

# **Geologische Modellbildung zum Festgestein des Oberen Vogtlandes und deren hydrogeologische Interpretation**

Mißling, Klaus<sup>1</sup>, Nobst, Wolfgang<sup>2</sup> & Leibenath, Carsten<sup>1</sup>

## **1. Zielstellung und Untersuchungsmethodik**

Für die systematische und nachhaltige Bewirtschaftung sowie Unterschützstellung der Heil- und Mineralwässer des Oberen Vogtlandes und Westböhmens ist der solide Kenntnisstand zu deren Entstehung, Verbreitung und Bewegung die Grundvoraussetzung. Aus diesem Grunde erfolgte in den letzten Jahren im Zuge der Erschließung von Mineralwässern und der fachtechnischen Untersuchungen für ein grenzüberschreitendes Schutzzonenkonzept die systematische Aufarbeitung des vorhandenen umfangreichen, jedoch sehr inhomogenen Kenntnisstandes zur Geologie und Hydrogeologie des Untersuchungsgebietes. Der vorliegende Vortrag umfasst die Bildung eines geologisch-hydrogeologischen Strukturmodells, aus dem wesentliche Schlussfolgerungen für die Genese der Heil- und Mineralwässer abgeleitet werden konnten sowie Ansätze zur Formulierung von Parametermodellen.

Für diese Untersuchungen stand ein umfangreicher Fundus an Punktdaten (339 Bohrungen und 75 erfasste natürliche Aufschlüsse in sehr unterschiedlicher Erkundungstiefe und Qualität) zur Verfügung. Die entscheidende Rolle in der Untersuchungsmethodik wurde aber der Zusammenstellung, Auswertung und Synthese der in Tabelle 1 aufgeführten Flächendaten zugeordnet, die jetzt mit der Öffnung der Archive sowie intensiver Zusammenarbeit mit tschechischen Fachkollegen erst möglich wurde.

---

<sup>1</sup> Dipl.-Geol. Mißling, Klaus, Dr.rer.nat. Leibenath, Carsten, Umweltbüro GmbH Vogtland, Thossener Str. 6, 08538 Weischlitz, ☎+49 351 207 49 10, ubv.dresden@t-online.de

<sup>2</sup> Dipl.-Geol. Nobst, Wolfgang, G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft, PF 1162, 09581 Freiberg, ☎+49 3731 369 0, info@geos.de

Tab. 1: In die Modellbildung einbezogene Flächendaten

<b>Autor</b>	<b>Methode, Kartierungsmaßstab</b>	<b>Gebiet</b>	<b>Jahr</b>
WEISE & UHLEMANN	1 : 25 000	Blatt Bad Elster	1913 - 1914
JÄGER	1 : 25 000	Blatt Adorf	1928 - 1933
BECK	1 : 25 000	Blatt Bad Elster	1885
EBERT	1 : 25 000	Blatt Bad Elster	1934 - 1938
ENGERT	1 : 25 000	Blatt Klingenthal	1955
SKVOR (in tschechisch)	1 : 50 000	Blatt 1 – As (Westerzgebirge)	1960 - 1963
DOUFFET, H. & MIßLING, K.	1 : 10 000 für 1 : 25 000	Blatt Adorf	1961 - 1966
BERGER, H.-J.	1 : 10 000	Blatt Klingenthal Blatt Schöneck Blatt Oelsnitz	1975 - 1977, 1979, 1984, 1987
MAZAC, O. & POKORNY, L. (in tschechisch)	1:25.000, Geoelektrik, Gravimetrie, Magnetik	Cheb-Becken	1960
SCHUDINOWSKICH et al. 1979 (SDAG Wismut, in russisch)	1 : 25 000 Geoelektrik, Gravimetrie, Magnetik	Blatt Bobenneukir- chen Blatt Adorf - Bad Brambach	1979
ULLRICH - interpretiert von Wiemeyer	1 : 25 000 Gravimetrie, Geoelektrik	Gebiet Bad Elster u. Bad Brambach	1985
BERGER, H.-J. <sup>3</sup>	1 : 50 000	Oberes Vogtland	1989
ALEXOWSKY, W.	1 : 10 000, 1 : 5 000	Klingenthal	1977, 1979, 1980, 1987

Der dieser Arbeit zugrunde liegende geologische Untersuchungsgrad ist im Untersuchungsgebiet sehr unterschiedlich. Abgesehen von einigen kleineren intensiv erkundeten Gebieten im Bereich der Staatsbäder Bad Elster und Bad Brambach liegt für das Gebiet südlich von

<sup>3</sup> Diese Karte fasst den 1989 vorliegenden Kenntnisstand der geologischen und geophysikalischen Kartierungsarbeiten zusammen.

Bad Elster nur ein sehr geringer geologischer Kenntnissstand vor. Das Gebiet nördlich von Bad Elster ist mit umfangreicheren systematischen Kartierungen bearbeitet worden (vgl. Tab. 1).

Ebenfalls gibt es einen differenzierten Kenntnisstand im angrenzenden tschechischen Teil. Im Bereich des Grundgebirges gilt noch der Kenntnisstand, der durch die geologischen Kartierungsarbeiten in den sechziger Jahren von Herrn Skvor erarbeitet wurde. Das Cheb-Becken i. e. S. ist dagegen im Rahmen der Ton- und Braunkohlenerkundungen sowie der hydrogeologischer Untersuchungen zu den Bädern sehr intensiv untersucht worden.

Auf Basis des aktuellen Kenntnisstandes zur stratigraphischen Gliederung des Untersuchungsgebietes wurde ein Geologisches Normalprofil aufgestellt, das die Grundlage für eine geologische Übersichtskarte im Maßstab 1:50.000 bildet.

Die zusammenfassende Darstellung erfolgte auf der "Geologischen Übersichtskarte" (vgl. Anl. 3 Blatt 1) mit den Signaturen und Farben in weitest gehender Übereinstimmung mit der aktuellen Kartierungsmethodik des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie. Eine wesentliche Rolle spielten die geologischen Lagerungsverhältnisse mit ihren komplizierten Faltungs- und Bruchstrukturen.

Der Bruchtektonik kommt in Anbetracht ihrer exponierten hydrogeologischen Bedeutung (Kluftgrundwasserleitercharakteristik) eine besondere Bedeutung zu. Diese wurde neben der Darstellung in Karten und Schnitten in einem Katalog des tektonischen Inventars dokumentiert, in dem neben Hauptrichtung und Geometrie die Erscheinungsformen und hydrogeologische Interpretation zusammengestellt sind.

Im Untersuchungsgebiet ist keine der Störungszonen völlig aufgeschlossen, so dass die Beschreibung und hydrogeologische Bewertung der Störungszonen im Wesentlichen auf Analogieschlüssen aus dem Bergbau im Vogtland (z.B. KUSCHKA, E. 1989a, KUSCHKA, E. 1989b, KUSCHKA, E. & HAHN, W. 1995) basieren. Einzelne Störungen konnten mit ihren Kluftsystemen in kleineren Aufschlüssen im Gelände bei Kartierungsarbeiten (DOUFFET, H. & MIßLING, K. 1967a-c, BERGER, H.-J. 1986) bzw. an Bohrungen der Mineralwassererschließung (z.B. NOBST, W. 1997) sowie der Heilquellen (z.B. DAFFNER, TH., VOßBERG, M., LEIBENATH, C. et al. 2001) beobachtet werden. Das für die Mineralwassergenesemodelle maßgebliche Störungsmuster für größere Teufenbereiche wurde aus den vorliegenden tiefenseismischen Meßergebnissen übernommen (z.B. KÄMPF, H. et al. 1991).

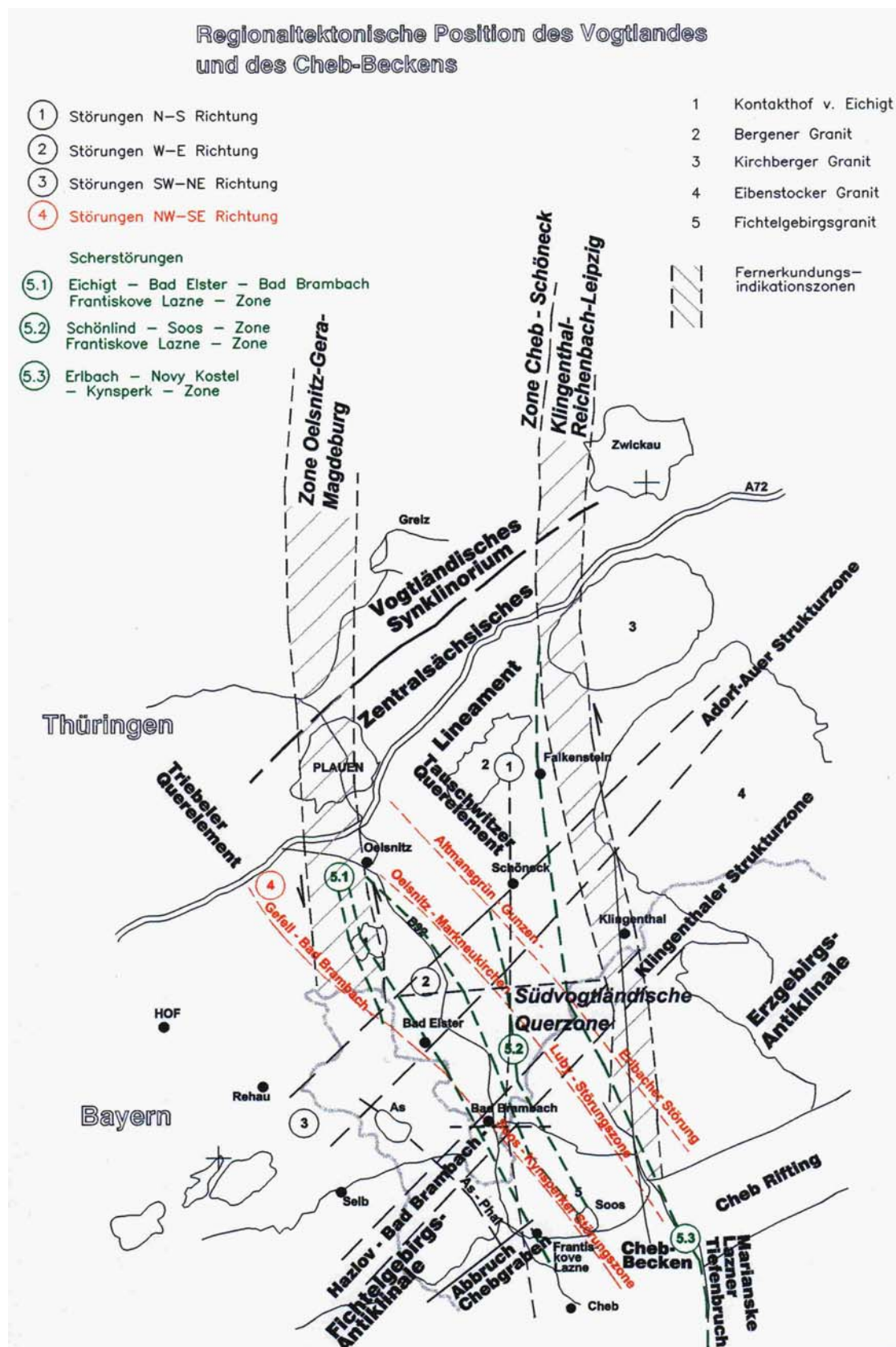


Abb. 1: Regionaltektonische Position des Oberen Vogtlandes und angrenzenden Cheb-Beckens

## 2. Geologisch-hydrogeologisches Strukturmodell

Regionalgeologisch befindet sich das Obere Vogtland in der Fichtelgebirgisch-Erzgebirgischen Antiklinalzone, an die im NW das Vogtländische Synklinorium grenzt. Abb. 1 zeigt strukturgeologische Einordnung des Untersuchungsgebietes. Diese regionalgeologische Einordnung findet ihre Widerspiegelung in den in Abb. 2 für einen Ausschnitt des Untersuchungsgebietes dargestellten lithostratigraphischen Einheiten. Den Kern der Fichtelgebirgs-Antiklinale bilden proterozoische Gneiseinheiten, in die ein kambroordovizischer Metagranit, der Orthogneis von Selb-Mokryny, und der spätvariszische Fichtelgebirgsgranit intrudierten. An diesen schließt sich in nördlicher Richtung das vogtländische Synklinorium an, das durch Schichtfolgen von in das Kambrium bis Ordovizium eingestuftem Gneisen, Glimmerschiefern und Phylliten mit nach Norden abnehmendem Metamorphosegrad gebildet wird.

Im Südost-Teil des Untersuchungsgebietes kam es im Wirkungsfeld von jungtertiären Bewegungen zur Grabenbildung des Cheb-Beckens als Teil des Cheb-Riftes. Der Untergrund des Beckens besteht aus Granit und kristallinen Gesteinen der Fichtelgebirgisch-Erzgebirgischen Antiklinalzone. Die Füllung des Beckens führte hier zu einer ca. 300 m mächtigen tertiären Sedimentfolge.

Der lithostratigraphische Aufbau bedingt die Gliederung nach den hydrogeologischen Eigenschaften der Gesteine in zwei Gebiete:

- Deckgebirge – sedimentärer Gesteinskomplex des Cheb-Beckens (Tertiär) – Porengrundwasserleiter
- Grundgebirge: magmatische und metamorphe Gesteinskomplexe des sächsischen Vogtlandes (Paläozoikum) - Kluftgrundwasserleiter

Beide Gesteinskomplexe werden von quartären Lockergesteinskomplexen (im wesentlichen Flußtäler und Schuttdecken) überlagert, die lokale Porengrundwasserleiter bilden (vgl. Abb. 2).

Diese Gebiete zeigen folgende hydrogeologische Charakteristik:

- Die tertiären Sedimente des Cheb-Beckens bilden eine beckenförmige Struktur mit flächenhaft verbreiteten wasserdurchlässigen Schichten unter den Cypris-Tonschichten (vgl. z.B. EGERTER, H.-G. et al. 1984, DOBES, M., HERCOG, F. & MAZAC, O. 1986), wobei vielfach arthesische Verhältnisse auftreten. Der Grundwasserumlauf erfolgt einerseits über das hydraulisch wirksame Kluftsystem (z.B. der liegenden Granite) und andererseits

über das Porensystem (z.B. in sandigen Schichten sowie die Kalkstein- und Sandeinlagen in Cypris-Tonschichten). Letztere bilden eine Decke über den Grundwässern der tieferen Wasserhorizonte

- In den magmatischen und stark metamorphen Gesteinskomplexen (Fichtelgebirgsgranit, Paragneis) ist die Grundwasserführung auf hydraulisch wirksame Trennflächen konzentriert, wobei mit abnehmendem Alter und Metamorphosegrad eine Verschlechterung der geohydraulischen Eigenschaften anzunehmen ist. (vgl. EGERTER, H.-G. et al. (1984), STÖBER, I. (1995), MATTHESS, G. & UBELL, K. (1983)). So weisen die geringer metamorphen Gesteine (v.a. Tonschiefer, Phyllit) eine weniger intensive Klüftung auf, die zumeist mit wenig wasserdurchlässigem Material verheilt sind. Eine höhere Wasserdurchlässigkeit besitzen hier Gneise und quarzitisches Gestein, die auf Grund ihrer Sprödigkeit zu einer höheren Klüftungsfreundlichkeit neigen. Eine deutlich verbesserte Wasserwegsamkeit weisen in diesen Bereichen auch hydrothermale Quarzgänge auf, an die im phyllitischen Bereich auch die Aufstiegsbahnen für Mineralwässer gebunden sein können. So sind z.B. die Mineralquellen von Bad Elster an derartige hydrothermale Quarzgänge gebunden. Es ist damit offensichtlich, dass für die hydrogeologische Situation im Kristallin und für den Mineralwasseraufstieg im gesamten Untersuchungsgebiet die tektonischen Verhältnisse den entscheidenden Faktor gegenüber der Lithostratigraphie darstellen.

Es ist bekannt, dass eine Vielzahl von geologischen und tektonischen Prozessen seit dem Präkambrium bis rezent das Obere Vogtland und das angrenzende Cheb-Becken prägten, die zu außergewöhnlich komplizierten Lagerungsverhältnissen führten. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die geologischen Ereignisfolgen und die daraus resultierenden Erscheinungen. Aus diesem generellen Beanspruchungsplan konnte über den Verlauf von und den Bezug der Störungen untereinander eine Altersbeziehung abgeleitet werden. Auf dieser Grundlage wurden entsprechend ihrer regionalen bzw. lokalen Bedeutung die Störungszonen nach KUSCHKA, E. (1989a,b) klassifiziert.

Generell kann aus dem geologischen Aufbau geschlossen werden, dass die meisten regionalen Störungszonen ihre Anlage bereits schon im Geosynklinalladium erhielten und somit eine große Tiefenwirkung aufweisen können, die mit Fernerkundung und Tiefenseismik nachgewiesen ist. Diese Schwächezonen waren immer wieder prädestiniert für eine ständige Aktivierung jüngerer tektonischer Prozesse, die z.B. zu Staffelbrüchen, Verkippungen, Schollenbildung und -verstellung und letztendlich zu dem in Abb. 3 beispielhaft visualisierten komplizierten Aufbau führten.

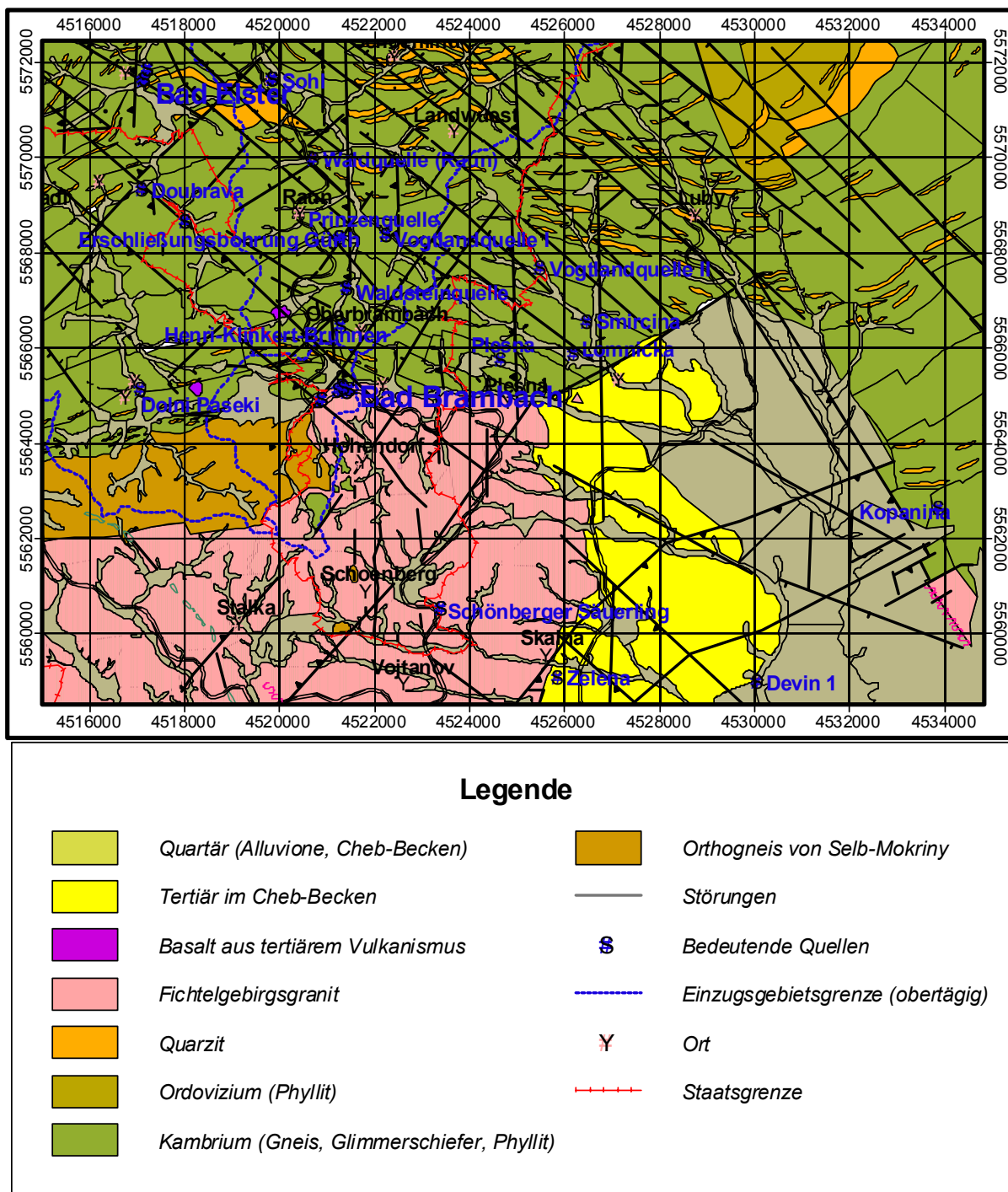


Abb. 2: Geologisch-hydrogeologische Übersichtskarte

Tab. 2: Geologische Ereignisfolge und daraus resultierende Geotektonische Erscheinungsformen

Ereignisfolge				Geotektonische Erscheinungsformen			
<b>Rezent</b>	alpidische Tektonogenese	Brüche- Schollen- len- Block- bildg.,	vulkanische Magmen				geringe Schollenbewegungen → Schwarmbeben vulkanische Restphase Mofetten/Säuerlinge an Scher- störungen/zonen/Kreuzungen al- ter Störungen, besonders im Bereich von Scherstörungen- zonen
		Vulkanis- mus					
<b>Känozoikum</b>							
<b>Kreide</b>			vulka- nische Magmen				
<b>Rotliegendes</b>	<i>saalische Bewegung</i>						
<b>Karbon</b>	<i>erzgeb. Bewegung</i> <i>sudetische Phase</i>	varisz. Granite		Isoklinal-Faltung SW - NE Schuppenbau-Einengung, Aus- bildung von Lineamenten, vorwiegend Aufschiebungen			
<b>Oberordov.</b>	variszische Tektonogenese	aus- klin- gende Regional- meta- mor- phose		- epirogenetische Bewegun- gen -			
<b>Kambrorodovizium</b>	<i>Höhepunkt d. Regionalmeta- morphose</i>	Granit- Selb- Mo- kiny	Faltung → Einengung + Öffnung, Anlage von Tiefenbrüchen N - S/E - W/NW - SE mit Spaltenöffnung (Pfähle), Auf- und Abschiebungen				



In Tab. 3 und Abb. 1 werden die vorherrschenden Störungsrichtungen des Oberen Vogtlandes zusammengefasst.

Tab. 3: Störungsrichtungen und ihre Klassifizierung (Kuschka, E. 1989a-b)

Richtung	Grad	Vorherrschende Ordnungen	
		Hauptstörungen	Nebenzstörungen
N - S	~ 175 – 10	R1	R2 - R4    L1 - L4
E - W	~ 85 – 95	R1	R2 - R4    L1 - L4
SW - NE	30 – 60	-	R2 - R4    L1 - L4
NW - SE	120 – 145	R1	R2 - R4    L1 - L4
NNW – SSE	160 – 175	-	-    L1 - L4 (häufig als Scherstörungs-systeme)

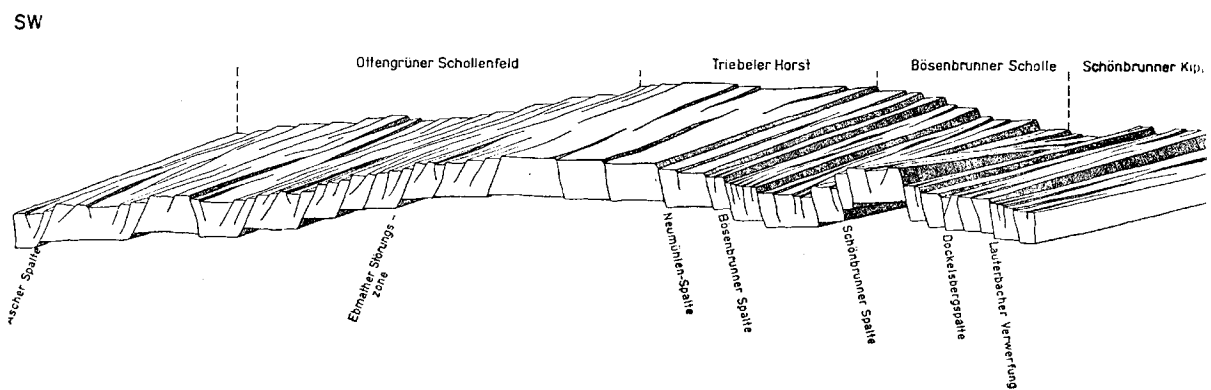


Abb. 3: Räumliche Visualisierung des Schollenaufbaus am Beispiel der Triebeler Querzone nach Franke & Dietrich (1962)

Die hydrogeologische Wirksamkeit der tektonischen Elemente wird geprägt durch:

- Ausgangsgestein
- Größe und Ausbildung der Störung (z.B. Gang- und Spaltenbildungen)
- Intensität der tektonischen Beanspruchung sowie
- aus diesen Faktoren resultierende Wasserwegsamkeit (Klüftigkeit, Kluffzonen, Schersysteme).

Sowohl im Verbreitungsgebiet des Fichtelgebirgsgranits als auch der Metamorphite sind hydrothermale Gangbildungen zu verzeichnen, die im Untersuchungsgebiet vorrangig durch

Quarzgänge mit und ohne Vererzungen (vgl. z.B. *NOBST, W. 1995a-d, NOBST, W. 1996d, VOßBERG, M. 2000*) charakterisiert sind. Zur Bildung dieser Gänge muss das Gebirge über lange Zeiträume von heißen Wässern durchströmt worden sein, was von tiefreichenden Spaltensystemen zeugt. Neben der Ausbildung von hydrothermalen Gängen bewirkten diese Lösungen auch die Umwandlung des umgebenden Gesteins, das durch den thermischen Einfluß und die Gangbildungen eine höhere Sprödigkeit und damit erhöhte Klüftungsfreundlichkeit bekommt. *GAUTSCHI, A., MEYER, CH., PETERS, T. & HOFMANN, B. (1986)* beschreiben erhöhte Porositäten und Durchlässigkeiten im hydrothermal beanspruchten Nebengestein. Sofern diese Klüfte mit Zirkulation hydrothermalen Wässers durch Gangbildungen nicht vollständig verheilt sind, können sie auch rezent als Aufstiegsbahn für juvenile Gase und möglicherweise juvenile Wässer dienen.

Abb. 4 zeigt den hydrogeologischen Aufbau einer Störungszone, wie er von *KUSCHKA, E. (1989a)* für die Fluoritlagerstätte Schönbrunn auf Basis einer systematischen geologischen Dokumentation des Grubengebäudes beschrieben wurde. Darin zeigt sich im Kern der Störungszone eine Mylonitbildung, die weitestgehend undurchlässig ist. Daran schließt sich ein Bereich der Feinstzerscherung an, der grobgrusig bis feinklütig ausgebildet ist und für den Durchlässigkeiten von  $10^{-2}$  bis  $10^{-3}$  m/s angegeben werden. Weiter folgen im Äußeren Grobzerscherungen und eine spröde Klüftigkeitszone mit Durchlässigkeiten zwischen  $10^{-4}$  bis  $10^{-6}$  m/s. Die Schichtenprofile des Quellgebiets Bad Elster lassen einen ähnlichen Aufbau erkennen, so dass hier ein Analogieschluß zwischen diesen beiden Gebieten gezogen werden kann. Dabei zeigt sich in Störungszone ein durch bindige Bildungen angesprochener Mylonitkern, in dessen Äußerem Häufungen von Quarzgängen angesprochen wurden, über die die Mineralwasserzutritte auftreten. Dieselbe Erscheinung beschreibt *STOBER, I. (1995)* für Metamorphite der Mineralwasserprovinz des Schwarzwaldes, dass beim Durchfahren von Mylonitzonen Wasserzutritte im stärker geklüfteten, den Mylonitkern über- und unterlagernden Gesteinen beobachtet werden.

Im Fichtengebirgsgranit des Untersuchungsgebietes sind dagegen keine derartigen Mylonitkerne an den Störungen beobachtet worden und auch nicht zu erwarten.

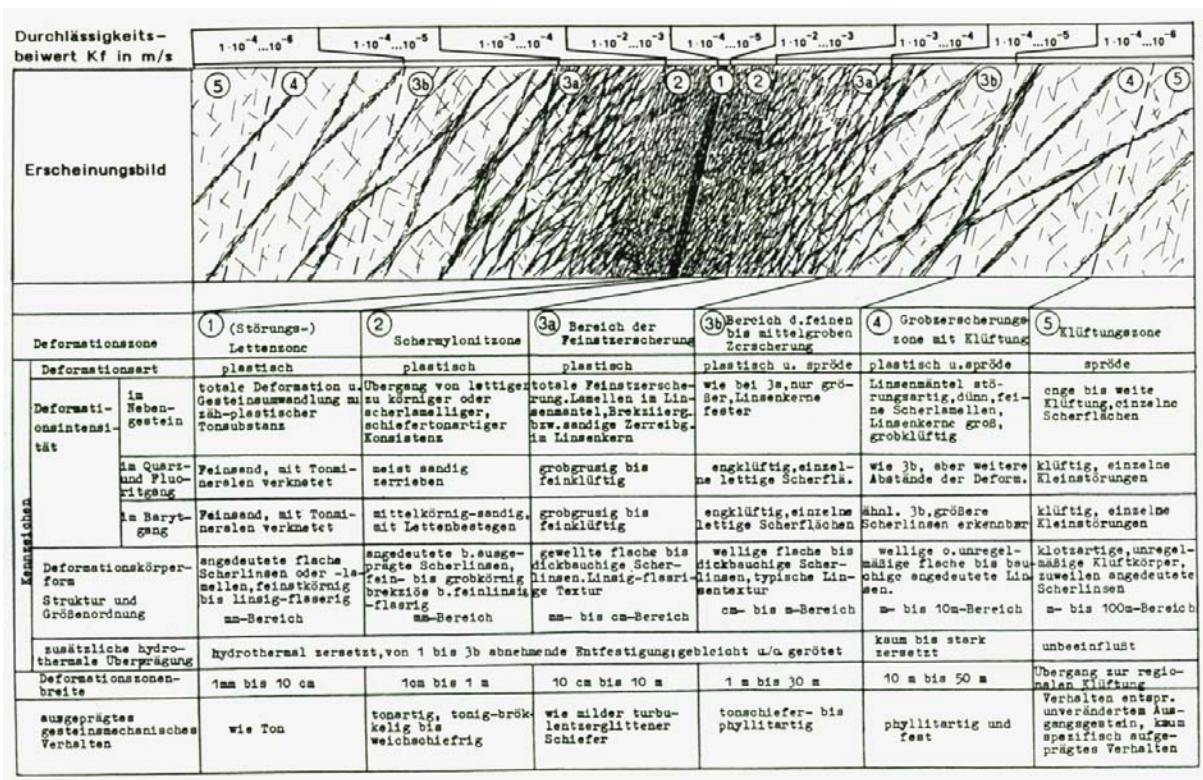


Abb. 4: Hydrogeologischer Bau in der Umgebung einer Störungszone am Beispiel der Fluoritlagerstätte Schönbrunn (KUSCHKA, E., 1989a)

Während der Herausbildung und der ständig neuen Aktivierung des tektonischen Inventars kam es in der postvariszischen bis in die jüngste Zeit zu horizontalen Schollenbewegungen, die sich besonders im Bereich älterer N-S-Strukturen auswirkten (KÄMPF, H. et al. 1991). Diese Prozesse führten zu den steilherzigen Scherstörungssystemen (160° bis 175°). Es handelt sich um Schersysteme von 100 m bis zu einigen Kilometer breiten Zonen mit zahlreichen kurzen Strängen, die sich im spitzen Winkel an die älteren N-S-Zonen ständig angleichen bzw. abspalten.

Diesen kommt eine besondere hydrogeologische Bedeutung zu, deren herausragende Rolle aus folgenden Fakten abgeleitet wird:

- Die Scherstörungssysteme befinden sich im Bereich alter Tiefenbrüche, deren erneute Aktivierung zur Bildung von tiefreichenden geöffneten Spaltensystemen führt (KÄMPF, H., STRAUCH, G., KLEMM, W. et al. 1991, KUSCHKA, E. 1989a u. KUSCHKA, E. 1989b).
- Die infolge der Tiefenwirkung dieser Störungssysteme entwickelten hydrothermalen Bildungen (Quarzgänge etc.) führten zu einer erhöhten Sprödigkeit der umgebenden Gesteine, die somit die Entstehung wasserwegsamere Klüfte begünstigt. STUMM, A. (1993a-b) beschreibt Klüftmessungen im Raum Bad Brambach/Sorgebach, bei denen bis 15 - 20 cm mächtige Klüfte mit Quarzmineralisation festgestellt wurden, die

ausschließlich NNW-SSE (steilherzyn) orientiert sind. Die Quarzmineralisation wird von Stumm als Indiz für die Tiefenreichweite dieser Klüfte gewertet.

- In den Fluoritlagerstätten des Oberen Vogtlandes (KUSCHKA, E. 1989a u. KUSCHKA, E. 1989b) wurden bei der systematischen geologischen Dokumentation des Grubengebäudes sowohl für die Wasserzutritte als auch für die Vererzungen die steilherzynischen Scherstörungssysteme als Ursache herausgearbeitet.
- Die Tiefenwirkung begünstigt den Aufstieg von juvenilen Gasen, insbesondere CO<sub>2</sub>, infolge deren Aggressivität es zu Intensivierung der Alteration der Festgesteine kommt. Dies wird z.B. an der in rezenten Aufschlüssen an der Umgehungsstraße von Bad Brambach und aufgelassenen Kiesgruben im Raum Bad Brambach/Hohendorf beobachteten intensiven chemischen Verwitterung des Granits deutlich (vgl. DAFFNER, TH., VOßBERG, M., LEIBENATH, C. et al. 2001).
- Die Lage der Epizentren der vogtländischen Schwarmbeben ist in steilherzynischer Richtung angeordnet (vgl. SCHNEIDER, G. & BANKWITZ, P. 2000).
- OELSNER (1978) (zitiert in STUMM, A. 1993a) führte zwischen Bad Brambach und Bad Elster Geothermiemessungen aus. Die dabei festgestellten Anomalien wiesen ausschließlich eine NNW-SSE (steilherzyne) Orientierung auf.
- Die Lage der Mineralquellen des Oberen Vogtlandes kann diesen Systemen zugeordnet werden, und der Chemismus der Mineralquellen entlang dieser Systeme weist Analogien auf.
- Die Quellsalten der Wettinquelle zu Bad Brambach (DAFFNER, TH., VOßBERG, M., LEIBENATH, C. et al. 2001), der Thermalquelle in Karlo Vyvary und von Mar. Lazne (STUMM, A. 1993, VYLITA, B. 1985) weisen eine steilherzyne Orientierung auf.
- Die im Zuge der Mineralwassererschließung der Brambacher Sprudel GmbH & Co. ausgeführten Pumpversuche zeigen an der innerhalb einer steilherzynen Scherbruchzone liegenden Bohrung "Henri-Klinkert-Brunnen" eine erhöhte Transmissivität gegenüber außerhalb dieser liegenden Aufschlüsse. Jedoch sind insgesamt zu wenig Testergebnisse für gesicherte geohydraulische Schlußfolgerungen vorhanden.

Die herausragende Rolle der Scherstörungssysteme für die Mineralwassergenese besteht darin, dass deren Verbindung zum Erdmantel den Aufstieg juveniler Gase (v.a. CO<sub>2</sub>) ermöglicht, der eine erhöhte Aggressivität des Grundwassers bewirkt und damit

Auslaugungsprozesse aus der Feststoffmatrix begünstigt. Damit können diese Zonen als Zonen mit besonderer Mineralwasserhäufigkeit charakterisiert werden, in denen dem Schutz der mineralwasserbildenden Ressourcen eine besondere Bedeutung zukommen muss.

### 3. Parametermodell

Für das Untersuchungsgebiet wurden 62 durchgeführte geohydraulische Tests recherchiert und wissenschaftlich geprüft. Im Ergebnis der Prüfung muß aber festgestellt werden, daß nur ein geringer Teil der geohydraulischen Testarbeiten für eine belastbare geohydraulische Parameterbestimmung herangezogen werden kann. Der überwiegende Teil an vorliegenden Testarbeiten wurde als reiner Leistungstest ohne Konstanz der Förderleistungen und mit unvollständigem Meßregime gefahren, bzw., die Aufzeichnungen sind nicht überliefert.

Die in Abb. 5 gezeigte Verteilung der ermittelten hydrogeologischen Parameter innerhalb der bei der Bildung des Grundwasserleiter-Stauer-Modells klassifizierten hydrogeologischen Einheiten, verdeutlicht die große Spannbreite der ermittelten Parameter. Während die Untergrenzen für die beiden hydrogeologischen Varietäten "Gesteine mit geringer Grundwasserführung" und "Gesteine mit geringer bis mittlerer Wasserführung" weitestgehend identisch sind, bestehen bezüglich der Obergrenzen deutliche Unterschiede. Dies könnte damit erklärt werden, daß die geringen hydraulischen Leitfähigkeiten und Brunnenergiebigkeiten (Untergrenzen) für tektonisch gering geprägte Bereiche unterhalb der Zersatz- und Auflockerungszone auftreten, während die Obergrenzen durch Tektonik, damit verbundene petrographische Besonderheiten (z.B. Quarzgänge) sowie die Auflockerungszone determiniert werden. Es wird deutlich, dass die petrographische Zusammensetzung nicht die dominierende Rolle bei der Herausbildung der hydrogeologischen Eigenschaften spielt.

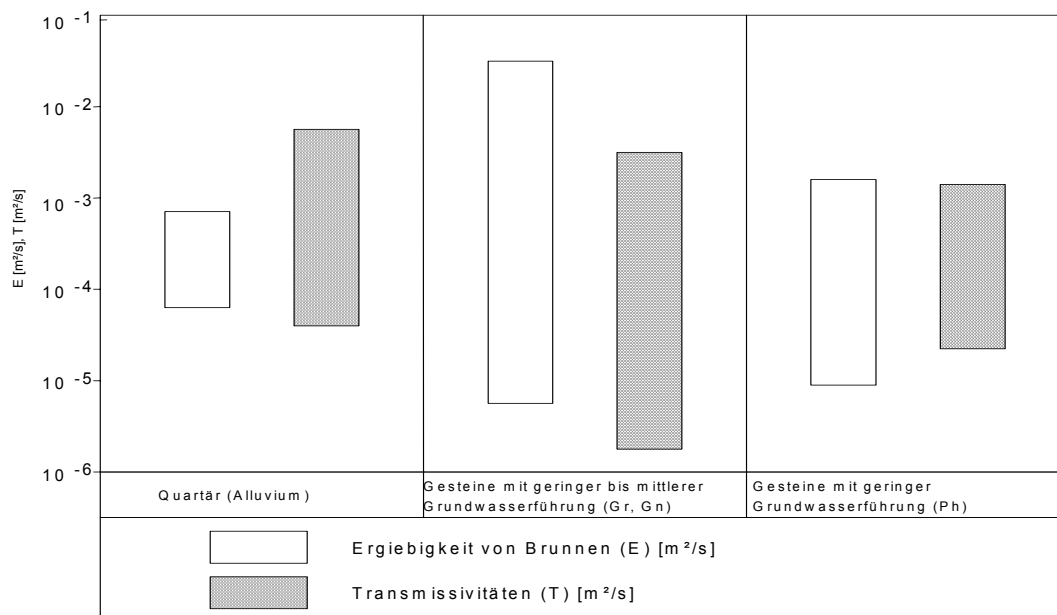


Abb. 5: Geohydraulische Parameter in den hydrogeologischen Einheiten

Das aufgezeigte Parameterspektrum bewegt sich im Rahmen der auf Basis umfangreicher Literaturrecherchen erarbeiteten, z.B. durch STÖBER, I. (1995) und MATTHESS, G. & UBELL, K. (1983) gegebenen Übersichten zur Durchlässigkeit kristalliner Gesteine.

Ein gesicherter Kenntnisstand zum hydrogeologischen Parametermodell kann für den Lockergesteinsbereich des Quellgebiets Bad Brambach ausgewiesen werden, das durch drei Pumpversuche belegt und durch die Grundwasserabsenkung zur Sanierung der Wettinquelle validiert ist (DAFFNER, TH., VOßBERG, M., LEIBENATH, C. et al. 2001). Danach wird der von der Tagesoberfläche bis ca. 2,50 m u. Gel. anstehende Auelehm, z.T. anmoorig, als Stauer idealisiert. Für die in deren Liegendem lagernden Bachschotter wird ein  $K_f$ -Wert von  $8,0 \cdot 10^{-5}$  m/s angegeben. Der diese unterlagernde Granitzersatz weist eine Durchlässigkeit von  $4,0 \cdot 10^{-5}$  m/s auf. Im gewichteten Mittel ergibt dies für den Lockergesteins-GWL einen  $K_f$ -Wert von  $6,4 \cdot 10^{-5}$  m/s. Dieses Parametermodell kann  $\pm$  auf die Flußauen im Verbreitungsgebiet des Fichtelgebirgsgranits extrapoliert werden. In den Flußauen im Verbreitungsgebiet der Metamorphite wird das Parametermodell dahingehend spezifiziert, daß der Festgesteinszersatz als Grundwasserstauer wirkt. Damit wirken hier lediglich die Bachschotter als Grundwasserleiter, für die der im Quellgebiet Bad Brambach belegte  $K_f$ -Wert von  $8,0 \cdot 10^{-5}$  m/s extrapoliert wird.

Für die ebenfalls dem Lockergesteinsbereich zuzuordnenden und den hypodermischen Abfluß maßgeblichen Hangablagerungen können Parameterangaben lediglich auf Basis von Tabellenwerten erfolgen.

Zur Teufenabhängigkeit der Durchlässigkeit des Festgesteinsbereiches liegen im Untersuchungsgebiet nur unzureichende Daten vor, so daß zu deren Beurteilung derzeit wissenschaftliche Analogieschlüsse herangezogen werden müssen. Die oberflächennahen Bereiche sind einer Verwitterung und Auflockerung ausgesetzt, wobei diese Prozesse nicht automatisch zur Erhöhung der Durchlässigkeiten führen müssen. An den Bohrungen des Untersuchungsgebietes sind die oberflächennahen Einflüsse von Verwitterung und Auflockerung überwiegend ab Teufen von 20 m nicht mehr erkennbar. Einige Aufschlüsse im Verbreitungsgebiet metamorpher Gesteine mit geringer bis mittlerer Grundwasserführung - Gneise, Glimmerschiefer - (z.B. Neubohrung Gürth der Brambacher Sprudel GmbH & Co.) zeigen diese Einflüsse bis in Teufen von 53 - 113 m u. Gelände. Damit kann davon ausgegangen werden, daß die exogenen oberflächennahen Einflüsse auf Gefüge und Durchlässigkeit ab Teufen von 100 bis 200 m auf ein Minimum reduziert sein dürften.

So kann für diese Ablagerungen davon ausgegangen werden, daß für die ermittelten T-Werte eine maßgebende Mächtigkeit von ca. 100 m anzusetzen ist, was für diesen Bereich zu  $K_f$ -Werten von  $10^{-7}$  bis  $10^{-6}$  m/s führt.

Metamorphe Gesteine mit geringer Klüftungsfreundlichkeit (Phyllite) sind im Untersuchungsgebiet generell als Grundwasserstauer anzusetzen. Grundwasserführung tritt im Bereich tektonischer Störungen mit ausgebildeten Quarzgängen auf. Diese sind z.B. an der Vogtlandquelle I (Grünbachtalquelle) aufgeschlossen.

Im Verbreitungsgebiet des Fichtelgebirgsgranits wurden im Teufenbereich bis 15 m an Bohrungen im Quellgebiet Bad Brambach Durchlässigkeiten von  $1,56 \cdot 10^{-7}$  bis  $5,44 \cdot 10^{-5}$  m/s ermittelt. An der im Teufenbereich 60 – 105 m getesteten Oberen Grenzquelle (Quellgebiet Bad Brambach) zeigten sich eine Durchlässigkeit von  $9,04 \cdot 10^{-7}$  m/s. Für größere Teufen liegen keine Daten vor. Die Aufnahme von Salinitäts- und Tritiumprofilen an bis zu 200 m tiefen Bohrungen im Quellgebiet von Bad Brambach zeigen jedoch, daß in Teufen >100 m praktisch kein Wasseraustausch mehr stattfindet (kein Jungwasseranteil, sprunghafte Zunahme der Mineralisation). Dies ist ein Indiz für wesentlich mit der Teufe abnehmende Durchlässigkeiten.

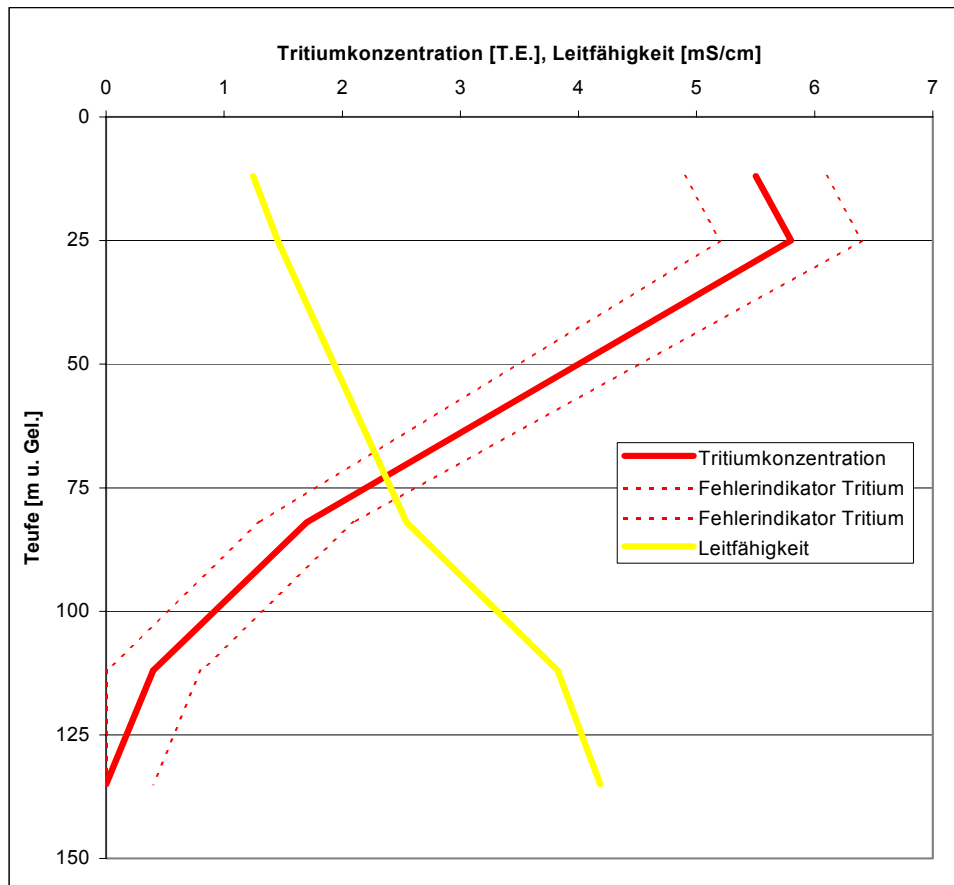


Abb. 6: Tritium- und Salinitätsprofil einer Bohrung im Quellgebiet Bad Brambach

Unterhalb der Teufe von 100 –200 m wird die Abnahme der Durchlässigkeit mit der Teufe i.d.R. durch Exponentialmodelle abgebildet (z.B. HAEHNE, R. 1983, STOBER, I. 1995). Z.B. wurde durch BRACE, W. F., WALSH, J. B. & FRANGOS, W. T. (1968) die Gültigkeit derartiger Parametermodelle für die auflastbedingte Reduktion der Durchlässigkeit von Granitproben durch Laborversuche gezeigt, in denen der Druck stufenweise bis zu der in Teufen von 35 km auftretenden Auflast erhöht wurde. Dagegen wurde bei der Auswertung der Teufenabhängigkeit der Durchlässigkeiten in der Schwarzwälder Mineralwasserprovinz im Teufenbereich von einigen 100 m keinerlei Teufenabhängigkeit der Durchlässigkeit festgestellt. Als Erklärung hierfür zieht STOBER, I. (1995) die Dominanz des tektonischen Einflusses über die auflastbedingten Faktoren infolge der Sprödigkeit der Granite heran. Bei den Metamorphiten ist dagegen eine klare Teufenabhängigkeit der Durchlässigkeiten zu verzeichnen. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen ein Beispiel für die Teufenabhängigkeit der Durchlässigkeiten (STOBER, I. 1995). Nach dem rezenten Kenntnisstand ist Wasserbewegung im Kristallin entgegen der bis in jüngster Vergangenheit vorherrschenden Meinung bis in große Teufen möglich. Die tiefsten offenen wasserführenden Klüfte sind



bisher in der Bohrung Kola-SG3 in einer Tiefe von 12.500 m nachgewiesen (KOZLOVSKY, VE. A. 1984).

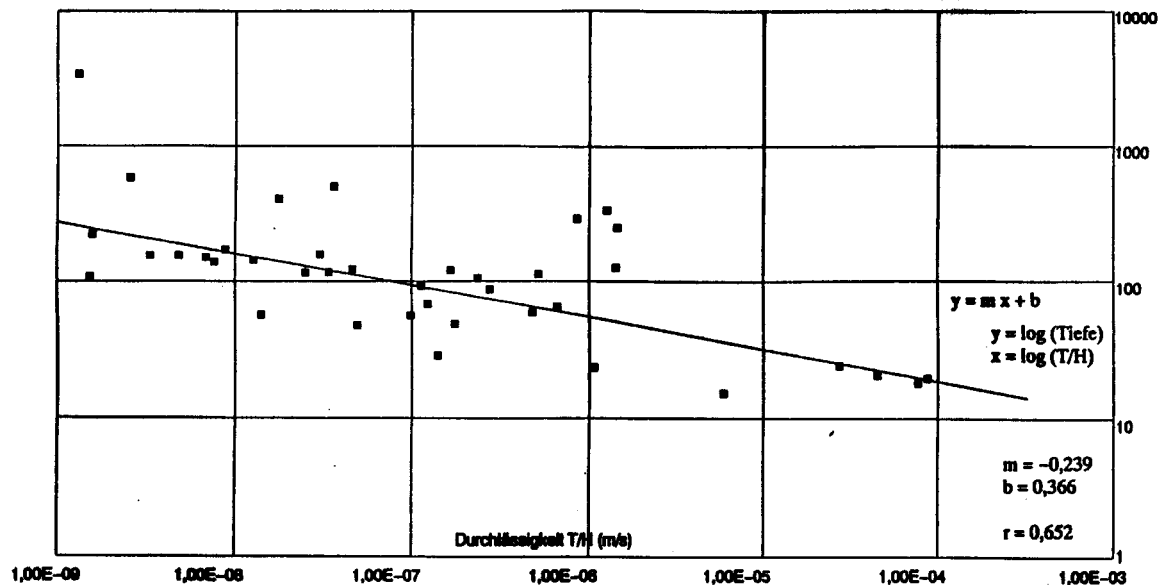


Abb. 7: Tiefenabhängigkeit der Durchlässigkeit von Gneisen in der Schwarzwälder Mineralwasserprovinz nach STOBER, I. (1995)

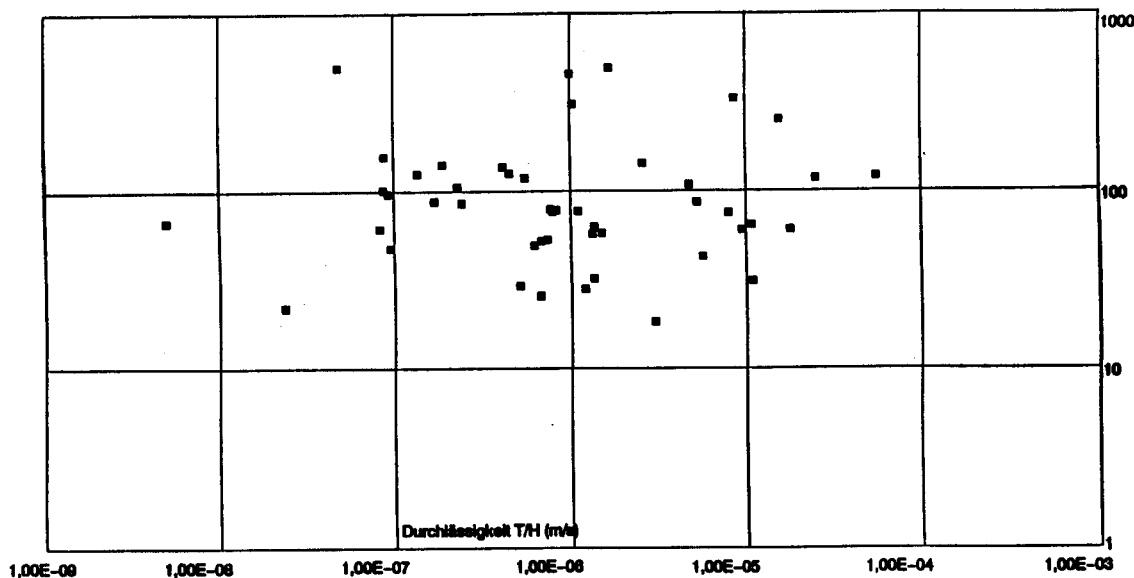


Abb. 8: Tiefenabhängigkeit der Durchlässigkeit von Graniten in der Schwarzwälder Mineralwasserprovinz nach STOBER, I. (1995)

Die Zuordnung geohydraulischer Kennwerte zu den tektonischen Elementen gestaltet sich als problematisch, da die Daten in unterschiedlicher Qualität und Nachvollziehbarkeit vorliegen und keine einheitliche Methodik angewendet wurde.

Es werden nachfolgend erste Ansätze zur Zuordnung der Profildurchlässigkeit zu tektonischen Elementen für die mit nachvollziehbarer einheitlicher Methodik ausgeführten Testarbeiten der Erschließungsbohrungen der Brambacher Sprudel GmbH & Co. KG aufgeführt. Diese Aussagen betreffen das Verbreitungsgebiet von metamorphen Gesteinen mit geringer bis mittlerer Grundwasserführung (Gneise, Glimmerschiefer). Eine Teufenabhängigkeit ist nicht belegt.

Die das Untersuchungsgebiet durchziehenden regionalen Strukturzonen weisen eine Wirkungsbreite von mehreren Kilometern auf (vgl. MIßLING, K. & DVORAK, J. 2002). Innerhalb dieser kann von einer  $\pm$  flächendeckenden tektonischen Beanspruchung ausgegangen werden, die bei einem genügend großem Betrachtungsmaßstab (Repräsentatives Einheitsvolumen - REV - mindestens 100 x 100 x 100 m) gewissermaßen den "Hintergrundwert" für die Profildurchlässigkeit in der Größenordnung  $T=10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s liefert.

Danach wird für den Standort der Waldsteinquelle I aus der Bohrung mit einer Endteufe von 97 m eine Transmissivität von  $2-3 \cdot 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s angegeben. Da der Standort der Waldsteinquelle lediglich von einer Nord-Süd-ausgerichteten regionalen Strukturzone beeinflusst wird und sich in einem zwischen Scherbruchzonen sowie herzynischen Strukturen liegenden Block befindet, wird dieser Wert als  $\pm$  repräsentativ für den oben angeführten "Hintergrundwert" der Durchlässigkeit angesetzt, der nur durch das Nord-Süd streichende System geprägt wird. Der hier ausgeführte Pumpversuch zeigt in der Absenkungskurve (vgl. NOBST, W. & SZYMCAK, P. 1996b) den deutlichen Einfluß einer speisenden Berandung. Als eine solche kann die Scherbruchzone interpretiert werden. Die 300 m tiefe Bohrung zur Vogtlandquelle I repräsentiert die gleiche hydrogeologische Einheit, die dort ermittelten Parameter korrespondieren mit den zur Waldsteinquelle getroffenen Aussagen.

Der Henri-Klinkert-Brunnen liegt innerhalb einer steilherzynen Scherbruchzone, die sich innerhalb der regionalen Nord-Süd-ausgerichteten Bruchzone befindet. Am Henri-Klinkert-Brunnen ist die ermittelte Transmissivität um eine Größenordnung höher ( $T = 1,28 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s) als an der Waldsteinquelle. Diese Aussage wird als besonders erhöhte Wasserwegsamkeit in der steilherzynen Strukturzone interpretiert.

An der Prinzenquelle liegt die Profildurchlässigkeit in derselben Größenordnung wie an der Waldsteinquelle ( $T = 7,4 \cdot 10^{-5} - 7,7 \cdot 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s). Diese gegenüber dem Hintergrundwert

leicht erhöhte Wasserwegsamkeit könnte auf den Einfluß einer diesen Standort kreuzenden herzynischen Störung zurückgeführt werden.

Trotz zahlreicher ausgeführter Bohrungen auf Störungszonen konnte bei Langzeitpumpversuchen keine hydraulische Kommunikation untereinander entlang der Störungszonen nachgewiesen werden. Als gesichert kann die Aussage betrachtet werden, dass der Aufstieg aus der Tiefe an tektonische Elemente gebunden ist.

#### 4. Schlussfolgerungen für die Genese und Bewirtschaftung der Heil- und Mineralwässer

Eine herausragende Rolle bei der Genese der Mineralwässer kommt den Kreuzungsbereichen der Scherstörungssysteme mit tief angelegten Störungssystemen zu, an denen von bis zum Erdmantel reichenden offenen Kluftsystemen auszugehen ist. Für diese ist der Aufstieg juveniler Gase ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ , möglicherweise Chlor- und Schwefelverbindungen) aus dem oberen Erdmantel nachgewiesen. Beim Zusammentreffen mit Grundwasser, das in erster Linie durch den Infiltrationszyklus (vadosen Zyklus) gebildet wird, gehen die Gase in wäßrige Lösung und bewirken deren erhöhte Aggressivität. Diese wird insbesondere durch die bei der Lösung von  $\text{CO}_2$  entstehende saure Reaktion hervorgerufen.

Infolgedessen ist hier eine Intensivierung der Alteration des Festgesteins möglich, die zur Erhöhung der Mineralisation im Grundwasser führt. Beim Aufstieg dieser Wässer erfolgt wiederum deren Mischung mit zumeist geringer mineralisierten „Jungwässern“ aus dem Infiltrationszyklus (endogenes Genesemodell). Als zusätzlicher Faktor, für den aber beim gegenwärtigen Kenntnisstand keine eindeutige Nachweisführung möglich ist, tritt möglicherweise die Zufuhr von hochmineralisierten Wässern (z.B. aus dem Zechstein) aus den von MÖLLER, P. et al. (1997) diskutierten Konvektionswalzen bzw. überregionalem Transport über tiefreichende Störungssysteme in Erscheinung (exogenes Genesemodell).

Diese favorisierte Arbeitshypothese hat folgende Konsequenzen für das Bewirtschaftungs- und Schutzzonenkonzept:

- Die Bildungsgebiete für die Mineralwässer werden fast ausschließlich durch die Grundwasserfließwege des Infiltrationszyklus geprägt, die im Wesentlichen durch geologische, hydrogeologische und geohydraulische Aspekte determiniert werden. Bei der Schutzzonenausgrenzung müssen diese Sachverhalte berücksichtigt werden.

- Die aufgestellten Genesemodelle zeigen die Heil- und Mineralwässer des Oberen Vogtlandes als endliche Ressource bzw. als Ergebnis sehr langsam ablaufender Prozesse. Das hat zur Folge, dass die Mengenbewirtschaftung der Heil- und Mineralwässer im Untersuchungsgebiet sehr sensibel zu behandeln ist.
- Wegen der Konzentration des Grundwasserfließgeschehens auf eng begrenzte Kluftsysteme sind der Fichtelgebirgsgranit und Quarzgänge in den Metamorphiten bei der Bemessung von Heilwasserschutz zonen als Karstgrundwasserleiter zu behandeln.

## 5. Literaturverzeichnis

BERGER, H.-J. (1986): Geologische Karte von Sachsen 1 : 25 000, Schöneck/Vogtl. - VEB Geol. Forsch. u. Erkdg.; Freiberg.

BRACE, W. F., WALSH, J. B. & FRANGOS, W. T. (1968): Permeability of Granite under High Pressure. - J. Geophys. Res., vol. 73, no. 6, p. 2225-2236.

DAFFNER, TH., VOßBERG, M., LEIBENATH, C. et al. (1999): Grenzüberschreitender Schutz der Heil- und Mineralquellen im Vogtland in Sachsen und Westböhmen. Zwischenbericht. - UBV; Weischlitz.

DAFFNER, TH., VOßBERG, M., LEIBENATH, C. et al. (2001): Grenzüberschreitender Schutz der Heil- und Mineralquellen im Vogtland in Sachsen und Westböhmen. Abschlußbericht. - UBV; Weischlitz.

DOBES, M., HERCOG, F. & MAZAC, O. (1986): Die geophysikalische Untersuchung der hydrogeologischen Strukturen im Cheb-Becken. - Sbor. geol. ved, uzita Geofyz., 21: 117-158; Praha.

DOUFFET, H. & MIßLING, K. (1967a): Erläuterungen zur Geologischen Karte der DDR, 1 : 25 000 - Blatt Adorf (5639), Teil A. - VEB Geol. Erkundung Süd; Freiberg (unveröfftl.).

DOUFFET, H. & MIßLING, K. (1967b): Erläuterungen zur Geologischen Karte der DDR, 1 : 25 000 - Blatt Adorf (5639), Teil B. - VEB Geol. Erkundung Süd; Freiberg (unveröfftl.).

DOUFFET, H. & MIßLING, K. (1967c): Erläuterungen zur Geologischen Karte der DDR, 1 : 25 000 - Blatt Adorf (5639), Beikarten. - VEB Geol. Erkundung Süd; Freiberg (unveröfftl.).

- EGERTER, H.-G. et al. (1984): Geochemische Beziehungen in vogtländisch-westböhmischem Mineralwässern. -;Berlin (Akademie Verlag).
- FRANKE & DIETRICH (1962): Der Bau der Triebeler Querzone - Freiburger Forschungs-Hefte C128 Geologie, Akademie-Verl.; Berlin.
- GAUTSCHI, A., MEYER, CH., PETERS, T. & HOFMANN, B. (1986): Die geologische Charakterisierung der Wasserfließsysteme im kristallinen Grundgebirge der Nordschweiz. - Nagra informiert, H. 2, S. 15-21, Baden/Schweiz.
- HAEHNE, R. (1983): Paläohydrogeologie-Methodik und Möglichkeiten. - Freiburger Forschungsheft C 386; Leipzig (Dt. Verlag für Grundstoffindustrie).
- KOZLOVSKY, VE. A. (1984): The World's Deepest Well. - Spektrum der Wissenschaft, S.106-112; Heidelberg.
- KUSCHKA, E. (1989a): Zur Tektonik der Spatgänge führenden Bruchstrukturen im paläozoischen Grundgebirge Südwest- und Mittelsachsens. - Z. geol. Wiss. Berlin, 17, H. 5: 445-462; Berlin.
- KUSCHKA, E. (1989b): Zur Tektonik der Spatgänge im paläozoischen Grundgebirge Südwest- und Mittelsachsens. - Z. geol. Wiss. Berlin, 17, H. 3: 267-290; Berlin.
- KÄMPF, H. et al. (1991): Hydrothermale Spatmineralisation Erzgebirge - Abschlußbericht G 4, Teil 4, Vogtland. - ZI f. Isotopen- u. Strahlenforschung Leipzig, ZI f. Physik d. Erde Potsdam, Bergakad. Freiberg; Potsdam.
- KÄMPF, H., STRAUCH, G., KLEMM, W. et al. (1991): Abschlußbericht Spat, Teil IV Vogtland, Erzgebirge. - Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlenforschung Leipzig, Zentralinstitut für Physik der Erde Potsdam, Bergakademie Freiberg.
- KUSCHKA, E. & HAHN, W. (1995): Flußspatlagerstätten des Südwestvogtlandes - Schönbrunn, Bösenbrunn, Wiedersberg. - Freistaat Sachsen, LfUG, Oberbergamt in Sachsen, Bd. 2; Freiberg.
- LEIBENATH, C., DAFFNER, TH. & VOßBERG, M. (2003): Grenzüberschreitender Schutz der Heil- und Mineralquellen im Vogtland in Sachsen und Westböhmen. Teilbericht Hydrogeologie. - UBV; Weischlitz.
- MAZAC, O. & POKORNY, L. (1962): Die geophysikalische Erforschung des Beckens von Cheb (Eger). - Predloženo 31. března 1960, Uzita Geofyzika, Sbornik Praci Ustavu Uzite Geofyziky 1961, Nakladatelstvi Ceskoslovenske Akademie ved; Praha.

- MATTHESS, G. & UBELL, K. (1983): Allgemeine Hydrogeologie Grundwasserhaushalt. – Lehrbuch der Hydrogeologie Bd. 1, 438 S.; Berlin (Gebrüder Borntraeger).
- MIBLING, K. & DVORAK, J. (2002): Grenzüberschreitender Schutz der Heil- und Mineralquellen im Vogtland in Sachsen und Westböhmen. Teilbericht Geologie. - UBV; Weischlitz.
- MÖLLER, P. et al. (1997): Peleofluids an Recent fluids in the upper continental crust: Results from the German Deep Drilling Program (KTB). - Journal of Geophysical Research, Vol. 102, No. B8, Pages 18.233 - 18.254.
- NOBST, W. (1995a): Antrag auf Erteilung der Nutzungsgenehmigung für den Brunnen Waldsteinquelle in Oberbrambach. - G. E. O. S. Ingenieurgesellschaft mbH, Bad Brambacher Sprudel GmbH & Co. KG; Bad Brambach.
- NOBST, W. (1995b): Projekt zur Erschließung eines Mineralwasserbrunnens im Bereich des Rohrbaches (Hy BrbOV 5/95). - G. E. O. S. Ingenieurgesellschaft mbH; Freiberg.
- NOBST, W. (1995c): Projekt zur Erschließung eines Mineralwasserbrunnens im Tal des Fleißenbaches (Hy BrbOV 6/95). - G. E. O. S. Ingenieurgesellschaft mbH; Freiberg.
- NOBST, W. (1995d): Projekt zur Erschließung von Grundwasser aus dem ehemaligen Schurf V bei Bad Brambach. - G. E. O. S. Ingenieurgesellschaft mbH; Freiberg.
- NOBST, W. (1996d): Antrag auf eine Erneuerung der Wasserrechtlichen Bewilligung vom 06.09.1993 für den Henry-Klinkert-Brunnen in Oberbrambach. - G. E. O. S. Ingenieurgesellschaft mbH, Bad Brambacher Sprudel GmbH & Co. KG; Bad Brambach
- NOBST, W. & SZYMCZAK, P. (1996b): Hydrogeologischer Ergebnisbericht Erschließung Prinzenquelle Oberbrambach (Bohrung Hy BrbOV 2/95). - G. E. O. S. Ingenieurgesellschaft mbH; Freiberg.
- NOBST, W., SZYMCZAK, P. & BEIER, M. (1997): Hydrogeologischer Ergebnisbericht Erschließung Vogtlandquelle (Bohrung Hy BrbOV 4/95). - G. E. O. S. Ingenieurgesellschaft mbH; Freiberg.
- ПУТОВ, Л.С. et al. (1953): Геологическое строение, структурные особенности и характеристика орудинения группы «висмутовых» месторождений западного контакта Айбенштокского гранитного массива (отчёт по работам за период 1948 – 1952 гг. Объекта № 118) . - SDAG WISMUT; Schlema.

Шудиновский, В. et al. (1979): О результатах геолого-поисковых работ на участках Бобеннойкирхен и Адорф-Брамбах. - SDAG WISMUT; Schlema.

SCHNEIDER, G. & BANKWITZ, P. (2000): Neotektonische Krustenaktivität im Schwarmbebengebiet Vogtland/NW-Böhmen - Zwischenbericht. -; Stuttgart.

SKVOR: Krusne Hory - zapadni cast, List C. 1 - As, 1 : 50 000 (1960 - 1963) [Geologische Karte des Erzgebirges - Westteil, Blatt 1 - As, 1 : 50 000 ].

STOBER, I. (1995): Die Wasserführung des kristallinen Grundgebirges. -; Stuttgart (Enke).

STUMM, A. (1993a): Abschlußbericht Komplexe hydrogeologische Untersuchungen im Einzugsgebiet der Mineralquellen von Bad Brambach, hier. zusammenfassende Ergebnisdokumentation (auf der Basis einer abgeschlossenen DA). - TU Bergakademie Freiberg, Inst. f. Geologie; Freiberg.

VOßBERG, M. (2000): Untersuchungen zu Alterszusammensetzung der Mineral- und Heilquellen des oberen Vogtlandes und Westböhmen, Teil Tritiumuntersuchungen der sächs. Mineral- und Heilquellen und deren Auswertung, unveröffentlichtes Material. - UBV; Weischlitz.

VYLITA, B. (1985): Ergebnisse der neuen geologischen Forschungsarbeiten an den westböhmisches Heilquellen (CSSR). - XXI. Kongreß der Internationalen Heilwassertechnischen Gesellschaft (SITH); Varna.

WENDT, S. et al. (2001): Change of seismogram shape during the 2000 swarm in Western Bohemia. - Vortrag auf der Tagung der europäischen geologischen Gesellschaft, 26.-30.03.2001; Nizza.