



DAVID M. LIVINGSTONE: «JEDES GRUNDWASSER HAT SEINEN EIGENEN CHARAKTER»

Das Nationale Forschungsprogramm NFP 61 will wissenschaftlich fundierte Grundlagen zum künftigen Umgang mit Wasser bereitstellen. Es verfügt über einen Finanzrahmen von zwölf Millionen Franken und dauert ab Januar 2010 vier Jahre. Die Praxisrelevanz wird im Programm stark gewichtet. Aqua & Gas stellt an dieser Stelle jeweils ein Projekt vor. Aktuell geben David M. Livingstone und seine Mitarbeiter Simon Figura, Eduard Hoehn und Rolf Kipfer vom NFP 61-Projekt «Einfluss des Klimawandels auf das Grundwasser» Einblick in ihre Projektarbeit.

Welche Ergebnisse bezüglich Temperaturerhöhung und Sauerstoffkonzentration im Grundwasser können bisher aus der Sichtung der historischen Daten abgeleitet werden?

Seit Anfang der 1970er-Jahre ist die regionale Lufttemperatur im Alpenraum im Mittel um ca. 0,6 °C pro Jahrzehnt gestiegen. Diese Zunahme war jedoch nicht kontinuierlich, sondern lässt sich zu einem grossen Teil auf eine abrupte Erwärmung in den späteren 1980er-Jahren zurückführen. Diese steht mit einer Änderung des grossskaligen Klimas, insbesondere der atmosphärischen Zirkulation in der nördlichen Hemisphäre, in Zusammenhang. Da Flusstemperaturen in der Schweiz von der regionalen Lufttemperatur wesentlich mitbestimmt werden, zeigten Flüsse in den späteren 1980er-Jahren dieselbe abrupte Temperaturzunahme (im Mittel 0,7 °C). Mittels statistischer Analysen langfristiger Grundwassertemperaturdaten, die in einigen Pumpwerken seit Jahrzehnten erhoben werden, lässt sich in den dortigen Grundwässern ebenfalls ein entsprechender Temperaturanstieg erkennen. Dieser war in allen untersuchten Aquiferen, die durch Flüsse gespeist werden, zu finden. Eine weitergehende Analyse zeigte, dass Temperaturfluktuationen im Fluss 2–4 Monate benötigen, bis sie sich an den untersuchten Grundwasserpumpwerken bemerkbar machen. Im Allgemeinen aber reagiert die Grundwassertemperatur im Flussinfiltrat schnell und stark auf Änderungen der regionalen Lufttemperatur. Der Temperaturanstieg des Grundwassers – 0,7 bis 1,1 °C – war ungefähr gleich gross wie der Anstieg der Luft- und Flusswassertemperaturen. Im Gegensatz zum Flussinfiltrat reagie-

ren direkt vom Niederschlag gespeiste Grundwässer kaum auf Veränderungen der Lufttemperatur.

Was die Sauerstoffkonzentration betrifft, ist die Situation im Vergleich zur Grundwassertemperatur weit weniger einheitlich. Erste Resultate zeigen, dass die Sauerstoffkonzentrationen in den meisten untersuchten Aquiferen langfristig sinken. Dies ist vermutlich die Folge der Erhöhung der mikrobiellen Abbauraten infolge der erhöhten Wassertemperaturen sowie auch der möglicherweise erhöhten Nährstoffkonzentrationen im Flusswasser. Das langfristige Verhalten der Sauerstoffkonzentration kann aber von Grundwasser zu Grundwasser stark variieren. In einigen Grundwässern lassen sich 60–70% der Variabilität der Sauerstoffkonzentration anhand der Fluss- und Grundwassertemperatur statistisch erklären. In anderen ist der Einfluss der Temperatur wesentlich geringer oder gar nicht vorhanden. Diese Unterschiede in den Zeitreihen sowie Hinweise in den Daten zeigen, dass die hydrogeologischen Eigenschaften der einzelnen Aquifere eine Schlüsselrolle für die zeitliche Entwicklung der Sauerstoffkonzentration im Grundwasser spielen. Die Daten lassen uns vermuten, dass vor allem die hydraulische Konnektivität von Fluss- und Grundwasser (Stichwort Kolmatierung) wichtig ist.

Haben die punktuell festgestellten Einflüsse auf die Grundwassertemperatur Relevanz für weitere Grundwasserträger der Schweiz?

Es ist davon auszugehen, dass die Temperatur von flussgespeistem Grundwasser stark auf Änderungen der regionalen Lufttemperatur reagiert. Allerdings muss

die Auswirkung der Lufttemperaturveränderung nicht immer einheitlich sein. Zum Beispiel blieb die Temperatur in einigen Grundwässern nach der abrupten Erwärmung in den späteren 1980er-Jahren nahezu stationär, während sie in anderen stetig anstieg: Jedes Grundwasser hat seinen eigenen Charakter, auch in Bezug auf die Temperatur.

Bei welchen Grundwasserträgern/Aquifertypen muss am ehesten mit einer Erhöhung der Wassertemperatur gerechnet werden?

Anhand der verfügbaren Resultate scheint es wahrscheinlich, dass die Klimaerwärmung sich am schnellsten und am stärksten auf Flussinfiltrat auswirken wird. Wir fanden bisher keine statistisch signifikanten Anzeichen der Auswirkung der Klimaerwärmung auf niederschlagsgespeiste Systeme. Allerdings heisst das nicht, dass die Klimaerwärmung solche Systeme nicht beeinflusst. Es heisst lediglich, dass die historischen Zeitreihen, die zur Verfügung stehen, wohl nicht genügend lang sind, um eine allfällig vorhandene Auswirkung eindeutig nachzuweisen.

Was für Herausforderungen ergeben sich aus den erhöhten Grundwassertemperaturen für die Trinkwasseraufbereitung?

Die direkteste Gefährdung des Trinkwassers ist die vermutete Auswirkung einer erhöhten Grundwassertemperatur auf die Sauerstoffkonzentration im Grundwasser. Niedrige Sauerstoffkonzentrationen können die Redoxverhältnisse verändern. Sobald die Sauerstoffkonzentration unterhalb ca. 2 mg/l fällt, können natürliche Eisen- und Manganhydroxide



in Lösung gehen. Im Pumpwerk fällt das gelöste Eisen und Mangan bei Kontakt mit der Umgebungsluft wieder aus. Solche Ausfällungen stellen die Eignung des Grundwassers für die Trinkwasserproduktion infrage: dies einerseits wegen der geschmacklichen und optischen Beeinträchtigung des Trinkwassers und andererseits wegen technischer Probleme bei der Förderung des Grundwassers (Verstopfen der Pumpenfilter). Entsprechendes wurde bereits während des Hitzesommers 2003 beobachtet. Aufgrund der Resultate nehmen wir zwar nicht an, dass solche Bedingungen permanent vorherrschen werden, aber Extremfälle wie im Hitzesommer 2003 werden häufiger vorkommen. Unserer Ansicht nach ist es deshalb angebracht, dass sich Wasserversorgungen schon heute auf diese zukünftigen Vorkommnisse bei der Trinkwasserförderung einstellen, weil angepasste Infrastrukturinvestitionen kostenintensiv sind und entsprechend lange im Voraus geplant werden müssen.

Ist die Entwicklung der Grundwassertemperaturen auch ein Aspekt, der bei der Beurteilung der Gewässersysteme bezgl. zukünftiger Nutzung im Rahmen des integrierten Wassermanagements mit einzubeziehen ist?
Selbstverständlich!

Könnten in für die Trinkwasserversorgung bedeutenden Gebieten erhöhte Grundwassertemperaturen mit einer Wärmerückgewinnung bzw. -nutzung kompensiert werden?

Theoretisch wäre das vorstellbar. Praktisch könnte ein solches Vorgehen in Grundwasserschutzgebieten aber negative Auswirkungen auf die sonstige Qualität des Grundwassers zur Folge haben. Entnahmekonstruktionen und Versickerungsbauwerke für die Nutzung von Grundwasser zu Heiz- und Kühlzwecken sind nur ausserhalb von Zuströmbereichen und Schutzzonen von Trinkwasserfassungen erlaubt und benötigen eine kantonale Bewilligung. In der Wegleitung Grundwasserschutz (BUWAL, 2004, S. 66–67) ist die Frage nach «Wärmenutzung aus dem Untergrund» geregelt: «Die Wärmenutzung darf insgesamt, d.h. unter Berücksichtigung aller im betrachteten Grundwassergebiet installierten Anlagen, die natürliche saisonale Temperatur des Grundwassers um nicht mehr als 3 °C verändern. In der unmittelbaren Nachbarschaft des Versickerungsbauwerks, d.h. in einem Umkreis von max. 100 m, darf die Veränderung mehr als 3 °C betragen.»

Infos www.nfp61.ch
www.pnr61.ch



«Es ist davon auszugehen, dass die Temperatur von flussgespeistem Grundwasser stark auf Änderungen der regionalen Lufttemperatur reagiert.» Im Bild: Projektleiter David M. Livingstone und Simon Figura

EINFLUSS DES KLIMAWANDELS AUF DAS GRUNDWASSER

ANALYSE HISTORISCHER MESSWERTE

Das Grundwasser ist in der Schweiz von besonderer Bedeutung, weil es mit 80% zur Trinkwasserproduktion des Landes beiträgt. Dass der Klimawandel die Wasserqualität in Seen und Flüssen beeinflusst, weiss man, allerdings sind dessen Effekte auf die Grundwasserqualität wenig bekannt. Der Vergleich von Veränderungen des regionalen Klimas mit Veränderungen im Grundwasser hilft, den Einfluss von Klimaveränderungen auf das Grundwasser zu verstehen. In diesem Kontext ist die Temperatur des Grundwassers besonders relevant, weil viele biologische und chemische Aspekte der Grundwasserqualität temperaturabhängig sind. Das Projekt will den Einfluss von regionalen Klimaveränderungen, die besonders in der europäischen alpinen Region rasch erfolgen, auf qualitätsbezogene Parameter des Grundwassers wie Temperatur und Sauerstoffkonzentration untersuchen. Historische Daten, die einen langen Zeitraum abdecken, werden gesammelt und mithilfe der statistischen Methodik der Zeitreihenanalyse ausgewertet. So kann das Ausmass der Veränderung der verschiedenen Grundwassertypen der Schweiz als Folge des Klimawandels bestimmt werden.

BEDEUTUNG

Sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene ist kaum bekannt, wie die verschiedenen Grundwassertypen auf Klimaveränderungen reagieren. Diese Einsichten sind jedoch von zentraler Bedeutung, da die zukünftige Bewirtschaftung unserer Wasserressourcen den Einfluss der Klimaveränderung berücksichtigen muss.

IN DER NÄCHSTEN AUSGABE

Rolf Weingartner gibt Auskunft über das NFP-Projekt «Wasserbewirtschaftung in Zeiten von Knappheit und globalem Wandel».