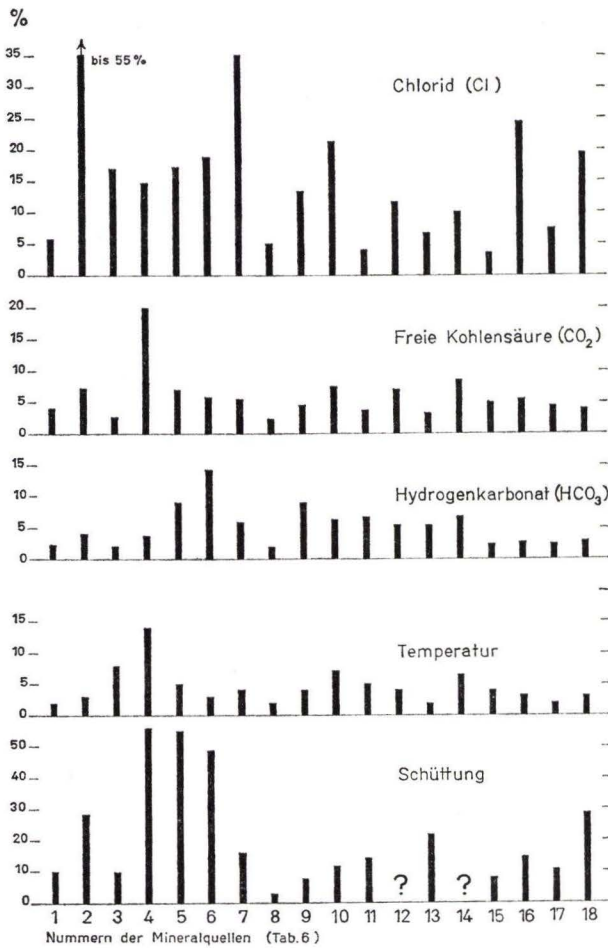


Abb. 7. Schwankungsbreite (in %) der Gehalte an Chlorid, freier Kohlensäure, Hydrogenkarbonat, der Wassertemperatur und der Schüttung vom mehrjährigen Mittel (vorwiegend der Jahre 1955/64) einiger Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern.

BAUR nur im Jahre 1912 aus, und zwar auf Gehalte an freier Kohlensäure, gebundener Kohlensäure sowie auf Chloride. Der Gehalt an freier Kohlensäure nahm bei steigendem Grundwasserspiegel zu, bei abnehmendem ab, der an gebundener Kohlensäure blieb annähernd gleich, schien nur etwas abzunehmen, wenn über längere Zeit die Schüttung an kohlensäurereichem Mineralwasser infolge hohen Grundwasserspiegelstandes angehalten hatte, während der Chloridgehalt sich wieder mehr grundwasserstandsabhängig erwies. Der Chloridgehalt nahm wie der Hydrogenkarbonatgehalt ab, wenn die Schüttung der Mineralquellen an konzentrierterem Mineralwasser infolge anhaltend hohen Grundwasserstandes über längere Zeit erhöht war. Der Chloridgehalt „war der einzige Bestandteil, welcher relativ immerhin erheblichen Schwankungen unterworfen“ war (BAUR 1929, Seite 20).

Aus den Jahren 1955 bis 1964, also aus einer Zeit von 10 Jahren, liegen monatliche Messungen der Schüttungen, der Wassertemperaturen, der Gehalte an Hydrogenkarbo-

naten, an freier Kohlensäure (bei der Probenentnahme nach Haertel bestimmt) sowie an Chloriden vor. Aus den Minimal- und Maximal-Werten wurden für jedes Jahr Mittel gebildet, aus diesen Jahresmitteln ein langjähriges Mittel. Schließlich wurde die Schwankungsbreite der einzelnen Jahresmittel von dem langjährigen Mittel errechnet. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 6 zusammengefaßt und z. T. im Abschnitt 3 bei den einzelnen Quellen bereits angeführt. In diesem Zusammenhang interessiert besonders die Schwankungsbreite von dem langjährigen Mittel, deren Größe in Prozenten ausgerechnet und in Abb. 7 dargestellt wurde. In dieser Darstellung sind Temperatur sowie Gehalte an freier Kohlensäure, Hydrogenkarbonat und Chlorid maßstabgleich, die Schüttung dagegen mit verkleinertem Maßstab aufgetragen.

Die Angaben über die S c h ü t t u n g sind nur mit Vorbehalt zu verwenden, da es sich z. T. um Pumpleistungen handelt, die von dem Badebetrieb abhängen, z. T. aber auch nur um kurze Beobachtungszeiten, wie bei den Bohrungen A und B der Georg-Viktor-Quelle, in denen zudem noch Versuche über die mögliche Maximalleistung bei möglichst geringer Beeinflussung der frei auslaufenden Nachbarquellen (Georg-Viktor- und Badequelle) angestellt wurden. Bei den frei auslaufenden Mineralquellen fällt auf, daß die geringsten Schüttungen in der Königs-, Schloß-, Stahl-, Reinhard-, Gemeinde-, Bathildis-, Dorfquelle und dem Dorfbrunnen im Jahre 1959 gemessen wurden, einem niederschlagsarmen Jahr. Diese Ergebnisse stimmen ebenfalls mit den Untersuchungen von BAUR (1929) überein; denn bei länger anhaltender Trockenheit fallen die Grundwasserspiegel, ein Nachlassen der Quellschüttungen ist die Folge.

Mit Ausnahme der Bohrung A in der Georg-Viktor-Quelle blieb die Abweichung der W a s s e r t e m p e r a t u r e n in der Mehrzahl unter 5%, überstieg diesen Wert nur um ein geringes in der Georg-Viktor-Quelle selbst sowie in der Reinhard- und Bilstein-Quelle. Bemerkenswert gering ist auch die Schwankungsbreite der Gehalte an freier Kohlensäure und an Hydrogenkarbonaten. Von 18 verfolgten Quellen blieben 9 unter 5%, 8 im Bereich 5—10%, und nur jeweils eine erreichte bei den Hydrogenkarbonaten eine Schwankungsbreite von fast 15% (Badequelle), bei der freien Kohlensäure von 20% (Bohrung A in der Georg-Viktor-Quelle). Dieses Ergebnis überrascht etwas, da man annehmen möchte, daß die Gehalte an freier Kohlensäure labil sind. Das scheint aber nicht der Fall zu sein.

Wesentlich größeren Schwankungen waren die C h l o r i d g e h a l t e unterworfen. Unter 5% blieben die Schwankungen nur in der Helenen- und in der Bathildisquelle. Die Mehrzahl erreichte Werte zwischen 5 und 20%, am höchsten die Schloßquelle (55%). Zusammenhänge mit der Lage der Mineralquelle in einer der drei Zonen sind nur andeutungsweise zu erkennen. Danach scheinen die Schwankungen in den Mineralquellen der Innenzone im allgemeinen etwas geringer zu sein als in den beiden anderen Zonen, jedoch durchweg groß in den Mineralquellen der Übergangszone (siehe auch Abschnitt 7).

## 6.2. Langfristige Änderungen

Für die Feststellung langfristiger Änderungen sind möglichst viele und alte Analyseergebnisse heranzuziehen. Die älteste vollständige Analyse wurde im Jahre 1859 ausgeführt, doch liegen von einigen Mineralquellen verwertbare Teilergebnisse (siehe Tabelle



2 und Abschnitt 3) aus dem Jahre 1833 vor, Temperaturmessungen sogar aus dem Jahre 1789. Die Zu- oder Abnahme der Ionengehalte in den einzelnen Quellen auf Grund der vorliegenden vollständigen Analysen, der beobachtete Zeitraum sowie die Höhe der Konzentrationsänderungen (Summe der Äquivalentgewichte, mval) in Prozenten sind in Tabelle 7 zusammengefaßt.

Die Wassertemperaturen haben sich offensichtlich seit dem Jahre 1789 nicht geändert. Schon die ältesten Messungen (Georg-Viktor-Quelle, Helenenquelle, Talquelle) ergaben die gleichen Wassertemperaturen (bei Berücksichtigung der bekannten Schwankungen) wie heute. Bei den Kationen ist mit Ausnahme einzelner Mineralquellen größtenteils eine z. T. recht bedeutende Abnahme festzustellen, bei den Anionen eine stärkere Abnahme der Hydrogenkarbonate. Nur die Chloride und noch mehr die Sulfate haben teilweise etwas zu-, die Hydrogenkarbonate abgenommen. Dabei war aber der Hydrogenkarbonatrückgang größer als die Zunahme an Chloriden und/oder Sulfaten, so daß insgesamt eine Abnahme des Mineralgehaltes resultiert. Mit Ausnahme der Georg-Viktor-Quelle haben die Konzentrationen in allen Mineralquellen abgenommen, teilweise sogar um fast  $\frac{1}{3}$  ihres ursprünglichen Mineralgehaltes. Nur die Helenenquelle erweist sich in ihrer Zusammensetzung konstant, ferner die allerdings nur kurz beobachtete und deshalb bei dieser Untersuchung nicht gleichwertige Johanniterquelle. Es würde zu weit führen, die Veränderungen aller Mineralquellen im einzelnen aufzuführen. Hier sollen nur einzelne Beispiele erwähnt werden. Am beständigsten ist, wie bereits beschrieben, die Helenenquelle. In der Königsquelle nahm der Natriumgehalt in den Jahren 1869 bis 1940 von 544,2 auf 325,5 mg/l, der Calcium- und Magnesiumgehalt von 300/180 auf 246,6/144,2 mg/l ab, der Chloridgehalt von 794 auf 498 mg/l, der Hydrogenkarbonatgehalt von 1935,6 auf 1452 mg/l, der Sulfatgehalt stieg dagegen von 33,8 auf 54,9 mg/l an. In der Talquelle (Analysen 1859/1940) betragen die Änderungen in mg/l beim Calcium 159,7 zu 107,4, beim Magnesium 77,2 zu 52,6, beim Chlorid 46,6 zu 53,8, beim Hydrogenkarbonat 907,4 zu 599,7. Die verwertbaren Teilergebnisse der Analysen aus dem Jahre 1833 (DREVES & WIGGERS 1835) hatten annähernd die gleichen Gehalte ergeben wie die Analysen aus dem Jahre 1859 (FRESENIUS 1860).

Vermutlich hat der Rückgang der Konzentrationen tiefere Ursachen als nur die normalen, kurzfristigen Schwankungen, wie sie weiter oben näher erläutert wurden. Sicher ist, daß der Betrag der langfristigen Konzentrationsabnahmen größer ist als der der bekannten kurzfristigen (Schwankungsbreite). Etwas zugenommen haben lediglich der Sulfatgehalt und zum kleineren Teil auch der Chloridgehalt, und zwar auf Kosten der Hydrogenkarbonate. Die Zunahme der Chloride und Sulfate insgesamt ist jedoch nur verhältnismäßig gering.

Bei den langfristigen Änderungen interessiert schließlich die Frage, ob und wie sich die Ionenverhältnisse, wie sie im Abschnitt 5 aufgestellt wurden, über die lange Beobachtungszeit geändert haben (Tabelle 8).

Bei keiner Mineralquelle ist die Änderung der chemischen Verhältnisse so groß gewesen, daß die Quelle bei Anwendung einer älteren Analyse einer anderen Zone zugewiesen werden müßte. Die Ionenverhältnisse sind also, trotz der festgestellten Konzentrationsabnahmen, ähnlich geblieben. Verschiebungen in der chemischen Verteilung

haben in erster Linie zu einer Annäherung der einzelnen Zonen geführt. So hat z. B. in der Helenenquelle der Natriumgehalt etwas ab —, der Kaliumgehalt zugenommen, so daß numerisch die Verhältniszahl abgenommen hat, chemisch gesehen eine Änderung in Richtung auf die Verhältnisse weiter im Innern (Innenzone) des untersuchten Gebietes eingetreten ist.

Das Calcium-Magnesium-Verhältnis ist anscheinend der geringsten Änderung unterworfen, ähnlich auch das Erdalkali-Alkali-Verhältnis. Bei den Anionen hat die Abnahme der Hydrogenkarbonate durchweg zu einer Abnahme des Verhältnisses Hydrogenkarbonat zu Chlorid + Sulfat geführt. Die positiven Werte, wie z. B. in der Bilsteinquelle, sind darauf zurückzuführen, daß der Chlorid- und mehr noch der Sulfatgehalt stärker als der Hydrogenkarbonatgehalt abgenommen haben, was der Zahl nach eine positive Verschiebung des Verhältnisses ergeben hat, absolut aber eine Abnahme der Gehalte aller drei Ionen (= Rückgang der Konzentration). Im Chlorid-Sulfat-Verhältnis fällt (mit Ausnahme der Königsquelle) eine Verschiebung zugunsten der Chloride auf, die Chloridgehalte haben in den Innenzone relativ zugenommen.

## 7. Die Entstehung der Mineralquellen und die Herkunft der Mineralanteile in den Mineralwässern

Nach Abschnitt 5 lassen sich die Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern auf Grund ihrer chemischen Verteilung und der daraus resultierenden Ionenverhältnisse regional in Zonen gliedern, die den nach Nordnordosten abtauchenden Hundsdorfer-Sattel umrahmen. Um nun die Entstehung der Mineralquellen und die Herkunft der Mineralanteile im einzelnen untersuchen zu können, wurden aus den Analysenergebnissen (angefertigt in den Jahren 1940/41, Tabelle 1) der in jede Zone fallenden Mineralquellen Mittel der Ionengehalte errechnet, um so die für die Zone charakteristische mittlere chemische Zusammensetzung zu erhalten (Tabelle 9). Aus den mittleren Ionengehalten wurde ferner die ungefähre Salzverteilung abgeleitet. Dabei sind in der Übergangszone (II) die Mineralquellen von Bad Wildungen mit den Ortsteilen Reitzenhagen und Reinhardshausen sowie Kleinern gesondert berechnet, da offensichtlich Unterschiede bestehen.

### 7.1. Die mittlere chemische Verteilung in der Außen-, Übergangs- und Innenzone

Die regionalen Veränderungen, wie sie sich aus den Ionenverhältnissen ergeben haben, lassen sich über die Mittelwertbildung in Tabelle 9 wie folgt zusammenfassen:

In der **Außenzone (I)** dominieren bei den Kationen Natrium und Erdalkalien, bei den Anionen Hydrogenkarbonate und Chloride. Das Natrium liegt nicht allein als Chlorid vor, sondern auch als Hydrogenkarbonat. Sulfate treten nur untergeordnet auf, der Anteil an Eisen und Kalium ist verhältnismäßig unbedeutend.

In der **Übergangszone Bad Wildungen (II Bad Wildungen)** sind die Mineralwässer weniger als halb so stark konzentriert wie in der Außenzone (Summe der Äquivalentgewichte 34,7 zu 16,5 mval). Der Natriumgehalt hat um 85% abgenommen. Der Erdalkali-Anteil ist dagegen weniger zurückgegangen, und dabei Magnesium (um 45%) etwas mehr als Calcium (31%). Bei den Anionen treten Chloride

und Sulfate kaum noch hervor, nur noch die Hydrogenkarbonate, die zusammen mit Calcium und Magnesium vorherrschender mineralischer Bestandteil sind, mit geringem Anteil auch das Natriumhydrogenkarbonat. Natriumchlorid ist kaum vorhanden. Bemerkenswert ist jedoch, daß 1. der Sulfatgehalt größer als der Chloridgehalt ist (wie auch die entsprechenden Ionenverhältnisse zeigten), und 2., daß der Eisengehalt mit 0,4 mval den höchsten Gehalt aller Zonen aufweist. — Nach Kleinern zu (Übergangszone II Kleinern) zeigen sich zwar grundsätzlich ähnliche Veränderungen wie in der Übergangszone Bad Wildungen, jedoch abgeschwächer. Die Konzentrationsabnahme ist geringer. Der Natriumgehalt geht nur um 70% zurück, das Natrium tritt sowohl als Chlorid als auch als Hydrogenkarbonat deutlich hervor. Jedoch sind auch hier die Erdalkalien vorherrschend, und zwar als Hydrogenkarbonate. Die Entwicklung verläuft jedoch anders als in der Übergangszone Bad Wildungen. Der Magnesium-Gehalt nimmt (um 43%) wie in Bad Wildungen ab, der Calcium-Gehalt bleibt dagegen ebenso hoch wie in der Außenzone. Der Sulfatgehalt ist kleiner als der Chloridgehalt und geringer als in der Zone II Bad Wildungen, der Hydrogenkarbonat-Gehalt dagegen größer.

Schließlich nimmt die Konzentration in der Innenzone (III) weiter ab. Bei den Kationen treten nur noch die Erdalkalien hervor, bei den Anionen die Hydrogenkarbonate. Chloride und Sulfate sind kaum vorhanden, jedoch ist auch hier der Sulfatgehalt größer als der Chloridgehalt.

## 7.2. Die Entstehung der Mineralquellen

Nach dieser Übersicht mag es gerechtfertigt sein, die Entstehung der Mineralquellen in folgender Weise zu deuten. Zweierlei Ausgangssubstanzen sind entscheidend, nämlich:

a) die Kohlensäure und b) salzhaltige Lösungen im tieferen Untergrund vor dem Kellerwaldrand. Die Kohlensäure wird allgemein als juvenil und vulkanischen Ursprungs angesehen. Daran wird auch nach diesen Untersuchungsergebnissen nicht zu zweifeln sein. Die höchsten Kohlensäuregehalte haben die Mineralwässer der Außenzone am Kellerwaldrand, wo auch die tektonisch tiefgreifendsten Vorgänge erfolgten, die eine entsprechend starke Klüftung des Gebirges verursachten. Die deshalb gut durchlässigen Schichtfolgen ermöglichen einen starken Kohlensäure-Aufstieg, infolgedessen wird verhältnismäßig viel salzreiches Wasser aus der Tiefe an die Oberfläche getrieben. Die Zusammenhänge zwischen Kohlensäure und Konzentration gehen aus der Kurve in Abb. 1 hervor. Die Kohlensäure ist aber nicht nur für den Auftrieb der salzreicheren Lösung von Bedeutung, sondern auch deshalb, weil sie aus den Zechsteinschichten die Erdalkalialkarbonate löst. Dabei ist auf Grund der Dolomitisierung der Zechsteinkalke der Magnesiumgehalt in den Mineralwässern der Außenzone größer als der Calciumgehalt. Aber auch ein Teil des Natriums liegt als Hydrogenkarbonat vor. Man könnte dabei annehmen, daß dieser erhöhte Natriumgehalt durch Ionenaustausch-Vorgänge aus den salzreicheren Lösungen der Tiefe hervorgegangen ist, wie es SCHWILLE (1955) für Natrium-Hydrogenkarbonat-Wässer im Rheintal vermutete. Ungeklärt bleibt dabei allerdings, wo die zugehörigen Sulfate oder Chloride geblieben sind, an welche Kationen diese Anionen gebunden sind. Die Annahme, daß sie in freie Säuren übergehen, ist kaum zu rechtfertigen.

An der Grenze der Zechstein- und offensichtlich auch der Unterkarbon-Schichten zu den mitteldevonischen, im Gebiet von Bad Wildungen und Kleinern weit verbreiteten mitteldevonischen Tonschiefern nimmt die Durchlässigkeit sprunghaft ab, da die mitteldevonischen Tonschiefer — wie aus Brunnenbohrungen im Rheinischen Schiefergebirge bekannt ist — nur sehr engmaschig zerklüftet sind und als Grundwasserleiter eine verhältnismäßig geringe Ergiebigkeit haben. Das vor der Grenze Zechstein/Unterkarbon zu Mitteldevon im (tieferen?) Untergrund vorhandene mineral- (salz-) reichere Wasser kann deshalb nur zu einem kleinen Teil in das Schiefergebirge des Kellerwaldes infiltrieren, wobei eine teilweise Aussüßung durch dort vorhandenes nichtmineralisiertes Wasser erfolgt. Soweit zu erkennen, erfolgt die Infiltration entlang den Sattelzonen (Abschnitt 2.2 und 2.3). Welche hydrodynamischen Ursachen das Infiltrieren bewirken, bleibt offen. Diffusionsvorgänge oder Dichte-Unterschiede sind als mögliche Ursachen zu nennen. Werden die Infiltrationswege von kohlenensäureführenden Klüften gekreuzt, treibt die aufsteigende Kohlenensäure das mineralreichere Wasser an die Erdoberfläche zur Mineralquelle. Die kohlenensäureführenden Klüfte streichen im Gebiet von Bad Wildungen sehr wahrscheinlich  $\pm$  Nordwest-Südost. — Während in der klufftreichen Außenzone das Mineralwasser über räumlich weite und tiefe Bereiche aufsteigt, sind es in der Übergangszone nur noch einzelne Kluffzonen oder Klüfte. Dieser Unterschied zeigt sich deutlich in den Ergebnissen der Brunnenbohrungen Helenenquelle und Georg-Viktor-Quelle. Die Helenenquelle (Außenzone) traf über das gesamte Profil (rd. 271—198 m ü. NN) Mineralwasser, die Bohrung A-Georg-Viktor-Quelle (Übergangszone) nur in einzelnen Klüften zwischen 190 m und 170 m ü. NN, unterhalb 170 m ü. NN erfolgte eine teilweise Aussüßung. — Die geringere Durchlässigkeit der mitteldevonischen Tonschiefer hat ferner einen gegenüber der Außenzone verminderten Kohlenäureauftrieb zur Folge. Dieser verminderte Kohlenäureauftrieb ist neben der geringeren Infiltration salzreicheren Wassers von der Außen- zur Übergangs- und Innenzone die Ursache für die Abnahme der Mineralkonzentration von der Außen- zur Innenzone.

Die aufsteigende Kohlenensäure löst aus den Gesteinen (vorwiegend kalkhaltigen Tonschiefern) der Übergangszone Erdalkalien und überführt sie in Hydrogenkarbonate, jedoch überwiegt hier entsprechend der Gesteinszusammensetzung der Calciumgehalt gegenüber dem Magnesiumgehalt. — In Kleinern infiltriert salzreiches Wasser der Außenzone wegen der stärkeren Gesteinsauflockerung in der Überschiebungszone des Wesebach-Tales weiter in den Kellerwald und verursacht den in den Mineralquellen von Kleinern noch etwas erhöhten Chloridgehalt. Wesentlich ist auch hier die Lösung der Erdalkalien durch die aufsteigende Kohlenensäure aus den Gesteinsschichten. Dieser Vorgang wirkt sich in Kleinern jedoch stärker aus als der Zulauf von salzreicheren Mineralwässern der Außenzone, wie aus dem Calcium-Magnesium-Verhältnis hervorgeht. Dieses Verhältnis entspricht bereits dem in der Übergangszone von Bad Wildungen.

In der Innenzone (III) ist schließlich kaum oder keine Infiltration von der Außenzone her festzustellen. Der Zulauf salzreicheren Wassers ist nur noch sehr gering, die Mineralwässer unterscheiden sich hinsichtlich des Chloridgehaltes kaum noch von nichtmineralisierten Grundwässern. Der Kohlenäureaufstieg hat mit Abnahme der Klüftung in Richtung Kernbereich des Hundsdorfer Sattels weiter abgenommen, dementsprechend geht die Mineralkonzentration weiter zurück.

Eine besondere Beachtung verdient der Sulfatgehalt. Wie aus dem Ionenverhältnis Chlorid zu Sulfat (Abb. 6) hervorgeht, ist in der Außenzone und in der Übergangszone Kleinern der Sulfatgehalt wesentlich geringer als der Chloridgehalt, in der Übergangszone Bad Wildungen und in der Innenzone dagegen fast viermal höher. Analog dazu ändern sich die Eisengehalte. Der höchste Eisengehalt wird in der Übergangszone festgestellt. Zur Innenzone nimmt der Eisengehalt wesentlich weniger ab als die anderen Ionen, erreicht sogar den gleichen Gehalt wie in der Außenzone. Die Erklärung dafür dürfte dann leicht fallen, wenn man das Ergebnis der Brunnenbohrungen Tempelquelle in Bad Wildungen-Reinhardshausen berücksichtigt. Das Mineralwasser dieser Quelle wies früher einen starken Geruch nach Schwefelwasserstoff auf (zeitweilig übrigens auch die Georg-Viktor-Quelle). Der erhöhte Sulfat- und Eisengehalt ist deshalb auf Oxydation pyritreicherer Tonschieferlagen zurückzuführen. Nach Lage der Mineralquellen kommen dafür nur die mitteldevonischen Tonschiefer in Frage, kaum jedoch die ziemlich pyritreichen Basisschichten des Oberdevon am Hom-Berg. Wie sich der Oxydations-Reduktions-Vorgang im einzelnen abspielt, wird schwer zu klären sein. Man kann es sich nur so vorstellen, daß sauerstoffreiche, seitlich einsickernde Wässer die Pyrite oxydieren und die Kohlensäure das oxydierte und in Hydrogenkarbonate überführte Eisen zusammen mit den an Erdalkalien gebundenen Sulfaten zur Oberfläche treibt. Infolge des ständigen Kohlensäureaufstiegs hält der Kreislauf dauernd an.

Insgesamt zeigt sich also: 1. Die Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern verdanken ihren Ursprung starken Kohlensäureaufstiegen im Bereich des abtauchenden Hundsdorfer Sattels. An der Nahtzone des Schiefergebirges gegen das Vorland ist die tektonische Wirkung am größten gewesen, die Schichtfolgen sind hier am stärksten zerklüftet, dementsprechend stark ist der Kohlensäureaufstieg. Die Kohlensäure treibt salzreichere Wässer aus der Tiefe zur Oberfläche. Infolge des starken Kohlensäureaufstiegs ist die Mineralwasserkonzentration am Schiefergebirgsrand am höchsten.

2. Wegen der starken und sprunghaften Änderung der Durchlässigkeitsverhältnisse an der Grenze Zechstein/Unterkarbon zu Mitteldevon infiltriert nur wenig salzreicheres Wasser in die mitteldevonischen Tonschiefer des Hundsdorfer Sattels. In der Innenzone ist kaum oder keine Infiltration von der Außenzone festzustellen, hier ist der Mineralgehalt fast ausschließlich der Einwirkung der Kohlensäure auf das anstehende Gebirge zu verdanken. In der Übergangszone vollzieht sich der Übergang von der Außen- zur Innenzone, auf einzelnen Klüftzonen infiltriert mehr, auf anderen weniger salzreicheres Wasser der Außenzone vor. Die Mineralquellen dieser Zone stellen einen Mischtyp zwischen denen der Außen- und denen der Innenzone dar, wobei die Verhältnisse der Innenzone allgemein überwiegen.

Damit zeigt sich ein ähnliches Erscheinungsbild wie die Mineralquellen von Wiesbaden und Bad Schwalbach, wobei die Mineralquellen Wiesbadens der Außenzone Bad Wildungens entsprechen, die Mineralquellen Bad Schwalbachs denen der Innenzone (Reinhardshausen). Abweichend ist die erhöhte Wassertemperatur in den Mineralquellen von Wiesbaden. Auch in der Entstehung sind die Mineralquellen von Bad Wildungen und Wiesbaden/Bad Schwalbach ähnlich, wie aus den Arbeiten von MICHELS (1961) über die Mineralquellen Wiesbadens und Bad Schwalbachs hervorgeht.

Aus der hier gegebenen Deutung der Entstehung der Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern heraus ist auch das Untersuchungsergebnis der kurzfristigen Ände-

rungen im Chemismus der Mineralquellen (Abschnitt 6.1, Abb. 7) zu verstehen. Die Kohlensäure (und damit das Hydrogenkarbonat) hat den kürzesten Weg zur Oberfläche und unterliegt nur lokalen Einflüssen. Die Chloride haben dagegen weite Zuflußwege. Sie unterliegen weiträumigen Einflüssen, vor allem stark wechselnden Grundwasserschwan- kungen. Man kann diesen Vorgang etwa mit den Untersuchungen von BAUR (1929) an der Helenenquelle vergleichen, wonach eine Beziehung Grundwasserstand/Mineral- gehalt besteht.

Nach den Untersuchungsergebnissen über die langfristigen Änderungen im Chemis- mus der Mineralwässer (Abschnitt 6.2) haben die Mineralgehalte allgemein abge- nommen, zum Teil bis ein Drittel seit der Erstanalyse. Andererseits hat sich gezeigt, daß die Konzentration der Mineralwässer von dem Gehalt an freier Kohlensäure abhängt, mit anderen Worten, von der Menge der Kohlensäure, die das salzreiche Wasser aus der Tiefe über eine Kluftzone zur Mineralquelle an der Oberfläche hochtreibt. Deshalb ist die Abnahme der Mineralkonzentration in den Mineralwässern vielleicht eine Folge nachlassenden Kohlensäureaufstiegs zu allen Mineralquellen. Dieser Rückgang der Kohlensäuremenge könnte geologische Ursachen haben, eine Vermutung, die bei der Kürze der Beobachtungszeit wenig wahrscheinlich ist. Eher ist anzunehmen, daß durch die weitflächige Bebauung Bad Wildungens die schützende Lehmdecke teilweise abgetragen und durch tiefe Eingriffe in die Erde neue Aufstiegswege für die Kohlensäure geöffnet wurden. Der Aufbau des Kurviertels von Bad Wildungen (Abschnitt 1) erfolgte haupt- sächlich in den Jahren 1860 bis 1900, zu einer Zeit, in der kurz vorher schon von einigen Mineralquellen die ersten Analysen angefertigt worden waren. Infolge des Öffnens neuer Aufstiegswege verteilte sich die Kohlensäure mehr, die Folge war eine allgemeine Abnahme des Kohlensäureaufstiegs an den Mineralquellen selbst und damit ein Rückgang der Mineralkonzentration. Deshalb scheint es sehr wichtig zu sein, daß das Wildunger Heilquellenschutzgesetz von 1906 sorgfältig beobachtet wird und daß tiefere Eingriffe durch Bauten in die Erdoberfläche im Bereich der Mineralquellen, in Bad Wildungen und Umgebung, so weit als möglich vermieden werden. Auch könnte eine zu starke Nutzung der Mineralquellen durch Abpumpen und damit Änderung hydrostatischer Verhältnisse zu einem Rückgang der Kohlensäure beigetragen haben. Für die stärkere Beanspruchung der Mineralquellen spricht die Zunahme der Chlorid- und Sulfatgehalte in der Übergangszone (Abschnitt 6.2).

### 7.3. Die Herkunft der mineralischen Anteile in den Mineralwässern

Die Herkunft der salzreichen Wässer in der Außenzone und östlich des Keller- waldes bedarf abschließend einiger Überlegungen. BAUR (1920) meinte, daß die Koch- salzgehalte in den Mineralquellen vermutlich auf Zuflüsse aus den Salzlagern des Zech- stein zurückzuführen sind. UDLUFT (1952) glaubte zunächst, daß zumindest ein Teil des Salzgehaltes iuvenil und vulkanischen Ursprungs sei, schwächte jedoch später (UDLUFT & HORN 1965) diese Auffassung ab und ließ die Frage der Herkunft offen. Eine eindeutige Antwort könnten Isotopenuntersuchungen bringen, die aber einstweilen noch nicht zu erwarten sind. Verf. ist der Meinung, daß die Gehalte an Chloriden und Sulfaten in der Außenzone und zum kleinen Teil der Übergangszone von Zuflüssen aus salinaren Schichtfolgen (CARLE 1963), vermutlich des Zechstein zurückzuführen sind.

Dafür spricht, daß die Verbreitung der salinaren Fazies des Zechstein bis nach Bad Wildungen reicht (wenn auch hier bisher nur in der Anhydrid-Fazies nachgewiesen, wahrscheinlich aber in geringer Entfernung von Bad Wildungen in der Steinsalz-Fazies vertreten), so daß nicht einmal weite Zuflußwege angenommen werden müssen. Gegen die juvenile Herkunft dürfte das Fehlen hydrothermal-metamorpher Gesteine in den Mineralwasseraufstiegswegen (jedenfalls nach den Bohrproben der Bohrungen Helenen- und Georg-Viktor-Quelle) anzuführen sein. Aufsteigende Wässer mit Chlorid- und Sulfatgehalten vulkanischen Ursprungs sind aber in der Regel thermal,  $\text{SO}_4$  und wohl auch Cl liegen als freie Säuren vor. (HÖLTING 1959; Matthes 1961). Die Einwirkung auf das Nebengestein führt daher zu einer meist tiefgreifenden Veränderung. Da aber in Bad Wildungen hydrothermal-metamorphe Gesteine bisher nicht bekannt sind, erscheint ein vulkanischer Ursprung der Ionen unwahrscheinlich, die Annahme juveniler Wässer nicht gerechtfertigt. Auch die Ableitung von konnaten Wässern ist fraglich. Einmal sind gerade in der salzreicheren Außenzone und im Vorland des Kellerwaldes die grundwasserleitenden Gesteinsfolgen verhältnismäßig gut durchlässig, eine für die Annahme konnater Wässer notwendige Stagnation der Grundwasserbewegung nicht denkbar, zum anderen sind nach den Analysenergebnissen die Infiltrationsvorgänge mit den sprunghaften Veränderungen der Salzgehalte infolge Durchlässigkeitswechsel an der Grenze Zechstein/Unterkarbon zu den mitteldevonischen Tonschiefern so offensichtlich, daß die Beteiligung konnater Wässer kaum denkbar ist. Schließlich zeigt der Rückgang der Chloride in der Innenzone auf Gehalte, wie sie auch in Quellen mit kleinen Niederschlagsgebieten in dieser Gegend festgestellt werden, daß in der Innenzone bestimmt keine konnaten Wässer beteiligt sind. Die Erklärung einer kontinuierlichen Abfolge der Salzgehalte in den Mineralquellen von der Außen- zur Übergangs- und schließlich Innenzone in der geschilderten Weise (Infiltration) erscheint als die einfachste und verständlichste Lösung dieser Frage.

## 8. Zusammenfassung

Nach einem geschichtlichen Rückblick auf die Entwicklung des Bades Wildungen und seiner Mineralquellen werden die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet beschrieben, die durch die Lage am Rand des Kellerwaldes, dem weit nach Osten vorspringenden Teil des Rheinischen Schiefergebirges, geprägt sind. Die bereits früher bekannten Untersuchungsergebnisse über die Beziehung Grundwasserspiegelschwankung-Schüttung-Kohlensäure-/Mineralgehalt werden erläutert. Einzelnen werden dann die 18 gefaßten und meist auch genutzten Mineralquellen in Bad Wildungen, Bad Wildungen-Reinhardshausen, Bad Wildungen-Reitzenhagen sowie die 4 Mineralquellen (davon 3 ständig beobachtet) in Kleinern mit einer Gesamtschüttung von 370—380 l/min (rd. 520 m<sup>3</sup>/Tag) aufgeführt, und zwar Lage, Höhenlage des Mineralwasserspiegels oder der eingestellten Auslaufhöhe über NN, geologische Verhältnisse im Untergrund der jeweiligen Quelle, Fassungsanlage, Schüttung, Wassertemperatur und bisher ausgeführte Wasseranalysen; soweit die Analysen bereits veröffentlicht wurden, auch die entsprechende Schrift zitiert. Erfolgreiche und unbeabsichtigte Erschließungen von Mineralwasser ergänzen diese Übersicht.

Ihrer chemischen Zusammensetzung nach sind folgende Mineralwassertypen zu unterscheiden:

1. im Randgebiet des Kellerwaldes Natrium-Magnesium-Calcium-Hydrogenkarbonat-Chlorid-Säuerlinge,
2. weiter im Innern des Kellerwaldes, in der Umgebung von Bad Wildungen-Reinhardshausen Calcium-Magnesium-Hydrogenkarbonat-Säuerlinge und -Wässer.

Dazwischen liegen Mineralquellen, die einen Mischtyp beider Typen bilden. Gemeinsam ist allen Mineralquellen, daß Mineralkonzentration und Kohlensäuregehalt in enger Beziehung stehen; mit zunehmendem Kohlensäuregehalt steigt auch die Konzentration (hier: Summe der Äquivalentgewichte) und umgekehrt. Vom Kellerwaldrand zum Innern (Bad Wildungen-Reinhardshausen) nehmen Kohlensäuregehalt und Konzentration ab.

Aus den Mineralwasseranalysen der Jahre 1940/41 werden aus den Äquivalentgewichten Ionenverhältnisse gebildet: 1) das Alkaliverhältnis Na:K, 2) das Erdalkali-Verhältnis Ca:Mg, 3) das Erdalkali-Alkali-Verhältnis  $(Ca + Mg) : (Na + K)$ , 4) das Verhältnis Hydrogenkarbonat zur Summe Chlorid und Sulfat  $HCO_3 : (Cl + SO_4)$ , 5) das Verhältnis Chlorid zu Sulfat  $Cl : SO_4$ . Die Zusammenstellung der Ionenverhältniszahlen führt zu einer regionalen Gliederung der Mineralquellen in drei Zonen. Die derart abgeleiteten Zonen (Außen-, Übergangs- und Innenzone) umrahmen den abtauchenden Hundsdorfer Sattel, die Mineralquellen treten darin in Sattelzonen der Spezialfaltung auf. Das vorliegende reichhaltige Beobachtungs- und Analysenmaterial gestattet es, Änderungen in der Schüttung, Wassertemperatur und chemischen Verteilung über kürzere (kurzfristige Änderungen) und längere (langfristige Änderungen) aufzuzeigen. Bei den langfristigen Änderungen zeichnet sich ein allgemeiner Rückgang der Konzentration seit den ersten vollständigen Analysen (1859) ab.

Nach einem zusammenfassenden Überblick der chemischen Eigenschaften der Mineralquellen in der Außen-, Übergangs- und Innenzone werden Überlegungen über die Entstehung der Mineralquellen angestellt. Wegen der verhältnismäßig guten Durchlässigkeit der Gesteinsfolgen in der Außenzone sind die dort gelegenen Mineralquellen am kohlenäurereichsten, ihre Mineralkonzentration ist hoch. Weiter zum Innern des Kellerwaldes nimmt die Durchlässigkeit an der Grenze zu den mitteldevonischen Tonschiefern ab. In der Innenzone sind daher Kohlensäureaufstieg und Mineralkonzentration wesentlich geringer als in der Außenzone. Im Bereich der Übergangszone infiltrieren salzreichere Wässer aus der Außenzone. In der Übergangs- und Innenzone werden außerdem Sulfate zugeführt, die aus der Oxydation von Eisensulfiden hervorgehen. Die Mineralquellen treten dort aus, wo kohlenäureführende (wahrscheinlich  $\pm$  NW-SE-streichende) Klüfte oder Klüftzonen die wasserführenden Sattelzonen der Spezialfaltung (etwa NE-SW-streichend) kreuzen.

Die Salzgehalte der Mineralquellen der Außenzone werden auf Zuflüsse von Lösungen aus salinaren Lagerstätten (vermutlich des Zechstein) zurückgeführt. In der Innenzone dominieren nur noch Erdalkali-Hydrogenkarbonate, die durch aufsteigende Kohlensäure postvulkanischer Aktivität im Kontakt mit Nebengesteinen gebildet wurden. Eine Beteiligung juveniler oder konnater Wässer erscheint unwahrscheinlich.



Tab. 1. Analysen der Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern aus der Zeit um die Jahre 1940/41

Quelle	Königsquelle mg/l	Schloßquelle mval	Georg-Viktor Quelle	Badequelle	Helene- quelle	Helene- brunnen	Talquelle	Stahlquelle	Reinhardt- quelle	Tempel- quelle
Datum	29. 6. 1940	28. 2. 1941	12. 2. 1936	26. 6. 1940	12. 2. 1936	28. 10. 57	28. 6. 1940	6. 12. 1940	7. 12. 1940	8. 12. 1940
T° C	8,5	10,0	9,7		10,0	11,8	7,6	7,6	9,4	9,4
K	12,26	8,13	6,47	4,473	18,0	15,98	1,807	1,97	3,3	5,09
	0,316	0,208	0,166	0,114	0,4602	0,41	0,0465	0,053	0,0845	0,1386
Na	325,5	79,9	56,51	49,69	661,1	653,1	4,076	6,96	15,1	10,95
	14,15	3,46	2,46	2,16	28,75	28,3	0,177	0,302	0,658	0,4763
Ca	246,6	121,4	233,7	218,5	351,8	345,9	107,4	32,57	176,6	75,77
	12,33	6,07	11,62	10,9	17,56	17,3	5,37	1,635	8,84	3,781
Mg	144,2	81,2	125,2	112,2	251,9	238,7	52,6	29,17	73,1	36,53
	12,0	6,78	10,45	9,22	20,72	19,9	4,38	2,43	6,10	3,004
Fe	4,8	3,02	10,79	11,59	5,526	6,61	10,07	21,47	4,9	8,331
	0,171	0,178	0,384	0,414	0,1979	0,237	0,358	0,766	0,173	0,2984
Mn	0,9	0,8	0,77	0,64	0,42	0,41	1,991	1,495	0,7	0,26
	0,033	0,03	0,028	0,024	0,0153	0,015	0,072	0,054	0,019	0,0095
Cl	498,2	63,7	5,8	6,098	619,4	602,8	5,377	5,174	12,8	4,597
	14,0	1,791	0,168	0,171	17,47	17,0	0,1515	0,1455	0,036	0,1297
SO <sub>4</sub>	54,9	50,5	59,19	49,83	30,51	25,05	17,35	17,10	59,2	16,7
	1,14	1,052	1,35	1,036	0,6353	0,52	0,363	0,357	1,35	0,3478
HCO <sub>3</sub>	1452	838,9	1442	1323	3000,32	2956	599,7	291,3	868	439,8
	23,8	13,7	23,7	21,68	49,70	48,5	9,81	4,78	14,22	7,209
Summe mval	38,94	16,543	25,108	22,899	67,81	66,02	10,325	5,28	15,61	7,687
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> mg/l				22,72	32,02					20,82
CO <sub>2</sub> -frei mg/l	2317	1205	2652	2223	2275	2115	1926	1906	1807	770,9
Summe gelöste Bestandteile mg/l	5056,4	2452,5	4543	4024	7280	6959,8	2727	2313	3021	1388

Analytiker: FRESENIUS (Wiesbaden)

Quelle	Schacht- quelle	Prozeßquelle		Gemeinde- quelle	Bilstein- quelle	Johanniter- quelle	Bathildis- quelle	Mühl- brunnen	Dorf- quelle	Donar- quelle
		links	rechts							
Datum	7. 12. 1940	6. 12. 1940	6. 12. 1940	5. 12. 1940	28. 2. 1941	28. 5. 1946	26. 2. 1941	26. 2. 1941	26. 2. 1941	5. 9. 1941
T° C	9,6	9,9	9,9	9,9	7,8	8				
K	1,703 0,0455	2,634 0,0674	1,757 0,045	2,638 0,06798	4,647 0,1189	4,533 0,1159	3,44 0,087	1,56 0,0398	3,28 0,084	16,29 0,416
Na	8,254 0,3589	8,217 0,3573	8,043 0,3498	13,51 0,5877	29,48 1,278	129,4 5,6284	73,77 3,207	70,5 3,065	106,3 4,623	155,65 6,766
Ca	69,67 3,477	143,8 7,176	135,0 6,738	113,8 5,678	109,8 5,481	118,7 5,9227	167,292 8,348	177,643 8,866	235,077 11,733	291,54 14,55
Mg	35,22 2,896	71,42 5,873	68,21 5,61	59,41 4,886	51,07 4,2	55,39 4,5553	95,577 7,86	91,2 7,5	63,394 5,213	107,77 8,861
Fe	9,379 0,336	8,57 0,2456	4,978 0,1782	7,749 0,2776	7,211 0,2583	1,207 0,0432	5,5 0,196	8,0 0,286	6,0 0,2149	9,372 0,335
Mn	0,2 0,00728	0,364 0,0132	0,359 0,0131	1,427 0,05194	0,5 0,01821	0,237 0,0086	0,92 0,0334	1,098 0,04	1,23 0,0447	0,783 0,028
Cl	10,52 0,2967	5,61 0,1427	5,048 0,1424	10,18 0,2872	7,11 0,2005	14,66 0,4133	53,364 1,504	36,343 1,025	49,64 1,4	175,88 4,96
SO <sub>4</sub>	19,92 0,4147	20,73 0,4315	20,59 0,4286	25,60 0,533	41,25 0,8588	32,83 0,6835	16,90 0,35	16,906 0,35	8,319 0,1732	250,78 5,222
HCO <sub>3</sub>	394,6 6,467	806,6 13,22	757,8 12,42	636,4 10,76	631,9 10,36	920,1 15,079	1097,4 17,98	1123,8 18,41	1240,8 20,3394	1267,457 20,775
Summe mval	7,179	13,79	12,99	11,58	11,409	16,27	19,834	19,785	21,91	30,957
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> mg/l	15,39	18,42	15,77	16,96	22,64	51,6	11,618	17,55	13,65	48,097
CO <sub>2</sub> -frei mg/l	681,1	1767	1550	1309	1312	769,4	1952,5	1606,0	1622,5	1661,0
Summe gelö- ste Bestand- teile mg/l	1247,1	2852	2569	2217	2218	2104,1	3478,3	3150,6	3350,19	2275

Analytiker: WAGNER (Bad Salzbrunn)

Tab. 2. Die ältesten auswertbaren Ergebnisse von Mineralwasser-Analysen in Bad Wildungen, umgerechnet aus der Salztabelle auf Ionen

Veröffentlicht von DREVES & WIGGERS 1855;

Analytiker: WIGGERS, Probenentnahme Mai 1833

	Georg-Viktor-Quelle		Helenenquelle		Talquelle	
	mg/l	mval	mg/l	mval	mg/l	mval
Alkali*)	44,7	1,94	484,2	21,2	13,9	0,60
Ca	196,8	9,83	274	13,7	161,0	8,05
Mg	103,6	8,63	199,7	16,6	68,9	5,77
Fe	8,7	0,31	9,7	0,4	17,6	0,63
Mn	3,2	0,12	1,3	0,05	4,3	0,16
Cl	5,6	0,16	524,1	14,8	3,6	0,1
SO <sub>4</sub>	53	1,11	27,3	0,6	29,0	0,6
HCO <sub>3</sub>	1195	19,60	2227,2	36,6	882,0	14,5
		20,87		52,0		15,2
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	36,27				15,9	
CO <sub>2</sub> -frei**)	2838,8		3016,6		2530,0	

\*) auf Na-Basis    \*\*) Laborbestimmung

Tab. 3. Analysen von Wasserproben der Quellen Obermühle in Bad Wildungen-Reitzenhagen (3.3.2), der Domänenquelle in Kleinern (3.4.4) und dem Schachtbrunnen im Bornebachtal/Bad Wildungen (3.5.1.1)

Entnahme: 3. 1. 1966

Analytiker: THIELICKE (Hess. Landesamt f. Bodenforschung, Wiesbaden)

	Obermühle		Domänenquelle		Brunnen Bornebachtal	
	mg/l	mval	mg/l	mval	mg/l	mval
Na	88,30	3,84	37,80	1,64	15,50	0,67
K	7,70	0,20	4,0	0,1	2,2	0,06
Ca	147,28	7,35	151,10	7,54	49,70	2,48
Mg	88,04	7,24	51,34	4,22	22,13	1,82
Fe	1,17	0,04	3,27	0,12	0	0
Mn	0,39	0,014	0,43	0,016	0	0
		18,68		13,64		5,03
Cl	25,5	0,72	27,90	0,79	16,15	0,46
SO <sub>4</sub>	66,25	1,38	50,74	1,06	60,61	1,26
HCO <sub>3</sub>	963,80	15,80	704,55	11,55	167,75	2,75

Tab. 4. Ionenverhältnisse in den Mineralwasser-Analysen um das Jahr 1940

	Na : K	Ca : Mg	$\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{\text{Na} + \text{K}}$	$\frac{\text{HCO}_3}{\text{SO}_4 + \text{Cl}}$	Cl : SO <sub>4</sub>
Bad Wildungen :					
1. Königsquelle	45	1,0	1,7	1,6	12,2
2. Schloßquelle	16	0,9	3,5	4,9	1,7
3. Georg-Viktor-Quelle (1936)	14,8	1,1	8,4	15,8	0,1
4. Badequelle	19,0	1,2	8,9	18,2	0,2
5. Helenenquelle (1936)	62	0,9	1,3	2,8	28
6. Talquelle	3,8	1,2	43,5	19,4	0,4
7. Stahlquelle	5,7	0,7	11,6	9,5	0,4
8. Reinhardtsquelle	7,8	1,4	20	10,4	0,03
9. Tempelquelle	3,4	1,3	11,2	15,4	0,4
10. Schachtquelle	7,9	1,2	15,8	9,2	0,7
11. Prozeßquelle (links)	5,3	1,2	32	23,3	0,3
12. Prozeßquelle (rechts)	7,8	1,2	32	22,2	0,3
13. Gemeindequelle	8,7	1,2	17	13,4	0,5
14. Bilsteinquelle	10,8	1,3	6,9	9,7	0,2
15. Johanniterquelle	49	1,3	1,8	13,8	0,6
Kleinern :					
16. Bathildisquelle	37	1,1	4,9	9,7	4,3
17. Mühlbrunnen	77	1,2	5,3	13,4	2,9
17a) Dorfquelle	55	2,2	3,6	12,9	8,1
Vergleichsquellen :					
18. Donarquelle	161	1,6	3,2	2,1	1,0
19. Löwensprudel/Zwesten 1952	(83)	1,7	(0,7)	0,4	2,6

Tab. 5. Die Gliederung der Mineralquellen nach Verhältniszahlen

Außen- I ×	Über- gangs- Zone II ○	Innen- III ●																				
			Königsquelle	Schloßquelle	Georg-Viktor-Quelle	Badequelle	Helenenquelle	Talquelle	Stahlquelle	Reinhardtquelle	Tempelquelle	Schachtquelle	Prozeßquelle links	Prozeßquelle rechts	Gemeindequelle	Bilsteinquelle	Johanniterquelle	Bathildisquelle	Mühlbrunnen	Dorfbrunnen	Donarquelle	Löwensprudel
Na : K	×	○	○	○	×	●	●	●	●	●	●	●	●	○	×	×	×	×	×	×	×	×
Na : Mg	○	×	○	●	×	●	×	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●
(Ca+Mg) : (K+Na)	×	×	○	○	×	●	●	●	●	●	●	●	●	○	×	×	○	×	×	×	×	×
HCO <sub>3</sub> : (Cl+SO <sub>4</sub> )	×	×	●	●	×	●	○	●	●	○	●	●	●	○	●	○	●	●	×	×	×	×
Cl : SO <sub>4</sub>	×	×	●	●	×	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	×	×	×	×	×	×
freie Kohlensäure gr/l	2,3	1,2	2,65	2,2	2,3	1,9	1,9	1,8	0,77	0,7	1,77	1,55	1,3	1,3	0,77	1,95	1,6	1,62	1,66	1,66	0,5	
Zone	I	I	II	II	I	III	III	III	III	III	III	III	III	III	II	II	I	II	II	I	I	I

Tab. 6. Langjähriges Mittel der Schüttung, Temperatur, des Hydrogenkarbonat-, Kohlensäure- und Chloridgehaltes und deren Schwankungen

Quelle	Mittel der Jahre	Schüttung l/min	Temperatur °C	HCO <sub>3</sub>		CO <sub>2</sub> mg/l	Cl	
				mg/l	mval		mg/l	mval
Königsquelle (1)	1955/64	5,1 ± 0,5	9,2 ± 0,2	1351 ± 31	22,4 ± 0,51	2311 ± 92	491 ± 27	13,8 ± 0,79
Schloßquelle (2)	1955/64	8,9 ± 2,5	10,0 ± 0,3	988 ± 39	16,2 ± 0,64	1563 ± 113	71 ± 39	2,0 ± 1,1
Gg.-Viktor-Quelle (3)	1955/58	14,5 ± 1,4	10,4 ± 0,8	1265 ± 25	20,8 ± 0,41	2504 ± 64	10,8 ± 1,7	0,3 ± 0,05
Bohrloch A (4)	1959/64	10,5 ± 5,9	11,4 ± 1,6	1328 ± 50	21,8 ± 0,82	1363 ± 273	12 ± 1,9	0,34 ± 0,05
Bohrloch B (5)	1961/64	31,2 ± 17	10,7 ± 0,5	1147 ± 103	18,8 ± 1,69	3436 ± 238	10,4 ± 1,7	0,29 ± 0,05
Badequelle (6)	1955/64	13,8 ± 6,8	9,5 ± 0,3	980 ± 140	16,1 ± 2,29	2670 ± 149	21,5 ± 4	0,61 ± 0,11
Grottenquelle (7)	1955/60	8,7 ± 1,4	9,0 ± 0,4	1047 ± 62	17,3 ± 1,02	1567 ± 83	17 ± 6	0,48 ± 0,17
Helenenquelle (8)	1955/64	29,8 ± 0,8	12,1 ± 0,2	598 ± 12	9,8 ± 0,2	2942 ± 68	2331 ± 114	65,8 ± 3,22
Stahlquelle (9)	1955/64	5,5 ± 0,4	7,4 ± 0,3	245 ± 22	4,3 ± 0,36	2193 ± 94	8,3 ± 1,1	0,23 ± 0,03
Reinhardsquelle (10)	1955/64	3,5 ± 0,4	11,0 ± 0,8	911 ± 58	14,9 ± 0,95	1843 ± 136	13,4 ± 2,8	0,38 ± 0,08
Görnerquelle (11)	1961/64	36,4 ± 5,1	9,4 ± 0,5	667 ± 44	10,9 ± 0,72	953 ± 34	10,6 ± 0,4	0,3 ± 0,01
Prozeßquelle (12)	1955/64		9,9 ± 0,4	693 ± 38	11,4 ± 0,62	1568 ± 108	9,5 ± 1,1	0,27 ± 0,03
Gemeindequelle (13)	1955/63	28 ± 6,1	9,7 ± 0,2	611 ± 33	10,0 ± 0,54	1363 ± 42	9,3 ± 0,6	0,26 ± 0,02
Bilsteinquelle (14)	1955/64		9,2 ± 0,6	753 ± 51	12,3 ± 0,84	1624 ± 137	13 ± 1,3	0,37 ± 0,04
Bathildisquelle (15)	1955/64	7,5 ± 0,6	9,6 ± 0,4	989 ± 24	16,2 ± 0,39	2143 ± 105	54 ± 1,9	1,52 ± 0,05
Dorfquelle (16)	1955/64	4,8 ± 0,7	9,4 ± 0,3	1292 ± 33	21,2 ± 0,54	2407 ± 128	49,3 ± 12	1,38 ± 0,34
Mühlbrunnen (17)	1955/64	34,3 ± 3,7	10,1 ± 0,2	950 ± 23	15,6 ± 0,38	2104 ± 93	33 ± 2,4	0,93 ± 0,07
Donarquelle (18)	1955/64	4,9 ± 1,4	9,2 ± 0,3	1068 ± 31	17,5 ± 0,51	1974 ± 73	170,4 ± 33	4,8 ± 0,96

Anmerkung: Die in Klammern den einzelnen Mineralquellen nachgesetzten Zahlen sind identisch mit den Quellen-Nummern in Abb. 7.

Tab. 7. Änderungen der chemischen Anteile (zwischen vollständiger Erst- und Letztanalyse)

	Beobachteter Zeitraum	K	Na	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub> - frei	Summe Äquivalentgewichte (mval) von/bis = % der Veränderung
	1. — letzte Analyse = Jahre									
1. Königsquelle	1869/1940 = 71	—	—	—	—	—	+	—	(+)	54,6 /39,0 = — 29
2. Schloßquelle	1899/1941 = 42	—	—	—	—	—	+	—	—	22,1 /16,5 = — 25
3. Georg- Viktor-Quelle	1859/1962 = 103	—	—	—	+	+	+	+	+	20,65/20,94 = + 0,1
4. Badequelle	1859/1940 = 81	—	—	—	—	+	—	—	—	26,14/22,9 = — 12
5. Helenenquelle	1859/1957 = 98	+	—	—	—	—	+	—	—	68,9 /66,1 = — 4
6. Talquelle	1859/1940 = 81	—	—	—	—	+	—	—	—	15,4 /10,4 = — 32
7. Stahlquelle	1859/1940 = 81	—	+	—	—	+	+	—	—	6,1 / 5,3 = — 13
8. Reinhardquelle	1894/1962 = 68	—	—	—	—	—	+	—	—	19,5 /13,4 = — 31
9. Bilsteinquelle	1910/1950 = 40	—	—	—	—	—	—	—	+	22,43/19,26 = — 14
10. Johanniterquelle	1946/1958 = 12	+	—	+	+	—	+	—	—	16,27/14,99 = — 8
11. Bathildisquelle	1905/1941 = 36	—	—	—	—	—	—	—	—	22,41/19,83 = — 11
12. Donarquelle	1901/1941 = 40	+	+	+	—	+	+	—	—	32,27/30,96 = — 6

+ = Zunahme des Gehaltes — = Abnahme des Gehaltes

Tab. 8. Änderungen der Ionenverhältnisse zwischen Erstanalyse und Analyse um 1940 (s. auch Tab. 7)

	Na:K	Ca:Mg	$\frac{Ca + Mg}{Na + K}$	$\frac{HCO_3}{SO_4 + Cl}$	Cl:SO <sub>4</sub>
1. Königsquelle	— 1	0	+ 0,5	+ 0,2	—19,8
2. Schloßquelle	— 1,9	+ 0,25	+ 0,5	— 1,7	— 1,9
3. Georg-Viktor-Quelle	— 1,1	— 0,1	— 0,5	— 0,1	0
4. Badequelle	+ 4,6	0	+ 1,3	— 2,2	+ 0,05
5. Helenenquelle (Brunnen)	— 22	0	0	0	— 2
6. Talquelle	— 0,4	— 0,1	+ 10,7	— 6,6	+ 0,17
7. Stahlquelle	+ 3,5	0	— 5,3	— 3,6	+ 0,03
8. Reinhardsquelle	— 0,6	+ 0,1	— 3,4	— 27,6	+ 0,01
9. Bilsteinquelle	+ 3,6	— 0,3	+ 0,8	+ 5,0	+ 0,03
10. Johanniterquelle	— 30	— 0,27	+ 2,5	— 1,3	— 0,1
11. Bathildisquelle	+ 17	— 0,03	+ 0,3	+ 3,1	+ 2,5
12. Donarquelle	+ 50	+ 0,52	— 1,4	— 2,9	— 8,1
13. Löwensprudel (1914/1952)	?	+ 0,3		0	+ 0,1

Tab. 9. Mittlere Ionengehalte der Mineralquellen in der Außen- (I), Übergangs- (II Bad Wildungen, II Kleinern) und Innenzone (III) sowie die sich daraus ergebende mittlere Salzverteilung (nach Analysen der Jahre 1940/41)

	I	II (Bad Wildungen)	II (Kleinern)	III	
Na	12,6	1,9	3,8	0,4	mval
K	0,3	0,1	0,06	0,06	mval
Ca	10,3	7,1	10,3	5,9	mval
Mg	11,3	6,2	6,4	4,7	mval
Fe	0,2	0,4	0,2	0,2	mval
Sonstige	0,0	0,8	0,1	0,0	mval
Summe der Äquivalentgewichte	34,7	16,5	20,86	11,26	mval
Cl	9,5	0,2	1,2	0,17	mval
SO <sub>4</sub>	1,2	0,9	0,3	0,55	mval
HCO <sub>3</sub>	24,0	15,4	19,4	10,6	mval
CO <sub>2</sub> -frei	1879	1772	1614	1402	mg/l
NaCl	9,2	0,1	1,1	0,1	mval
KCl	0,3	0,1	0,1	0,1	mval
NaHCO <sub>3</sub>	3,4	1,8	2,7	0,2	mval
CaSO <sub>4</sub>	1,2	0,9	0,3	0,6	mval
CaHCO <sub>3</sub>	9,1	6,2	10,0	5,3	mval
MgHCO <sub>3</sub>	11,3	6,2	6,4	4,7	mval
FeHCO <sub>3</sub>	0,2	0,4	0,2	0,2	mval



## Schriftenverzeichnis

- BAUR, K.: Über den Ursprung und das Wesen der Wildunger Heilquellen. 90 S., Verlag Pusch, Bad Wildungen 1920.
- Über meine Tätigkeit als Quellenbeobachter in Bad Wildungen. — Bericht im Archiv des Hess. L.-Amtes f. Bodenforschung, Wiesbaden. Bad Wildungen 1929.
- CARLE, W.: Die Genese des Mineralwasser-Schatzes zwischen Alpen und Nordsee. — Heilbad und Kurort, 2, 11 S., 8 Abb., Gütersloh 1963.
- CASTENDYCK, W.: Die Gegend um Wildungen im Fürstenthum Waldeck. — N. Jb. u. Mineral etc., S. 140—145, 1 K., Stuttgart 1856.
- DECHEND, H. von: Geologische Karte der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen. Section Waldeck-Cassel. Berlin 1892.
- DENCKMANN, A.: Der geologische Bau des Kellerwaldes. — Abh. preuß. geol. L.-A., N. F., 34, 88 S., 2 Taf., Berlin 1901.
- Geologisches Gutachten über die Wildunger Mineralquellen rücksichtlich ihrer Schutzbedürftigkeit. — Gutachten aus dem Jahre 1905 im Archiv des Hess. L.-Amt. Bodenforsch., Wiesbaden.
- Über Aufnahmen im Gebiet des Blattes Waldeck-Kassel (1:80 000). — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1888, XCV—CII. Berlin 1889.
- Über Aufnahmen im Gebiet des Blattes Waldeck-Kassel (1:80 000). — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1889 LVIII—LXV. Berlin 1892.
- DREVES, F., WIGGERS, A.: Die Mineralquellen bei Wildungen. 112 S., Göttingen 1835.
- ELLENBERGER, H.: Kurze Beschreibung der Wildunger Gesundbrunnen und ihren nutzbaren Gebrauch. Cassel 1621.
- FISCHER: Wildungen und seine Umgebungen mit besonderer Rücksicht auf seine Mineralquellen. Oldenburg 1838.
- FRESENIUS, R.: Chemische Untersuchung der Mineralquellen zu Wildungen. — Journal prakt. Chemie, 79, S. 385—409, Leipzig 1860.
- Chemische Untersuchungen der Georg-Viktor-Quelle zu Wildungen. Kreyder's Verlag Wiesbaden 1892.
- HÖLTING, B.: Vulkanisch beeinflusste Grundwässer in El Salvador (Zentralamerika). — N. Jb. Geol. Paläont., Mh, 1959, S. 461—469, Stuttgart, Oktober 1959.
- HORN, M.: siehe UDLUFT & HORN.
- HUFELAND: Practische Übersicht der vorzüglichen Heilquellen Teutschlands (auf S. 105 „Wildungen“). Berlin 1831.
- KAPPELMEYER, O.: Bericht über Kohlendioxidgehaltsbestimmungen in Bad Wildungen. — Unveröffentl. Ber. im Archiv des Hess. L.-Amt f. Bodenforschung, Wiesbaden. Hannover, 21. 1. 1966.
- KOCH, E. J.: Die Mineralquellen Deutschlands und der Schweiz nebst einem Anhang über die Deutschen Nord- und Ostseebäder. Wien 1841.
- KRENSLER, F. W.: Kurze Belehrung über Eigenschaften des Wildunger Mineralwassers. Arolsen 1848.
- LEPPLA, A.: Über Aufnahmen im Gebiet des Blattes Waldeck-Kassel (1:80 000) — Jb. preuß. geol. L.-A., f. 1888, S. L XXXVI—XCV, Berlin 1889.
- Über Aufnahmen im Gebiet des Blattes Waldeck-Kassel (1:80 000). Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1889, LXV—LXX, Berlin 1892.
- LERSCH, B. M.: Praktische Mineralquellenlehre. 1634 Seiten, Erlangen 1860.
- MATTHESS, G.: Die Herkunft der Sulfat-Ionen im Grundwasser. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 35, 85 S., 31 Tab., Wiesbaden 1961.
- MEISCHNER, K. D.: Geologische Struktur-Untersuchung im Gebiet der Reinhardsquelle bei Bad Wildungen. 42 S., 7 Abb., 4 Profile, 2 Karten, Diplom-Arbeit, Göttingen, Juli 1959.
- MICHELS, F.: Zur Geologie des Wiesbadener Raumes und seiner Mineralquellen. — Ärztliche Mitt., 46, (21), S. 1214—1220, 5 Abb., Köln 27. 5. 1961.

- MOSCH: Die Bäder und Heilbrunnen Deutschlands und der Schweiz. Leipzig 1820.
- MÜLLER, C.: Altes und Neues über das Bad Wildungen. Fürstenwalde 1878.
- MÜLLER, W.: Über die Veränderlichkeit der Mineralquellen. — „Vom Wasser“, Jb. Wasserchemie und Wasserreinigungstechnik, **18**, S. 27—42, Weinheim 1950.
- MUTH, D. Z. C.: Wildungische Brunnen Anmerkungen. Mengersinghausen 1748.
- OSANN, E.: Physicalisch-medicinische Darstellung der benannten Heilquellen der vorzüglichsten Länder Europas. II. Teil, S. 989: Die Mineralquellen zu Wildungen. Berlin 1841.
- OVELGUN, R. F.: Gründlicher, naturgemäßer Entwurf derer Uralten Wildungischen Mineralwasser. Mengersinghausen 1725.
- RAMELOVIUS, M.: Speculum Acidularium Wildungensium renovatum et perpolitum. Marburg 1664.
- RAMELOVIUS, M., BOLLMANNUS, G.: Hochnützliche, heilsame Wasser- und Brunnen-Betrachtung. Das ist: Ausführliche Beschreibung und gründliche Unterforschung der weltberühmten Sauerbrunnen zu Wildungen und Pyrmont. Marburg 1682.
- RÖRIG, C.: Die Heilquellen zu Wildungen. Leipzig 1868.
- SCHAUER, C. H.: Das Bad Wildungen. Arolsen 1858.
- SCHWILLE, FR.: Ionenumtausch und der Chemismus von Grund- und Mineralwässern. — Z. deutsch. geol. Ges., Jg. 1954, **106**, S. 16—22, Hannover 1955.
- SIMON, FR.: Heilquellen Europas mit vorzüglicher Berücksichtigung ihrer chemischen Zusammensetzung. 265 Seiten, Berlin 1839.
- STUCKE, C. H.: Beschreibung und chemische Untersuchung der Mineralwässer zu Wildungen von Herrn Stucke. Crell's Chemische Annalen, Helmstädt 1791.
- Physikalisch-chemische Beschreibung des Wildunger Brunnen und derselben Gegend. Schladerbach'sche Buchhandlung, S. 1—207, Leipzig 1791.
- Abhandlung von den Mineralquellen im Allgemeinen und Versuch einer Zusammenstellung von 880 der bekannteren Mineralquellen und Salinen Deutschlands, der Schweiz und einiger angrenzender Länder. 109 Seiten, 4 Karten; Cöln 1831.
- STÖCKER: Bad Wildungen und seine Mineralquellen. 42 S., 1 Tab. Bad Wildungen 1896 (in Commission der Speyer'schen Buchhandlung, Arolsen).
- TILEMANN, J.: Kurze Beschreibung der Sauerbrunnen zu Wildungen geschehen von Herrn Doctor Johann Wolfen, Medico Hasiaco, und Herrn Doctor Henrico Ellenbergern, also colligirt und revidirt durch Johann Tilemann. Marburg 1639.
- UDLUFT, H.: Eine neue Darstellungsweise von Mineralwasseranalysen. — Heilbad und Kurort, **3**, S. 172, Gütersloh 1951.
- Die geologisch-hydrogeologische Stellung der Helenenquelle bei Bad Wildungen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **3**, S. 263—277, Wiesbaden 1952.
- Über eine neue Darstellungsweise von Mineralwasseranalysen II. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **81**, S. 308—313, Taf. 16, Wiesbaden 1953.
- Zur graphischen Darstellung von Mineralwasseranalysen und von Wasseranalysen. — Heilbad und Kurort, **10**, 4 S. 12 Abb., 12 Tab., Gütersloh 1957.
- Geologie und Geochemie als Grundlage des Quellenschutzes und der Quellenpflege. — Heilbad und Kurort, **2**, S. 3—15, 10 Abb., Gütersloh 1962.
- UDLUFT, H. & HORN, M.: Die Geologie der näheren Umgebung von Bad Wildungen und die geologisch-hydrogeologische Stellung seiner Heilquellen. 1965 (z. Z. im Druck).
- WALDSCHMIDT, E.: Über die devonischen Schichten der Gegend von Wildungen. — Z. deutsch. geol. Ges., **37**, S. 906—927, 1 Kte., 3 Taf., Berlin 1885.
- Wildunger Mineralquellen-Actiengesellschaft: Der Führer im Bade Wildungen. Bad Wildungen 1882.
- WOLFIIUS, J.: Johannis Wolffii judicium de acidarum Wildungensium mineris, natura et viribus, anno 1580. In: Ramelovius, M.: Speculum acidularium Wildungensium renovatum et perpolitum, Marburg 1664.
- Deutsches Bäderbuch: Leipzig 1907.
- Deutscher Bäderverband e. V.: Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen. 24 S., Bonn/Frankfurt a. M., 1. 10. 1958.

Manuskript eingegangen am 18. Juli 1966

Anschrift des Autors:

Diplomgeologe Dr. BERNWARD HÖLTING,  
Regierungsgeologe im Hessischen Landesamt  
für Bodenforschung, 62 Wiesbaden, Leberberg 9

Für die Redaktion verantwortlich:

Professor Dr. FRITZ KUTSCHER  
Regierungsdirektor und Abteilungsleiter beim  
Hessischen Landesamt für Bodenforschung,  
62 Wiesbaden, Leberberg 9

- Heft 17: SOLLE, G.: Die Watt-Fauna der unteren Klerfer Schichten von Greimerath (Unterdevon, Südost-Eifel). Zugleich ein Beitrag zur unterdevonischen Mollusken-Fauna. 1956. 47 S., 7 Abb., 6 Taf. . . . . 5,— DM
- Heft 18: Beiträge zur Geologie des Vorspessarts. Mit 6 Beiträgen von BEDERKE, BRAITSCH, GABERT, MURAWSKI, PLESSMANN. 1957. 167 S., 65 Abb., 18 Tab. 13,— DM
- Heft 19: BISCHOFF, G.: Die Conodonten-Stratigraphie des rhenoherynischen Unterkarbons mit Berücksichtigung der *Wockelumeria*-Stufe und der Devon/Karbon-Grenze. 1957. 64 S., 1 Abb., 2 Tab., 6 Taf. . . . . 8,— DM
- Heft 20: PILGER, A. & SCHMIDT, Wo.: Die Mullion-Strukturen in der Nord-Eifel. 1957. 53 S., 42 Abb., 8 Taf. . . . . 9,80 DM
- Heft 21: LEHMANN, W. M.: Die Asterozoen in den Dachschiefen des rheinischen Unterdevons. 1957. 160 S., 31 Abb., 55 Taf. . . . . 30,— DM
- Heft 22: BISCHOFF, G. & ZIEGLER, W.: Wie Conodontenchronologie des Mitteldevons und des tiefsten Oberdevons. 1957. 135 S., 16 Abb., 5 Tab., 21 Taf. . . . 20,— DM
- Heft 23: ZÖBELEIN, H. K.: Kritische Bemerkungen zur Stratigraphie der Subalpinen Molasse Oberbayerns. 1957. 91 S., 2 Abb. . . . . 8,— DM
- Heft 24: GUNZERT, G.: Die einheitliche Gliederung des deutschen Buntsandsteins in der südlichen Beckenfazies. 1958. 61 S., 14 Abb., 7 Tab. . . . . 14,— DM
- Heft 25: PAULY, E.: Das Devon der südwestlichen Lahnmulde und ihrer Randgebiete. 1958. 138 S., 41 Abb., 6 Taf. . . . . 20,— DM
- Heft 26: SPERLING, H.: Geologische Neuaufnahme des östlichen Teiles des Blattes Schaumburg. 1958. 72 S., 14 Abb., 5 Tab., 10 Taf. . . . . 10,— DM
- Heft 27: JUX, U. & PFLUG, H. D.: Alter und Entstehung der Triasablagerungen und ihrer Erzvorkommen am Rheinischen Schiefergebirge, neue Wirbeltierreste und das Chirotheriumproblem. 1958. 50 S., 11 Abb., 3 Taf. . . . . 5,60 DM
- Heft 28: SCHMIDT, H.: Die Cornberger Fährten im Rahmen der Vierfüßler-Entwicklung. 1959. 137 S., 57 Abb., 9 Taf. . . . . 15,— DM
- Heft 29: Beitrag zur Geologie der Mittleren Siegener Schichten. Mit 9 Beiträgen von BAUER, FENCHEL, MÜLLER, PAHL, PAPROTH, PILGER, REICHENBACH, SCHMELCHER, WENTZLAU. 1960. 363 S., 85 Abb., 22 Taf., 10 Tab. . . . . 36,— DM
- Heft 30: BURRE, O.: Untersuchungen über die Berechnung der dem Grundwasser von den Niederschlägen zugehenden Wassermengen aus den Bewegungen des Grundwasserspiegels. 1960. 68 S., 1 Abb., 8 Tab., 5 Taf. . . . . 8,60 DM
- Heft 31: RÖDER, D. H.: Ulmengruppe in sandiger Fazies (Unter-Devon, Rheinisches Schiefergebirge). 1960. 66 S., 4 Abb., 1 Tab., 7 Taf. . . . . 8,— DM
- Heft 32: ZAKOSEK, H.: Durchlässigkeitsuntersuchungen an Böden unter besonderer Berücksichtigung der Pseudogleye. 1960. 63 S., 12 Abb., 2 Taf., 1 Tab. . . . 11,— DM
- Heft 33: KREBS, W.: Stratigraphie, Vulkanismus und Fazies des Oberdevons zwischen Donsbach und Hirzenhain (Rheinisches Schiefergebirge, Dill-Mulde). 1960. 119 S., 21 Abb., 7 Tab., 11 Taf. . . . . 14,80 DM

- Heft 34: STOPPEL, D.: Geologie des südlichen Kellerwaldgebirges. 1961. 114 S., 21 Abb., 2 Tab., 4 Taf. . . . . 14,— DM
- Heft 35: MATTHESS, G.: Die Herkunft der Sulfat-Ionen im Grundwasser. 1961. 85 S., 3 Abb., 31 Tab. . . . . 7,60 DM
- Heft 36: STENGER, B.: Stratigraphische und gefügetektonische Untersuchungen in der metamorphen Taunus-Südrand-Zone (Rheinisches Schiefergebirge). 1961. 68 S., 20 Abb., 4 Tab., 3 Taf. . . . . 9,— DM
- Heft 37: ZAKOSEK, H.: Zur Genese und Gliederung der Steppenböden im nördlichen Oberrheintal. 1962. 46 S., 1 Abb., 19 Tab. . . . . 6,80 DM
- Heft 38: ZIEGLER, W.: Taxonomie und Phylogenie Oberdevonischer Conodonten und ihre stratigraphische Bedeutung. 1962. 166 S., 18 Abb., 11 Tab., 14 Taf. . . . . 22,60 DM
- Heft 39: MEISCHNER, KL.-D.: Rhenaer Kalk und Posidonienkalk im Kulm des nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirges und der Kohlenkalk von Schreufa (Eder). 1962. 47 S., 15 Abb., 2 Tab., 7 Taf. . . . . 11,60 DM
- Heft 40: HOLTZ, S.: Sporen-stratigraphische Untersuchungen im Oligozän von Hessen. 1962. 46 S., 1 Abb., 6 Taf. . . . . 9,— DM
- Heft 41: WALLISER, O. H.: Conodonten des Silurs. 1964. 106 S., 10 Abb., 2 Tab., 32 Taf. 12,— DM
- Heft 42: KUTSCHER, F.: Register für die Notizblatt-Bände der 5. Folge, Hefte 1—20, erschienen 1916—1939. 1963. 58 S., 1 Taf. . . . . 7,60 DM
- Heft 43: EINSELE, G.: Über Art und Richtung der Sedimentation im klastischen rheinischen Oberdevon (Famenne). 1963. 60 S., 8 Abb., 7 Tab., 5 Taf. . . . . 7,60 DM
- Heft 44: JACOBSHAGEN, E., HUCKRIEDE, R. & JACOBSHAGEN, V.: Eine Faunenfolge aus dem jungpleistozänen Löß bei Bad Wildungen. 1963. 105 S., 9 Abb., 2 Tab., 14 Taf. . . . . 12,— DM
- Heft 45: KÜMMERLE, E.: Die Foraminiferenfauna des Kasseler Meeressandes (Oberoligozän) im Ahnetal bei Kassel (Bl. Nr. 4622 Kassel-West). 1963. 72 S., 1 Abb., 2 Tab., 11 Taf. . . . . 9,40 DM
- Heft 46: SCHENK, E.: Die geologischen Erscheinungen der Subfusion des Basaltes. 1964. 31 S., 6 Abb., 2 Tab., 16 Taf. mit 39 Bildern . . . . . 7,60 DM
- Heft 47: HÖLTING, B. & STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Beiträge zur Tektonik des nordwestlichen Vorlandes des basaltischen Vogelsberges, insbesondere des Amöneburger Beckens. 1964. 35 S., 2 Taf. . . . . 5,60 DM
- Heft 48: DIEDERICH, G., LAEMMLEN, M. & VILLWOCK, R.: Das obere Biebental im Nordspessart. Neugliederung des Unteren Buntsandstein, Exkursionsführer und geologische Karte. 1964. 34 S., 2 Abb., 5 Tab., 4 Taf., 1 Kte. . . . . 7,20 DM
- Heft 49: KUTSCHER, F.: Register für die Notizblatt-Bände der 4. Folge, Hefte 1—35, erschienen 1880—1914. 1965. 56 S., 1 Taf. . . . . 6,60 DM
- Heft 50: Im Druck.
- Heft 51: MATTHESS, G.: Zur Geologie des Ölschiefervorkommens von Messel bei Darmstadt. 1966. 87 S., 11 Abb., 10 Tab. . . . . 10,— DM
- Heft 52: BERG, D. E.: Die Krokodile, insbesondere *Asiatosuchus* und aff. *Sebecus?*, aus dem Eozän von Messel bei Darmstadt/Hessen. 1966. 105 S., 11 Abb., 6 Taf.
- Heft 53: HÖLTING, B.: Die Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Landkreis Waldeck, Hessen). 1966. 59 S., 7 Abb., 9 Tab.