

Mindestanforderungen an ein Monitoringsystem für Heil- und Mineralwässer und Maßnahmen zu dessen Qualitätssicherung

Kurt von Storch, Institut Fresenius AG
 Im Maisel 14, 65232 Taunusstein, ☎ 01628-744-167, vonstorch@rud.fresenius.com
 www.fresenius.com

1. Einleitung

„Ein Monitoringsystem ist keine Brille, denn hiermit sieht man nicht das Gesamte klarer. Ein Monitoringsystem ist eher ein Blindenstock, der bei richtiger Handhabung Hinweise gibt, die man – schon mit einer Vorstellung über das weitgehend Unbekannte verbunden – in Richtung einer Zielsetzung interpretiert.

Mit einem Monitoringsystem tasten wir „unter der Erde“ im wahrsten Sinne des Wortes im Dunkeln und erhalten dabei Informationen, die nicht mehr sind als kleine Bruchteile des eigentlichen Geschehens. Diese wenigen Hinweise können uns helfen, die Situation besser zu verstehen oder sie können uns einfach nur bestätigen, daß wir noch nicht vom Weg abgekommen sind.“

Grundwassermonitoring allgemein dient der Sicherung der Ressource und der Brunnenergiebigkeit sowie der Funktionsfähigkeit der darin enthaltenen Installationen. Betrachtet man die vier Etappen einer Grundwassernutzung: (1) Erkundung (2) Erschließung (3) Bewertung und (4) Betrieb, setzt das Monitoring bereits bei der Erschließung des Wasservorkommens an.

Es gibt für verschiedenste Zwecke Monitoringssysteme, Beispiele:

- **Monitoring** zur Beweissicherung,
- zur nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung (Optimierung der Entnahmeraten),
- zur Gefahrenabwehr,
- zum besseren Verständnis von hydrogeologischen / hydrochemischen Aspekten,
- zur Begleitung einer Altlastensanierung,
- im Rahmen einer Erweiterung der Grundwasserentnahme,
- zur Bewertung des natürlichen Schutzeigenschaften der Deckschichten oberhalb des genutzten Aquifers,
- im Rahmen des Abbaus von nicht oder gering erneuerbarem Grundwasser,
- im Rahmen der Umsetzung der WRRL,
- im Rahmen von grenzüberschreitender Grundwasserbewirtschaftung,
- zur hydrogeologischen Modellkalibrierung,
- zur Beobachtung der einwandfreien Brunnenfunktion.

Das „neudeutsche“ Wort Monitoring steht dabei für *Begleitung, Beobachtung, Kontrolle* oder *Überwachung*. Als solches werden Monitoringsysteme für den Schutz und die Bewirtschaftung von Mineral- und Heilwässern eingesetzt. Grundsätzlich sollen Monitoringsysteme in der Wassergewinnung dazu dienen, eine Verminderung der Wasserqualität frühzeitig zu erkennen und dadurch größeren Schaden zu vermeiden.

2. Trinkwasser, Mineral- oder Heilwasser: Unterschiedliche Anforderungen an das Monitoring

In Bezug auf die Anforderungen an die Wasserqualität unterscheiden sich Trinkwässer auf der einen Seite und Mineralwässer und Heilwässer auf der anderen Seite erheblich, was unterschiedliche methodische Ansätze bei der Konzeption des Monitorings zur Folge hat.

2.1 Monitoringsysteme für Trinkwasser

Monitoringsysteme im Rahmen der Trinkwassergewinnung beziehen sich häufig auf Mengen- und Qualitätseffekte infolge der Umfeld- und Entnahmesituation. Die Qualität von Trinkwasser orientiert in erster Linie daran, daß die in der Trinkwasserverordnung aufgeführten Schadstoffe nicht in kritischen Mengen sowohl in Bezug auf die menschliche Gesundheit als auch in Bezug auf die Technik vorhanden sind. Nach der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) darf aber auch keine Verschlechterung der Grundwasserbeschaffenheit infolge der Trinkwassergewinnung auftreten, was ebenfalls mit einem entsprechenden Monitoring zu überprüfen ist.

2.2 Monitoringsysteme für Mineralwasser / Heilwasser

Ein Monitoringsystem für Mineral- oder Heilwässer muß komplexere Anforderungen erfüllen. Neben der Berücksichtigung von Mengen- und Qualitätseffekten müssen auch die produktspezifischen Eigenschaften, wie sie in der Mineral- und Tafelwasserverordnung (MTV) bzw. den für Heilwässer geltenden Begriffsbestimmungen – Qualitätsstandards für die Prädikatisierung von Kurorten, Erholungsorten und Heilbrunnen („Begriffsbestimmungen“) geregelt sind, erhalten bleiben.

2.2.1 Mineral- und Heilwässer: komplexere Anforderungen an das Monitoring

Bei Mineralwässern zählt die Qualität am Brunnenkopf bzw. am Quellaustritt: Behandlungen sind bei natürlichen Mineralwässern gem. § 6 MTV nur auf sehr wenige Parameter und Verfahren beschränkt und dürfen bei weitem nicht in dem Umfang wie bei der Aufbereitung von Trinkwasser durchgeführt werden. Insbesondere Desinfektionsmaßnahmen sind nicht erlaubt. Eine anthropogene Kontamination oder eine geogene Beeinträchtigung kann für einen Mineralbrunnenbetrieb schwerwiegende wirtschaftliche Konsequenzen haben, wenn das Produkt dann nicht mehr den gesetzlichen Erfordernissen entspricht.

Oft besondere Anfälligkeit der Wässer auf externe Einwirkungen: Die Entstehung natürlicher Mineralwässer und Heilwässer resultiert oft aus einer speziellen geologischen und hydrogeologischen Situation, die zur jeweiligen spezifischen Mineralisation führte. Deshalb sind diese Wässer oft besonders anfällig für externe Einflüsse, wozu neben anthropogener Kontamination auch Wasserhaltungsmaßnahmen und Erschütterungen gehören. Beispiele für die besondere Empfindlichkeit von Heilwässern werden von Michel (1991) beschrieben.

Konstanz in der Zusammensetzung und Temperatur: Natürliche Mineralwässer und Heilwässer müssen gem. § 2 MTV bzw. gem. den Begriffsbestimmungen in Bezug auf Zusammensetzung, Temperatur und sonstige wesentliche Merkmale im Rahmen natürlicher Schwankungen konstant bleiben. Als natürliche Schwankungen werden, sofern der Gehalt des jeweils charakterisierenden Mineralstoffes mehr als 20 mg/l beträgt, max. 20 % toleriert (bei gelöstem CO₂ 50%). Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung oberhalb dieser Bandbreite gehen in den meisten Fällen auf eine nicht dem natürlichen Dargebot angepaßte Bewirtschaftung zurück. Diese nicht selten erst nach Jahren erkennbaren Trends können nur mit einem geeigneten Monitoringkonzept erkennbar gemacht werden. Die ursprünglich in der Regel durch Pumpversuche abgeschätzte Entnahmemenge muß während der Bewirtschaftung durch ein Monitoring verifiziert und ggf. modifiziert werden. Die Entnahmemenge muß kontinuierlich den tatsächlichen hydrogeologischen Verhältnissen angepaßt werden.

Mineralbrunnenbetriebe haben kein Anrecht auf gesetzliche Schutzzonen: Mineralbrunnenbetriebe müssen deswegen auch zur Absicherung von externen Beeinträchtigungen über ein zur Früherkennung von Gefahren geeignetes Monitoringkonzept verfügen.

Auch die Instrumente des Monitorings unterscheiden sich bei der Bewirtschaftung von Trinkwasser und Mineral- oder Heilwasser. In öffentlichen Wasserversorgungsbetrieben werden in der Regel Daten zur Erfassung der Wasserqualität (und dem Grundwasserdargebot) über Meßnetze erfaßt.

Mineral- und Heilbrunnenbetriebe können im Gegensatz zu öffentlichen Wasserversorgern selten Meßnetze einsetzen, da

- die Vorkommen oft punktuelle Austrittsstellen sind, deren spezifische Beschaffenheit aus dem örtlichen Zusammenwirken hydrogeologischer und geochemischer Faktoren resultiert,
- Mineral- und Heilwasservorkommen oft aus größeren Tiefen als Grundwasser für Trinkwasserzwecke gewonnen werden und das Einrichten mehrerer Meßstellen in solchen Tiefen für die Betriebe teilweise technisch schwierig ist.

2.2.2 Mineral- und Heilwässer: Ziele des Monitorings

Die Ziele des Monitorings für Heil- und Mineralbrunnenbetriebe sind dabei in erster Linie:

- Monitoring zur Konformitätsprüfung gem. MTV oder den für Heilwässer geltenden Begriffsbestimmungen,
- Monitoring zur Verbesserung des Verständnisses über die Ressource sowie der Wirkungsweise der Brunnen und der Installationen, um die Bewirtschaftung zu optimieren,

- Monitoring hinsichtlich akuter Gefährdungen oder genereller Entwicklungen im Einzugsgebiet einschließlich zum Zwecke der Beweissicherung,
- Beobachtungen der Auswirkungen von Grundwasserentnahmen.

3. Definitionen: Natürliches ortsgebundenes Heilwasser und natürliches Mineralwasser

3.1 Natürliches ortsgebundenes Heilwasser

Im Falle von natürlichen ortsgebunden Heilwässern sind es die Eigenschaften eines Heilmittels, die arzneimittelrechtlich geregelt sind. Für die Abgrenzung und Einteilung von Heilwässern werden die chemischen Inhaltsstoffe bzw. deren physikalische Eigenschaften benutzt. Die Charakterisierung von Heilwässern unterliegt den Begriffsbestimmungen – Qualitätsstandards für die Prädikatisierung von Kurorten, Erholungsorten und Heilbrunnen. In diesem Sinne können als Heilwässer solche Wässer bezeichnet werden, die wenigstens über eine der folgende Eigenschaften verfügen:

- sie haben einen Mineralstoffgehalt von mindestens 1000 mg/l,
- sie besitzen mindestens 1000 mg / l CO₂ für Trinkzwecke und 500 mg/l CO₂ für Badezwecke,
- sie haben eine Temperatur von mehr als 20 °C.

Weitere besonders hervorzuhebende Bestandteile sind:

- ein Eisengehalt von mind. 20 mg/l,
- ein Iodidgehalt von mind. 1mg/l,
- ein Gehalt an Sulfidschwefel von mind. 1mg/l,
- eine Radonaktivität von mind. 666 Bq/l,
- oder ein Fluoridgehalt von mind. 1mg/l.

Wässer, die in einem Liter mindestens 5,5 g Natrium- und 8,5 g Chlorid-Ionen enthalten, können die konventionelle Bezeichnung „Sole“ führen.

Wässer, die keine der angeführten Voraussetzungen erfüllen, müssen ihre Eignung, Heilzwecken zu dienen, durch klinische Gutachten nachweisen.

3.2 Natürliches Mineralwasser

Im Falle von natürlichen Mineralwässern sind es die Eigenschaften eines Lebensmittels, die in § 2 MTV festgelegt sind:

- Es hat seinen Ursprung in einem unterirdischen, vor Verunreinigungen geschützten Wasservorkommen und wird aus einer oder mehreren natürlichen oder künstlich erschlossenen Quellen gewonnen.
- Es ist von ursprünglicher Reinheit und gekennzeichnet durch seinen Gehalt an Mineralien, Spurenelementen oder sonstigen Bestandteilen (...)
- Seine Zusammensetzung, seine Temperatur und seine übrigen wesentlichen Merkmale bleiben im Rahmen natürlicher Schwankungen konstant; durch Schwankungen in der Schüttung werden sie nicht verändert,
- Die Gehalte an bestimmten Stoffen, vor allem toxischen Spurenmetallen, dürfen vorgegebene Grenzwerte nicht überschreiten (Anlage 1; ggf. nach einem nach § 6 MTV festgelegten Verfahren).

4. Entwicklung eines Monitoringkonzepts: Die Rahmenbedingungen

Wie aus den Definitionen zu erkennen ist, repräsentieren Mineral- und Heilwässer eine breite Vielfalt von Genesetypen.

Die Wahl des Monitoringsystems bei Heil- und Mineralwässern ist dabei von 5 Bedingungen abhängig:

- (1) Kenntnis über die Herkunft des Wassers, um die allgemeine Qualität zu sichern und die Risikosituation besser einschätzen zu können
- (2) Kenntnis über die Genese des Wassers, um die spezifische Mineralisation zu sichern
- (3) Art der Fassung (Quellfassung oder Brunnenfassung)
- (4) Form des Zutagetretens des Heil- bzw. Mineralwassers: Unter Zuhilfenahme von Pumpen oder artesischer Austritt
- (5) Kenntnis der konkreten Risikosituation im weiterem Umfeld

4.1 Herkunft

Natürliche Mineralwässer entstammen definitionsgemäß unterirdischen, vor Verunreinigungen geschützten Vorkommen (§ 2 MTV). Man könnte argumentieren, daß dementsprechend bei natürlichen Mineralwässern kein Risiko einer anthropogenen Kontamination besteht und somit ein Monitoring auf diese Parameter nicht notwendig wäre. Dennoch existieren für Mineralwässer Grenzwerte in Bezug auf die mikrobiologische Beschaffenheit (§ 4 MTV) und Orientierungswerte in Bezug auf Belastungsstoffe als Kriterien für die ursprüngliche Reinheit (Anlage 1a AVV).

Erst die Kenntnis über die Herkunft der Mineral- und Heilwässer erlaubt es, geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen, die neben der Einrichtung von Schutzzonen (nur für natürliche ortsgebundene Heilwässer, die staatlich anerkannt sind, nicht für natürliche Mineralwässer) sich auch auf das Monitoringsystem beziehen (siehe z.B. Heyl 1993).

Die von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) entwickelten *Richtlinien für Heilquellenschutzgebiete* unterscheiden drei Bildungstypen (siehe Abb. 1 bis 3), die auch für Mineralwässer ein guter Anhaltspunkt zur Entwicklung eines geeigneten Überwachungskonzepts sind.

Typ 1: Bildungsgebiet mehr als 10000 m

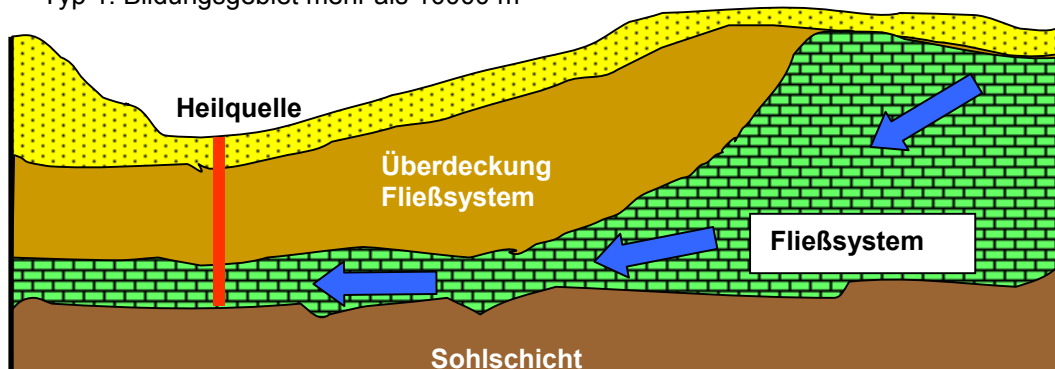


Abb. 1

Typ 2: Bildungsgebiet mehrere 1000 m

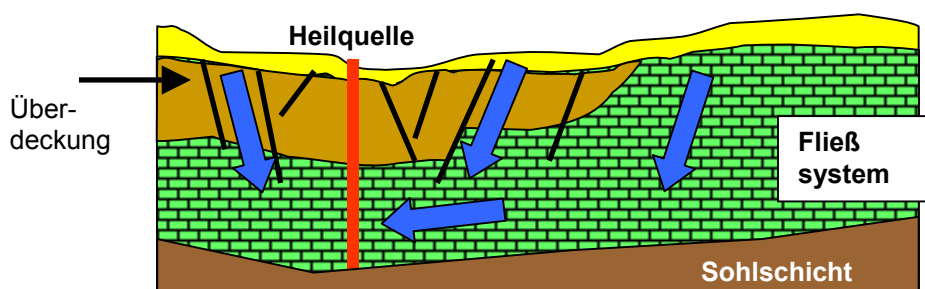


Abb. 2

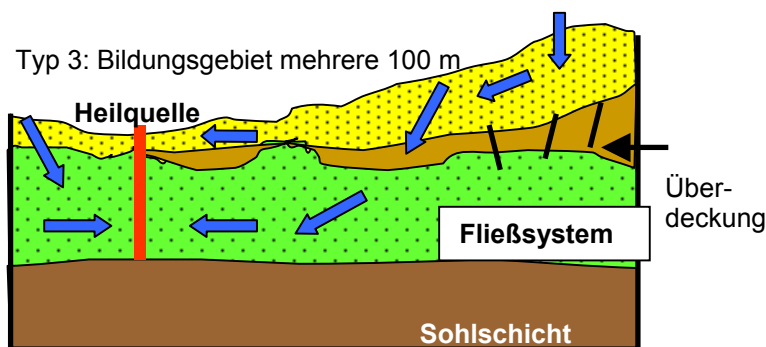


Abb. 3

4.2. Genese

Wegen der Berücksichtigung der spezifischen physikalischen oder chemischen Eigenschaften und der Einhaltung von Grenzwerten kommt der Kenntnis des Genesetyps bei der Findung des geeigneten Monitoringkonzepts die entscheidende Bedeutung zu.

4.2.1 Heilwasser und Mineralwasser

Konstanz in der Beschaffenheit: Die Zusammensetzung, Temperatur und übrige wesentliche Merkmale müssen im Rahmen der „20%- / 50%-Regel“ erhalten bleiben. Diese Eigenschaften resultieren aus der allgemeinen Beschaffenheit des Grundwassers. Die Kenntnis über die Genese des betreffenden Wassers ist notwendig, um diese Konstanz zu erhalten.

Einhalten der Grenzwerte gem. Anl. 1 MTV: Hierbei handelt es sich um Stoffe, die in erster Linie geogen bedingt in erhöhten Konzentrationen im Grundwasserleiter vorkommen können. Ein Anstieg der Stoffe kann nur dann verhindert werden, wenn bekannt ist, auf welchem Wege die Mineralisation erfolgte.

4.2.2 Zusätzlich relevant für natürliche ortsgebundene Heilwässer

Zur Einhaltung der unter 3.1 aufgeführten Kriterien muß der jeweilige balneologisch relevante Bildungsprozeß bekannt sein:

Allgemein hohe oder balneologisch spezifische Mineralisation (Fe^{2+} , I^- , S^- , NaCl , F^- , Rn-222): Entstehung infolge von Lösungsmechanismen, Redox- und/oder Ionenaustauschprozessen oder Zumischungen von Gasen und anderen Grundwässern. Oft handelt es sich hierbei um ein Gemisch verschiedener Wasserkomponenten.

Temperatur mind. 20°C: Entsprechend einem regionalen Erdwärmegradienten in größeren Tiefen oder infolge von Druckentlastung entlang von Gängen aufsteigende Wässer.

CO₂-Gehalt über 1000 mg/l: Geogenes CO₂ tritt punktuell oder linear entlang von Störungszonen auf oder ist horizontal über weitere Bereiche unterhalb einer sehr schlecht bis undurchlässigen Schicht verbreitet.

4.3 Art der Fassung

Die Art der Fassung beeinflusst das Monitoringsystem ebenfalls. Quellen unterliegen in der Regel stärker den Einflüssen aus dem unmittelbaren Umfeld als Bohrbrunnen und sind somit - abhängig von der Qualität des Quellenausbaus - einer erhöhten Gefährdung durch anthropogene Kontamination (mikrobiologisch oder chemisch) ausgesetzt.

Aus Brunnen gefördertes Wasser ist in der Regel besser vor anthropogener Kontamination geschützt. Die Schutzeigenschaften des Brunnens sind dabei abhängig von der Brunntiefe, Art des Ausbaus und der Beschaffenheit der Decksichten. Brunnen greifen stärker als (ausgebaute) Quellen in das natürliche System ein, wodurch eher die Gefahr einer längerfristigen Veränderung der Wasserbeschaffenheit im jeweiligen Aquifer bestehen kann.

4.4 Form des Zutagetretens

Erfolgt eine Entnahme mit Hilfe von Pumpen, kann es zu einer langfristigen Veränderung des Grundwassers kommen, wenn die Entnahmeraten zu hoch eingeschätzt wurden. Eine Voraussage über die langfristige Entwicklung des Grundwassers läßt sich nur über langfristig angelegte und ständig angepaßte Monitoringkonzepte realisieren.

Artesisch aus Brunnen austretende Wässer können insbesondere bei einem räumlich begrenzten Vorkommen einer natürlichen Veränderung unterliegen, was nur mit einer entsprechenden Überwachung erkennbar wird.

Frei austretende Quellen hingegen stehen mit dem natürlichen System mehr im Einklang.

4.5 Kenntnis der konkreten Risikosituation

Mineral- oder Heilbrunnenbetriebe haben in ihrem Umfeld eine individuelle Risikosituation, die beispielsweise beeinflusst werden kann durch:

- Straßen- und Eisenbahnverkehr,
- Industrie und Landwirtschaft,
- Nutzungskonkurrenten wie z.B. Wasserwerke oder andere Mineralbrunnenbetriebe,
- Eigene Brunnen, Grundwassermeßstellen, Fremdbrunnen, Erdwärmesonden,
- Zukünftige Bauvorhaben und Flächennutzungen,
- Natürliche Risiken wie Hochwassergefahren oder geogene Beeinträchtigungen,
- Erdbeben, Sprengungen in der Nähe.

Ergänzend zur LAWA-Richtlinie für Heilquellenschutzgebiete und der Erfordernis, daß natürliche Mineralwässer schon von ihrer Definition her aus einem natürlich geschützten Vorkommen stammen müssen, muß ein entsprechendes Monitoring zur Sicherung dieser Ressourcen angewandt werden.

5. Mindestanforderungen an ein Monitoringsystem: Maßnahmen

Der Aufbau von Monitoringsystemen und die Durchführung der Messungen bewegt sich im Spannungsfeld zwischen der Vermeidung von Handlungsdefiziten und der sparsamen Mittelanwendung (Schreiber, 1998). Die kosteneffektivste Auswahl der Prüfparameter hängt entscheidend davon ab, wie detailliert die unter Nummer 4 dieser Arbeit aufgelisteten Aspekte zur Herkunft, Genese, Technik, Form des Zutagetretens und Risikosituation berücksichtigt wurden. Ein Vorschlag für ein Überwachungskonzept ist in Tab. 1 enthalten.

	Balneol. Bestandteile	Spurenstoffe gem Anl. 1 MTV	Schüttung / Brunnenkopfdruck	Absenkung, Entnahme + Pumpenparameter	Niederschlag	T°C, Leitf	pH-Wert	Redox	Sauerstoff	Mikrobiologie gem. § 4 MTV	Konstanz Hauptinhaltsstoffe	Risikospezifische Tracer ²	Tritium	Kohlenstoff-14
Heilwasser	X	X								X	X			
Mineralwasser		X								X	X			
Fassungsart														
Quelle			X		X	X	(X)					X		
Brunnen Pumpe				X	(X)	X	X	X	(X)			X		
Brunnen artesisch			X			X	X					(X)		
Störanfälligkeit														
Große Störanfälligkeit ¹			X	X		X	X	X			X	X	X	
Neubildung gering			X	X		X	X	X			X			(X)
Wässer < 50 a														
Ja												X	(X)	
Nein													X	(X)

¹ Durch Erschüttung oder durch Grundwasserhaltungsmaßnahmen im weiteren Umfeld. Untersuchungen sollten ggf. in kürzeren Intervallen durchgeführt werden

² Je nach Risikoart: z.B. Nitrat oder ggf. Orientierungswerte „ursprüngliche Reinheit“ gem. Anl. 1a der AVV

Tab. 1: Matrix zu untersuchender gängiger Monitoringparameter

Zusätzlich müssen weitere Beobachtungsmaßnahmen berücksichtigt werden, wie z.B.:

- Risiken im Neubildungsgebiet bei tritiumhaltigen Wässern.
- Manchmal sind die Neubildungsraten von bestimmten Mineral- und Heilwasservorkommen so gering, das eine Wasserentnahme dort einem Abbau gleichkommt. Das trifft insbesondere auf sehr alte Wässer (hohe mittlere Verweilzeit) zu, wenn dieser spezifische Wassertyp nicht mehr mit der betreffenden (spezifischen) Mineralisation nachgebildet wird.
- Heilwässer aus frei zutage tretenden Quellen unterliegen teilweise einem Lebenszyklus in der Größenordnung von hunderten von Jahren. Insbesondere Wässer, die entlang von Gangsystemen aufsteigen, wie z.B. Thermalwässer oder Säuerlinge.
- Auch die Qualität und Effektivität des Brunnenausbaus selber muß überprüft werden: Hierzu dienen in regelmäßigen längerfristigen Abständen Brunnenbefahrungen und der genaue Abgleich zwischen Entnahmerate und Absenkung (sofern nicht infolge von unregelmäßig hoher CO₂-Entgasung beispielsweise diese Messungen gestört werden).
- Das Umfeld von Quellen und Brunnen sollte regelmäßig mindestens einmal pro Jahr nach Checkliste dokumentiert und fotografiert werden, um allmähliche Veränderungen im unmittelbaren Fassungsbereich zu erkennen.
- Auch das Beobachten des regionalen Umfeldes innerhalb der Kommune ist eine Form von Monitoring. Sie dient dem Schutz vor zukünftigen Kontaminationen. Beispielsweise die rechtzeitige Kenntnis über Industrieansiedlungen, die bestimmte wassergefährdende Tätigkeiten durchführen.

5.1 Erweitertes Monitoring

Zeitlich befristet muß ein Monitoringsystem beispielsweise bei folgenden Rahmenbedingungen erweitert werden:

- Während und nach Wartungsarbeiten an der Fassung, insbesondere dem Ausbau der Pumpe oder nach Arbeiten am Leitungssystem kann es zu einer mikrobiologischen Kontamination kommen, die auch die Brunnenhinterfüllung und den Grundwasserleiter betreffen kann.
- Nach starken Erschütterungen, wie z.B. nach Erdbeben oder Baumaßnahmen können der Brunnenausbau oder natürliche Strömungssysteme beschädigt werden und die Beschaffenheit des Wassers sich verändern
- „Schutzonen schützen nicht wirklich“: Die Richtlinie für Heilquellenschutzgebiete enthält eine Auflistung von wassergefährdenden Tätigkeiten in den jeweiligen quantitativen und qualitativen Heilquellenschutzonen. Kommt es trotz Verbots beispielsweise infolge einer Havarie zu einer Gefährdung der Mineral- oder Heilwässer muß das Monitoring entsprechend erweitert werden.
- Zum Verständnis einer anormalen Veränderung der Wasserbeschaffenheit muß ein erweitertes Monitoring durchgeführt werden, daß natürliche genesetypische Tracer (insbesondere Umweltisotope, spezielle Ionenverhältnisse, charakteristische Elemente) mit einbeziehen muß.
- Bei Neuerschließung eines Vorkommens mit Hilfe eines Brunnens muß in der Anfangsphase (ggf. über ein Jahr) ein erweitertes Monitoring erfolgen, um die Pumpversuchsergebnisse zu überprüfen. Zusätzlich sollte eine Referenzanalyse erstellt werden, auf die man zukünftige Analysen beziehen kann. Hierzu kann die Anerkennungsanalyse gem. AVV zur MTV für Mineralwässer oder die Heilwasseranalyse gem. den Begriffsbestimmungen dienen. Ergänzend hierzu sollten auch die Umweltisotope in der Referenzanalyse mit erfaßt werden.

5.2 Wiederholungshäufigkeit der Messungen

In Anbetracht der Vielfalt der Genesetypen von Heil- und Mineralquellen läßt sich hierzu keine einheitliche Aussage treffen. Grundsätzlich muß mindestens so oft eine Messung wiederholt werden, daß von dem jeweiligen Untersuchungsparameter eine repräsentative aussagefähige Ganglinie erstellt werden kann. Das hängt davon ab,

- wie hoch die natürliche Schwankung in dem betreffenden Grundwasser ist,
- wie schnell sich wieder ein hydraulisches und chemisches Gleichgewicht nach einer Bohrung und dem Ausbau eines Brunnens im Grundwasser eingestellt hat,
- ob Risikosituationen im Umfeld es erfordern, kürzere Prüfintervalle durchzuführen.

Vor-Ort-Parameter wie z.B. Leitfähigkeit, Temperatur, Absenkung sollten automatisch erfaßt und über einen Datensammler in digitaler Form in einer Datenbank gespeichert werden. Sehr hilfreich sind Visualisierungsprogramme zur Darstellung von Zeitreihen, um Entwicklungen besser interpretieren zu können.

Ein Monitoringsystem sollte kein starres Muster sein, denn (neben den rechtlichen Anforderungen) können sich die Erkenntnisse zur Grundwasserbewirtschaftung und zum -schutz ändern. Ein Monitoringsystem sollte deshalb ständig aktualisiert werden, z.B. nach dem Prinzip der kontinuierlichen Verbesserung (von Storch 2003).

6. „Wer kontrolliert die Wächter?“, Maßnahmen zu Qualitätssicherung eines Monitoringsystems

Der Qualitätssicherung eines Monitoringsystems kommt eine sehr wichtige Bedeutung zu, denn sie soll verhindern, daß falsche Werte erfaßt werden.

6. 1 Maßnahmen zur Qualitätssicherung an die Technik

6.1.1. Sonden

Die Online-Erfassung von Vor-Ort-Parametern erfolgt in der Regel auf längere Zeit im direkten Kontakt mit dem Mineral- oder Heilwasser. Die betreffenden Sonden müssen den Erfordernissen der spezifischen chemischen oder physikalischen Beschaffenheit des Wassers entsprechen.

Beispiele von Fehlern, die bei Einsatz von herkömmlichen, nicht der speziellen Beschaffenheit der Wässer angepaßten Sonden vorkommen können, sind:

- Leitfähigkeitssonden können in Kontakt mit Solen falsche Werte messen.
- Je höher die Wassertemperatur ist, desto geringer ist im allgemeinen die Lebensdauer von Sauerstoff-, pH- oder Redoxsonden. Wassertemperaturen bereits über 50 °C führen bei diesen Sonden, wie auch bei ionenselektiven Sonden zu einer beschleunigten Alterung, wodurch abhängig von der chemischen Beschaffenheit der untersuchten Wässer, bereits nach einem halben Jahr falsche Werte gemessen werden können.
- Infolge chemischer oder mikrobiologisch katalysierter Ausfällungen von Eisen-, Mangan-, Calcium- oder Magnesiumverbindungen sowie Kieselsäure beispielsweise können Sonden inkrustieren und dadurch nicht mehr ausreichend genau messen.
- In Säuerlingen eingesetzte Sonden können infolge des hohen CO₂-Gehaltes Meßfehler aufweisen, wenn kein ausreichender Gegendruck zur Vermeidung von CO₂-Entgasungen existiert.
- Redox- und pH-Sonden, die so eingesetzt werden, daß der Meßkopf höher als die Anschlüsse liegt, führen nach kurzer Zeit zu Fehlmessungen, weil das Elektrolytgel nicht mehr in Richtung Kopf fließen kann.
- Redox- und pH-Sonden in Wässern mit einer Leitfähigkeit unter 200 µS/cm werden aufgrund des treibenden Diffusionsgefälles in Richtung der niedrigeren Konzentration elektrochemisch ausgelaugt und können bereits nach kürzerer Zeit nicht mehr korrekt messen.
- Werden Sonden (wie z.B. Piezometer) zu nahe im Einflußbereich von Pumpen eingesetzt, kann es durch Interferenzen zwischen Pumpe und Sonde zu Meßungenauigkeiten im Piezometer kommen.
- Erfolgen keine Blitzschutzmaßnahmen und kein Schutz vor elektromagnetischen Strahlungen können Meßwerte verfälscht oder Sonden beschädigt werden.

Bieske (1992) beschreibt folgende sich gegenseitig bestätigende Messungen, die von großen Wasserversorgungsunternehmen durchgeführt werden:

- (1) Wasserspiegel im Brunnen (m)
- (2) Wasserspiegel im Peilrohr in der Kiesschüttung (m)
- (3) Ggf. (falls vorhanden) Wasserspiegel in benachbarten Meßstellen (m)
- (4) Brunnenleistung (in m³/h oder l/s)
- (5) Druck am Manometer der Brunnenpumpe (bar)
- (6) Stromaufnahme der Brunnenpumpe (Ampere)

Wasserstände von (1) und (2) müssen konstant und in der Regel auf gleichem Niveau sein, ansonsten ist die Durchlässigkeit im Filter und den Schlitzten vermindert, z.B. infolge von Verockerung.

Der Wasserzähler darf keine die Messungen verfälschenden Inkrustrationen enthalten. Das läßt sich ggf. im laufenden Betrieb anhand der Stromaufnahme der Brunnenpumpe überprüfen, da diese in einem konstanten Verhältnis zum Wasserzähler stehen muß. Das einwandfreie Funktionieren der Brunnenpumpe wiederum läßt sich mit Hilfe von (5) überprüfen, da ein Abfall des Drucks bei gleichem Strombedarf (6) auf Störungen in der Pumpe hinweist.

Qualitätssichernde Maßnahmen hierzu:

1. Validierung des gesamten Online-Erfassungssystems, möglichst durch einen externen Dienstleister. Die Validierung sollte in regelmäßigen Abständen wiederholt werden.
2. Überprüfung, ob Sonden insbesondere nach Bau- und Reparaturmaßnahmen am Brunnen noch richtig positioniert sind.
3. Einsatz des für die jeweilige Wasserbeschaffenheit geeigneten Sondensystems.
4. Durchführung sich gegenseitig bestätigender Messungen (s.o.).
5. Aufzeichnen von Ganglinien und Ermittlung eines Trends; Überprüfung, ob der Trend ggf. auf zunehmende Meßungenauigkeit zurückzuführen ist.
6. Durchführung von Plausibilitätskontrollen.
7. Vergleichsmessungen mit Hilfe von anderen Geräten.
8. Lebensdauer der Sonden berücksichtigen.
9. Gegen die Gefahr von Inkrustationen werden von einigen Geräteherstellern entsprechende Reinhaltungssysteme angeboten.

6.1.2 Datenübertragung

Bei der Datenübertragung können beispielsweise folgende Fehler auftreten:

- In der Datenbank erfolgt eine falsche Zuordnung von Onlineparametern zu den betreffenden Brunnen
- Datenlücken – Datenverlust infolge Stromausfall: Daten werden nicht gemessen oder es werden von der Software nicht nachvollziehbare Werte erfaßt. Der Grund hierfür können beispielsweise kurzfristiger Stromausfall, Einfluß durch Gewitter oder lange Meßleitungen in Erdreich sein. Die Folge hiervon kann auch sein, daß ein Meßwert dauerhaft als Null-Signal oder als zu hoher Wert erscheint

Zur Behebung solcher Fehler sind kontinuierliche Plausibilitätskontrollen notwendig.

6.1.3 Messungen im Labor

Die häufigsten Fehlerquellen sind:

1. Falsche Platzierung und Beschaffenheit von Probenahmestellen, z.B.:
 - für mikrobiologische Probenahme ungeeignete Wasserhähne,
 - Wasserhähne, Rohrleitungen oder Dichtungen, die unerwünschte Stoffe abgeben (z.B. Weichmacher),
 - Wasserhähne an Totstücken: Gefahr erhöhter Keimbelastung.
2. Fehlerhaftes bzw. für falsche Zwecke eingesetztes Meßgerät
3. Ungeeignete Eichlösung (z.B. falsch, kontaminiert oder zu alt)
4. Falsche Handhabung durch das Personal

Maßnahmen zur Qualitätssicherung:

- Vergleichsmessungen („Prüfmittelkontrolle“): Zeitgleich mit einem zuständigen Mitarbeiter des Betriebs bestimmt ein externes Labor den betreffenden Parameter. Die Messungen werden in festgelegten Abständen wiederholt. Die Ergebnisse werden miteinander verglichen und eventuelle Abweichungen diskutiert.
- Eine sehr wichtige qualitätssichernde Maßnahme ist das regelmäßige Warten der Meßgeräte, sowie Schulungen der Mitarbeiter und das Vorhalten einwandfreier Eichlösungen.
- Ausreißertests: Ausreißer sind zu über 90 % Meßfehler. Dennoch sollte ein Ausreißer nicht nur ignoriert und „eliminiert“, sondern der Grund hierfür geklärt werden. Sofern ein Ausreißer auf einen Meßfehler zurückzuführen ist, kann dessen Aufklärung dazu beitragen, daß dieser Fehler in Zukunft vermieden wird. Ausreißer können aber auch natürliche Ursachen haben, wie z.B.:
 - externe Erschütterungen,
 - kurzzeitige Kontaminationen,
 - Ablagerungen (organisch / anorganisch) können zur Bildung von Biofilmen führen,
 - externe Eingriffe in das System, die den Mitarbeitern der Qualitätssicherung nicht bekannt waren.

- Überprüfung, ob die Probenahmestelle richtig platziert und von dessen Beschaffenheit her geeignet ist. Diese Maßnahme ist besonders für eine einwandfreie mikrobiologische Probenahme unerlässlich.

6.2 Maßnahmen zur Qualitätssicherung für die verantwortlichen Personen

Auf Personalebene treten Fehler in erster Linie durch folgende Situationen auf:

- Unzureichender Wissensstand über die erforderlichen Tätigkeiten: Der oder die Mitarbeiter verfügen nicht über das notwendige Wissen zur Durchführung der ihnen übertragenen Aufgaben oder der Handhabung der ihnen anvertrauten Geräte.
- „Betriebsblindheit“: allmähliche nachteilige Veränderungen, die zu einer Erhöhung der Meßfehler führen, werden nicht mehr wahrgenommen. Hierzu gehört z.B.
 - das Entwickeln eigener (vereinfachter) Regeln zur Meßwertaufzeichnung
 - Reparaturen und Wartungen werden ausschließlich durch eigenes Personal durchgeführt. Externe Dienstleister haben eher die Möglichkeit der Vergleichbarkeit mit anderen Betrieben.
 - Das Personal beteiligt sich nicht mehr an Fortbildungen oder brancheninternen Technikertreffen, um über die eigenen Tätigkeiten hinaus andere und alternative Problemlösungen kennenzulernen. Dieses Problem tritt oft bei Unternehmen mit knapper Personaldecke und hohem Zeit- und Kostendruck auf. Die Qualitätsbeeinträchtigungen sind in diesen Betrieben in der Regel überdurchschnittlich hoch, was sich wiederum negativ auf die Kostenseite auswirkt: Ein „Teufelskreis“.
- Mangelnde Motivation: Personal, das aufgrund geringer Motivation ungenaue Messungen und damit verbunden mögliche Qualitätsbeeinträchtigungen zum Schaden der Unternehmens in Kauf nimmt.
- „Einer macht alles und fällt dann aus“: Ein einziger Mitarbeiter wird mit den Kontrollaufgaben betraut. Sofern hierzu keine schriftlichen Arbeitsanweisungen und keine ausreichenden Meßprotokolle erstellt wurden, kann der Ausfall des betreffenden Mitarbeiters zu einer diskontinuierlichen und fehlerhaften Fortführung der Kontrolltätigkeiten durch andere Mitarbeiter führen.

Maßnahmen zur Qualitätssicherung:

- regelmäßige interne und externe Schulungen, um das Wissen auf den aktuellen Stand der Technik zu halten
- Teilnahme an firmenübergreifenden Technikerveranstaltungen / Besuche anderer Betriebe / Lesen von aktuellen branchenspezifischen Zeitschriften und sonstiger Literatur / Besuch von Messen / Mitwirkung in betreffenden Arbeitskreisen etc.
- Externe Audits und Workshops („WIE machen Sie ...?“)
- Entsprechende organisatorische Maßnahmen (siehe 6.3)

6.3 Organisatorische Maßnahmen zur Erhaltung der Qualitätssicherung

- Schriftliche Aufzeichnungen aller erfaßten Daten und - falls möglich - Archivierung in Datenbanken
- Erstellung eines Monitoringshandbuchs, das die natürlichen und technischen Rahmenbedingungen der unter Nr. 4-6 in dieser Arbeit beschriebenen Inhalte und die organisatorische Struktur hierzu enthält
- Erstellung von Verfahrens- und Arbeitsanweisungen, damit personalübergreifend die Überwachungs- und Qualitätssicherungsaufgaben wahrgenommen werden können.
- Erstellung einer Zuständigkeitsmatrix für die Durchführung und Qualitätssicherung von Monitoringsystemen
- Durchführung externer und interner Audits. Hierzu dienen beispielsweise:
 - Angekündigte Audits
 - „Interne Audits“: Werden nur im Kreis der betreffenden Abteilung durchgeführt. Auditergebnisse werden unmittelbar nach dem Audit im Kreis der zugehörigen Mitarbeiter präsentiert und diskutiert. Mitarbeiter außerhalb der Abteilung (einschließlich der Geschäftsführung) werden nicht informiert. Vorteil: Vertrauensbildende Maßnahme – motiviert und nimmt die Angst der Mitarbeiter. Eine längerfristige Auswirkung dieser Maßnahme wird mit der Geschäftsleitung „auf technischem Niveau“ kommuniziert.

- Audits nach dem Zufallsprinzip nur in Absprache mit der Geschäftsführung, ohne die betreffende Abteilung vorher in Kenntnis zu setzen. Diese Maßnahme erhöht den Druck, qualitativ hochwertig zu arbeiten. Die Auditergebnisse werden ggf. unmittelbar in Anschluß an das Audit in Anwesenheit der Geschäftsführung präsentiert. Es wird der Geschäftsführung ein Auditbericht ausgehändigt, der auch auf Veränderungen zur vorherigen Prüfung eingehen soll.

7. Zusammenfassung

Monitoringsysteme von Mineral- und Heilquellen unterscheiden sich grundsätzlich von denen an Trinkwasserversorgungen, sowohl aus rechtlicher Sicht als auch aufgrund von technischen Aspekten. Ein einheitliches Monitoringkonzept ist aufgrund der Vielfalt der Genesetypen von Mineral- und Heilwässern nicht möglich. Die Monitoringsysteme müssen über die Anforderungen an Trinkwasser hinaus produktspezifische Eigenschaften berücksichtigen. Hierzu sind Kenntnisse über Herkunft und Genese des Wassers, Fassungsart und Form des Zutagetretens sowie die Risikosituation im Umfeld relevant. Ein Monitoringsystem muß hinsichtlich seiner Zuverlässigkeit und Aktualität regelmäßig überprüft werden. Qualitätssichernde Maßnahmen beziehen sich auf die Technik, das Personal und die Organisation.

8. Literatur:

- Allgemeine Verwaltungsvorschrift über die Anerkennung und Nutzungsgenehmigung von natürlichem Mineralwasser (AVV), 10 S.
- BIESKE, E. ET AL. (1992): Bohrbrunnen.- R.Oldenbourg Verlag, München: 417 S.
- DEUTSCHER BÄDERVERBAND ET AL. (1998): Begriffsbestimmungen – Qualitätsstandards für die Prädikatisierung von Kurorten, Erholungsorten und Heilbrunnen.- Deutscher Bäderverband (Bonn), Deutscher Tourismusverband (Frankfurt/Main), 82 S.
- Heyl, K.E. (1993): Sind Heilquellenschutzgebiete erforderlich? - Leserbrief in: Der Mineralbrunnen, 6, S. 253-254, Bonn
- Kußmaul, H., G. Gallhoff, H. Zerbe (1996): HACCP in der Praxis: 441-467, Behr's Verlag
- LAWA (1998): Richtlinien für Heilquellenschutzgebiete.- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Fassung 1998, 28 S.; Gütersloh (Flöttmann)
- Michel, G. (1991): Quantitativ-chemischer Heilquellenschutz .- Der Mineralbrunnen
- Mineral- und Tafelwasserverordnung (MTV) vom 01.August 1984 in der Fassung vom 03.März 2003, 16 S.
- SCHREIBER, P. (1998): Grundwasserüberwachung und Monitoring.- GWF Wasser Special Nr. 13,139: 15-20
- VON STORCH (2003): Reliable groundwater management - the continuous improvement method.- Environmental Geology (in Druck). - Springer Verlag