

# Zukunftsweisende interdisziplinäre Aufgaben zum länderübergreifenden Schutz von Heilwässern

Jiri Krásný<sup>1)</sup> und Jaroslav Dvorak<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Karlsuniversität Praha; E-mail: krasny@natur.cuni.cz

<sup>2)</sup>Laboratorien für Naturheilmittel, Frantiskovy Lazne; E-mail: rplz@c-mail.cz

## 1. Einleitung

Arbeitsgruppe des Umweltbüros GmbH Vogtland - UBV (Daffner-Vossberg et al. 1999) hat ein Zwischenbericht unter dem Titel „Grenzüberschreitender Schutz der Heil- und Mineralquellen im Vogtland in Sachsen und Westböhmen“ mit dem Stand der Kenntnisse zu dem 31.12.1999 bearbeitet. Diese Arbeit beschäftigt sich mit dieser Problematik in dem deutschen Teil des Gebietes. Hinsichtlich den engen geologischen, hydrogeologischen and hydrochemischen Zusammenhängen im erforschten Gebiet mit Vorkommen der Heil- und Mineralwässer auf den beiden Seiten der deutsch-tschechischen Grenze war ein Bedarf entstanden eine ähnliche Studie auch auf dem tschechischen Gebiet durchzuführen. Die Hauptergebnisse dieser Studien im tschechischen Raum, die in Jahren 2001-2003 durchgeführt wurden (Schlussbericht von Krásný-Dvorak 2003), sind in Kürze in parallelen Artikel in diesen Kongressmaterialen vorgelegt (Dvorak-Krásný 2003).

Weil gegenwärtiger Stand und Eigenschaften der hiesigen Mineralwässer, welche meistens zu dem s.g. Karlsbader Typ gehören, widerspiegeln die langfristige vorige Entwicklung dieses Raumes, sind in diesem Artikel die wesentliche zeitliche und räumliche paleogeographische, paleoklimatische und paleohydrogeologische Grundzüge erklärt. Diese erläutern und beweisen den Mineralwässerursprung und bestimmen die Bedingungen ihres Schutzes.

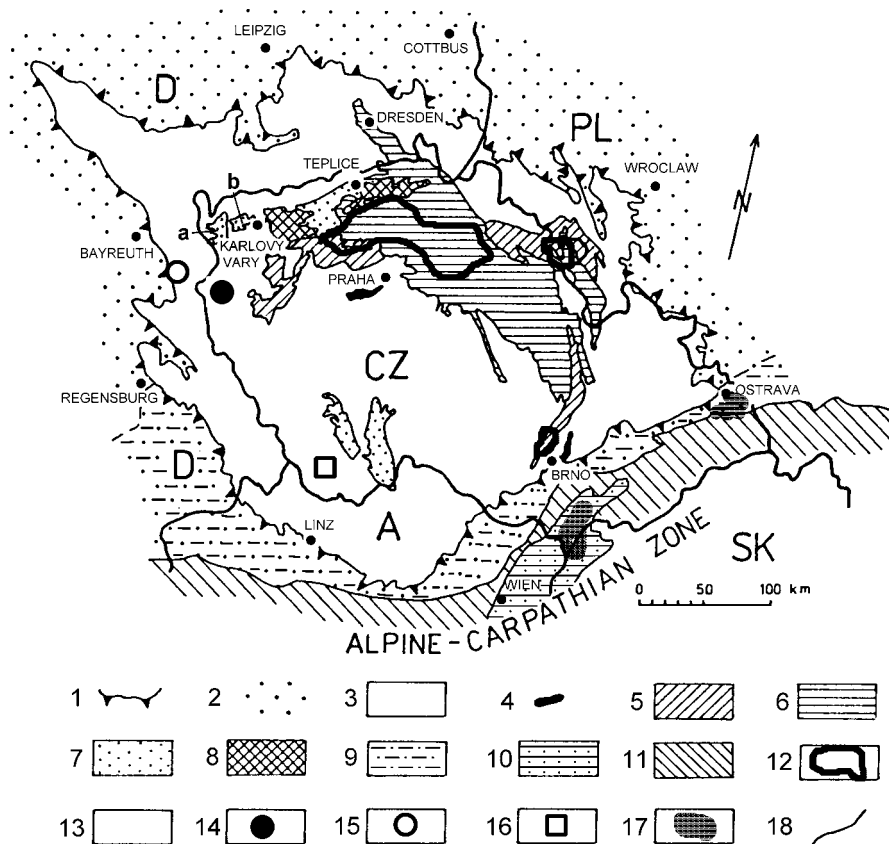
## 2. Geologische Bedingungen für Bildung der Mineralwässer vom Karlsbad Typ in Westböhmen

Der geologische Grundbau des westböhmisches Gebiets wurde mit dem varistischen Orogen abgeschlossen. Gegen Ende des Paläozoikums und im Mesozoikum erfolgte seine allmähliche Denudation, und gegen Ende des Paläogens wurde es zum Peneplain mit Seebecken entwickelt. Die paläogenen Seebecken entwickelten sich etwa so, wie es gegenwärtig in den ariden und semiariden Gebieten beobachtet werden kann. In diese Seebecken wurde der Ionengehalt aus den umliegenden und der Verwitterung unterliegenden geologischen Struktur transportiert: Sulfate aus der Sulfidoxydation (diese kommen nur im nördlichen Teil des Westböhmisches Mineralwässerregion vor, wo sie von den sulfidischen Lagerstätten und Pyrit abgeleitet werden können), Hydrogenkarbonate und ihnen entsprechende Kationen aus den Gesteinkomplexen.

Dieser Ionengehalt wurde in den Seebecken allmählich durch Evaporation im ariden Klima eingedickt und anschliessend wurden die Salze der Evaporationssukzession ausgeschieden: Calcium- und Magnesium-karbonate, dann Calciumsulfat und in der Lösung wurden gut lösliche Natriumsulfate und -chloride eingedickt. Die Konzentration der Lösungen erreichte hohe Werte, bis zur Kristallisation der Salze in den Ufergebieten.

Dieser Prozess wurde im Neogen fortgesetzt, wobei intensive und tiefgreifende Brüche und Zertrümmerung der Gesteinen bis zu Tiefen von Hunderten Meter und mehr in exponierten Bereichen der saxonischen Tektonik in den Untererzgebirgischen und Tachover Graben stattfand. Die Seesolen sickerten in das tiefe Klüftennetz ein. Das Gebiet gliederte sich entlang der senkrechten Verwerfungen, es entstanden tiefere Senken der Sokolov- und Cheb-Becken mit terrigener Sedimentation und in einigen geologischen Epochen unter den Bedingungen der ariden Versalzung des Gebiets. Nachträglich die aufgehobenen Schollen des geologischen Baus ermöglichten eine Belebung der Grundwasserströmung. Damit wurden die eingesickerte Solenlösungen durch Infiltrationswässer gespült. Nur in den tief gelegenen Teilen des Klüftensystems der Erzgebirgischen Grabensenke und in basalen Lagen der tertiären Becken blieben grössere Mengen der eingesickerten tertiären Seemineralisation erhalten. Bei der fortschreitenden Höhengliederung und bei der isostatischen Aufhebung des Böhmisches Massivs, die im Quartär an Intensität gewonnen hat, werden die isolierten Klüftensysteme durch erosive Versenkung des Flussnetzes und durch die jüngste Tektonik für die Wasserströmung schrittweise freigesetzt. Diese Vorgänge unterstützen das Ausspülen

der akkumulierten Solen und die Bildung der Quellen vom Karlsbader Typ durch Vermischen der Infiltrationswässer mit der Solen unter Eintrag von juvenilem CO<sub>2</sub>. Die Quellenschüttung war bis zur Zeit der tieferen Wassererschliessung durch anthropogene Eingriffe niedrig und durch Quellensedimentation gedämpft – Torfbildung, in Karlovy Vary Bildung einer Aragonitplatte.



**Abb. 1. Hauptgeologischen Einheiten und Solenvorkommen in Tschechien (nach Krásný 2001)**

1 – oberflächliche Grenzen des Böhmisches Massivs, 2 – Postvaristische Sedimenten ausser den oberflächlichen Grenzen des Böhmisches Massivs, 3-4: Vorvaristische geologische Einheiten des Böhmisches Massivs intensiv durch varistische Orogenese gefaltet: 3 - Kristallin, Vorkambrien und Paleozoischen, meistens nicht-karbonatische Gesteinen, 4 - Silurien und/oder Devonien karstische Kalksteine; 5-8: Postvaristische Überdeckung des tschechischen Teils des Böhmisches Massivs: 5 – Permo-Karbon Becken, 6 – Böhmisches Kreide Becken, 7 - Tertiäre Becken (meistens Neogen, in Südböhmen auch Kreide Sedimenten), 8 – Tertiäre vulkanische Gesteine; 9 – Karpaten Vortiefe, 10 –

Wiener Becken, 11 – Flysch Zone, 12-17: Sole Vorkommen: 12 – Sole in Permo-Karbon Becken, 13 – Mineralwässer vom Karlsbader Typ, 14 – Uran Grube Vitkov, 15 – Bohrung KTB, 16 – Bohrung Holubov, 17 – Sole in Karpaten Vortiefe und im Wiener Becken, 18 – Staatsgrenzen; a – Tertiäres Cheb-Becken, b – Tertiäres Sokolov-Becken.

Im Böhmisches Massiv die Solen kommen in verschiedenen hydrogeologischen Milieus vor (Abb. 1). In böhmischen Gebiete die ausgedehnte Verbreitung der Solenvorkommen gibt es in Permo-Karbonischen Beckens des kontinentalen Ursprungs. In den letzten Jahren Solen wurden in kristallinischen Gesteinen entdeckt in tiefen Uran-Grube in Vitkov (bei Tachov in Westböhmen) und in tiefer Bohrung KTB in Windischeschenbach in Deutschland (Bayern). Auch wenn andere hydrogeologische Daten von tiefen Zonen des Böhmisches Massivs sind selten, in der tiefen Bohrung bei Holubov (Südböhmen) die Grundwässer mit höherem Chloridgehalt wurden in Granuliten gefunden. Ausserdem, einige Andeutungen über vertikale hydrochemische Zonalität wurden in anderen kristallinischen Gebieten gefunden. Solen sind auch in enger Umgebung des Böhmisches Massivs bekannt, wie im Thüringischen Becken in Deutschland, in Vor-Sudetische Monokline in Polen, im Oberschlesischen Becken in Polen und in Tschechien, in Karpaten Vortiefe und in Wiener Becken in Tschechien, Slowakei und Österreich.

**Es deutet sich an, dass die Solenvorkommen in grösseren Tiefen der irgendwelchen hydrogeologischen Milieu ganz üblich und gesetzmässig sind. Dabei ausserordentliche Variabilität des geologischen Milieus, wo die Solen vorkommen, deutet an, dass einige allgemeine oder mindestens ähnliche Prozessen der Solenentstehung unabhängig von ihrer geologischen Position sein müssen.**

Für Entstehung und Akkumulation aller dieser Solen im Mitteleuropa nachvaristische geologische, geomorphologische, hydrogeologische und klimatische Entwicklungen von Bedeutung ist. Paleohydrogeologische Verhältnisse, mit Betonung des exogenen Ursprung der Solen, einschliesslich deren vom Karlsbader Typs hat Krásný (2001) diskutiert.

### 3. Aufriss der Paleohydrogeologie des Böhmisches Massivs

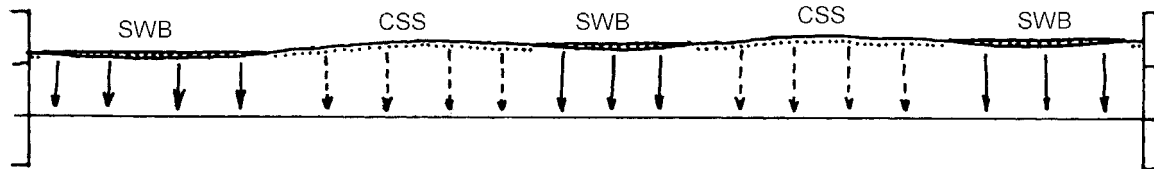
Paleohydrogeologische Erwägungen einschliesslich geologische, geomorphologische, hydrogeologische und klimatische Analysen sind ein wichtiges Mittel für Lösen der komplexen Problemen von Solenenstehung, einschliesslich der Genese der Mineralwässer im unseren Arbeitsraum. Aus diesem Gesichtspunkt, das Zeitintervall von der letzten wichtigen Orogenese im Böhmisches Massiv beginnend, muss in Erwägung einbezogen worden sein. Dieses ganzes Postvaristisches Zeitintervall von spät Paleozoic bis Gegenwart gehört zu einzigen paleohydrogeologischen Zyklus mit drei Hauptetappen: Akkumulations-, Auswaschungs- und Anthropogene Etappe).

#### 3.1. Akkumulations-Etappe: Spät Paleozoic bis Neogen

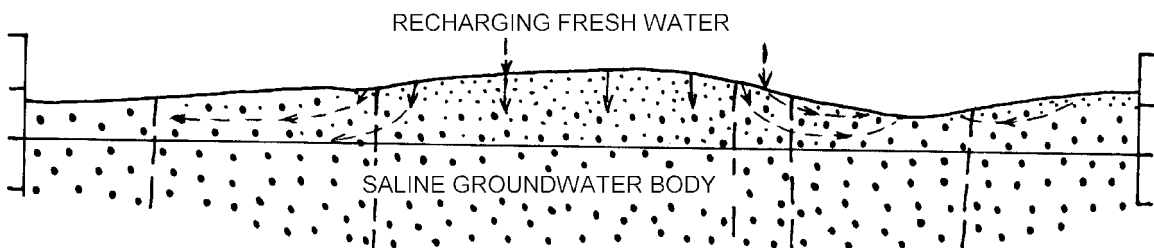
Nach der varistischen Orogenese, die mit Entstehung der mächtigen sedimentären Becken begleitet und gefolgt wurde, begann Penplainisation des Böhmisches Massivs, die bis zum Anfang des Neogen dauerte. Während dieser langfristigen Plattformentwicklung entstanden flache Reliefsformen. Unter ariden oder semi-ariden klimatischen Bedingungen entstanden oberflächliche Salzwasserkörper durch Wasserabdunstung an Meeresufern und/oder in abflusslosen Seen (Abb. 2a). Solche Situationen könnten üblich in Zechstein und in Unteren Trias und möglich während einigen Zeitperioden in Ober Trias, Jura und Kreide entstehen (Michel 1993).

So, unter geeigneten Bedingungen während der einigen Perioden und in einigen Regionen im Böhmisches Massiv kam zur langfristigen niedersteigenden Einsickerung der auf der Oberfläche entstandenen Solen infolge der grösseren spezifischen Dichte und Diffusion. Das führte zu allmählichem Austausch der gewöhnlichen Grundwässer welche früher in Poren der Beckensedimenten oder in Klüften der um- und unterliegenden festen Gesteinen anwesend sein könnten.

a)



b)



**Abb. 2a, b. Wasserbewegungsprozesse während der Akkumulations- und Auswaschungs Etappen im Böhmisches Massiv - ohne Masstab (nach Krásný 2003)**

a) Akkumulations-Etappe der Solen (von spät Paleozoic bis Neogene)

SWB - Soleneinsickerung von oberflächlichen Solenkörper ("Sabhas")

CSS - Eingesalzten Boden

b) Anfang der Auswaschungs-Etappe der akkumulierten Solen während Neogene

### 3.2. Auswaschungs-Etappe: Neogen bis Gegenwart

Nach vorherigen langfristigen Akkumulations-Etappe ohne intensiven orogenen Bewegungen begann tektonische Belebung, welche zu geomorphologischen Aufgliederung führte. Dies war infolge des tektonischen Druckes, der durch neue Faltungsaktivität in benachbarten Alpenen und Karpaten Orogenraum, hauptsächlich in der äusseren Flysh-Zone, verursacht wurde. Die Erhebung des Böhmisches Massivs als Ganzes und intensive Aufgliederung durch regionale Bruchstörungen hauptsächlich in Bergregionen verlief während des Neogen und Quartär und dauert bis Gegenwart.

Während dieses Prozesses der vertikalen Aufgliederung wurden die neogene Sedimente in einigen Depressionen des Böhmisches Massivs angehäuft. In Nordwest- und Nordböhmen sind tiefe regionale Bruchstörungen entstanden, die mit vulkanischer Aktivität begleitet wurden (Doupovské hory - Duppauer Gebirge, České středohoří – Böhmisches Mittelgebirge und viele weitere solitäre Vulkane).

Infolge der vertikalen Terrainaufgliederung und der grösseren Höhenunterschieden sind auch grössere Unterschiede in potentiometrischen Grundwasserdruck mit grösserem hydraulischem Gradient zwischen Infiltrations- und Drainagezonen entstanden.

Weiter, Grundwasserströmung wurde schneller und tiefer und Auswaschung (Auspülung) der akkumulierten Solen durch infiltrierte Wässer begann (Abb. 2b). Unter natürlichen Bedingungen, die Erhebung hat die tiefere Zone mit akkumulierten Solen beeinflusst nur allmählich in Abhängigkeit von Geometrie und Anatomie der Grundwasserleiter. Diese relativ langsame Grundwasserströmung hat eine dauerhafte kontinuierliche Auswaschungsprozess im langfristigen Zeitverlauf hervorgerufen.

Das Fichtelgebirge bildet eine Einsickerungszone der gewöhnlichen Grundwässer (Abb. 2c). Tiefer gibt es Kontaktzone der eingesickerten gewöhnlichen Wässer und fossilen Solen (Zone der Mischung). Zur Entwässerung kommt teilweise durch natürliche Mineralwasserquellen an. Die Pfeile in Abb. 2c deuten die regionalen Richtungen der Grundwasserströmung an.

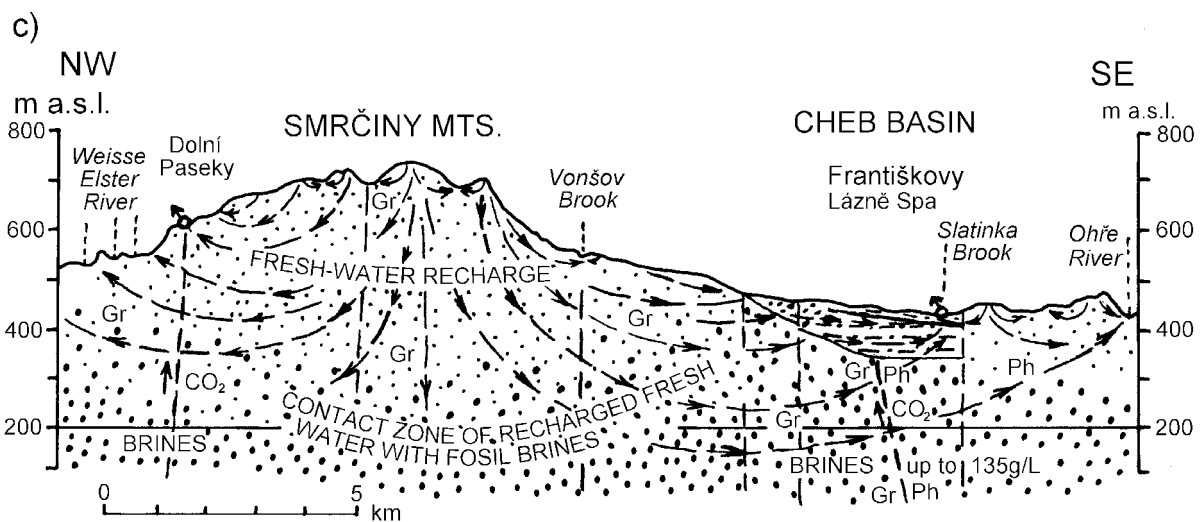


Abb. 2c. Konzept-Model der gegenwärtiger Bildung der Mineralwässer von Frantiskovy Lazne – Auswaschungs- und Anthropogene Etappen (nach Krásný 2003)

Gr - Granit, Ph – Phyllite, CO<sub>2</sub> – emporsteigende CO<sub>2</sub>

Die Unterschiede in Beschaffenheiten der westböhmisches Mineralwässer sind hauptsächlich durch verschiedene hydrogeologische Bedingungen verursacht: z.B. warme CO<sub>2</sub>-haltige tiefe Wässer emporsteigen in Granit in Karlovy Vary, kalte CO<sub>2</sub>-haltige Mineralwässer in Mariánské Lázně und Umgebung widerspiegeln unterschiedliche Petrologie des dortigen Kristallins, kalte CO<sub>2</sub>-haltige Mineralwässer in Frantiskovy Lázně und in Cheb-Becken überall variieren in Abhängigkeit zur ihrer Position in regionaler Grundwasserströmung des ganzen artesischen System des Beckens.

### 3.3. Anthropogene Etappe: Gegenwart (Abb. 2c)

Diese Etappe wurde niemals erwähnt in langfristigen paleohydrogeologischen Erwägungen. Auch wenn diese Etappe kurz ist, in einigen Gebieten den grössten Eingriff in die natürlichen hydrogeologischen Verhältnisse darstellt, der niemals in der geologischen Vergangenheit bemerkt

wurde. In dem Westböhmisches Region, die Mineralwässer wurden in Bohrungen und in Gruben angestossen mit wesentlich höherer Mineralisation als die Mineralisation unter natürlichen Bedingungen in der Quellen war. So wurde die Mineralisation der Mineralwässer vergrössert gefunden von Maximum 6,5 g/L unter natürlichen Bedingungen bis zu 135 g/L in den tiefen Bohrungen. Mineral- und Trinkwässerentnahmen haben Grundwasserströmung wesentlich beschleunigt. Sofern der Grundwässerentnahmen (einschliesslich Mineralwässer) betrifft, so ist gut bekannt, dass innere Einflüsse, i.e. Grundwässerentnahmen und andere anthropogene Aktivitäten, welche direkt in einschlägigen Gebieten durchgeführt wurden, haben oft die grösste und gefährlichste Folgen verursacht.

#### 4. Ursprung der Solen im Böhmisches Massiv: Diskussion

Im allgemeinen, es sind zwei Hauptgruppen der Ansichten über der Solenursprung: endogene und exogene (z.B. Ingebritsen-Sanford 1998, Stober-Bucher 2000). Endogener Ursprung der Solen (oder wenigstens der seinen wichtigen Bestandteilen) wird den aufsteigenden hydrothermalen Fluiden oder Interaktion Gestein-Wasser-CO<sub>2</sub> zugeschrieben. Exogener Ursprung wird meistens erklärt durch synsedimentäre Akkumulation und/oder postsedimentäre allmähliche langfristige Versickerung der fossilen Lösungen aus verschiedenen oberflächlichen Wasserkörper (Meere und/oder kontinentale geschlossene Becken), welche die Sole, durch Verdunstung entstandene, enthalten. Dieses Prozess durchlief während langer geologischen Perioden unter überwiegend ariden und semi-ariden klimatischen Bedingungen.

Es kann als bewiesen angenommen sein, dass geeignete klimatische Bedingungen für oberflächliche Solen-Bildung in dem Böhmisches Massiv mehrmals während geologischer Vergangenheit existierten und Zehnte Millionen Jahren dauern könnten (Tab. 1).

**Tab. 1 Vorwiegendes Klima in Mittel Europa während der geologischen Vergangenheit**  
(nach Schwarzbach 1974, mit geologischen Zeitangaben ergänzt)

Geologische Zeitabschnitte (Million Jahre vor Gegenwart)	Temperatur	Niederschlag
Tertiary	zuerst recht warm (subtropisch), allmählich kühler werdend	in some regions and times <b>arid</b>
----- 65 -----		
Kreide	warm	besonders Unter-Kreide feucht
----- 141 -----		
Jura	ob. Jura recht warm unt. Jura kühler	unt. Jura feucht
----- 195 -----		
Trias	recht warm	vorwiegend <b>arid</b> , z.T. <b>sehr arid</b> ; ob. Keuper feuchter
----- 225 -----		
Perm	recht warm	zuerst stellenweise noch feucht, dann <b>arid</b> und <b>sehr arid</b>
----- 280 -----		
Karbon	recht warm	feucht

Niedersteigende Einsickerung der Solen durchlief meistens aus oberflächlichen salinen Wasserkörper. Das aber ausschliesst nicht die Möglichkeit der Böden- und seichten Grundwässerversalzung unter kontinentalen semi-ariden oder ariden klimatischen Bedingungen auch ohne ausgedehnte Wasserfläche. Solche Bedingungen konnten analog den heutigen "Sabhas" sein, welche die trockene Depressionen der Grundwässerentwässerung in ariden Regionen darstellen. Überdies, der Prozess der Bildung des hoch mineralisierten Grundwassers (bis Zehnte g/L) braucht

nicht unerlässlich aride oder semi-aride klimatische Bedingungen. Subrezente Vorkommen der Bitterwässer im verschiedenen Teilen der Böhmisches Massiv zeigen, dass dieses Prozess auch unter Bedingungen der gemässigten klimatischen Zone verlaufen kann (Dvorak 1984). Man kann annehmen, dass beträchtliche Mengen der Solen konnten in tiefen Zonen des Böhmisches Massivs während langen früheren Perioden akkumuliert worden sein.

Während der geologischen Perioden mit überwiegend humidem Klima der Prozess der niedersteigende Einsickerung wurde begrenzt oder aufbehalten. Infolge des überwiegend ausgedehnten flachen Reliefs des Böhmisches Massivs in Mesozoic und Tertiär, konnte sich nicht genügendes hydraulisches Gradient bilden, um die akkumulierten Solen intensiv auswaschen zu können. Darum während der lange Akkumulations-Etappe, die etwa zweihundert Millionen Jahren dauerte, kam nur zur Akkumulation oder Aufbewahrung (Konservierung) der Solen vor.

Die Bildung der Solen im Böhmisches Massiv wurde wahrscheinlich in Miozän beendet, wann oberflächliche saline Wasserkörper kamen in Gebieten des Cheb- und Sokolov-Becken vor (Dvorak 1990).

Alle diese Fakten und Erwägungen münden in allgemeines Konzept der Solen-Bildung im tschechischen Teil des Böhmisches Massivs: Während verschiedener geologischen Perioden der Akkumulations-Etappe kam zur Anhäufung der unterirdischen Solen vom exogenen Ursprungs in verschiedenen Regionen vor. Während dieses Prozesses jüngere Solen entstanden über die älteren und im allgemeinen hydrogeologisch tieferen Solen der vorherigen Perioden. Diese originale Solen darstellen einen Grundtyp, der nachträglich einer komplizierten Entwicklung während der geologischen Geschichte unterworfen wurde und konnte auch mit anderen Grundwässern gemischt oder verdünnt worden sein.

Dieses Konzept kann die ausserordentlich grosse Variabilität der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Sole und Mineralwässer in verschiedenen geologischen Einheiten und Regionen des Böhmisches Massivs erklären. In einigen Gebieten wie in Westböhmen diese Prozesse wurden mit dem Effekt des emporsteigenden CO<sub>2</sub> vom postvulkanischen Ursprung kombiniert. Diese CO<sub>2</sub>-Wirkung intensivierte und intensiviert Interaktionen im System Gestein - Wasser - CO<sub>2</sub>.

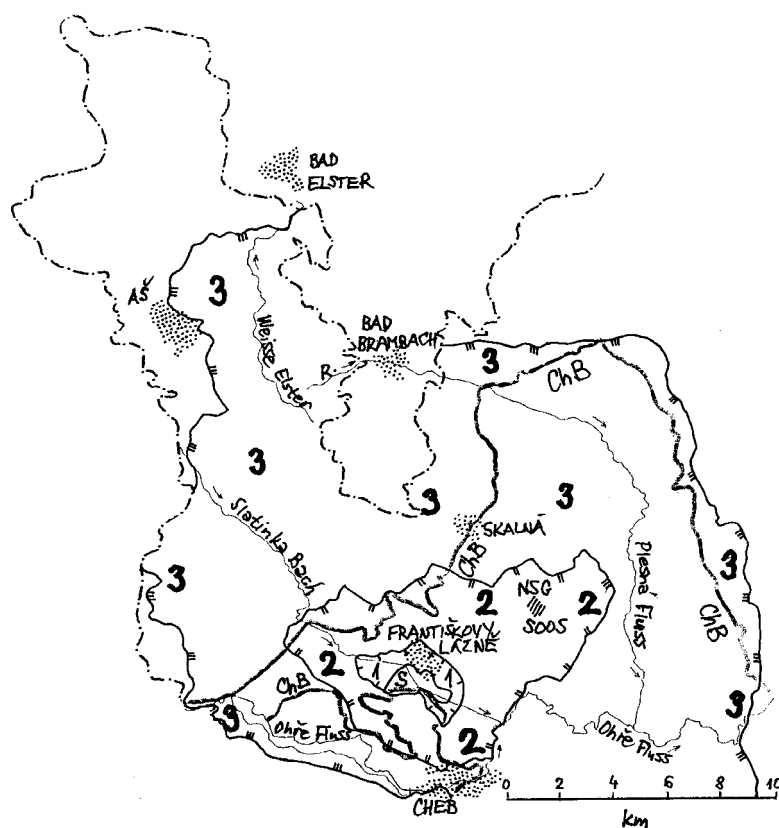
## 5. Schutz der Mineralwässer

### *5.1 Vergangene und gegenwärtige Bedingungen des Mineralwässerschutzes: Die Schutzzonen von Frantiskovy Lazne*

Bisheriger Schutz der Mineralwässer in dem Cheb-Becken und seiner Umgebung konzentriert sich vor allem auf die im Kurort Frantiskovy Lazne genutzte Mineralquellen und auf das NSG Soos. Befürchtungen von Gefährdung der Mineralquellen in Frantiskovy Lazne, die aus möglicher Ausdehnung des Braunkohlebergbaus hervorgehen, führten schon im J. 1883 zur Abgrenzung der Schutzzonen für diese Wässer. So definierter Mineralquellenschutz galt bis J. 1959, wann auf Grund den Ergebnissen der komplexen geologisch-hydrogeologischen Erkundung des Cheb-Beckens (Kolářová 1965) die **vorläufige Schutzzonen für Frantiskovy Lazne** festgesetzt wurden (Verordnung des Gesundheitsministeriums LZ/3-2884 vom 23.10.1959).

Weitere Vorschläge der Schutzzonen wurden nicht angenommen infolge der nichtzustimmenden Auffassungen der Ministerien für Gesundheitswesen und für Brennstoffe und Energetik. Es ist nur zu Teilveränderungen und Ergänzungen gekommen: breitere vorläufige Schutzzone aus dem J. 1959 wurde im J. 1975 auch auf den südlichen Teil (Odrava-Teil) des Beckens erweitert (Verordnung des Gesundheitsministeriums Nr. 40/1975) und im J. 1979 wurde in naher Umgebung der Mineralquellen in Frantiskovy Lazne die Zone des höchsten Schutzes gegen Erdöl- und Erdölproduktenkontaminierung abgegrenzt (Klír 1982).

Erst im J. 1985 wurde nach vierjähriger Erkundung eine Revision der Schutzzonen für Frantiskovy Lazne vorbereitet (Hercog 1985) und später die Schutzzonen der Naturheilmittel des Kurortes Frantiskovy Lazne festgelegt wurden und durch Verordnung der Regierung der ČR vom 29. Januar 1992 erklärt (Sammlung der Gesetze, Nr. 152/1992, Teil 33). Diese **gegenwärtig gültige Schutzzonen** bestehen aus Schutzzonen des 1., 2. und 3. Grades und der Sonderschutzzone (Abb.3):



**Abb. 3 Die Schutzzonen der Mineralwässer von Frantiskovy Lázně**

1, 2, 3 - Schutzzonen der 1., 2. und 3. Stufe  
 S - Sonderschutzzone gegen der chemische Verunreinigung  
 ChB - Grenze (Umfang) des Cheb-Beckens  
 NSG - Naturschutzgebiet Soos

- **Schutzzone des 1. Grades** nimmt Frantiskovy Lázně-Gebiet mit nächster Umgebung ein mit Hauptmineralquellen und Mineralwässerbohrungen.
- **Schutzzone des 2. Grades** nimmt vor allem den Teil des Cheb-Beckens in breiterer Umgebung der Hauptvorkommen der Mineralwässer in Frantiskovy Lázně und Soos ein.
- **Schutzzone des 3. Grades** einnimmt das ganze Cheb-Becken und auch ausgedehnte Gebiete in seiner Umgebung. Diese Schutzzone überschreitet die Cheb-Becken-begrenzung in das Gebiet der Phylliten S und SW von Frantiskovy Lázně, gegen Norden dann in Kristallingebiet W von Skalná und Plesná und von allem in Fichtelgebirgsgranitpluton in Gebiet um Aš. Hier einnimmt den Infiltrationsraum von Frantiskovy Lázně-Mineralquellen, aber auch das ganze Einzugsgebiet des Röthenbachs gegen Bad Brambach und wesentlichen Teil des Einzugsgebietes der Weissen Elster gegen Bad Elster.

Aktivitäten, die in den einzelnen Schutzzonen verboten sind, wurden in oben angeführter Regierungsverordnung konkret festgelegt.

### 5.2. Risiken, die Mineralwässer bedrohen. Vergangene und gegenwärtige Interessenstreite

Cheb-Becken ist, neben Karlovy Vary- und Teplice-Regionen, eines der Modellgebieten im untererzgebirgischen Raum, das in Vergangenheit durch verschiedene anthropogene Eingriffe betroffen wurde und wo verschiedene Interessenstreitigkeiten zwischen Mineralwässer- und Rohstoffesnutzung gelöst wurden. Im Cheb-Becken wurden intensive Untersuchungen durchgeführt mit dem Ziel den Bergbau der Braunkohle und weiteren Rohstoffen (Kaolin und verschiedene Tonarten) zu ermöglichen.

Mineralwässer sind aber auch durch weitere anthropogene Aktivitäten bedroht: Forschungsbohrarbeiten, Erschließung der gewöhnlichen Wasserressourcen und auch Eingriffen in Orten der natürlichen Mineralwässeraustritten. Und nicht zuletzt kann für Mineralwässer eine wesentliche Gefahr auch unadäquate Wasserentnahmen aus den Fassungsobjekten darstellen.

Braunkohlebergbau, trotz intensiver geologischer und hydrogeologischer Erkundung mit Bohrarbeiten in siebziger Jahren, hat nie mit seinem Umfang überschritten den Rahmen der lokalen Bergbau in Beckensrandgebieten. In Geschichte der balneologischen Mineralwässernutzung in Frantiskovy Lazne ist darum zur realen Bedrohung der einschlägigen artesischen Struktur nie gekommen.

Lokaler Bergbau der Mergelkalksteine im Gebiet um Treben und Trsnice in Vergangenheit war klein und seicht, ohne ungünstiger Einwirkung auf Mineralwässer in Frantiskovy Lazne.

Heutiger Kaolintontagebau ist relativ entfernt von Frantiskovy Lazne (im nördlichen Teil des Cheb-Beckens), also befindet sich im Gebiet, aus dem offensichtlich könnte sich eventuelle Beeinflussung der hydrogeologischen Verhältnisse zuerst in Gebiet von Soos. Wässer in Kaolintagebaugruben haben chemische Zusammensetzung und Mineralisation ähnlich den einfachen Säuerlingen im östlichen Teil des Cheb-Beckens.

Mögliche Risiken bei Bohrarbeiten in Orten mit intensivem CO<sub>2</sub>-Zufuhr aus Beckenuntergrund hat im J. 1957 Wasser- und Gaseruption aus der Bohrung H-11 bei Horní Ves, ca 2 km vom Kurortzentrum entfernt, gezeigt. Diese Eruption hat sich mit beträchtlichem Ergiebigkeitsabsenken bis Verlust des Überlaufes beim Teil der Mineralquellen in Frantiskovy Lazne geäußert. Zuerst wurde so die Existenz der regionalen hydraulischen Zusammenhängen in Kollektoren des Cheb-Beckens bewiesen und auch daraus ausgehenden Risiken für Badeheilquellen infolge der Beeinflussung der hydrogeologischen Verhältnissen auch ausserhalb von Frantiskovy Lazne eindeutig gezeigt. Nach Verschliessung der Bohrung haben sich die ursprüngliche Verhältnisse in Frantiskovy Lazne im Laufe von zwei Monaten repariert (Kolárová 1965). Mineralisation und chemische Zusammensetzung wurden durch Eruption nicht dauerhaft beeinflusst.

Man kann konstatieren, dass im Laufe der Badenutzung der Mineralquellen in Frantiskovy Lazne ist bisher nicht **zur dauerhaften Beeinflussung der Mineralquellen durch äussere Eingriffe gekommen**. Mit Risiken solcher Beeinflussung durch Eingriff in hydrogeologische Verhältnisse ausserhalb von Frantiskovy Lazne ist aber notwendig immer zu rechnen.

Von Ansicht des ganzen Cheb-Beckens ist bedeutsam die Trinkwasserentnahme in regionaler Drainagezone der Grundwässer aus ganzem Becken (Zusammenflussgebiet der Ohre und Odava) in Wasserwerk bei Nebanice. Dort wurden die erhöhte CO<sub>2</sub>-Gehalte beim Absenken der Niveaus der seichten Grundwässer nachgewiesen (Hercog 1985). Die Bedeutung dieser Wasserentnahmen ist für komplexe hydrogeologische Problematik des ganzen Cheb-Beckens grundsätzlich: einerseits angesichts der möglichen regionalen hydraulischen Beeinflussung der Grundwässer in ausgedehnten Teilen des Beckens, andererseits angesichts des entstehenden künstlichen Entgasungszentrum im östlichen Teil des Cheb-Beckens. Dies geht aus der Lage auf der tektonischen Linie der NW–SO–Richtung, die Nebanice mit Soos verbindet, hervor mit möglichem CO<sub>2</sub>-Aufstieg aus Beckensuntergrund.

Im Laufe der Kurortgeschichte haben sich auf quantitative und qualitative Beeinflussung der Mineralquellen in Frantiskovy Lazne wesentlich mehr als äussere, **die innere Eingriffe** beteiligt. Endergebnis der mehrfachen (vielleicht bis 6–7 fachen) Entwässerungserhöhung in Drainagezentrum der artesischen Struktur gegenüber den natürlichen Verhältnissen ist Mineralisationsabsinken in angebohrten Quellen vor allem in Niveaus von 30 m und 50 m unter Terrain.

## 6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Auf Grunde der Ergebnisse der Projektbearbeitung (Krásný-Dvorak 2003) empfehlen wir die **weiteren zweckmässigen Arbeiten**. In dieser Richtung halten wir für geeignet die Fortsetzung und Erweiterung bisher verwirklichten Studien in folgenden Schritten:

- A. **Vergleich der konkreten Ergebnisse, die in der Etappe der separaten Studien im Projekt „Grenzüberschreitender Schutz der Heil- und Mineralquellen im Vogtland in Sachsen und Westböhmen“ auf deutschem und tschechischem Gebiet und daraus Ableiten gegenseitig vergleichbare Schlussfolgerungen.**
- B. Erfolgsbedingungen dieser Zusammenfassung ist vor allem **Auswahl der thematisch übereinstimmenden oder ähnlichen Bereichen der zu lösenden Problemen und Annahme der übereinstimmenden einschlägigen Methodik**. Als thematische Bereiche, die geeignet sind für anknüpfende grenzüberschreitende Zusammenarbeit schlagen wir vor:



- Konkrete Vergleichung der erzielten Stufen des Erkennen geologischer, hydrogeologischer und weiterer Naturbedingungen (bisherige Durchforschung der einzelnen Gebieten)
  - Quantitative Einschätzung der hydrogeologischen Verhältnissen (hydraulische Parameter, Strömungsbedingungen der Mineral- und gewöhnlichen Grundwässern) in verschiedenen Milieus in beiden Grenzgebieten und ihres Vergleich.
  - Vergleich der natürlichen und anthropogen beeinflussten Qualität der Mineral- und gewöhnlichen Grundwässern im Raum und Zeit, und zwar der Haupt-, Minoritäts- und Spurenbestandteilen und Gasen.
  - Beurteilung der Auswirkung der möglichen regionalen Verunreinigungsquellen auf die Mineralwässerbildungsmilieus.
  - Aufgrund der gemeinsam angenommenen Methodik eine Zusammensetzung der Übersichtskarte der natürlichen Verwundbarkeit der Grundwässer.
  - Auswahl und Vergleich der natürlichen und anthropogenen Verhältnissen und Möglichkeiten der Kontaminierung in verschiedenen verwundbaren Naturmilieus.
  - Vergleich der Nutzungs- und Schutzbedingungen für Mineralwässer in Region und Vorschläge der optimalen Methoden zu deren Gewährleistung.
  - Vergleich der Bedingungen für Schutz der bedeutsamen wasserwirtschaftlich Erschließungsgebieten und Definierung der Methodik für ihren Schutz und optimale Nutzung bei Beurteilung der Verhältnissen zu existierenden Mineralwässervorkommen.
  - Gemeinsamer Entwurf und Optimierung des Monitoringsystems für Mineral- und gewöhnliche Grundwässer in Region, Einführung des nachhaltigen Monitoringsystems und Einleitung der regelmässigen Auswertung der Monitoringsergebnissen.
- C. **Für weiteres Lösen des Projekts ist ganz unentbehrlich die Unterstützung und aktive Mitbeteiligung den administrativen und Verwaltungsorganen, einschliesslich der Möglichkeit des Zutritts zu privaten Materialien und deren Nutzung.**
- D. **Weiterer zweckmässiger Schritt könnte auch die Erweiterung der Studien auf ganzes Gebiet des Vorkommens der Mineralwässer vom Karlsbader Typs sein,** und zwar in Westböhmen und im Vogtland in Sachsen und in Bayern. So gezieltes Projekt verlangte ein komplexer Zutritt, gesichert vom breiten Team der deutschen und tschechischen Spezialisten. Einzelteilen des Projekts sollten sein:
- Studium des Hauptvorkommens der Mineralwässer – auf tschechischem Gebiet z.B. synthetische hydrogeologische Bearbeitung **des ganzen** Cheb-Beckens, einschliesslich der äusseren Infiltrationszonen im Kristallin, was seit Studie von Kolárová (1965) nicht durchgeführt wurde. Dabei Cheb-Becken mit seiner Umgebung und Untergrund darstellt ein Modellgebiet für Lösen der Schlüsselfragen der Genese, Nutzung und Schutzes der Mineralwässer vom Karlsbader Typs.
  - Referenzgebieten dieses Projekts sollten die ausgewählte Solenvorkommen sein, die sich in verschiedenen hydrogeologischen Milieus und in verschiedenen geologischen Einheiten auf deutschem und tschechischem Gebiet befinden (z.B. Solen der Sächsisch-thüringischen Zone und der Thüringer Beckens, Solen in Permsedimenten des Böhmischem Massivs, der Karpaten-Vortiefe und des Wiener Beckens auf Gebiet der Tschechischen Republik).
  - Der Ausgang der so konzipierten Studie wäre der Vergleich der Vorkommen und Eigenschaften der Solen und Mineralwässern in verschiedenen geologischen Milieus und Feststellung der Bedingungen deren Genese.

**Lösen des Projektes in vorgeschlagenen fortschreitenden Schritten und Umfang könnte einräumen genügend begründete und beweiskräftige Unterlagen für Feststellen der Bedingungen des langfristigen und nachhaltigen Schutzes der seltenen Naturquellen, der Grundwässer einschliesslich Mineralwässer und des Umweltmilieus in administrativ zwar geteilter, von Sicht den Naturverhältnissen einheitlicher Region mit Vorkommen der Mineralwässer vom Karlsbader Typs, die sich in Westböhmen, im Vogtland in Sachsen und in Bayern befinden.**

**Verantwortliches Feststellen der Bedingungen für optimale nachhaltige Nutzbarkeit und Schutz der so wertvollen Naturressourcen, welche Mineralwässer der Region darstellen, sollte der Ausgang des zukünftigem gemeinsamen deutsch-tschechischen internationalen Projektes sein.**

## Danksagung

Herzlicher Dank der Autoren gilt der Stiftung SAUBERES WASSER EUROPA und dem Umweltbüro Vogtland für die Unterstützung des Projektes. Die Autoren besonders würdigen die Mitarbeit der Kollegen Dr.-Ing. Thomas Daffner, Dr. Carsten Leibenath und Dipl.-Hydr. Manuela Vossberg.

## Literaturauswahl

- Daffner Th. – Vossberg M. et al. (1999): Grenzüberschreitender Schutz der Heil- und Mineralquellen im Vogtland in Sachsen und Westböhmen. Zwischenberich. - MS UBV Umweltbüro GmbH Vogtland.
- Dvorak J. (1982): Geneze minerálních vod karlovarského typu v západních Čechách. – MS Výzk. úst. balneol. Frantiskovy Lazne. 64 s.
- Dvorak J. (1984): Hořké vody (hydrogeologie, geneze, zdroje, historie, využití). – Balneologické listy, XII, Suppl. 16. 236 s.
- Dvorak J. (1990): Hydrogeologie und Genese der Mineralwässer vom Karlsbader Typ in Westböhmen. Balneol. Bohem. 19, 2, 33-41. Avicenum Praha.
- Dvorak J. (1998): Hydrogeology and the genesis of mineral waters of the Carlsbad type in western Bohemia. In: R. Annau, S. Bender & S. Wohnlich (eds), Hardrock Hydrogeology of the Bohemian Massif. Proc. 3<sup>rd</sup> intern. worksh., Windischeschenbach 1998. Münchner Geol. Hefte B8: 63-69. München.
- Dvořák J.-Krásný J. (2003): Ergebnisse aus dem Heilwasserschutzprojekt im Raum Frantiskovy Lazne, Tschechische Republik. – Proc. 1. Europa Kongress „Kurort und Umwelt“.
- Egerter H.G. - Plötner G. - Dvorak J. - Jordan H. (1984): Geochemische Beziehungen in vogtländisch westböhmischem Mineralwässern. Abh. Sächsischen Akademie Wiss., Math.-naturwiss. Klasse, Band 56, 1, 1-60. Berlin.
- Hercog F. (1985): Revize návrhu ochranných pásem přírodních léčivých zdrojů lázeňského místa Frantiskovy Lazne. – MS Stav. geol. n.p., Geofond Praha.
- Hynie O. (1963): Hydrogeologie ČSSR II. Minerální vody. – Nakl. Čs. Akad. Věd Praha. 798 S.
- Ingebritsen S.E. - Sanford W.E. (1998): Groundwater in geologic processes. Cambridge University Press.
- Klír S. (1982): Ochrana zřidelní oblasti západních Čech. – Zdravotnické aktuality 198. Avicenum Praha. 140 S.
- Kolarova M. (1965): Hydrogeologie chebské pánve. - Sbor. geol. Věd, Hydrogeol. Inž. Geol. 3, 7-101. Ústí. Úst. Geol. Praha.
- Krásný J. (2001): Carlsbad mineral water origin in context of Post-Variscan development in Central Europe. – In: Seiler K.-P. and Wohnlich S. (eds.): New approaches to characterising groundwater flow. Proc. 31 IAH Congress, Sept. 10-14, 2001, 989-993. Munich. Balkema Rotterdam (ISBN 90 2651 848 X).
- Krásný J. (2003): Important role of deep-seated hard rocks in a global groundwater flow: possible consequences. – In: Krásný J.-Hrkal Z.-Bruthans J. (eds.): Proceedings - Internat. Conference on “Groundwater in fractured rocks”, Sept. 15-19, 2003. Prague. 147-148, IHP-VI, Series on Groundwater 7. UNESCO.
- Krásný J. – Dvorak J. (2003): Grenzüberschreitender Schutz der Heil- und Mineralquellen im Vogtland in Sachsen und Westböhmen. Tschechischer Teil. Schlussbericht über Geologie, Hydrogeologie, Hydrochemie. 95 S.- MS Praha-Frantiskovy Lazne
- Michel G. (1993): Die Heil- und Mineralquellen Thüringens und ihr geologischer Rahmen. Heilbad u. Kurort 45: 276-281. Gütersloh.
- Paces T. – Smejkal V. – Pazdera A. – Kobrová M. – Barnet I. (1981): Ojedinelý typ solanky v podloží chebské pánve. – Geol. Průzk. 23, 7, 196-198. Praha.
- Schwarzbach M. (1974): Klima der Vorzeit. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag.
- Springorum K.A. (2000): The Cheb basin and the mineral springs of Frantiskovy Lazne (Franzensbad), Czech Republic. Two centuries of (hydro)geological research and new evidence for a continuing demineralisation of the Frantiskovy Lazne springs. MS Diploma Thesis: RWTH Aachen & Charles University Prague.
- Stober I. - Bucher K., eds. (2000): Hydrogeology of crystalline rocks. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Acad. Publishers.
- Smejkal V. – Paces T. (1992): Vznik minerálních vod karlovarského typu. – Geol. Průzk. 34, 2, 33-37. Praha.
- Stereov K.D. (1969): Sur la genese, les ressources et la protection des eaux minérales sodo-glauberiques fossiles du type „tchèque de l'ouest. – Recueil du II. Symp. intern. balnéotechniques, Piešťany. 82-102.
- Vylita B. et al. (1984): Frantiskovy Lazne – přehodnocení zřidelní struktury. Závěrečná zpráva. – MS Stav. geol. n.p. Praha.