

# Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz - Heft 3/2006

Landeshauptstadt Stuttgart  
Amt für Umweltschutz

## Hydrogeologie des Stuttgarter Mineralwassersystems



# Stuttgart und seine Mineral- und Heilquellen – Kulturgut - Wirtschaftsgut - Schutzgut

Joachim von Zimmermann

## 1. Einleitung

Stuttgart gehört zu den wenigen Großstädten in Europa, in denen Mineralwasser entspringt und in großem Umfang genutzt wird. In den Stadtteilen Bad Cannstatt und Berg sprudeln aus 19 Brunnen, die den Oberen Muschelkalk und teilweise auch den Unterkeuper erschließen, täglich etwa 44 Millionen Liter mineralisiertes und kohlensäurehaltiges Wasser. Zwölf der Muschelkalkaufschlüsse und eine thermale Sole aus dem Buntsandstein und Kristallin besitzen das Prädikat „staatlich anerkannte Heilquelle“. Die Stuttgarter Mineralquellen sind nach Budapest das zweitgrößte Mineralwasservorkommen in Europa.

Die Nutzung des Mineralwassers und die damit verbundene Badetradition geht bis auf die Römer zurück. Einige Bäder und Badestuben sind aus dem Mittelalter urkundlich belegt. Aus Trinkkuren im späten 18. Jahrhundert und frühen 19. Jahrhundert entwickelten sich Badeskuren. Die Blüte des

Cannstatter Badewesens fällt in die Zeit von 1840 bis 1870. Wenn auch die einsetzende Industrialisierung allmählich die Badegäste verdrängt hat und den kurörtlichen Glanz immer mehr verblasen ließ, ist das Mineralwasservorkommen aus dieser Tradition heraus für die Stadt bis heute ein wichtiges zu bewahrendes Kulturgut.

Heute haben die drei großen Mineralbäder Berg, Leuze und Bad Cannstatt das historische Erbe angetreten. Obwohl Bad Cannstatt schon lange nicht mehr das Image eines klassischen Kurorts besitzt, ziehen die Quellen jährlich Hunderttausende von Besuchern an, welche das naturbelassene chlorfreie Mineralwasser genießen. Sie suchen Wohlbehagen und Erholung vom Stress im Alltag. Durch ihren modernen Ausbau und ihre Attraktivität weit über die Stadtgrenzen hinaus sind die Quellen zu einem wichtigen Wirtschaftsgut geworden.

## 2. Wasserwirtschaftliches Schutzgut und Gefährdungspotenzial

Als Wirtschaftsgut und als Kulturgut ist der Mineralwasserschatz wasserwirtschaftlich besonders zu schützen. Er verpflichtet uns zu einem sorgsamem und nachhaltigen Umgang mit dieser Ressource. Das Grund- und Mineralwasser im städtischen Raum

ist vielschichtigen Einflüssen durch den Menschen ausgesetzt, die zur Beeinträchtigung der Grundwassergüte und –menge führen können. Die Stadt verfolgt mit dem Schutz des Mineralwassers folgende Ziele:

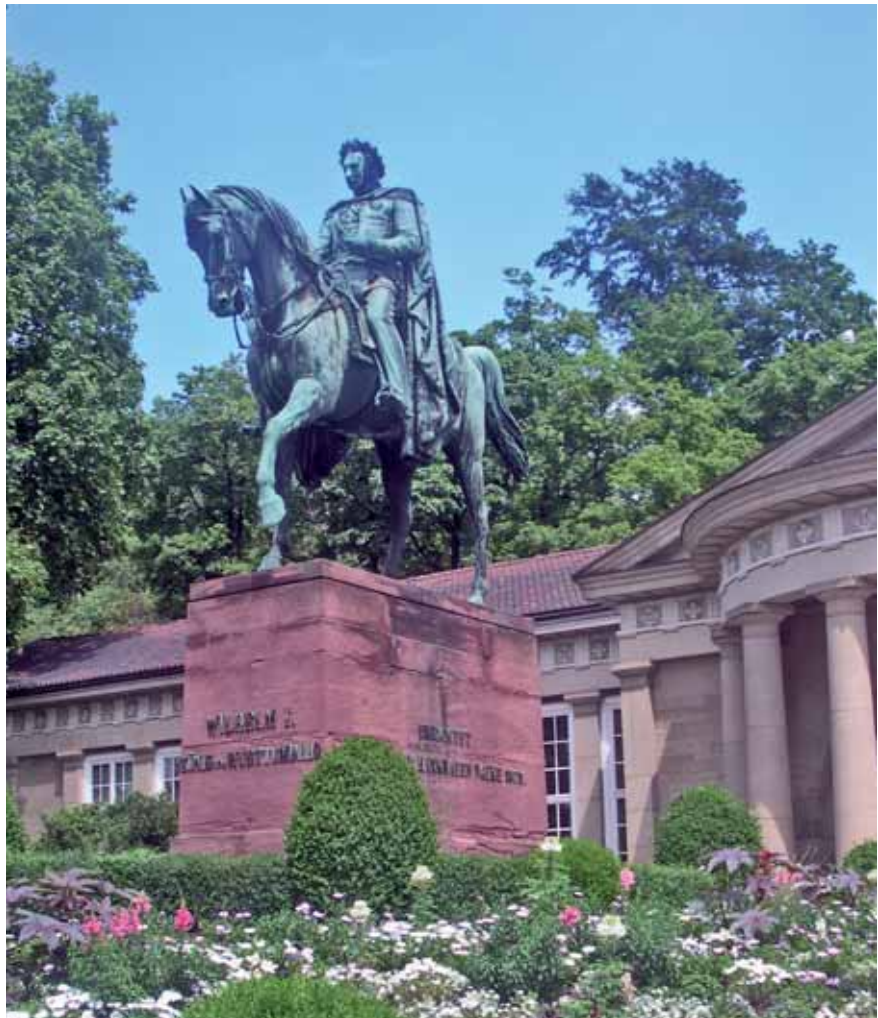
Schutz der Menge:	Schutz der Güte:
■ Wahrung des natürlichen Schüttungsgangs,	■ Erhalt des geochemischen Charakters,
■ Erhalt der hydraulischen Verhältnisse im Umfeld der Quellen.	■ Erhalt des Gehalts an gelösten Feststoffen (Gesamtkonzentration),
	■ Erhalt des Gehalts an freier Kohlensäure und der Gaszusammensetzung,
	■ Schutz vor Eintrag anthropogener Stoffe.

Eingriffe durch den Menschen können die Heil- und Mineralwässer erheblich gefährden. Denn die Wiederherstellung der ursprünglichen Verhältnisse ist oft kaum oder nur mit hohem technischem und finanziellem Aufwand möglich. Damit vor oder noch während der Eingriffe unmittelbar wirksame Schutz- oder Gegenmaßnahmen ergriffen werden können, gilt es, die Risiken und Gefährdungspotenziale zu erkennen und Maßnahmen zur Gefahrenabwehr rechtzeitig zu ergreifen. Dies ist vorrangiges Ziel der Vorsorge im Heilquellenschutz. Das Vorsorge-Prinzip ist sowohl in den Regelungskatalog für das Quellenschutzgebiet als auch im Regelwerk „Technischer Heilquellenschutz“ (WOLFF 2004) eingebunden. Örtliche Eingriffe werden über die Bauzeit durch eine im einzelnen festzulegende Beweissicherung an den Heilquellen begleitet. Die Ergebnisse werden mit dem von der Stadt betriebenen Langzeit-Monitoring verglichen.

Zu Eingriffen, die sich auf die Schüttung auswirken, zählt jede Form der vom Menschen verursachten Grundwasserverluste und Störungen des Grundwasserhaushalts im Umfeld der Mineralquellen. Minderungen der Quellschüttung können sich ergeben durch

- eine direkte Entnahme von Grundwasser aus dem Oberen Muschelkalk,
- eine indirekte Entnahme aus dem Oberen Muschelkalk durch Unterschneiden der Muschelkalk-Druckfläche bei Förderung von Grundwasser aus dem Keuper. Die absenkungsbedingte Druckumkehr führt zum Aufstieg und damit zum Verlust von Grundwasser aus dem Muschelkalk.

Wasserhaltungen im engeren Zustrombereich auf die Heilquellen können durch Unterschneidung der Grundwasserdruckfläche im Oberen Muschelkalk zu einer Umkehr der natürlichen, abwärts gerichteten Potenzialverhältnisse führen. Diese Umkehr löst die Einspeisung von Grundwasser aus dem Muschelkalk in darüber liegende Stockwerke (Unterkeuper bzw.



**Abb. 1:** König WILHELM I von Württemberg (1781 – 1864) war der größte Wohltäter Cannstatts und der Mineralquellen. Mit Hilfe seiner finanziellen Beteiligung konnte Nikolaus von THOURET 1825 den Mittelbau des Kursaals errichten, der damals als Trinkhalle diente (Aufn.: W. UFRICHT).

Gipskeuper) aus. Im ungünstigsten Fall wirkt sich der durch die Gebirgsentwässerung verursachte Entspannungsvorgang im Oberen Muschelkalk durch einen Schüttungsrückgang in den Heilquellen aus. Dies ist sicher auszuschließen, wenn präventiv eine Unterschneidung der Muschelkalkdruckfläche im Zuge einer Wasserhaltung (Druckumkehr) minimiert und eine Verletzung der schützenden Deckschicht (Unterkeuper, Grundgipsschichten) über dem Top des Mineralwasseraquifers durch tiefreichende Bauteile ausgeschlossen wird.

Mit dem Konzept der „Dichtschicht“ (WOLFF & UFRICHT 1998) wird dem Problem der Druckspiegelunterschneidung Rechnung getragen und in der Abgrenzung von Kern- und Innenzone im Quellenschutzgebiet umgesetzt. Bestehende Entnahmen aus dem Oberen Muschelkalk genießen Bestandschutz. Neue Grundwasserentnahmen sind untersagt.



um 250 n.Chr	Nutzung des Mineralwassers durch die Römer.
1377	Verschiedene Hinweise auf Bekanntheit und Nutzung der Quellen, Badestuben bei Männlein- und Weibleinquelle.
1597	Erste Versuche der Salzgewinnung durch „Salzsieden“ auf Geheiß von Herzog Friedrich. Grabungen bei der Quelle am Sulzerrain.
1709 -1710	Versuche der Salzgewinnung aus dem Wasser der Stadtsulz am Cannstatter Marktplatz auf Geheiß von Herzog Eberhard Ludwig.
1733 - 1739	Der Mechanicus Gottfried Demmler nimmt sich erneut der Salzgewinnung aus der Cannstatter Sole an und entwickelt Maschinen zur Salzanreicherung (Gradierung).
1739	Der herzogliche Holzverwalter Belling lässt die Inselquelle fassen und überbauen.
1770-73	Weitere Versuche der Salzgewinnung. Gründung der „Salzquellen-Ergrabungs- und Bohrversuchs-Gesellschaft“ . 1773 Niederbringung einer 71,5 m tiefen Bohrung nahe der Sulzerrainquelle, dem ersten artesischen Brunnen Deutschlands und Vorläufer des Wilhelmsbrunnens.
nach 1773	Nutzung des artesisch auslaufenden Wassers der „Sulzerrainbohrung“ zum Antrieb einer Ölmühle.
1787	Wege- und Gartenanlagen entstehen am Sulzerrain auf Anlass von Hofrat Seyffer, Anfänge der Kuranlagen.
Um 1816	Nutzung von Männlein- und Weiblein Quelle im Frösner'schen Bad. Ein zweites Bad wird zu dieser Zeit im Gasthof Ochsen betrieben (Nutzung der Linkh'schen Quelle).
1818	Eröffnung des Wilhelmsbads, Nutzung von Zoller'scher Quelle und Sulzerrainquelle.
1821	Gründung des Vereins von Brunnenfreunden, dessen Mitglieder maßgeblich die Gestaltung um den Sulzerrain vorantreiben und den Kurbetrieb einleiteten.
1822	Strohgedeckter Rundtempel über dem Wilhelmsbrunnen, Trinkkuren. Grundsteinlegung für den Kursaal.
1829	Anpachtung der Oberen Sulz durch Dr. Heine und Nutzung in der Orthopädischen Klinik Heine.
1830 – 1835	Diverse Tiefbohrungen zur Wassererschließung, Nutzung des artesisch austretenden Wassers als billige (und frostsichere) Antriebskraft. 1831/32 Brunnen Spinnerei Bockshammer Berg (Berger Quellen), 1832 Brunnen Spinnerei Bockshammer Bad Cannstatt (Auquelle), 1833 Kunstmühlebrunnen 1 und 2, 1833 Brunnen Spinnerei Zais, Mühlgrün, 1833 Frösner'scher Brunnen (später: Schiffmannbrunnen), 1833 Brunnen in der Klotz'schen Fabrik (später: Leuzequelle), 1833 Zwei Brunnen in Tuchfabrik Keller (Kellerbrunnen), um 1845 Brunnen im Maurischen Garten, 1849 Geswein'scher Brunnen
1833	Verordnung zur Aufrechterhaltung der Quellschüttung, „um das Bohren von artesischen Brunnen in der Nähe von Cannstatt ohne höhere Genehmigung zu verbieten“ .
1834	Neufassung der Sulzerrainquelle, die um 1844 in Wilhelmsbrunnen umgetauft wurde.
Ab 1835	Ärzte lassen sich nieder, Heilanstalten entstehen (1829 Heilanstalt für Orthopädie Jakob Heine, 1837 Hautklinik Hofrat Dr. Albert Veiel und Heilanstalt für Orthopädie Heinrich Ebner).
1842	Gründung des Mineralbads Koch. Nutzung von Insel- und Klotz'schem Brunnen (später: Leuzequelle).
1851	Übernahme des Koch'schen Bads durch Familie Leuze. Umbenennung in Leuzebad.

1853-57	Bauliche Maßnahmen am Sulzerrainbrunnen, um den Schüttungsrückgang zu mindern.
1855/56	Das „Stuttgarter Mineralbad“ (später Mineralbad Berg bzw. „Neuner“) geht aus der Spinnerei Bockshammer hervor.
1861	Errichtung einer Trinkhalle bei der Inselquelle.
1869	Neufassung der Leuzequelle
1888	Neufassung der Kellerbrunnen.
1889	Eröffnung des „Neuen Cannstatter Mineralbads“ (gespeist vom heutigen Schiffmannbrunnen; 1902 von Karl Schiffmann übernommen).
Um 1890	Fassung der Quellen auf den Trommelwiesen (Wasen) durch A.Veiel.
1892/93	Neuaufbohrung und Neufassung der Leuzequelle.
1920	Verlegung der gefassten Quellen auf den Trommelwiesen, fortan als Veielquelle bezeichnet.
1928/29	Aufgabe der „Alten“ Inselquelle und Neubohrung der „Neuen“ Inselquelle.
1932	Neufassung der Wilhelmsbrunnen und Vertiefung des Brunnens bis 164,4 m, teleskopartiger Ausbau (Wilhelmsbrunnen 1 und 2, Gottlieb Daimler Quelle).
1933	Aufbohrung des Schiffmannbrunnens auf 39,7 m Tiefe. Vertiefung der Veielquelle bis an die Basis des Quartärs.
1938/39	Neufassung der beiden Kellerbrunnen.
1935	Überbohrung und Neuausbau der Leuzequelle
1944	Zerstörung der Veielquelle bei Bombardierung Stuttgarts.
1951/52	Bauliche Sanierung der Neuen Inselquelle.
1952-1961	Neufassung der Berger Quellen (1952: Ostquelle, 1953: Westquelle, 1954: Nordquelle, 1961: Berger Urquelle).
1953	Neubohrung und Neufassung der Veielquelle, Vertiefung der Bohrung bis 26,5 m.
1958	Weitere Vertiefung des Schiffmannbrunnens auf 67,5 m Tiefe.
1966	Abdichtungsarbeiten (Injektionen) an der Veielquelle.
1973/74	Erschließung von Thermalwasser im Buntsandstein/Kristallin (Hofrat Seyffer Quelle).
1980/81	Neufassung der Auquelle.
1992/93	Bauliche Sanierung des Br. Maurischer Garten.
1994	Eröffnung des neuen Mineralbads Cannstatt
Ab 1994	Nutzung der Thermalsole aus der Hofrat Seyffer Quelle im Mineralbad Cannstatt
Seit 1994	Planungen zur Sanierung der Wilhelmsbrunnen 1 und 2 und Gottlieb Daimler Quelle
2002	Heilquellenschutzgebiet rechtskräftig

**Tab. 1:** Geschichte der Bad Cannstatter und Berger Mineralquellen im Überblick (Zusammenstellung W. UFRICHT).

Die Gefahr einer Verschleppung von Schadstoffen aus flurnahen in tiefere Bereiche eines Grundwasserleiters ist sowohl durch Wasserhaltungen als auch durch tiefreichende Bau- und Gründungskörper möglich, sofern dadurch dauerhaft wirksame Stockwerksverbindungen entstehen. Gleiches gilt für nicht ordnungsgemäß erstellte stockwerksübergreifend ausgebaute Grundwasseraufschlüsse, die einen hydraulischen Kurzschluss erzeugen und Schadstoffe in tiefere Schichten verlagern. Im Stadtgebiet sind solche Aufschlüsse zwischenzeitlich zu 90 % baulich saniert bzw. verschlossen. Unabhängig davon bestehen natürliche Stockwerksverbindungen (punktuell: Erdfälle; linear: Störungszonen) bzw. flächige Wechselwirkungen zwischen den Keuperstockwerken und dem Oberen Muschelkalk (Leakage), die ebenfalls die Verlagerung von oberflächennahem und häufig mit Schadstoffen (zumeist chlorierte Kohlenwasserstoffe) verunreinigtem Grundwasser verursachen können.

Eine Beeinträchtigung der Qualität ist aber auch gegeben, wenn die natürlichen und für das Schutzgut charakteristischen Inhaltsstoffe – in Anlehnung an die Mineral- und Tafelwasserverordnung (MTVO) – über ein tolerables Maß (um 20 %) schwanken oder sich kontinuierlich verringern. Wichtig ist dabei zu unterscheiden, ob die Änderungen auf Einwirkungen durch den Menschen – z.B. durch massive hydraulische Eingriffe - zurückzuführen sind oder ob sie geogenen Ursprungs sind. Nur im ersten Fall lassen sich wirksame Maßnahmen zur Abwehr der Veränderungen ergreifen.

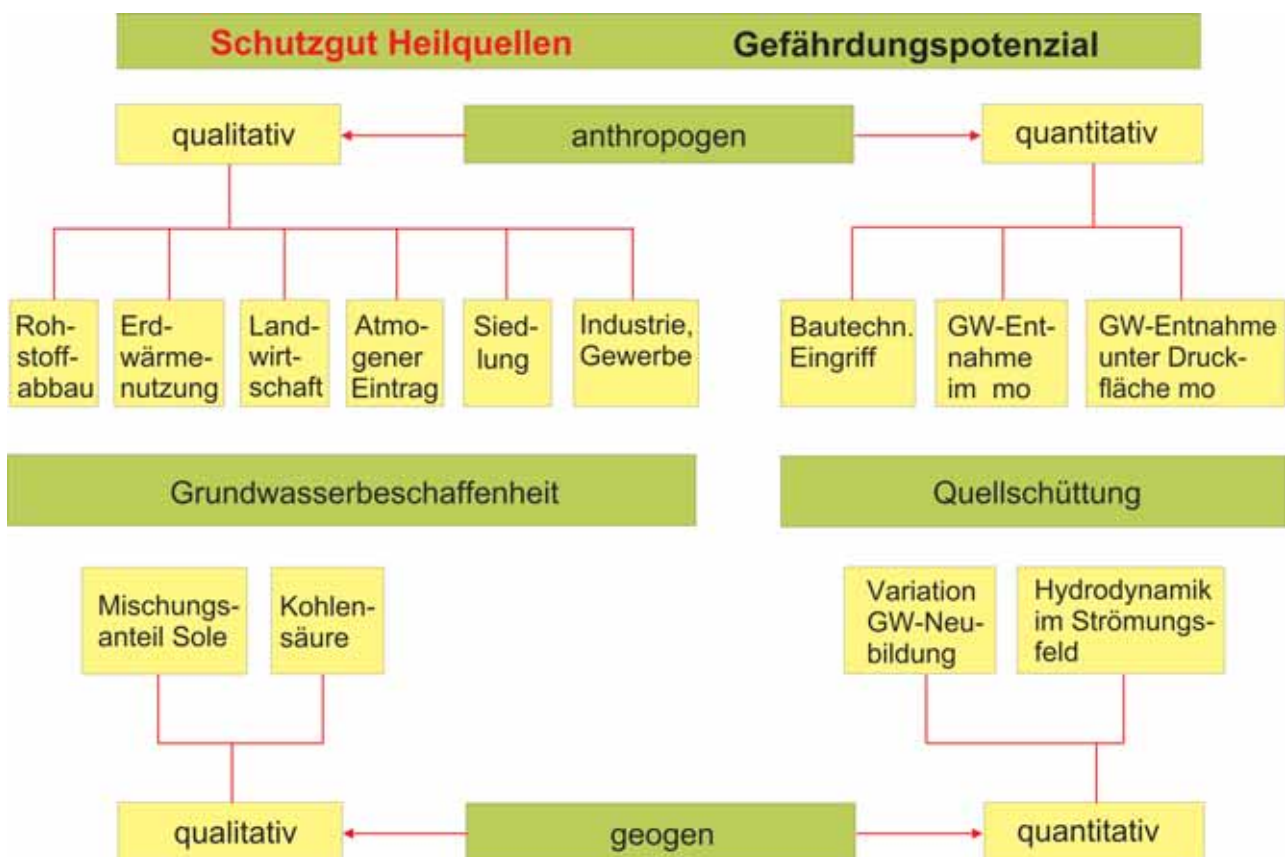


Abb. 2: Gefährdungspotenziale gegenüber den Bad Cannstatter und Berger Heilquellen (Zeichnung: W. UFRICHT).

### 3. Hydrogeologisches Systemverständnis als Grundlage wasserwirtschaftlichen Handelns

Ein wichtiges Element des behördlichen Handelns ist einerseits die Steuerung der Eingriffsgrößen im Einzugsbereich des Mineralwasservorkommens mit dem Ziel ihrer Optimierung, andererseits die Kontrolle von Auswirkungen auf das Schutzgut. Beides erfordert ein umfassendes Systemverständnis. Dieses wird seit 1989 schrittweise und räumlich auf verschiedenen Skalen erarbeitet. Dabei können vier Stufen unterschieden werden:

- Stadtgebiet Stuttgart, 1989-1991.
- Westlicher Neubildungsraum und Vorland

mittlere Schwäbische Alb, 1992-1999

- Südwestlicher Neubildungsraum, südlicher Strömungsbereich Schwäbische Alb, 2000-2004.
- Stadtgebiet Stuttgart, Nesenbachtal (vorrangig Schadstofftransport), ab 2004.

Die hydrogeologische Systemanalyse der vier Bilanzräume ist jeweils in einem konzeptionellen Hydrogeologischen Modell dokumentiert (PLÜMACHER 1999; UFRECHT 2002, 2003; UFRECHT & HARLACHER 1998).

### 4. Heilquellenschutz

Seit den 1950er Jahren wurden Anstrengungen unternommen, ein Schutzgebiet für die Bad Cannstatter und Berger Quellen auszuweisen. Drei Entwürfe 1954, 1969 und 1990 verfolgten unterschiedliche Ansätze zum Schutz der Quellen. Die von der Stadt ab 1989 entwickelten Erkenntnisse zur Hydrogeologie des Mineralwassersystems gaben neue und wichtige Impulse für die Fortsetzung der Bemühungen zur Ausweisung eines Schutzgebiets (WOLFF & UFRECHT 1998; UFRECHT & WOLFF 2003). Die fachlichen Arbeiten hierzu hat ab 1994 der eigens hierfür eingerichtete Arbeitskreis „Heil- und Mineralquellenschutz (HMQS)“ unter Vorsitz des Regierungspräsidiums Stuttgart aufgenommen. Der Arbeitskreis lieferte für das Schutzgebiet eine Abgrenzung sowie die fachlichen Grundlagen für den Entwurf einer Rechtsverordnung inklusive Begründung. Seit dem 11.06.2002 ist das Quellenschutzgebiet samt den dazu formulierten Verboten und Regelungen rechtskräftig. Das neue Schutzgebiet erstreckt sich mit einer Fläche von 300 km<sup>2</sup> auf sechs Landkreise. Allein vom Stadtkreis Stuttgart ist nun knapp die Hälfte der Fläche Quellenschutzgebiet. Die unterschiedlichen geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten im Funktionsraum der Mineralquellen sind Grundlage für die Gliederung des Quellenschutzgebiets in unterschiedliche wasserwirtschaftlich sensible Zonen mit entsprechenden wasserrechtlichen Vorgaben. Die Zonen kennzeichnen die Empfindlichkeit und Schutzbedürftigkeit des Mineralwassersystems in den Gebieten, in denen

- sich die Hauptkomponente des Fließsystems neu bildet,
- sich der Hauptgrundwasserstrom zur Fassung bewegt,
- Vermischungen mit anderen Grundwasserkomponenten stattfinden bzw. Gas Zutritt (vertikale Wechselwirkungen),
- das Mineralwasser austritt.

Daraus abgeleitet gliedert sich das Gesamtgebiet nach Güte- und Mengekriterien jeweils in die Fassungsgebiete, Kernzone, Innenzone und Außenzone. Die qualitativen und quantitativen Zonen sind in der Begrenzung und Fläche deckungsgleich. Die wasserwirtschaftlich sensibelsten Bereiche der Mineralquellen sind mit der Kernzone im Cannstatter Neckartal und Innenzone des Heilquellenschutzgebietes im Stuttgarter Talkessel umrissen. Hier sind einerseits die Keuperschichten bis auf Restmächtigkeiten abgetragen, der Gipskeuper vollständig ausgelaugt und das Gebirge tektonisch stark beansprucht. Zudem sind vertikale Wechselwirkungen nachgewiesen, die in der Innenzone vom Gipskeuper zum Oberen Muschelkalk ausgerichtet und mit der Verlagerung sulfatreicher und örtlich anthropogen beeinträchtigter Wässer verbunden sind. In der Kernzone sind die Druckverhältnisse umgekehrt, so dass mineralisierte Wässer aus dem Muschelkalk bis in die Talniederung aufsteigen können und dort im Neckarkies („hydrochemische Anomalien“; UFRECHT 2001) und im Neckar („Temperaturanomalien“; ARMBRUSTER et al. 1998) feststellbar sind. Ein Eindringen von oberflächennahem und ggf. mit Schadstoffen angereichertem Grundwasser bis in den Muschelkalk ist hier nicht möglich.

In der Rechtsverordnung sind zonenspezifisch abgestufte Bestimmungen (Beschränkungen, Verbote und zusätzliche Anforderungen) formuliert, die über die Anforderungen zum „normalen“ Grundwasserschutz hinausgehen. Dazu gehören Regelungen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, zu Grundwasserentnahmen sowie zur Tiefenreichweite baulicher Eingriffe (WOLFF 2004).

Brunnen	Art der Nutzung				Ort der Nutzung	Nutzer
	Trinkbrunnen	Medizinische Wannenbäder	Schwimmbecken	Brauchwasser		
Wilhelmsbrunnen 1					Mineralbad Cannstatt	KBB
Wilhelmsbrunnen 2					Mineralbad Cannstatt	KBB
Gottlieb Daimler Quelle					Mineralbad Cannstatt	KBB
Inselquelle					Mineralbad Leuze	KBB
Leuzequelle					Mineralbad Leuze	KBB
Berger Urquelle					Mineralbad Berg	KBB
Berg Nordquelle					Mineralbad Berg	KBB
Berg Westquelle					Mineralbad Berg	KBB
Berg Mittelquelle					Mineralbad Berg	KBB
Berg Ostquelle					Mineralbad Berg	KBB
Berg Südquelle 2					Mineralbad Berg	KBB
Veielquelle					Zierbrunnen Veielbrunnengasse	TBA
Brunnen Maurischer Garten					Zoologisch-Botanischer Garten	Land BW
Kellerbrunnen alt					Mineralbad Cannstatt	KBB
Kellerbrunnen neu					Mineralbad Cannstatt	KBB
Schiffmannbrunnen						Privat
Mombachquelle					Reichle-Bad, Stadt-Bad Cannstatt, Mineralbad Leuze	Privat TBA
Auquelle					Zoologisch-Botanischer Garten	Land BW
Kunstmühlebrunnen	ohne Nutzung					
Hofrat Seyffer Quelle					Mineralbad Cannstatt	KBB

KBB: Eigenbetrieb Kur- und Bäderbetriebe, Stadt Stuttgart

TBA: Tiefbauamt Stadt Stuttgart

Land BW: Land Baden-Württemberg



## 5. Langzeit-Monitoring

Seit 1943 werden an den Stuttgarter Mineralquellen in regelmäßigen Abständen hydrochemische Analysen durchgeführt. Seit den 1980er Jahren sind in das Monitoring-Programm nicht nur alle Mineralquellen, sondern auch Grundwasseraufschlüsse im Zustrom als Vorfeldkontrolle einbezogen.

Basierend auf einem umfangreichen Aquifersystemverständnis, auf der Kenntnis der Gefährdungspotenziale im Quelleinzugsgebiet und der Kenntnis der natürlichen Schutzmechanismen des Systems hat das Amt für Umweltschutz im Jahre 2004 ein Langzeit-Monitoring entwickelt (UFRECHT 2004). Es definiert für die Mineralquellen und Vorfeldaufschlüsse die Zeitpunkte der Probenahme und den Parameterumfang gegenüber den bisherigen Messungen neu. Das Langzeit-Monitoring hat vorrangig zum Ziel:

- das Systemverhalten des Aquifers räumlich und zeitlich zu erfassen,
- die Bewirtschaftung des Schutzguts im wasserrechtlich vorgegebenen Rahmen zu begleiten,
- die Nachhaltigkeit der Nutzung mit Hilfe von Messsystemen zu kontrollieren,
- die Wirksamkeit vorsorgender wie reparierender Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers zu dokumentieren (Selbstkontrolle) und
- Veränderungen im baulichen Zustand der Fassungen zu erkennen (z.B. Alterung durch Verockerung der Filterschlitzte).

Dazu sind Daten zu ermitteln, mit denen die natürliche Grundwasserdynamik (Quellschüttung, Druckänderungen im System, Grundwasserneubildung, Veränderungen in Strömung und Altersverteilung des Grundwassers), die Schwankungsbreite bei geochemischen Parametern und Gasen sowie das Auftreten anthropogener Stoffe festgehalten werden kann.

## 6. Datenhaltung in Fachinformationssystemen

Bei der Erkundung der Altlasten und des Baugrunds im Stadtgebiet sowie im Zuge des Langzeit-Monitorings an den Mineral- und Heilquellen und ausgewählten Messstellen im Vorfeld fallen kontinuierlich Daten in großem Umfang an.

Das Amt für Umweltschutz verwaltet diese Daten seit vielen Jahren mit den Umweltinformationssystemen ISAS (Altlasten), BOISS (Bohrungen, Geologie, wasserwirtschaftliche Daten Grundwasser) und GEWISS (wasserwirtschaftliche Daten Oberflächengewässer). Im **Bohrdaten-Informationssystem Stuttgart** (BOISS)

Eine wichtige Kenngröße im Monitoring-Programm ist die Erfassung der Quellschüttung. Die Schüttung der Fassungen wird seit den 1950er Jahren durch monatliche bis vierteljährliche Kontrollmessungen festgehalten. Die Messungen basierten bis 2004 noch auf Becken- bzw. Behältermessungen, die methodisch je nach Quelle Fehler von 2 bis 10 % beinhalten. Dadurch ist die herkömmliche Erfassung der Quellschüttung zwar für die Ableitung großräumiger hydraulischer Zusammenhänge (z.B. Systemreaktionen auf Neubildungsereignisse) verwendbar, nicht jedoch um Auswirkungen baulicher Eingriffe im Zuge von Beweissicherungen zu dokumentieren. Daher werden stufenweise in nahezu allen Fassungen Magnetisch-Induktive Durchflussmessungen MID (einschließlich der Parameter Temperatur, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit) mit höherer Genauigkeit und kontinuierlicher automatischer Aufzeichnung eingerichtet. Die Quellen wurden und werden hierzu durch aufwändige Umbaumaßnahmen vom anschließenden innerbetrieblichen Rohrleitungssystem der Bäder abgekoppelt, so dass das natürliche hydrostatische Gleichgewicht nicht mehr durch betriebsbedingte hydraulische Signale (Rückstau bei gefüllten Badebecken, „Leerschüsse“ beim Entleeren der Becken) gestört wird. Der Auslauf der Quelle erfolgt dann über einen freien Überlauf in ein Zwischenbecken. Durch den freien Überlauf kommt es zu einer hydraulischen Entkoppelung der Betriebsleitungen der Quelle und der Quellsfassung. Änderungen in den Betriebsführungen bleiben somit ohne Auswirkung auf die Schüttung.

sind derzeit 17.000 Bohrungen und Grundwasseraufschlüsse sowie 500 Quellen mit ihren wasserwirtschaftlichen Kenngrößen erfasst. Sie sind Grundlage der wasserwirtschaftlichen Entscheidungen im Stadtgebiet und vermitteln ein aktuelles und flächenhaftes Bild zur örtlichen und regionalen Grundwassersituation.

## 7. Zukünftige Untersuchungsschwerpunkte

Mit dem erarbeiteten Kenntnisstand über Strömungsverhältnisse und Dynamik des Gesamtsystems sowie über die Größe der Volumenströme in den Teilgebieten wird ab 2005 der Arbeitsschwerpunkt wieder das Stadtgebiet Stuttgart, insbesondere der Stuttgarter Talkessel und dessen Randbereiche, sein. Hier wird es um Fragen des Schadstofftransports und der Herkunft der leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffe (LCKW) in den Mineral- und Heilquellen gehen (GRAF et al. 1994; GOLDSCHIEDER et al. 2001). Eine Bewertung von Schadstoffspektrum und -konzentrationsverlauf in den Mineralquellen sowie in oberstromigen Aufschlüssen lässt erkennen, dass die weiträumige LCKW-Verunreinigung des Karst- und Mineralwassers im Oberen Muschelkalk nicht auf eine einzige Eintragsstelle zurückzuführen ist. Die Verursacher konnten bislang aufgrund der komplexen geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten leider noch nicht identifiziert werden.

Mit dem regionalen Untersuchungsansatz für den Stuttgarter Talkessel sollen Schadensfälle mit hohem Gefährdungspotenzial erneut aufgegriffen und hinsichtlich des Abstroms schadstoffhaltigen Grundwassers überprüft und bewertet werden. Bei Fällen, für deren weitere Abwicklung kein Störer mehr in Anspruch genommen werden kann, werden weitere Erkundungen zur Abgrenzung der Schadstoffausbreitung im Abstrom auf Kosten der Stadt vom Amt für Umweltschutz durchgeführt.

In der Innenstadt wird derzeit der Abstrom vom Standort Nesenbachstraße eingehend untersucht. Hier konnte zwischenzeitlich der Schadstofftransfer

vom Gipskeuper über den Unterkeuper bis in den Oberen Muschelkalk sicher nachgewiesen werden. Verwerfungszonen im Nahbereich des Schadensherds haben die vertikale Verlagerung begünstigt (KIRCHHOLTES et al. 2004).

Die neu gewonnenen hydrogeologischen Erkenntnisse werden in das „Hydrogeologische Modell Stuttgarter Talkessel“ und schließlich in ein numerisches Grundwasserströmungs- und Transportmodell integriert. Letzteres baut auf dem mathematischen Strömungsmodell auf, das für die Planung und Prüfung wasserwirtschaftlicher Belange für das Städtebau- und Bahnprojekt Stuttgart 21 seitens der DB Projekte Süd GmbH vorgehalten wird.

Ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt werden zukünftig die gelösten Gase in den Heilwässern sein. Ein wesentliches Kennzeichen des hochkonzentrierten Stuttgarter Mineralwassers ist die Kohlensäure. Sie typisiert einen Teil der Heilwässer als Sauerling. Derzeit werden an zahlreichen Wässern in Stuttgart, im südlich anschließenden Fildergraben, im Albvorland und im Neckar-Eyach-Gebiet eingehendere Untersuchungen des Gasgehalts, der Gaszusammensetzung und der Gasisotopie durchgeführt, um Fragen der Herkunft der Gase zu klären. Insbesondere die Gasisotope werden dazu beitragen, Gasquellen zu identifizieren und die Mischung von Gasen unterschiedlichen Ursprungs zu quantifizieren.

## Schriftenverzeichnis

- ARMBRUSTER, H., DORNSTÄDTER, J., KAPPELMEYER, O. & UFRICHT, W. (1998): Thermische Untersuchungen im Neckar zwischen Stuttgart-Bad Cannstatt und -Münster zum Nachweis von Mineralwasseraustritten. - Deutsche Gewässerkundl. Mitt., **42**(1): 9-14; Koblenz.
- GOLDSCHIEDER, N., HÖTZL, H., KÄSS, W., KOTTKE, K. & UFRICHT, W. (2001): Kombinierte Markierungsversuche zur Klärung der hydrogeologischen Verhältnisse und Abschätzung des Gefährdungspotenzials im Mineralwasseraquifer Oberer Muschelkalk, Stadtgebiet Stuttgart. - Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz, **1/2001**: 5-80; Stuttgart.
- GRAF, W., TRIMBORN, P. & UFRICHT, W. (1994): Isotopengeochemische Charakterisierung des Karstgrundwassers und Mineralwassers im Oberen Muschelkalk im Großraum Stuttgart unter besonderer Berücksichtigung von Schwefel-34 und Sauerstoff-18.- Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz, **2/1994**: 75-115; Stuttgart.

- KIRCHHOLTES, H.J., BAUER, M., SCHOLLENBERGER, U., SPITZBERG, S. & UFRECHT, W. (2004): Untersuchungen eines LHKW-Schadens im Festgestein unter Berücksichtigung von Natural Attenuation – Ergebnisse und Folgerungen aus einer Feldstudie. – Grundwasser, **9**(2): 119-126; Hannover.
- PLÜMACHER, J. (1998): Kalibrierung regionaler Grundwasserströmungsmodelle mit Hilfe von Umweltisotopeninformationen. – Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz, **1/1999**: 1-160; Stuttgart.
- UFRECHT, W. (2001): Vulnerabilität und Schutzmaßnahmen im Quellgebiet der Stuttgarter Mineral- und Heilwässer. – Z. angew. Geol., **47**(1): 47-54; Hannover.
- (2002): Ein Hydrogeologisches Modell für den Karst- und Mineralwasseraquifer Muschelkalk im Großraum Stuttgart. – In: FACHSEKTION HYDROGEOLOGIE DER DEUTSCHEN GEOLOGISCHEN GESELLSCHAFT (Hrsg.): Hydrogeologische Modelle – Ein Leitfaden mit Fallbeispielen. – Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Hydrogeologische Beiträge, **24**: 101-110; Hannover 2002.
- (2003): Hydrogeologisches Modell Aquifersystem Oberer Muschelkalk. – Unveröff. Gutachten Amt für Umweltschutz, 72 S.; Stuttgart.
- (2004): Ein neues Monitoring-Konzept für die Mineral- und Heilquellen von Stuttgart-Bad Cannstatt und –Berg und das zugehörige Muschelkalk-Aquifersystem. – Unveröff. Gutachten Amt für Umweltschutz, 77 S.; Stuttgart.
- UFRECHT, W. & HARLACHER, C. (1998): Hydrogeologisches System-Modell Stuttgart (Feuerbacher Tal, Stuttgarter Talkessel, Neckartal). – Unveröff. Gutachten Amt für Umweltschutz, 70 S.; Stuttgart.
- UFRECHT, W. & WOLFF, G. (2003): Ein Heilquellenschutzgebiet für die Stuttgart-Bad Cannstatter und Berger Quellen. – Grundwasser, **8**(2): 124-125; Hannover.
- WOLFF, G. & UFRECHT, W. (1998): Neukonzeption der Schutzzonenabgrenzung im Nahbereich der Heilquellen von Stuttgart. – Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz, **1/1998**: 161-172; Stuttgart.
- WOLFF, G. (2004): Technischer Heilquellenschutz Stuttgart. – Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz Stuttgart, **4/2004**: 97 S.; Stuttgart.