

Schwefelhaltige Quellen in den Randbereichen der Fränkischen Alb / Teil 1

Ihre Entstehung und geographische Verbreitung. Ein Überblick.

Robert Glassl

Dieter Schwaiger informiert im zweiten Teil dieser Abhandlung unter dem Titel „Vom Wildbad zum modernen Kurbad“¹ über die Geschichte und kulturelle Bedeutung von Schwefelbädern. In diesem ersten Teil werden wir uns mit den Fragen befassen warum Quellwasser Schwefel bzw. Schwefelwasserstoff enthalten kann, wie diese entstehen und wie ihre geographische Verbreitung in unserer Region zu erklären ist.

Matthias Flurl (1756-1823), kurfürstlich bayerischer Bergrat, schreibt in seinem Vierzigsten Brief seiner 1792 erschienenen „Beschreibung der Gebirge von Baiern und der oberen Pfalz“ zur Neumarkter Schwefelquelle: „An dem Fuße des sogenannten Redelberges eine halbe Stunde von Neumark [=Neumarkt i.d. OPf.] ruhet auf dem Kalkstein ein Flötz vom verhärteten Mergel, worin feinkörniger Schwefelkies nieren- und nesterweise eingewachsen vorkommt, welcher manche Bergbaulustige schon mehrmals ihr Heil zu versuchen verleitet hat [da sie einen kleinen Gehalt von Silber und Gold zeigen, wie Flurl im 26. Brief bereits ausgeführt hatte]. Allein Schwefelkiese sind in diesem Gebirge [die Fränkische Alb] keine so große Seltenheit; denn sie kommen nicht nur selbst im dichten Kalksteine oft eingesprengt vor, sondern man kann sie auch vom Tage nieder gleich hinter dem Städtchen Neumark manchmal häufig sowohl lose, als noch mit der Gebirgsmasse verwachsen antreffen. Einem etwas mächtigen Schwefelkieslager muß auch der Ursprung jener Quelle zugeschrieben werden, die bey Neumark als Gesundbad sowohl von In- als auch Ausländern besucht wird.“²

Diese kurze Beschreibung umfasst bereits das Thema, denn sie erklärt das Vorhandensein von Schwefel im Quellwasser, das im Wildbad Neumarkt genutzt wurde und Ursache für einen regen Badetourismus war.

Quellen, Schwefel und Pyrit

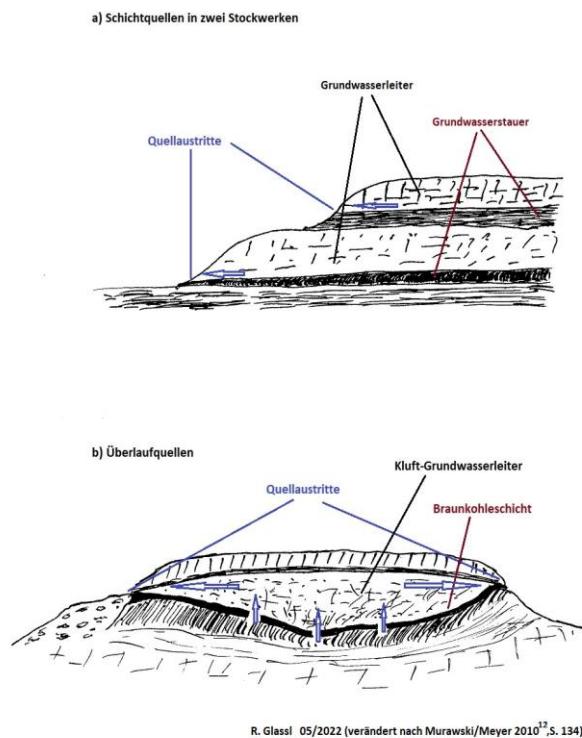
Quellen sind Örtlichkeiten an denen Wasser auf natürliche Weise an der Erdoberfläche austritt. Sie werden danach unterschieden, ob sie ständig oder nur zeitweise schütten, ob sie dem Gefälle im Untergrund folgend ausfließen oder unter hydrostatischem Druck³ stehen, wie sie von der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes abhängen (z.B. Karst-, Schicht-, Überlaufquellen, u.a.) oder aber nach der Temperatur des Quellwassers oder danach, welche gelösten festen und gasförmigen Stoffe in ihren Wässern enthalten sind. Mineralquellen weisen hohe bzw. besonders hohe Gehalte dieser festen oder gelösten Inhaltsstoffe auf. Sie werden unterteilt in Solequellen (Salzquellen), Sauerlinge (reich an

¹ Schwaiger 2022.

² Flurl 1792, S. 270.

³ Glassl 2019.

CO₂), alkalische Quellen (sie enthalten v.a. Kalium und Magnesium), Bitterquellen (Magnesiumsulfat-haltige Quellen), radioaktive Quellen (insbesondere Radon-haltig), Eisenquellen und Schwefelquellen.



Für die hier behandelten Quellen sind insbesondere Schicht- und Überlaufquellen zu berücksichtigen. Schichtquellen treten dort auf, wo auf wasserundurchlässigen Schichten sich Wasser aus darüber lagernden wasserdurchlässigen Schichten sammelt und dem Gefälle folgend aus dem Gestein austritt. Überlaufquellen weisen oberhalb ihres Wasserreservoirs eine undurchlässige Schicht auf. Das Grundwasser, das von unterliegenden Schichten hochgedrückt wird, sammelt sich und wird bei entsprechendem Druck zur Seite abgeführt. Es fließt schließlich als Überlauf in einer Quelle ab.

Abb. 1: Schemazeichnung einer Schichtquelle (oben) und einer Überlaufquelle (unten) (R. Glassl 05/2022, verändert nach Murawski/Meyer 2010¹², S. 134)

Im Mittelpunkt dieses Beitrags stehen Schwefelquellen bzw. Schwefelwasserstoff führende (schwefelhaltige) Quellen. Das sind örtlich begrenzte, natürliche, schwefelführende bzw. gelösten Schwefelwasserstoff enthaltende Grundwasser-austritte. Sie können an ihrem Austritt auch künstlich eingefasst sein. Der Lösungsinhalt des Quellwassers wird ausgeschieden als Folge der Temperaturveränderung bei der Schüttung an der Erdoberfläche oder infolge chemischer Ausfällung oder aufgrund der ausfallfördernden Wirkung von Bakterien oder Pflanzen.

Schwefel (S) ist ein chemisches Element, ein Nichtmetall, das abhängig von der Temperatur in verschiedenen Abwandlungen auftritt. Natürliche Schwefelvorkommen bilden sich nach vulkanischen Ausbrüchen oder sind in Sedimentablagerungen enthalten. Auch in fossilen Brennstoffen (Kohle, Erdöl, Erdgas) sowie als Verwitterungsprodukt ist Schwefel vorhanden und in vielen Mineralien enthalten. Für unsere Fragestellung spielt insbesondere Pyrit eine bedeutende Rolle. Mit Wasser verbindet sich Schwefel bei ca. 600° C zu Schwefelwasserstoff (H₂S). Schwefelverbindungen sind Bestandteile aller Lebewesen und so wird beim Abbau von Biomasse durch Enzyme und Mikroorganismen aus organischen Stoffen Schwefelwasserstoff freigesetzt. Mit Schwefelwasserstoff oder Schwefeldioxid angereicherte, übelriechende Gase reagieren an der Erdoberfläche mit Luft. Sie bilden dabei Wasserdampf und Schwefel, der sich schließlich absetzt.

Pyrit (FeS₂), auch als Schwefelkies bezeichnet, besteht aus Eisen und Schwefel im Verhältnis 1:2. Wegen seiner messinggelben Farbe und seines metallischen Glanzes wurde Pyrit häufig mit Gold verwechselt, worauf Flurl bereits hingewiesen hat. Deshalb wird Pyrit auch als „Katzengold“ oder „Narregold“ bezeichnet. Mit einem harten Feuerstein lassen sich Pyritsplitter abschlagen, die sich an der Luft selbst entzünden (Pyrit leitet sich ab vom altgr. „pyr“ = Feuer).

Pyrit zählt zu den am weitesten verbreiteten Mineralien. Voraussetzung für seine Bildung ist das Fehlen von Sauerstoff, denn das zweiwertige Eisen (Fe^{2+}) kann nur unter sauerstoffarmen bis sauerstofffreien Bedingungen existieren und somit an der Erdoberfläche nicht entstehen. In sauerstoffreicher Umgebung verwittert und zerfällt Pyrit, wobei so viel Energie

Abb. 2: Pyrit⁴

freigesetzt werden kann, dass es sich selbst entzündet. Durch diese Selbstentzündung des Schwefelkieses wurden schon viele Grubenbrände ausgelöst. In Sedimenten wird Pyrit

Abb. 3: „Goldschnecken“ vom Staffelberg⁵

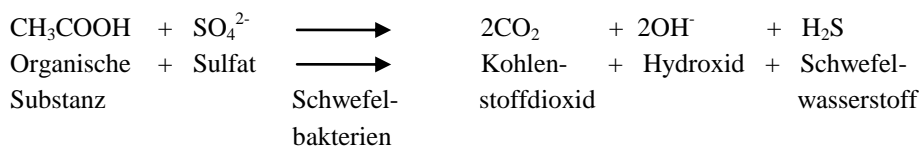
durch die Stoffwechsellätigkeit von sulfatreduzierenden Bakterien als Eisenmonosulfid (FeS) ausgefällt. Dieser Prozess kann auch im Boden ablaufen, dann, wenn sulfatreiches Grundwasser vorhanden ist, wie es oft in der Nähe von Gipsablagerungen der Fall ist.

Während sich durch zunehmenden Druck der Sedimentschichten (Diagenese) festes Gestein bildet, kann Pyrit fast alle dort vorhandenen Mineralien verdrängen und so in Hohlräumen, wie zum Beispiel in Ammonitengehäusen, auskristallisieren. Nimmt der Druck während der Diagenese weiter zu wächst Pyrit zu größeren Kristallen an und ersetzt dadurch Muschelschalen, Ammonitengehäuse („Goldschnecken“) oder Knochen komplett. In Braun- und Steinkohle kommt Pyrit ebenso vor wie in sauerstofffreien Grundwasserleitern.

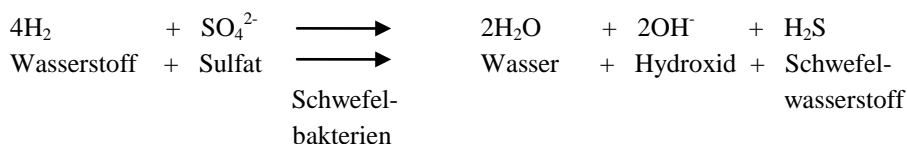
Wie entsteht nun Schwefelwasser und Schwefelwasserstoff?

Der Schwefelgehalt in Quellwässern ist auf die mikrobielle Sulfatreduktion durch Schwefelbakterien und Fäulnisprozesse im Grundwasser zurückzuführen. Das Sulfat (SO_4^{2-}) wird dabei zu Sulfid (S^{2-}) reduziert. Das Sulfid reagiert mit Wasser zu Schwefelwasserstoff und Hydrogensulfid.

a) Vollständige Reduktion mit organischer Substanz



b) Vollständige Reaktion mit molekularem Wasserstoff



Die Schwefelbakterien (insbesondere die im Grundwasser vorkommende Art *Desulfovibrio*) benötigen für ihren Stoffwechsel Sauerstoff aus dem Sulfat und Energie aus der organischen Substanz oder aus molekularem Wasserstoff. Das für die Schwefelbakterien notwendige Sulfat entstammt entweder gipshaltigen Gesteinen, wie dem Mergel, oder der oxidativen Verwitterung von Sulfid, z. B. von Pyrit.

⁴ www.mineralienatlas.de, aufgerufen am 06.02.2022.

⁵ www.infranken.de/lk/gem/goldschneck_am_staffelberg_art_3264328, aufgerufen am 16.05.2022.

Wegen der organischen Anteile in Carbonaten oder Schiefer weisen Sedimentgesteine erhöhte Schwefelgehalte auf. Schwefelwasserstoff ist ein flüchtiges Gas, das bei Anwesenheit von Sauerstoff zu elementarem Schwefel oxidiert.

Schwefelkreislauf im Grundwasserbereich

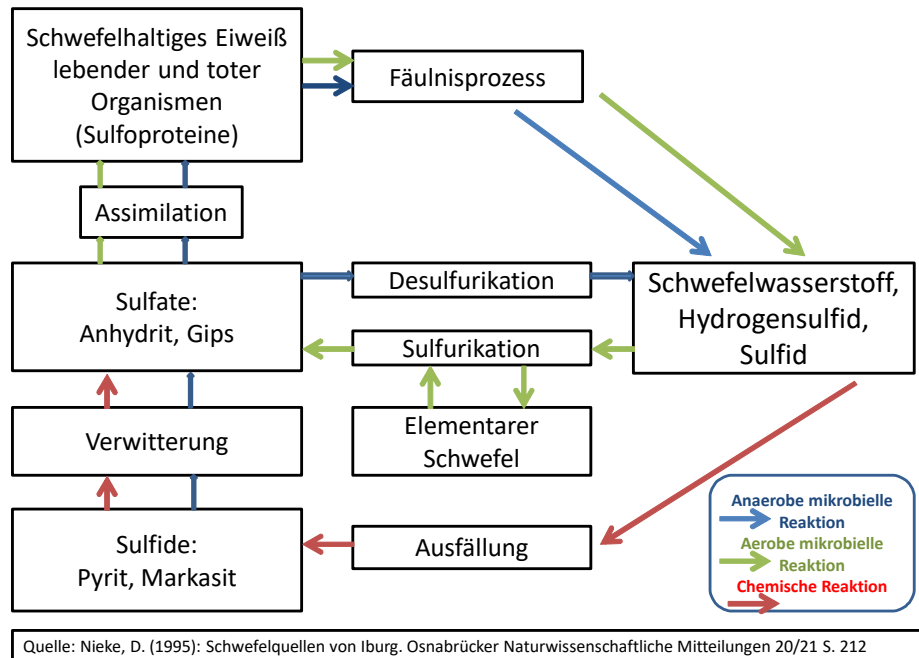


Abb. 4: Schematische Darstellung des Schwefelkreislaufs im Grundwasserbereich (R.G. 04/2022; aus Nieke 1995, S. 212)

Geographische Verbreitung schwefelhaltiger Quellen in Randlagen der Fränkischen Alb

Die Fränkische Alb hebt sich in der Kartendarstellung (s. Abb. 5) durch Farbe und Form deutlich von ihrer Umgebung ab. Der Einschlagkrater des Ries-Meteoriten im linken unteren Kartenbereich trennt die Schwäbische Alb, die am linken Kartenrand angeschnitten ist, von der Fränkischen. Diese verläuft zunächst in West-Ost-Richtung und biegt dann in einem scharfen Knick in Süd-Nord-Richtung um.

Betrachtet man die Lage der hier behandelten schwefelhaltigen Quellen (s. Abb. 6) so zeigt sich, dass diese entlang der Randlagen der Fränkischen Alb auftreten. Auffallend ist, dass es zwar Konzentrationen im südöstlichen Teil gibt, dass aber nahezu der gesamte Randbereich solche Quellen aufweist. Daraus lassen sich bereits Hinweise auf die Entstehung der Quellen und auf die Ursache ihres Schwefelgehalts erkennen.

In seinen „Geognostischen Beschreibungen des Königreichs Bayern“ (Bd. 4, 1891) berichtet C.W. Gümbel von ca. 20 Bohrungen, die am Rande des Nördlinger Rieses bis zu einer Teufe von 34 Meter niedergebracht worden sind. Man war auf der Suche nach abbaufähiger Braunkohle. Die braunkohleführenden Schichten waren allerdings von schlechter Qualität, zudem stellte man einen hohen Wasserzustrom und das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff fest. Deutlich war hier der Zusammenhang der Schwefelgehalte dieser Quellwässer mit den Braunkohlebildungen. Mehrere dieser schwefelhaltigen Quellaustritte speisten das Wildbad Wemding, über das D. Schwaiger in seiner Abhandlung berichtet.

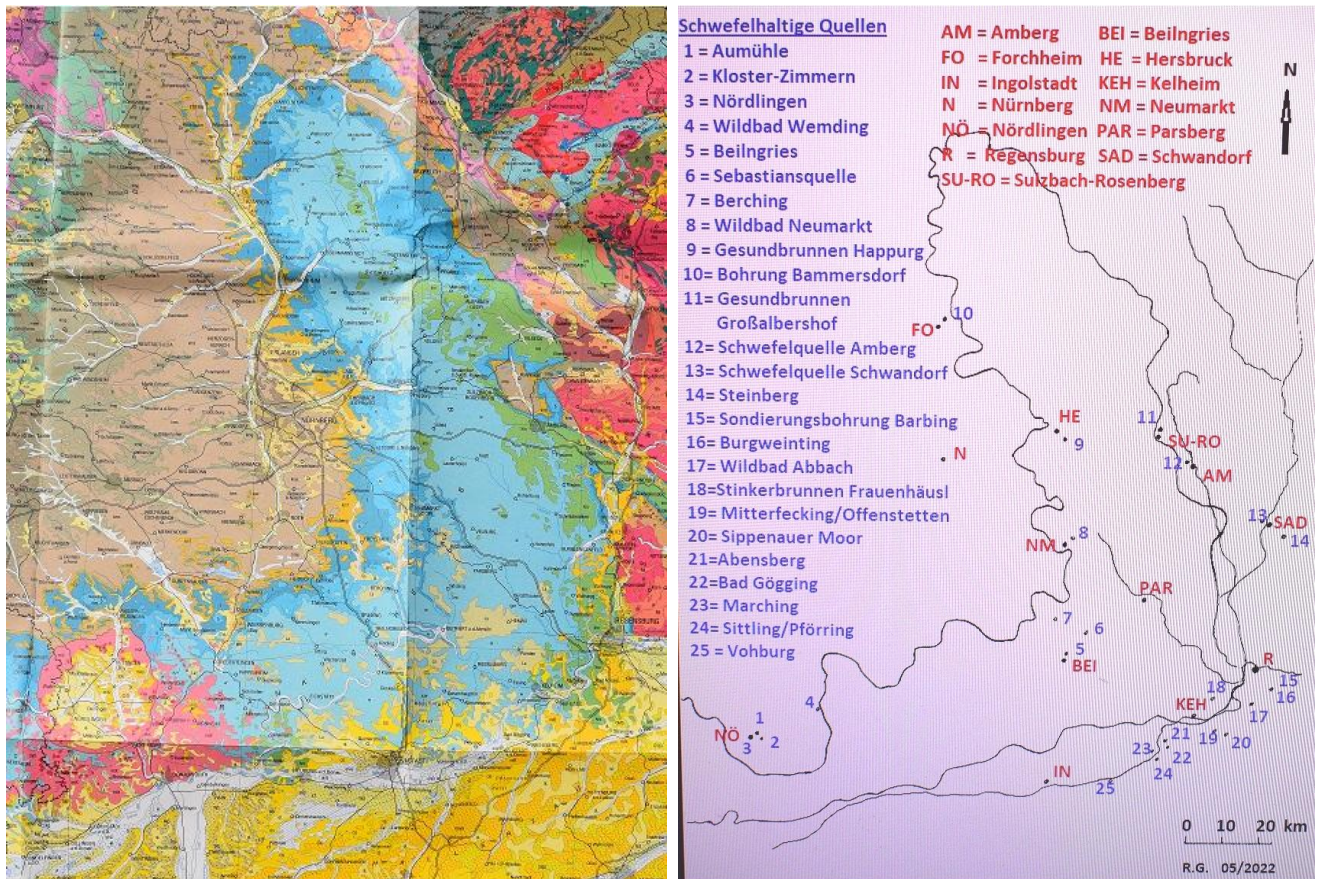


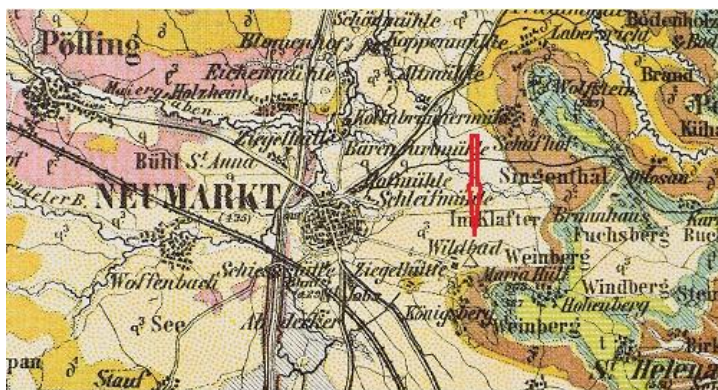
Abb. 5 (links): Ausschnitt aus der Geologischen Karte von Bayern mit der Lage der Fränkischen Alb (blauer Farbton).

(aus: Bayerisches Geologisches Landesamt (Hg.) (1996): Geologische Karte von Bayern 1:500000. München)

Abb. 6 (rechts): Karte der Fränkischen Alb mit Orientierungspunkten und den Standorten der ausgewählten schwefelhaltigen Quellen, Brunnen, Bohrungen. (R.G. 03/2022)

Im Raum Beilngries, Breitenbrunn, Greding wurden bei Gewässerproben und Brunnenbohrungen erhöhte bis relativ hohe Sulfatwerte nachgewiesen, so z.B. in der Sebastiansquelle östlich von Breitenbrunn am Fuße der Wallfahrtskirche St. Sebastian.

In der geologischen Literatur besonders häufig besprochen werden die schwefelhaltigen Quellen des Wildbades Neumarkt, deren kulturgeschichtliche Bedeutung D. Schwaiger ausführlich darstellt.⁶ Der Stellenwert dieses Wildbades ist auch daran zu erkennen, dass es in der Geognostischen Karte von 1886 eingetragen ist.



Die geologische Ursache für den Schwefelgehalt wurde kontrovers diskutiert. Ausschlaggebend ist letztlich die Zersetzung des im hier anstehenden Opalinuston reichlich vorhandenen Schwefelkieses. Der Pyrit ist in den Tonmergeln des Lias und Unteren Doggers fein verteilt. Sobald sauerstoffreiches Grundwasser damit in Berührung kommt erfolgt eine Oxidation, es bilden sich Eisensulfate

Abb. 7: Ausschnitt aus der Geognostischen Karte 1:100000 des Königreichs Bayern Blatt Neumarkt (Gümbel, 1886, Nachdruck 1998) mit Lage des Wildbad Neumarkt (hinzugefügt: roter Hinweispfeil / R.G. 06/2022)

⁶ Schwaiger 2022.

und Schwefelsäure. Diese setzt sich mit dem Kalkanteil der Mergel in Gips um. Bei unvollständiger Oxidation allerdings entsteht neben dem Eisensulfat Schwefelwasserstoff, der für den Schwefelgehalt der Quellwässer verantwortlich ist.

Schwefelgehalte in Quellen und Brunnen im Raum Forchheim-Hersbruck-Amberg sind auf eine ähnliche chemische Reaktion zurückzuführen. Insbesondere weist der frühere Gesundbrunnen Großalbershof, dessen „Sauerquelle“⁷ dem Posidonienschiefern des Schwarzen Juras entspringt, eine weitgehende Übereinstimmung mit dem Chemismus des Neumarkter Wildbades auf. Bei einem nur unvollständig ablaufenden Oxidationsprozess erfolgt eine Sulfatreduktion durch die im anaeroben Milieu lebenden Bakterien *Desulfovibrio desulfuricans*. Diese gewinnen ihre Stoffwechsel-Energie aus der Zerlegung des Sulfat-Ions. Dabei entsteht Schwefelwasserstoff.

Die Schwefelquelle Amberg war bereits im 17. Jahrhundert bekannt. 1851 wurde die Genehmigung erteilt auf dem damaligen Grundstück der Fürstenhofzeche eine Badeanstalt zu errichten. Das Wasser für das Bad, dessen Hauptinhaltsstoffe kohlensaurer Kalk, Eisen und schwefelsaures Salz sind, sollte aus einem Brunnen des aufgelassenen Kohlebergwerks entnommen werden. Trotz mehrmaliger Versuche hier Braunkohle zu gewinnen scheiterte eine Förderung an der geringen Mächtigkeit des kohleführenden Flötzes. Das schwefelhaltige Wasser entstammt vermutlich diesen Schichten, wobei der Schwefelgehalt auch hier auf eine Sulfatreduktion im Kontakt mit organischer Substanz zurückzuführen ist.

Die gefasste Schwefelquelle in Schwandorf entspringt dem Dogger-Grundwasser-Stockwerk und weist neben Schwefelwasserstoff einen hohen Gehalt an Eisen auf. Der Schwefelwasserstoffgehalt mehrerer schwefelhaltiger Quellen in der Umgebung ist auf das Vorhandensein tertiärer Braunkohleablagerungen zurückzuführen. Die meisten dieser Quellen wurden durch den Braunkohleabbau zerstört.

Südöstlich von Regensburg stieß eine Sondierungsbohrung zwischen Barbing und Donaustauf mit einer Endteufe von 477,80 m NN im Oberen Keuper auf artesisch gespanntes Wasser mit sehr geringem Sulfatgehalt (0,59 mval-%).⁸ Die Schwefelquelle Burgweinting (s. Abb. 6, Nr. 16) ist ein stark schwefelhaltiges, intensiv riechendes Quellwasser, das aus einem armdicken Loch an die Oberfläche tritt. Im Quelltopf sind gelbe Schwefelablagerungen zu erkennen. Die Quelle gehört zum System des Islinger Mühlbachs, der in den Aubach mündet. Der Schwefelgehalt stammt aus Sulfat-Ionen organischer Ablagerungen in tertiärzeitlichen Sedimenten. Diese werden durch Bakterien in einem Fäulnisprozess zu Sulfiden umgebaut.⁹

Entlang der Donau zwischen Regensburg und Ingolstadt tritt eine Vielzahl schwefelhaltiger Quellen an die Erdoberfläche, deren Schwefelgehalt zum überwiegenden Teil im Zusammenhang mit tertiären Braunkohleablagerungen stehen, zu einem geringeren Teil auf die Zersetzung Pyrit-haltiger Gesteinsbildungen zurückzuführen ist. Auch hier sei auf die Ausführungen D. Schwaigers verwiesen, der dort u.a. über die Geschichte des Wildbach Abbachs informiert. Auf zwei der Quellen in diesem Gebiet soll hier etwas näher eingegangen werden.

Am Stinkerbrunnen nördlich Frauenhäusl im Kelheimer Forst, sowie im nahe gelegenen Tal von Viehhausen-Klapfenberg wurden 30 bis 50 Meter mächtige obermiozäne (ca. 11,6 – 5,3 Mill. Jahre vor heute) Sedimente erbohrt. Braunkohleführende Schichten wechseln mit Ton- und Mergellagen. In Schlämmrückständen dieser Sedimente wurden Quarzsande, Glaukonit, Braunkohleflitter, Ostracoden (kleine Krebstiere) und häufig Pyritnesterchen nachgewiesen.

⁷ Birzer 1960, S. 165-166.

⁸ Quentin 1970, S. 30.

⁹ www.schwefelquelle-burgweinting.html (aufgerufen am 29.11.2021).

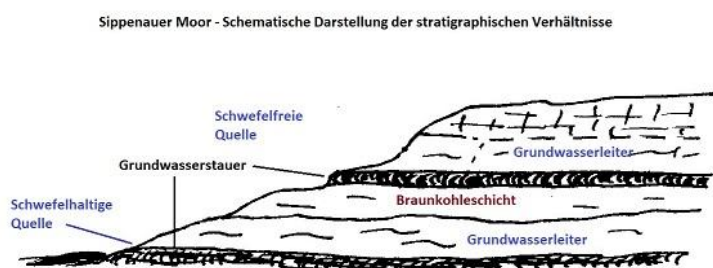
Der Quellaustritt des Stinkerbrunnens an dieser Stelle ist wohl auf eine tektonische Verwerfungslinie zurückzuführen, deren Verlauf in unmittelbarer Nähe vermutet wird. Die Schüttung ist mit 0,3 bis 1,0 l/s recht beständig. Die im Wasser



gelösten Schwefelwasserstoffe entstammen der Zersetzung des Pyrits in der obermiozänen Braunkohle. (Kohle aus dem Gebiet südwestlich von Viehhausen weist neben 33 % Kohlenstoff auch einen Schwefelgehalt von 2,49 % auf).¹⁰ Diese Braunkohle entstand aus abgestorben Pflanzenresten, die sich zusammen mit Tonen, Mergel, Sanden und Kiesen abgelagert hatten und durch Diagenese zusammengedrückt worden sind.

Abb. 8: Ausschnitt aus der Geologischen Karte 1:25000 Bl. 7037 Kelheim mit Lage des Stinkerbrunnens (hinzugefügt: rote Umrahmung / R.G. 06/2022) in tertiären Sanden und Kiesen (miog) nördlich Frauenhäusl

Die Schwefelquellen im Sippener Moor liegen in einem 1939 ausgewiesenen Naturschutzgebiet, in dem zahlreiche seltene, zum Teil endemische, nur hier vorkommende, Arten ihren Lebensraum haben. Es handelt sich um ein Durchströmungsmoor in einem früher von der Donau durchflossenen Talabschnitt. Das Moor wird von stark schwefelhaltigen Karstquellen gespeist. Etwa 20 kleine Quellen, die bis zu 5 l/s schütten, treten am Südrand des Feckinger Tales aus. Das Quellwasser entstammt dem Malmkarst unterhalb der Molasseablagerungen. Die Malmkalke sind hier entlang einer Störungszone zerbrochen. Dadurch bieten sie dem Grundwasser gute Transportwege. Weiße Bakterienrasen kleiden die kleinen Wasserläufe der Quellwässer aus. Die Herkunft des Schwefels ist bislang noch nicht eindeutig geklärt, vermutet wird ein Zusammenhang mit tertiären Braunkohlevorkommen.



R. Glassl 05/2022 (verändert nach LRA Kelheim-Untere Naturschutzbehörde/Landschaftspflegeverein Kelheim www.voef.de)

Da in unmittelbarer Nähe der beiden Schwefelquellen auch schwefelfreies Grundwasser zutage tritt, ist es wahrscheinlich, dass zwei unterschiedliche Grundwasserhorizonte bestehen. Dies verdeutlicht die nebenstehende Darstellung.

Abb. 9: Schematische Darstellung der geologischen Situation der Quellen im Sippener Moor (R. G. 05/2022, verändert nach Landschaftspflegeverein/Untere Naturschutzbehörde Landkreis Kelheim (Schwefelquelle-nsg-sippener-moor))

Das Alter dieser Schwefelwässer wird auf 8.000 bis 20.000 Jahre geschätzt. Der Name des Moores weist auf den Schwefel hin, steht „Sippen“ doch für „faulig riechen, stinken“. Die Botanische Gesellschaft Regensburg von 1790, die älteste noch bestehende botanische Vereinigung weltweit, erwarb bereits 1911 erste Flächen, um das Moor in seinem Erhalt zu sichern. Erklärt wird der Schwefelgehalt des Quellwassers damit, dass Grundwasser durch Braunkohleschichten der

¹⁰ Rutte 1962, S. 138.

Tertiärzeit zieht, in denen durch organische Zersetzung Schwefelwasserstoff und Schwefel entsteht. Im Wasser gelöst werden diese an der Oberfläche ausgetragen.¹¹ Das Sippenauer Moor ist Naturschutzgebiet. Es ist auch als Geotop (Geotop-Nr. 273Q001)) ausgewiesen.

Zusammenfassung

Auf die chemische Zusammensetzung des Grundwassers wirkt sich die Gesteinszusammensetzung, die Gesteinsbeschaffenheit des Grundwasserleiters, die zeitliche Dauer, wie lange das Wasser im Gesteinskörper verweilt sowie die chemische Reaktion des Wassers mit dem Boden während der Versickerungsphase aus. Der Chemismus des Grundwassers kann durch menschliche Einwirkungen (Einleitungen, Verunreinigungen, etc.) verändert werden. Schwefelwasserstoffe entstehen durch die bakterielle Reduktion von Sulfat, das aus der Oxidation von Eisensulfiden (v.a. Pyrit) hervorgeht. Kohlensaurer Kalk, Gips, Bitumen, Schwefelsäure und andere Stoffe sind an einem komplizierten Stoffumbauprozess beteiligt. Sie alle sind in unterschiedlichen Konzentrationen im Gestein enthalten. Auch fossile Braun- und Steinkohle enthalten viel Schwefelwasserstoff (H₂S).

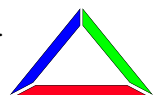
In der Fränkischen Alb ist eine charakteristische Abfolge von Tonen, Tonmergel, Sand- und Kalksteinen ausgebildet, die eine Wechselfolge von Grundwasserstauern und Grundwasserleitern bedingt. Dabei wirken wasserundurchlässige bzw. nur schwer durchflüssige Ton- und Mergellagen als Trennschichten (Grundwasserstauer), die weitgehend einen hydraulischen Kontakt zwischen grundwasserleitenden Stockwerken verhindern. Daraus entwickelte sich eine hydrogeologische Stockwerksgliederung des Untergrundes mit entsprechenden Quellhorizonten, aus denen Grundwasser an der Erdoberfläche austritt.

Literatur (Auswahl):

- Abele, G. (1950): Die Heil- und Mineralquellen Südbayerns.- Geologica Bavarica Nr. 2; München.
- Baier, A. (2021): Der Gesundbrunnen von Großalbershof. – http://www.angewandte-geologie.geol.uni-erlangen/Sulz_92.htm (aufgerufen am 23.02.2022).
- Bayer. Geol. Landesamt (Hg.) (1996): Geologische Karte von Bayern 1:500000. München.
- Bayer. Geol. Landesamt (Hg.) (1962): Rutte, E.: Erläuterungen zur Geologische Karte von Bayern 1:25000 Blatt Nr. 7037 Kelheim. München.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (o.J.): Schwefelquellen im Sippenauer Moor südöstlich von Mitterfecking. – www.lfu.bayern.de (aufgerufen am 19.05.2022).
- Birzer, F. (1960): Einige ehemalige Wildbäder Nordbayerns. – Geologische Blätter für Nordost-Bayern und angrenzende Gebiete; Bd. 10, H. 4; S. 159-167. Erlangen.
- Flurl, M. (1792): Beschreibung der Gebirge von Baiern und der oberen Pfalz. Nachdruck der Originalausgabe, hg. von G. Lehrberger, München 1992; Eigenverlag.
- Glassl, R. (2019): Der artesische Brunnen Daßwang. Teil 2: Die natürlichen Voraussetzungen für das Vorhandensein artesisch gespannten Wassers in Daßwang. - AGRICOLA-Informationsblätter 68-2/2019. Parsberg, Hemau.
- Gümbel, C.W. (1891): Geognostische Beschreibung des Königreichs Bayern. 4. Abtheilung: Geognostische Beschreibung der Fränkischen Alb (Frankenjura) mit dem anstossenden Fränkischen Keupergebiete. - Verlag Dr. Friedrich Pfeil (1998) – Nachdruck der Originalausgabe; München.
- Murawski, H. u. W. Meyer (2010¹²): Geologisches Wörterbuch. Spektrum Akademischer Verlag; Heidelberg.
- Nieke, D. (1995): Schwefelquellen von Bad Iburg. – Osnabrücker Naturwissenschaftl. Mitt. Bd. 20/21, S. 205-224; Osnabrück.
- Quentin, K.-E. (1970): Die Heil- und Mineralquellen Nordbayerns. – Geologica Bavarica Nr. 62; München.
- Schwaiger, D. (2022): Vom Wildbad zum modernen Kurbad. Schwefelbäder in den Randbereichen der Fränkischen Alb / Teil 2. - AGRICOLA-Informationsblätter 80-2/2022. Parsberg, Hemau.
- www.voef.de/Sippenauer Moor (aufgerufen am 29.11.2021).

AGRICOLA Informationsblätter zur Kultur- und Naturgeschichte, Blatt 80-1/2022:
Robert Glassl (2022): Schwefelhaltige Quellen in den Randbereichen der Fränkischen Alb / Teil 1.
Ihre Entstehung und geographische Verbreitung. Ein Überblick.

Herausgeber: AGRICOLA www.agricola-bayern.de



Arbeitsgemeinschaft für Kultur- und Naturgeschichte Region
Schwarze Laber-Tangrintel e.V. Geschäftsstelle: Sonnenstraße 1, 92331 Parsberg

¹¹ Landschaftspflegeverein/Untere Naturschutzbehörde Landkreis Kelheim.

