HESSISCHES LANDESAMT
FÜR UMWELT UND GEOLOGIE

HESSEN

Aktenzeichen: 89-0530-340/11 M/Sb
bei Antwort bzw. Rückfragen bitte angeben

Datum: . März 2014

Durchwahl: 06 11 / 69 39 402

GUTACHTEN

zur Festsetzung eines Heilquellenschutzgebietes für die Heilquellen (Große und Kleine Adlerquelle, Schützenhofquelle, Kochbrunnen, Salmquelle und Faulbrunnen) von Wiesbaden, Stadt Wiesbaden (WSG-ID 414-005)

Lage: TK 25, Blatt 5915 Wiesbaden

Erstattet für: Regierungspräsidium Darmstadt
Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden
Dezernat 41.1
Lessingstraße 16 – 18
65189 Wiesbaden

Bearbeiter/in: Dr. Georg Mittelbach, Geologieoberrat
Diplom-Geologin Sybille Siebert

Verteiler: 1x RP Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden
(Analoges Original und 1 CD Version zur Verteilung)

Das Gutachten darf ohne schriftliche Genehmigung des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie
weder ganz noch auszugsweise veröffentlicht werden.

Inhaltsverzeichnis

1. Veranlassung und Vorgang ... 4
2. Geschichte der Thermal- und Mineralquellen ... 6
3. Geologische Situation ... 9
4. Hydrogeologische Situation ... 13
5. Wiesbadener Heilquellen ... 17
5.1 Lage ... 17
5.2 Ausbaudaten und stratigraphische Zuordnung ... 18
5.3 Nutzung der Heilquellen ... 19
6. Beschaffenheit der Heilquellen ... 22
6.1 Organische Spurenstoffe ... 26
6.2 Bakteriologische Untersuchungen ... 26
7. Isotopenhydrologische Untersuchungen ... 28
7.1 Bisherige Isotopenuntersuchungen ... 28
7.2 Schlussfolgerungen aus den Isotopenuntersuchungen ... 32
8. Herkunft des Thermal- und Mineralwassers (hydrogeologische Systembeschreibung) ... 33
9. Allgemeines zu Heilquellenschutzgebieten ... 35
9.1 Bildungstypen ... 35
9.2 Qualitativer Schutz ... 36
9.3 Quantitativer Schutz ... 37
9.4 Übersicht über erforderliche Schutzzonen ... 37
10. Bildungstypen der Wiesbadener Thermal- und Mineralquellen ... 38
10.1 Zuordnung der Thermalquellen und -brunnen ... 38
10.2 Zuordnung der Mineralquelle Faulbrunnen ... 40
11. Vorschlag der Schutzzonen und Empfehlungen für die Auflagen ... 41
11.1 Schutzzonen für die Heilquellen von Wiesbaden ... 41
11.1.1 Qualitative Schutzzonen (Anlage 1.1) ... 41
11.1.2 Quantitative Schutzzonen (Anlagen 1.2 und 1.3) ... 43
12. Größe und Flächenanteile der Schutzzonen und Flächennutzung ... 48
12.1 Qualitative Schutzzonen ... 48
12.2 Quantitative Schutzzonen ... 48
13. Verwendete Literatur ... 50

Anlagenverzeichnis:

Anlage 1 Karten:

Anlage 1.1 Lageplan Qualitative Schutzzonen, 1 : 2.000

Anlage 1.2 Übersichtskarte Quantitative Schutzzonen, 1 : 15.000

Anlage 1.3 Lageplan Quantitative Schutzzonen, 1 : 2.000

Anlage 1.4 Übersichtskarte Flächennutzung, 1 : 15.000

Anlage 1.5 Lageplan Messstellen, 1 : 2.000

Anlage 2 Tabellen / Schriften:

Anlage 2.1 Niederschrift: Ortstermin vom 25.03.2010

Anlage 2.2 Isotopenhydrologische Untersuchungen an den Heilwässern von Wiesbaden

Anlage 2.3 Große Heilwasseranalysen 2009/2010

Anlage 2.4 Schreiben RP Darmstadt zu den staatlich anerkannten Heilquellen

1. Veranlassung und Vorgang

Durch das HLUG bzw. durch das HLfB wurden bereits mehrere Gutachten und Stellungnahmen zu den Wiesbadener Heilquellen und zu einem Heilquellenschutzgebiet erarbeitet.

Ein erster Vorschlag eines „Quellenschutzgebietes“ wurde im Jahr 1965 von MICHELS (Manuskript des HLfB) vorgelegt. Eine Anpassung erfolgte 1968 (HLUG-Archiv Nr. 5915/440 mit Karte, Nachtrag zum Hydrogeologischen Gutachten über die geologische Position der Thermal- und Mineralquellen Wiesbadens und der sich daraus ergebenden Anforderungen an Quellenschutzgebiete). Im Jahr 1986 wurde ein weiterer Vorschlag für ein Schutzgebiet vorgelegt, der bis heute Verwendung findet. Das Schutzgebiet (WSG-ID 414-005) befindet sich im Festsetzungsverfahren.

Für die erneute Überarbeitung mit aktualisierten Daten wurde am 9.12.2002 bei den Kurbetrieben der Landeshauptstadt Wiesbaden der Umfang der Unterlagen für die Beantragung der Festsetzung eines Schutzgebietes und der Erteilung eines neuen Wasserrechtes besprochen. Die Unterlagen wurden durch die Kurbetriebe und das Büro Hartwig erstellt.

Mit Schreiben vom 22.09.2004 beantragten die Kurbetriebe der Landeshauptstadt Wiesbaden für die Kleine Adlerquelle die Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis für die Dauer von 5 Jahren, für alle anderen in Tab. 1.1 aufgeführten Quellen die Erteilung einer gehobenen Erlaubnis für die Dauer von 20 Jahren. Im Jahr 2005 wurde aufgrund dieses Antrages ein Wasserrecht durch das RP Darmstadt für die staatlich anerkannten Heilquellen (Große und Kleine Adlerquelle, Schützenhofquelle, Kochbrunnen, Salmquelle und Faulbrunnen) ausgesprochen.

Im Regelbetrieb werden die hier beschriebenen Brunnen (Quellen) aktiv gepumpt.

Am 25.03.2010 wurde ein erneuter Ortstermin für die Überarbeitung des Heilquellenschutzgebietes unter Federführung des RP Darmstadt durchgeführt. Danach soll ein Schutzgebiet für die Salmquelle, den Kochbrunnen, die Kleine Adlerquelle, die Große Adlerquelle, die Schützenhofquelle und den Faulbrunnen erstellt werden. Die Niederschrift zu diesem Ortstermin wurde am 27.04.2010 versendet (Anlage 2.1).

Tab. 1.1 Übersicht über die wasserrechtlich genehmigten Entnahmeraten der Heilquellen, für die das Schutzgebiet vorgeschlagen wird.

Quelle	**Entnahmerate** [m³/a]	**hydraulisches Druckpotential**	**Grundwasserober-fläche**
Kochbrunnen	250.000	artesisch gespannt	3,1 m ü. Gelände
Große Adlerquelle	150.000	artesisch gespannt	1,7 m ü. Gelände
Kleine Adlerquelle	50.000	keine Angaben	keine Angaben
Schützenhofquelle	50.000	artesisch gespannt	0,7 m ü. Gelände
Salmquelle	100.000	artesisch gespannt	3,0 m ü. Gelände
Faulbrunnen	10.000	gespannt	0,2 m u. Gelände
Genehmigte Gesamtentnahmerate:	610.000		

Anlage 1.5 besteht aus einem Lageplan mit Messstellen für die im HLUG Informationen zum Grundwasserstand, zur Grundwassertemperatur und zur elektrischen Leitfähigkeit vorhanden sind.

2. Geschichte der Thermal- und Mineralquellen

Im Stadtgebiet von Wiesbaden existierten 27 bekannte Thermal- und Mineralquellen. Die Lagen und Bezeichnungen der Quellen und Brunnen sind in Abb. 2.1 dargestellt. Ein großer Teil der Quellen und Brunnen ist inzwischen überbaut oder abgedeckt. Die gesamten 27 Thermal- und Mineralquellen hatten eine Salzfracht von ca. 16 bis 17 t/Tag (Michels 1961) bei einer Schüttung von ca. 23 l/s (ca. 2.000 m³/d) (Tab. 2.1). Nach STENGEL-RUTKOWSKI (2008) sind noch 15 Quellen vorhanden, von denen nur wenige genutzt werden. Die in diesem Gutachten behandelten Quellen und Brunnen sind im Besitz von Mattiaqua (Eigenbetrieb der Landeshauptstadt Wiesbaden). Sie weisen Temperaturen zwischen 14 °C und 67 °C auf (Tab. 2.1).

Alle zur Zeit zugänglichen Quellen und Brunnen sind in Kapitel 5, Tabelle 5.4 aufgelistet.

Abb. 2.1 Die Lage der Thermalquellen und Mineralquellen von Wiesbaden (verändert nach CZYSZ 1995).

Tab. 2.1 Übersicht über die chemische Zusammensetzung der Quellen und Brunnen (Czysz 1995). Ihre Lage ist anhand der laufenden Nummer aus Abb. 2.1 zu entnehmen.

Lfd. Nr.	Name bzw. Bezeichnung	Lage bzw. Ursprungsort	Leistung in 1 Min. (Liter)	Temp. °C	g Chlor in 1 kg Thermw.	g Natrium in 1 kg Thermw.
1	Kochbrunnen	Kochbrunnenplatz/ Kranzplatz	346	66	4,6	2,67
2	Adlerquelle	Langgasse 40	167	67	4,6	2,67
3	Kleine Adlerquelle	Langgasse 40	10,7	67	4,6	2,67
4	Schützenhofquelle	Schützenhofstraße 4	146	49	3,6	2,09
5	Drei-Lilien-Quelle	A.d.Drei-Lilien-Quelle 6	165	59	4,6	2,65
6	Goldene Kette	Webergasse 29	15	47	4,6	2,65
7	Bäckerbrunnen	Quellen i. d. Goldg. 10	65	49	4,6	–
8	Spiegelquelle	Kochbrunnenplatz 2	86	66	4,6	2,67
9	Pariser-Hof-Quelle	Spiegelg. 17 (Parkpl.)	54,5	58	4,6	2,67
10	Gold.-Kreuz-Quelle	Spiegelgasse 17	20,7	46	4,6	2,65
11	Sonnenberg-Quelle	Spiegelgasse 9	38,7	52	4,5	2,59
12	Stern-Quelle	Webergasse 23	30,8	55	4,6	2,65
13	Köln.-Hof-Quelle	Kleine Webergasse 9	30	48,5	4,5	–
14	Quelle Hotel Bären	Bärenstraße 3	2,5	52	4,5	–
15	Zwei-Böcke-Quelle	Vor d. Haus Weberg. 19	9	49	4,5	–
16	Quelle	Vor d. Haus Goldg. 3	81	48	4,5	2,62
17	Wilh.-Heilanst.-Quelle	Goldgasse 4	15,4	44	4,6	2,69
18	Quelle	Häfnergasse 12	28	46	4,5	–
19	Gold.-Brun.-Quelle	Goldgasse 10	–	54	4,5	–
20	Gold.-Ross-Quelle	Goldgasse 9	–	48	4,5	–
21	Gemeindeb.-Quelle	Gemeindebadgäßchen 3	2,8	40	3,6	2,09
22	Brunnen	Im Badh. „Zum Kranz“	–	49	4,5	2,67
23	Quelle	Grabenstraße 9	14,3	47	4,6	–
24	Salmquelle	Kochbrunnenplatz	4,3	47	4,5	2,66
25	Römerquelle	Kranzplatz	27,3	65	4,6	2,68
26	Am Schützenhofbad	Schützenhofstraße 4	0,5	38	3,6	2,09
27	Faulbrunnen	Faulbrunnenplatz	26,7	14	2,7	1,51

Erste Hinweise auf eine Nutzung der Quellen in Wiesbaden geben Knochenfunde und Artefakte, die bei der Sanierung der Adlerquelle (Abb. 2.2) erbohrt wurden. Es handelt sich unter anderem um Klingen, Bohrer und Schlagsteine. Sie belegen, dass hier Jäger aus dem mittleren Jungpaläolithikum (Gravettien) vor 25.000 Jahren rasteten (CZYSZ 1995). Weitere archäologische Funde und schriftliche Aufzeichnungen zeigen, dass Kelten und Römer die heißen Quellen kannten (STENGEL-RUTKOWSKI 2008). Die Römer gründeten ein Erdkastell auf dem „Heidenberg“ und nannten es „Aquis Mattiacis“ nach dem dort ansässigen germanischen Volksstamm der Mattiaker. Das römische Bad wurde zwischen 6 und 16 n. Chr. erbaut. Der römische Schriftsteller Plinius d. Ä. war in Mainz stationiert und berichtet in seiner Schrift „Naturalis historiae“ aus dem Jahr 77 n. Chr. über die Mattiakischen Quellen (CZYSZ 1995).

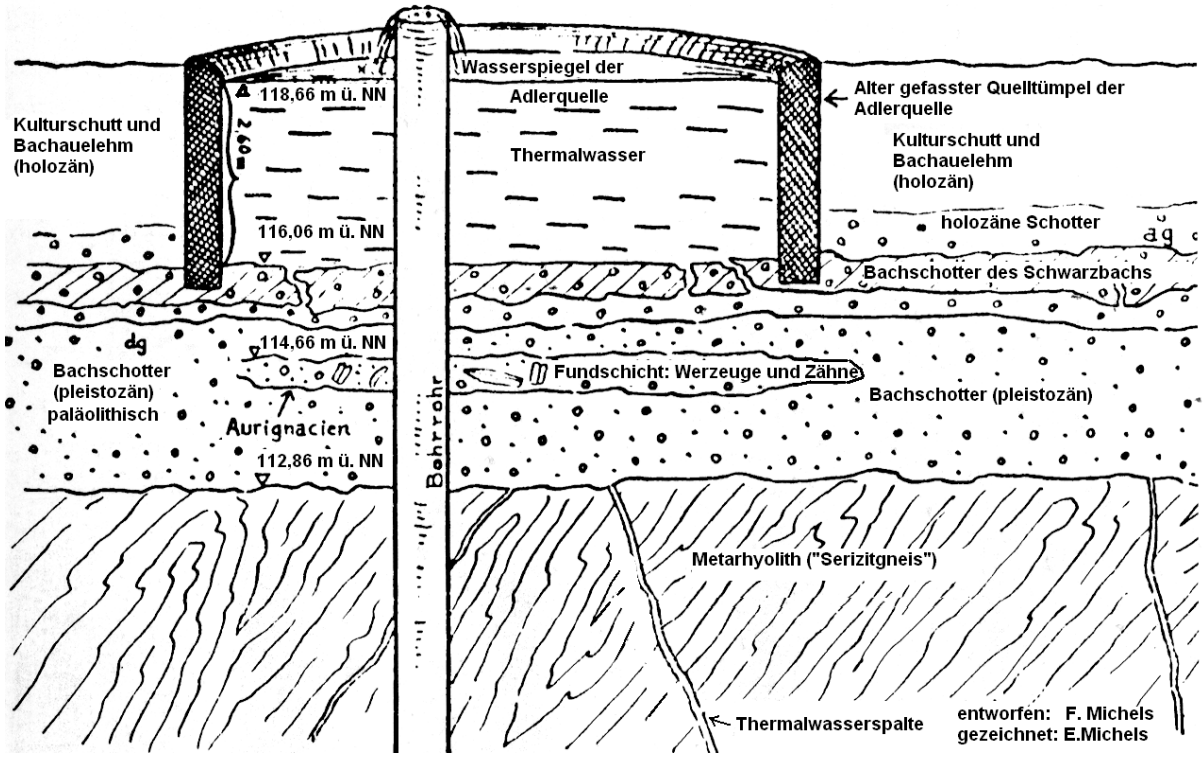

Abb. 2.2 Profil durch den Quelltümpel der Großen Adlerquelle und den oberen Bereich der Bohrung. Im pleistozänen Bachschotter sind jungpaläolithische Artefakte vorhanden (verändert nach MICHELS 1966).

Nachdem Ende des 4. Jh. die Römer durch die Alemannen verdrängt wurden, verfällt das römische Bad. Im 6. Jh. setzten Franken ihre Herrschaft durch und im 9. Jh. wird Wiesbaden zum fränkischen Königshof.

Im Jahr 829 werden die Thermalquellen von Einhard, einem Vertrauten und Biographen Karls des Großen, schriftlich erwähnt. Er nennt den Ort „Wisibada“, dies ist die älteste erhaltene Überlieferung für die spätere Bezeichnung Wiesbadens. Die Silbe „wisi“ ist vermutlich auf das althochdeutsche Wort für „heilend“ zurückzuführen und hat nichts mit dem heutigen Begriff „Wiese“ zu tun (MITTELBACH 2008).

Im ausgehenden Mittelalter wurden an den Thermalquellen Badehäuser erbaut, die zunächst zu Herbergen und später zu Hotels ausgebaut wurden.

Anfang des 19. Jh. erfährt Wiesbaden eine Blütezeit und entwickelt sich zu einer international bekannten Kurstadt. Neben Johann Wolfgang von Goethe zählten unter anderen Fjodor Dostojewski, Richard Wagner, Johannes Brahms, Otto von Bismarck und Kaiser Wilhelm II. zu den prominenten Besuchern Wiesbadens.

In den Jahren 1953 – 1970 erfolgte nach diversen Gutachten von Prof. Franz Michels (HLUG-Archiv-Nr. 5915/302, Archiv-Nr. 5915/442, Archiv-Nr. 5915/443) die Sanierung der bis dahin in „Quelltümpeln“ frei austretenden Heilquellen (Abb. 2.2). Bei der Sanierung wurden Bohrungen so platziert, dass das aufsteigende Wasser bereits in der Tiefe gefasst wurde (Kap. 5, Tab. 5.2). Mit der Sanierung sollte ein besserer Schutz der Quellen vor Verunreinigungen erreicht werden. Michels (HLUG-Archiv-Nr. 5915/302) erwartete zudem eine Steigerung der Thermalwassermenge durch die Brunnenbohrungen. Durch die Steigerung sollte die Möglichkeit geschaffen werden, alle privaten Quellenbesitzer oder Mitinhaber von Quellrechten aus den Hauptquellen zu versorgen und die schlecht zu schützenden sogenannten Sekundärquellen (Kap. 4, Abb. 4.1) stillzulegen.

Seit der Sanierung (Fassung der frei auslaufenden Quellen durch Bohrungen) wird das Thermalwasser der Quellen (Große und Kleine Adlerquelle, Schützenhofquelle, Kochbrunnen und Salmquelle) unterirdisch zu einem Sammelbecken im Kaiser-Friedrich-Bad geleitet, dort zusammengeführt und zentral an die verschiedenen Abnehmer verteilt (CZYSZ 1998).

3. Geologische Situation

Wiesbaden liegt am südlichen Taunusrand, der sich nach ANDERLE (1998) in drei tektonisch-stratigraphische Großeinheiten unterteilt:

- die Hintertaunus-Einheit im Nordwesten,
- die daran anschließende Taunuskamm-Einheit und
- die Vordertaunus-Einheit im Südosten.

Die Großeinheiten streichen WSW-ENE. Die Dreigliederung wird dabei durch Störungen bewirkt. Die Hintertaunus-Einheit wird durch die Taunuskammüberschiebung von der Taunuskamm-Einheit getrennt, die NPZ-Scherzone (NPZ steht für nördliche Phyllitzone) stellt die Grenze zwischen Taunuskamm-Einheit und Vordertaunus-Einheit dar (Abb. 3.1). Die Taunussüdrandstörung bildet die SE-Grenze des Taunus.

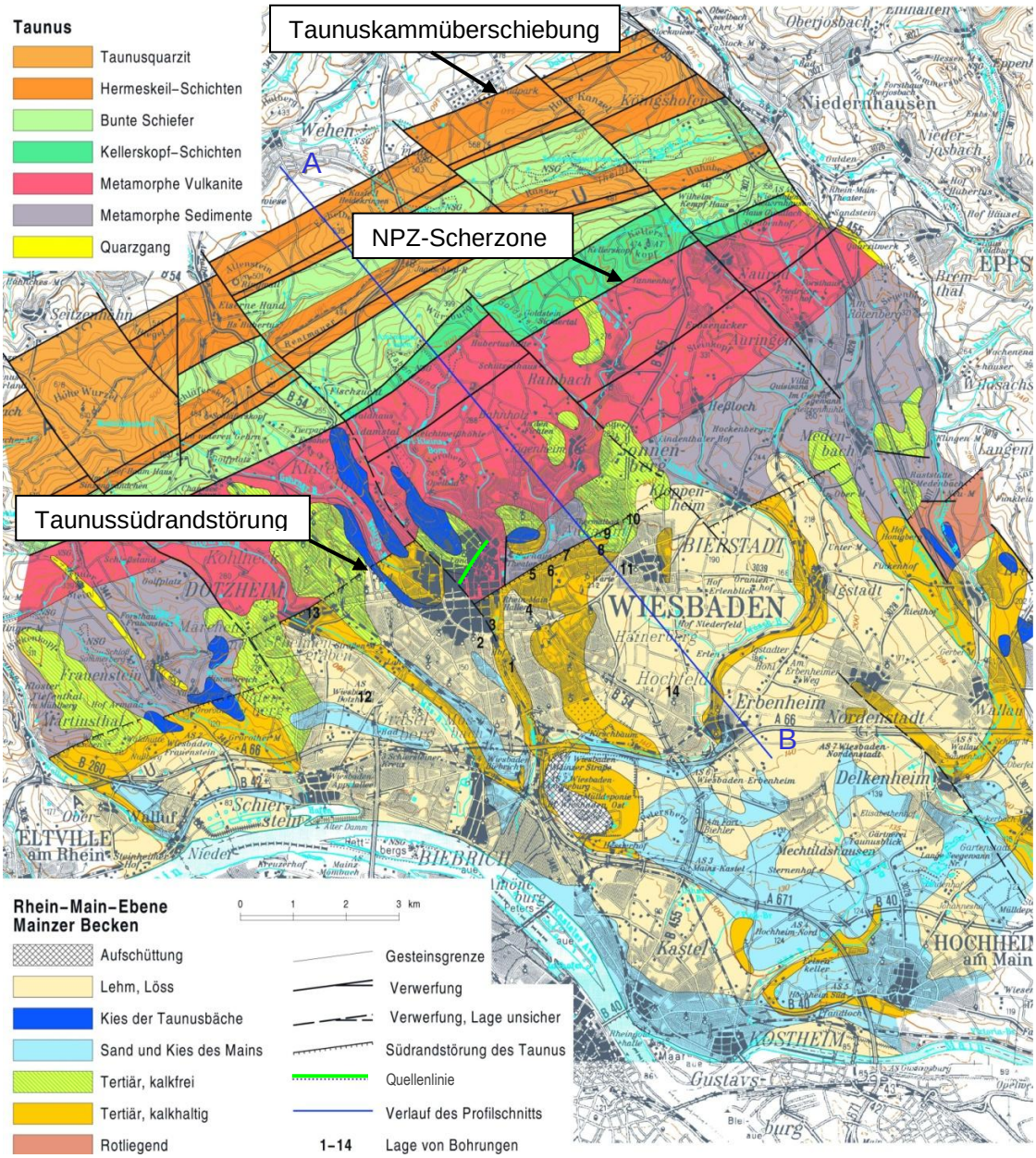

Abb. 3.1 Geologische Karte von Wiesbaden und Umgebung mit Profilschnitt (blaue Linie – s. Abb. 3.2) von Wehen nach Erbenheim (A – B), verändert nach ANDERLE (2012).

Der Aufbau des Taunus wird von ANDERLE (1998) durch einen Strukturfächer auf der Basis einer spätvariszischen Rückfalte mit weitreichenden Überschiebungen erklärt. Der Südrand des Taunus wird dabei durch die steilstehende Taunussüdrandstörung begrenzt, hierbei handelt es sich um einen nach Südosten eintauchenden Staffelbruch (Abb. 3.1, Abb. 3.2).

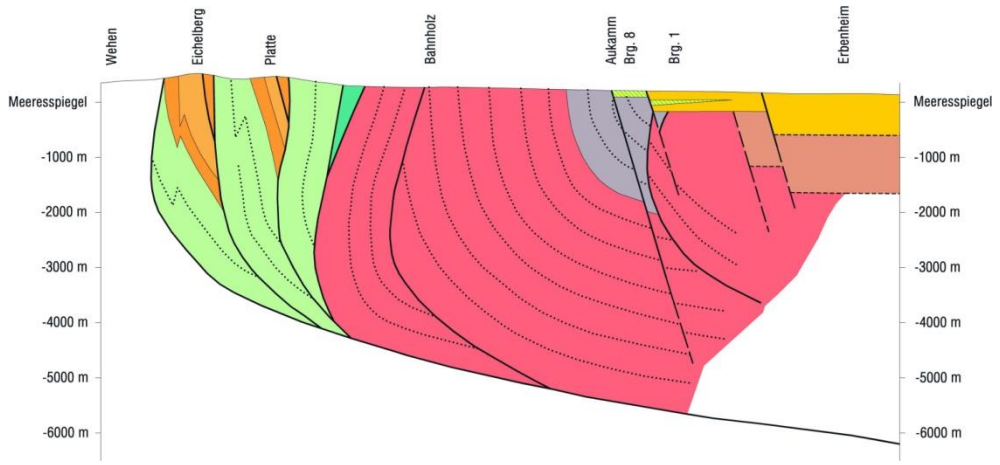

Abb. 3.2 Geologischer Profilschnitt (blaue Linie in Abb. 3.1) nach ANDERLE (2012) in Anlehnung an KLÜGEL (1997). Legende siehe Abb. 3.1.

KLÜGEL (1997) hat mit Hilfe von Gefügedaten, Verformungsanalysen und „unter Einbeziehung sämtlicher verfügbarer struktureller, kinematischer, stratigraphischer und seismischer Daten fünf parallele Querprofile durch den Südtaunus konstruiert und bilanziert“.

Die Taunussüdrandstörung bildet die Grenze zwischen den paläozoischen Gesteinen des Taunus und den tertiären Sedimenten des Mainzer Beckens bzw. des Oberrheingrabens. Entlang dieser von WSW nach ENE verlaufenden Störungslinie liegen die bekannten Heilbäder Wiesbaden, Bad Soden, Kronthal, Bad Homburg und Bad Nauheim (Abb. 3.3).

Die Wiesbadener Innenstadt wird durch die Taunussüdrandstörung in einen nördlichen Bereich mit paläozoischen Gesteinen und einen südlichen Bereich mit tertiären Gesteinen unterteilt. Die paläozoischen Gesteine bestehen in Wiesbadens aus rhyolithischen bis rhyodacitischen Metavulkaniten (früher: Serizitgneise), in die geringmächtige Metasedimente (früher: Phyllite) eingeschaltet sind. Sie entstanden in der Zeit vom Ordovizium bis zum Silur. Südöstlich schließen sich Metasedimente aus dem Unteren Ordovizium an (KIRNBAUER 1997). Die paläozoischen Gesteine werden von sandig-kiesigen, teilweise auch tonigen Sedimenten des Tertiärs (Unteres Miozän) diskordant überlagert.

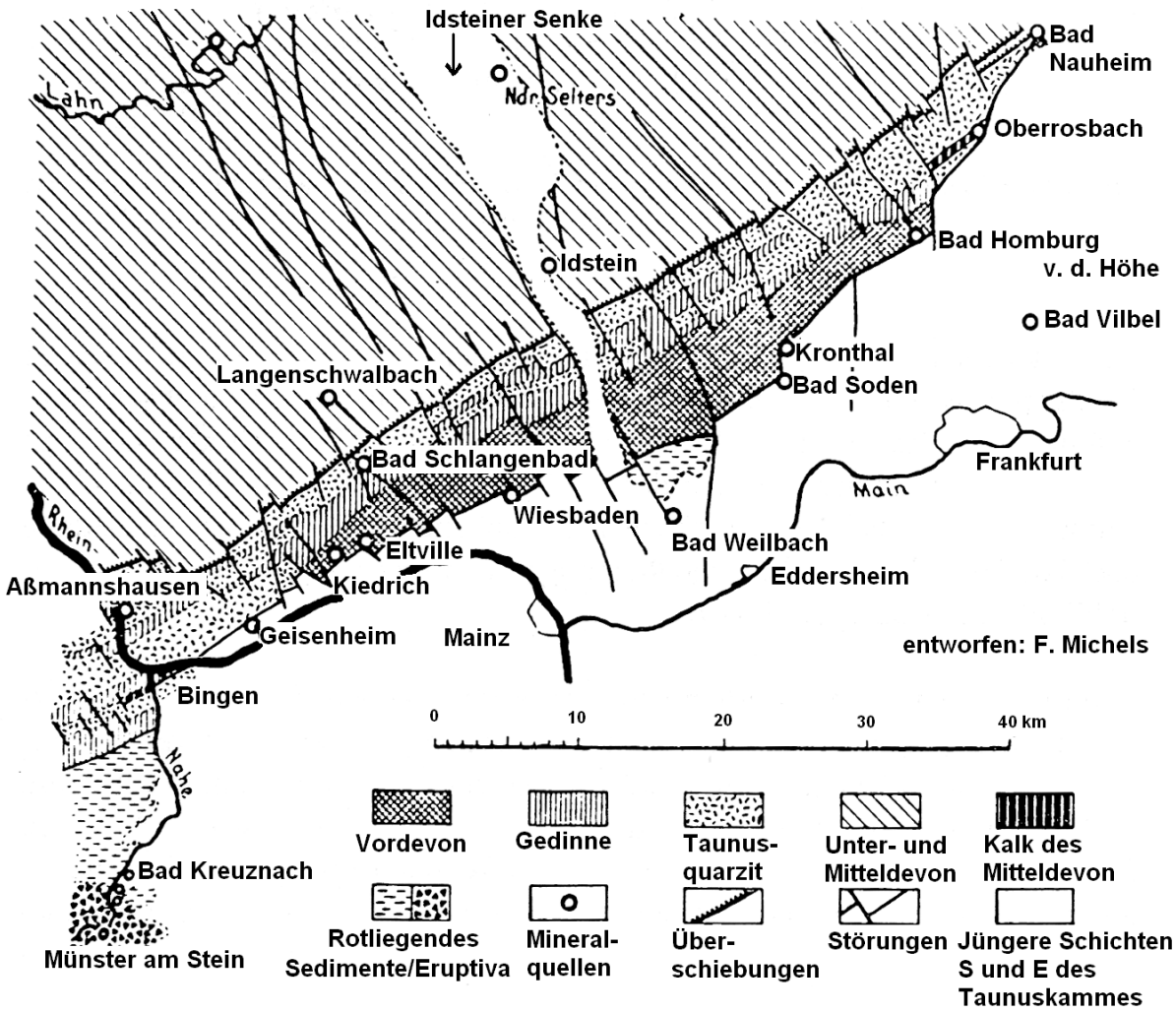

Abb. 3.3 Geologische Übersichtskarte des Taunussüdrandes mit den wichtigsten Mineral- und Thermalquellen und Störungssystemen (verändert nach MICHELS 1966).

Im Bereich der Wiesbadener Innenstadt verlaufen mehrere Störungen. Ein Abschnitt der eigentlichen Taunussüdrandstörung verläuft nach ANDERLE (2008) weiter südöstlich, ungefähr vom Kurpark über den Luisenplatz bis zur Kreuzung Oranienstraße-Adelheidstraße (Abb. 3.4).

Tertiäre Basaltduchbrüche sind aus der nahen Umgebung bekannt, z. B. vom Erbsenacker und am Weg nach Rambach (MICHELS 1966). Geringmächtige quartäre Sedimente bedecken großflächig den Untergrund. Sie bestehen aus pleistozänen Kiesen und Schotter, für die der Taunus Liefergebiet war. An flachen Abhängen sind Löss- und Lösslehmablagerungen vorhanden. Desweiteren sind im Innenstadtbereich mehrere Meter mächtige anthropogene Auffüllungen (Bau- und Kulturschutt) weit verbreitet.

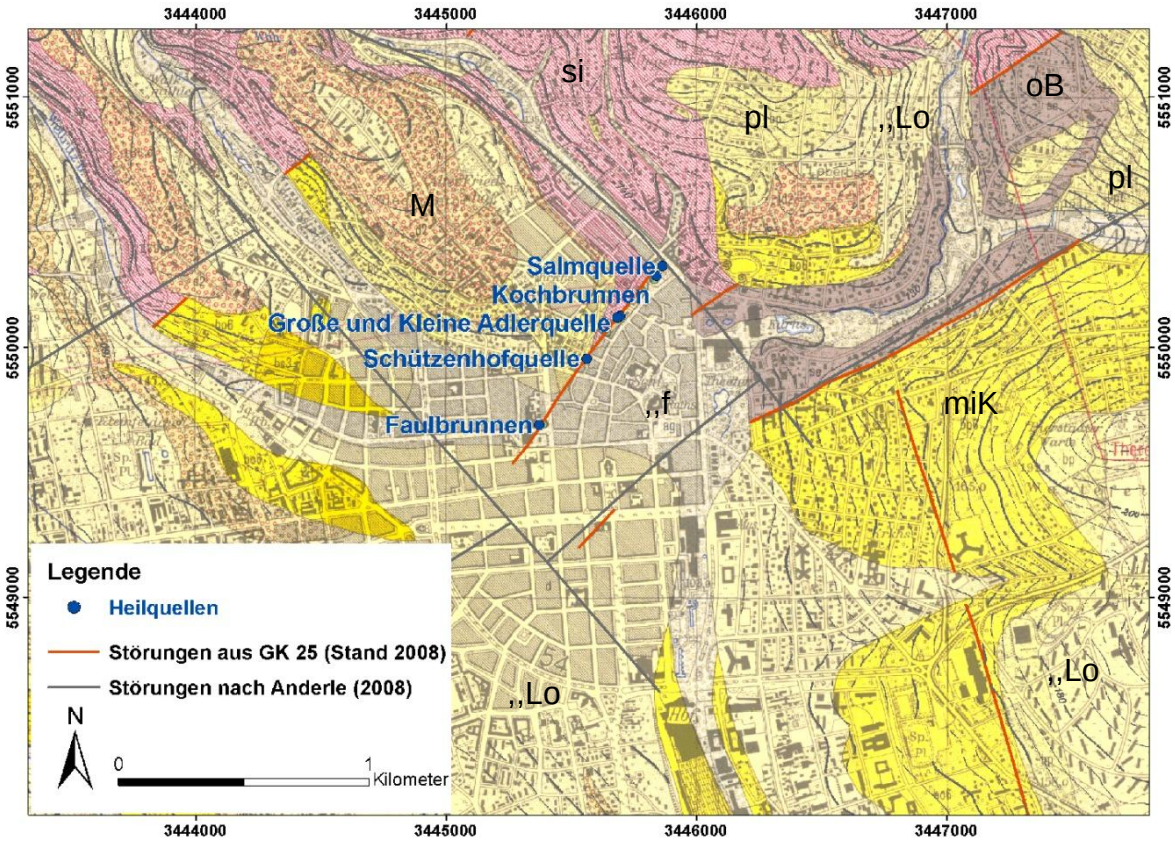

Abb. 3.4 Ausschnitt aus der GK 25 Blatt Wiesbaden von LEPPLA & STEUER (1923, 3. unveränderte Auflage) mit Lage der Heilquellen und tektonischen Strukturen. Wichtige geologische Einheiten (Bezeichnung in Anlehnung an die Generallegende): Metarhyolith (si); Metasedimente (oB); Kalktertiär (miK); Kieseloolithterrasse (pl); Löss und Lösslehm (,,Lo); Mittel- und altpleistozäne Terrassen, ungegliedert (M); fluviatile Ablagerungen ungegliedert (,,f).

4. Hydrogeologische Situation

Zu den Wiesbadener Heilquellen gibt es zahlreiche Veröffentlichungen und Gutachten mit unterschiedlichen Bezeichnungen. Eine Auswahl wird nachfolgend vorgestellt.

KOCH (1880) beschreibt einen NE - SW verlaufenden Quellenzug, an dem die Hauptquellen (Kochbrunnen, Adler-, Schützenhofquelle und Faulbrunnen) austreten. Er geht davon aus, dass auch ein großer Teil des Thermalwassers in die überlagernden Schotter austritt und die sogenannten „Secundärquellen“ speist. Neben der Hauptspalte des Quellenzuges, nimmt er weitere kleine Spalten an. KOCH (1880) benennt insgesamt 32 Thermalquellen in Wiesbaden.

LEPPLA & STEUER (1923) beschreiben eine NE-SW verlaufende Quellenlinie, entlang der die drei Hauptquellen (Koch, Adler- und Schützenhofquelle) austreten. Neben diesen Hauptquellen wird auf Neben- oder Kiesquellen hingewiesen. Sie werden durch das an der Quellenlinie in den Talkies eintretende Thermalwasser, das sich mit kaltem Grundwasser mischt, gespeist. Es werden zusätzlich zu den SW-NE und WSW-ENE verlaufenden Störungen weitere „quer dazu gerichtete Störungen“ angenommen.

MICHELS (1966) greift den von KOCH (1880) verwendeten Begriff „Secundärquelle“ auf und unterteilt die Quellen in Primärquellen (teilweise mit Satelliten = Nebenquellen) und Sekundärquellen. Zu den Primärquellen zählt er den Kochbrunnen (mit den Satelliten Salm- und Spiegelquelle), die Große Adlerquelle, die Kleine Adlerquelle und die Schützenhofquelle (mit Gemeindebadquelle und Faulbrunnen). Er nimmt an, dass die Primärquellen auf einer Thermalspalte liegen und deutet diese als ein von dem WSW-ENE (60°) verlaufenden Hauptspaltensystem abfiederndes „*wichtiges klaffendes Spaltensystem in Richtung 35° (SW-NE)*“. Aufstiegswege sollen an den Stellen verlaufen, an denen das SW-NE streichende Fiederspaltensystem von SE-NW streichenden Querspalten gekreuzt wird (MICHELS 1966). MICHELS weist darauf hin, dass nicht alle sogenannten Sekundärquellen ihr Wasser aus dem Überlauf der Primärquellen beziehen, sondern weitere lokale Austritte aus dem unterlagernden Metarhyolith existieren (HLUG-Archiv Nr. 5915/442).

TANGERMANN (HLUG-Archiv Nr. 5915/526) berichtet von Bohrungen nordwestlich der Hauptthermalspalte (Kreuzung Coulinstraße-Michelsberg, Römertor, Saalgasse), die Thermalwasser mit Temperaturen zwischen 23 °C und 43 °C sowie Chloridkonzentrationen zwischen 1.150 mg/l und 2.600 mg/l aufweisen. Er führt aus, dass „*zu erwarten ist, dass sich diese Störungszone in ein System paralleler Haupt- und Nebenspalten unterteilt, die untereinander durch querschlägige Spalten verbunden sind*“.

Die Primärquellen steigen nach CZYSZ (1995) an Schnittpunkten entlang der Hauptquellenspalte mit Querspalten auf. Hierbei handelt es sich um den Kochbrunnen (mit Salmquelle und Spiegelquelle), die Kleine und Große Adlerquelle und die Schützenhofquelle (mit dem Ableger Gemeindebadquelle). Der Faulbrunnen wird am *„Schnittpunkt von Quellenspalte und Taunusrand-Hauptspaltensystem“* vermutet (CZYSZ 1995). Als Sekundärquellen werden alle Quellen südöstlich der Hauptquellenspalte bezeichnet. Sie liegen im Abstrom der Hauptquellenspalte und werden nach CZYSZ

(1995) überwiegend aus dem Überlauf dieser Störung sowie dem Überlauf der Primärquellen gespeist. Zudem kann Thermalwasser auch auf weiteren Klüften im Metarhyolith in den oberflächennahen Grundwasserleiter dringen. Aus dem Überlauf und den Klüften gelangt das Thermalwasser in die durchschnittlich 3 – 5 m mächtigen quartären Sande und Bachschotter und mischt sich mit normal mineralisiertem und normal temperiertem Grundwasser. Dieses Mischwasser wird über flache Brunnen (z.B. Pariser-Hof-Quelle) erschlossen. Es wurde und wird noch heute in Privathaushalten oder Hotels genutzt.

KIRNBAUER (1997) fasst die Quellen und Brunnen zu Quellgruppen zusammen. Er beschreibt die Mineralisationen im Bereich der Wiesbadener Mineral- und Thermalquellen und unterscheidet 5 verschiedene Mineralisationen (Baryt, Schwefelkies {Pyrit und Markasit}, SiO_2-Ausfällungen, oxidische Quellsinter {Verockerungen} und karbonatische Quellsinter). Er beschreibt fossile Mineralisationen, die oberhalb der heutigen Thermalwasserdruckfläche liegen und daher für ein Absinken der Thermalwasseraustritte seit dem ersten Auftreten der Thermalquellen sprechen.

In Abb. 4.1 werden die Unterschiede und die hydrogeologischen Zusammenhänge zwischen Primärquellen, sanierten Primärquellen und Sekundärquellen dargestellt.

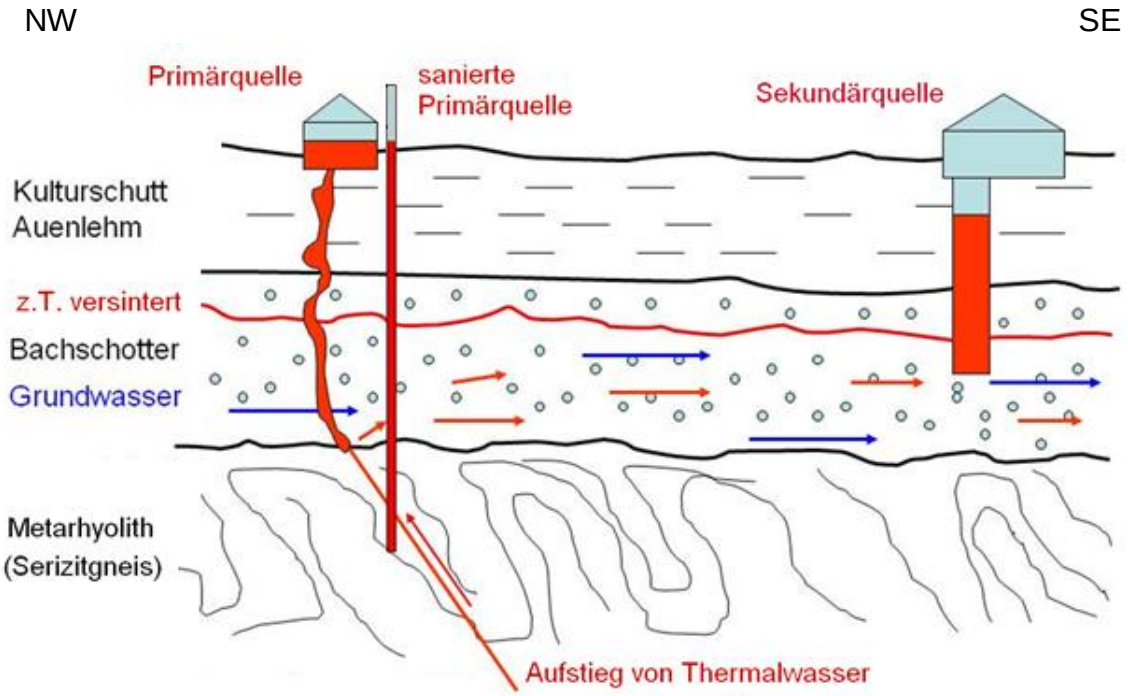

Abb. 4.1 Schematischer Schnitt durch den Bereich der Heilquellen zur Erläuterung von Primärquelle, sanierter Primärquelle und Sekundärquelle (entworfen von MITTELBACH).

Nach dem heutigen Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass die Wiesbadener Quellenlinie Teil eines Systems paralleler Haupt- und Nebenspalten ist, die durch Querspalten (NW-SE) verbunden sind. Es ist weiter anzunehmen, dass die einzelnen thermalwasserführenden Spalten in hydraulischer Verbindung miteinander stehen (HLUG-Archiv Nr. 5915/526). Ein Indiz hierfür ist, dass bei Pumpversuchen und im Regelbetrieb einzelner Quellen Druckspiegelveränderungen an den anderen Quellen beobachtet werden (Geländebefunde MITTELBACH). Thermalwasseraufstiege werden überwiegend im Metarhyolith beschrieben. STENGEL-RUTKOWSKI (2008) berichtet jedoch, dass im Jahr 1971 in einer Bohrung im Kurpark bei 72 m u. Gel. 20 °C warmes Wasser in Metasedimenten erbohrt wurde (ca. 1,3 km entfernt von der Quellenlinie).

Der Aufstieg des Thermalwassers wird von HÖLTING (1985) als Temperatur- und Gaslift entlang von Klüften am Südrand des Taunus beschrieben. Durch die erhöhten Temperaturen verringert sich die Dichte des Wassers. Während Wasser bei einer Temperatur zwischen 8 – 10 °C eine Dichte von 1.000 g/cm³ aufweist, besitzt Wasser bei 50 °C nur eine Dichte von 0,987 g/cm³. Der Gaslift wird vor allem durch den Gehalt an freier gelöster Kohlensäure im Wasser gesteuert. Durch die Druckentlastung beim Aufstieg entstehen Gasblasen im Wasser, die zu einer geringeren Dichte führen (HÖLTING 1985).

Die Aufstiegszonen sind in der Regel versintert, da sich das hydrochemische Gleichgewicht durch die Temperatur- und Druckänderungen beim Aufstieg des Thermalwassers verändert und aus den Wasserinhaltsstoffen Kalksinter ausfallen.

Da im Taunus auch in größeren Tiefen keine Salzlagerstätten bekannt sind, wurde schon vielfach über die Herkunft des hochmineralisierten Thermalwassers diskutiert. Während in älterer Literatur auch das osthessische Werra-Kali-Gebiet als mögliches Liefergebiet gilt, wird heute der Oberrheingraben mit seiner hohen Wasserwegsamkeit entlang von Störungen und seinen tertiären Salzlagerstätten als Ursprung angenommen (STENGEL-RUTKOWSKI 2008, TOUSSAINT 2013).

Das oberflächennahe Wasser in den quartären Schottern kann bei Überdeckung mit undurchlässigen Deckschichten gespannt sein. Dies gilt ebenfalls für das Grundwasser in den tertiären Sedimenten. Dieses Grundwasser kann teilweise auch artesisch gespannt sein.

Das Thermalwasser der Wiesbadener Heilquellen (Kochbrunnen, Salmquelle) ist artesisch gespannt, die Druckspiegelhöhe liegt ungefähr zwischen 120 bis

123 m ü. NN (Kap. 5, Tab. 5.2), der quartäre Grundwasserspiegel liegt bei ca. 115 bis 118 m. ü. NN. Der Faulbrunnen weist eine Drückspiegelhöhe um 119 m ü. NN auf.

5. Wiesbadener Heilquellen

5.1 Lage

Tab. 5.1 Lage und Geländehöhen der Heilquellen.

	Salm quelle	**Koch brunnen**	**Große Adlerquelle**	**Kleine Adlerquelle**	**Schützenhof-quelle**	**Faul-brunnen**
Rechtswert	34 45 838	34 45 822	34 45 698	34 45 698	34 45 574	34 45 381
Hochwert	55 50 315	55 50 291	55 50 132	55 50 126	55 49 968	55 49 697
Sanierungsjahr	1960	1960	1953	1953	1970	1964
Bohransatzpunkt [m ü. NN]	120,33	120,00	118,75	118,00	119,75	119,22
Überlauf [m ü. Gel.] *	3,0	3,1	1,7	n. b.	0,7	0,25 m ü. MP***

* nach den Antragsunterlagen
** nach KIRNBAUER (1997)
*** Messpunkt (Oberkante des Grundwassermessstelle)

5.2 Ausbaudaten und stratigraphische Zuordnung

Tab. 5.2 Ausbaudaten der Wiesbadener Heilquellen (Daten wurden aus den Antragsunterlagen übernommen).

	Einheit	**Salm-quelle**	**Koch-brunnen**	**Große Adler-quelle**	**Kleine Adler-quelle**	**Schüt-zenhof-quelle**	**Faul-brunnen ***
Bohrtiefe	[m]	47,00	43,00	60,00 (bzw. 115,00)**)	12,06	61,50 (bzw. 125,50) **)	30,00
Bohransatzpunkt	[m ü. NN]	120,33	120,00	118,75	118,00	119,75	119,22
Brunnensohle	[m ü. NN]	73,33	77,00	58,75	105,94	58,25	89,03
Ruhewasserspie-gel	[m ü. NN]	123,33 (3,00 m ü. Gel.)	123,10 (3,10 m ü. Gel.)	120,45 (1,70 m ü. Gel.)	k. A.	120,45 (0,70 m ü. Gel.)	118,97 (0,25 m u. Gel.)
Vollrohr	[m u. Gel.]	1,60 – 21,60	2,00 – 22,00	0,28 – 11,72	0,28 – 7,76	1,75 – 25,75 50,75 – 55,75	1,50 – 13,00 19,00 – 19,50
Filterstrecke	[m u. Gel.]	21,60 – 46,60	22,00 – 42,00	11,72 – 59,78	7,76 – 11,82	25,75 – 50,75 55,75 – 59,75	13,00 – 19,00 19,50 – 27,00
Sumpfrohr	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	59,75 – 60,75	27,00 – 28,00
Zementierung	[m u. Gel.]	2,00 – 18,00	2,50 – 18,00	2,20 – 9,90	1,40 – 7,61	keine	2,20 – 9,50
Tonabdichtung	-	-	-	-	-	2,00 – 22,00	10,00 – 12,00
Sand-Gegenfilter	[m u. Gel.]	18,00 – 19,00	18,00 – 19,00	9,90 – 10,50	7,61 – 7,90	22,00 – 25,00	9,50 – 10,00 12,00 – 13,00
Amberger Filter-kies	[m u. Gel.]	19,00 – 47,00	19,00 – 43,00	10,50 – 60,00	7,90 – 12,06	25,00 – 61,50	13,00 – 28,50
		artesisch gespannt	artesisch gespannt	artesisch gespannt	k. A.	artesisch gespannt	gespannt

* Die Bohrung des Faulbrunnens wird nicht genutzt, da sie kurz nach der Fertigstellung verstürzt ist. Das Wasser für die Trinkstelle Faulbrunnen wird laut Antragsunterlagen aus dem alten Schacht gefördert. Die Tiefe des alten Förderschachts beträgt laut Antragsunterlagen 6,53 m.

** Die Bohrungen wurden ursprünglich tiefer ausgeführt und je nach Mineralisation der angetroffenen Wässer rückverfüllt.

Tab. 5.3 Stratigraphie der Wiesbadener Heilquellen (Daten wurden aus den Antragsunterlagen übernommen).

	Einheit	**Salm-quelle**	**Koch-brunnen**	**Große Adler-quelle**	**Kleine Adler-quelle**	**Schüt-zenhof-quelle**	**Faul-brunnen**
Quartär	m u. Gel.	- 9	- 8	- 6	- 5,9	- 0,5	- 7
Tertiär	m u. Gel.					- 6,6	- 19
Metarhyolith	m u. Gel.	- 47	- 43	- 115	- 12	- 125,5	- 28

5.3 Nutzung der Heilquellen

Das Wasser der Heilquellen wurde früher vor allem zu Badekuren, Trinkkuren oder Inhalationen verwendet. Neben diesen medizinischen Anwendungen wird es heute auch energetisch genutzt.

Das Thermalwasser des Kochbrunnens speiste den Springer und die Trinkstelle (Kochbrunnentempel). Das Thermalwasser der Großen Adlerquelle wird laut Antragsunterlagen ausschließlich zur energetischen Nutzung für den Weberhof und die Webergasse genutzt, ein Teil wird jedoch auch in das Kaiser-Friedrich Bad geleitet.

Die Kleine Adlerquelle dient als Ersatzquelle für die Große Adlerquelle.

Das Thermalwasser der Schützenhofquelle wird laut Antragsunterlagen in die Speicheranlage der Kaiser-Friedrich-Therme geleitet. Es wird sowohl energetisch als auch zu Badezwecken genutzt. Zudem wird mit dem Wasser der Schützenhofquelle (aus dem Kaiser-Friedrich-Bad) eine öffentliche Trinkstelle (Bäckerbrunnen) gespeist. Ungenutztes Wasser und Abwasser der Trinkstelle wird in den städtischen Mischwasserkanal geleitet.

Das Thermalwasser der Salmquelle wird laut Antragsunterlagen in die Speicheranlage der Kaiser-Friedrich-Therme geleitet. Es wird sowohl energetisch als auch zu Badezwecken genutzt.

Mit dem Wasser des Faulbrunnes wird eine öffentliche Trinkstelle gespeist. Ungenutztes Wasser und Abwasser der Trinkstelle wird in den städtischen Mischwasserkanal geleitet.

Durch das Regierungspräsidium Darmstadt, 41.1, wurden die zur Zeit noch zugänglichen Thermal- und Mineralquellen nach Namen, Betreiber und Nutzung aufgelistet (Tab. 5.4).

Tab. 5.4: Thermal- und Mineralquellen

Name der Quelle	**Eigentümer**	**Anteil**	**Schüttung [m³/h]**	**Nutzung**	**Standort**
Kochbrunnen	Mattiaqua Hotel Schwarzer Bock Römerbad/Nassau. Hof Hotel Rose	66 % 11 % 11 % 11 %	36	In Betrieb	Kochbrunnenplatz Kranzplatz
Kochbrunnen Springer	Grünflächenamt	100 %	3,2	In Betrieb	Kochbrunnenplatz
Große Adlerquelle	Mattiaqua	100 %	21,6	In Betrieb	Langgasse 40
Kleine Adlerquelle	Mattiaqua	100 %		In Betrieb	Langgasse 40
Schützenhofquelle	Mattiaqua	100 %	21	In Betrieb	Schützenhofstr. 4
Drei Lilien Quelle	Mattiaqua Hotel Schwarzer Bock	75 % 25 %	12	z.Z. außer Betrieb z.Z außer Betrieb.	An der Drei Lilienquelle 6
Goldene Kette	Hotel Schwarzer Bock	100 %		Stillgelegt	Webergasse 29
Bäckerbrunnen	Mattiaqua	100 %		Stillgelegt	
Spiegelquelle	Mattiaqua Römerbad/Nassau	66,66 % 33,33 %		Stillgelegt	Kochbrunnenplatz 2

Name der Quelle	**Eigentümer**	**Anteil**	**Schüttung [m³/h]**	**Nutzung**	**Standort**
Goldene Kreuz Q.	Mattiaqua	100 %		Beseitigt	Spiegelgasse 17
Sonnenberger Q.	Mattiaqua	100 %		Außer Betrieb	Spiegelgasse 9
Sternquelle	Mattiaqua	100 %		Außer Betrieb	Webergasse 23
Kölnischer-Hof Q.	Dr. Haub (Tengelmann)	100 %		Außer Betrieb	Webergasse 9
Quelle Hotel Bären	Hotel Bären	100 %	3	In Betrieb	Bärenstraße 3
Zwei-Böcke Q.	Zwei Böcke	100 %		Außer Betrieb	Webergasse 19
Quelle Goldgasse 3	Mattiaqua	100 %		Stillgelegt	Goldgasse 1-3
Wilh.Heilanst.-Q. Deutsche Hof Q.	Mattiaqua	100 %		Stillgelegt	Goldgasse 4
Quelle Häfner	Kurbetriebe d. LHW. Zwei Böcke	50 % 50 %		Außer Betrieb	Häfnergasse 12
Gold.-Brunnen Q.	Gold Brunnen	100 %		Stillgelegt	Vor Goldgasse
Goldenes Ross Q.	Mattiaqua	100 %		Beseitigt	Goldgasse 9
Kranz Quelle	Mattiaqua	100 %		Beseitigt	Grabenstraße 9
Quelle Grabenstr. 9	Mattiaqua	100 %		Außer Betrieb	Im Badehaus zum Kranz
Salm Quelle	Mattiaqua	100 %	21	In Betrieb	Kochbrunnenplatz Kranzplatz
Römerquelle	Mattiaqua	100 %		Beseitigt	Kranzplatz
Am Schützenhofbad	?	?			
Faulbrunnen	Mattiaqua (Mineralquelle)	100 %	0,2	z.Z. außer Betrieb	Faulbrunnen-platz
Gemeinde Bad Q	Mattiaqua	100 %		Beseitigt	Gemeindebad-gässchen 3

6. Beschaffenheit der Heilquellen

Neben den sechs Quellen, für die das Heilquellenschutzgebiet vorgeschlagen wird, sind hier noch andere Thermal- und Heilquellen verwendet worden.

Das Thermalwasser in Wiesbaden zählt mit Temperaturen bis ca. 70 °C zu den heißesten Thermalwässern in Europa. Bei einer geothermischen Tiefenstufe von ca. 3 °C/100 m und einer Jahresmitteltemperatur des Grundwassers von ungefähr 12 °C berechnet sich die Zirkulationstiefe für das 67 °C heiße Wasser des Kochbrunnens auf etwa 1.800 m.

In den Antragsunterlagen sind die großen Heilwasseranalysen von 1998 und 2003 aufgeführt. Die Ergebnisse der großen Heilwasseranalyse von 2003 liegen in den Antragsunterlagen (Analysen: ESWE) vor. Die Analysenergebnisse der entsprechenden Untersuchungen von 2009/2010 (Hessenwasser) sind Anlage 2.3 zu entnehmen, die wichtigsten Parameter sind in Tab. 6.1 zusammengestellt.

Sowohl der Faulbrunnen wie auch die Schützenhofquelle weisen eine von den anderen Thermalwasservorkommen abweichende Zusammensetzung auf. Trotz niedrigerer Temperaturen und insgesamt geringerer Gesamtmenge an festen gelösten Stoffen haben beide Quellen höhere Sulfatkonzentrationen (Abb. 6.1) und niedrigere Eisenkonzentrationen (Fe^{2+}) (Abb. 6.2).

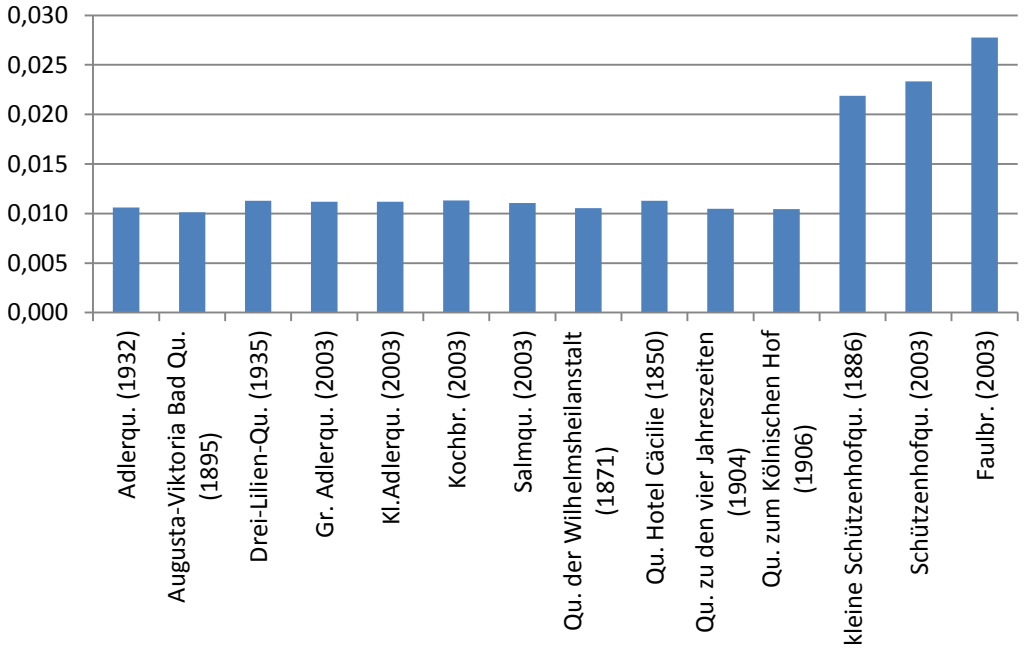

Abb. 6.1 SO_4^{2-}/Cl^--Verhältnis der Wiesbadener Thermal- und Mineralwässer.

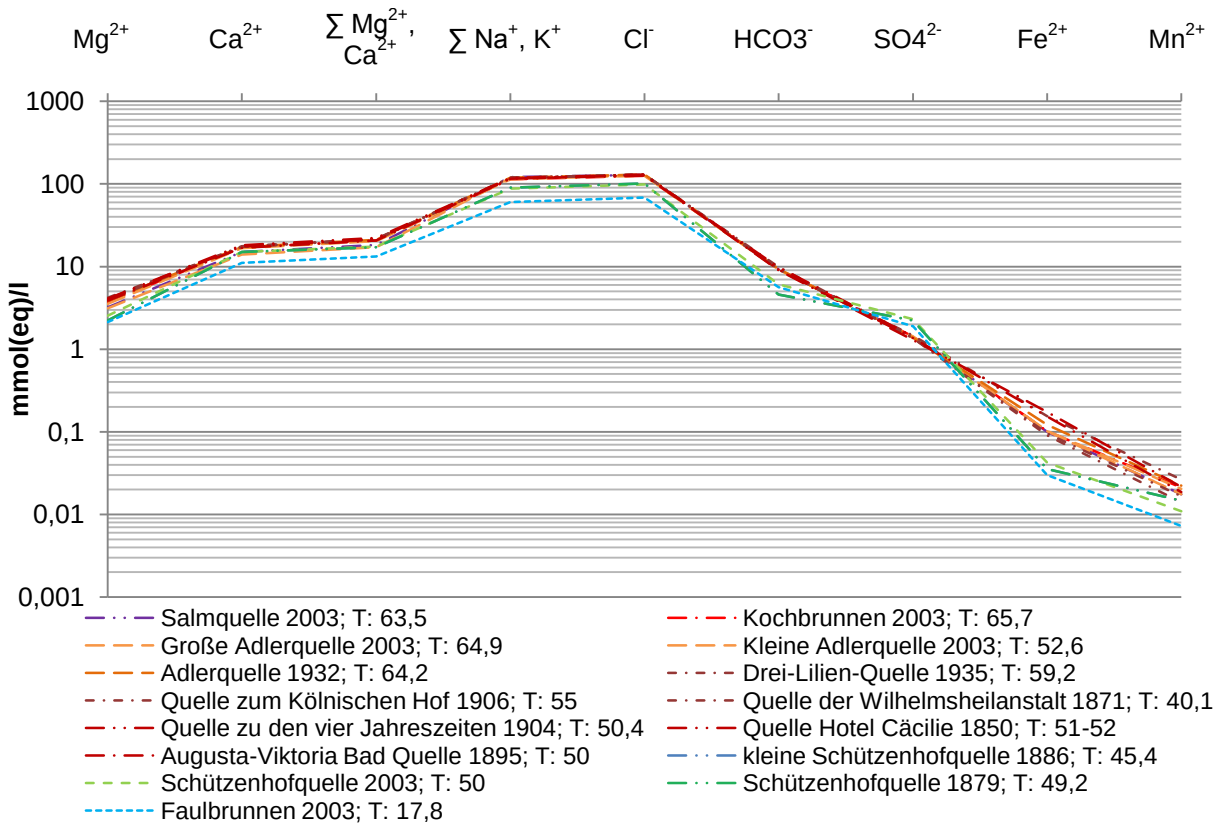

Abb. 6.2 Schöllerdiagramm von Mineral- und Thermalquellen in Wiesbaden. Das Jahr der Probennahme sowie die Temperatur (T) ist nach dem Namen angegeben.

Eine Besonderheit beim Faulbrunnen ist der Gehalt an H_2S, der auch zur Namensgebung führte. MICHELS (1966) führt den H_2S-Gehalt auf eine Sulfatreduktion in den tertiären Sedimenten zurück. KIRNBAUER (1997) sieht auch die Möglichkeit einer „*Zersetzung hydrothermal abgesetzten FeS_2*“ als Ursprung für den H_2S-Gehalt. Zudem wurden bei der Sanierung des Faulbrunnens in den tertiären Sedimenten eingelagerte Braunkohlestücke und Braunkohlegerölle erbohrt (Schichtenverzeichnis in MICHELS 1966).

Tab. 6.1 Wichtige Parameter aus den Heilwasseranalysen von 2009 / 2010 (Anlage 2.3).

		Faul-brunnen	Schützen-hofquelle	Große Adlerquelle	Kleine Adlerquelle	Salm-quelle	Koch-brunnen
Datum		**16.10.2009**	**10.03.2010**	**16.10.2009**	**10.03.2010**	**16.10.2009**	**16.10.2009**
Feststoffe (180 °C)	[mg/l]	4.900	6.300	8.100	8.200	8.100	8.100
Temperatur	[°C]	17,6	49,1	65,5	65,5	65,2	66,3
pH-Wert		6,31	5,96	5,91	6,09	5,86	5,89
el. Leitfähigk. (25 °C)	[µS/cm]	8.680	10.500	13.200	12.900	13.100	13.100
Kationen							
Ammonium	[mg/l]	2,45	4,58	6,01	4,52	5,98	5,99
Lithium	[mg/l]	2,93	4,35	3,60	3,10	3,54	3,50
Natrium	[mg/l]	1.450	2.010	2.600	2.500	2.650	2.600
Kalium	[mg/l]	75	83	93	95	80	94
Rubidium	[mg/l]	0,41	0,49	0,53	0,53	0,53	0,53
Cäsium	[mg/l]	0,33	0,30	0,34	0,33	0,33	0,33
Magnesium	[mg/l]	31	31,7	45	45	42	45
Calcium	[mg/l]	253	293	337	331	341	337
Strontium	[mg/l]	9,78	12,6	13,7	12,9	13,8	13,3
Barium	[mg/l]	0,171	0,45	0,77	0,73	0,83	0,82
Mangan	[mg/l]	0,27	0,32	0,60	0,57	0,58	0,60
Eisen (Fe II+)	[mg/l]	0,903	1,39	2,79	2,62	2,91	2,77
Anionen							
Hydrogencarbonat	[mg/l]	353	375	558	560	561	563
Fluorid	[mg/l]	0,48	0,73	0,63	0,43	0,59	0,62
Chlorid	[mg/l]	2730	3540	4530	4570	4710	4430
Bromid	[mg/l]	2,42	3,28	3,83	3,25	4,38	4,15
Iodit	[mg/l]	0,015	0,040	0,030	0,034	0,030	0,040
Sulfat	[mg/l]	97,6	111	66,1	65,2	64,7	67,4
Arsen	[mg/l]	0,065	0,083	0,110	0,130	0,120	0,120
Hydrogenarsenat	[mg/l]	0,12	0,16	0,21	0,23	0,22	0,22
Silicium	[mg/l]	31,4	25,3	n.a.	34,7	n.a.	n.a.
Kieselsäure (SiO_2)	[mg/l]	67,2	54,1	n.a.	74,2	n.a.	n.a.
Sauerstoff	mg/l	0,6	1,3	1,9	1,4	1,3	1,2
Kohlenstoffdioxid (CO_2-frei)	[mg/l]	175,2	275	396,1	376,8	476,5	444,4
Stickstoff	Vol%	n.a.	29	21,7	n.a.	28,7	31
Fluoranthen	[µg/l]	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,004
Trichlorethen	[µg/l]	0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Tenside anionisch (MBAS)	[mg/l]	0,34	0,32	0,58	0,52	0,45	0,59
Gesamt-Alpha-Aktivität	[Bq/l]	1,37	2,9	7,6	11,87	7,7	7,0
Gesamt-Beta-Aktivität	[Bq/l]	3,17	0,8	11,9	11,23	9,2	8,8
Radium-228	[Bq/l]	0,55	1,0	3,9	4,21	3,7	3,8
Radium-226	[Bq/l]	0,44	1,0	3,4	4,16	2,9	3,2

Nach den Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen des Deutschen Bäderverbandes und des Deutschen Fremdenverkehrsverbandes (DEUTSCHER HEILBÄDERVERBAND 2005) werden der Kochbrunnen, die Salmquelle, die Große und Kleine Adlerquelle, sowie die Schützenhofquelle als

Natrium-Chlorid-Therme

bezeichnet.

Auf Grund der geringeren Temperatur (< 18 °C) wird der Faulbrunnen als

Natrium-Chlorid-Wasser

bezeichnet.

Die Arsenkonzentrationen überschreiten in allen Heilquellen mit Werten zwischen 0,065 – 0,130 mg/l (Analysen von 2009 / 2010) den Grenzwert von 0,01 mg/l MIN/TAFELWV (1984) bzw. TRINKWV (2001). Ein entsprechender Hinweis an den Heilquellen muss darauf aufmerksam machen, sofern das Heilwasser frei zugänglich ist.

Die Beschaffenheit der Heilquellen weist in den letzten 165 Jahren nur geringe Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung auf. Tab. 6.2 gibt eine Übersicht über die Chloridkonzentration und die Gesamtmenge an festen gelösten Stoffen im Wasser des Kochbrunnens (Analysen des Chemischen Laboratoriums Fresenius bzw. Instituts Fresenius). Die Proben von 1847 bis 1950 wurden aus der alten Tümpelfassung, die Proben von 1965 und 1987 aus der neuen Bohrung entnommen, die 15 m nordwestlich der alten Quelle niedergebracht wurde. Die Konzentrationen wurden einheitlich in g/kg umgerechnet.

Tab. 6.2 Übersicht über die Chlorid-Konzentration und die Gesamtmenge an festen gelösten Stoffen im Wasser des Kochbrunnens (aus: CZYSZ 1995).

Jahr der Analyse	Chlorid-Konzentration [g/kg]	feste Bestandteile, gesamt [g/kg]
1847	4,6698	8,773
1885	4,6578	8,764
1904	4,6560	8,903
1931	4,5940	8,754
1950	4,3620	(kein Wert veröffentlicht)
1965	4,6050	8,756
1987	4,5300	8,812

6.1 Organische Spurenstoffe

In der Kleinen Adlerquelle wurde in der großen Heilwasseranalyse von 2003 Fluoranthen (0,02 µg/l) gemessen. In der großen Heilwasseranalyse von 2010 wurde es nicht nachgewiesen (< 0,003 µg/l). Fluoranthen wurde weiterhin im Jahr 2009 im Kochbrunnen mit einer Konzentration von 0,004 µg/l nachgewiesen. Fluoranthen kann anthropogen wie auch geogen entstehen (z. B. durch Brände).

Im Faulbrunnen wurde in der großen Heilwasseranalyse von 1998 das LHKW Trichlorethen in einer Konzentration von 0,1 µg/l nahe der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Die große Heilwasseranalyse von 2003 bestätigt den Befund mit einer gemessenen Konzentration von 0,2 µg/l bei einer niedrigeren Nachweisgrenze. In der großen Heilwasseranalyse von 2009 stieg die Konzentration von Trichlorethen im Faulbrunnen auf 0,3 µg/l an. Trichlorethen ist ein starkes Lösemittel mit sehr guten fettlösenden Eigenschaften. Es wurde bei der chemischen Reinigung, in Druckereien und von metallverarbeitenden Betrieben eingesetzt.

In allen Heilquellen (Salmquelle, Kochbrunnen, Große und Kleine Adlerquelle, Schützenhofquelle und Faulbrunnen) wurden in der großen Heilwasseranalyse von 2009/2010 anionische Tenside (MBAS) mit Konzentrationen zwischen 0,32 – 0,59 mg/l nachgewiesen. Anionische Tenside werden in Waschmitteln eingesetzt. Sie sind mikrobiologisch schwer abbaubar. Seit 1961 müssen anionischen Tenside in Waschmitteln zu mindestens 80 % im Gewässer primär abbaubar sein (HÜTTER 1992).

Da die oben genannten organischen Verbindungen anthropogen hergestellt wurden und werden, ist der Nachweis dieser organischen Spurenstoffe ein Indikator für einen Anteil jüngeren Grundwassers. Da sie in allen Heilquellen nachgewiesen wurden, enthalten alle Heilquellen einen Anteil jüngeren Grundwassers.

MICHELS (1966) berichtet über die Gefahren, die von Heizölbehältern und vom Straßenverkehr im Thermalbezirk ausgehen (Versickern von Kraftstoffen, Reinigungsmittel etc.).

6.2 Bakteriologische Untersuchungen

MICHELS äußert bereits in seinem hydrogeologischen Gutachten vom 13.3.1965 (HLUG-Archiv Nr. 5915/440) zum Faulbrunnen, „*dass es geradezu unwahrscheinlich*

sei, ein jederzeit hygienisch einwandfreies Wasser aus diesem Schacht anbieten zu können“. Dies führt er auf den in der Nähe gelegenen Abwasserkanal in der Bleichstraße zurück, der wie der Brunnenschacht des Faulbrunnens in den Bachschottern liegt. Er berichtet von einer Verkeimung im Herbst 1961. MICHELS (1966) berichtet weiterhin über stark angestiegenen Lastverkehr, der durch Erschütterungen die Kanalisationsanlagen in der Nähe des Faulbrunnens beschädigt hatte.

Der Faulbrunnen musste laut Aussage des Regierungspräsidiums Darmstadt (Anlage 2.4) in jüngerer Zeit mehrfach aufgrund von Verkeimung (Entnahme erfolgt nur ca. 3 m unter Gelände) vom Netz genommen werden (z. B. 2005, 2006 und 2008).

Eine Verkeimung tritt in der Regel aufgrund von bakteriologischen Verunreinigungen bei kurzen Fließwegen auf. Verkeimungen sind daher ein Hinweis auf den Zutritt von sehr jungem Grundwasser.

7. Isotopenhydrologische Untersuchungen

7.1 Bisherige Isotopenuntersuchungen

Über die Frage der Herkunft des Wiesbadener Heilwassers wurde, wie bereits in Kap. 3 beschrieben, vielfach diskutiert. Im Grundwasser der Mineral- und Thermalbrunnen wurden Parameter analysiert (Kap. 6), die junges, oberflächennahes Grundwasser nachweisen. Isotopenuntersuchungen an Grundwässern und die Analyse seiner Inhaltsstoffe bieten eine weitere Möglichkeit, Informationen über Herkunft, Zirkulationstiefe und Alter zu erlangen.

NIELSEN & RAMBOW (1969) beschreiben $\delta^{34}S$-Messungen an Mineral- und Thermalwässern in Hessen (Tab. 7.1). Die Messwerte stimmen für die Heilquellen am Taunusrand gut überein (mit Ausnahme des Sool-Sprudels) und zeigen deutliche Unterschiede gegenüber Mineral- und Thermalwässern in der Wetterau. Die $\delta^{34}S$-Messwerte liegen im Bereich von den Werten des Zechstein-Salzgebietes Neuhof-Fulda-Werra. Da jedoch der δ-Bereich von Sulfaten aus dem Tertiär des Oberrheingrabens sehr große Schwankungen aufweist und die Werte von Messungen im südlichen Oberrheingraben sowie in Pechelbronner Schichten im nördlichen Oberrheingraben ebenfalls zwischen 10 – 13 ‰ liegen, ist eine eindeutige Zuordnung der Mineral- und Thermalwässer am Taunusrand nicht möglich (NIELSEN & RAMBOW 1969).

Tab. 7.1 Isotopenmessungen an Sulfaten ($\delta^{34}S$) hessischer Mineral- und Thermalwässer (NIELSEN & RAMBOW 1969).

Bezeichnung	**$\delta^{34}S$** (‰)
Kochbrunnen, Wiesbaden	10,1 ± 0,3
Großer Sprudel, Bad Nauheim	11,4 ± 0,3
Sool-Sprudel, Bad Homburg	17,2 ± 0,3
Landgrafen-Quelle, Bad Homburg	9,5 ± 0,3
Quelle XXVII, Bad Soden/Ts.	9,6 ± 0,3
Quelle IV, Bad Soden/Ts.	9,8 ± 0,3
Eltville, Salzborn	12,9 ± 0,3
Virchowquelle, Kiedrich	12,5 ± 0,3
Graf Adolf Quelle, Assmannhausen	13,4 ± 0,3

Zwischen den Jahren 1982 und 1986 wurden vom HLfB an verschiedenen Mineral- und Thermalwasservorkommen stabile Isotope des Wassers (δ^2H, $\delta^{18}O$) und Tritium (^3H) untersucht. Die Messergebnisse sind in Tab. 7.2 dargestellt. Zudem wurden die Kohlenstoffisotope ^{13}C und ^{14}C gemessen. Aufgrund des hohen Anteils an CO_2 im Wasser und den damit verbundenen Austauschprozessen wurde eine Altersdatierung jedoch verworfen.

Tab. 7.2 Messung δ^2H, $\delta^{18}O$ und ^3H durch das HLfB (unveröffentlichte Daten).

Bezeichnung	**Entnahmedatum**	**δ^2H** [‰]	**$\delta^{18}O$** [‰]	**^3H** [T.U.]
Kochbrunnen, Wiesbaden	17.05.82	- 64,1	- 9,20	n.n.
Quelle im Silbergraben, Kiedrich	14.05.84	- 64,3	- 9,37	8,93
Pferdebadquelle, Schlangenbad	15.05.84	- 62,9	- 9,20	4,97
Graf-Adolf-Quelle, Assmannshausen.	14.05.84	- 60,2	- 9,41	1,86
Justus v. Liebig Brunnen, Bad Soden Taunus	28.04.86	- 72,4	- 9,61	n.n.
Champagner-Brunnen, Bad Soden Taunus	28.04.86	- 67,7	- 9,85	n.n.
Kurbrunnen, Bad Nauheim	18.05.84	- 66,7	- 9,21	n.n.
Sprudel XIV, Bad Nauheim	18.05.82	- 61,6	- 8,93	n.n.
Elisabethen-Brunnen, Bad Homburg	28.04.86	- 62,2	- 8,89	2,8 ± 0,5
Kaiserbrunnen, Bad Homburg	28.04.86	- 62,0	- 9,22	n.n.
Landgrafen-Brunnen, Bad Homburg	28.04.86	- 60,7	- 9,47	n.n.

KUßMAUL & FRESENIUS (1990) veröffentlichten Daten zu Isotopenuntersuchungen an Heil- und Mineralquellen am Taunusrand (Tab. 7.3). Neben den stabilen Isotopen des Wassers (δ^2H, $\delta^{18}O$), wurde auch das stabile Kohlenstoffisotop $\delta^{13}C$ und Tritium (^3H) gemessen. Es liegen Daten für den Faulbrunnen, die Salmquelle und die Schützenhofquelle vor. Der Tritiumwert liegt für die Salmquelle im Bereich der Nachweisgrenze. Die Schützenhofquelle weist geringe Konzentrationen von Tritium auf (1,7 ± 1,0 T.U.) und der Faulbrunnen erreicht Tritiumwerte von 2,5 ± 1,0 T.U. Die Messergebnisse der ^{13}C-Untersuchungen liefern sehr unterschiedliche Ergebnisse, da sie durch Austauschprozesse (mit CO_2 aus der Atmosphäre bzw. aus tertiärem Vulkanismus) stark beeinflusst sind. Die stabilen Isotope des Wassers liegen im Bereich der lokalen meteorischen Wasserlinie (LMWL). Sie sind verglichen mit heutigen Niederschlägen und Grundwasser isotopisch abgereichert.

Tab. 7.3 Isotopendaten von Heil- und Mineralquellen am Taunusrand (KUßMAUL & FRESENIUS 1990).

Bezeichnung	**Entnahme-datum**	**$\delta^{13}C$** [‰]	**$\delta^{2}H$** [‰]	**$\delta^{18}O$** [‰]	**^{3}H** [T.U.]
Wiesbaden Salmquelle	06.04.1988	- 6,46	- 65,6	- 9,47	1,1 ± 1,0
Wiesbaden Schützenhofquelle	06.04.1988	- 7,45	- 65,2	- 9,34	1,7 ± 1,0
Wiesbaden Faulbrunnen	06.04.1988	- 10,00	- 63,8	- 9,41	2,5 ± 1,0
Bad Soden Neuer Badesprudel	06.04.1988	- 3,46	- 68,0	- 9,73	0,6 ± 1,2
Bad Homburg Solesprudel	14.04.1988	- 1,46	- 69,6	- 9,95	2,1 ± 1,4
Bad Nauheim Sprudel 14	14.04.1988	- 1,49	- 63,7	- 9,23	1,4 ± 1,1

Im Rahmen der hydrogeologischen Landesaufnahme durch das HLUG wurden 2009 und 2010 Isotopenuntersuchungen an Mineral- und Thermalwässern entlang des Taunussüdrandes durchgeführt. Dabei wurden die stabilen Isotope des Wassers sowie Tritium untersucht (Tab. 7.4). In allen untersuchten Mineral- und Thermalquellen wurden geringe Gehalte von Tritium nachgewiesen.

Tab. 7.4 Untersuchungen an Mineral- und Thermalquellen aus dem Taunusprojekt 2010.

Bezeichnnung	**Beprobung**	**^{3}H**	**$\delta^{2}H$**	**$\delta^{18}O$**
Kochbrunnen, Wiesbaden	2010	0,06 ± 0,01	- 66,0	- 9,43
Neuer Badesprudel	2010	0,19 ± 0,02	- 66,6	- 9,53
Kaiserbrunnen, Bad Homburg	2010	0,30 ± 0,02	- 65,5	- 9,49
Landgrafen Brunnen, Bad Homburg	2010	1,79 ± 0,06	- 65,7	- 9,52
Sprudel 7, Bad Nauheim	2010	0,09 ± 0,01	- 63,5	- 9,11
Kurbrunnen, Bad Nauheim	2010	0,45 ± 0,03	- 62,3	- 9,18
Graf Adolf Quelle, Assmannhausen	2010	0,28 ± 0,02	- 61,3	- 9,38
Schwalbenquelle, Bad Schwalbach	2010	2,16 ± 0,06	- 58,9	- 9,23
Virchowquelle, Kiedrich	2010	0,32 ± 0,05	- 64,2	- 9,28

Im Rahmen des Antrags zur Ausweisung eines Heilquellenschutzgebietes in Wiesbaden beauftragte der Eigenbetrieb der Landeshauptstadt Wiesbaden für Quellen – Bäder – Freizeit, Mattiaqua, im Juni 2011 (Tab. 7.5) die Fa. Hydroisotop GmbH mit Isotopenuntersuchungen sowie gasphysikalische Untersuchungen an den Wiesba-

dener Heilquellen (Kochbrunnen, Kleine Adlerquelle, Große Adlerquelle, Schützenhofquelle und Salmquelle). Der Bericht vom 05.08.2011 zu diesen Untersuchungen ist in Anlage 2.2 angefügt. Die Untersuchungen sollten Aufschluss über mögliche Anteile an jungem, oberflächennahmem Grundwasser in den Heilquellen geben. Aufbauend darauf sollte die Einstufung der Heilquellen in die verschiedenen Bildungstypen erfolgen.

Es wurden die stabilen Isotope des Wassers, Tritium sowie das Kryptonisotop ^{85}Kr untersucht. Die Untersuchungen am Wasser des Faulbrunnens wurden aus Kostengründen zurückgestellt. Ebenfalls aus Kostengründen wurde zunächst nur an der Schützenhofquelle das Kryptonisotop ^{85}Kr und Schwefelhexafluorid SF_6 untersucht. Bei plausiblen Ergebnissen sollten diese gasphysikalischen Untersuchungen an den restlichen vier Heilquellen ebenfalls erfolgen.

Tab. 7.5 Isotopenhydrologische Untersuchungen 2011.

Bezeichnnung	**Probenahme-datum**	**^{3}H** [T.U.]	**$\delta^{2}H$** [‰]	**$\delta^{18}O$** [‰]	**^{85}Kr** [dpm/ml Kr]
Kochbrunnen	7.06.2011	< 0,6	- 64,2	- 9,37	n. g.
Große Adler Quelle	7.06.2011	< 0,6	- 64,3	- 9,35	n. g.
Kleine Adlerquelle	7.06.2011	< 0,6	- 64,3	- 9,34	n. g.
Salmquelle	7.06.2011	< 0,6	- 64,9	- 9,39	n. g.
Schützenhofquelle	7.06.2011	0,5 ± 0,6	- 64,3	- 9,35	0,7 ± 0,1

n. g.: nicht gemessen

Die Messungen von Tritium lagen im Wasser des Kochbrunnens, in der Kleinen und Großen Adlerquelle sowie der Salmquelle im Bereich der Nachweisgrenze.

Neben der Schützenhofquelle zeigt der Faulbrunnen eine geringere Temperatur und eine geringere Mineralisierung des Wassers gegenüber den anderen Quellen und Brunnen. Dies wird auf eine Zumischung von jüngerem Wasser zurückgeführt. Daher empfiehlt die Firma Hydroisotop GmbH die periodische Untersuchung von Schadstoffparametern (z. B. LHKWs) sowie eine periodische Untersuchung der stabilen Isotope des Wassers und von Tritium.

7.2 Schlussfolgerungen aus den Isotopenuntersuchungen

Die Untersuchungen der stabilen Isotope ^{2}H und ^{18}O aus den Jahren 2009, 2010 und 2011 liegen im Bereich der lokalen meteorischen Wasserlinie (LMWL) und zeigen den meteorischen Ursprung des Wassers (Abb. 7.1). Die im Vergleich zu heute relativ leichten Isotopensignaturen weisen charakteristische $\delta^{2}H$- und $\delta^{18}O$-Werte für Winterniederschläge auf und deuten entweder auf höher gelegene Einzugsgebiete oder auf kühlere Klimabedingungen während der Neubildung hin (z. B. während des Pleistozäns).

Die ^{34}S-Messungen ergaben keinen eindeutigen Hinweis auf den Ursprung der Natrium-Chlorid Konzentrationen.

Die Messungen von Tritium (^{3}H) ergaben für den Kochbrunnen (2010) und die Salmquelle (1988) sehr geringe Konzentrationen. Laut Firma Hydroisotop GmbH liegt der Anteil an Wasser, das innerhalb der letzten 55 Jahre versickert ist, für den Kochbrunnen, die Salmquelle, die Große und Kleine Adlerquelle sicher unter 10 %. Diese Tritiummessungen aus dem Jahr 2011 haben jedoch keine ausreichende Messgenauigkeit, um sie für eine genauere Aussage über den Anteil an jungem Grundwasser in den Quellen und Brunnen heranzuziehen. Die ^{3}H-Konzentrationen in der Schützenhofquelle (1988, 2011) und im Faulbrunnen (1988) sind deutlich und belegen einen Anteil jüngeren Grundwassers. In Kombination mit den Ergebnissen von 2011 aus den gasphysikalischen Untersuchungen von Krypton (^{85}Kr) kann in der Schützenhofquelle laut Firma Hydroisotop GmbH der Anteil an Wasser, das in den letzten 55 Jahren versickert ist, auf ca. 1 – 5 % abgeschätzt werden.

Diese Ergebnisse werden durch Beobachtungen, die an der Schützenhofquelle während Bauarbeiten gemacht wurden, unterstützt. Im Rahmen der Sanierung des Parkhauses „Coulinstraße“ wurden Untersuchungen für einen möglichen Neubau durchgeführt. Das an das Fundament reichende Grundwasser wurde um mehrere Meter abgesenkt. Gleichzeitig ging der Druckspiegel des Thermalwassers der Schützenhofquelle stark zurück. Entsprechend ist ein Einfluss der Förderung aus der Schützenhofquelle auf das oberflächennahe Grundwasser gegeben (Geländebefund MITTELBACH).

Die isotopenhydrogeologischen Untersuchungen legen nahe, dass für alle untersuchten Heilquellen ähnliche Neubildungsbedingungen angenommen werden können.

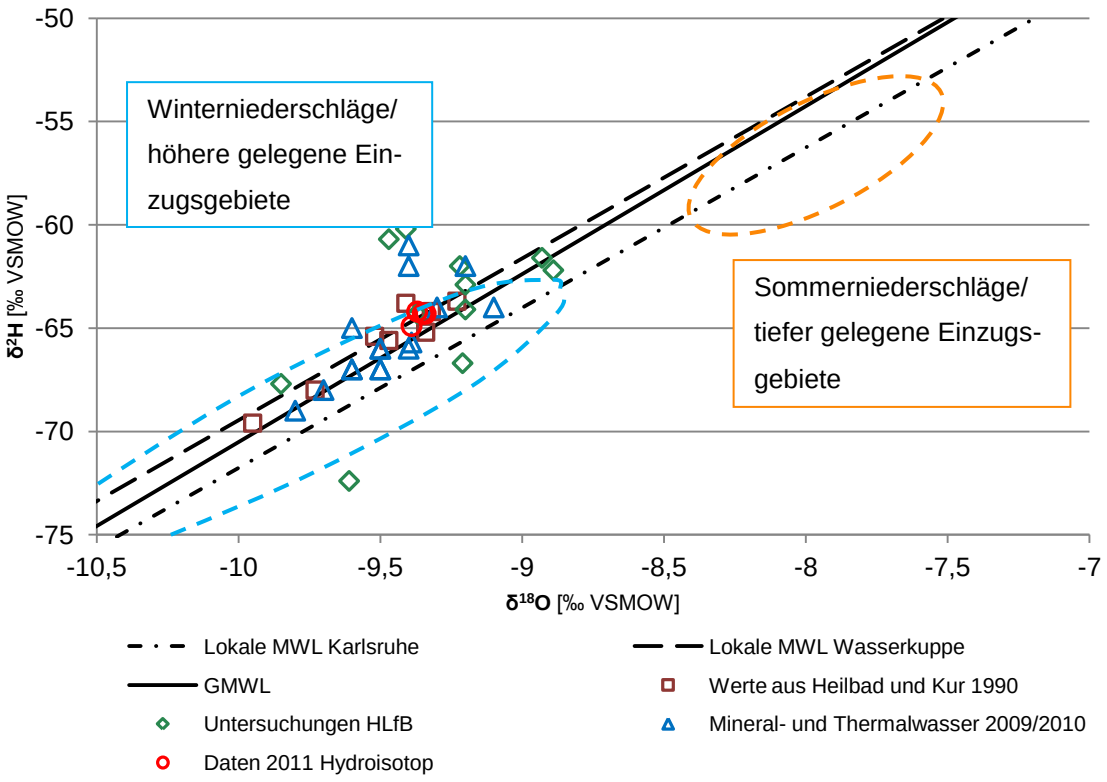

Abb. 7.1 Darstellung der an Mineral- und Thermalwasser am Taunusrand gemessenen δ^2H- und δ^{18}O-Werte. Typische Isotopensignaturen von saisonalen Niederschlägen sowie Grundwasser aus unterschiedlichen Klimabereichen sind farbig gestrichelt dargestellt. Die lokalen meteorischen Wasserlinien (konstruiert aus den δ^2H- und δ^{18}O-Werte der Gebietsniederschläge) und die globale meteorische Wasserlinie sind ebenfalls eingezeichnet.

8. Herkunft des Thermal- und Mineralwassers (hydrogeologische Systembeschreibung)

Das Wasser der Wiesbadener Thermal- und Mineralquellen setzt sich aus mehreren Grundwasseranteilen zusammen. Die Wässer weisen eine hohe Mineralisation auf. Die hohe Wassertemperatur erfordert eine große Zirkulationstiefe, die auf hohe Verweilzeiten schließen lässt. Die niedrigen Tritium-Werte deuten auf einen geringen Anteil jungen, oberflächennahen Grundwassers hin. Dieser Anteil jungen Grundwassers wird zudem durch die im Thermal- und Mineralwasser analysierten LHKW und Tenside nachgewiesen. Die verhältnismäßig geringere Mineralisation und niedrigere Temperatur des Thermal- und Mineralwassers in der Schützenhofquelle und im

Faulbrunnen lassen gegenüber den anderen Fassungen auf einen größeren Anteil an jungem Grundwasser in diesen Wassergewinnungsanlagen schließen.

Nach der heutigen hydrogeologischen Modellvorstellung versickert Niederschlagswasser entlang der Störungszonen im Taunus (Kap. 3: Taunuskammüberschiebung, NPZ-Scherzone, Abschiebungen zum Rheingraben).

Entlang dieser Strukturen gelangt das Wasser in große Tiefen und wird durch den thermischen Tiefengradienten erhitzt. Der Kohlensäuregehalt (CO_2) im Thermal- und Mineralwasser wird im Zusammenhang mit den in der Umgebung bekannten Basaltvorkommen auf postvulkanische Exhalationen zurückgeführt. Wahrscheinlich mischt sich das Wasser mit bereits in großen Tiefen vorhandenen stark mineralisierten Solewässern aus dem Oberrheingraben. Hierfür sprechen zudem die weithin beobachteten Salzwasservorkommen im Bereich des Taunusvorlandes (THEWS 1977) und im Mainzer Becken (HÖLTING 1969). Mit steigender Temperatur und durch den Anteil an CO_2 können zusätzlich Minerale aus dem durchströmten Gestein gelöst werden.

Neben dem von HÖLTING (1985) beschriebenen Aufstieg des Thermalwassers als Temperatur- und Gaslift entlang von Klüften am Südrand des Taunus weist der artesische Überlauf auch auf ein topographisch höher gelegenes Einzugsgebiet hin. Hierfür sprechen zudem die stabilen Isotopenverhältnisse (Kap. 7.2).

Schützenhofquelle und Faulbrunnen haben vergleichbare Verhältnisse in der Zusammensetzung der Hauptionen. Sie weisen verhältnismäßig höhere SO_4-Konzentrationen auf und zeigen geringere Konzentrationen an Fe^{2+} (Kap. 6, Abb. 6.2). Im Gegensatz zu den anderen Heilquellen (Salmquelle, Kochbrunnen, Große und Kleine Adlerquelle) wurden in der Bohrung bei der Schützenhofquelle und am Faulbrunnen tertiäre Sedimente über dem Metarhyolith erbohrt (Schützenhofquelle rd. 6,6 m, Faulbrunnenbohrung rd. 19 m). Daher ist davon auszugehen, dass sowohl beim Faulbrunnen wie auch bei der Schützenhofquelle über die tertiären Schichten eine Vermischung mit jüngerem Grundwasser stattfindet, die beim Faulbrunnen jedoch auch auf Grund der flachen Fassung deutlich höher ist. In MICHELS & THEWS (1971) wird ein Quarzgang in der Bohrung an der Schützenhofquelle beschrieben, der von 9 – 52 m u. Gel. reicht. Zwischen 13,5 – 30 m u. Gel. ist er zudem sehr stark mit Schwefelkies (Pyrit) besetzt. CZYSZ (1995) beschreibt offene Trennflächen im Quarzgang, über die seitlich Süßwasser der Schützenhofquelle zutreten und das Thermalwasser verdünnen kann. Für die Trinkstelle Faulbrunnen wird der nur 6,53 m

tiefe Schachtbrunnen genutzt. Hier legen die Beschreibungen der Faulbrunnenbohrung einen Zutritt von Süßwasser aus tertiären Sedimenten nahe, da die Bohrung bewusst zusätzliche zu einer Filterstrecke im Metarhyolith im Bereich der tertiären Schichten verfiltert wurde, um über die Bohrung ein dem ursprünglichen Zustand entsprechendes Mischwasser zu erschließen.

9. Allgemeines zu Heilquellenschutzgebieten

9.1 Bildungstypen

Nach den LAWA-Richtlinien für Heilquellenschutzgebiete (1998) lassen sich Heilquellen in Abhängigkeit von der Größe des Bildungsgebietes, der Tiefe und Überdeckung des Heilwasser-Fließsystems, der mittleren Verweilzeit, dem Nachweis von Tritium und der Temperatur der Heilwässer drei verschiedenen Bildungstypen zuordnen:

Bildungstyp 1 weist ein sehr großes Bildungsgebiet mit Abstandsweiten der äußeren Einzugsgebietsgrenzen über 10 km und einem über 500 m in die Tiefe reichenden Heilwasser-Fließsystem auf. Seine Überdeckung gewährleistet ein von anderen Fließsystemen unbeeinträchtigtes Strömen in den Formationswasserleitern. Die mittlere Verweilzeit im Untergrund beträgt 50 Jahre und mehr. Die Temperaturen der Heilwässer sind im Vergleich zu üblichen Grundwässern deutlich erhöht. Das Wasser ist tritiumfrei.

Bildungstyp 2 stammt aus einem großen Bildungsgebiet mit Abstandsweiten der äußeren Einzugsgebietsgrenzen von mehreren Kilometern bis zum Heilquellenaustritt. Das Heilwasser-Fließsystem liegt in Tiefen bis max. 500 m und ist gekennzeichnet durch mittlere Verweilzeiten um die 50 Jahre. Anteilig können geringe Mengen jüngeren Grundwassers enthalten sein. Die Temperatur des i. d. R. tritiumfreien Wassers ist gegenüber üblichen Grundwässern schwach erhöht.

Bildungstyp 3 verfügt über ein kleines bis mittelgroßes Bildungsgebiet von einigen 100 Metern um die Austrittsstelle. Sein Fließsystem liegt meist in geringen Tiefen von weniger als 100 m. Der Anteil an jüngerem Grundwasser ist hoch. Bei mittleren Verweilzeiten von maximal 30 – 50 Jahren ist Tritium vorhanden. Die Temperatur des Heilwassers entspricht weitgehend den ortsüblichen Grundwassertemperaturen.

Zwischen den Bildungstypen kann es Übergänge geben, so dass sich einzelne Heilquellen nicht eindeutig einem Bildungstyp zuordnen lassen. In diesen Fällen sind besondere Aussagen zur Abgrenzung der Schutzzonen und zu den Schutzmaßnahmen zu treffen.

9.2 Qualitativer Schutz

Der qualitative Schutz soll eine chemische und hygienische Verunreinigung verhindern. Die Schutzzonen unterteilen sich wie bei Trinkwasserschutzgebieten in den Fassungsbereich (Zone I), die engere Schutzzone (Zone II) und die weitere Schutzzone (Zone III). Die qualitativen Zonen II und III werden nur bei Bedarf für ein Heilquellenschutzgebiet, die Zone I sollte immer ausgewiesen werden (Tab. 9.1).

Die Bemessung der Schutzzonen gegen qualitative Beeinträchtigungen hängt im Wesentlichen von folgenden Faktoren ab (LAWA-Richtlinien 1998):

- dem Bildungstyp der Heilquelle,
- der Fassungsanlage der Heilquelle,
- den hydrogeologischen Verhältnissen des Fließsystems und seiner Überdeckung,
- den Gefährdungspotenzialen der Umgebung.

Die Zone I schützt nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 101 (DVGW 2006) den unmittelbaren Fassungsbereich der Wassergewinnungsanlage und ihre nächste Umgebung vor Verunreinigungen und Beeinträchtigungen. Der Mindestabstand der Begrenzung beträgt bei Brunnen mindestens 10 m in alle Richtungen, bei Quellen und Sickerleitungen werden mindestens 20 m in Richtung des Anstroms verlangt. Jegliche Flächennutzung ist nicht zugelassen.

Die Zone II (engere Schutzzone) muss *„die Verunreinigung durch pathogene Mikroorganismen (z. B. Bakterien, Viren, Parasiten und Wurmeier) sowie sonstige Beeinträchtigungen“* (DVGW 2006) verhindern. Diese Zone wird in der Regel so abgegrenzt, dass die Fließzeit des Grundwassers vom äußeren Rand der Schutzzone bis zur Fassung mindestens 50 Tage beträgt. Im Grundwasseranstrom sollte der Abstand mindestens 100 m bis zur Fassung betragen.

Die Zone III (weiter Schutzzone) beinhaltet das gesamte unterirdische Einzugsgebiet des genutzten Grundwassers. Sie soll *„den Schutz vor weitreichenden Beeinträchtigungen gewährleisten, insbesondere vor dem Eintrag von nicht oder nur schwer abbaubaren chemischen oder radioaktiven Verunreinigungen“*. Bei mehreren Grundwasserstockwerken müssen über- oder unterlagernde Stockwerke berücksichtigt werden, sofern sie Grundwasser in den genutzten Grundwasserleiter einspeisen. Die Zone III kann in eine Zone III/1 und eine Zone III/2 aufgeteilt werden (LAWA 1998), diese Zonen entsprechen den Zonen III A und III B in den DVGW (2006).

9.3 Quantitativer Schutz

Der quantitative Schutz soll gewährleisten, dass das Fließsystem, die Ergiebigkeit und die natürlichen Konzentrationen der Heilquelle nicht beeinträchtigt werden. Dabei werden eine innere Zone (Zone A) und eine äußere Zone (Zone B) unterschieden. Nach der LAWA-Richtlinie (1998) sind für alle Heilquellenschutzgebiete beide Zonen auszuweisen (Tab. 9.1).

Die Bemessung der Schutzzonen gegen quantitative Beeinträchtigungen hängt im Wesentlichen von folgenden Faktoren ab (LAWA 1998):

- dem Bildungstyp der Heilquelle,
- der Fassungsanlage der Heilquelle,
- der geologischen Struktur und den hydrogeologischen Verhältnissen des Fließsystems der Heilquelle,
- der Beteiligung anderer Grundwasserstockwerke,
- der Ausbildung und Reinigungswirkung der Überdeckung des Fließsystems,
- den Gefährdungspotenzialen der Umgebung,
- der Tiefe, Art und Wirkung eines Eingriffs in den Wasserhaushalt des Fließsystems,
- der Wirkung eines Eingriffs auf die Druckverhältnisse des Grundwassers oder des Gases im Fließsystem.

9.4 Übersicht über erforderliche Schutzzonen

Nach den LAWA-Richtlinien (1998) sind analog zur Tab. 9.1 in Abhängigkeit des Bil-

dungstyps die entsprechenden Schutzzonen für den quantitativen Schutz und für den qualitativen Schutz erforderlich.

Tab. 9.1 Übersicht über die Merkmale für die Erfordernisse von Schutzzonen für die Bildungstypen der Heilquellen (LAWA-Richtlinien 1998).

Schutz	**Bildungstyp**		
Schutzzonen	1	2	3
Quantitativer Schutz			
Zone A	+	+	+
Zone B	+	+	+
Qualitativer Schutz			
Zone I	+	+	+
Zone II	-	(+)	+
Zone III	-	(+)	+

+ Schutzzone ist erforderlich
(+) Schutzzonenerfordernis ist im Einzelfall zu prüfen
- Schutzzone ist nicht erforderlich

10. Bildungstypen der Wiesbadener Thermal- und Mineralquellen

Die Wiesbadener Thermal- und Mineralquellen lassen sich keinem der oben beschriebenen Bildungstypen eindeutig zuordnen. Sie stellen Mischtypen dar. Die Salmquelle, der Kochbrunnen, die Große und die Kleine Adlerquelle weisen eine sehr ähnliche chemische Beschaffenheit auf, von der sich die Beschaffenheit der Schützenhofquelle und die des Faulbrunnens unterscheiden (Sulfat-, Eisen- und Mangankonzentrationen). Entscheidende Unterschiede zwischen der Schützenhofquelle und dem Faulbrunnen bestehen in der Temperatur und der Gesamtmineralisation.

10.1 Zuordnung der Thermalquellen und -brunnen

Die Salmquelle, der Kochbrunnen, die Große und die Kleine Adlerquelle zeigen Merkmale der Bildungstypen 1 und 2. Stellvertretend für diese Thermalquellen und -brunnen („Natrium-Chlorid-Therme“) werden am Beispiel des Kochbrunnens die zu-

treffenden Merkmale aufgelistet. Die Schützenhofquelle hat neben den Merkmalen der Bildungstypen 1 und 2 auch Merkmale des Bildungstypen 3.

Kochbrunnen:

Merkmale des Bildungstyps 1

- Deutlich erhöhte Wassertemperatur im Vergleich zu üblichen Grundwässern.
- Das heiße Wasser (67 °C) des Kochbrunnens lässt auf eine Zirkulationstiefe von ca. 1.800 m schließen.
- Aufgrund der hohen Ergiebigkeit und Salzfracht ist von einem sehr großen Bildungsgebiet mit Abstandsweiten der äußeren Einzugsgebietsgrenzen von über 10 km auszugehen.

Merkmale des Bildungstyps 2

- Die Tritium-Konzentration beträgt 0,06 T.U.
  Wasser, das z. B. 1953 und damit vor dem hohen anthropogenen Tritiumeintrag infiltriert ist, würde heute eine Tritiumkonzentration von 0,2 T.U. aufweisen, daher könnte das Thermalwasser eine Verweilzeit von 50 Jahren und mehr besitzen.
- Der Nachweis von organischen Spurenstoffen (0,59 mg/l anionische Tenside) zeigt, dass ein Anteil von jüngerem, oberflächennahem Grundwasser im Thermalwasser enthalten ist.

Schützenhofquelle:

Merkmale des Bildungstyps 1

- Deutlich erhöhte Wassertemperatur im Vergleich zu üblichen Grundwässern.
- Es ist davon auszugehen, dass der Anteil des hoch mineralisierten heißen Wassers einen vergleichbaren Ursprung wie den der anderen Thermalquellen und -brunnen hat und damit ebenfalls eine Zirkulationstiefe von ca. 1.800 m erreicht.
- Aufgrund der hohen Ergiebigkeit und Salzfracht ist von einem sehr großen Bildungsgebiet mit Abstandsweiten der äußeren Einzugsgebietsgrenzen von über 10 km auszugehen.

Merkmale des Bildungstyps 2

- Tritium-Konzentrationen sind erhöht.
- Der Nachweis von organischen Spurenstoffen (0,32 mg/l anionische Tenside) zeigt, dass ein Anteil von jüngerem, oberflächennahem Grundwasser im Thermalwasser enthalten ist.

Merkmale des Bildungstyps 3

- Die chemische Beschaffenheit der Schützenhofquelle unterscheidet sich deutlich von den anderen Thermalquellen- und brunnen (Sulfat-, Eisen- und Mangankonzentrationen) und gleicht hierin dem Faulbrunnen. Vermutlich ist dies auf einen Grundwasseranteil aus tertiären Schichten zurückzuführen. Czysz (1995) weist auf seitlich über einen Gangquarz eintretendes Süßwasser hin.
- Tritium-Konzentrationen sind erhöht.

10.2 Zuordnung der Mineralquelle Faulbrunnen

Der Faulbrunnen („Natrium-Chlorid-Wasser“) zeigt Merkmale aller Bildungstypen.

Merkmale des Bildungstyps 1

- Es ist davon auszugehen, dass der Anteil des hoch mineralisierten Wassers einen vergleichbaren Ursprung wie den der Thermalquellen und -brunnen hat und damit ebenfalls eine Zirkulationstiefe von ca. 1.800 m erreicht.

Merkmale des Bildungstyps 2

- Die Wassertemperatur ist gegenüber üblichen Grundwässern schwach erhöht.

Merkmale des Bildungstyps 3

- Der Anteil an jüngerem Grundwasser ist verhältnismäßig hoch. Dies wird dadurch belegt, dass bei der Faulbrunnenbohrung eine mit dem aus dem Quelltümpel geförderten Grundwasser vergleichbare chemische Beschaffenheit dadurch erreicht wurde, indem der Brunnen bis in die oberflächennahen tertiären Sedimente verfiltert wurde. Damit wurde bewusst Wasser aus oberflächennahen Bereichen erschlossen und eine Mischung herbeigeführt.
- Wiederkehrende positive bakteriologische Befunde zeigen kurze Verweilzeiten und damit einen Anteil an jüngerem Grundwasser an.
- Der Nachweis von organischen Spurenstoffen (Anstieg von 0,1 µg/l auf 0,3 µg/l Trichlorethen, 0,34 mg/l anionische Tenside) zeigt ebenfalls, dass ein Anteil von jungem Grundwasser im Thermalwasser enthalten ist.
- Tritium-Konzentrationen sind erhöht.

11. Vorschlag der Schutzzonen und Empfehlungen für die Auflagen

11.1 Schutzzonen für die Heilquellen von Wiesbaden

Da in allen Heilquellen Anteile jüngeren Wassers (vgl. Isotopenuntersuchungen, organische Spurenstoffe, bakteriologische Untersuchungen) enthalten sind, ist die Ausweisung qualitativer Schutzzonen erforderlich. Die quantitativen Schutzzonen A und B sind für alle Heilquellen auszuweisen. Sie werden für das Heilquellenschutzgebiet Wiesbaden in die Zonen A 1 bis A3 sowie B1 bis B4 untergliedert.

11.1.1 Qualitative Schutzzonen (Anlage 1.1)

11.1.1.1 Zone III (Weitere Schutzzone)

Die Zone III soll das gesamte Einzugsgebiet des anteilig in den Heilquellen enthaltenen jungen Wassers umfassen. Hierbei werden im Wesentlichen die quartären Schotter abgegrenzt, durch die Grundwasser den Heilquellen zuströmt.

Die Grenze der Zone III verläuft nordwestlich und westlich der Heilquellen entlang

der Röderstraße und Schwalbacherstraße, da die quartären Schotter hier auf Grund der Morphologie auskeilen. Im Nordosten ist die Zone III über die Taunusstraße ausgeweitet, um die im taltiefsten (Taunusstraße) befindlichen Bachschotter einzuschließen. Bei Aufschlussbohrungen wurde ein geringer Thermalwassereinfluss auch noch nordöstlich der Taunusstraße festgestellt.

Aus Nordwesten entlang der Taunusstraße ist ein geringer Anteil an Zufluss von Grundwasser in den Talschottern zu erwarten, der jedoch durch die dort verlegten Kanäle und Leitungen (Kanalbett u. ä.) dräniert wird und so vernachlässigt werden kann.

Nördlich und westlich des Faulbrunnens streichen die quartären Schotter am Anstieg zum Riederberg aus. Ein weiterer geringer Zustrom ist aus Westen durch die Bachschotter vom Wellritztal und Adamstal zu erwarten.

Nach Südosten und Süden wurde die Zone III bis zu einem anzunehmenden unteren Kulminationspunkt begrenzt. Hier ist die allgemeine Fließrichtung nach Südosten auf den kanalisierten Salzbach (Wilhelmstraße) ausgerichtet.

In der Zone III stellen die in den LAWA-Richtlinien (1998) nach Anlage 2 unter Ziffer 4.1.1 und 4.1.2 aufgeführten Handlungen, Einrichtungen und Vorgänge Gefährdungen für die Heilquelle dar und sollten in die Verordnung aufgenommen werden (hierbei handelt es sich um einen Auszug aus dem DVGW-Arbeitsblatt W 101).

11.1.1.2 Zone II (Engere Schutzzone)

Die Grenze der Zone II soll im Grundwasseranstrom mindestens 100 m Abstand bis zur Fassung aufweisen (DVGW 2006).

Für die Thermalquellen und –brunnen ist eine genaue Abschätzung einer 50-Tage-Linie nur bedingt möglich, daher orientiert sich die Grenze der Zone II an dem in DVGW W 101 genannten Mindestabstand von 100 m im Anstrom zur Fassungsanlage. Im Abstrom muss eine mögliche Beeinträchtigung durch Entnahmen verhindert werden. Die Grenze der Zone II verläuft entsprechend nordwestlich der Quellenlinie entlang des Hirschgrabens. Im Nordosten ist die Zone II durch eine Querstörung im Nerotal (Höhe Taunusstraße) begrenzt. Im Südosten verläuft die Zone II entlang der Langgasse und der Georg-August-Zinn-Straße. Im Süden reicht sie bis zur Straße Michelsberg.

Der Faulbrunnen enthält einen erheblichen Anteil an jungem Wasser, das vorwiegend aus westlicher bis nordwestlicher Richtung anströmt. Der Faulbrunnen liegt in den Bachschottern des Wellritzbaches und des Adamstals. Die Grenze der Zone II verläuft im Osten entlang der Schwalbacherstraße, im Süden entlang der Bleichstraße, im Westen auf ca. dem halben Abstand zwischen Helenenstraße und Hellmundstraße sowie im Norden auf ca. dem halben Abstand zwischen der Bleichstraße und der Wellritzstraße.

In der Zone II stellen die in den LAWA-Richtlinien (1998) nach Anlage 2 unter Ziffer 4.2 aufgeführten Handlungen, Einrichtungen und Vorgänge Gefährdungen für die Heilquelle dar und sollten in die Verordnung aufgenommen werden (hierbei handelt es sich um einen Auszug aus dem DVGW-Arbeitsblatt W 101).

11.1.1.3 Zone I (Fassungsbereich)

Vorschläge zu den Grenzen der Zonen I wurden in den Karten nicht eingezeichnet. Die betrachteten Quellen und Brunnen sind im Besitz der Stadt Wiesbaden und liegen auf eigenen Grundstücken mit Ausdehnungen von mehr als 20 m rund um die jeweilige Fassungsanlage. Die Quellen und Brunnen sind durch Bauwerke gesichert.

11.1.2 Quantitative Schutzzonen (Anlagen 1.2 und 1.3)

11.1.2.1 Zone B 4

In der Zone B 4 wird das großräumige Einzugsgebiet zusammengefasst. Die Grenze der quantitativen Zone B 4 wird im Norden und Nordwesten durch die Taunuskammüberschiebung begrenzt. Im Nordosten umfasst die Zone B 4 den Ausstrichsbereich des Metarhyoliths. Nach Osten bildet das Bachsystem Erbenheim, Igstadt, Kloppenheim und Auringen die Grenze des Schutzgebietes, das vermutlich tektonisch begründet ist und somit von der Lage mit dem Rheintalstörungssystem in Verbindung gebracht werden kann. Nach Süden verläuft die Grenze entlang des Rheins, der die regionale Wasserscheide darstellt.

Im Westen bildet das Walluftal die Grenze, das wahrscheinlich ebenfalls auf einen tektonischen Ursprung zurückgeht (orthogonales System zum Streichen des Schiefergebirges).

Die Zone B 4 soll den tiefen Untergrund mit seinen hydraulischen Eigenschaften schützen.

In der Zone B 4 ist Folgendes in der Regel nicht oder nur mit besonderen Schutzmaßnahmen tragbar:

- Bohrungen tiefer 200 m u. Gel.,
- Bergbau,
- Zutage leiten oder Zutage fördern von Grundwasser aus Tiefen von mehr als 200 m u. Gel.,
- Absenken der Grundwasserober- oder Grundwasserdruckfläche - auch vorübergehend - aus tieferen Grundwasserleitern (devonische Schiefer),
- Einleiten von flüssigen Stoffen in den Untergrund in Tiefen von mehr als 200 m u. Gel.,
- Sprengungen im Untergrund in Tiefen ab 100 m u. Gel.,
- Heizungs- und Kühlungsanlagen, die die Boden- und Grundwassertemperatur nutzen (Wärmepumpen) und die Temperaturverhältnisse in 200 m Tiefe messbar (+/- 1 °C) verändern.

11.1.2.2 Zone B 3

In der Zone B 3 wird das Gebiet südöstlich des Rambachtals zusammengefasst. Es wird hierbei davon ausgegangen, dass das Rambachtal tektonisch angelegt ist und in tektonischem Zusammenhang mit der Quellenlinie steht. Um die hydraulischen Eigenschaften des Untergrundes zu schützen, wird auf die natürliche Aufstiegshöhe der Thermal- und Mineralwässer Bezug genommen (rd. 120 m ü. NN). Bestehende Bohrungen südlich des Rambachtales und die dortige Morphologie erlauben daher in diesem Bereich nur Eingriffe bis 100 m u. Gel.

In der Zone B 3 ist Folgendes in der Regel nicht oder nur mit besonderen Schutzmaßnahmen tragbar:

- Bohrungen tiefer 100 m u. Gel.,
- Bergbau,
- Zutage leiten oder Zutage fördern von Grundwasser aus Tiefen von mehr als 100 m u. Gel.,
- Einleiten von flüssigen Stoffen in den Untergrund in Tiefen von mehr als 100 m u. Gel.,
- Sprengungen im Untergrund,

- Heizungs- und Kühlungsanlagen, die die Boden- und Grundwassertemperatur nutzen (Wärmepumpen) und die Temperaturverhältnisse in 100 m u. Gel. messbar (+/- 1 °C) verändern.

11.1.2.3 Zone B 2

In der Zone B 2 wird das Gebiet nordöstlich und westlich der Quellenlinie zusammengefasst. Hierbei soll der tiefe Untergrund mit seinen hydraulischen Eigenschaften geschützt werden. Von besonderer Bedeutung ist hierbei das Niveau von 120 m ü. NN, welches die natürliche Aufstiegshöhe der Thermal- und Mineralwässer wiederspiegelt.

Nach Nordosten schützt dieser Bereich die Verlängerung der Quellenlinie in den Anstieg des Taunus. Mit der Ausdehnung nach Nordwesten und Südosten werden möglichen Quer- und Längsstörungen im Nahbereich erfasst.

In der Zone B 2 ist Folgendes in der Regel nicht oder nur mit besonderen Schutzmaßnahmen tragbar:

- Bohrungen tiefer 120 m ü. NN,
- Bergbau,
- Zutage leiten oder Zutage fördern von Grundwasser aus Tiefen von mehr als 120 m ü. NN,
- Einleiten von flüssigen Stoffen in den Untergrund in Tiefen von mehr als 120 m ü. NN,
- Sprengungen im Untergrund,
- Heizungs- und Kühlungsanlagen, die die Boden- und Grundwassertemperatur nutzen (Wärmepumpen) und die Temperaturverhältnisse in 120 m ü. NN messbar (+/- 1 °C) verändern,
- Veränderungen des überlagernden Grundwasserstockwerks.

11.1.2.4 Zone B 1

In der Zone B 1 wird der direkte Bereich süd- und südostlich der Taunussüdrandverwerfung zusammengefasst. Hierbei soll der tiefe Untergrund mit seinen hydraulischen Eigenschaften geschützt werden. Von besonderer Bedeutung ist hierbei, dass keine Bohrung in den paläozoischen Sockel abgeteuft wird und dass keine anhaltende Absenkung des überlagernden Grundwasserstockwerks erfolgt, die zu dauerhaften Veränderungen in der Hydraulik der Heilquellen führen könnte.

In der Zone B 1 ist Folgendes in der Regel nicht oder nur mit besonderen Schutzmaßnahmen tragbar:

- Bohrungen über 50 m u. Gel. (Hinweis für Bohrungen bis 50 m u. Gel.: lokal kann artesisch gespanntes Grundwasser mit deutlich erhöhten Drücken und Schüttungen angetroffen werden; temporäre Wasserhaltungen sind hierbei gesondert zu betrachten),
- Bergbau,
- Zutage leiten oder Zutage fördern von Grundwasser aus Tiefen von mehr als 50 m u. Gel.,
- Einleiten von flüssigen Stoffen in den Untergrund,
- Sprengungen im Untergrund,
- Heizungs- und Kühlungsanlagen, die die Boden- und Grundwassertemperatur nutzen (Wärmepumpen) und die Temperaturverhältnisse in 50 m unter Gel. messbar (+/- 1 °C) verändern,
- Veränderungen des überlagernden Grundwasserstockwerks.

11.1.2.5 Zone A 3

In der Zone A 3 werden der südöstliche Abstrom und der nordwestliche Anstrom der Quellenlinie zusammengefasst. In dem südöstlichen Abstrom liegen die sogenannten „Sekundärquellen“. Um eine Veränderung in der Hydraulik der Heilquellen zu verhindern, darf eine Minderung der Süßwasserauflast nicht erfolgen. Die größeren Eingriffstiefen gegenüber A2 und A1 sind in der größeren Überdeckung begründet.

In der Zone A 3 ist Folgendes in der Regel nicht oder nur mit besonderen Schutzmaßnahmen tragbar:

- Bohrungen und Eingriffe über 5 m u. Gel.,
- Zutage leiten oder Zutage fördern von Grundwasser aus Tiefen von mehr als 5 m u. Gel.,
- Absenken der Grundwasserober - oder Grundwasserdruckfläche - auch vorübergehend,
- Einleiten von flüssigen Stoffen in den Untergrund,
- alle Angaben aus den Zonen B 1 - 4.

11.1.2.6 Zone A 2

In der Zone A 2 wird der Bereich im Thermalgebiet zusammengefasst, der geringe Flurabstände aufweist. Um eine Veränderung in der Hydraulik der Heilquellen zu verhindern, darf eine Minderung der Süßwasserauflast nicht erfolgen.

In der Zone A 2 ist Folgendes in der Regel nicht oder nur mit besonderen Schutzmaßnahmen tragbar:

- Bohrungen und Eingriffe über 2 m u. Gel.,
- Zutage leiten oder Zutage fördern von Grundwasser aus Tiefen von mehr als 2 m u. Gel.,
- alle Angaben aus den Zonen A3 und B 1 – 4.

11.1.2.7 Zone A 1

In der Zone A 1 wird der Bereich im Thermalgebiet zusammengefasst, der sehr geringe Flurabstände (in der Regel unter 1 – 2 m) aufweist. Um eine Veränderung in der Hydraulik der Heilquellen zu verhindern, darf eine Minderung der Süßwasserauflast nicht erfolgen.

In der Zone A 1 ist Folgendes in der Regel nicht oder nur mit besonderen Schutzmaßnahmen tragbar:

- Bohrungen und Eingriffe über 1 m u. Gel.,
- Zutage leiten oder Zutage fördern von Grundwasser aus Tiefen von mehr als 1 m u. Gel.,
- alle Angaben aus den Zonen A 2 – 3 und B 1 – 4.

12. Größe und Flächenanteile der Schutzzonen und Flächennutzung

12.1 Qualitative Schutzzonen

Die Schutzzonen II und III liegen komplett im Stadtgebiet (entspricht der Flächennutzung „Siedlung“) und weisen eine Größe von 0,12 km² (Zone II) und 0,37 km² (Zone III) auf (Anlage 1.1). Die gesamte Fläche für die qualitativen Schutzzonen beträgt 0,49 km².

12.2 Quantitative Schutzzonen

Die Flächenanteile und die Flächennutzung der quantitativen Schutzzonen sind in Tab. 12.1 und in Anlage 1.4 aufgeführt. Die gesamte Fläche für die quantitativen Schutzzonen beträgt 156,9 km².

Tab. 12.1 Flächenanteile für die quantitativen Schutzzonen.

Nutzung	**Zone**	**Fläche** [km²]
Siedlung	A1	0,13
Laubwald	A2	0,00
Siedlung	A2	0,17
Gewässer	A3	0,00
Laubwald	A3	0,00
Siedlung	A3	0,50
Grünland	B1	0,00
Siedlung	B1	0,92
Sonstiges	B1	0,00
Grünland	B2	0,24
Laubwald	B2	0,35
Siedlung	B2	2,61
Sonderkultur	B2	0,01
Sonstiges	B2	0,00
Gewässer	B3	0,01
Grünland	B3	0,01
Laubwald	B3	0,09
Siedlung	B3	1,02
Sonstiges	B3	0,00
Acker	B4	17,58
Gewässer	B4	0,21
Grünland	B4	21,39
Laubwald	B4	30,43
Mischwald	B4	35,88
Nadelwald	B4	5,54
Siedlung	B4	35,82
Sonderkultur	B4	3,12
Sonstiges	B4	0,48
Verkehr	B4	0,40

Im Aufrag

Bearbeiter/in

gez. Siebert

Dr. Bernd Leßmann Dr. Georg Mittelbach Sybille Siebert

13. Verwendete Literatur

ANDERLE, H.-J. (1998): 1.2 Taunus. In: Geologie und hydrothermale Mineralisationen im rechtsrheinischen Schiefergebirge. - Jb. Nass. Ver. Naturk., So.- Bd. 1, S. 26 – 33; Wiesbaden.

ANDERLE, H.-J. (2008): Südtaunus. In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland VIII. Devon. - Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, H 52, S. 118 – 130; Hannover.

ANDERLE, H.-J. (2012): Der alte Untergrund Wiesbadens. In: Streifzüge durch die Natur von Wiesbaden und Umgebung. - Jb. Nass. Ver. Naturk., So.- Bd. 2, 2. Aufl., S. 1 – 9; Wiesbaden.

CZYSZ, W. (1995): Die Wiesbadener heißen Quellen von der Eiszeit bis zur Gegenwart, Teil 1: Geologie - Archäologie - Geschichte. - Jb. Nass. Ver. Naturk., Bd. 116, S. 5 – 39; Wiesbaden.

CZYSZ, W. (1998): Die Wiesbadener heißen Quellen von der Eiszeit bis zur Gegenwart, Teil 2: Der Kochbrunnen im 19. Jahrhundert. - Jb. Nass. Ver. Naturk., Bd. 119, S. 5 – 38; Wiesbaden.

CZYSZ, W. (2000): Vom Römerbad zur Weltkurstadt. Geschichte der Wiesbadener heißen Quellen und Bäder. - Schriften des Stadtarchivs Wiesbaden, 7: 402 S.; Wiesbaden.

DEUTSCHER HEILBÄDERVERBAND E.V. (2005): Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen; Berlin.

DVGW (2006): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser. DVGW-Regelwerk, Technische Regeln, Arbeitsblatt W 101; Bonn.

HÖLTING, B. (1969): Zur Herkunft der Mineralwässer in Bad Kreuznach und in Bad Münster a. St. – Notizblatt hessisches Landesamt für Bodenforschung, 97, S. 367 – 378; Wiesbaden.

HÖLTING, B. (1985): Gedanken zur Geohydraulik von Mineralwässern in Hessen. – Geol. Jb. Hessen, 113: 145 – 150; Wiesbaden.

HÜTTER, L. A. (1992): Wasser und Wasseruntersuchungen. 5. Aufl., 516 S., Otto Salle Verlag; Frankfurt am Main.

HLUG-Gutachtenarchiv

Archiv-Nr. 5915/302:
MICHELS (1964): Über die Möglichkeit, durch Bohrungen im Kochbrunnengelände die Vorbedingungen zu schaffen, um den Kochbrunnen selbst zu sanieren und ihn gegen drohende Verunreinigungen besser zu schützen.

Archiv-Nr. 5915/443:
MICHELS (1963 – 1966): Betr.: Neubohrung Kochbrunnen Wiesbaden (kompl. Akte aus dem Nachlass von Prof. Dr. Michels) 1963 – 1966.

Archiv-Nr. 5915/442:
MICHELS (1953-1956): Betr.: Adler-Quelle, Wiesbaden (kompl. Akte aus dem Nachlass von Prof. Dr. Michels) 1953 – 1956.

Archiv-Nr. 5915/440:
MICHELS (1968): Nachtrag zu dem hydrogeol. Gutachten über die geol. Position der Thermal- und Mineralquellen Wiesbadens u. die sich daraus ergebenen Anforderungen an Quellenschutzgebiete.

Archiv Nr. 5915/526
TANGERMANN (1975): Gutachten zur hydrogeol. Situation im Bereich des Kochbrunnens u. der Schützenhof-Quelle, Wiesbaden, im Hinblick auf den Heilquellenschutz; hier: Abriss bestehender Gebäude und Neubebauung.

KIRNBAUER, T. (1997): Die Mineralisation der Wiesbadener Thermalquellen (Bl. 5915 Wiesbaden). - Jb. Nass. Ver. Naturk., 118: S. 5 – 90; Wiesbaden.

KLÜGEL, T. (1997): Geometrie und Kinematik einer Variszischen Plattengrenze: Der Südrand des Rhenoherzynikums im Taunus. – Geol. Abh. Hessen, 101: 215; Wiesbaden.

KOCH, C. (1880): Erläuterungen zur geologischen Specialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten. Blatt Wiesbaden, 71 S. Verlag der Simon Schropp'schen Hof Landkartenhandlung; Berlin.

KUßMAUL, H. & FRESENIUS, W. (1990): Isotopenuntersuchungen von Heil- und Mineralquellen im Bereich der Taunusrandverwerfung. - Heilbad & Kurort, Zeitschr. Bäderwesen, 42: S. 298 – 301; Gütersloh.

LAWA (1998): Richtlinien für Heilquellenschutzgebiete; Berlin.

LEPPLA, A & STEUER, A. (1923): Geologische Karte von Blatt Wiesbaden-Kastel; Wiesbaden.

MICHELS, F. (1961): Zur Geologie der Wiesbadener Mineralquellen. - Zeitschr. Deut. Geol. Ges., 113: 117; Hannover.

MICHELS, F. (1966): Die Wiesbadener Mineralquellen. - Jb. nass. Ver. Naturk., Bd. 98, S. 17 – 54; Wiesbaden.

MICHELS, F., Thews J. D. (1971): Thermalwasserbohrung Schützenhofquelle in Wiesbaden. - Jb. nass. Ver. Naturkunde, Bd. 101: S. 75 – 81; Wiesbaden.

MITTELBACH, G. (2008): Wiesbaden; in Käß, W. & Käß, H. (2008): Deutsches Bäderbuch, S. 1068 – 1072; Stuttgart.

MIN/TAFELWV (1984): Mineral- und Tafelwasser-Verordnung vom 1. August 1984 (BGBl. I S. 1036), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 1. Dezember 2006 (BGBl. I S. 2762) geändert worden ist.

NIELSEN, H. & RAMBOW, D. (1969): S-Isotopenuntersuchungen an Sulfaten hessischer Mineralwässer. - Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch., Nr. 97, S. 352 – 36; Wiesbaden.

STENGEL-RUTKOWSKI, W. (2008): Hydrogeologischer Führer zu den Kochsalz-Thermen von Wiesbaden. – Jb. nass. Ver. Naturk., 129: S. 103 – 116; Wiesbaden.

THEWS, J.-D. (1977): Die Mineralwasservorkommen im Rheingau/Hessen. – Geol. Jb. Hessen, 105: 185 – 210; Wiesbaden.

TOUSSAINT, B. (2013): Die Wiesbadener heißen Quellen – wo sind sie geblieben, woher kommen Salz und Wärme? – Jb. nass. Ver. Naturk., 134: S. 5 – 80; Wiesbaden.

TRINKWV (2001): Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. November 2011 (BgBl. I S. 2370), die durch Artikel 2 Absatz 19 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044) geändert worden ist.