

## Der Urangehalt der Nürtinger Heinrichsquelle

Von RUPERT PRESTEL, Stuttgart, und WILHELM SCHLOZ, Esslingen

Mit 2 Tabellen und 3 Abbildungen

### ZUSAMMENFASSUNG

Der 80 m tiefe Brunnen der Nürtinger Heinrichsquelle erschließt in der Stubensandstein-Formation ein hochkonzentriertes, CO<sub>2</sub>-führendes Na-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-Mineralwasser. Dieses wurde über Jahrzehnte als staatlich anerkanntes Heilwasser und später als therapeutisch wirksames Mineralwasser genutzt. Seine Genese wird insbesondere auf Kationenaustausch in Verbindung mit einer sehr hohen Verweilzeit des Wassers im Untergrund zurückgeführt. Im Jahr 2004 wurde ein hoher Gehalt des Mineralwassers an Uran von 0,47 mg/l und in der Kontrollanalyse von 0,42 mg/l bestimmt. Daraufhin wurde die Nutzung der Heinrichsquelle eingestellt.

Schwache bis mäßige Vererzungen durch Uran sind örtlich bis regional aus dem untersten Stubensandstein durch frühere Prospektionsarbeiten und aus bohrlochgeophysikalischen Messungen der Gamma-Strahlung bekannt. Daneben ist offensichtlich die hydrochemische Beschaffenheit des Mineralwassers der Heinrichsquelle für die sehr hohe Lösung des Urans, sehr wahrscheinlich in komplexer Bindungsform, verantwortlich.

**Schlüsselwörter:** Mineralwasser, Stubensandstein-Formation, Uran

### ABSTRACT

The Nürtinger Heinrichsquelle, a 80 m deep well, provides access to the deep groundwater in the triassic Stubensandstein-Formation. This deep groundwater is highly mineralized and enriched in dissolved carbon dioxide and can be described as Na-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-mineral water. The water of the Heinrichsquelle was an officially recognised curative water and used as a therapeutically effective mineral water for many decades. The hydrochemical composition indicates among others a cation exchange process during very long subsurface residence times. The high uranium content of 0,47 mg/l was analysed in 2004 and confirmed by a control analyse, that detected 0,42 mg/l dissolved uranium. Consequently the use of the Heinrichsquelle was terminated.

The low or moderate uranium ore content in a local to regional dimension in the lower section of the Stubensandstein-Formation was common as a result of previous uranium prospection and of gamma ray borehole logs. In addition the hydrochemical composition of the mineral water of the Heinrichsquelle is obviously crucial for the intense solution of uranium, probably as complex species.

**Key words:** mineral water, Stubensandstein formation, uranium

## EINLEITUNG

Die Heinrichsquelle wurde 1931 in Nürtingen, Landkreis Esslingen, Baden-Württemberg, durch eine 80,3 m tiefe, ursprünglich auf Brauwasser angesetzte Bohrung auf dem Betriebshof der ehemaligen Brauerei Schöll erschlossen und seit 1949 als staatlich anerkanntes Heilwasser für Trinkkuren genutzt. Die hydrogeologischen Verhältnisse, die Erschließungs- und die Nutzungsgeschichte sowie die klinisch erwiesene therapeutische Wirkung dieses besonderen Mineralwassers aus dem Stubensandstein wurden durch FRANK (1951, 1955), CARLÉ (1969) und SCHÖLL (1950, 1996) beschrieben und dokumentiert sowie von PRESTEL (2004) kurz aktualisiert. Darauf wird verwiesen.

Im Jahr 1991 wurde auf die inzwischen erforderlich gewordene Zulassung als Arzneimittel und den Vertrieb des Wassers aus der Heinrichsquelle verzichtet, der öffentliche Ausschank vor Ort als begehrtes heilendes Wasser unter Einhaltung der erforderlichen Kontrollen jedoch weiter betrieben. Nach der Feststellung eines Zutritts von Oberflächenwasser wurde 1996/97 der Brunnenzustand durch Fernsehbefahrung und Bohrlochgeophysik überprüft und ausbautechnisch saniert. Im Rahmen hydrogeologischer Untersuchungen analysierte das Labor des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg Ende 2004 das Wasser der Heinrichsquelle. Dabei wurde ein stark erhöhter Gehalt an Uran festgestellt. Nach entsprechender Information an die Stadt Nürtingen als Betreiberin erfolgten Kontrollbestimmungen und 2005 auf behördliche Entscheidung die Beendigung des öffentlichen Ausschanks und der persönlichen Abfüllung des Mineralwassers in der Trinkhalle. Der Brunnen ist inzwischen nicht mehr zugänglich.

Auch wenn neue geologische, hydrochemische und isotopenhydrologische Ergebnisse nur in begrenztem Umfang vorliegen, sollen die verfügbaren Befunde hiermit als Kurzbericht mitgeteilt werden. Dabei wird auf die Diskussion eines Grenzwertes für Uran in Trink-, in natürlichem Mineral- und in Heilwasser sowie auf die humantoxische Wirkungsart des Urans als Schwermetall (und nur untergeordnet durch dessen radioaktiven Zerfall) nicht eingegangen.

## ERGÄNZENDE HINWEISE ZUR GEOLOGIE UND ZUM AUSBAU DES BRUNNENS

Die Brunnenbohrung wurde am linken Hangfuss des Neckartals, 300 m westlich des Nürtinger Neckarwehrs (Unterwasser 269 m NN) niedergebracht. Das von FRANK (1951) veröffentlichte Schichtenverzeichnis beschreibt in 30,0 bis 30,6 m Tiefe noch „Flussgeschiebe aus Weiß-Jurakalken („Neckarkies“)\", die vereinzelt auch schon darüber verzeichnet sind. Darunter folgen bis 78,5 m Stubensandstein-Formation (km4) und bis zur Endteufe 80,3 m Obere Bunte Mergel-Formation (km30).

Das tiefe Auftreten von Neckarkies, die für das Neckartal ungewöhnliche hohe Mächtigkeit quartärer Ablagerungen von 30,6 m und die von CARLÉ (1969) dafür bemühte Interpretation einer tiefen Auskolkung im Durchbruchsbereich des Nürtinger Umlaufberges (WAGNER 1929, HELLER 1959) können inzwischen mit weitgehender Sicherheit ausgeschlossen werden. Neuere Baugrundbohrungen

in 100 m NE und 200 m NW Entfernung erbrachten Mächtigkeiten des Quartärs von 8,4 bzw. 10,8 m und eine Höhenlage der Unterkante Quartär auf 268 bis 269 m NN. Die 1996 bis 45 m und 1997 bis 80 m Tiefe durchgeführten bohrlochgeophysikalischen Messungen (Dr. J. Wieck) zeigen in den Logs der natürlichen Gamma-Strahlung zwischen 8 und 12 m eine Zone geringer Aktivität, die, etwa entsprechend den vorgenannten Baugrundbohrungen, einer Lage von Neckarkies entsprechen könnte. Darunter folgt ein für die Stubensandstein-Formation plausibles Aktivitäts-Profil. Mittels Flowmeter-Log wurde bei der Messung 1997 der hauptsächliche Wasserzutritt mit 90 % von 0,9 l/s Förderung in 66 m Tiefe aus einem Sandstein-Horizont und weitere, schwache Zuflüsse bei 32 m (Vollrohr-Unterkante) und 76 m erkannt. Bereits zuvor war der Brunnen entschlammt und durch den Einschub einer PVC-Voll- und -Filterverrohrung (provisorisch) saniert worden.

Die Anströmung des Brunnens wird generell von S bis SE in der durch Knollenmergel-Formation (km5) und zunehmend auch durch Jura-Schichten (ju, jm) überdeckten Stubensandstein-Formation angenommen (vgl. dazu auch UFRICHT 1987: 120 und 1988: 539, „Potentiallinien-Plan für den überdeckten Sandsteinkeuper im Albvorland“). Die Förderung an Mineralwasser betrug anfangs bis 2092 m<sup>3</sup>/Jahr (CARLÉ 1969: 197), später aber nur noch um 20 m<sup>3</sup>/Jahr.

#### BESCHAFFENHEIT DES MINERALWASSERS

Die Fördertemperatur des Mineralwassers blieb mit 16,0 bis 18,1 °C, im Mittel 16,85 °C, langfristig etwa konstant. Bezogen auf den Hauptzutritt in 66 m Teufe ergibt sich ein deutlich erhöhter geothermischer Gradient und zwar bei kombinierter Verwendung der Temperatur-Logs von 1996 und 1997 von zumindest 7,5 °C/100 m (zwischen 13 und 80 m Teufe erfolgt ein Anstieg von 13,5 auf 18,5 °C). Damit wird die Position der Heinrichsquelle in der bekannten geothermischen Anomalie im sedimentären Deckgebirge von Bad Urach – Bad Boll (CARLÉ 1975, VILLINGER 1982) bestätigt.

Das Wasser der Heinrichsquelle ist nach den Analysen von 1932 bis 2004 als Natrium-Sulfat-Hydrogenkarbonat-Mineralwasser mit 9,76 bis 11,79 g/kg gelösten Feststoffen charakterisiert. Nach diesen Analysen hat sich die hydrochemische Beschaffenheit des Wassers über mehr als 70 Jahre, davon über 50 Betriebsjahre, praktisch nicht geändert. Der Gehalt an freiem gelöstem Kohlendioxid schwankt allerdings, z. B. 1955 bis 2004 in 10 Bestimmungen zwischen 242 und 579 mg/l. Nur in Analysen von 1938 und 1948 wurde die Deklarationsgrenze als Säuerling mit 1006 und 1485 mg/l CO<sub>2</sub> überschritten (wobei für die schwankenden Einzelwerte Auswirkungen der Art des Förderbetriebs, der Probenahme und des Zeitpunkts der Bestimmung wahrscheinlich sind). Die Herkunft des Kohlendioxids wurde von FRANK (1951) und CARLÉ (1969) auf die nahe gelegenen Schlotte des tertiären Albvulkanismus zurückgeführt. Damals war allerdings noch nicht bekannt, dass im Aquifer des Oberen Muschelkalks im Strömungsbereich Bad-Urach – Beuren – Scharnhausen – Esslingen, innerhalb dem sich Nürtingen befindet, durchgehend mit hoher CO<sub>2</sub>-Führung zu rechnen

ist, die örtlich weiter aufsteigen kann (Daten nach CARLÉ 1975, für Scharnhausen nach PRESTEL & SCHLOZ 2002, für Esslingen, etwa der hohen Gasführung von Scharnhausen entsprechend, noch unveröffentlicht). Hydrochemische Einflüsse von aufsteigendem Na-Ca- bzw. Ca-Na-Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-Mineralwasser aus dem Oberen Muschelkalk, wie von UFRÉCHT 1987 für einen Stubensandstein-Brunnen in Plochingen beschrieben, sind im Wasser der Heinrichsquelle aber nicht zu erkennen. Hydraulisch ist am Standort Heinrichsquelle ein höheres Potential für den Aquifer Oberer Muschelkalk gegenüber dem Grundwasser im Stubensandstein anzunehmen.

Der Gehalt des Mineralwassers an Chlorid ist mit 360 bis 450 mg/l nur mäßig hoch. Die wenigen Bestimmungen von Brom sind uneinheitlich, z. T. entspricht das Brom-Chlor-Verhältnis etwa jenem von Meerwasser, so dass Chlorid aus restlichen marinen Porenwässern stammen könnte.

Der hohe Sulfatgehalt mit bis zu 3500 mg/l wird auf die Lösung von Sulfatmineralen, die in Form von Gips oder Anhydrit im Unteren Stubensandstein und den liegenden Keuperschichten reichlich auftreten, zurückgeführt. Allerdings fehlt Calcium in der Lösung weitgehend (meist unter 80 mg/l). Ein weiterer Prozess der hydrochemischen Entwicklung ist die genannte Zumischung von Kohlendioxid. Dies führt zur Lösung von Karbonatmineralen bzw. Calcit und Dolomit, die ebenfalls im Stubensandstein reichlich vorhanden sind, und zur Freisetzung von Calcium und Magnesium. Allerdings sind Erdalkalien, wie für Calcium bereits genannt, insgesamt nur mit geringen Anteilen im Mineralwasser vertreten (Magnesium meist unter 65 mg/l).

Da Natriumsulfat- und Natriumcarbonat bzw. -bikarbonat-Mineralen (Glauber-salz, Thenardit, Soda, Trona u. a.) aus dem Stubensandstein nicht bekannt sind (HELING 1963), kann das Defizit an Erdalkalien und die Vormacht an Natrium mit bis zu 3400 mg/l nur durch Kationenaustausch an Tonmineral-Oberflächen des Gesteins erklärt werden. Ein dadurch mehr oder weniger stark beeinflusster Mineralwassertyp ist mit jeweils unterschiedlicher Ausprägung in allen mesozoischen Sandstein-Aquiferen Baden-Württembergs vertreten (Beispiele in SCHLOZ & STÖBER 2006). Außer durch Kationenaustausch können Natrium und Kalium anteilig auch durch den hydrochemischen Zersetz der im Stubensandstein mit hohen Anteilen enthaltenen Feldspäte in die Mineralwasser-Lösung gelangen.

Soweit bestimmt, war der pH-Wert mit 6,95 bis 7,07 konstant neutral. Ammonium erreicht bis 7,5 mg/l. Sauerstoff wurde nur selten bestimmt, kann in diesem Wasser aber nur gering sein (meist unter 1 mg/l, z. T. aber offensichtlich durch die Probenahme gestört).

Tabelle 1 enthält die Analyse der Heinrichsquelle durch das LGRB vom 23. November 2004, Abbildung 1 zeigt die Kationen- und Anionen-Verteilung sowie den CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Kreisdarstellung.

Bis zur Feststellung eines Defekts im Brunnenausbau Mitte der 1990er Jahre war das geförderte Mineralwasser mikrobiologisch stets einwandfrei (SCHÖLL 1996: 31).

**Tab. 1:** Analyse der Heinrichsquelle Nürtingen

Entnahmetag: 23. November 2004

Analyse: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB)

Wassertemperatur am Auslauf: 16,1 °C

Ergiebigkeit: 0,5–1,0 l/s

El. Leitfähigkeit (25°C): 11200 µS/cm

pH-Wert: 7,05

Dichte (20°C): 1,0068 g/cm<sup>3</sup>

Kationen	mg/l	mmol(eq)/l	mmol(eq)-%	Spurenstoffe	(mg/l)
Natrium (Na <sup>+</sup> )	3000	130,5000	94,02	Aluminium (Al)	<0,020
Kalium (K <sup>+</sup> )	52,0	1,3212	0,95	Barium (Ba)	<0,017
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0,050	0,0028	-	Lithium (Li)	0,277
Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )	48,3	3,9703	2,86	Strontium (Sr)	1,290
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	60,1	2,9990	2,16	Uran (U)	0,474
Eisen (Fe <sup>2+</sup> +Fe <sup>3+</sup> )	0,058	0,0021	-		
Mangan (Mn <sup>2+</sup> )	<0,03	-	-		
Kationensumme	3160,51	138,7954	99,99		

## Anionen

Fluorid (F <sup>-</sup> )	0,600	0,0316	0,02
Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	436	12,2952	8,78
Nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	<0,045	-	-
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0,93	0,0150	-
Hydrogenkarbonat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	3350	54,9400	39,22
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	3500	72,8000	51,97
Phosphat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	0,115	0,0024	-
Anionensumme	7287,65	140,0842	99,99

## undissoziierte

## Stoffe

Kieselsäure (SiO <sub>2</sub> )	11,1
Bor (B)	1,070
Feststoffsumme	10460,33

## gelöste Gase

Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	242
Lösungsinhalt	10702,33

Charakteristik: Natrium-Sulfat-Hydrogenkarbonat-Mineralwasser

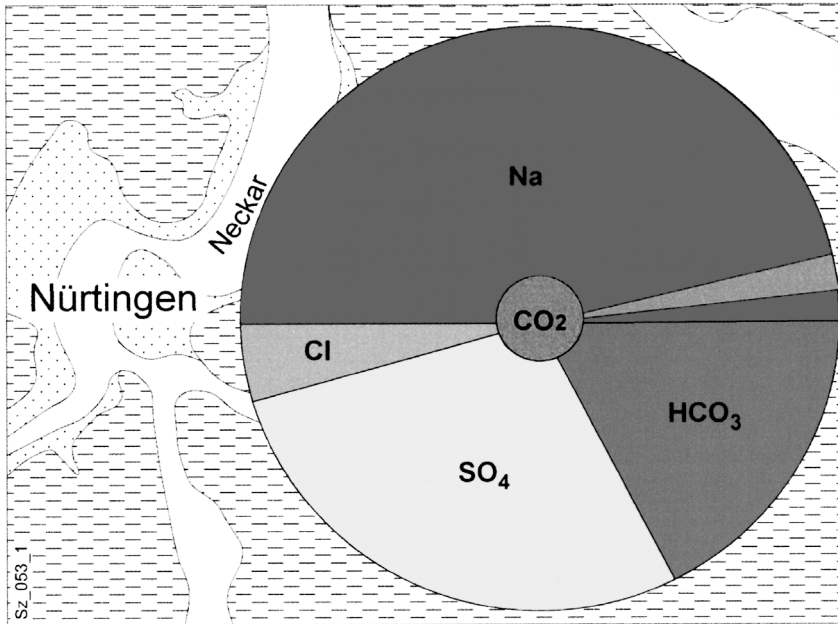


Abb. 1. Kationen- und Anionen-Verteilung (mmol(eq)-%) sowie CO<sub>2</sub>-Gehalt im Mineralwasser der Heinrichsquelle nach der Analyse vom 23. November 2004 (Tab. 1) in der Kreisdarstellung nach UDLUFT.

#### ISOTOPENHYDROLOGISCHE BEFUNDE

Die Ergebnisse isotopenhydrologischer Untersuchungen für die Heinrichsquelle sind in Tab. 2 zusammengestellt. Demnach ist das Mineralwasser praktisch frei von Tritium (<sup>3</sup>H) und folglich frei von Anteilen jungen Wassers (<50 Jahre). Der niedrige <sup>14</sup>C-Wert lässt auf ein sehr hohes Alter (>10.000 Jahre) schließen, jedoch ist dabei der hohe Gehalt des Wassers an zugemischtem, aus der Tiefe stammendem <sup>14</sup>C-freiem Kohlendioxid zu berücksichtigen, durch den der <sup>14</sup>C-Gehalt „verdünnt“ wird. Die Gehalte an Sauerstoff-18 (<sup>18</sup>O) bzw. des Isotopenpaares Sauerstoff-18 und Deuterium (<sup>2</sup>H) haben sich während der Nutzungszeit der Heinrichsquelle nur geringfügig zu schwereren Werten geändert. Sie liegen im Diagramm unweit der so genannten Niederschlagsgeraden. Sie entsprechen aber nicht den aktuellen Werten im regionalen Niederschlag, sondern weisen auf eine kaltzeitliche Grundwasserneubildung hin. Damit liefern sie ein weiteres Argument für ein sehr hohes Wasseralter.

**Tab. 2:** Isotopenhydrologische Daten der Heinrichsquelle

Jahr	Autor/Labor	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$^3\text{H}$ (TU)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$^{14}\text{C}$ (%-modern)
1963	FRITZ 1968	-11,3*				
1985/86	NLFB**	-10,96		< 1,7	+0,9	0,4 ± 0,1
	GSF**	-11,00	-78,2			
2004	Hydroisotop	-10,90	-76	< 0,6		

\* = Mittelwert aus 4 Bestimmungen: -11,2 bis -11,4 ‰;

\*\* = Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Probenahme: 22.8.1985 und Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung, Probenahme: 18.8.1986; diese Werte wurden bereits in UFRICHT 1987 und 1988 publiziert.

#### DER URANGEHALT DES MINERALWASSERS UND SEINE WAHRSCHEINLICHE HERKUNFT

Die aus Tab. 1 ersichtliche Analyse der Heinrichsquelle von 2004 weist einen Gehalt an Uran von 0,474 mg/l (mittels ICP) auf. Eine Kontrollbestimmung durch das Chemische und Veterinäruntersuchungsamt Stuttgart (CVUA) vom 19.4.2005 bestimmte 0,42 mg/l Uran-238. Außerdem wurden in dieser Analyse für Leicht- und Schwermetalle folgende Konzentrationen mitgeteilt (in mg/l): Arsen: 0,006, Blei: 0,002, Cadmium: <0,003, Chrom: 0,02, Nickel: 0,008, Quecksilber: 0,0003, Antimon: <0,005, Selen: 0,017, Aluminium: <0,03, Barium: 0,007, Silber: <0,01, Thallium: <0,0003.

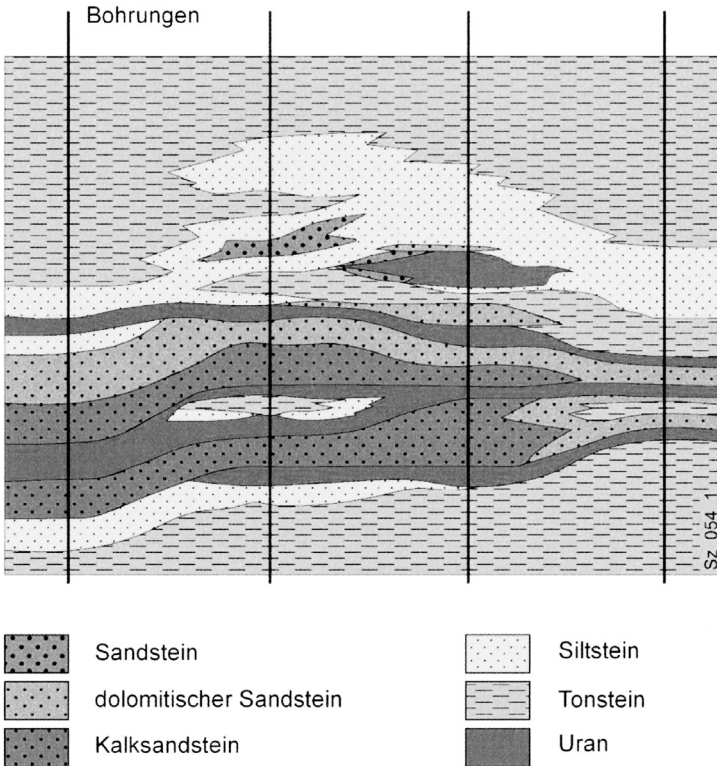
Ein Urangehalt von 0,32 mg/kg war bereits in der Großen Heilwasseranalyse des Instituts FRESENIUS für die Heinrichsquelle vom 27.5.1975 angegeben worden. Der Befund wurde von UFRICHT (1987: 61) zitiert, aufgrund einer Kontrollbestimmung mit 0,2 mg/m<sup>3</sup> Uran im Labor des Geologischen Landesamts jedoch nicht bestätigt. Das Ergebnis von 1975 blieb in der Folgezeit unbeachtet.

Vergleichbar hohe Konzentrationen an Uran wie in der Heinrichsquelle sind in Deutschland bisher aus Grund-, Mineral- und Thermalwässern – abgesehen von Bergwässern aus dem Uran-Bergbau – nicht bekannt.

In den Jahren 1974 bis 1978 wurde im Gebiet zwischen Neckar, Kocher und Rems durch die Urangesellschaft GmbH & Co. KG, Frankfurt, und 1977–1979 in der Konzession Neckartal im Bereich Reutlingen, Metzingen, Mössingen und Tübingen durch die Esso Erz GmbH, Nürnberg, jeweils im Keuper auf Uran prospektiert. Dabei wurden Bohrungen mit Gamma-Strahlungsmessungen, bereichsweise auch Radon-Messungen und Analysen von Gesteins- und Wasserproben durchgeführt. Zwar wurden deutlich erhöht uranhaltige Lagen und Bereiche nachgewiesen (Abb. 2), insgesamt aber keine abbauwürdigen Vorkommen von Uranerz gefunden. Die Ergebnisse aus dem Neckar-Kocher-Rems-Gebiet sind in der Dissertation WOLLENBERG (1978) beschrieben und in BALLHORN & WOLLENBERG (1979) mit einer Modellvorstellung der Uranerz-Genese kurz veröffentlicht. Als uranführend wurden der untere Stubensandstein und die Basis des Kieselsandsteins erkannt. Das im karbonatisch gebundenen Sandstein enthaltene Uran

SSW

NNE



**Abb. 2.** Geologischer Schnitt nach Bohrungen durch den Unteren Stubensandstein im Murrhardter Wald mit dem Auftreten von Uran-Verzerrungen (nach WOLLENBERG 1978, umgezeichnet).

konnte auch mittels Rasterelektronenmikroskopie keiner sicher bestimmbarer Mineralform zugeordnet werden.

Die im Prospektionsgebiet untersuchten Bach-, Grund- und Quellwässer, generell sauerstoffhaltige Süßwasser und damit hydrochemisch von der Heinrichsquelle völlig verschieden, führen teilweise erhöhte Urankonzentrationen mit bis zu etwa 0,04 mg/l (Daten der Urangesellschaft Frankfurt, WOLLENBERG 1978, zitiert und erweitert in UFRICHT 1987).

Ein erhöhter Urangehalt im Gestein wird in Bohrungen durch Messung der natürlichen Gamma-Strahlung in Form von Gamma-Ray-Logs (GRL) erfasst. Das genannte GRL der Heinrichsquelle von 1997 zeigt in 78 bis 80 m Tiefe an der Basis der Stubensandstein-Formation einen starken Ausschlag mit bis zu 240 Impulsen pro Sekunde, während für das übrige Stubensandstein-Profil meist



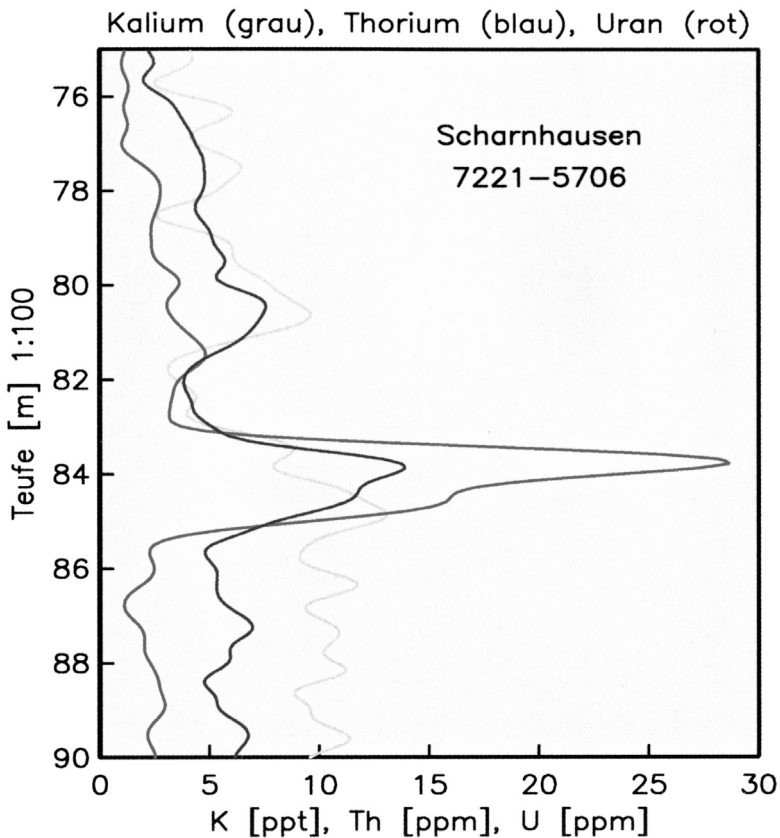


Abb. 3. Elementspezifisches GRL (gamma-ray-log) aus der Tiefbohrung Scharnhausen, LGRB-Nr. BO 7321-5706, 10,7 km nördlich der Nürtinger Heinrichsquelle, mit ausgeprägtem Uran-Peak an der Basis der Stubensandstein-Formation (km4) in 84 m Tiefe mit 29 ppm Uran im Gestein (Messung durch GGA-Institut, Hannover, 2001).

zwischen 30 und 85 Imp/s gemessen wurden. In der Tiefbohrung Scharnhausen (PRESTEL & SCHLOZ 2002), 10,7 km nördlich der Heinrichsquelle, wurde 2001 durch das Institut Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA) ein elementspezifisches GRL gefahren, das in 84 m Tiefe, ebenfalls direkt an der Basis des Stubensandsteins, eine starke Impulserhöhung zeigt, die hier als Uran-Peak für einen Gehalt bis 28,7 ppm Uran im Gestein identifiziert werden konnte (Abb. 3). Entsprechende Strahlungsmaxima im untersten Stubensandstein sind auch in GRL-Messungen einiger weiterer Tiefbohrungen in Baden-Württemberg zu erkennen. Ein Beispiel wurde von CARLÉ (1982: 43) aus Bad Überkingen beschrieben.

Neben diesem indirekten Nachweis erhöhter Urangelhalte des untersten Stubensandsteins im Bohrloch der Heinrichsquelle ist jedoch die Lösung des

Urans durch das Mineralwasser entscheidend. Für die industrielle Auslaugung von Uran aus dem Gestein wurden früher Schwefelsäure oder  $\text{NaHCO}_3$ -Lösungen eingesetzt. NOUBACTEP et al. (2004) haben in Laboruntersuchungen zur Freisetzung von natürlichem Uran unter oxischen Bedingungen mit einem an Hydrogenkarbonat reichen Mineralwasser (pH: 6,87,  $\text{HCO}_3^-$ : 1854 mg/l) besonders hohe Auslaugungsraten von Uran aus den verwandten Gesteinsproben erzielt. Auch ohne direkte Vergleichbarkeit der hydrochemischen Verhältnisse dieser Laborbefunde mit jenen im Zustrombereich der Heinrichsquelle (z. B. im Gestein vorliegende Uranminerale, Gesamtmineralisation der Lösung, anoxische Verhältnisse im Stubensandstein-Aquifer) wird darin der Schlüssel für die extreme Uranführung des Mineralwassers der Heinrichsquelle gesehen. Dabei wird, entsprechend den genannten Laborversuchen, von einer Lösung des Urans in Form von Uranyl-Karbonat-Komplexen ausgegangen.

#### VERGLEICH MIT STUBENSANDSTEIN-MINERALWÄSSERN AUS DER UMGEBUNG

Im südwestlichen bis nördlichen Umkreis um die Heinrichsquelle wurden weitere, z. T. auch thermale Mineralwässer in der Stubensandstein-Formation erschlossen (Reutlingen-Rommelsbach, Mössingen-Bad Sebastiansweiler, Bad Urach, Boll, Plochingen, Köngen Deizisau, Denkendorf, Esslingen sowie weitere im oberen und unteren Filstal; FRANK 1951, CARLÉ 1969, 1975, UFRICHT 1987, 1988, Institut FRESENIUS 1975, Archivunterlagen des LGRB). Dabei handelt es sich durchweg um Kationenaustauschwässer mit einer Vormacht von Natrium sowie bei den Anionen mit einer unterschiedlichen Dominanz von Sulfat oder von Hydrogenkarbonat. Die Summen gelöster Feststoffe betragen in diesen Wässern 3,4 bis 8,7 mg/l, die Gehalte an freiem gelöstem Kohlendioxid variieren deutlich, blieben jedoch, außer Plochingen und Mössingen-Sebastiansweiler, unter dem Sauerlings-Grenzwert von 1000 mg/l. Wie bereits oben genannt, stellt die frühere Plochinger Carlsquelle unter diesen Wässern durch den Zutritt von aufsteigendem,  $\text{CO}_2$ -reichem Muschelkalk-Mineralwasser hydrochemisch eine Ausnahme dar (UFRICHT 1987). Von den übrigen namentlich genannten Standorten bzw. Bohrungen oder Brunnen ist lediglich einer heute noch zugänglich und in Betrieb (Deizisau). Oft liegen für die erschlossenen Mineralwasser-Vorkommen nur je eine Analyse aus einem Zwischentest der Bohrung oder insgesamt unzureichende Analysendaten vor. Nur in einem, ebenfalls wieder verschlossenen, südwestlich der Heinrichsquelle erbohrten  $\text{Na-SO}_4\text{-HCO}_3$ -Mineralwasser mit 7,195 g/kg gelösten Feststoffen wurde auch der Gehalt an Uran mit „etwa 0,40 mg/kg“ bestimmt (Institut FRESENIUS 1975). Demnach stellt die Heinrichsquelle mit ihrer Charakteristik als hochkonzentriertes Natrium-Sulfat-Hydrogenkarbonat-Mineralwasser und mit ihrem sehr hohem Gehalt an Uran kein örtliches Einzelvorkommen, wohl aber nach derzeitigem Kenntnisstand das Beispiel mit dem höchsten Lösungsinhalt und der höchsten Uran-Konzentration für diesen Mineralwassertyp aus der Stubensandstein-Formation in Baden-Württemberg dar.

**LITERATUR UND UNTERLAGEN**

- CARLÉ, W.** (1969): Geologie und Hydrogeologie der Heinrichsquelle in Nürtingen. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 11: 173–199, 6 Abb.; Freiburg i. Br.
- CARLÉ, W.**, mit Beiträgen von **BAYER, H.-J.** & **BLOOS, G.** (1982): Geologie und Hydrogeologie der Mineral- und Thermalwässer von Bad Überkingen, Landkreis Göppingen, Baden-Württemberg (II). – Geol. Jb. C 31: 3–72, 13 Abb., 3 Taf., 10 Anl.; Hannover.
- BALLHORN, R.** & **P. WOLLENBERG** (1979): Uranvererzungen im mittleren Keuper von Baden-Württemberg. – Z. dt. geol. Ges. 130: 527–534, 5 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- FRANK, M.** (1951) Die Nürtinger Heinrichsquelle, ein neues Heilwasser aus dem Stubensandstein Württembergs. – Geol. Jb., 66: 141–150; Hannover.
- FRANK, M.** (1955): Die Nürtinger Heinrichsquelle. – Nachtrag zu Erläuterungen geol. Karte Bl. Neuhausen 1:25000; S. 75–76; Stuttgart.
- FRITZ, P.** (1968): Der Isotopengehalt der Mineralwasserquellen von Stuttgart und Umgebung und ihrer mittelpleistozänen Travertin-Ablagerungen. – Jber. u. Mitt. Oberrh. geol. Ver., N.F. 50: 53–69, 3 Abb., 5 Tab.; Stuttgart.
- HELING, D.** (1963): Zur Petrographie des Stubensandsteins, Petrographische Untersuchungen an einem Stubensandsteinprofil östlich Stuttgart. – Beiträge zur Mineralogie und Petrographie 9: 251–284, 21 Abb., 4 Tab.; Heidelberg.
- NOUBACTEP, C., J. SONNEFELD & M. SAUTER** (2005): Laboruntersuchungen zur Freisetzung von Uran aus einem Gestein unter oxidischen naturnahen Bedingungen. – Grundwasser, 1/2005: 35–42, 3 Abb., 5 Tab.; Berlin/Heidelberg.
- PRESTEL, R.** (2004): Hydrogeologische Verhältnisse, Kap. 7 in Geol. Kt. Baden-Württ. 1:25000; Erl. zu Bl. 7321 Filderstadt: 98–125, Abb. 18–22, Tab. 2–5; Freiburg i. Br.
- PRESTEL, R.** & **W. SCHLOZ** (2002): Ergebnisse der Bohrung und Grundwassermessstelle Schamhausen. – Abh. L.-Amt f. Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, 15: 303–330, 6 Abb., 7 Tab.; Freiburg im Breisgau.
- SCHLOZ, W.** & **I. STÖBER** (2006): Mineral-, Heil- und Thermalwässer, Solen und Säuerlinge in Baden-Württemberg; kurze Erläuterung zur Karte. – LGRB-Fachbericht 1 (überarbeitete Fassung): 1–20, 1 Abb., 1 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br.
- SCHÖLL, A.** (1950): Erfahrungen mit der neu entdeckten alkalischen Glaubersalzquelle in Nürtingen (Nürtinger Heinrichsquelle). – Hippokrates, Zeitschrift für praktische Heilkunde, 21. Jahrg., 20: 613–623; Stuttgart.
- SCHÖLL, A.** (1996): Die Nürtinger Heinrichsquelle, eine Dokumentation 1931 bis 1991. – Broschüre, 41 S., Anhang und Abb.; Nürtingen.
- UFRECHT, W.** (1987): Zur Hydrogeologie und Hydrochemie des Sandsteinkeupers in Mittel- und Ostwürttemberg. – Arb. Inst. Geol. Paläont. Univ. Stuttgart, N.F. 83: 1–136, 51 Abb., 26 Tab.; Stuttgart.
- UFRECHT, W.** (1988): Das Tiefengrundwasser im Sandsteinkeuper des Albvorlandes. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 30: 511–541, 13 Abb., 6 Tab.; Freiburg im Breisgau.
- VILLINGER, E.** (1982): Hydrogeological Aspects of the Geothermal Area of Urach. – The Urach Geothermal Project: 165–178, 6 fig., 1 tab.; Schweizerbart, Stuttgart.
- WOLLENBERG, P.** (1978): Untersuchungen zur Genese des uranhaltigen Unteren Stubensandsteins (Oberer Mittelkeuper, km4) in NE-Württemberg. – Dissertation an der Technischen Universität München; Manuskript, 102 S., 8 Anl., V Profile, 24 Taf.; München.

In die Unterlagen zur Sanierung des Tiefbrunnens Heinrichsquelle 1996/97, einschließlich der bohrlochgeophysikalischen Messungen durch **Dr. J. Wieck**, Neckar-tailfingen, haben dankenswerter Weise die **Stadtwerke Nürtingen** GmbH Einsicht gewährt.

Die Standortdaten, Schichtenverzeichnisse und sonstigen Unterlagen zu den genannten Bohrungen sind in der Aufschlussdatenbank des **Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau**, Abt. 9 im Regierungspräsidium Freiburg, unter folgenden Archivnummern dokumentiert: Heinrichsquelle: BO 7321/404; Baugrundbohrungen bei Nürtingen, links des Neckars: BO 7321/251 bis -/253; Tiefbohrung Scharnhausen: BO 7221/5706.

Anschriften der Verfasser:

Dr. RUPERT PRESTEL  
Regierungspräsidium Freiburg  
Dienststelle Stuttgart  
Ruppmannstr. 21  
70565 Stuttgart

Dr. WILHELM SCHLOZ  
Flandernstr. 9  
73732 Esslingen