

Salzquellen in Bad Salzhausen – Grundlagenermittlung Geologie/Hydrogeologie

THOMAS KIRNBAUER

„Eine Saline in so rein plutonischer Umgebung, auf und zwischen Basaltrücken, ist nun gewiss eine in ihrer Art seltene, vielleicht einzige Erscheinung.“ (CREDNER 1849: 40)

Inhaltsverzeichnis

1 Geologischer Rahmen	2
2 Hydrogeologischer Rahmen	10
3 Geologie von Bad Salzhausen	13
3.1 Rotliegendes	13
3.2 Prävulkanisches Tertiär	14
3.3 Vulkanite des Tertiärs	15
3.4 Intravulkanisches Tertiär	17
3.5 Bodenbildungen, Quartär	19
3.6 Tektonik	20
4 Mineralquellen von Bad Salzhausen	22
4.1 Natürliche Mineralwasseraustritte, Schacht- und Bohrbrunnen	22
4.2 Wasserchemie und -physik	26
4.3 Herkunft der Ionen des Mineralwassers	28
5 Auswertung der erarbeiteten Inhalte	34
5.1 Besonders beeindruckende Sachverhalte	34
5.2 Für Bevölkerung besonders wichtige Sachverhalte	34
5.3 Besonders gut vermittelbare Sachverhalte	34
5.4 Interdisziplinäre Ansätze	34
6 Schrifttum	36
7 Anhang	44
7.1 Georeferenzierte Karten	44
7.2 Tabellarische Aufstellung der Bohrungen	46
7.3 Tabellarische Aufstellung der Schachtbrunnen	57

1 Geologischer Rahmen

In naturräumlicher Hinsicht zählt Bad Salzhausen zum Westlichen Unteren Vogelsberg (SCHWENZER 1967), in geologischer Hinsicht zum südwestlichen Teil des Vogelsbergs, dem mit ca. 2.500 km² Fläche zusammenhängender vulkanischer Gesteine **zweitgrößten Vulkangebiet Mitteleuropas**, das mindestens 500 km³ vulkanische Förderprodukte umfaßt (EHRENBERG 1986). (EBHARDT et al. 2001 hingegen geben eine Fläche von 2.300 km² und NESBOR 2005 gibt 2.100 km² an.) Nur die Fläche des französischen Cantal ist größer. Der Vogelsberg selbst wiederum ist Teil eines großen Vulkangürtels in Mitteleuropa, der von Spanien über das französische Zentralmassiv (Massif Central) über Eifel, Siebengebirge, Westerwald, Vogelsberg, Rhön und den Egergraben (Tschechische Republik) bis nach Polen (Schlesien) reicht. Kleinere, dazugehörige Verbreitungsgebiete von Vulkaniten sind Kaiserstuhl, Hegau, Uracher Vulkangebiet, das nördliche Ende des Oberrheingrabens, Nordhessen (Großraum Kassel) sowie die Heldburger Gangschar. Mit nur ganz vereinzelt Ausnahmen hat sich der Vulkanismus während des Tertiärs und Quartärs, während der letzten 65 Millionen Jahre (Ma), dem Känozoikum, abgespielt. Deshalb wird der Gürtel heute auch als Zentraleuropäische Vulkanprovinz („Central European Volcanic Province“) oder Europäische Känozoische Vulkanprovinz („European Cenozoic Volcanic Province“) bezeichnet.

Erst kürzlich sind zwei, auch dem interessierten Laien verständliche Einführungen in die Geologie des Vogelsbergs erschienen (ROTHER 2005, REISCHMANN & SCHRAFT 2009). Weitere, wertvolle Übersichtsarbeiten sind EBHARDT et al. (2001), EHRENBERG et al. (1981) und EHRENBERG (1986).

Radiometrische Datierungen (BOGAARD et al. 2001, BOGAARD & WÖRNER 2003, EHRENBERG et al. 1981, EHRENBERG et al. in DIEDERICH & EHRENBERG 1975, FUHRMANN & LIPPOLT 1987, HARRE et al. in SCHRICKE 1975, HORN et al. 1972, KREUZER et al. 1973, KREUZER et al. 1974, LIPPOLT et al. 1974) legen eine vulkanische Tätigkeit im Vogelsberg für die Zeit zwischen 19 und 12 Ma nahe. Dies entspricht dem Zeitraum Unteres bis Mittleres Miozän. Die Datierungen decken sich im wesentlichen mit biostratigraphischen Datierungen von Sedimenten (STEGEMANN 1964a, 1964b, HOTTENROTT 1985), doch gibt es auch Belege für vormiozänen, nämlich aquitanen oder älteren Vulkanismus bei Nidda (EHRENBERG in EHRENBERG et al. 1981: 121). Moderne Datierungen von Mineralen und Gesteinsgrundmasse aus der Forschungsbohrung Vogelsberg 1996, in Verbindung mit Daten der magnetischen Polarität, zeigen, daß sich das Maximum der vulkanischen Aktivität wohl in einem sehr viel

kürzeren Zeitraum, nämlich vor ca. 15 bis 18 Ma, im Grenzbereich Unteres/Mittleres Miozän, abspielte (BOGAARD & WÖRNER 2003).

Es herrschte ein subtropisches bis tropisches Klima, vergleichbar mit dem heutigen Klima in Südostasien. Lavaflüsse und vulkanische Lockerprodukte bedeckten allmählich die damalige Landoberfläche, die von Flüssen, flachen Seen, zahlreichen Einzelvulkanen und einzelnen Maaren geprägt war. Der Untergrund des Vogelsbergs ist z. T. durch Bohrungen, z. T. aber auch durch aus der Tiefe mitgebrachte Gesteinseinschlüsse in den Vulkaniten (sog. Xenolithe) bekannt: Im Westen sind dies Gesteine aus der Zeit des Devons, vor allem im Osten solche aus der Zeit des Buntsandsteins/Trias. Lokal sind dies Sedimente aus der Zeit des Rotliegenden und des Zechsteins (beide Perm), aber auch aus jüngeren Serien, nämlich aus der Zeit des Muschelkalks und des Keupers sowie des Lias (Unterer Jura).

Wie auch die benachbarten Regionen war das Gebiet des späteren Vogelsbergs vor der Zeit des Vulkanismus durch bruchtektonische Vorgänge in einzelne Gesteinsschollen zerlegt worden, in Tiefschollen, Gräben und Hochschollen, sog. Horste. Im Norden und im Osten des Vogelsberges fanden solche Bewegungen bevorzugt an der Wende Jura/Kreide (142 Ma) statt, die sog. jungkimmerischen Bewegungen, und führten zur Bildung der sog. Hessischen Gräben (MÖBUS 2008). Einen sehr viel bedeutenderen Einfluß auf die Zerlegung des Untergrundes des Vogelsberges haben allerdings die Bewegungen gehabt, die zur Bildung des Oberrheingrabens und seiner nordöstlichen Fortsetzung, der Niederhessischen Tertiärsenke, geführt haben. Zwischen den beiden Senkungsgebieten liegt der Vogelsberg. Durch die Füllung der bei den tektonischen Vorgängen entstandenen, morphologischen Senken mit Sedimenten lassen sich diese Bewegungen zumindest teilweise datieren. Sie setzen mit dem Beginn des Alttertiärs vor 65 Ma an und setzen sich bis heute fort, da zumindest ein Teil der Bewegungen durch einen plattentektonischen Motor seither in Gang gehalten wird: Die nach Norden driftende afrikanische Platte kollidiert mit der sehr viel größeren eurasischen Platte, wobei die im wesentlichen horizontal gerichtete Energie zum großen Teil in einer „Knautschzone“, den Alpen, geschluckt wird, ein kleinerer Teil der Energie aber ins Vorland abgegeben wird und dort zum Zerbrechen der obersten Kruste führt. Beispiele für prävulkanische Tief- bzw. Hochschollen sind das Butzbacher Becken und der Münzenberger Horst (KIRNBAUER 2007). Wurden Vogelsbergvulkanite auf Tiefschollen abgelagert, liegen die tertiären Sedimente unter den Vulkaniten. Der in der Nähe von Bad Salzhausen gelegene Horloff-Graben hingegen ist postvulkanisch und weist eine pliozäne Füllung auf; die Sedimente liegen hier auf den Vulkaniten. Die das Schollenmosaik trennenden Störungen und Störungszonen spielen als vertikale Verbindungszonen zwischen tiefen Aquiferen und

hochgelegenen oder der Erdoberfläche eine bedeutende Rolle beim Aufstieg von Mineral- und Thermalwässern.

EHRENBERG & HICKETHIER (1985) werteten die vorhandenen geologischen Spezialkarten sowie Bohrungen aus und bestimmten die heutige Höhenlage der Unterkante der jeweils ältesten Vulkanite („Basaltbasis“) im Vogelsberg. Zentrales Element ihrer Karte ist eine von SW nach NE streichende Tiefscholle im Zentrum des Vogelsbergs, die sog. Hungen-Schotten-Tiefscholle: Hier liegt die Basis der Vulkanite unter 0 m über NN, und hier ist die Mächtigkeit der Vulkanite am größten. Eine innerhalb der Tiefscholle, in der Nähe des Taufsteins 1996 abgeteufte, 656,5 m tiefe Forschungsbohrung erreichte den prävulkanischen Untergrund nicht, sondern blieb in vulkanischen Serien stecken (KÖTT et al. 2001). Die beachtliche Höhe des Vogelsbergs mit max. 773,0 m über NN am Taufstein ist also Folge der enormen Mächtigkeit von über 700 m Vulkaniten. Nach NW und SE steigt die Vulkanitbasis staffelförmig an. Nördlich, östlich und südlich des Vogelsbergs liegt die Basis der Vulkanite teilweise über 350 m über NN an, im SE sogar bei 450–550 m über NN. Leider ist die Karte von EHRENBERG & HICKETHIER (1985) nur schematisch und nicht an die Tektonik der Umgebung des Vogelsbergs angepaßt. In einem kleinen Teilgebiet (bei Laubach) konnte DREHER (1996) durch Messungen des erdmagnetischen Totalfeldes die Hungen-Schotten-Tiefscholle bestätigen, aber auch zeigen, daß diese wiederum in Teilschollen zerbrochen ist und die von EHRENBERG & HICKETHIER (1985) gegebene Darstellung nur schematisch ist.

Innerhalb der Hungen-Schotten-Tiefscholle konstruieren EHRENBERG & HICKETHIER (1985) – zwischen Nidda und Hungen – einen etwa 5 km langen Horst mit N-S-Erstreckung. An dessen Südende liegt Bad Salzhausen, nach Norden erstreckt er sich etwa bis nach Rabertshausen. Innerhalb des Horsts liegt die Basis der Vulkanite nicht – wie in der Hungen-Schotten-Tiefscholle – bei <0 m über NN, sondern bei 150–200 m über NN. In Bad Salzhausen sowie seiner unmittelbaren Umgebung liegt die Vulkanitbasis sogar so hoch, daß prävulkanische Gesteine an der Erdoberfläche austreichen. Dies ist nur in ganz wenigen Gebieten innerhalb des Vogelsbergs so.

Über 15 Ma Verwitterung haben die ursprünglich vorhandenen Vulkanite flächenhaft abgetragen, so daß die heute sichtbare Verbreitung der Vulkanite kleiner ist als deren ursprüngliche Ausdehnung. Zeugen der Abtragung sind isolierte Basaltvorkommen, die früher mit dem Vogelsberg zusammenhingen und somit Teil des Vogelsbergs waren, z. B. im Großraum Frankfurt („Maintrapp“ – hier lassen sich vom Vogelsberg kommende Lavaflüsse

bis südlich vom Main nachweisen), das „Alsberger Basaltplateau“ im Vorspessart oder im Landrücken.

Die basaltischen Gesteine haben eine große petrographisch-geochemische Variationsbreite; ihre Gliederung erfolgt nach dem Chemismus. Erst kürzlich haben REISCHMANN & SCHRAFT (2009: 13-18) eine auch dem interessierten Laienpublikum verständliche Einführung in die Vulkanite des Vogelsbergs vorgelegt, auf die hier verwiesen werden kann. Die vorherrschenden Vulkanite im Vogelsberg sind Alkalibasalte und Tholeiite, die in mächtigen Lavaströmen auftreten. WITTENBECHER (1992), JUNG & MASBERG (1998) und BOGAARD & WÖRNER (2003) haben diese Gesteine geochemisch und isotopengeochemisch untersucht; beide Gesteinsgruppen entstammen der Teilaufschmelzung von Gesteinen des obersten Erdmantels und somit einer Tiefe zwischen ca. 30 und 100 km. Beim Aufstieg der alkalibasaltischen Schmelzen wurden Gesteinsbruchstücke aus dem Oberen Erdmantel, bestehend aus Peridotit, die sog. Mantelxenolithe, mitgerissen. Da die oft noch eckigen Mantelgesteinsbruchstücke eine deutlich höhere Dichte als die Schmelzen aufweisen, müssen die Schmelzen sehr rasch, nämlich im Bereich von Stunden bis wenigen Tagen, aufgestiegen sein, denn ansonsten hätten sie sich, der Gravitation folgend, nach unten abgesetzt (EBHARDT et al. 2001). Überwiegend tholeiitische Basalte großflächiger Verbreitung wurden früher als „Trapp“ bezeichnet. Seltener sind die Basanite, die mit max. 45 % SiO₂ primitivsten Magmen des Vogelsbergs, die häufig Peridotiteinschlüsse enthalten. Andere Schmelzen aus dem Erdmantel sind beim Aufsteigen in der Erdkruste in sog. Magmakammern aufgehalten worden, wo sie, durch unterschiedliche Mechanismen, ihren Chemismus verändert haben, bevor sie weiter aufstiegen. Für den Verweilzeitraum in den Magmakammern nimmt man Zeiträume von zehntausenden bis hunderttausenden von Jahren an. Die durch gravitative Kristallfraktionierung („fraktionierte Kristallisation“), die Aufnahme (Assimilation) von Nebengesteinen und vermutlich auch durch Mischungen mit anderen Magmen chemisch veränderten („differenzierten“) Schmelzen (EHRENBERG et al. 1981, EBHARDT et al. 2001) stiegen dann z. B. als Trachyt weiter auf. Solche differenzierten, SiO₂-reicheren Schmelzen treten in den heute aufgeschlossenen Teilen des Vogelsbergs nur untergeordnet auf, scheinen in den älteren, tieferliegenden Partien jedoch häufiger zu sein (NESBOR 2005, NESBOR & WONIK 2004). Die im Vogelsberg bekannte Vulkanitsuite mit ihren alkalibasaltischen und tholeiitischen Laven in unregelmäßiger Wechselfolge mit Trachyten und Pyroklastiten ist typisch für kontinentalen Riftvulkanismus. Bezogen auf den Chemismus, läßt sich im Vogelsberg sich eine grobe zeitliche Abfolge der einzelnen Vulkanite feststellen (BOGAARD & WÖRNER 2003, REISCHMANN & SCHRAFT 2009): Während der ältesten Phase I wiesen die

Schmelzen eine große Spannbreite auf, die vom Basanit über Alkalibasalte bis hin zu weit differenzierten Gesteinen wie Trachyten reicht. In der mittleren Phase II überwiegen Tholeiite und Alkalibasalte, während in der jüngsten Phase III Basanite auftreten, die von primitiven Alkalibasalten begleitet werden.

Vor allem die Auswertung der Bohrungen zeigt, daß während des gesamten Zeitraums der vulkanischen Tätigkeit alkalibasaltische und tholeiitische Laven in unregelmäßiger Wechsellagerung mit alkalibasaltischen und trachytischen Pyroklastiten gefördert wurden, wodurch sich ein größtenteils schichtig aufgebautes, vulkanisches Gebirge ergab (EHRENBERG et al. 1981). So kennt man vor allem Lavaströme mit Pahoehoe- und Aa-Laven, also Anzeichen eines eher „ruhigen“ und nur in der unmittelbaren Nachbarschaft eines Vulkans gefährlichen Vulkanismus, doch gibt es auch pyroklastische Gesteine, die auf explosive Eruptionen zurückgehen, von Ober-Widdersheim auch akkretionäre Lapilli und Anzeichen für eine Eruption, die einen tertiären Wald zerstörte (EBHARDT et al. 2001). Daneben kam es zu Intrusionen alkalibasaltischer und trachytischer, selten tholeiitischer Schmelzen. Intrusionen sind bekannt aus den paläozoischen und triassischen Schichten in den Untergrund des Vogelsbergs und seine Deckschichten, aus den tertiären Lockersedimenten (früher auch als „Subeffusion“ bezeichnet) sowie in Pyroklastiten und Laven (EHRENBERG 1986). Der Vogelsberg ist also nicht, wie seine schildartige Form und die radialstrahlig vom Oberwald verlaufenden Täler vermuten lassen, ein einzelner großer Vulkan, sondern eine komplex aufgebaute, vulkanische Region mit zahlreichen Eruptionsstellen, von denen einige, wie der Basaltschlot von Münzenberg oder vom Friedberger Burgberg, sogar in den Randbereichen liegen. Von einigen Stellen im Vogelsberg sind aus dieser Zeit auch Seesedimente bekannt, die Braunkohlen enthalten, die durch ihre Fossilführung einerseits wichtige stratigraphische Zeitmarken geliefert haben, andererseits im 19. und 20. Jahrhundert auch einen lokal bedeutenden Braunkohlenbergbau ermöglicht haben.

Während, aber auch nach der Zeit des Vulkanismus, wurden unter dem Einfluß des subtropischen bis tropischen Klimas die vulkanischen Gesteine tiefgründig, z. T. bis über 50 m tief, verwittert (SCHWARZ 1988). Dabei entstanden lateritische Böden, wie sie auch heute noch für diese Klimazonen typisch sind. Vor allem während des Klimaoptimums vom Unteren bis zum Mittleren Miozän, das bei 14,0–13,5 Ma endete (BÖHME 2003), entstanden mächtige Bodenbildungen, die im oberen Teil aus lateritischen Roterden mit eingelagerten Knollen von Bauxit bestehen (ein aus Al-reichen Mineralen bestehendes Gestein) und die nach unten in einen grau gefärbten Saprolith (eine durch die Tonminerale Kaolinit und Smektit charakterisierter Zersatzzone) übergehen (SCHWARZ 1997). Die

Verwitterungsprozesse führten zur An- bzw. Abreicherung einer Reihe von Elementen; SCHWARZ (1997: Fig. 7) zeigt beispielsweise die kontinuierliche Zunahme des Al_2O_3 -Gehalts beim Übergang von Basalt über Saprolith zum Bauxit. Nach wie vor aufgeschlossen ist ein solches Verwitterungsprofil im Tagebau „Eiserne Hose“ bei Lich (CABRAL 1973), wo zumindest die unteren Teile des Profils eine Umwandlung an Ort und Stelle (in situ) anzeigen (ALTEMÜLLER & POETSCH 1993). Die Anreicherung von Aluminium und Eisen ermöglichte jahrhundertelangen Abbau von Eisenerzen (sog. Basalteisensteine) und die jahrzehntelange Gewinnung von Aluminerzen im Vogelsberg.



Abb. 1. Die Lage von Bad Salzhausen am Südwestrand des Vogelsbergs, zwischen Oberrheingraben und Niederhessischer Senke (Ausschnitt aus CLOOS 1955).

Die Frage, weshalb es überhaupt zum Vulkanismus im Vogelsberg kam, wird von Geowissenschaftlern nach wie vor kontrovers debattiert. So steckt der Vogelsberg nicht nur wie ein „Nagel im nördlichen Ende des Oberrheingrabens“ (ROTHER 2005), sondern repräsentiert auch das Verbindungsstück zur nordöstlichen Fortsetzung, der Niederhessischen Senke (Abb. 1), was einen Zusammenhang mit der Grabenbildung und damit Dehnung der

Erdkruste nahegelegt. Auf der anderen Seite liegen alle einleitend erwähnten Vulkangebiete der Europäischen Känozoischen Vulkanprovinz an der nördlichen Seite einer großräumigen Geschwindigkeitsanomalie an der Basis des Oberen Erdmantel in 500–600 km Tiefe, die kühleres Material anzeigt (Abb. 2). Die Anomalie wird als in den Erdmantel geschobenes (subduziertes) Lithosphärenmaterial angesehen, und ist damit eine Folge der Kollision der afrikanischen Platte mit der eurasischen Platte (WILSON & DOWNES 2006).

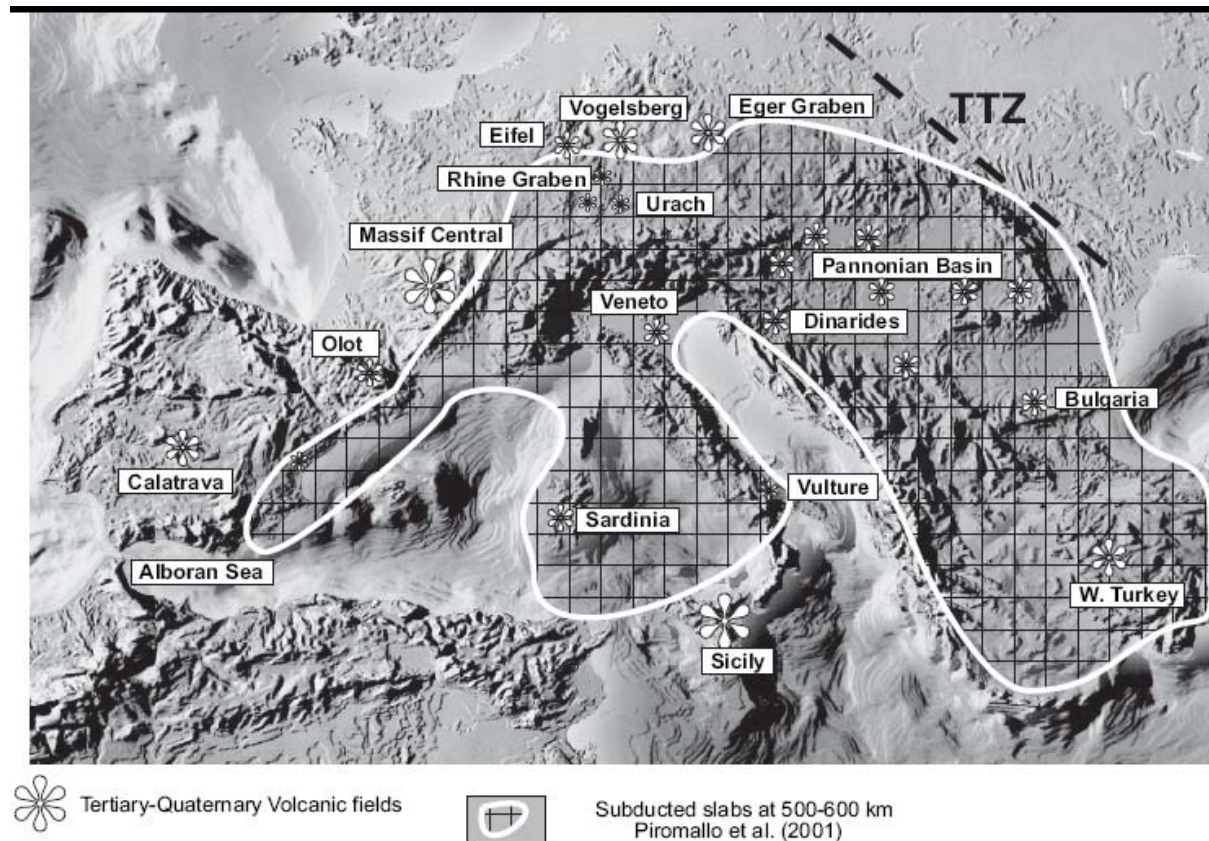


Abb. 2. Känozoische Vulkanite in Europa, an der nördlichen Seite einer großräumigen Geschwindigkeitsanomalie an der Basis des Oberen Erdmantel in 500–600 km Tiefe, die kühleres Material anzeigt (WILSON & DOWNES 2005: Abb. 1). Die Anomalie wird als in den Erdmantel geschobenes (subduziertes) Lithosphärenmaterial angesehen, und ist damit eine Folge der Kollision der afrikanischen Platte mit der eurasischen Platte.

Unter dem Zentralmassiv und unter Eifel/Westerwald konnten in den letzten Jahren geophysikalisch (mit der Methode der seismischen Tomographie) kleinere Manteldiapire im Oberen Erdmantel nachgewiesen werden, die eine Mindesttiefe von 400 km haben. Der unter dem Rheinischen Schiefergebirge befindliche Manteldiapir (RITTER et al. 2001) besitzt unter dem Vogelsberg einen fingerartig nach oben aufragenden Bereich verringerter Laufzeiten von Erdbebenwellen (Abb. 3). Dies läßt die Interpretation zu, daß sich im Miozän der obere Teil

des „Magmafingers“ gelöst und den Vulkanismus des Vogelsbergs bewirkt hat. Andere Autoren (z. B. HOERNLE et al. 1995) sehen als Ursache der zentraleuropäischen Vulkanprovinz eine großräumige, uhrglasförmige Aufwölbung des Oberen Erdmantels unter Europa an, die zur Ausdünnung der Lithosphäre und damit zum intrakontinentalen Rifting führt. Die Entstehung von Schmelzen wäre dann eine Folge der Druckentlastung durch das Anheben des Erdmantels. WEDEPOHL et al. (1994) bringen die Aufwölbung in Zusammenhang mit der alpinen Orogenese.

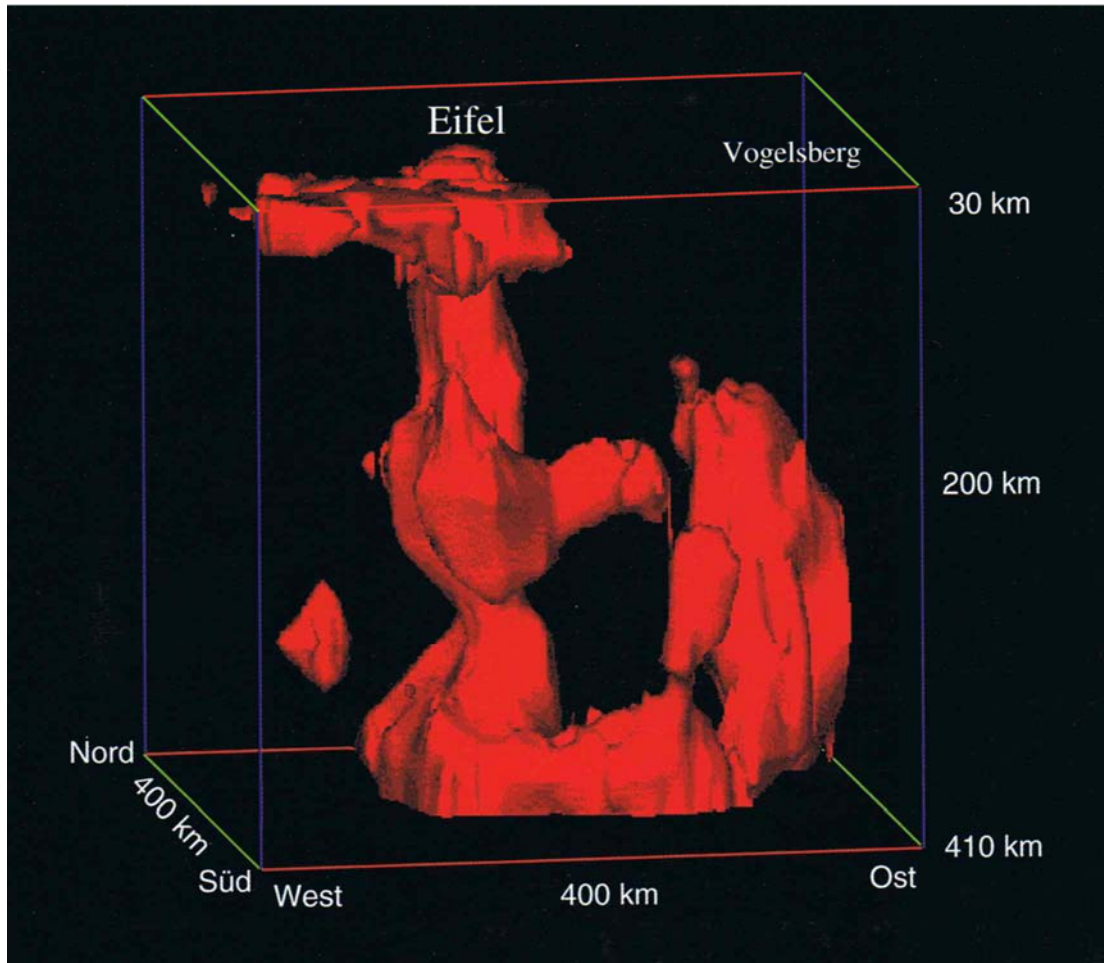


Abb. 3. Manteldiapir unter der Eifel und dem Vogelsberg (RITTER in GEO ZENTRUM VULKANEIFEL & LANDKREIS DAUN 2002: 187).

2 Hydrogeologischer Rahmen

Der Vogelsberg ist eines der wasserwirtschaftlich bedeutsamsten Gebiete in Hessen. Er ist ein äußerst ergiebiges Fördergebiet von Grundwasser, so stammt ca. ein Drittel des Trinkwassers von Frankfurt a.M. aus dem Vogelsberg, aber auch ein bedeutsames Reservegebiet für Grundwasser. Aufgrund dieser hohen Bedeutung wurde die Hydrogeologie des Vogelsbergs in einem mehrjährigen Projekt modern untersucht – die Ergebnisse liegen als gedruckte Veröffentlichung mit Daten-CD vor (LEBMANN et al. 2001 mit weiterführender Literatur). Eine populäre Darstellung der Ergebnisse findet sich in LEBMANN et al. (2000).

Niederschlagswasser kann – in Abhängigkeit von der Klimazone – entweder verdunsten, oberirdisch abfließen (und dann über ein Gewässernetz Richtung Ozean weiterfließen) oder aber in den Boden versickern (wo es **Sickerwasser** genannt wird). Gelangt es in tiefer liegende Gesteine, wo es im Porenraum stehen oder zirkulieren kann (sog. Grundwasserleiter oder Aquifere, im Folgenden: GW-Leiter), wird es **Grundwasser** genannt. Es gibt aber auch Gesteine, die so wenig Poren aufweisen, daß sie kein oder nur sehr wenig Grundwasser aufnehmen können. Diese werden Grundwassernichtleiter (im Folgenden: GW-Nichtleiter) genannt. Liegen GW-Leiter und GW-Nichtleiter in Wechselfolgen übereinander, kommt es zur Ausbildung von mehreren, übereinander liegenden Grundwasserstockwerken, die jeweils durch einen GW-Nichtleiter voneinander getrennt werden. Sie werden auch schwebende Grundwasserstockwerke genannt. Erst in der Tiefe kommt es zur Ausbildung einer durchgehenden Grundwassersättigung. Tritt ein GW, etwa im Bereich einer Quelle, wieder aus, kann es dort wieder verdunsten oder oberirdisch abfließen, womit der **Wasserkreislauf** geschlossen ist.

Im Vogelsberg wurden 1994–1997 insgesamt 2.555 Grundwasseraustritte kartiert, ca. 34 % davon Einzelquellen, ca. 9 % Quellgruppen, ca. 42 % Naßstellen und ca. 15 % Dränungen. Die meisten Austritte sind sog. Schichtquellen, bei denen das Wasser am Hanganschnitt der Grenze eines GW-Leiters zu einem GW-Nichtleiter austritt. Eine weitere große Gruppe stellen Hangschuttquellen dar.

Nach der Verteilung der Quellen und der Auswertung der Abflußspenden und -abgaben gliedern LEBMANN et al. (2001) den Vogelsberg hydrogeologisch in drei Zonen (Abb. 4):

- Oberwaldzone
- Zone der Schwebenden Grundwasserstockwerke
- Zone der Durchgehenden Grundwassersättigung

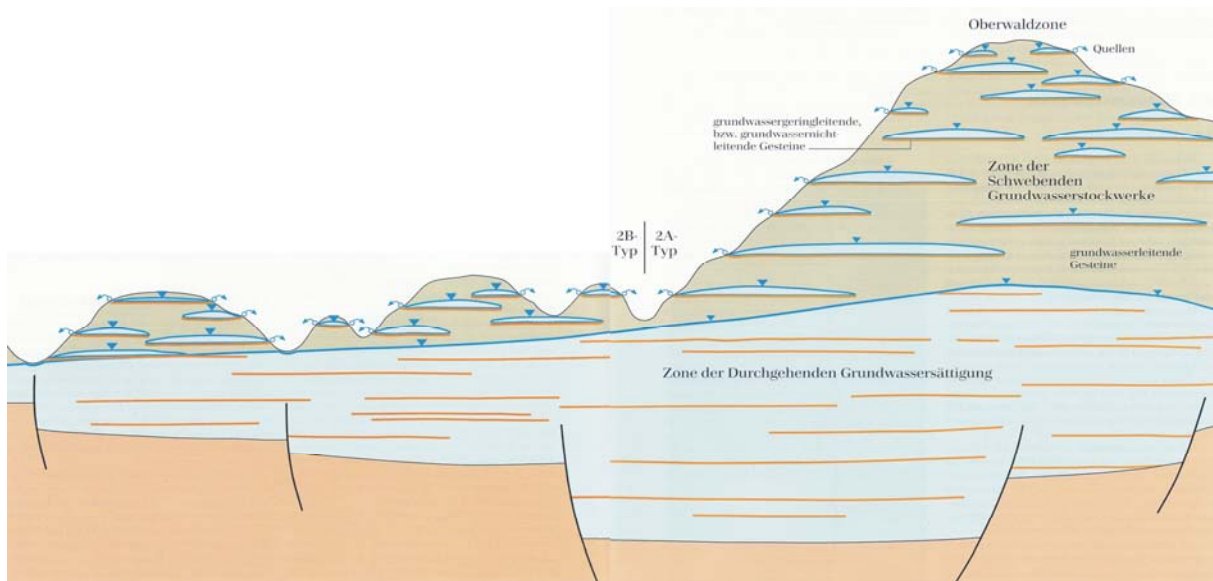


Abb. 4. Schematischer hydrogeologischer Schnitt durch den Vogelsberg (LEBMANN et al. 2000: 8–9)

Die Oberwaldzone ist charakterisiert durch die obersten schwebenden GW-Stockwerke. Durch die hohen Niederschläge einerseits und einen schlechten Abfluß des GW nach unten (bedingt durch Vulkaniklastika, verwitterte/vertonte Basallagen oder sehr dichte, hydraulisch wenig leitende Basalte), aber auch das hohe Speichervermögen der Böden im Oberwald, kommt es zu zahlreichen GW-Austritten, die dem Ausstreichen der GW-Nichtleiter folgen.

Die Zone der Schwebenden Grundwasserstockwerke erhält ihr Wasser aus Grundwasser der Oberwaldzone (2A-Typ in Abb. 4), doch gibt es auch eigene Wassereinzugsgebiete, d. h. Gebiete, in denen aus Niederschlagswasser Grundwasser wird (2B-Typ in Abb. 4).

Die Zone der Durchgehenden Grundwassersättigung ist die unterste hydrogeologische Zone des Vogelsbergs, in der sich üblicherweise sehr starke GW-Austritte, oft mit Schüttungen von $> 20 \text{ l/s}$

Der Chemismus eines Grundwassers ist von der Beschaffenheit der Böden und Gesteine, in denen das Wasser verweilt, und den dabei stattfindenden chemischen Wechselwirkungen bzw. Ionenaustauschvorgänge (BACKWINKEL 1984) abhängig.

49 Grund- und Quellwässer wurden von LEBMANN et al. (2001) geochemisch untersucht und einzelnen Typen zugeordnet.

Der häufigste meteorische Grundwassertyp im Vogelsberg ist ein **Erdalkali-Hydrogencarbonat-Wasser**. Bevorzugte Kationen sind $\text{Ca} > \text{Mg}$ ($\text{Na} > \text{K}$ sind untergeordnet), wichtigstes Anion ist das Hydrogencarbonat (Chlorid und Sulfat sind meist

niedrig bis sehr niedrig). Diese Wässer verweilen wenige Jahre bis Jahrhunderte in ihrem Aquifer.

Tiefere Grundwässer sind Alkali-Hydrogencarbonat-Wässer, die mehrere Jahrtausende alt sind. Sie entstehen durch chemische Wechselwirkung mit den Vulkaniten, vor allem den darin enthaltenen Zeolithen. Bevorzugtes Kation ist hier Na (Ca > Mg > K sind untergeordnet). Typisch sind hohe bis sehr hohe pH-Werte bis zu 10.

Vor allem im SW des Vogelsbergs treten an verschiedenen Stellen NaCl-Mineralwässer aus. Als Mineralwässer werden Wässer verstanden, die einen geogenen Gehalt an gelösten festen Bestandteilen von ≥ 1.000 mg/kg enthalten. Eine dieser Stellen ist Bad Salzhausen.

3 Geologie von Bad Salzhausen

Eine erste Kartierung (im Maßstab 1:50.000) hat TASCHE (1849a) vorgelegt, die nahezu vollständig von DIEFFENBACH (1856) in Section II (Giessen) der Geologischen Special-Karte des mittelhessischen geologischen Vereins übernommen worden ist. Im Maßstab 1:25.000 wurde Salzhausen und Umgebung dann im Rahmen der Kartierung des hessischen Blattes Hungen von SCHOTTLER kartiert (Abschluß der Kartierarbeiten 1919) und zwei Jahre später gemeinsam mit dem Erläuterungsheft veröffentlicht (SCHOTTLER 1921 a, b).

Für die vorliegende Ausarbeitung erfolgte eine geologische und tektonische Neuinterpretation. Die vorhandenen und z. T. neu interpretierten Bohrdaten sind im Anhang zusammengestellt. Eine geologisch-tektonische Skizze der Neuinterpretation zeigt Abb. 5.

Am Aufbau des Untergrundes von Bad Salzhausen sind folgende Gesteine beteiligt.

3.1 Rotliegendes

Überwiegend feinklastische Sedimente des Rotliegenden (Ton-, Schluff- und Sandsteine) wurden lediglich in den Tiefbohrungen 5519/2351 (2. Lepsius-Tiefbohrung) und 5519/727 (Thermalsolebohrung Bad Salzhausen 1975/1976) in einer Mindestmächtigkeit von 400 m angetroffen. Sie zählen zur Bleichenbach-Formation (KOWALCZYK 1983: 42, mdl. Mitt.). Ob „zahlreiche Einschlüsse von Sandstein“ in den Basalten der Alteburg N Nidda (Bl. 5520) dem Rotliegenden oder aber dem Buntsandstein (CREDNER 1849: 41, TASCHE (1849a: 35) zugehörig sind, muß offen bleiben.

Die nächstgelegenen Rotliegend-Vorkommen treten knapp 5 km nördlich von Bad Salzhausen bei Rabertshausen auf (DIEFFENBACH 1856, SCHOTTLER 1921a: 12-13).

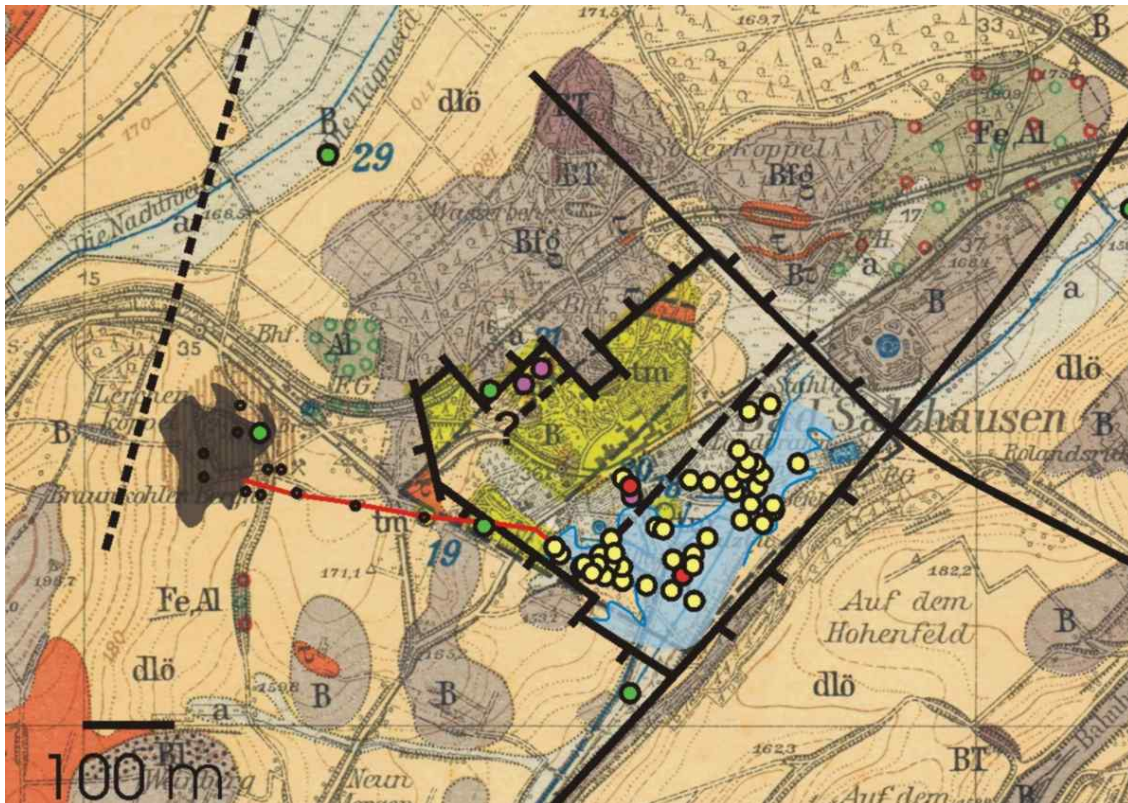


Abb. 5. Geologisch-tektonische Neuinterpretation der Geologie von Bad Salzhausen, auf der Grundlage der Karte von SCHOTTLER (1921b).

Gelb: Prävulkanisches Tertiär. Violett und rotbraun: Vulkanite. Dunkelbraun: Braunkohle (intravulkanische Sedimente). Hellblau: Mineralwasser in 20 m Tiefe nach FLATHE & HOMILIUS (1972). Kreise: Bohrungen. Quadrate: Schachtbrunnen.

- | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| ● | Brg., ET im Rotliegenden | ● | Brg., ET im Trachyt |
| ● | Brg., ET in basalt. Vulkaniten | ● | Brg., ET im prävulkan. Tertiär |

3.2 Prävulkanisches Tertiär

Über den Rotliegend-Sedimenten und unter den vulkanischen Serien treten bei Bad Salzhausen klastische Sedimente des Oligozäns und Miozäns auf. Am vollständigsten wurden die Sedimente in der Bohrung 5519/727 (Thermalsolebohrung Bad Salzhausen 1975/1976) angetroffen. Unter 42 m zersetzten Vulkaniten wurden 579 m (Schichtenverzeichnis Wiegand) bzw. 538 m (nach Gamma-Ray-Log, EHRENBERG & HICKETHIER 1985: 102) bzw. 529 m (HOTTENROTT 1985: 75) tertiäre Sedimente erbohrt. In den tertiären Sedimenten wurden insgesamt sechs Braunkohlenhorizonte durchbohrt, die HOTTENROTT (1985) pollenstratigraphisch datieren konnte:

- „Hydrobienbild“: bei ca. 180 m
- „Oberes Cyrenenbild“: bei ca. 230 m und 352-354 m
- „Unteres Cyrenenbild“: bei 392-400 m, 533-535 m und 542-548 m

Unteres und Oberes „Cyrenenbild“ („Cyrenenmergel“) gehören in die Rupel-Stufe (Oligozän), das „Hydrobienbild“ (heute: Wiesbaden-Formation) umfaßt Teile des Aquitans und des Burdigals (Miozän) (STD 2002).

Braunkohlen in den prävulkanischen, tertiären Sedimenten waren bereits 1856-1858 im von TASCHE angesetzten Bohrloch Salzhausen (Brg. 5519/2348) und 1906-1908 in der zweiten Lepsius-Tiefbohrung (Brg. 5519/2350) angetroffen worden.

Sowohl die „Hydrobienschichten“ als auch der „Cyrenenmergel“ treten in der Thermalsolebohrung in ungewöhnlich hohen Mächtigkeiten auf. So besitzen die „Cyrenenmergel“ bei Bad Salzhausen eine mindestens dreimal so hohe Mächtigkeit wie die „Cyrenenmergel“ bei Lich (HOTTENROTT 1985: 79). Die Sedimentakkumulation belegt für die Region von Bad Salzhausen eine verstärkte Absenkung (Subsidenz) für die Zeit zwischen Unterem Oligozän und Unterem Miozän.

Das prävulkanische Tertiär war früher in mehreren Sandgruben aufgeschlossen. In der „Sandkaute hinter den Curanlagen“ konnte TASCHE (1847: 16) „deutlich“ erkennen, daß Basalt „über dem Sand“ lag. Die tertiären Sedimente wurden „durch Tagebau und zwar auf regelmässige Weise durch Bergleute gewonnen, die im Gedinge bezahlt“ wurden. Die Sande wurden als Baumaterial, als Wegematerial (Gartenwege) sowie als Streu- und Reibsand genutzt (TASCHE 1854: 97-98), während sandige Tonlagen von Töpfern der Umgegend als „Töpfererde“ gesucht waren (TASCHE 1854: 98) und zumindest im 18. Jahrhundert als Mörtel „zum Bewurf der Gebäude gebraucht“ wurden (KLIPSTEIN 1784: 41). Eine „Sandkaute“ und eine „Lehmgrube“ sind im „Plan des Kurgartens zu Salzhausen“ eingezeichnet (BINDERNAGEL um 1830).

Sedimente des prävulkanischen Tertiärs wurden in zahlreichen, flachen Bohrungen im Bereich des Kurparks angetroffen; einige der flach gefaßten Brunnen nutzen das in diesen Sedimenten zirkulierende Mineralwasser, so die Nibelungen-Quelle und die Roland-Krug-Quelle. Wegen ihrer Wasserführung waren die sandigen Sedimente als instabiler „Schwimmsand“ gefürchtet (z. B. KLIPSTEIN 1784: 41).

3.3 Vulkanite des Tertiärs

Vorwiegend basaltische, effusive Vulkanite und Vulkaniklastite prägen die Geologie der unmittelbaren Umgebung von Bad Salzhausen. Solche Gesteine sind z. B. an den Söderköppeln aufgeschlossen. Die Lage der Vulkanite über den prävulkanischen Sedimenten konnte erstmals mit dem Bohrloch im Lichtschacht 3 des Stollens des Braunkohlenbergwerks

(Bohrung 1821/22 und 1839/41) belegt werden: Dort folgen unter 95 m „basaltischer Tuffe“ 60 m tertiäre Tone und Sande. Auch in der Thermalsolebohrung Bad Salzhausen 1975-1976 (Brg. 5519/727) wurden bis 42 m Teufe „intensiv zersetzte Vulkanite“ angetroffen.

Ein früher als „Phonolith“ angesprochener Trachyt ist in vier Bohrungen angetroffen worden:

- Trinkwasser-Bohrung von 1899 am Schäfersteich im Kurpark (= „Vorbohrung“ am Schäfersteich 1900, LEPSIUS 1902: 3), durch einen Schacht weiter erkundet
- Versuchs-Bohrloch 2 von 1900, ca. 50 m SW des Schachts am Schäfersteich (= „Vorbohrung“, 50 m vom Schäfersteich entfernt, LEPSIUS 1902: 4)
- Erste Lepsius-Tiefbohrung von 1900-1901 = Tiefbohrung I (Brg. 5519/2351)
- Zweite Lepsius-Tiefbohrung von 1906-1908 (Brg. 5519/2350)

Das vollständigste Profil wurde in der zweiten Lepsius-Tiefbohrung angetroffen. Auf den Sandsteinen und Tonen des Rotliegenden folgen 5 m pyroklastische Vulkanite („Tuff“) vermutlich phonolithischer Zusammensetzung (SCHOTTLER 1931: 23-24). Die wahre Natur der darüber folgenden 32 m ist unsicher. SCHOTTLER (1921a: 99) beschreibt von hier einen braunen, durch Eisenoxide und -hydroxide schwach verkitteten Sand „mit kleinen weissen Kalkbröckchen“ und setzt hinzu: „Tuffit“. SCHOTTLER (1931: 23) ergänzt, man müsse sich einen „Sand mit Kalkeinlagerungen vorstellen“, in den „ein Tuffband“ eingelagert sei. Über dieser wohl vulkanisch beeinflussten, sedimentären Abfolge wurde der Trachyt in einer Mächtigkeit von 446,2 m erbohrt. Auf dem Trachyt folgen 123,6 m tertiäre Sedimente. SCHOTTLER (1931: 23-25) interpretiert den Trachyt von Bad Salzhausen als effusiv, während HUMMEL (1929: 108-109) und EHRENBERG & HICKETHIER (1985: 102) eine intrusive Natur annehmen.

Wie die unterschiedliche Höhenlage von tertiären Sedimenten und Trachyt in den beiden Bohrungen am Schäfersteich einerseits und den beiden Lepsius-Tiefbohrungen andererseits zeigt, ist der Trachyt von postvulkanischen Störungen betroffen (SCHOTTLER 1925: 23)

Westlich von Bad Salzhausen ist ein vermutlich ähnlich alter Trachyt am Häuser Hof bzw. Häuserhof S Oberwiddersheim aufgeschlossen; dort wurde er früher im Steinbruchbetrieb abgebaut (TASCHE 1853a: 6, 1854: 120, SCHOTTLER 1925: 50, SCHOTTLER et al. 1926: 2-3). Chemische Analysen des Trachyts vom Häuserhof finden sich in EHRENBERG (1986: 29) und REISCHMANN & SCHRAFT (2009: 14). Der Trachyt hat ein K/Ar-Alter von $18,0 \pm 0,6$ Ma (EHRENBERG 1986: 29 unter Verweis auf einen Vortrag von LIPPOLT et al., in dessen Kurzfassung – LIPPOLT et al. 1973 – das Alter aber nicht aufgeführt wird).

3.4 Intravulkanisches Tertiär

Sedimente innerhalb der vulkanischen Abfolge werden hier als intravulkanisches Tertiär zusammengefaßt. Am besten waren sie im Braunkohlenbergwerk westlich von Bad Salzhausen aufgeschlossen. Ein zusammengesetztes vertikales Profil, basierend auf den Grubenaufschlüssen sowie einer 1849 von TASCHE von der Sohle von Förderschacht XI in 35 m Teufe abgeteufte Bohrung zeigt, daß unter plastischen Tonen, Braunkohlen und tonigem „Sphärosiderit“ wieder Basalt folgt (TASCHE 1849a, 1854, 1859; SCHOTTLER 1921a: 104). Der von ESE nach WNW verlaufende Wasserlösestollen des Braunkohlenbergwerks schloß diese Abfolge in seinem horizontalen Profil auf (TASCHE 1854: 118-119, SCHOTTLER 1921a: 106, SCHOTTLER et al. 1926: 2-4). Das Profil des Stefanie-Schachts (KIRCHHEIMER 1955: 52) belegt, daß im Hangenden der Braunkohlen 11,5 m bunte, tonige „Tuffite“ folgen, die Sedimente also in die vulkanischen Serien eingeschaltet sind.

Exkurs Braunkohle

Die Braunkohle ist im Rahmen dieser Studie nur cursorisch untersucht worden; die meisten Angaben sind einer zusammenfassenden Publikation von KIRCHHEIMER (1955) entnommen worden.

Das Bad Salzhausener Braunkohlenvorkommen hatte eine Erstreckung von ca. 275 x 215 m und eine Mächtigkeit von bis 25 m und somit ein Volumen von 400.000 m³. Unter 25 m „Humuskohle“, häufig mit gut erhaltenen Holzstämmen, folgen wenige Zentimeter bis 1,5 m „Karpolithenkohle“, darunter bis 11 m „Blätterkohle“. Schon im 18. Jahrhundert hat man tatsächliche und vermeintliche fossile Frucht- und Samenreste als „Carpolithen“ (< grch. *karpos* = Frucht, < *lithos* = Stein) bezeichnet. In Salzhausen treten diese pflanzlichen Fossilien in großer Mächtigkeit gesteinsbildend auf, was äußerst ungewöhnlich ist und Bad Salzhausen – im 19. Jahrhundert – der wissenschaftlichen Welt bekannt gemacht hat (Abb. 6), doch auch die gut erhaltenen Blattabdrücke aus der „Blätterkohle“ erlangten große Aufmerksamkeit (Abb. 7).

Das Pollenspektrum der Braunkohle zeigt das „Salzhausener Bild“, was dem jüngsten Miozän, wohl dem Oberen Baden, entspricht (HOTTENROTT 1985: 80). In der STD 2002 werden die „Salzhausen-Schichten“ zum Oberen Langhium (Mittleres Miozän) gezählt. Sie haben damit ein Alter von ca. 15 mio a.



Abb. 6. Fossile Früchte aus der Gattung der Walnüsse aus der „Humuskohle“ von Bad Salzhausen (KIRCHHEIMER 1955: Taf. 3). Bildbreite ca. 9,5 cm.

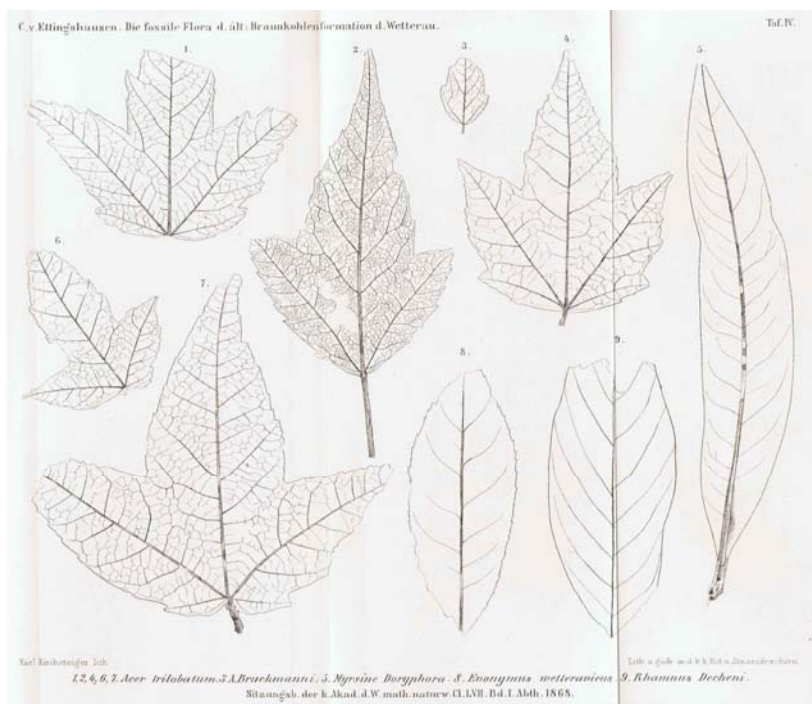


Abb. 7. Abdrücke fossiler Blätter aus der „Blätterkohle“ von Bad Salzhausen (ETTINGHAUSEN 1868: Taf. IV).

Die Braunkohlen werden auf die Verlandung einer wassergefüllten Mulde zurückgeführt. Während die liegende „Blätterkohle“ unter Wasserbedeckung (subaquatisch) entstanden ist, führte eine sumpfwaldartige Vegetation auf der weitgehend verlandeten Fläche des einstigen Tümpels zur „Karpolithenkohle“; aus dem im Hangenden folgenden Waldtorf entstand dann die „Humuskohle“.

Am häufigsten finden sich Reste von Wasserpflanzen, doch treten auch zahlreiche andere Gattungen auf, so Ahorn, Birken, Lorbeergewächse, Walnüsse, Magnolien, Weinreben und Palmen, aber auch Obstgewächse aus der Gattung *Prunus*. Die Pflanzengemeinschaft von Salzhausen findet sich heute vor allem im subtropischen Bereich, z. B. in Südostasien mit mittleren Temperaturen von 16-17 °C. Früchte und Samen können ca. 20 Arten aus 14 Gattungen und 13 Familien, Blattaabdrücke können ca. 70 Gattungen aus 40 Familien zugeordnet werden (KIRCHHEIMER 1935). Sehr selten waren Tierfossilien, darunter ein Frosch (*Rana Salzhausensis* v. MEYER), eine Kaulquappe und ein Prachtkäfer (*Dicerca Taschei* v. HEYDEN). Bereits im 19. Jahrhundert wurde auf die ältesten Weinreben Hessens aus Bad Salzhausen hingewiesen.

Das Holz der Stämme in der „Humuskohle“ war teilweise so gut erhalten, daß daraus Tischlerarbeiten hergestellt wurden. Im 19. Jahrhundert wurden den Kurgästen unter Tage dicke Koniferenstämmen gezeigt. Einer der noch aufrecht stehenden Stämme hatte einen Durchmesser von 3,25 m.

3.5 Bodenbildungen, Quartär

Im Talkessel von Bad Salzhausen werden die tertiären Gesteine von 6-9 m mächtigen, quartären Sedimenten überlagert. Bemerkenswert sind zwei Torfhorizonte, von denen einer zeitweilig auch abgebaut worden ist. Die maximale Mächtigkeit betrug 5,00-6,25 m, die sich zusammensetzen aus einem Horizont von ca. 2 m Mächtigkeit (max. 5,00 m) und einem mit einer konstanten Mächtigkeit von ca. 0,5 m (TASCHE 1853a: 6, 1854: 80). Der „Stinkturf“ war bereits KLIPSTEIN (1784: 41) bekannt. An manchen Stellen fand sich Raseneisenstein.

Aus dem Wasser des Bergwerksstollens schied sich „Kalktuff“ über Moos aus (TASCHE 1854: 80). Bei den „Sinterbildungen“ an den Pumpwerken und Solenleitungen konnte TASCHE 1854: (76-77) die Beteiligung von Mikroorganismen („Conserven“) beobachten. LUDWIG & THEOBALD (1852: 105) nennen für Salzhausen und andere Salzwässer der Region folgende, CaCO₃-abscheidende Organismen: *Rhizodium salinum*, *R. interruptum*, *R. citoreum*, *Vaucheria clavata*, *V. sessilis*, *V. dichotoma*, *Oscillaria natans*, *O. antliaria* etc., und speziell für Bad Salzhausen die Alge *Phormidium Thinoderma* KTZ.

Als Zersetzungsprodukte der Vulkanite sind in SCHOTTLER (1921b) westlich des Ortes (nordöstlich des Braunkohlenvorkommens) und nordöstlich des Ortes Bodenbildungen mit Bauxit und Eisenstein eingetragen, die aber hier – im Gegensatz zu anderen Gebieten im Vogelsberg – nie abgebaut wurden.

3.6 Tektonik

Die geologische Neuinterpretation (Abb. 5) zeigt, daß es sich bei der Struktur von Bad Salzhausen in formaler Hinsicht um einen **Horst** bzw. eine Hochscholle handelt, bei dem prävulkanisches Tertiär als NE-SW-streichende Hochscholle gegenüber den umgebenden, jüngeren Vulkaniten und den intravulkanischen Sedimenten herausgehoben worden ist. Ich nenne die Struktur im folgenden „**Horst von Bad Salzhausen**“.

Nachdem zuerst CHELIUS (1905: 35) von einem „schmalen tektonischen Graben“ gesprochen hatte, behauptete dann später SCHOTTLER (1921a: 5), „der kleine Talkessel von Bad Salzhausen“ sei wie die Horloffsenke durch postvulkanische „Einbrüche entstanden“. Diese falsche Auffassung hat sich bis in die jüngste Zeit aufrechterhalten (z. B. im aktuellen Deutschen Bäderbuch, HÖLTING in KÄB & KÄB 2008: 835). Lediglich HUMMEL (1924: 68, 69; 1929: 108) hat dem widersprochen und erkannt, daß ein Horst vorliegt. SCHOTTLER reagierte auf die Kritik von HUMMEL in mehreren Veröffentlichungen (SCHOTTLER 1925, 1926, 1931, SCHOTTLER et al. 1926), scheiterte aber an einer zutreffenden Interpretation, weil er nicht erkannte, daß die Struktur zur Zeit des prävulkanischen Tertiärs als Tiefscholle und heute als Hochscholle anzusprechen ist. Es handelt sich nämlich um eine **Inversionsstruktur**.

Bereits oben (Kap. 1) wurde festgestellt, daß Bad Salzhausen in einer tektonischen Ausnahmesituation liegt. Im Gegensatz zur gesamten Umgebung, die Teil der Hungen-Schotten-Tiefscholle sensu EHRENBERG & HICKETHIER (1985) ist und in der die Liegendgrenze der Vulkanite auf ein Niveau von < 0 m über NN beschränkt ist, liegt diese Grenze in der unmittelbaren Umgebung von Bad Salzhausen sehr viel höher, nämlich bei 150–200 m über NN, ja, in Bad Salzhausen streichen die prävulkanischen Gesteine sogar an der Erdoberfläche aus. EHRENBERG & HICKETHIER (1985) konstruieren deshalb – zwischen Nidda und Hungen – einen etwa 5 km langen Horst mit N-S-Erstreckung, etwa zwischen Bad Salzhausen im Süden und Rabertshausen im Norden gelegen. Die genauen Grenzen dieser Horststruktur sind allerdings völlig unbekannt.

Mit großer Sicherheit kann die SW-Abschiebung des Horstes von Bad Salzhausen an zwei Stellen festgelegt werden. Im nordwestlichen Teil wird sie vom 632,5 m langen Wasserlösestollen (dargestellt in Abb. 5) bei 172,5 m durchörtert (TASCHE 1854: 118-119, SCHOTTLER 1921a: 106). Weiter im SE wird sie durch vier Süßwasserbrunnen-Profile (SCHOTTLER 1921a: 104-105) determiniert, die bereits in der Tiefscholle liegen. Leidlich fundiert ist die Lage der vermutlich verspringenden NW-Abschiebung durch die Kartierung von SCHOTTLER (1921b). Die SE-Begrenzung des Horstes, bereits in SCHOTTLER (1921b)

dargestellt, wird sehr deutlich durch die SE-Grenze des Mineralwassers markiert. Auch die nordöstliche Abschiebung ist durch die Grenze zwischen den prävulkanischen, tertiären Sedimenten im Horst und den Vulkaniten im NE relativ gut bestimmbar, so daß der Aussage von HUMMEL (1924: 68) – „Über die Einzelheiten des Baues dieses tektonischen Gebildes bleibt freilich noch ziemlich alles im Unklaren.“ – heute nicht mehr restlos zugestimmt werden kann.

Der Horst von Bad Salzhausen ist durch eine NE-SW-streichende Abschiebung in eine nordwestliche und eine südöstliche Scholle gegliedert. In der nordwestlichen Scholle ist der tertiäre Trachyt in vier Bohrungen angetroffen worden; die darüber liegenden prävulkanischen Sedimente haben relativ geringe Mächtigkeiten (< 150 m) und sind frei von Mineralwasser. In der südöstlichen Scholle hingegen ist der Trachyt nicht erbohrt worden; die tertiären Sedimente weisen hier hohe Mächtigkeiten (> 500 m) auf und führen oberflächennah Mineralwasser.

4 Mineralquellen von Bad Salzhausen

4.1 Natürliche Mineralwasseraustritte, Schacht- und Bohrbrunnen

Heute sind die Bad Salzhausener Mineralquellen durch Bohrungen gefaßt. In früheren Jahrtausenden traten die Quellen in einer Höhe von ca. 140 bis 145 m über NN natürlich zu Tage. Bis zum Bau eines gemauerten Entwässerungsgrabens vom Salzhäuser Talkessel Richtung Geiß-Nidda war der gesamte Talkessel selbst „im heis[s]esten Sommer ein Sumpf“ (LANGSDORF 1788: 428). Noch in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts sah man – neben den gefaßten Quellen – „an vielen Orten noch kleine Quellen im Wiesengrunde sich ergies[s]en, welche durch den rothgelben, in ihrem Umfange verbreiteten Niederschlag, ihren mineralischen Gehalt verrathen“ (GRAFF 1825: 4).

Spätestens im 16. Jahrhundert, doch vermutlich bereits sehr viel früher, wurden künstliche Wasseraustritte („Brunnen“) angelegt, um Quantität und Qualität des Mineralwassers zu verbessern. Bis zum 18. Jahrhunderts wurden dafür wenige Meter tiefe, runde oder eckige Schächte gegraben („Schachtbrunnen“); seit dieser Zeit ging man dann immer mehr dazu über, nach dem Wasser zu bohren („Bohrbrunnen“). Von LANGSDORF (1788: 422-423) ist die von ihm genutzte Technik des Brunnengrabens überliefert: Vor dem Ausheben des Bodens bzw. Lockergesteins ließ er rings um die geplanten Schachtbrunnen Buchenholzpfähle 5,25-7,5 m tief in den morastigen Untergrund einrammen, um die Standfestigkeit der Grube zu gewährleisten.

Die Anzahl von Schacht- und Bohrbrunnen wechselte im Laufe der Zeit. Lückenhafte historische Nachrichten sowie sich im Laufe der Zeit ändernde Bezeichnungen bzw. Numerierungen der Brunnen verhindern es, retrospektiv die Geschichte der heute existierenden Brunnen lückenlos zu verfolgen. Dennoch gelang es, einzelne Brunnen bis in das 17. Jhdt. zurückzuverfolgen.

Während THÖLDE (1603: 153, 1612: 189-190) und DILICH (1605: 91) von einem Brunnen in Salzhausen berichten, geben KLIPSTEIN (1784: 47) und WOLF (2003: 152) für die Zeit um 1605 drei Salzbrunnen an. 1623 oder 1629 wird eine neue „Hauptquelle“ erbohrt (BLÖCHER 1931: 68, KLIPSTEIN 1788: 392, WOLF 2003: 152 nach HStA Darmstadt), wobei unklar bleibt, ob es sich tatsächlich um einen neuen Brunnen handelt oder ein alter neu aufgegraben wird. 1697 werden wiederum drei Brunnen angegeben (WINKELMANN 1697: 72). Späteren Angaben zufolge muß es sich um den „Alten Brunnen“, den „Radbrunnen“ und den „Kleinen Brunnen“ handeln. 1729 wurde der „Kleine Brunnen“ neu aufgegraben und wurde damit zum „besten“

der vorhandenen drei Brunnen. Der Brunnenschacht hatte eine Teufe von 6,25 m und einen Durchmesser von 1,5 m (oben) bzw. 1,38 m (unten). Der Schacht lief innerhalb von 24 Stunden voll Mineralwasser (KLIPSTEIN 1788: 392). Etwa 10 m davon entfernt „that sich auch eine neue Quelle hervor“, in der „etwas nachgegraben“ wurde (KLIPSTEIN 1788: 392). Ein weiterer Brunnen kam 1730 „zu Stande, vermutlich in der Nähe des kleinen Brunnens, wo man voriges Jahr die Quelle entdeckt hatte“ (KLIPSTEIN 1788: 392). Wie auch immer, 1734 existierten vier Brunnen, über die „Häuser [...] gebaut“ wurden (KLIPSTEIN 1788: 394). Diese Angabe wird durch ein Inventar im HStA Darmstadt aus dem Jahre 1737 bestätigt, das drei kleine Brunnenhäuser, „worin sich die drey alte Saltzbronnen befinden“, und ein neues Brunnen- bzw. Kunsthaus, in dem sich der große neue Brunnen befindet, auflistet (KÖBRICH 1931: 12) – damit ist das Kunsthaus mit dem späteren Brunnen V gemeint ist (Kap. 7.2). Auch 1745 und 1770 sind vier Brunnen vorhanden (KLIPSTEIN 1788: 395-396, 398), von denen nun die Namen überliefert sind:

- Alter Brunnen: „reichlich 2 Grad“ Salz, aber schwacher Zufluß
- Kleiner Brunnen: ca. 1,5 Grad Salz, und schwächerer Zufluß
- Radbrunnen, so tief wie der Kleine Brunnen, aber stärkerer Zufluß. Verschiedene Indizien legen nahe, daß die Schwefelquelle ihr Wasser aus dem früheren Radbrunnen erhält (Kap. 7.1)
- Neuer Brunnen (Brunnen V heutiger Zählung): gut 7,5 m tief, in der Güte wie der Kleine Brunnen und der Radbrunnen, aber bei weitem der stärkste. Er lieferte jährlich 8800 Zentner Salz

Die vier Schachtbrunnen existierten auch noch 1776 (LANGSDORF 1788: 421). LANGSDORF wollte sie wegen des zu geringen Salzgehalts neu fassen. Beim Radbrunnen mißlang ihm das, weil es der erste Versuch war, bei zweien gelang es ihm. Beim vierten Brunnen (Brunnen V) versuchte er es nicht „wegen des über denselben gebauten ungeheuren Hauses“ (LANGSDORF 1788: 422-423), womit nur das Kunsthaus gemeint sein kann. LANGSDORF ließ „theils durch kleine Absenkungen, theils durchs Bohren nach Salzquellen suchen“ und erreichte dadurch immerhin bis zu 20,0-22,5 m Tiefe. Da er „zwar überall Salzquellen, aber nie eine reichhaltigere“ fand, beschloß er, neue Schachtbrunnen zu fassen „und mit dem Gehalte von 1 Loth zufrieden zu seyn“ (= 1 % Salzgehalt). Beim Ausheben der Brunnenschächte hinderte ihn vor allem Triebsand, tiefer als 9,25 m zu kommen. Dies war umso ärgerlicher, weil er feststellte, „daß nämlich die Quantität der quellenden Soole in grös[s]erer Tiefe immer beträchtlicher wurde“ (LANGSDORF 1788: 424). Im Jahre 1781 wurde ein fünfter Brunnen mit

einer „Mauer“ gefaßt (LANGSDORF 1784: 17-18). Um 1788 standen dann sieben oder acht Schachtbrunnen zur Versorgung der Saline zur Verfügung: Während LANGSDORF (1788: 423) von sieben Brunnen spricht, die er „habe abteuffen lassen“, gibt LANGSDORF (1788: 425) „acht Salzbrunnen“ an. Im „Situations-Riß des Hessischen Salzwerts zu Salzhausen“ (LANGSDORF 1788: Taf. II) können sieben „Salzbrunnen“ identifiziert werden, die den späteren Brunnen I, III, V, VI und VII sowie der Schwefelquelle entsprechen (Abb. 8). Bereits SCHARPFF (1972) hatte eine Zuordnung dieser Brunnen versucht, war aber zu teilweise anderen Ergebnisse gelangt.

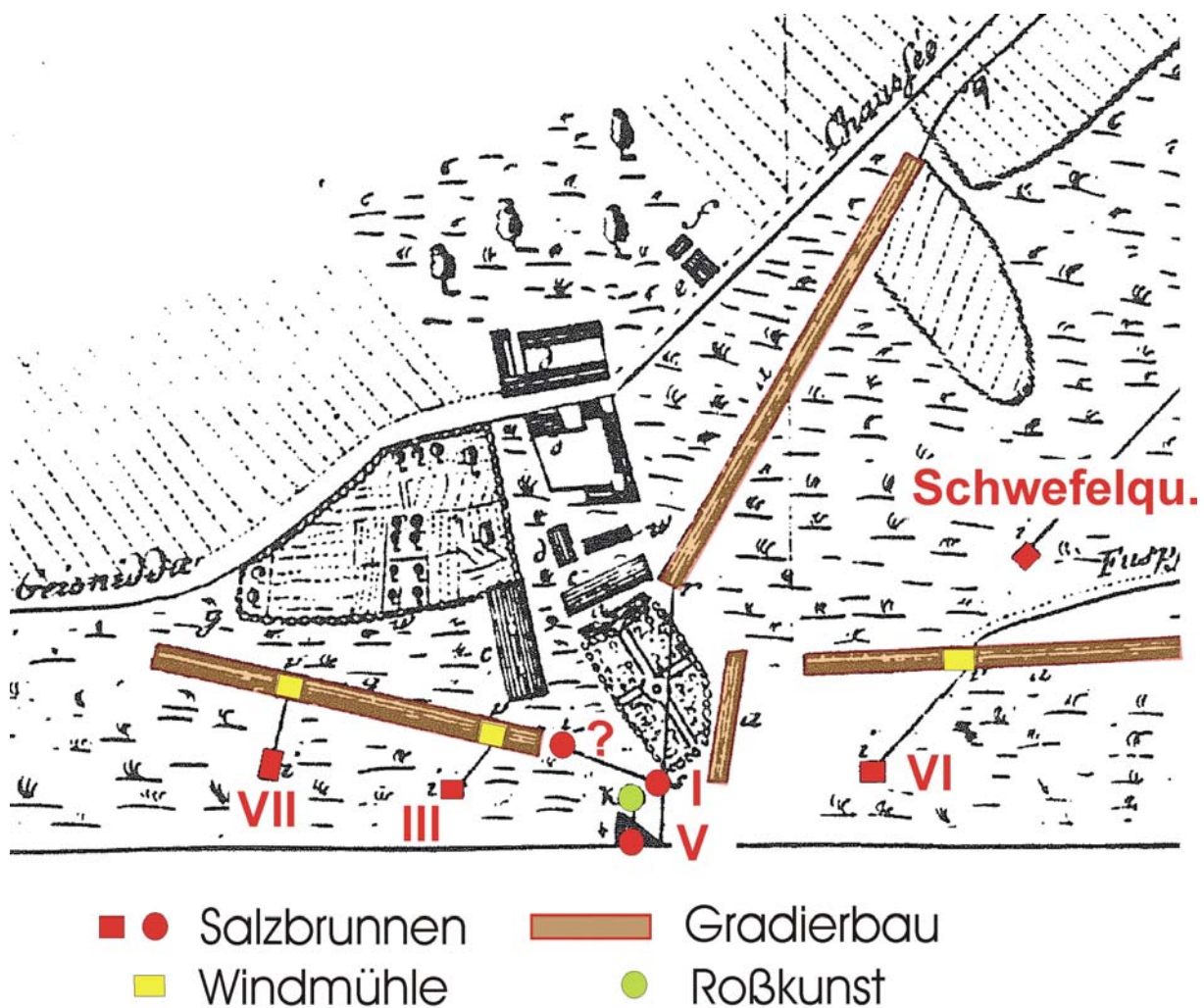


Abb. 8. Brunnen im 18. Jahrhundert (Ausschnitt aus LANGSDORF 1788: Taf. II, verändert). Genutzt wurden die Brunnen I, III, V, VI und VII, ein nicht numerierter Brunnen am E-Ende des Gradierbaus IV sowie die Schwefelquelle.

Eine Beschreibung des Zustands zu Beginn des 19. Jahrhunderts gibt WILLE 1828 (145-146): „Sämtliche Sool- und zugleich Kunstschächte sind in gelblichen Triebsand abgeteuff, und

besitzen eine Teufe von 30–32' [=7,5-8,0 m], liegen alle fast in gleichem Niveau auf einer nicht großen Fläche. Sie sind ausgezimmert, dabei 18–25' [= 4,5-6,25 m] ins Quadrat weit.“

Mit dem Aufschwung des Bades im 19. Jahrhundert verstärkte man auch die Anstrengungen, stärker mineralisiertes Wasser und größere Wassermengen zu erschließen. Neben dem zum Teil mehrfachen Ausbau der alten Brunnen wurden knapp fünf Dutzend neuer Bohrungen abgeteuft, die vor allem mit den Namen TASCHE, LEPSIUS und WIEGAND verbunden sind. Darunter befinden sich mehrere, sehr kostspielige Tiefbohrungen mit bis zu 1000 m Teufe. Erfolge und Rückschläge, nämlich mineralwasserfreie Bohrungen, wechselten sich im Laufe der Zeit ab. In Bezug auf die Bohrtechnik sind vor allem die Bohrungen der Bohrkampagne 1847, die Bohrung von 1849, die von TASCHE von der Sohle von Förderschacht XI des Braunkohlenbergwerks in 35 m Teufe angesetzt wurde, und diejenige von 1856-1858 (Tasche'sches Bohrloch), für die eine neue Technik entwickelt wurde, von Bedeutung (TASCHE 1847b, 1857). Die zwischen 1821 und 1976 abgeteuften Bohrungen sind im Anhang 7.1 und die teilweise bis auf das 17. Jahrhundert (oder noch früher) zurückgehenden Schachtbrunnen im Anhang 7.2 zusammengestellt.

1959 durchgeführte, geoelektrische Untersuchungen (DEPPERMAN et al. 1960, Teile davon veröffentlicht von FLATHE & HOMILIUS 1972) zeigen, daß in den tertiären Sedimenten im Talkessel von Bad Salzhausen eine etwa 100 m breite, NE-SW-streichende Zone existiert, in der oberflächennah Mineralwasser steht bzw. zirkuliert. Im SW, etwa in Höhe der Lithiumquelle, weitet sich die Zone nach NW aus. In Tiefen von 5 m, 20 m und 40 m konnten DEPPERMAN et al. (1960) mehrere Anomalien mit besonders niedrigen Widerständen ($< 5 \Omega\text{m}$) nachweisen, die als Anreicherungen von höher mineralisiertem Wasser gedeutet werden müssen. Das in 20 m Teufe vermutete Mineralwasser ist in Abb. 9 dargestellt.

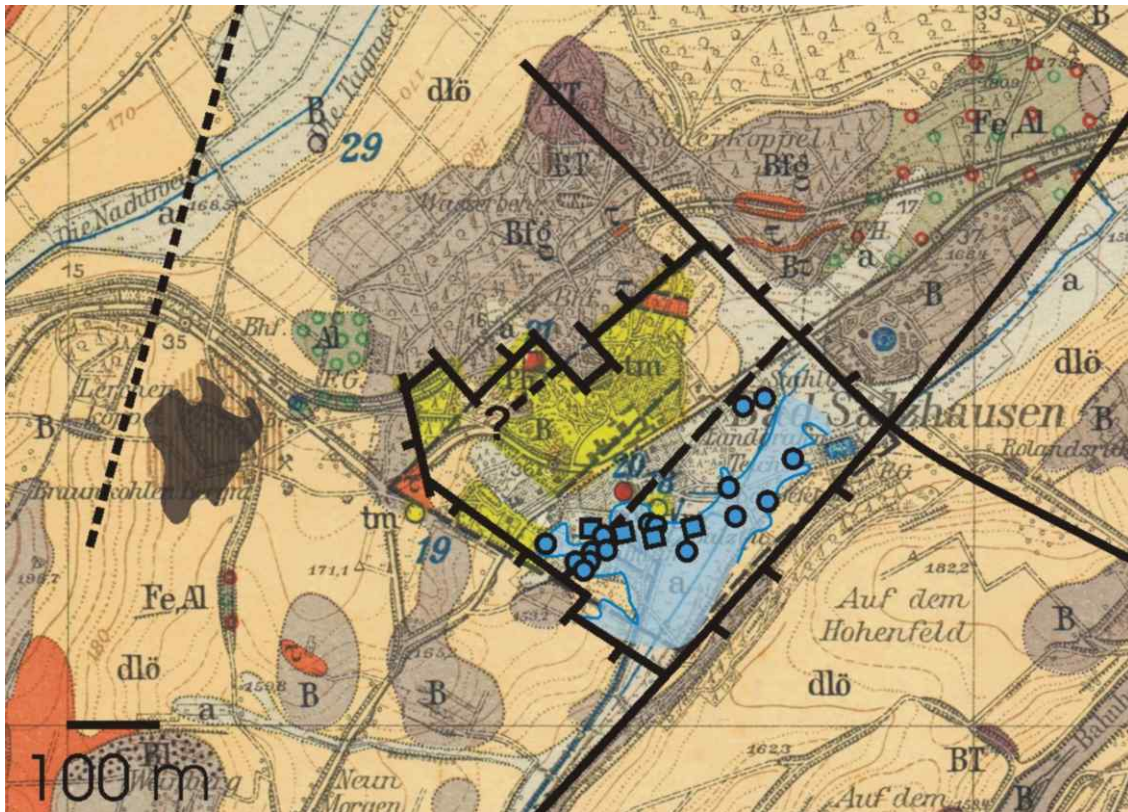


Abb. 9. Oberflächennahe Verbreitung des Mineralwassers in Bad Salzhausen auf der Kartengrundlage der geologisch-tektonischen Neuinterpretation in Abb. 5.

Schächte (blaue Quadrate) und Bohrungen (blaue Kreise), die in den tertiären Sedimenten Mineralwasser erschlossen haben oder hatten. Hellblau: Verbreitung des Mineralwassers in 20 m Tiefe nach FLATHE & HOMILIUS (1972).

4.2 Wasserchemie und -physik

Die erste Analyse eines Salzhausener Wassers erfolgte im Dezember 1824 durch LIEBIG im Auftrag des Hessischen Finanzministeriums; sie wurde von LIEBIG (1825) publiziert. 1843 erfolgte eine erneute Untersuchung an „demselben Wasser“ durch LIEBIG, veröffentlicht von LIEBIG (1844). Nach TASCHÉ (1853a: 18), Zeit- und vielleicht sogar Augenzeuge, hat LIEBIG 1843 das „Wasser des Salzbrunnens Nr. 2“ (Brunnen I der heutigen Zählung) untersucht, der in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts der bei weitem wichtigste Brunnen war.

Heute existiert eine Reihe, allerdings nicht immer publizierter Analysen im Archiv des Staatsbades Bad Salzhausen. Eine Zusammenstellung älterer Literatur, die Wasseranalysen enthält, findet sich in SCHARPFF (1972: 80-87); ausgewählte aktuelle Analysen wurden von HÖLTING in KÄB & KÄB (2008: 838-841) veröffentlicht. MICHELS & SCHMIDT (2000) haben eine Reihe nicht publizierter Analysen gesammelt und ausgewertet.

Bei der Mehrzahl der Wasseraustritte in Bad Salzhausen handelt es sich um Natrium-Chlorid-Mineralwässer (Na-Cl-Wässer). Das Wasser der Stahlquelle wird als Natrium-Calcium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Mineralwasser (Na-Ca-Cl-HCO₃-Wasser) und dasjenige der Nibelungen- und der Roland-Krug-Quelle als Solsäuerling (Säuerling: > 1.000 mg/l freies, gelöstes CO₂ für Trinkzwecke bzw. > 500 mg/l für Badezwecke; Sole: > 5,5 g Na/l und 8,5 g Cl/l) charakterisiert. In den Tiefbohrungen trat auch – heute allerdings nicht genutztes – Thermalwasser (> 20 °C) bzw. Thermalsole zu. Zum Thermalwasser von Bad Herbstein, einem Ca-NaSO₄-Wasser, bestehen somit erhebliche chemische (und genetische) Unterschiede.

Die über Jahrhunderte für die Salzherstellung genutzten, flachgründigen Brunnen lieferten Wasser mit geringen Salzkonzentrationen. In der salinenkundlichen Literatur galt Salzhausen deshalb geradezu als Paradebeispiel für eine sehr „arme“ bzw. „schwachlöthige“ Soole, die vor dem Sieden deshalb aufwendig gradiert werden mußte (z. B. LANGSDORF 1824: 399, 443). In der alten Literatur werden für diese Brunnen Werte zwischen 0,5 und 2,0 % Salzgehalt angegeben, was der Größenordnung der Mineralisation der Stahlquelle (0,8–1,2 g/l) entspricht. Die Mehrzahl der zur Salzgewinnung genutzten Wässer hatte demzufolge Salzgehalte, die noch nicht einmal die Hälfte des Salzgehalts von Meerwasser (ca. 3,5 %) aufwiesen. Höher liegt der Gehalt der gelösten festen Bestandteile bei den NaCl-Wässern Lithiumquelle (ca. 6-9 g/l) und Schwefelquelle (um 10 g/l). Mit steigender Teufe steigt auch der Salzgehalt: Während die Södergrundquelle (54 m) ein NaCl-Wasser mit 12-14 g/l aufweist, schütten Roland-Krug-Quelle (205 m) und Nibelungenquelle (204 m) Solen mit 23 ± 5 bzw. 22-29 g/l (MICHELS & SCHMIDT 2000).

Die vorhandenen Daten zeigen, daß sich die Konzentration der gelösten festen Bestandteile im Wasser periodisch, z. B. im Jahresrhythmus, aber auch langfristig im Laufe Jahrzehnten verändern kann (MICHELS & SCHMIDT 2000, LANGSDORF 1824: 391). Die Temperaturen liegen unterhalb der Thermalwassergrenze (20 °C) bei ca. 12,5–18,5 °C. Die Schwefel-Isotope des Wassers mehrere Brunnen in Bad Salzhausen haben NIELSEN & RAMBOW (1969: 362) bestimmt.

Die Schüttungsmengen sind sehr unterschiedlich (ca. 1–66 l/s) und schwanken – wie die historischen Aufzeichnungen zeigen – auch im Laufe der Zeit, nicht zuletzt deshalb, weil einige der Brunnen untereinander hydraulisch in Verbindung stehen (so z. B. Salzbrunnen I mit der Nibelungenquelle): Verstärkte Wasserentnahme bei einem Brunnen (durch Pumpen) kann verminderte Austrittsmengen bei anderen Brunnen verursachen. 1989 schütteten die vier

Brunnen Nibelungen-, Lithium-, Schwefel- und Stahlquelle 20.490 m³/a; durch Unterwasserpumpen wurden aus Södergrundquelle, Roland-Krug-Quelle und Nibelungenquelle 24.630 m³/a gefördert (Brief Landesamt f. Wasserwirtschaft Rheinl.-Pfalz an RP DA vom 17.5.1990, Ordner 9, Archiv des Staatsbades Bad Salzhausen). Zusammen sind dies also ca. 45.000 m³ Mineralwasser im Jahr.

Die Mineralwässer von Bad Salzhausen wurden bislang nicht radiometrisch datiert. Ersatzweise kann auf eine Datierung des Wassers der Meßstelle 49 der OVAG S Nidda (Bl. 5520) zurückgegriffen werden, da dieses Wasser mit dem Wasser der Roland-Krug-Quelle hydraulisch in Verbindung steht. Das Wasser der Meßstelle 49 der OVAG ist ein Mischwasser aus Wasser des NaCl-Typs und einem Alkali-Hydrogencarbonat-Wasser und besitzt ein ¹⁴C-Alter von 7565 ± 190 Jahre vor 1950 (LEBMANN et al. 2001: 128-129). Vergleichbar alte Wässer wurden in GW-Meßstellen bei Harb (Bl. 5519), im Steinbruch Unter-Widdersheim (Bl. 5519), bei Neuenschmidten (Bl. 5621) und in der Forschungsbohrung Ulrichstein (Bl. 5421) festgestellt (LEBMANN et al. 2001: 129).

4.3 Herkunft der Ionen des Mineralwassers

Schon seit dem 18. Jhdt. wird der NaCl-Gehalt des Mineralwassers von Salzhausen auf die bis 300 m mächtigen Salzlagerstätten aus der Zechstein-Zeit (Zechstein-Salinar) östlich und südöstlich des Vogelsbergs, im hessisch-thüringischen Grenzgebiet im Raum Fulda – Bad Salzungen, bezogen. Bereits KLIPSTEIN (1784: 46-47), der sich wohl als erster wissenschaftlich mit dem Salzhausener Mineralwasser beschäftigt hat, spekulierte über eine Herkunft des Salzgehalts aus den „ungeheuren Massen Salzstein“ am Ostrand des Vogelsbergs. Zahlreiche Bearbeiter (z. B. WILLE 1828, TASCHÉ 1849b und in späteren Veröffentlichungen, LUDWIG 1852, CHELIUS 1904b, 1905, STEUER 1912, MICHELS 1926, SCHARPFF 1972) schlossen sich dem an.

Das Verhältnis zwischen Chlorionen (Chlorid) und Bromionen (Bromid) in einem Mineralwasser, das Cl/Br-Verhältnis, gibt einen Hinweis auf die Herkunft des Cl-Gehalts (STOBER & BUCHER 2000): Bei Verdünnung von Meerwasser mit reinem Wasser bleibt das Verhältnis zwischen Cl und Br von 288 mg/kg unverändert, so daß verdünntes Meerwasser im Cl/Br-Diagramm (Abb. 10) auf der sogenannten Meerwasser-Verdünnungslinie zu liegen kommen. Die Auflösung von Steinsalz (Halit) permischen Alters aus den USA erzeugt wesentlich höhere Cl/Br-Verhältnisse. Das Mineralwasser der Roland-Krug-Quelle, das zu den am wenigsten durch oberflächennahes Grundwasser verdünnten Wässern Bad Salzhausens zählt, kommt ganz dicht neben die Linie aufgelösten permischen Steinsalzes zu

liegen (Abb. 10). Dies legt nahe, daß der Cl-Gehalt des Bad Salzhausener Wassers – im Gegensatz zu den Wässern von Wiesbaden und Bad Nauheim – aus aufgelösten Zechsteinsalzen stammt.

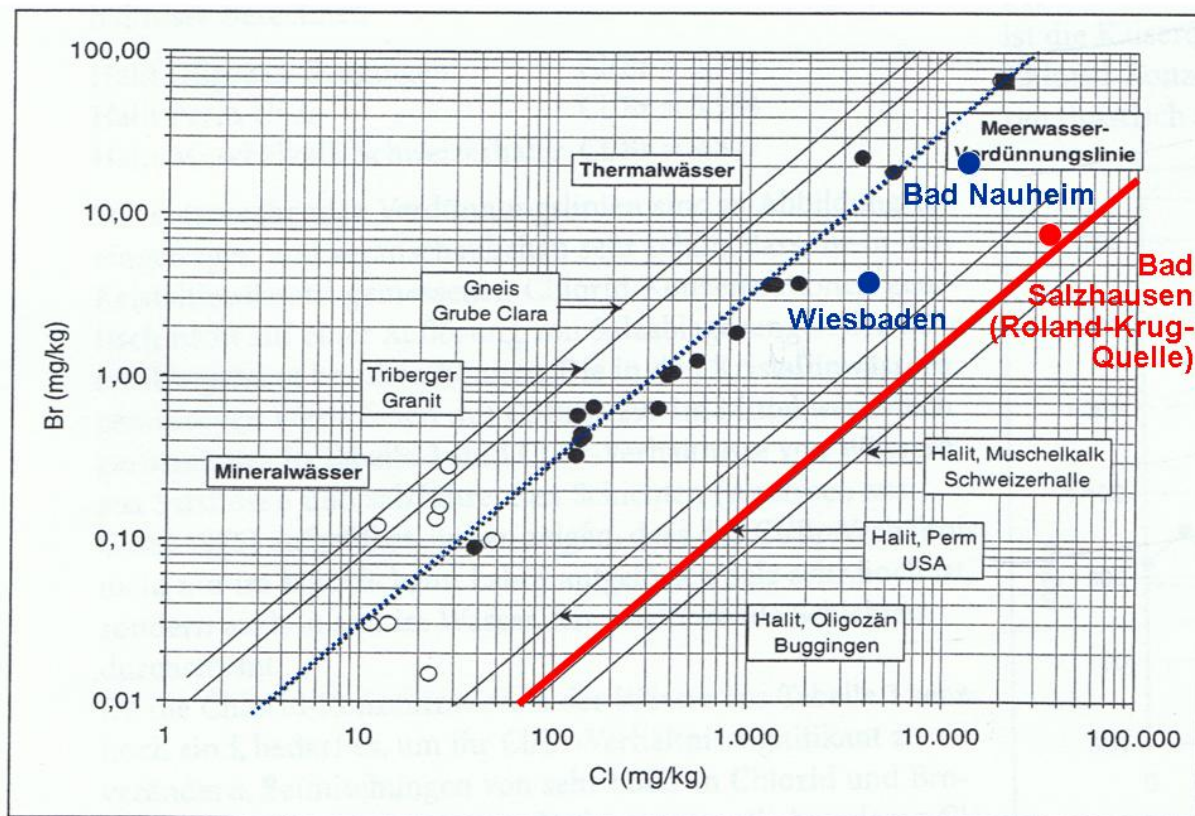


Abb. 10. Cl-Br-Verhältnis-Diagramm (aus STÖBER & BUCHER 2000). Blaue Linie = Meerwasser-Verdünnungslinie. Rote Linie = aufgelöstes, permzeitliches Steinsalz aus den USA. Das Mineralwasser von Bad Salzhausen (Daten der Roland-Krug-Quelle aus HÖLTING in KÄß & KÄß 2008) liegt dicht neben der Linie des permischen Steinsalzes.

HÖLTING (1969) berechnete für die hessischen Mineralwässer die Ionenverhältnisse zwischen Hydrogenkarbonat (als oft örtliche Bildung) und den auf Salzlagerstätten bezogenen „Salinaranteilen“ (Chlorid + Sulfat). Es zeigte sich, daß Mineralwässer mit hohen Chlorid- und Sulfatgehalten, aber geringen Hydrogenkarbonatanteil, in Osthessen und in Südhessen auftreten. Die beiden Verbreitungsgebiete werden durch den NNW-SSE-gerichteten Rotliegend-Horst von Altstadt/Erbsstadt voneinander getrennt. Das osthessische Verbreitungsgebiet, östlich und südöstlich des Vogelsbergs, zeichnet in etwa die Verbreitung des Zechsteinsalinars nach. Bad Salzhausen liegt am westlichen Rand dieses östlichen Verbreitungsgebiets. HÖLTING (1977: 213, Abb. 1) rekonstruierte so die mutmaßliche Fließrichtung der Sole bzw. der Ablaugungswässer aus dem osthessischen Raum nach SW,

etwa parallel der Kinzig, wo sich der Solestrom in zwei Teilströme auflösen soll. Der nördliche Teilstrom ist direkt auf Bad Salzhausen gerichtet (Abb. 11). Diese unterirdischen

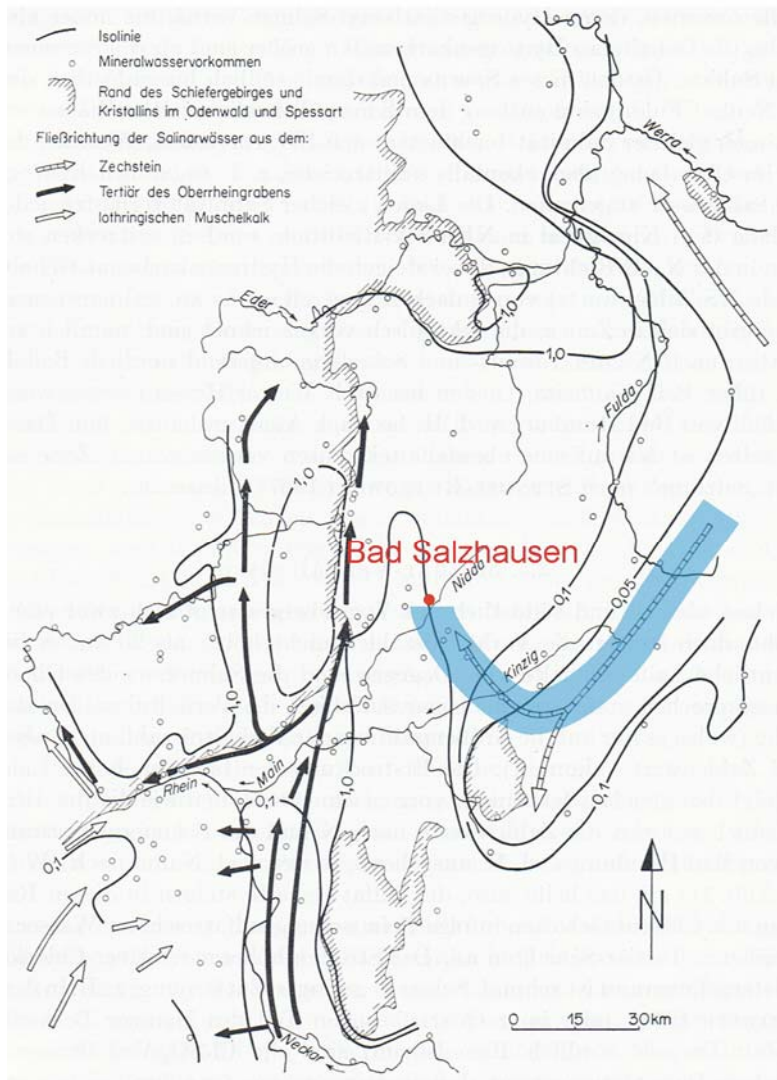


Abb. 11. Vermutete Wanderwege von Salinarwässern in Hessen. Der für Bad Salzhausen angenommene Salinarstrom aus dem Zechstein-Gebiet im Raum Fulda ist blau hinterlegt (verändert aus HÖLTING 1977: 213).

„Salzwasserströme“ sollen nach HÖLTING (1985b: 146) sehr „engräumig“ sein, was nahelegt, daß sie wohl Störungen bzw. Störungszonen folgen. SCHARPFF (1972: 205) hingegen vermutet eine Wanderung der Sole „vorwiegend in Karstgrundwasserleitern“, womit devonische Kalksteine gemeint sind, was aber aus paläogeographischen Gründen problematisch erscheint. SCHARPFF (1972: 134-135) berichtet von acht Bohrungen im Niddatal bei Kohden und zwischen Nidda und Dauernheim, in denen mineralisiertes Wasser mit bis zu 11,6 g/l gelösten festen Bestandteilen „vermutlich“ in den präbasaltischen Sedimenten zirkuliert. Zumindest in einer Bohrung stand das Wasser unter hohem

artesischem Überdruck. Schon STEUER (1912: 1056) charakterisierte die Wasserwanderung aus dem Raum Fulda mit den Worten: „Diese Wasserbewegung ist kompliziert, aber stellt immerhin keine Unmöglichkeit dar.“

Isotopenuntersuchungen, z. B. an Edelgasen des im Salzhausener Wasser enthaltenen CO₂, stehen nicht zur Verfügung. Dennoch kann man mit STEUER (1912: 1055) eine Herkunft des CO₂ aus der Entgasung einer hoch liegenden Magmenquelle unter dem Vogelsberg annehmen (sog. Mantelentgasung).

Der Aufstieg von Mineralwasser geht in aller Regel auf ein hydraulisches Druckgefälle zurück, nämlich den Druck eines höher gelegenen Wasserkörpers auf einen tiefer gelegenen Teil des Körpers, der eine Öffnung (oder auch mehrere) aufweist, aus denen das Wasser austreten kann. Nur Mineralwässer mit hohen Gehalten an gelöstem CO₂ („Kohlensäure“) verdanken ihren Auftrieb zudem dem aufsteigenden Gas (sog. Gaslift). Das Bad Salzhausener Mineralwasser hat sehr niedrige CO₂-Gehalte, so daß der Mineralwasseraufstieg hier weitgehend auf den hydraulischen Druckunterschied zwischen dem höher gelegenen Wasserkörper und dem tiefer gelegenen Wasserkörper bei Bad Salzhausen zurückgehen muß (SONNE & FRANKE 1893: 430). Im Talkessel von Bad Salzhausen tritt das Mineralwasser in einer Höhe von ca. 140 m über NN aus, während der Mineralwasserspiegel an der Fulda in Höhen von über 200 m über NN liegt (HÖLTING 1985b: Taf. 1), so daß das notwendige, hydraulische Druckgefälle vorhanden ist. SCHARPFF (1972: 135) berichtet von einem schwach mineralisierten Wasser in der 202 m tiefen Bohrung Orbes I im Niddatal (R 34 98 630 / H 55 84 65, Bl. 5619), etwa 2 km SSW des Bad Salzhausener Mineralwassergebiets gelegen. Das in präbasaltischen Sedimenten zirkulierende Wasser stand unter so hohem artesischem Überdruck, daß es die Höhendifferenz zu den Austrittstellen in Bad Salzhausen hätte überwinden können, auch wenn dies kein Beleg für einen direkten hydraulischen Zusammenhang darstellt.

Aus den Beobachtungen beim Abteufen von ca. sechs Dutzend Schacht- und Bohrbrunnen im Laufe der Jahrhunderte sowie der geoelektrischen Untersuchung aus dem Jahre 1959 (DEPPERMAN et al. 1960) lassen sich mehrere Schlüsse ziehen. Das mineralisierte Wasser zirkuliert in den Sedimenten des prävulkanischen Tertiärs. Besonders reich an stärker mineralisiertem Wasser sind Grobsand- und Feinkies-Horizonte mit entsprechend größerem Porenvolumen, wie es z. B. in der Bohrung der Roland-Krug-Quelle beobachtet werden konnte. Zumindest in den oberen Zehnermetern des Tertiärs nimmt der Gehalt gelöster fester Bestandteile mit steigender Teufe zu (z. B. TASCHE 1853a: 17, aber auch in den Bohrungen

der Södergrundquelle und der Roland-Krug-Quelle): Die Vermischung der aufsteigenden NaCl-Sole mit geringer mineralisierten, oberflächennahen Grundwässern verändert zunehmend den Chemismus des Wassers. Dabei verringert sich der Gesamtgehalt gelöster fester Bestandteile stark, das Wasser wird sozusagen verdünnt. SCHARPFF (1972: 165) weist auf die Bedeutung von Ionenaustauschvorgängen hin, wobei das Aquifergestein („Austauscher“) Ionen aus dem mineralisierten Wasser adsorptiv bindet und seinerseits Ionen an das Wasser abgibt, wodurch sich dessen Ionenverhältnisse verändern. So konnte LEBMANN et al. (2001: 119, Tab. 9-2) am Beispiel des Brunnens V von Bad Salzhausen zeigen, wie die aufsteigende NaCl-Sole durch Mischung mit einem Erdalkali-Hydrogencarbonat-Grundwasser aus dem Vogelsberg unterschiedlich stark verdünnt wird. Relativ wenig verdünnte Wässer stellen die beiden Solsäuerlinge (Nibelungen- und Roland-Krug-Quelle) dar, die beide durch Gesamtgehalte gelöster Feststoffe von > 23 g/l ausgezeichnet sind, während die Södergrundquelle (mit 11,8 g/l gelöster Feststoffe) ein Beispiel für ein Mischwasser ist. Der etwas erhöhte H₂S-Gehalt der Schwefelquelle geht auf den Einfluß des Torfs in der quartären Bedeckung des Talkessels zurück, der das Sulfat des Wassers zu H₂S reduziert: 1934 war die Schwefelquelle in 7 m Tiefe neu gefaßt worden, und frei von H₂S. Erst als man ihr wieder die Durchströmung des Torfs ermöglichte, stellte sich wieder ein H₂S-Gehalt ein (MÜLLER 1952: 75).

Die geophysikalischen Untersuchungen zeigen, daß die Salzkonzentration der Mineralwässer auch horizontal schwankt: So gibt es zumindest in 5, 20 und in 40 m Teufe Areale, in denen stärker mineralisiertes Wasser auftritt. Hochkonzentrierte Na-Cl-Thermalsole trat den Bohrlöchern sowohl aus dem Trachyt (Zweite Lepsius-Tiefbohrung 1906-1908) als auch aus den Rotliegend-Gesteinen (Thermalsolebohrung Bad Salzhausen 1975-1976) zu, doch jeweils nur in sehr geringen Mengen, weshalb beide Bohrungen aufgegeben wurden. Die Sole aus dem Trachyt hatte maximale Temperaturen von 40 °C (SCHOTTLER 1925: 26), die Sole aus den Rotliegend-Gesteinen 34,7 °C (Unterlagen Staatsbad Bad Salzhausen).

Als Aufstiegswege der Sole nehmen FLATHE & HOMILIUS (1972: 272) „Kluftsysteme“ im Trachyt an. Die Karte (Abb. 9) zeigt, daß die Zone der Mineralwasserführung auf die südöstliche Hälfte des Horstes von Bad Salzhausen beschränkt ist, einen Bereich, der nicht vom Trachyt unterlagert wird, sondern von mächtigen tertiären Sedimenten und im Liegenden von Gesteinen des Rotliegenden. Dienten hauptsächlich Klüfte im Trachyt als Aufstiegswege, müßten auch die quartären und tertiären Sedimente der nordwestlichen Hälfte des Horstes von Mineralwasser erfüllt sein und im südöstlichen Bereich des Horstes müßten die am stärksten mineralisierten Wässer direkt an der Grenze zum Trachyt, also im NW, auftreten. Beides ist

nicht der Fall. Deshalb ist es wahrscheinlicher, daß nicht Klüfte, sondern Störungen als Aufstiegswege fungieren. Ein weiteres Indiz stützt meine Annahme: 1976 hatten die Bohrarbeiten der Solebohrung am Landgrafenteich, der späteren Roland-Krug-Quelle, Auswirkungen auf die Grundwasser-Meßstelle 49 der OVAG in Nidda (Unterlagen Staatsbad Bad Salzhausen). Die Meßstelle liegt bei R 35 00 640 / H 55 85 700 (LEBMANN et al. 2001: 96) und damit ca. 1,7 km SE der Bohrung der Roland-Krug-Quelle. Dies spricht dafür, daß zumindest die NW-SE-streichende Abschiebung, die den Horst von Bad Salzhausen im NE begrenzt, der Sole Aufstiegsmöglichkeiten bietet. Auch noch weiter im NW, „auf der Widdersheimer Weide“, fand man schwaches „Salzwasser“ in einer Tiefe von 23,75 m (KLIPSTEIN 1788: 399). Möglicherweise ist der Wasseraustritt identisch mit einer „Sauerquelle“ auf den sog. 10 Morgen bei Ober-Widdersheim, die aber schon in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts zugeworfen wurde (TASCHE 1853b: 106, 1858: 72). Die genaue Lage dieser Austritte ist nicht bekannt; die von SCHARPFF (1972: 70) vermutete Stelle befindet sich im Berstädter Markwald und kann deshalb nicht mit der „Widdersheimer Weide“ identisch sein.

5 Auswertung der erarbeiteten Inhalte

5.1 Besonders beeindruckende Sachverhalte

- Salzhausen Teil des zweitgrößten Vulkangebiets Mitteleuropas
- Vogelsberg ist „nördlichster Teil Afrikas“ (Plattentektonik)
- vor 19-12 Ma Vulkanismus, subtropisches bis tropisches Klima wie heute in Südostasien, belegt durch Vulkanite und Braunkohle sowie deren Fossilien
- im Untergrund von Bad Salzhausen ein Trachytdom (Alter: $18,0 \pm 0,6$ Ma)
- „Fahrstuhltektonik“: Salzhausen vor Zeit des Vogelsberg-Vulkanismus eine Tiefscholle, heute aber eine Hochscholle
- mitten in den Vulkaniten Mineralwasser: *„Eine Saline in so rein plutonischer Umgebung, auf und zwischen Basaltrücken, ist nun gewiss eine in ihrer Art seltene, vielleicht einzige Erscheinung.“ (CREDNER 1849)*
- im 19. Jh. technikgeschichtlich bedeutsame Bohrungen (TASCHE)
- mehrere beeindruckend tiefe und teure Bohrungen (bis zu 1000 m Teufe), ebenfalls oft Fehlschläge
- Herkunft des Salzes in den Mineralwässern aus dem hessisch-thüringischen Grenzgebiet im Raum Fulda – Bad Salzungen, durch Auflösung von Steinsalz
- Braunkohle mit Blätterkohle und Karpolithenkohle, älteste Weinreben Hessens. Braunkohle von Bad Salzhausen ist geologiehistorisch eines der bedeutendsten Braunkohlen-Vorkommen Deutschlands und wurde von zahlreichen berühmten Geologen und Geognosten besucht und wissenschaftlich bearbeitet. **Aufgrund der Bedeutung der Braunkohle, die derjenigen der Mineralquellen nahezu gleichrangig ist, empfehle ich eine zusätzliche Grundlagenermittlung für die Braunkohle**

5.2 Für Bevölkerung besonders wichtige Sachverhalte

- Vogelsberg eines der wasserwirtschaftlich bedeutsamsten Gebiete in Hessen

5.3 Besonders gut vermittelbare Sachverhalte

- Na- und Cl-Gehalte der Quellen sind zu schmecken (und können auch durch Salz/Salzprodukte und andere Exponate gut vermittelt werden)
- Fe-Gehalte der Quellen sind als Eisenschlämme und -krusten zu sehen
- Ca-Gehalte der Quellen sind als Sinter zu sehen

5.4 Interdisziplinäre Ansätze

- Bezüge zwischen Hydrogeologie/Hydrochemie und Wissenschaftsgeschichte (LIEBIG)

- Bezüge zur Geschichte (Nutzung der Wässer für Saline und Bade- bzw. Kurbetrieb, Braunkohlenbergbau, Bohrungen etc. etc.)

6 Schrifttum

- ALLGEMEINER DEUTSCHER BÄDERVERBAND (Hrsg.) [1916]: Bäder-Handbuch. – XVIII+ 201 S., 75 Taf.; Breslau (Verl. d. Allg. Dt. Bäderzeitung).
- ALTEMÜLLER, H. J. & POETSCH, T. (1993): Mikromorphologische Ansätze zur Rekonstruktion tertiärer Umwandlungsprozesse im Aufschluß „Eiserne Hose“ bei Lich/Oberhessen. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges., **72**: 1491-1494; Göttingen.
- ANONYMUS (ca. 1908): Tiefbohrungen zu Bad=Salzhausen. – Großes, koloriertes Poster mit Profilen M = 1:500 von „Tiefbohrung II“, „Tiefbohrung I“ und „Solquelle Nr. I“, mit Lageplan M = 1:2000 und Geologischem Profil M = 1:500; o. O. [Heimatmuseum Nidda]
- BACKWINKEL, C. (1984): Zum Einfluß der Vulkanite auf die Chemie der Grundwässer im Vogelsberg/Hessen. – Giessener Geol. Schriften, **38**: 228 S., 9 Abb., 27 + 7 Tab.; Giessen.
- BINDERNAGEL, F. (um 1830): Plan des Kurgartens zu Salzhausen. – Frankfurt a.M. (Dondorf).
- BLÖCHER, E. (1931): Salinen und Salzhandel in der Wetterau mit besonderer Berücksichtigung von Nauheim im 17. und 18. Jahrhundert. – Sonderdruck aus Mitt. Oberhess. Geschichtsver., **30**, 77 S.; Gießen (von Münchowsche Universitäts-Druckerei Otto Kindt).
- BOGAARD, P., WÖRNER, G. & HENJES-KUNST, F. (2001): Chemical stratigraphy and origin of volcanic rocks from the-drill core „Forschungsbohrung Vogelsberg 1996“. – Geol. Abh. Hessen, **107**: 69-99, 7 Abb., 4 Tab., 1 Anh.; Wiesbaden.
- BOGAARD, P. & WÖRNER, G. (2003): Petrogenesis of Basanitic to Tholeiitic Volcanic Rocks from the Miocene Vogelsberg, Central Germany. – Journ. Petrol., **44** (3): 569-602, 13 Abb., 6 Tab.; Oxford.
- BÖHME, M. (2003): The Miocene Climatic Optimum: evidence from ectothermic vertebrates of Central Europe. – Palaeogeogr., Paleoclimatol., Palaeoecol., **195**: 389-401, 5 Abb., 1 Tab.; Amsterdam.
- CABRAL, C. (1973): Die Tertiären Laterite des westlichen Vogelsberges und ihre Eignungen als Steine und Erden-Rohstoffe. – Diss. TU Clausthal, 153 S., 105 Abb., 58 Tab.; Clausthal.
- CARLÉ, W. (1975): Die Mineral- und Thermalwässer von Mitteleuropa. Geologie, Chemismus, Genese. – XXIV + 643 S., 14 Abb., 1402 Analysentab., 15 Kt.; Stuttgart (Wiss. Verlagsges.).
- CHELIUS, C. (1904a): Die hessischen Kur- und Badeorte und Mineralbrunnen unter besonderer Berücksichtigung des Bades Salzhausen. – Gewerbeblatt f. d. Grossherzogtum Hessen, **67** (Nr. 2): 29-30; Darmstadt.
- CHELIUS, C. (1904b): Der vulkanische Vogelsberg in seinen Beziehungen zu den Sol- und Heilquellen an seinem Rande. – Balneol. Ztg., **15** (No. 5), Sonderdruck, 6 S.; Berlin.
- CHELIUS, C. [1905]: Geologischer Führer durch den Vogelsberg, seine Bäder und Mineralquellen. – 110 S., zahlr. Abb., 1 Kt., 2 Prof.; Gießen (Roth).
- CLOOS, H. (1955): Geologische Strukturkarte der Mittelgebirge. – Geol. Rdsch., **44**: Anl.; Stuttgart.
- CREDNER, [K. A.] (1849): Ueber das Vorkommen des Salzes bei Salzhausen. – Ber. Oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilkd., **2**: 39-42, 1 Profil; Giessen.
- DEPPERMANN, K., HOMILIUS, J. & REPSOLD, H. (1960): Bericht über geoelektrische Untersuchungen in Bad Salzhausen (Oberhessen). – Masch.schrftl. Gutachten, Ber. E 404,

- Niedersächs. Landesamt für Bodenforschung, 7 S., 2 Abb., 8 Anl.; Hannover. [Archiv Staatsbad Bad Salzhausen]
- DIEDERICH, G. & EHRENBERG, K.-H. (1975): Erl. geol. Kt. Hessen, Bl. 5721 Gelnhausen (2. Aufl.). – 256 S., 35 Abb., 14 Tab., 1 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- DIEFFENBACH, E. (1856): Geol. Specialkt. d. Großherzogthums Hessen u. d. angrenzenden Landesgebiete 1:50000, Sect. Gießen. – Darmstadt (Jonghaus).
- DILICH, W. (1605): Hessische Chronica. – Titelbl. + 11 Bl. + 189 S. (1. Theil) + 3 Bl. + 357 S. + 12 Bl. (2. Theil), zahlr. Abb.; Cassel (Wilhelm Wessel). [Faksimiledruck, hrsg. von W. NIEMEYER, Kassel 1961 (Bärenreiter-Verlag), mit Anh. von 24 S.]
- DRECHSLER, D. (1983): Ein Geschenk der Natur. Mineralquellen zwischen Taunus und Vogelsberg. – In: Kreissparkasse Friedberg (Hrsg.), „Die Wetterau“ – Beiträge zur Kultur-, Wirtschafts- und Sozialgeschichte einer Landschaft, S. 313–328, 9 Abb., 4 Tab.; Friedberg (Hessen) (Bindernagelsche Buchhandlung).
- DREHER, S. (1996): Totalfeldmessungen des Erdmagnetfeldes im Vorderen Vogelsberg und ihre Interpretation im Hinblick auf Förderzonen der tertiären Vulkanite und den Schollenbau der Basaltbasis. – Frankfurter Geowiss. Arb., Serie A, **14**: 194 S., 59 Abb., Frankfurt am Main
- EBHARDT, G., EHRENBERG, K.-H., HOTTENROTT, M., KÖTT, A., LEBMANN, B. & NESBOR, H.-D. (2001): Geologie und Hydrogeologie des südwestlichen Vogelsberges und seiner Umrahmung (Exkursion C am 19. April 2001). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **83**: 65-86, 11 Abb.; Stuttgart.
- EHRENBERG, K.-H. (1986): Vulkanische Bildungen im Vogelsberg. – Fortschr. Min., **64** Beih. 2: 1-34, 3 Abb., 18 Tab.; Stuttgart.
- EHRENBERG, K.-H., FROMM, K., GRUBBE, K., HARRE, W., HENTSCHEL, G., HÖLTING, B., HOLTZ, S., KREUZER, H., MEISL, S., NÖRING, F., PLAUMANN, S., PUCHER, R., STRECKER, G., SUŠIĆ, M. & ZSCHAU, H.-J. (1981): Forschungsbohrungen im Hohen Vogelsberg (Hessen) Bohrung 1 (Flösser-Schneise) Bohrung 2/2A (Hasselborn). – Geol. Abh. Hessen, **81**, 166 S., 89 Abb., 17 Tab., 9 Taf.; Wiesbaden.
- EHRENBERG, K.-H. & HICKETHIER, H. (1985): Die Basaltbasis im Vogelsberg. Schollenbau und Hinweise zur Entwicklung der vulkanischen Abfolge. – Geol. Jb. Hessen, **113**: 97-135, 2 Abb., 1 Tab., 2 Taf.; Wiesbaden.
- ENGELHARDT, H. & SCHOTTLER, W. (1914): Die tertiäre Kieselgur von Altenschlirf im Vogelsberg. – Abh. Großhzgl. Hess. Geol. Landesanst. Darmstadt, **5** (4): 259-337, 18 Taf.; Darmstadt.
- ENSSLIN, F. (1926): Ueber die Quellen von Bad Salzhausen. – Notizbl. Ver. Erdkd. u. Hess. Geol. Landesanst. Darmstadt f. d. Jahr 1925, (V) **8**: 251-255, 3 Tab.; Darmstadt.
- V. ETTINGHAUSEN, C. (1868): Die fossile Flora der älteren Braunkohlenformation der Wetterau. – Sitzungsber. k. Akad. d. Wissensch., I. Abth., LVII + 87 + XI S., 5 Taf.; Wien.
- FLATHE, H. & HOMILIUS, J. (1972): Erkundung von Salzvorkommen und Soleaufstiegsgebieten mit der geoelektrischen Widerstandsmethode. – Geol. Jb. **90**: 265-282, 12 Abb.; Hannover.
- FLECK, L. (1921): Die Flurnamen von Kohden bei Nidda und der Gemarkungen Salzhausen und Harbwald.- 77 S., mehrere Abb.; Darmstadt (Hess. Staatsverlag).
- FUHRMANN, U. & LIPPOLT, H.-J. (1987): K-Ar-Datierungen an Maintrapp-Basalten aus Bohrungen in Frankfurt a. M. nach der $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -Stufenentgasungstechnik. – Geol. Jb. Hessen, **115**: 245-257, 6 Abb.; 2 Tab.; Wiesbaden.

- GEO ZENTRUM VULKANEIFEL & LANDKREIS DAUN (Hrsg.) (2002): Geo-Infoband Vulkaneifel (2. Aufl.). – 218 S., zahlr. Abb.; Daun (Geo Zentrum Vulkaneifel).
- GRAFF, [J. A.] (1825): Einige Notizen über die Mineralquelle zu Salzhausen und ihre Heilkräfte. – 20 S.; Darmstadt (in Commiss. bei J. W. Heyer).
- HAAS, F. & WENZ, W. (1923): Unio batavus taunicus Kobelt aus unterpliocänen Tonen von Salzhausen. – Notizbl. Ver. Erdk. Hess. Geol. Landesanst. Darmstadt f. d. Jahre 1919/22, V. Folge, **5**: 204; Darmstadt.
- HOERNLE, K., ZHANG, Y.-S. & GRAHAM, D. (1995): Seismic and geochemical evidence for large-scale mantle upwelling beneath the eastern Atlantic and western and central Europe. – Nature, **374**: 34-39, 4 Abb.; London.
- HÖLTING, B. (1969): Die Ionenverhältnisse in den Mineralwässern Hessens. – Notizbl. hess. Landesamt f. Bodenforsch., **97**: 333-351, 12 Abb.; Wiesbaden.
- HÖLTING, B. (1977): Bemerkungen zur Herkunft der Salinarwässer am Taunusrand. – Geol. Jb. Hessen, **105**: 211-221, 1 Abb.; Wiesbaden.
- HÖLTING, B. (1979): Neue Mineralwasservorkommen in Hessen. – Heilbad u. Kurort, **31** (4): 84-93, 9 Abb.; Gütersloh.
- HÖLTING, B. (1985a): Erläuterungen zur Karte der Mineral- und Heilwasservorkommen in Hessen 1:300 000. – 37 S., 1 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden
- HÖLTING, B. (1985b): Gedanken zur Geohydraulik von Mineralwässern in Hessen. – Geol. Jb. Hessen, **113**: 145-150, 1 Taf.; Wiesbaden.
- HORN, P., LIPPOLT, H. J. & TODT, W. (1972): Kalium-Argon-Altersbestimmungen an tertiären Vulkaniten des Oberrheingraben. I. Gesamtgesteinsalter. – Eclogae geol. Helv., **65/1**: 131-156, 4 Abb., 2 Tab.; Basel.
- HOTTENROTT, M. (1985): Palynologie und Stratigraphie im Vogelsberg mit besonderer Berücksichtigung der Tiefbohrung Salzhausen. – Geol. Jb. Hessen, **113**: 75-82, 3 Abb.; Wiesbaden.
- HUMMEL, K. (1924): Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik der Wetterau. – Jahresber. u. Mitt. Oberrhein. geol. Ver., N.F. **13**: 64-71; Stuttgart.
- HUMMEL, K. (1929): Die tektonische Entwicklung eines Schollengebirgslandes (Vogelsberg und Rhön). – Fortschr. Geol. u. Palaeont., **8**, H. 24, VIII + 233 S., 12 Abb., 1 Kt.; Berlin (Gebr. Borntraeger).
- JOCHHEIM, P. (1858): Die Mineralquellen des Grossherzogthums Hessen, seiner Enclaven, und der Landgrafschaft Hessen-Homburg. – XVI + 138 S., 1 Tab.; Erlangen (Ferdinand Enke).
- JUNG, S. & MASBERG, P. (1998): Major- and trace-element systematics and isotope geochemistry of Cenozoic mafic volcanic rocks from the Vogelsberg (central Germany) – Constraints on the origin of continental alkaline and tholeiitic basalts and their mantle sources. – Journ. Volcan. Geotherm. Research, **86**: 151-177, 13 Abb., 5 Tab.; Amsterdam u. a.
- KAISERL. GESUNDHEITS-AMT (1900): Deutschlands Heilquellen und Bäder. – XVI + 400 S., zahlr. Abb.; Berlin (Oswald Seehagen).
- KÄB, W. & KÄB, H. (Bearb.) (2008): Deutsches Bäderbuch (2. Aufl.). – 1232 S., 588 Abb., 314 Tab., 282 Analysen, 1 Kartenbeil.; Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).

- KIRCHHEIMER, F. (1935): Weitere Mitteilungen über die Früchte und Samen aus deutschen Braunkohlen. III. Bemerkenswerte Reste der Salzhäuser Braunkohle. – Braunkohle, **1935** (H. 43/44): 614-721 + 735-739, 24 Abb.; Halle (Saale).
- KIRCHHEIMER, F. (1955): Die Karpolithenkohle von Salzhausen im Vogelsberg. – Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch., **83**: 47-70, 2 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.
- KIRNBAUER, T. (2007): Rezente und fossile Mineral- und Thermalwasseraustritte am Taunusrand (Exkursion D am 12. April 2007). – Jahresber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **89**: 167–192, 14 Abb.; Stuttgart.
- KLIPSTEIN, P. E. (1784): Beobachtungen und Gedanken über die Lagerstätte und den Ursprung der Salzquellen in der Wetterau. – Hess. Beyträge zur Gelehrsamkeit u. Kunst, **1** (1. Stück): 40-47; Frankfurt a.M.
- KLIPSTEIN, P. E. (1788): Aeltere und mittlere Geschichte des Salzwertes zu Salzhausen bei Nidda. – Vorlesungen d. Churpfälz. physikal.-ökonom. Ges. Heidelberg, **3**: 389-418; Mannheim.
- KÖBRICH, [C.] (1931): Roland Krug von Nidda, seine Familie und sein Werk. – Die Fundgrube, Beilage XV, 16 S., 3 Abb.; Darmstadt.
- KÖTT, A., NESBOR, H.-D. & EHRENBERG, K.-H. (2001): Schichtenverzeichnis der Forschungsbohrung Vogelsberg 1996. – Geol. Abh. Hessen, 107: 15-47, 18 Abb.; Wiesbaden.
- KOWALCZYK, G. (1983): Das Rotliegende zwischen Taunus und Spessart. – Geol. Abh. Hessen, **84**: 99 S., 48 Abb., 2 Tab., 8 Taf.; Wiesbaden.
- KREUZER, H., BESANG, C., HARRE, W., MÜLLER, P., ULRICH, H.-J. & VINKEN, R. (1973): K/Ar-Datierungen an jungtertiären Basalten aus dem Vogelsberg und dem Raum zwischen Kassel und Göttingen. – Fortschr. Min., **50**, Beih. 3: 10-11; Stuttgart.
- KREUZER, H., KUNZ, K., MÜLLER, P., SCHENK, E. unter Mitarbeit von HARRE, W. & RASCHKA, H. (1974): Petrologie und Kalium/Argon-Daten einiger Basalte aus der Bohrung 31, Rainrod I (Vogelsberg). – Geol. Jahrb., **D9**: 67-84, 6 Abb., 4 Tab.; Hannover.
- LANDESAMT F. DENKMALPFLEGE HESSEN, ENDERS, S. R. C. T. & MOHR, C. (Hrsg.) (1982): Baudenkmale in Hessen. Wetteraukreis I. – 456 S., zahlr. Abb.; Braunschweig (Friedr. Vieweg & Sohn).
- LANGSDORF, J. W. (1788): Fortsetzung [sic] der Geschichte des Salzwertes zu Salzhausen. – Vorlesungen d. Churpfälz. physikal.-ökonom. Ges. Heidelberg, **3**: 419-472 + 643-644, 2 Taf.; Mannheim.
- LANGSDORF, Karl Christian (1784): Vollständige auf Theorie und Erfahrung gegründete Anleitung zur Salzwertskunde [Theil 1-3]. – Titelbl. + 3 Bl. + XV + 1 Bl., 482 S., 9 Bl., 22 Kupfertaf.; Altenburg (Richterische Buchhandlung).
- LEPSIUS [R.] [1902]: Verlauf und Resultate der Tiefbohrung auf Sole in Bad Salzhausen. – 16 masch.schrftl. S., 1 Profil, 1 Kt.; o.O. [Archiv Staatsbad Bad Salzhausen].
- LEBMANN, B., SCHARPFF, H.-J., WEDEL, A. & WIEGAND, K. (2000): Grundwasser im Vogelsberg. – 2 S., 21 Abb.; Wiesbaden (Hess. Minist. f. Umwelt, Landwirtschaft u. Forsten / Hess. Landesamt f. Umwelt u. Geologie).
- LEBMANN, B., WIEGAND, K. & SCHARPFF, H.-J. (2001): Die Hydrogeologie des vulkanischen Vogelsberges. – Geol. Abh. Hessen, **108**: 144 S., 65 Abb., 13 Tab., 10 Anl. auf CD; Wiesbaden.

- LIEBIG, [J.] (1825): Chemische Untersuchung der Soole zu Salzhausen. – Archiv f. d. ges. Naturlehre, **5** (H. 4): 454-462; Nürnberg.
- LIEBIG, J. (1843): Analyse des Mineralwassers zu Salzhausen. – Ann. Chemie Pharmacie, **48**: 28-34; Heidelberg.
- LIPPOLT, H. J., TODT, W. & BARANYI, I. (1973): Kalium-Argon-Altersbestimmungen zum Spessart- und Vogelsberg-Vulkanismus. – Tagungsunterlagen der Geowiss. Tagung in Frankfurt a.M. (zugleich 125. Hauptverslg. d. Dt. geol. Ges.): 17-18; Frankfurt a. M.
- LIPPOLT, H. J., TODT, W. & HORN, P. (1974) Volcanism of the Rhinegraben: potassium-argon ages, local setting, petrology and gravity anomalies. – In: ILLIES, J. H. & FUCHS, K. (Hrsg.), Approaches to Taphrogenesis. Inter-Union Commission on Geodynamics, Scientific Report No. 8: 213-221, 2 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- LUDWIG, R. (1852): Geognostische Beobachtungen in der Gegend zwischen Gießen, Fulda, Frankfurt a.M. und Hammelburg. – 52 S., 2 Kt.; Darmstadt (Jonghaus & Venator).
- LUDWIG, R. & THEOBALD, G. (1852): Ueber die Mitwirkung der Pflanzen bei der Ablagerung des kohlen-sauren Kalkes. – Ann. Physik u. Chemie, **87**: 91–107, 1 Tab.; Leipzig.
- MICHELS, F. (1926): Der Ursprung der Mineralquellen des Taunus. – Ber. Senckenberg. Naturforsch. Ges., **56**: 225-238, 1 Abb.; Frankfurt a.M.
- MICHELS, R. & SCHMIDT, S. (2000): Die Heilquellen des hessischen Staatsbades Bad Salzhausen – Fakten und Daten im Überblick -. – LfW-Bericht 211/00, II + 98 S., zahlr. Abb. u. Tab., 11 Anl.; Mainz (Landesamt für Wasserwirtschaft).
- MÖBUS, H.-M. (2008): Die Hessischen Gräben als mehrfach duktil entkoppelte „pull apart“-Strukturen. – Geol. Jb. Hessen, **135**: 5-23, 12 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.
- MÖLLER, C. Ph. (1835): Mittheilungen aus der Erfahrung über die Wirkung und Anwendung der Sool-Bäder, insbesondere zu Salzhausen. Eine Anleitung zum zweckmäßigen Gebrauche derselben für Kurgäste und angehende Aerzte. – XVI + 207 S., 1 Frontispiz, 1 Taf.; Darmstadt (Ludwig Pabst).
- MÜLLER, W. (1952): Der Chemismus der Quellen in Beziehung zum Untergrund.- Schriftenreihe dtsh. Bäderverband, **8**: 70-78, 2 Abb.; Gütersloh.
- NESBOR, D. (2005): Gesteinsabfolge und Bohrlochgeophysik der Bohrung Rehberg im Hohen Vogelsberg – Beispiel einer Kooperation des HLUg mit dem Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben. – Jahresber. Hess. Landesamtes f. Umwelt u. Geologie, **2004**: 131-134, 4 Abb.; Wiesbaden.
- NESBOR, H.-D. & WONIK, T. (2004): Mächtige trachytische Block- und Aschenstrom-Ablagerungen im Hohen Vogelsberg – Gesteinsabfolge und Bohrlochgeophysik der Bohrung Rehberg. – Z. Angew. Geol. **50** (2): 50-51, 2 Abb.; Stuttgart.
- NIELSEN, H., & RAMBOW, D. (1969): S-Isotopenuntersuchungen an Sulfaten hessischer Mineralwässer. – Notizbl. hess. Landesamt f. Bodenforsch., **97**: 352-366, 2 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.
- OPPENHEIM, [P.] (1922): Wilhelm Wenz: Das Tertiär im Vogelsberg und seine Beziehungen zu dem der Wetterau und zu anderen Tertiärlagerungen [Buchbesprechung]. – N. Jb. Min., Geol. Paläont., **1924** (I): 239-242; Stuttgart.
- OTT, V. R. (1974): Begutachtung der „Söder-Grund-Quelle“, Bad Salzhausen – vorläufige Stellungnahme. – Masch.schrftl. Gutachten, 10 S.; Bad Nauheim. [Archiv Staatsbad Bad Salzhausen]

- REISCHMANN, T. & SCHRAFT, A. (2009): Der Vogelsberg – Geotope im größten Vulkangebiet Mitteleuropas. – 252 S., zahlr. Abb.; Wiesbaden (Hess. Landesamt f. Umwelt u. Geologie).
- RITTER, J. R. R., JORDAN, M., CHRISTENSEN, U. R. & ACHAUER, U. (2001): A mantle plume below the Eifel volcanic fields, Germany. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **186**: 7-14, 3 Abb.; Amsterdam u. a.
- ROTHE, P. (2005): Die Geologie Deutschlands. 48 Landschaften im Portrait. – 240 S., 142 Abb.; Darmstadt (Primus Verlag).
- SCHARPFF, H.-J. (1972): Die Mineralwässer der Wetterau (Hessen). Hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen im Niederschlagsgebiet der Nidda. – Maschinenschriftl. Diss. Geol.-Paläont. Inst. TH Darmstadt, 5 Bl. + 256 S., 32 Abb., 18 Tab., 1 Kt.; Darmstadt.
- SCHMIDT, G., SCHNELLE, K. W. & WOLLMANN, E. (1939): Grossdeutschlands Heilbäder, Seebäder, Kurorte und Versand- Heilwässer nach dem Stande vom 1.4.1939. 12. Aufl. – 403 S.; Berlin (Reichsfremdenverkehrsverband).
- SCHOTTLER, W. (1921a): Erl. Geol. Kt. Hessen 1:25000, Bl. [5519] Hungen. – 106 S., 1 Bl.; Darmstadt.
- SCHOTTLER, W. (1921b): Geol. Kt. Hessen 1:25000, Bl. [5519] Hungen. – Darmstadt.
- SCHOTTLER, W. (1925): Die Geologie von Salzhausen nebst einem Überblick über den Bau der Wetterau und des Vogelsberges. – *Notizbl. Ver. Erdkd. u. d. Hess. Geol. Landesanst. Darmstadt f. d. Jahr 1924*, (V) **7**: 23-55, 1 Kt.; Darmstadt.
- SCHOTTLER, W. (1926): Untergrund und Aufbau des vulkanischen Vogelsberges. – *Jahresber. Mitt. Oberrhein. geol. Ver., N.F.*, **15**: 11-18, 1 Kt.; Stuttgart.
- SCHOTTLER, W. (1931): Der Bau des Vogelsberges erläutert an einem geologischen Querschnitt durch den Vogelsberg im Maßstab 1:75 000 (Tafel 1) und einer Karte der vulkanischen Durchbrüche des Hohen Vogelsberges im Maßstab 1:100 000 (Tafel 2). – *Notizbl. Ver. Erdkd. u. d. Hess. Geol. Landesanst. Darmstadt f. d. Jahr 1930*, (V) **13**: 16-61, 2 Taf.; Darmstadt.
- SCHOTTLER, W., WENZ, W., HUMMEL, K., KEGEL, W. & RICHTER, H. (1926): Bericht über die 53. Versammlung des Oberrheinischen geologischen Vereins in Salzhausen (14.–20. April 1925) sowie über die Exkursionen. – *Jahresber. Mitt. Oberrhein. geol. Ver., N.F.*, **15**: 1-10; Stuttgart.
- SCHRICKE, W. (1975): Erl. geol. Kt. 1:25000, Bl. 5319 Londorf. – 192 S., 26 Tab., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- SCHÜTZE, C. (1907): Kochsalzquellen. – In: *Deutsches Bäderbuch*, S. 119-274; Leipzig (J. J. Weber).
- SCHWENZER, B. (1967): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 139 Frankfurt am Main. – 35 S., 3 Abb., 1 Kt.; Bad Godesberg (Selbstverlag Bundesanst. f. Landeskunde u. Raumforschung).
- SCHWARZ, T. (1988): Laterit im Vogelsberg (Hessen): Bauxitkonkretionen und umgelagerte Roterde. – *Bochumer geol. u. geotechn. Arb.*, **29**: 179-183, 3 Abb.; Bochum.
- SCHWARZ, T. (1997): Lateritic bauxite in central Germany and implications for Miocene palaeoclimate. – *Palaeogeogr., Palaeolimnol., Palaeoecol.*, **129**: 37-50, 10 Abb.; Amsterdam.
- SONNE, W. & FRANKE, E. (1893): Die Mineralquellen des Hessischen Soolbades Salzhausen. – *Ztschrft. f. angew. Chemie*, **1893**: 430-434; Berlin.

- SONNE, W. & RÜCKER, A. (1891a): Beiträge zur Kenntniß neu erschlossener Mineralquellen des Soolbades Salzhausen. – Gewerbebl. f. d. Großhgzth. Hessen, **54**: 246-254, 1 Abb.; Darmstadt.
- SONNE, W. & RÜCKER, A. (1891b): Untersuchung neu erschlossener Mineralquellen des Soolbades Salzhausen. – Ztschrft. f. angew. Chemie, **1891**: 212-216; Berlin.
- STEGEMANN, W. (1964a): Zur Datierung der Rockenberger und Ostheimer Schichten in der Wetterau und Allgemeines zur Sporenstratigraphie im Chatt/Miozän Hessens. – Notizbl. hess. Landesamt f. Bodenforsch., **92**: 139-153, 3 Abb.; Wiesbaden.
- STEGEMANN, W. (1964b): Paläontologie und Stratigraphie einiger Sedimentvorkommen im Vogelsberg. – Diss. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Gießen, 2 Bl. + 36 S. + 1 Bl., 18 Abb.; Gießen.
- STEUER, [A.] (1912): Über die Bildung von Mineral- und Grundwasser in der Wetterau. – Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, **55** (Nr. 43): 1054-1057; München.
- STOBER, I. & BUCHER, K. (2000): Herkunft der Salinität in Tiefenwässern des Grundgebirges – unter besonderer Berücksichtigung der Kristallinwässer des Schwarzwaldes. – Grundwasser, **3**(5): 125-140, 11 Abb., 3 Tab.; Berlin – Heidelberg.
- TASCHE, [H.] (1847a): Die Salzquellen zu Salzhausen oder Beantwortung der Frage, ob sich bei dieser Saline hochprocentige Soole erschürfen lässt. – Ber. Oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilkd., **1**: 16-17; Giessen.
- TASCHE, [H.] (1847b): Das Bohren in aufgeschwemmtem Land auf der Großherzoglich Hessischen Saline Salzhausen in der Wetterau. – Berg- u. hüttenmänn. Ztg., **6** (No. 49): 785-788, Fig. 1-7 auf Taf. 6; Leipzig.
- TASCHE, [H.] (1849a): Beiträge zur geognostischen Kenntniss der Umgegend von Salzhausen. – Ber. Oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilkd., **2**: 35-38, 1 Profil; Giessen.
- TASCHE, [H.] (1849b): Die Saline Salzhausen. – Gewerbebl. f. d. Großhgzth. Hessen, **12**: 173-176 + 182-184 + 198-200; Darmstadt.
- TASCHE, [H.] (1850): Die Erschürfung reicherer Soolquellen zu Salzhausen. – Mskript., masch.schrftl. Abschrift, 17 S.; Salzhausen. [Archiv Staatsbad Bad Salzhausen]
- TASCHE, H. (1853a): Das Soolbad Salzhausen in der Wetterau. – 32 S., 1 Stahlstich; Gießen (Ferber'sche Universitäts-Buchhandlung).
- TASCHE, [H.] (1853b): Ueber einige Sauer- und Gasquellen am südwestlichen Rande des Vogelsberge. – Ber. Oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilkd., **3**: 105-116, 1 Abb.; Giessen.
- TASCHE, [H.] (1854): Salzhausen. Mit besonderer Rücksicht auf die geognostischen Verhältnisse seiner Umgegend. – Ber. Oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilkd., **4**: 72-127, 1 Kt., 1 Profil; Giessen.
- TASCHE, [H.] (1857): Einiges über die Bohrarbeiten zu Salzhausen in der Wetterau. – Der Berggeist, **2**: 162-163 + 176-177, 1 lithogr. Beil.; Köln.
- TASCHE, H. (1858): Kurzer Ueberblick über das Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen im Grossherzogthum Hessen. – VIII + 92 S.; Darmstadt (G. Jonghaus).
- TASCHE, H. (1859): Das Braunkohlenlager von Salzhausen mit Rücksicht auf die Entstehung der Braunkohlen in der Wetterau und im Vogelsberg. – Jahrb. k. k. geol. Reichsanst., **10**: 521-534, 1 Taf.; Wien.
- TASCHE, H. (1900): Das Soolbad Salzhausen in der Wetterau im Grossherzogtum Hessen. Zweite, nach dem Tode des Verfassers neubearbeitete Auflage von Karl Schnittspahn). – 1 Bl. + 44 S. + 10 Bl., 4 Abb., 2 Kt.; Giessen (Emil Roth).

THÖLDE, J. (1603): Haligraphia, Das ist / Gründliche vnd eigentliche Beschreibung aller Saltz Mineralien. Darin von deß Saltzes erster Materia / Ursprung / Geschlecht / Unterscheid [sic] / Eigenschafft [...] klerlich gehandelt wird, Beneben einer Historischen Beschreibung aller Saltzwercke ihrer Umbstende vnd Gelegenheit. Auch wie man aus allen Metallen vnd vornembsten Mineralien / deßgleichen aus Thieren / Kreutern und Gewürtzen ihre Saltz außziehen / vnd zu Menschlicher Gesundheit brauchen sol. – 24 Bl. + 316 S. + 1 Bl. + 6 Bl.; [Leipzig] (Jacob Apel). [Reprint Verl. Drei Birken, 2008]

THÖLDE, J. (1612): Haliographia, Das ist: Gründliche vnnnd eigentliche Beschreibung aller Saltz-mineralien / Darinn von deß Saltzes erster Materia / Ursprung / Geschlechte / vnterscheid [sic] / Eigenschafft [...] klärlich gehandelt wird / Beneben einer Historischen Beschreibung aller Saltzwercke / ihrer Umstände vnd gelegenheit. Auch wie man aus allen Metallen vnd vornembsten Mineralien / deßgleichen aus Thieren / Kräutern und Gewürtzen ihre Salz außziehen / vnd zu Menschlicher gesundheit brauchen soll. – 336 S. + 8 Bl.; [Leipzig] (Jacob Apel). [Reprint Reprintverlag Leipzig 1992]

WEDEPOHL, K. H., GOHN, E. & HARTMANN, G. (1994): Cenozoic alkali basaltic magmas of western Germany and their products of differentiation. – *Contrib. Mineral. Petrol.* **115**: 253-278, 7 Abb., 8 Tab.; Berlin – Heidelberg u. a.

WENZ, W. (1922): Das Tertiär im Vogelsberg und seine Beziehungen zu dem der Wetterau und zu anderen Tertiärablagerungen. – *Ber. Wetterau. Ges. ges. Naturkd.*, **1909/1921**: 1-81, 2 Abb., 3 Taf.; Hanau.

WIEGAND, K. (1975): Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zur Festsetzung des qualitativen und quantitativen Heilquellenschutzgebietes für die Heilquellen des Hessischen Staatsbades Bad Salzhausen in Nidda, Stadtteil Bad Salzhausen, Wetteraukreis. – 20 S., 2 Kt.; Wiesbaden. [Archiv Staatsbad Bad Salzhausen]

WILLE, G. A. (1828): Geognostische Beschreibung der Gebirgsmassen zwischen Taunus- und Vogelsgebirge, von der Lahn nach dem Main, Rhein und der Nahe, nebst besonderer Beachtung der daselbst vorkommenden verschiedenartigen Mineralquellen. – 168 S., 1 Tab., 2 Kt.; Mainz (Kupferberg).

WILSON, M. & DOWNES, H. (2006): Tertiary-Quaternary intra-plate magmatism in Europe and its relationship to mantle dynamics. – In: STEPHENSON, R. & GEE, D. (Hrsg.), *European Lithosphere Dynamics*, Geol. Soc., London, *Memoirs*, **32**: 147-166, 11 Abb., 1 Tab.; London.

WINKELMANN, J.-J. (1697): Gründliche und Warhafte Beschreibung Der Fürstenthümer Hessen und Hersfeld / Samt deren einverleibten Graf- und Herrschaften mit den benachbarten Landschaften / deren Natur / Eigenschaft des Landes [...].- 10 Bl. + 600 S.; Bremen (Herman Brauer).

WITTENBECHER, M. (1992): Geochemie tholeiitischer und alkaliolivinbasaltischer Gesteine des Vogelsberges. – *Geol. Abh. Hessen*, **97**, 52 S., 12 Abb., 9 Tab.; Wiesbaden.

WOLF, J. R. (2003): Zwischen Jagdvergnügen und Kriegsgefahr: Stadt und Amt Nidda im 17. und 18. Jahrhundert. – In: DASCHER, O. & PFNORR, R. (Hrsg.), *Nidda. Die Geschichte einer Stadt und ihres Umlandes* (2. Aufl.), S. 141-165, 12 Abb.; Nidda (Niddaer Heimatmuseum).

7 Anhang

Von Frau Kerstin Bär (Stadt Nidda, Bauamt) wurden die im Anhang 7.1 aufgeführten Pläne in einem GIS-System mit der Flurkarte (Automatisierte Liegenschaftskarte, ALK 2009) georeferenziert und – soweit es möglich war – zur Deckung gebracht. Alle im Anhang (7.2 und 7.3) angegebenen R-/H-Werte (Gauß-Krüger-System) von Bohrungen sowie Bohr- und Schachtbrunnen beziehen sich auf die georeferenzierten Pläne oder auf ihre Darstellung in der ALK, soweit sie dort verzeichnet sind (vor allem noch vorhandene Brunnen).

7.1 Georeferenzierte Karten

1788

- „Situations-Riß des Hessischen Salzwerks zu Salzhausen“ (LANGSDORF 1788: Taf. II)
 - fünf Salzbrunnen mit dem Buchstaben „i“ (LANGSDORF 1788: 644 = Tafelerklärung), ein Salzbrunnen mit dem Buchstaben „s“ (LANGSDORF 1788: 451, 470) und einen Salzbrunnen im sog. Kunsthaus mit dem Buchstaben „k“ („In demselben ist ein Salzbrunnen“ (LANGSDORF 1788: 644 = Tafelerklärung)
 - Ich identifiziere folgende sieben Brunnen (von W nach E):
 - VII: rechteckiger Schachtbrunnen
 - III: rechteckiger Schachtbrunnen
 - Unbekannter runder Brunnen direkt am E-Ende von Gradierbau Nr. IV
 - I: runder Brunnen
 - V: im Kunsthaus (direkt S der Roßkunst = k): die Form ist unbekannt, ich habe ein Kreissymbol gewählt
 - VI: rechteckiger Schachtbrunnen
 - die Schwefelquelle

um 1856

- „Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“. Plan ist LEPSIUS (1902) beigegeben (Staatsarchiv Darmstadt, G 31 Q, Nachlaß Hesse, Konv. 56, Fsz. 5)
- die Datierung „um 1856“ ergibt sich aus mehreren Gründen:
 - eingetragen sind nahezu alle Bohrungen von TASCHE aus dem Jahr 1847 mit den Angaben in hess. Fuß und nicht in der 1902 üblichen Angabe in m
 - eingetragen ist das Tasche'sche Bohrloch Salzhausen (1856-1858 gebohrt) mit der Angabe „Projectirter Bohrpunct“. Der Plan stammt deshalb aus der Zeit **vor** der Bohrung
 - die in den Plan weiterhin eingetragene „Neue Bohrung 1901“ stammt von anderer Hand und ist später eingetragen worden
 - Bebauung etc. geben den Stand um 1850 wieder
 - die Schreibweise ist diejenige aus der Mitte des 19. Jhdts.

1859

- „Grundriss des salzhäuser Braunkohlenlagers nach den 6 vorgerichteten Abbau-Etagen“ (TASCHE 1859: Taf. X, Fig. 1)

1891

- „Situationsplan von dem Soolbad Salzhausen“ (SONNE & RÜCKER 1891a: 248-249)
- Plan wird von FLECK (1921: 6) mit Ergänzungen erneut publiziert

1900

- „Uebersichtskarte über Bad und Kurpark Salzhausen in der Gemarkung Kohden“ (TASCHE 1900)

um 1908

- „Lageplan M = 1:2000“ in ANONYMUS (ca. 1908)

1955

- „Konfiguration des Braunkohlenvorkommens von Salzhausen nach der äußersten Verbreitung seiner Kohlenarten und mit den nach 1945 angelegten Schächten“ (KIRCHHEIMER 1955: 48)

1975

- „Plan 1:10.000. Anlage 2 zum Antrag des Hessischen Staatsbades Bad Salzhausen auf Genehmigung einer Tiefbohrung zur Erschließung von Thermalsole“ (Archiv Staatsbad Bad Salzhausen)

um 1977

- Ausschnitt aus Flurkarte ohne Maßstab (Archiv Hess. Staatsbad Bad Nauheim)
- habe eine Kopie auf Umweltschutzpapier, die ich nicht zuordnen kann. Die zeitliche Einstufung ergibt sich aus der Tatsache, daß die Roland-Krug-Quelle verzeichnet ist

7.2 Tabellarische Aufstellung der Bohrungen

Vorbemerkung

Im Anhang 7.2 sind alle Bohrungen aus der Zeit ab 1820 chronologisch zusammengestellt, die im Mineralquellengebiet von Bad Salzhausen und seiner unmittelbaren Nachbarschaft abgeteuft worden sind.

Bohrung im Lichtschacht 3 des Stollens des Braunkohlenbergwerks (1821-1822 + 1838-1840)

- **Nr. 19 in SCHOTTLER (1921a, b)**
- **Bohrloch I in LEPSIUS (1902: 2)**
- **„Bohrversuch bei a“ in TASCHE (1854)**
- Keine Sole
- 1821-1822 ausgeführt von Bergrat LANGSDORF und dem Berggeschworenen STORCH im „Stollenlichtschacht Nr. 3“ im Stollen, „der über ihm befindliche 55' [= 13,75 m] hohe Schacht bot [...] bequemen Raum dar“ (TASCHE 1850: 2-3)
- Bohrung war 1822 117,5 m (= 470 Fuß) tief und wurde 1838-1840 vertieft auf 155,7 m (= 623 Fuß) (LEPSIUS 1902: 2)
- 1838-1840 wurden die Bohrarbeiten im alten Bohrloch durch Oberfinanzrat REUSS wieder aufgenommen (TASCHE 1850: 3). Bohrung mußte „aber, eingetretener Schwierigkeiten halber, schon in einer Teufe von 620' [= 155,0 m], ohne Soole erschürft zu haben, aufgeben“ werden (TASCHE 1854: 74, cf. Fußnote auf p. 97 und Bemerkung auf p. 125)
- Gesamte Kosten der Bohrung: ca. 6000 Gulden! (TASCHE 1850: 3)
- R 3498530 / H 5586496
- Lage: Die Bohrung im Lichtschacht 3 ist im „Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (ca. 1856) am „Bergwerksweg“ beim „Sandhauschen bei Lichtschacht Nr. 3“ eingezeichnet. Diese Lage stimmt nicht mit der von SCHOTTLER (1921b) angegebenen überein, sondern liegt weiter östlich. Die von SCHOTTLER (1921b) angegebene Lage entspricht einem weiteren, weiter westlich gelegenen Lichtloch (in einem undatierten Plan im Heimatmuseum Nidda als Lichtloch B bezeichnet), ist also falsch; das dazu gehörige Profil ist nicht bekannt.
- unvollständiges Profil nach WILLE (1828: 144):
 - -44,65 m: „Tauch-Gebirge“ „ist Wacke, blasiger Basalt“
 - -94,13 m: „Thon- und Kalkmergel“ (M = 49,48 m)
 - -100,67 m: „Thongebirge“ (M = 6,54 m)
 - -137,70 m: Tone, Letten und Sande, mit 1 cm Eisenstein (M = 37,03 m)
- Profil nach TASCHE (1854: 95-96):
 - -95 m: Basaltische Tuffe bzw. - 93 m: „basaltische Tuff- und Conglomeratbildungen“ (TASCHE 1857)
 - -155,0 m: Sande und Tone (sind dort genauer aufgeschlüsselt)
- Profil nach LEPSIUS (1902: 2):
 - -100 m: Basalttuffe
 - -155,7 m: Sande und Tone

Bohrung am Soolbrunnen Nr. II (1825)

- 1825: Bohrung am Soolbrunnen Nr. II, 32,5 m tief (= 130 Fuß) (LEPSIUS 1902: 2)
- Keine Sole (LEPSIUS 1902: 2)
- 1826: „In der neuern Zeit sind die Bohrversuche in der Nähe der alten Soolbrunnen wiederholt worden, dabei aber noch kein entschiedenes Resultat erzielt.“ (WILLE 1828: 147)
- genaue Lage: unbekannt

Bohrung am Soolbrunnen Nr. VII (1826)

- 1826: Bohrung am Soolbrunnen Nr. VII, 9,0 m tief (= 36 Fuß) (LEPSIUS 1902: 2)
- Keine Sole (LEPSIUS 1902: 2)
- 1826: „In der neuern Zeit sind die Bohrversuche in der Nähe der alten Soolbrunnen wiederholt worden, dabei aber noch kein entschiedenes Resultat erzielt.“ (WILLE 1828: 147)
- genaue Lage: unbekannt

Zwei Bohrungen vor dem Kunsthaus Nr. 9 (1828)

- gebohrt von Oberfinanzrat REUSS „vor dem Kunsthaus Nr. 9“. Teufe von 130' = 32,5 m, die in 24,5 m (= 98 Fuß) Sole von 2 % Gehalt gaben. Quellen wurden gefaßt und das Wasser mit Saugpumpen etwa 1 Jahr gefördert, bis die Brunnen versiegten (TASCHE 1850: 3)
- genaue Lage: unbekannt, aber im Bereich zwischen Wasserrad und Wasserturm (= polygonaler Hochbehälter für Sole aus dem 18. Jhdt., LANDESAMT F. DENKMALPFLEGE HESSEN et al. 1982: 334)

Zwölf Bohrversuche in den sog. Bruchwiesen (1846)

- die Flur „Die Faktor und Bruchwiese“ liegt in der heutigen Flurkarte im Bereich der Lithiumquelle
- gebohrt durch den „Accessist[en]“ (TASCHE 1849b: 176) oder Assistenten PFANNMÜLLER mit Teufen von meist 30-50' (= 7,5-12,5 m), max. 15 m. In der Nähe der Salzbrunnen und innerhalb der durch Salzflora bezeichneten Fläche wurde „Tagessoole“ nachgewiesen (TASCHE 1850: 4)
- genaue Lage der Bohrlöcher: unbekannt

Bohrungen von 1847

- 1847: Es werden durch TASCHE insgesamt 34 Bohrungen abgeteuft, um das Torfmoor zu erkunden. Alle Bohrungen wurden von Tasche ausgeführt (TASCHE 1854: 96). Die dafür neu entwickelte Bohrtechnik erlaubte vor allem das Bohren im Trieb- bzw. Treibsand und wurde von TASCHE (1847b) beschrieben. Die meisten Bohrungen sind nur 4-5 m tief, sieben gehen von 25 bis 53 m. TASCHE (1850: 4) selbst gibt übertreibend an, „viele“ der 34 Brg. seien über 30 m (120') tief gewesen. Das Wasser trat aus Sanden des prä vulkanischen Tertiärs „mit kaum merklichem Salzgehalte“ von meist 0,5-0,75 % zu (TASCHE 1854: 125, LEPSIUS 1902: 2). Lediglich in drei Bohrungen (ohne Nr., Nr. V, Nr. XI) wurden mit 1 %, 1,25-1,5 % bzw. 1,5 % höhere Salzgehalte angetroffen. Die folgenden Angaben wurden dem „Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (1856) und LEPSIUS (1902: 2) entnommen:

- ohne Nr./1847: 26,75 m (107 Fuß). Hier 1 %ige Sole. Möglicherweise handelt es sich um die Brg. Nr. I/1847 oder XXXIV/1847, für die LEPSIUS (1902: 2) eine Teufe von 25 bzw. 25,5 m angibt. R 3498921 / H 5586475
- Nr. II/1847: 30,00 m. R 3498822 / H 5586466
- Nr. III/1847: 9,00 m (36 Fuß). Hier 0,5 %ige Sole. R 3498791 / H 5586431
- Nr. IV/1847: 9,00 m (36 Fuß). Hier 0,5 %ige Sole. R 3498828 / H 5586434
- Nr. V/1847: 53,25 m (213 Fuß): hier 1,25-1,5 %ige Sole. Für Brg. Nr. V („Bohrversuch bei b.“) gibt TASCHE (1854: 96) eine Teufe von 212,6 Fuß sowie ein detailliertes Profil an. Nach TASCHE (1854: 125) lag der Salzgehalt bei nur 1 %. R 3498768 / H 5586404
- Nr. VII/1847: nur Lage bekannt. R 3498782 / H 5586401
- Nr. VIII/1847: nur Lage bekannt. R 3498787 / H 5586407
- Nr. X/1847: 38,25 m (153 Fuß) bzw. 38,00 m. R 3499150 / H 5586505
- Nr. XI/1847: 32,00 m (128 Fuß): 1,5%ige Sole („Bitterwasser“). Diese Bohrung entspricht Punkt c der Karte von TASCHE (1854). Hier fand sich „ein sehr bitterschmeckendes, 1 ½ - 1 5/8 pC. feste Bestandtheile enthaltendes Wasser“ – dies ist die 1857 gefaßte Bitterquelle. 32,00 m
- Nr. XXXIII/1847: 34,00 m (136 Fuß): Lage unbekannt
- Nr. XXXIV/1847: 25,50 m (102 Fuß): Lage unbekannt (s. o.)
- Einige der Bohrlöcher ließ TASCHE fassen (TASCHE 1849b: 176), woraus dann die Lithiumquelle entstand
- „Eine Reihe von kleineren Bohrversuchen von 100–213’ Tiefe, welche der Verfasser ausgeführt hat, haben den Beweis geliefert, daß über diesen Rayon hinaus, wenigstens in den oberen Erdschichten, nur süßes Wasser gefunden wird.“ (TASCHE 1853a: 16)
- Lage: im „Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (ca. 1856) sind die meisten der 34 Bohrungen eingetragen, doch fast alle ohne Bezeichnung bzw. Bohrnummer. Bei vielen ist die Teufe und bei wenigen ist der Salzgehalt angegeben

Bitterquelle (1847, 1857 gefaßt)

- 1847 von TASCHE in einer Bohrung entdeckt und „zu Anfang des Jahres 1857 gefasst und erfreut sich bereits einer guten Aufnahme.“ (TASCHE 1858: 73-74)
- Wegen der Teufenangabe und der Geschmacksangabe durch TASCHE (1854: 125) muß es sich um die Brg. Nr. XI/1847 mit 32,00 m Teufe handeln. Diese Bohrung entspricht Punkt c der Karte von TASCHE (1854). Hier fand sich „ein sehr bitterschmeckendes, 1 ½ - 1 5/8 pC. feste Bestandtheile enthaltendes Wasser“ (= 1,5-1,625%ig) (TASCHE 1854: 125)
- Lage: wenige m WSW der Stahlquelle. Verzeichnet im „Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (ca. 1856)
- R 3499125 / H 5586752
- spätere Nachrichten über die Quelle fehlen
- Analyse der „Bittersalzquelle“:
 - CHELIUS (1905: 95)

Bohrung von der Sohle von Förderschacht XI des Braunkohlenbergwerks (1849)

- **Brg. 30 bei SCHOTTLER (1921a: 104) – fehlt in SCHOTTLER (1921b)**
- im Herbst 1849 ließ TASCHE von der Sohle von Förderschacht XI in 140’ (= 35 m) Teufe eine Bohrung abteufen.
- R 3497988 / H 5586689

- Seine eigene Leistung feiert TASCHE (1850: 4-5) mit den Worten „Solche Aufschlüsse in den jüngeren Gebirgsformationen sind selten!“. Eine ausführliche Beschreibung des Profils findet sich in TASCHE (1849a). TASCHE (1849a: 36, 38; 1854: 85-86, 1859: 528) gibt folgendes zusammengesetzte Profil an:
 - 17,0 m: Dammerde auf Lehm
 - 7,75 m: Plastischer Ton, ob rötlich, unten weiß („Dachletten“)
 - 24,15 m: Braunkohlen
 - 13,25 m: gute Braunkohle („Förderkohle“)
 - 10,90 m: schlechte Braunkohle („Blätter- und taube Kohle“)
 - 3,13 m: Schwarzer. plastischer Ton („Sohlletten“)
 - 1,28 m: Weißer, plastischer Ton
 - 0,78 m: Weißgrauer, toniger Sphärosiderit (dieser wird auch von TASCHE 1856: 237 beschrieben)
 - 2,78 m: Olivinreicher, „von Bitumen durchdrungenen Basalt“ (TASCHE 1854). TASCHE (1849a: 37) gibt „ein olivinreiches, von Bitumen durchdrungenes Augit- oder Basaltgestein“ an. TASCHE (1854: 86) ist sich nicht sicher, ob es sich um den Gang, „der in der Nähe der Grube die Zone eines Rückens bildet und hier aus der Spalte übergequollen ist“ oder aber einen älteren Lavastrom handele. SCHOTTLER in ENGELHARDT & SCHOTTLER (1914: 331) hält die letztere Meinung für richtig und glaubt, „daß der auf seinem Ostwestprofil [TASCHE 1854, T.K.] durch die Umgebung von Salzhausen als mächtiger, südöstlich fallender Gang eingetragene Basaltkörper westlich von der Kohle als ein liegender und ein hangender Strom aufzufassen ist, daß die Kohle also zwischen zwei älteren Basalergüssen liegt.“ (ENGELHARDT & SCHOTTLER 1914: 331)
- Aus der Nähe dieser Bohrung gibt KIRCHHEIMER (1955: 52) das Profil des Stefanie-Schachts an:
 - 5 m Lößlehm
 - 4 m: Roterde mit Allit-Geröllen, Lettenstreifen und Basaltbrocken
 - 11,5 m: bunte, tonige Tuffite
 - 2,5 m: grauer, sandiger Ton (Dachletten)
 - 23,5 m: Braunkohle
 - 14,9 m: holzreiche Humuskohle
 - 0,9 m: Karpolithenkohle
 - 7,7 m: Blätterkohle, im unteren Teil mit dünnen Tuffit-Horizonten
 - dunkler, fetter Ton (Sohlletten)

Tasche'sches Bohrloch Salzhausen (1856-1858)

- **Brg. Nr. 18 in SCHOTTLER (1921a, b)**
- **„Quelle I“ im Profil von LEPSIUS (1902)**
- **HLUG 5519/2348**
- Lage: R 3498913/ H 5586482
- Evtl. speist das Wasser aus diesem Bohrloch die beiden Brunnen in der heutigen „Trinkhalle“ bzw. „Wandelhalle“, die um 1830 errichtet wurde (LANDESAMT F. DENKMALPFLEGE HESSEN et al. 1982: 334-335)
- 1856-1858 (SCHOTTLER 1921a: 95). Beginn Februar 1856 (TASCHE 1857: 162), Ende: Mai 1858 (LEPSIUS 1902: 5)
- TASCHE (1847a: 17) schlägt die „Vornahme eines tiefen Bohrversuchs“ vor, um „stärkere Soole“ im erwarteten Buntsandstein und vielleicht sogar einen „Salzstock“ zu erbohren. Weitere Gedanken und Vorschläge für diese Bohrung bringt TASCHE (1850), der als Lokation einen „Raum“ vorschlägt, „welcher das Kunsthaus Nr. 9 oder vielmehr der in

demselben befindliche Salzbrunnen Nr. 3 umschliesst.“ Hier dürfte „die meiste Aussicht zur Erreichung einer besseren Soole oder gar des Steinsalzes darbieten.“ (TASCHE (1850: 16). TASCHE suchte tatsächlich nach Steinsalz und „hochprocentigen Soolen“ (TASCHE 1858: 42)

- TASCHE (1857) bringt in der Fachzeitschrift „Der Berggeist“ technische Details der Bohrung und verweist auf die neue Bohrtechnik, die er bereits 1847 veröffentlicht habe (TASCHE 1847b)
- Lage: nördlich vom Kunsthaus ist im „Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (ca. 1856) ein „x“ eingetragen ist, laut Legende „Projectirter Bohrpunct“. Dieses Kreuz bezeichnet den Ansatzpunkt der „Tasche-Bohrung“ von 1856-1858
- R 34 98 940 / H 55 86 530
- Höhe: 141,5 m über NN (SCHOTTLER 1921a: 95)
- Teufe: 545 Fuß = 136 m (LEPSIUS 1902: 3) bzw. 136,27 m (SCHOTTLER 1921a: 95-97)
- Profil nach LEPSIUS (1902: 3):
 - -136 m: pliozäne Sande und Tone
- Profil nach SCHOTTLER (1921a: 95-97):
 - -8,83 m: Auffüllung?
 - -136,27 m tertiäre Sedimente: Sand, Kies, Ton, Braunkohle, an verschiedenen Stellen Pyrit und bei 120,02-120,12 m „Körniger schwefelsaurer Baryt mutmasslich“
- Wasserzufluß bei 73 m mit 22,5 °C und 1,25 % Salzgehalt, Wasserzufluß bei 100 m mit 23,4 °C und schwachem Salzgehalt. In „grösserer Tiefe nahmen der Salzgehalt bis auf 0 % und die Temperatur auf 15 °C ab – woraus ich schliesse, dass der Zufluss des warmen Soolwassers an diesem Orte nicht aus der Tiefe, sondern seitlich den Sanden zufliesst [...]“ (LEPSIUS 1902: 3)
- Temp. nahm „mit der Tiefe stetig zu und betrug bei 100 m u. Tag 23,4° C, doch stieg der Salzgehalt nicht über 1 ¼ v. H., weil in den verschiedenen Schichten ziemlich viel Süßwasser angetroffen wurde.“ (SCHOTTLER 1925: 25)

Trinkwasser-Bohrung am Schäfersteich im Kurpark (1899)

- **Brg. Nr. 21 in SCHOTTLER (1921a, b)**
- **Versuchsbohrloch 1 (LEPSIUS 1902: 3)**
- Lage: R 3498691 / H 5586829
- Trinkwasser-Bohrung 1899 (SCHOTTLER 1921a: 99) oder 1900 (LEPSIUS 1902: 3)
- keine Sole
- Profil nach LEPSIUS (1902: 3):
 - -7,5 m: Sande und Tone, Tertiär
 - -43,00 m: Trachyt
- Profil nach SCHOTTLER (1921a: 99-100):
 - -7,2 m: Sande und Tone, Tertiär
 - -43,64 m: Trachyt, nicht durchteuft
- Im Trachyt wurde anschließend ein Schacht niedergebracht (Teufe: 20 m) mit zwei Querschlägen, die zeigten, „dass die grossen zerbrochenen Schollen des Phonolithes mit 45° in Südwest einfielen.“ (LEPSIUS 1902: 4)

Versuchsbohrung 2 ca. 50 m SW Schacht am Schäfersteich (1900)

- **Nr. 21a in SCHOTTLER (1921a) – nicht in SCHOTTLER (1921b) verzeichnet**
- Lage: 50 m vom Schäfersteich entfernt (LEPSIUS 1902: 4)
- genaue Lage unbekannt

- keine Sole
- Profil nach LEPSIUS (1902: 4):
 - -21,0 m: Sande und Tone, Tertiär
 - -51,00 m: Trachyt
- Profil nach SCHOTTLER (1921a: 100):
 - -7,4 m: Löß/Pleistozän
 - -20,15 m: Sande und Tone, Tertiär
 - -51,00 m: Trachyt, nicht durchteuft

Versuchsbohrung 3 ca. 100 m SW Schacht am Schäfersteich (1900)

- **Nr. 21b in SCHOTTLER (1921a) – nicht in SCHOTTLER (1921b) verzeichnet**
- Lage: 100 m SW vom Schäfersteich (LEPSIUS 1902: 4)
- genaue Lage unbekannt
- keine Sole
- Profil nach LEPSIUS (1902: 4):
 - -30,0 m: Basalttuffe
- Profil nach SCHOTTLER (1921a: 100):
 - -8,3 m: Löß/Pleistozän
 - -31,00 m: Basalt, nicht durchteuft

Trinkwasserbrunnen des Salzhäuser Wasserwerks „im Abflusstälchen am Südwestende des Talkessels“

- **Nr. 31 in SCHOTTLER (1921a) – nicht in SCHOTTLER (1921b) verzeichnet**
- 4 Brunnen, ausgeführt 1900 „durch die Firma Piktet in Darmstadt“. Proben waren nicht mehr vorhanden, die Bohrprofile entstammen „einer der Badedirektion zu Nauheim gehörenden Zeichnung“ (SCHOTTLER 1921a: 104-105)
- Lage: R 3498876 / H 5586121 (Brunnen I), R 3498863 / H 5586135 (Brunnen II), R 3498850 / H 5586147 (Brunnen III), R 3498854 / H 5586124 (Brunnen IV)
- **Brunnen 1**, Profil nach SCHOTTLER (1921a: 104)
 - -30,20 m: Basalttuff
- **Brunnen 2**, Profil nach SCHOTTLER (1921a: 105)
 - -11,80 m: Basalttuff
 - -14,10 m: Sandiger Ton
- **Brunnen 3**, Profil nach SCHOTTLER (1921a: 105)
 - -17,50 m: Basalttuff
- **Brunnen 4**, Profil nach SCHOTTLER (1921a: 105)
 - -25,50 m: Tone und Sande des Tertiärs

Erste Lepsius-Tiefbohrung (1900-1901)

- **Nr. 20a in SCHOTTLER (1921a) – nicht in SCHOTTLER (1921b) verzeichnet**
- **Tiefbohrung I**
- **HLUG 5519/2351**
- 28.10.1900-22.6.1901: 413,25 m tiefe Tiefbohrung unter Leitung von LEPSIUS zur Gewinnung von warmer Sole, ausgeführt von der Bohrgesellschaft Thumann in Halle a.d.S. (LEPSIUS 1902: 1, SCHOTTLER 1921a: 99)
- Lage: 120 m S vom Kurhaus (LEPSIUS 1902: 1) bzw. 19 m S der zweiten Lepsius-Tiefbohrung (SCHOTTLER 1921a: 99)

- Lage: R 3498860 / H 5586535
- Bohrung war verrohrt bis zur Teufe von 327 m, bis zur ET steht das Bohrloch im Gestein (LEPSIUS 1902: 1). 1976 ergab eine Lotung eine Teufe von noch 78,52 m (Unterlagen Staatsbad Bad Salzhausen). Bohrung ist verstürzt (CARLÉ 1975: 222-223)
- Höhe: 142,06 m (SCHOTTLER 1921a: 98) bzw. 141,69 m (EHRENBERG & HICKETHIER 1985: 123)
- Thermalwasserzutritt im Trachyt bei Endteufe mit 36 °C und Salzgehalt von 2,12 % und 0,1 g Kohlensäure (LEPSIUS 1902: 1, 6, 11), doch konnte durch Pumpen im Oktober 1902 nur 2,7 l/s (= 238 m³/Tag) mit 27,8 °C und 2,5 % Salzgehalt als Maximum gefördert werden. LEPSIUS (1902: 12) spricht deshalb von einem Mißerfolg, für den in erster Linie die „ungenügende Verrohrung“ die Schuld habe. Über Tage soll beim Erreichen der Endteufe das Wasser artesisch mannshoch mit 33 °C herausgesprungen sein und erst „nach einer in der darauffolgenden Nacht durchgeführten Bohrlochsprengung ausgeblieben sein“ (SCHARPFF 1972: 77-78 nach einem Gutachten aus dem Archiv des Staatsbades Bad Nauheim). 1903/1904 soll das Wasser noch mit 34 °C und 1 l/s ausgeflossen sein (SCHARPFF 1972: 78)
- ausführliche Beschreibung der Bohrung bei SCHARPFF (1972: 76-78)
- Profil nach LEPSIUS (1902: 5):
 - -146 m: Sande und Tone, Tertiär
 - -413,25 m: Trachyt mit tertiären Sanden bei 188-191 m und bei 320-341 m
 - Temperaturkurve und Salzgehalt des Wassers in LEPSIUS (1902: 7) zeigen Zunahme der T und des Salzgehalts in den letzten 70 m (ab 343 m)
- Profil nach SCHOTTLER (1921a: 99) und FLATHE & HOMILIUS (1972: 278):
 - -5,5 m: q (Moorboden)
 - -146 m: Sand mit tonigen Einlagerungen des Tertiärs
 - -413,3 m: klüftiger Trachyt, evtl. mit Einlagerungen von Sand bei 188-191 und 320-341 m (vielleicht aber auch Nachfall)

„Versuchsbohrloch Nr. III“ (1904)

- Lage: R 3498839 / H 5586602
- Bohrung ist lediglich auf einem großen Poster „Tiefbohrungen zu Bad=Salzhausen“ (ca. 1908) im Heimatmuseum Nidda dokumentiert (ANONYMUS ca. 1908)
- Lage: nach Lageplan M = 1:2000 in ANONYMUS (ca. 1908) unmittelbar südlich des Kurhauses und 47,45 m NNE von Tiefbohrung II verzeichnet
- Profil nach ANONYMUS (ca. 1908):
 - -28,85 m (ET): tertiäre Sande, Tone und Braunkohlen
- ein genaues Bohrprofil ist dargestellt in ANONYMUS (ca. 1908)

Zweite Lepsius-Tiefbohrung (1906-1908)

- **Nr. 20 in SCHOTTLER (1921a, b)**
- **„Tiefbohrung II“ (ANONYMUS ca. 1908)**
- **HLUG 5519/2350**
- 1906-1908: 646,61 m tiefe Tiefbohrung unter Leitung von LEPSIUS zur Gewinnung von warmer Sole, ausgeführt von der Erkelenzer Bohrgesellschaft (SCHOTTLER 1921a: 98-99)
- eigentliche Bohrung 10.3.1907-14.12.1908 (Brief Dr. Eser vom 15.2.1910)
- Lage: R 3498853 / H 5586553
- heute deutlich aufgewölbter Bereich von ca. 5 m² Fläche mit Wasseraustritt und ausgeprägter Salzflora

- Höhe: 142,06 m (SCHOTTLER 1921a: 98)
- Zutritt von Thermalwasser aus dem geklüfteten Trachyt, das bei der Bohrung in den Rotliegend-Gesteinen verschwand, aber nach Abdichtung oben auslief. Es hatte eine Temperatur bis 40 °C und lief 1925 im Überlauf noch mit 28 °C und 19760 mg/kg Salz aus. Die Bohrung war seinerzeit die salzhaltigste aller Salzhäuser Brunnen (SCHOTTLER 1925: 26). Die Sole wurde von LEPSIUS 1909 in einer Teufe von 420 m erbohrt. „Das Wasser konnte aber nur durch Pumpen erhalten werden und steht in dem verlassenen Bohrloch wenig unter Tag an.“ (ENSSLIN 1926: 252). Hauptwasserzutritt bei 408-420 m (SCHOTTLER 1921a: 82) bzw. 420-450 m (SCHARPFF 1972: 78 nach unveröffentl. Gutachten von WAGNER 1938). Wasserzutritt aus dem Trachyt mit 3 l/s Auslauf (gepumpt). Bohrung erbrachte kaum CO₂ (CARLÉ 1975: 223). Eine chemische Analyse der Sole nach Angaben der chem. Prüfstation für die Gewerbe in Darmstadt findet sich in ENSSLIN (1926: 252)
- Bohrung wurde später bis 554,50 m mit Ton und bis 494,32 m mit Sand verfüllt, wurde aber „nach Abschluß der damaligen Arbeiten bereits wegen zu geringer Ergiebigkeit aufgegeben“ (Unterlagen Staatsbad Bad Salzhausen). Bohrung ist verstürzt (CARLÉ 1975: 223)
- 1938: Pumpversuch, Bohrloch war zu diesem Zeitpunkt mit Steinen verfüllt und wurde für den Pumpversuch freigelegt, danach wieder Verfüllung (Unterlagen Staatsbad Bad Salzhausen)
- 1952: Freilegung, Ausrüstung mit einer Pumpe und Wasserentnahme bis 1955. Nach dem Ergebnis des Pumpversuchs von 1938 und den Wasserentnahmen von 1953/1955 „sind in den Klüften des Phonoliths und den Poren der tertiären Sande, in denen beide Bohrungen stehen, größere Mengen Sole gespeichert, die sich nur sehr langsam wieder erneuern.“ (Unterlagen Staatsbad Bad Salzhausen)
- Profil nach SCHOTTLER (1921a: 98-99) und FLATHE & HOMILIUS (1972: 278):
 - -5,2 m: Mutterboden + Moorboden
 - -128,8 m: tertiäre Sande, Tone und Braunkohlen
 - Einzige fossilführende Schicht des Bohrlochs war ein dunkelgrauer Ton bei 80-82 m (SCHOTTLER 1921a: 16) mit Süßwassermuscheln, -schnecken und Ostrakoden. Die Muschelschalen wurden von HAAS & WENZ (1923) der rezenten „Lokalform“ *Unio batavus taunicus* KOBELT zugeordnet wurden. Cf. WENZ (1922: 57-59, Taf. II, Fig. 1) mit Foto der Muschel. Er sieht die Muschel als Faziesanzeiger für einen langsam fließenden schlammigen Bach oder einen kleinen, flachen See sowie für kalkreiches Wasser an. OPPENHEIM (1922: 241) hält die Bestimmung für falsch: „Bei der Unionide soll es sich nicht nur um den rezenten *Unio batavus* LM., sondern sogar um eine noch heute im gleichen Gebiet lebende Lokalform, den *U. batavus taunicus* KOBELT handeln, eine Annahme, die an und für sich unwahrscheinlich, auch nicht den zwingenden Beweis in den beigegebenen Zeichnungen findet. [...] Da zudem das Schloß in der fossilen Form bisher nicht bekannt ist, so vermag Ref. bisher dem Verf. in dieser Identifikation nicht zu folgen, und noch weniger die sehr weitgehenden tiergeographischen Folgerungen zu unterschreiben, welche er auf dieser immerhin etwas schwankenden Unterlage aufbaut.“ WENZ bestimmte auch noch die zahlreichen Schneckengehäuse zunächst als *Pseudoamnicola* (SCHOTTLER 1921a: 16), dann als *Amnicola schottleri* n. sp. (WENZ 1922: 60), die von SCHOTTLER (1931: 35) als *Amnicola schottleri* WENZ angegeben wird. HAUPT konnte mehrere Ostrakoden bestimmen (SCHOTTLER 1921a: 16), nämlich *Cytheridea muelleri* (MÜNSTER) (WENZ 1922: 60) – eine vorwiegend marine, seltener brackische Art (WENZ 1922: 60) – und *Cytheridea muelleri* (MÜNSTER) var. *torosa* Jones (SCHOTTLER 1931: 36). Aufgrund der Fossilfunde entspann sich eine Debatte über das Alter der Schicht zwischen WENZ (1922: 57 ff.) und HUMMEL (1924: 65-67; 1929 179)

- -575 m: klüftiger Trachyt
- -607 m: „Brauner, schwach durch Eisenhydroxyd verkitteter Sand mit kleinen weissen Kalkbröckchen. (Tuffit.)“ (SCHÖTTLER 1921a: 99)
- -612 m: „Grüne tonige Masse. (Tuff.)“ (SCHÖTTLER 1921a: 99). SCHÖTTLER (1931: 23-24) teilt eine chem. Analyse von 1909 mit („phonolithischer Bolus“)
- -646,61 m: Sandsteine und Tone des Oberrotliegenden mit Einlagerungen von Kalksteinen

„Neubohrung 1960“, seit ca. 1974 Södergrundquelle genannt

- **„Sole-Neubohrung“ (SCHARPFF 1972: 84)**
- R 3499116 / H 5586522
- Höhe: 141,33 m über NN (WIEGAND 1975)
- Bohrung wurde 60 m SE Schwefelquelle in einem geophysikalisch durch niedrige Widerstände ausgezeichnetem Gebiet (DEPPERMAN et al. 1960) angesetzt.
- Schichtenbeschreibung (Schichtenverzeichnis):
 - -5,5 m: Holozän mit Moorboden, schluffigem Ton und Torf
 - -8,30 m: Ton, schluffig (Pleistozän)
 - -56,00 bzw. 56,40 bzw. 56,50 m (ET): tonige Sande (Tertiär)
- „Die Schichten in Tiefen von mehr als 47 brachten einen Wasserauftrieb mit gespanntem Wasser bis 0,5 m über Flur. Der Pumpversuch erlaubte bei einer Absenkung von 8,60 m eine Entnahme von 6 m³/h. Der Chloridgehalt nahm mit der Tiefe laufend zu und lag bei 7300 mg/l bei der Endteufe.“ (FLATHE & HOMILIUS 1972: 282). Nach Erbohren war die Södergrundquelle artesisch (0,5 m über GOK = 141,83 m über NN) (WIEGAND 1975). Nach einer Sanierung bzw. Reparatur 1973 läuft der Brunnen nicht mehr artesisch über. Der Ruhewasserspiegel lag 0,55 m unter GOK = 140,78 m über NN (WIEGAND 1975), so daß gepumpt werden mußte (OTT 1974). Nach der Fassung der Nibelungenquelle wird die Södergrundquelle überwiegend als Reservebrunnen genutzt (Unterlagen Staatsbad Bad Salzhausen). Die Södergrundquelle ist der einzige Brunnen, der nicht als Heilquelle staatlich anerkannt ist; dies geht auf ein Gutachten von OTT (1974) zurück
- Analysen:
 - Gr. Heilwasseranalyse von 1968
 - CARLÉ (1975: 222)
 - HÖLTING (1985a: 32-33)

Nibelungenquelle (1972/1973)

- 1971 beantragt das Staatsbad beim RP in Darmstadt das „Niederbringen einer Reservebohrung nach Mineralwasser“ („Sole-Neubohrung“) mit der Begründung, die alten Quellen seien flach gefaßt und eine Sanierung sei „aus Kostengründen und Gründen des Heilquellenschutzes“ unzweckmäßig. Die Brunnen 1, 3, 5 und 6 sollten durch die Neubohrung ersetzt werden (Unterlagen Staatsbad Bad Salzhausen). Der Bohrpunkt wurde anhand der geoelektrischen Untersuchungen von 1959 (DEPPERMAN et al. 1960) angesetzt
- Lage: R 3498988 / H 5586418
- Brg. 1972/1973, Fassung 1973, Reparaturen 1998/99
- Höhe: 139,47 m (Unterlagen Staatsbad Bad Salzhausen)
- Schichtenbeschreibung (nach Unterlagen im Staatsbad Bad Salzhausen gibt es ein Gamma-Ray-Profil, das mir aber nicht vorliegt):
 - -10 m: Quartär
 - -204 m: Tone und Sande des Tertiärs

- bei 150-160 m Tiefe trat das wärmste Wasser auf (19,8 °C). Das Wasser lief artesisch über mit Ruhewasserspiegel von 0,5 m über GOK = 139,97 m über NN (WIEGAND 1975)
- läuft artesisch über (MICHELS & SCHMIDT 2000: 93)
- Analysen:
 - Große Heilwasseranalyse von 1973
 - Große Heilwasseranalyse von 1974
 - Analyse von 1974 (DRECHSLER): DRECHSLER (1983: 323)
 - Analyse vom 18.6.1973: HÖLTING (1985a: 32-33)

Thermalsolebohrung Bad Salzhausen (1975-1976)

- **HLUG 5519/727**
- Brg. April 1975 - Juni 1976 bzw. Okt. 1975 – Mai 1976
- Lage: R 3498967 / H 5586350
- Höhe: ca. 140 m über NN
- Schichtenbeschreibung durch WIEGAND und Kurzfassung in HOTTENROTT (1985: 75)
 - -9 m: Quartär
 - -42 m: „Intensiv zersetzte Vulkanite“ (EHRENBERG & HICKETHIER 1985: 102)
 - -571 m: Tertiär mit 6 Braunkohlenschichten, die HOTTENROTT (1985: 75) palynologisch datieren konnte. Nach dem Schichtenverzeichnis von WIEGAND liegt die Grenze bei **621,0 m**
 - ca. 180 m: Hydrobienenbild (HOTTENROTT 1985: 76) – WIEGAND: k.A.
 - ca. 230 m: Oberes Cyrenenbild (HOTTENROTT 1985: 76) – WIEGAND: k.A.
 - 352-354 m: Braunkohle, schwarz, etwas tonig (WIEGAND). Oberes Cyrenenbild (HOTTENROTT 1985: 76)
 - 392-400 m: Braunkohle, schwarz (WIEGAND). Unteres Cyrenenbild (HOTTENROTT 1985: 76)
 - 533-535 m: Ton mit etwas Braunkohle, schwarz (WIEGAND). Unteres Cyrenenbild (HOTTENROTT 1985: 76)
 - 542-548 m: Ton, Quarzit, Tonstein, Braunkohle, Basalt (WIEGAND). Unteres Cyrenenbild (HOTTENROTT 1985: 76)
 - -1000 m: Rotliegendes mit Tonsteinen, z. T. Schluffsteinen und einzelnen Feinsandsteinbänken
- Nach einem Gutachten von WIEGAND (15.9.1976) erbrachte die Bohrung am Ende des 3. Pumpversuchs qualitativ gutes Thermalwasser (Na-Cl-Thermalsole) bei 633-1000 m mit 37.009 mg/kg gelösten Feststoffen und 34,7 °C, doch lieferte sie für eine Nutzung viel zu wenig Wasser (12 l/min = 0,72 m³/h). Etwas abweichend davon gibt HÖLTING (1979: 85-86) eine Konzentration von 33.779 mg/kg, 210 mg/kg freies CO₂ und eine Temp. von 27,3 °C an. Die Bohrung wurde deshalb wieder verfüllt
- Analysen:
 - Analyse vom 5.7.1976: HÖLTING (1985a: 32-33)

Solebohrung am Landgrafenteich (1976), 1977 als Roland-Krug-Quelle getauft

- **HLUG 5515/732**
- Nach dem Fehlschlag mit der 1000 m tiefen Bohrung von 1975-1976 sollte das Wasser nun oberflächennah erschlossen werden. Neben Luftbildauswertungen wurde wiederum auf die geoelektrischen Untersuchungen von 1959 (DEPPERMAN et al. 1960) zurückgegriffen

- Lage: R 3499218 / H 5586635
- Höhe: 142,84 m über NN
- Schichtenverzeichnis (WIEGAND):
 - - 9 m Quartär
 - -205 m (ET): Tone, Sande und Kiese (Tertiär)
- Solezutritt im wesentlichen aus
 - 76-88 m (Grobsand und Kies)
 - 110-115 m (Grobsand und Kies)
 - darüber liegende, sandig-kiesige Sedimente mit geringer stark mineralisierten Na-Cl-Wässern wurden abgedichtet
- Pumpversuche ergaben $4,8 \text{ m}^3/\text{h} = 1,3 \text{ l/s}$ und max. $15 \text{ m}^3/\text{h}$ im Dauerpumpversuch, so daß die Fördermenge auf $3,6 \text{ m}^3/\text{h}$ begrenzt wurde (Unterlagen Staatsbad Bad Salzhausen). Heute werden $3,96 \text{ m}^3/\text{h}$ (= 66 l/min) entnommen (HÖLTING in KÄB & KÄB 2008: 837), doch muß das Wasser gepumpt werden, d. h., es gibt keinen artesisch Überlauf (MICHELS & SCHMIDT 2000: 93)
- Analysen:
 - 2006 (FRESENIUS) in HÖLTING in KÄB & KÄB (2008: 841)

7.3 Tabellarische Aufstellung der Schachtbrunnen

Vorbemerkung

Die Bezeichnungen einiger Brunnen haben sich im Laufe der Zeit geändert. Die im folgenden benutzten Namen bzw. Numerierungen beziehen sich auf die **letzte** Benennung. Es wird die neutrale Bezeichnung „Brunnen“ gewählt, auch wenn sich in der alten Literatur und den alten Unterlagen meist Bezeichnungen wie „So(o)lquelle“, „So(o)lbrunnen“, „Salzquelle“, „Salzbrunnen“, „Quelle“ etc. finden.

Unbekannter Brunnen ohne Numerierung (vor 1788)

- Direkt am Ostende des Gradierbaus Nr. IV, WNW vom Brunnen I (im Wasserturm), ist in LANGSDORF (1788: Taf. II) ein „Salzbrunnen“ mit runder Form eingetragen. Von dieser Stelle sind in späteren Unterlagen keine Brunnen bekannt

Brunnen I (vor 1788)

- Lage: R 3498935 / H 5586490 (im Mittelpunkt des sog. Wasserturms, eines polygonalen Hochbehälters für Sole aus dem 18. Jhdt., LANDESAMT F. DENKMALPFLEGE HESSEN et al. 1982: 334). Frühe Abbildungen des Turms finden sich in MÖLLER (1835: Frontispiz) und TASCHE (1853: Frontispiz)
- An der Stelle des heutigen Brunnens Nr. I ist in LANGSDORF (1788: Taf. II) ebenfalls ein „Salzbrunnen“ mit runder Form eingetragen, was dafür spricht, daß der Wasserturm zu dieser Zeit bereits existierte, doch ist seine Nummer nicht bekannt. Ein Brunnen Nro. 1 hatte 1825 einen Salzgehalt von 0,25 % (WILLE 1828: 146), doch ist seine Lage unbekannt
- man mag mit SCHARPFF (1972: 80) spekulieren, daß der Brunnen Nr. I auf den bereits 1697 genannten „Alten Brunnen“ und damit vielleicht sogar auf die 1629 erschlossene „Hauptquelle“ zurückgeht, doch gibt es dafür keine Belege
- im „Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (ca. 1856) ist der Hochbehälter verzeichnet, doch wird er als „Salzbr. Nr. II“ (mit einem Salzgehalt von 1 %) bezeichnet. **Vieles spricht dafür, daß sich in der ersten Hälfte des 19. Jhdt. der wichtigste Brunnen unter dem Hochbehälter befand und als Nr. II bezeichnet wurde:** 1825 liefert der „Brunnen Nro. 2“ die größte Menge der Rohsole, die für die Saline entnommen wird (WILLE 1828: 147). Das Wasser des „Soolbr. Nr. 2“ tritt aus 30 Fuß Teufe (= 7,5 m) mit ca. 3-4 Kubikfuß/Minute und einem Salzgehalt von ca. 1 % und einer Temp. von 15 °C zu (WILLE 1828: „Tabellarische Zusammenstellung ...“ hinter p. 168, Nr. 12). „Die Soole wird aus der Quelle Nr. 2 durch ein Pumpentriebwerk der Saline aus einer Tiefe von ungefähr 30 Fuß [= 7,5 m, TK] zu Tage gefördert. Hiernach zum Trinken, zur Versendung und zu Bädern verwendet.“ (MÖLLER 1835: 199). Der „Hauptbrunnen Nr. 2, der auch der tiefste ist“, war mit 5,05 mio Kubikfuß Schüttung in 9 Monaten, wohl einer Saison, auch der stärkste Brunnen (TASCHE 1854: 126). Nach TASCHE (1853a: 18) hat LIEBIG am 7.4.1843 das „Wasser des Salzbrunnens Nr. 2“ beprobt und dann untersucht (LIEBIG 1844)
- der Brunnen im Wasserturm ist erstmals 1891 als „Salzbrunnen Nr. 1“ im „Situationsplan von dem Soolbad Salzhausen“ verzeichnet (SONNE & RÜCKER 1891: 248-249); 1892 wurde er als „Kochsalzquelle No. I“ bezeichnet (SONNE & FRANKE 1893: 430-431). 1900

wird das für Trinkzwecke genutzte Wasser von „Brunnen I“ in drei „Hähne an der Aussenseite des über dem Brunnen [...] erbauten Thurms“ geleitet, doch wird das Wasser auch für Badezwecke genommen (SCHNITTSPAHN in TASCHÉ 1900: 14). Der „Salzbrunnen I“ ist ca. „10 m tief ausgeschachtet und mit Holz ausgekleidet“ (SCHÜTZE 1907: 223); nach Unterlagen des Staatsbades Bad Salzhausen handelt es sich um einen 9,7 m tiefen, gemauerten Schachtbrunnen von 5,5 x 5,5 m Grundfläche, während SCHARPFF (1972: 81) einen elliptischen Querschnitt von ca. 5,0 x 3,8 m angibt.

- Das Wasser fließt „im Beharrungszustand“ auf Höhe von 139,73 m über NN in den Salzbach frei über (1973)
- Analysen:
 - 1892 („Kochsalzquelle No. I“): SONNE & FRANKE (1893: 430-431)
 - Analyse in CARLÉ (1975: 222)

Brunnen II

- Als „Salzbr. II“ wurde in der 1. Hälfte des 19. Jhdt. der Brunnen I unter dem Wasserturm bezeichnet (s. o.)
- Im „Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (ca. 1856) ist SE des Brunnens VII und S des Gradierbaus Nr. IV ein weitere „Salzbr. II“ verzeichnet, doch bezieht sich die Eintragung auf eine Bohrung von 1847, in der Mineralwasser angetroffen wurde
- in späteren Karten, Veröffentlichungen und Unterlagen ist ein Brunnen II nicht mehr verzeichnet
- Analysen: nicht bekannt

Brunnen III (vor 1788)

- Lage: R 3498862 / H 5586474. Im „Pumphaus“ bzw. Pumpenhaus von ca. 1820, das eine Pumpenanlage aus dem 18. Jhdt. schützte (LANDESAMT F. DENKMALPFLEGE HESSEN et al. 1982: 334), von SCHARPFF (1972: 81) „Brunnenhäuschen“ genannt
- rund um das Pumpenhaus dringt heute Salzwasser auf (mit Salzflora)
- An der Stelle des heutigen Brunnens III ist von LANGSDORF (1788: Taf. II) ein eckiger Schachtbrunnen eingetragen, doch ist seine Nr. nicht bekannt. 1825 hatte ein Brunnen Nro. 3 einen Salzgehalt von ca. 1 % (WILLE 1828: 146), doch ist seine Lage nicht bekannt
- **Im „Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (ca. 1856) nennt sich der heutige Brunnen III „Salzbr. VI“**
- 1891, im „Situationsplan von dem Soolbad Salzhausen“ (SONNE & RÜCKER 1891: 248-249), wird er dann „Salzbrunnen Nr. III“ genannt und das Wasser 1892 als „Kochsalzquelle No. III“ untersucht (SONNE & FRANKE 1893: 431-432). 1900 wurde das Wasser von „Salzbrunnen Nr. III“ bzw. „Brunnen Nr. 3“ für Trinkzwecke genutzt und z. T. mit Bad Nauheimer Mutterlauge angereichert (SCHNITTSPAHN in TASCHÉ 1900: 14, 18). Der „Salzbrunnen III“ war ca. „10 m tief ausgeschachtet und mit Holz ausgekleidet“ (SCHÜTZE 1907: 223). Nach SCHARPFF (1972: 82) war der ca. 7,5 m tiefe Brunnen in Holz gearbeitet und hatte einen trapezoedrigen Querschnitt mit Innenmaßen von 3,14 bis 3,3 m
- Analysen:
 - evtl. Analyse (LIEBIG): SIMON (1839: 210-211) (cf. SCHÜTZE 1907: 224)
 - evtl. Analyse von LIEBIG (1843), vermutet von SONNE & FRANKE (1893: 432)
 - 1892: SONNE & FRANKE (1893: 431-432)
 - Analyse von 1952 (FRESENIUS): CARLÉ (1975: 222, 223)

Brunnen IV (vor 1900)

- Lage: unbekannt
- 1825: bei WILLE (1828: 146) wird ein Brunnen Nro. 4 (als einziger von insgesamt 8) nicht aufgeführt
- es gibt einen „Salzbr. IV“ mit einem Salzgehalt von 0,5 % im „Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (ca. 1856), doch ist damit eine Bohrung von 1847 gemeint. Die Brg. liegt in der Nähe der späteren Lithiumquelle
- um 1900 wurde die Lithiumquelle Quelle „Nr. IV“ (SCHNITTSPAHN in TASCHÉ 1900: 17) bzw. „Quelle 4“ (SCHNITTSPAHN in TASCHÉ 1900: 27) bzw. „Quelle IV“ („Lageplan M = 1:2000“ in ANONYMUS ca. 1908) genannt
- in den Plänen von 1975 und 1977 wird ein Brunnen IV nicht aufgeführt
- nicht in SCHARPFF (1972: 82) aufgeführt
- besteht 1971 nicht mehr (interne Unterlagen bei Nibelungenquelle)

Brunnen V (vor 1697)

- Lage: R 3498922 / H 5586462
- heute Rohr mit Wasseraustritt und Salzflora
- über dem Brunnen befand sich früher das Kunsthaus Nr. 9 bzw. IX („Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (ca. 1856)). Das Kunsthaus wurde 1734 über einen der damals existierenden vier Brunnen errichtet (KLIPSTEIN 1788: 392). Nach einem Inventar im HStA Darmstadt von 1737 war das „neue brunnen- oder kunsthaus“ „drey stockwerck“ hoch; es enthielt den „**neuen Brunnen**“ und das ‚kunstwerck‘ (WOLF 2003: 164 nach HStA Darmstadt), ein mit Maultierkraft betriebenes Trittrad (LANGSDORF 1788: 426-427). 1745 war er gut 30 Fuß tief (7,5 m) und bei weitem der stärkste der vier vorhandenen Brunnen; er lieferte jährlich 8800 Centner Salz (KLIPSTEIN 1788: 395-396). LANGSDORF wollte die vier vorhandenen Brunnen neu fassen, doch versuchte er das nicht beim vierten Brunnen „wegen des über denselben gebauten ungeheuren Hauses“ (LANGSDORF 1788: 422-423). Das muß nach dem Plan (LANGSDORF 1788: Taf. II) das Kunsthaus gewesen sein und damit der Brunnen V. Im Kunsthaus, „in welchem ehedessen ein Trittrad von Maultieren getrieben worden“ ist, befand sich 1788 ein „Salzbrunnen“ (LANGSDORF 1788: 644 = Tafelerklärung), doch ist dessen damalige Numerierung nicht bekannt. 1825 lieferte ein Brunnen Nro. 5 ein 0,5-%-iges Mineralwasser (WILLE 1828: 146), doch ist seine Lage nicht bekannt
- **Der heutige Brunnen V wurde früher „Salzbrunnen Nr. 3“ genannt** (TASCHE 1850: 16, „Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (ca. 1856)) und befand sich früher im Kunsthaus Nr. 9 bzw. IX („Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (ca. 1856)). Er war 33 Fuß (= 8,25 m) tief (TASCHE 1850: 16)
- der Brunnen an der Stelle des heutigen Brunnens V im „Situationsplan von dem Soolbad Salzhausen“ (SONNE & RÜCKER 1891: 248-249) ist ohne Namen eingezeichnet
- Um 1900 wird er als „Solquelle 5“ bezeichnet („Lageplan M = 1:2000“ in ANONYMUS ca. 1908) und findet Verwendung für Bäder, wobei das Wasser durch Pumpen zum Badehaus gefördert wird (KAISERL. GESUNDHEITS-AMT 1900: 195; SCHNITTSPAHN in TASCHÉ 1900: 14, 18). Zusammen mit Wasser des Brunnen I wurde das Wasser von Brunnen V zudem auf das Gradierwerk geleitet (SCHÜTZE 1907: 226)
- „Salzbrunnen V“ war ca. „10 m tief ausgeschachtet und mit Holz ausgekleidet“ (SCHÜTZE 1907: 223); nach Unterlagen des Hess. Staatsbads Bad Salzhausen) war der Schacht ursprünglich 9,74 m tief. SCHARPFF (1972: 83) schildert ihn als ca. 8 m tiefen,

rechteckigen Holzschacht mit Innenmaßen von 3,3 x 3,2 m. 1973, nach dem Erschließen der Nibelungenquelle, wurde der noch 7,50 m tiefe Schacht verfüllt

- Analysen:
 - Analyse von 1900 (SONNE): SCHÜTZE (1907: 224)
 - Analyse von „Solquelle 5“ von 1957: Unterlagen Hess. Staatsbad Bad Salzhausen
 - Gr. Heilwasseranalyse von 1968
 - CARLÉ (1975: 222)

Brunnen VI (vor 1788)

- Lage: R 3499014 / H 5586485
- heute: kleine Stelle mit Aufstieg von Salzwasser, Salzflora
- An der Stelle des heutigen Brunnens V ist von LANGSDORF (1788: Taf. II) bereits ein eckiger Schachtbrunnen eingetragen, dessen Nummer allerdings nicht bekannt ist; 1825 lieferte ein Brunnen Nro. 6 ein Mineralwasser von $\frac{3}{4}$ Lot Gehalt (0,75 %) (WILLE 1828: 146), doch ist seine Lage nicht bekannt
- im „Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (ca. 1856) wird **Brunnen VI als „Salzbr. Nr. V“ bezeichnet**
- um 1900 wird er dann als „Solquelle VI“ bezeichnet („Lageplan M = 1:2000“ in ANONYMUS ca. 1908) und in dieser Zeit als „Salzbrunnen VI“ für Badezwecke genutzt (ALLGEMEINER DEUTSCHER BÄDER-VERBAND 1916: 95)
- Brunnen VI besaß einen 6,55 m tiefen, asymmetrischen Schacht, der unten in Holz stand und oben mit Basaltbruchsteinen gemauert war. Dieser Schacht saß einem zweiten, wohl sehr viel älterem Schacht von 1,4 m Tiefe auf, der seinerseits mit Basaltbruchsteinen ausgelegt war (SCHARPF 1972: 83). 1973 wurde der noch 6,00 m tiefe Schacht verfüllt, da die Nibelungenquelle erschlossen war (Unterlagen Hess. Staatsbad Bad Salzhausen)
- Analysen:
 - CARLÉ (1975: 222)

Brunnen VII (vor 1788)

- Lage: R 3498792 / H 5586487
- heute: sumpfiger Erlenwald (in den 1980er Jahren bepflanzt)
- An der Stelle des heutigen Brunnens VII ist von LANGSDORF (1788: Taf. II) bereits ein eckiger Schachtbrunnen eingetragen, doch ist dessen Nummer unbekannt. 1825: ein Brunnen Nro. 7 hat $\frac{1}{2}$ Lot Gehalt nach der Salzhäuser Soolwaage (WILLE 1828: 146), doch ist seine Lage unbekannt
- als „Salzbr. VII“ ist er im „Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (ca. 1856) an der Stelle des heutigen Brunnens VII verzeichnet. Er existierte als rechteckiger Schachtbrunnen („Brunnen Nr. 7“) mit einer geringen Teufe (zwischen 4,5 und 8,5 m) bereits 1849 (TASCHÉ 1849b: 175)
- Im „Situationsplan von dem Soolbad Salzhausen“ (SONNE & RÜCKER 1891: 248-249) wird der Brunnen als „Salzbrunnen“, jedoch ohne Nummer, dargestellt
- die ursprüngliche Teufe des Schachts ist nicht bekannt; nach dem Erschließen der Nibelungenquelle wurde der noch 4,00 m tiefe Schacht 1973 verfüllt (Unterlagen Hess. Staatsbad Bad Salzhausen)
- Analysen: nicht bekannt

Brunnen VIII (vor 1825)

- 1825 hat der Brunnen Nro. 8 einen Salzgehalt von 0,75 % (WILLE 1828: 146)
- Lage: unbekannt

Lithiumquelle (früher: Eisenquelle und Brunnen IV) (gefaßt wenige Jahre vor 1891)

- Lage: R 3498782 / H 5586423 (überbaut von Trinktempel)
- gefaßt einige Jahre vor 1891 und damals als „**Eisenquelle**“ bezeichnet (SONNE & RÜCKER 1891: 247, 1891b: 213). „Bemerkenswerth ist der Gehalt des Wassers an doppelt kohlensaurem Eisenoxydul, besonders aber der an Lithium, welches als Chlorlithium in dem Wasser vorhanden ist.“ (SONNE & RÜCKER 1891: 251, die den Li-Gehalt auch mit 23 weiteren Wässern vergleichen). Sie ist im „Situationsplan von dem Soolbad Salzhausen“ eingezeichnet (SONNE & RÜCKER 1891: 248-249). Damals war die Quelle „in Holz gefaßt“ und lief durch ein Eisen- bzw. Steigrohr ab (SONNE & RÜCKER 1891: 250, SCHÜTZE 1907: 223)
- Genutzt wurde eine ca. 10 m tiefe Bohrung, die noch von TASCHÉ angesetzt worden ist (SONNE & RÜCKER 1891: 250). Nach der Georeferenzierung des „Situationsplan[s] von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (ca. 1856) könnte es sich entweder um die 9 m tiefe Bohrung „Salzbr. III“ (Salzgehalt 0,5 %) oder aber um die Brg. VIII (ohne Teufenangabe) handeln, die beide in der Nähe der Lithiumquelle liegen (die Lithiumquelle hat einen Salzgehalt von ca. 0,78 %). Es ist aber auch möglich, daß es sich um eine der Bohrungen V, VII oder VIII handelte, denn TASCHÉ (1849b: 176) selbst gab an, daß er „einige“ der Bohrlöcher aus der Bohrkampagne 1847, die in der Nähe des Brunnens VII lagen und eine 1,5-prozentige Sole lieferten, fassen ließ und durch „Rinnen“ mit dem Brunnen VII „in Verbindung setzen“ ließ. Eine im „Situationsplan von der nächsten Umgebung Salzhausens“ (ca. 1856) angebrachte Klammer mit der Bezeichnung „Salzbrunnen 1 ¼ - 1 ½ %“ legt nahe, daß es sich um die Bohrungen V, VII und VIII handelte, die wenig südlich des heutigen Lithiumquelle abgeteuft wurden. Denkbar ist also, daß für die Fassung der Lithiumquelle die Rinnenverbindung zum Brunnen VII gekappt wurde und stattdessen das Wasser aus einem der drei Bohrlöcher, vielleicht auch aus mehreren, für die neue Fassung der Eisen- bzw. Lithiumquelle genutzt wurde
- erstmals 1900 taucht der Name „Lithiumquelle“ auf (SCHNITTSPAHN in TASCHÉ 1900: im Text und der „Uebersichtskarte über Bad und Kurpark Salzhausen in der Gemarkung Kohden“). Sie wurde in dieser Zeit auch als „Quelle IV“ („Lageplan M = 1:2000“ in ANONYMUS ca. 1908) bzw. Quelle „Nr. IV“ (SCHNITTSPAHN in TASCHÉ 1900: 17) bzw. „Quelle 4“ (SCHNITTSPAHN in TASCHÉ 1900: 27) bezeichnet
- nach Unterlagen des Staatsbads Bad Salzhausen bestand die ursprüngliche Fassung aus einer 8,45 m tiefen Bohrung, die 1906, 1907 oder 1908 saniert worden ist. 1978 wurde sie neu gefaßt mit einer Teufe von 9,40 m (MICHELS & SCHMIDT 2000: 42):
 - -6,0 m: Moorboden/Letten
 - -9,40 m: Sande und Kiese, z. T. tonig
- 1966 lief die Quelle artesisch im Trinktempel auf 140,44 m über NN aus
- läuft artesisch über (MICHELS & SCHMIDT 2000: 93)
- Analysen:
 - Analyse von 1890: SONNE & RÜCKER (1891a, 1891b)
 - Analyse von 1909 (SONNE): Unterlagen Staatsbad Bad Salzhausen
 - Analyse von 1931: SCHMIDT et al. (1939: 334)
 - CARLÉ (1975: 222)
 - 2006 (FRESENIUS): HÖLTING in KÄB & KÄB (2008: 839)

Schwefelquelle (vor 1700, erneut gefaßt wenige Jahre vor 1891)

- Lage: R 3499080 / H 5586568
- 1697: 3 Brunnen (WINKELMANN 1697: 72). Nach dem Auffinden des neuen Brunnens 1730 muß es sich um den „Alten Brunnen“, den „Radbrunnen“ und den „Kleinen Brunnen“ handeln
- An der Stelle der heutigen Schwefelquelle ist von LANGSDORF (1788: Taf. II) bereits ein eckiger Schachtbrunnen eingetragen, doch ist dessen Nummer unbekannt. Es spricht einiges dafür, daß sich hier der **Radbrunnen** befand, der somit bis auf die Zeit vor 1700 zurückgeht (KLIPSTEIN 1788: 395-396):
 - 1788 liegt der Radbrunnen „unter der großen Windmühle“ (LANGSDORF 1788: 422). LANGSDORF hatte auf das neue, westliche Gradierwerk (Nr. IV) „zwei kleine Windmühlen“ und auf das neue, östliche (Nr. V) „nur eine große“ setzen lassen (LANGSDORF 1788: 426). Nach dem „Situations-Riß des Hessischen Salzwerks zu Salzhausen“ (LANGSDORF 1788: Taf. II) liegen in der Nähe der großen Windmühle die späteren Brunnen VI und die spätere Schwefelquelle (Abb. 8)
 - 1754 wurde aus drei der vier Brunnen das Wasser durch ein Tretrad gefördert, während das Wasser aus dem vierten Brunnen „durch ein kleines 13' hohes Rädchen in einen noch dabei stehenden Gradirbau gebracht“ wurde. Dieser Brunnen wurde deshalb „Radbrunnen“ genannt. Das 4,25 m große Kunstrad des Radbrunnens erhielt sein Aufschlagswasser von einem Weiher und war häufiger „Ueberschwemmung ausgesetzt [sic]“ (KLIPSTEIN 1788: 397). Nach dem „Situations-Riß des Hessischen Salzwerks zu Salzhausen“ (LANGSDORF 1788: Taf. II) liegt die spätere Schwefelquelle unterhalb zweier Weiher bzw. „Kunstteiche“ (mit „g“ gekennzeichnet)
 - Der Versuch, den Radbrunnen 1776 im „morastigen Boden“ besser zu fassen, mißlingt LANGSDORF, weil es sein erster Brunnen in Salzhausen ist, den er neu fassen wollte (LANGSDORF 1788: 422). Dies könnte die Ursache dafür sein, daß der Radbrunnen später aufgegeben und verfüllt wurde (s. u.)
 - seit der Installation der neuen Stangenkunst durch LANGSDORF wurde das Wasser durch eine separate „Stangenkunst“, die von einem Rad mit 7,75 m Durchmesser direkt S des Rundgradierbaues betrieben wurde, gefördert (LANGSDORF 1788: 468, in Taf. hat das Rad den Buchstaben „h“ und die Stangenkunst verläuft von „h“ nach „i“)
- Als „Schwefelquelle“ wurde der Wasseraustritt einige Jahre vor 1891 erneut gefaßt (SONNE & RÜCKER 1891: 247, 1891b: 214 ff.). Sie ist erstmals verzeichnet im „Situationsplan von dem Soolbad Salzhausen“ (SONNE & RÜCKER 1891: 248-249). Die Quelle war „nur oberflächlich gefaßt“ (SONNE & RÜCKER 1891: 254) und „entspringt einem entbehrlich gewordenen, verfüllten Salzbrunnen“ (SCHNITTSPAHN in TASCHKE 1900: 23). Sie floß aus einem Steigrohr aus (SCHÜTZE 1907: 223)
- nach Unterlagen des Staatsbads Bad Salzhausen und SCHARPFF (1972: 85) wurde sie 1906 als Holzschacht von 4 x 4 m Grundfläche und über 7,2 m Tiefe neu gefaßt. Überholungen und Neufassungen des Brunnens fanden 1934/1935 und 1979 statt. Um 1983 befand sich die Fassungsanlage „in einem ca. 7 m tiefen Vorschacht einer alten Bohrung“. Heute fließt sie ca. 0,6 m unter Gelände (140,31 m über NN) in ein Überlaufrohr. Das Sulfat der Schwefelquelle wird „bei der Berührung mit dem torfigen Untergrund reduziert und der Schwefelwasserstoff laufend durch diesen Reduktionsprozeß, heute noch beobachtbar, gebildet. Bei der Neufassung im Jahre 1934 war die Solquelle in einem Holzschacht in einer Tiefe von 7 m ohne Schwefelwasserstoffgehalt freigelegt worden. Sie erhielt den ursprünglichen Gehalt an Schwefelwasserstoff erst wieder dadurch, daß ihr die Berührung mit dem umgebenden Torfgrund wieder ermöglicht wurde.“ (MÜLLER 1952: 75).
- läuft artesisch über (MICHELS & SCHMIDT 2000: 93)
- Analysen:
 - Analyse von 1890: SONNE & RÜCKER (1891a: 253, 1891b: 214 ff.)
 - Analyse von 1900 (SONNE): SCHÜTZE (1907: 225)

- Analyse von 1909 (SONNE): Unterlagen Staatsbad Bad Salzhausen
- Analyse von 1952 (FRESENIUS): CARLÉ (1975: 222, 223)
- Analyse von 1973 (DRECHSLER): DRECHSLER (1983: 323)
- Analyse von 2006 (FRESENIUS): HÖLTING in KÄB & KÄB (2008: 838)

Stahlquelle (gefaßt 1850er Jahre)

- Lage: R 3499172 / H 5586772
- Pavillon von 1906 als Ersatz für einen klassizistischen Vorgängerbau (LANDESAMT F. DENKMALPFLEGE HESSEN et al. 1982: 333)
- gefaßt „im Anfange der fünfziger Jahre“ des 19. Jhd. (SONNE & FRANKE 1893: 432), floß aus Steigrohr aus (SCHÜTZE 1907: 223)
- erstmals 1900 in Karte dargestellt (SCHNITTSPAHN in TASCHÉ 1900: „Uebersichtskarte über Bad und Kurpark Salzhausen in der Gemarkung Kohden“)
- nach Unterlagen des Staatsbads Bad Salzhausen und SCHARPFF (1972: 87) Neufassung 1906 in 19,8 m Tiefe, 1980 überholt.
- läuft artesisch über (MICHELS & SCHMIDT 2000: 93)
- Analysen:
 - Analyse von 1892: SONNE & FRANKE (1892: 433)
 - Analyse von 1909 (SONNE): Unterlagen Staatsbad Bad Salzhausen
 - CARLÉ (1975: 222)
 - Analyse von 2006 (FRESENIUS): HÖLTING in KÄB & KÄB (2008: 840)