# Grundwasserdynamik und hydrochemische Charakteristik des oberflächennahen Grundwassers in Flussauen der Mittleren Elbe

Robert Böhnke
Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Hydrogeologie, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle
Tel.: 0345–558 52 16, Fax: 0345–558 55 59, email: boehnke@hdg.ufz.de

## Einleitung

Innerhalb des vom BMBF geförderten Verbundforschungsprojektes „Übertragung und Weiterentwicklung eines robusten Indikationssystems für ökologische Veränderungen in Auen (RIVA)" werden im Bereich des Biosphärenreservates an der Mittleren Elbe im Deichvorland hydrogeologische und hydrologische Untersuchungen durchgeführt (Böhnke & Geyer 2000).

Der bestimmende Steuerfaktor für Auen und Auenböden und ihre Lebensgemeinschaften sind periodische Überflutungen aufgrund von Hochwasser in Flüssen oder an die Oberfläche tretendem Grundwasser (Qualmwasser). Aufgrund der häufigen Wechsel von Vernässungs- und Austrocknungsphasen stellen die Auengebiete in Bezug auf den Wasser- und Stoffhaushalt äußerst dynamische Systeme dar, in denen sich die wirksamen Faktoren und Prozesse räumlich und zeitlich in unterschiedlichem Ausmaß wechselseitig beeinflussen.

## Aufgabenstellung

Das Ziel der Untersuchungen ist die umfassende Beschreibung des Wasser- und Stoffhaushaltes der Elbeauen zur Erfassung all jener abiotischen Faktoren und Prozesse, die die biologische Entwicklung in der Flusslandschaft maßgeblich beeinflussen. Standortspezifische Untersuchungsprogramme zum Stoffhaushalt von Flussauen müssen die geohydraulischen Besonderheiten der Talgrundwasserleiter, die Grund- und Oberflächenwasserdynamik sowie den direkten Stoffeintrag durch zeitweise infiltrierendes Flusswasser erfassen. Im Vordergrund der Untersuchungen steht somit die Klärung der Strömungsprozesse im Aquifer der Überflutungsgebiete – in Abhängigkeit von der auftretenden Abflussdynamik – zur Ermittlung der Standortfaktoren und Lebensbedingungen für die Pflanzen- und Tiergesellschaften im Auenökosystem.

## Methoden

In den Auengebieten an der Mittleren Elbe wurden insgesamt 50 Grundwasserbeobachtungsrohre bis 5 m Tiefe und mehrere Bohrungen abgeteuft und zu Grundwassermessstellen (GWMS) ausgebaut. Alle GWMS dienen der Messung der Grundwasserstände in festgelegten Zeitreihen und der Entnahme von Grundwasserproben mittels Unterwassermotorpumpe (Grundfos MP1) oder Schlauchpumpe zur Bestimmung der chemischen und isotopengeochemischen Parameter. Vorort werden die physikochemischen Parameter pH, Eh, Lf, $O_2$ und T gemessen sowie die Säurekapazität bei pH 4,3 durch Titration bestimmt. Laboranalytisch werden Hauptionen (Kat/Anionen), Nährstoffe, verschiedene Spurenelemente, DOC sowie Tritium, $\delta^{18}O$/ $\delta^{2}H$ gemessen. Die Messung des radioaktiven Tritiumgehaltes dient zur Klärung der mittleren Verweilzeit der Grundwässer des jeweiligen Einzugsgebietes der Probenahmestelle, während $\delta^{18}O$/ $\delta^{2}H$ - Isotope als Tracer für Uferfiltrat bzw. zur Differenzierung und Klärung der Herkunft von Grundwässern verwendet werden.

Um die zeitlichen Veränderungen chemischer und physikalischer Parameter im Sicker- und Grundwasser zu erfassen, wurden in unterschiedlichen geomorphologischen Einheiten (Flutrinne, trockenes und feuchtes Grünland) der Untersuchungsgebiete bodenhydrologische Messstationen errichtet. Konzeptionell ist jedes Messsystem in autark arbeitende Module unterteilt, wodurch eine hohe Zuverlässigkeit des Gesamtsystems gewährleistet wird (vgl. Böhnke et al. 1999).

## Ergebnisse

*Grundwasserdynamik*

In fluviatil geprägten Auen ist von stark geschichteten Sedimentfolgen unterschiedlicher Durchlässigkeit auszugehen. Im Grundwasserleiter in der Elbeaue wechseln Mittelsand-Schichten und Grobsand-Feinkies-Schichten mit mittleren Durchlässigkeiten von 6,1 x $10^{-4}$ m/s bzw. 1,2 x $10^{-3}$ m/s. Zwischen Fluss- und Grundwasser besteht ein enger hydraulischer Kontakt über die gut durchlässigen Sande und Kiessande an der Flusssohle. Damit sind der Grundwasserstand und das Grundwassergefälle unmittelbar vom Flusswasserstand abhängig. Der Fluss mit seinen periodischen Überschwemmungen bestimmt weitgehend den Wasserhaushalt der Auenbereiche. Bei Niedrig- und Mittelwasser bewegt sich der Grundwasserstrom von den flussfernen saalekaltzeitlichen Hochflächen zum Fluss und hat in Flussnähe seinen Tiefstand. Bei ansteigendem Wasser im Fluss entwickelt sich ein hydraulisches Gefälle vom Fluss zum Rand der Aue hin und es kommt zum Auftreten von Druckwasser in den Senken. Die Wasserstandsänderungen in der Elbe führen im Ufernahbereich zu einem Wechsel von infiltrierenden und exfiltrierenden Verhältnissen, wobei die flussnahen Auenbereiche die stärksten Grundwasserstandsschwankungen aufweisen. Die Schwankungsamplitude betrug im Zeitraum April '98 bis Mai '99 für die elbnahen Standorte bis zu 5 m. Bei Hochwasser erfolgt eine Infiltration von Elbewasser ins Grundwasser, bei Normalabflussbedingungen ändert sich die Fließrichtung in Richtung Vorfluter.

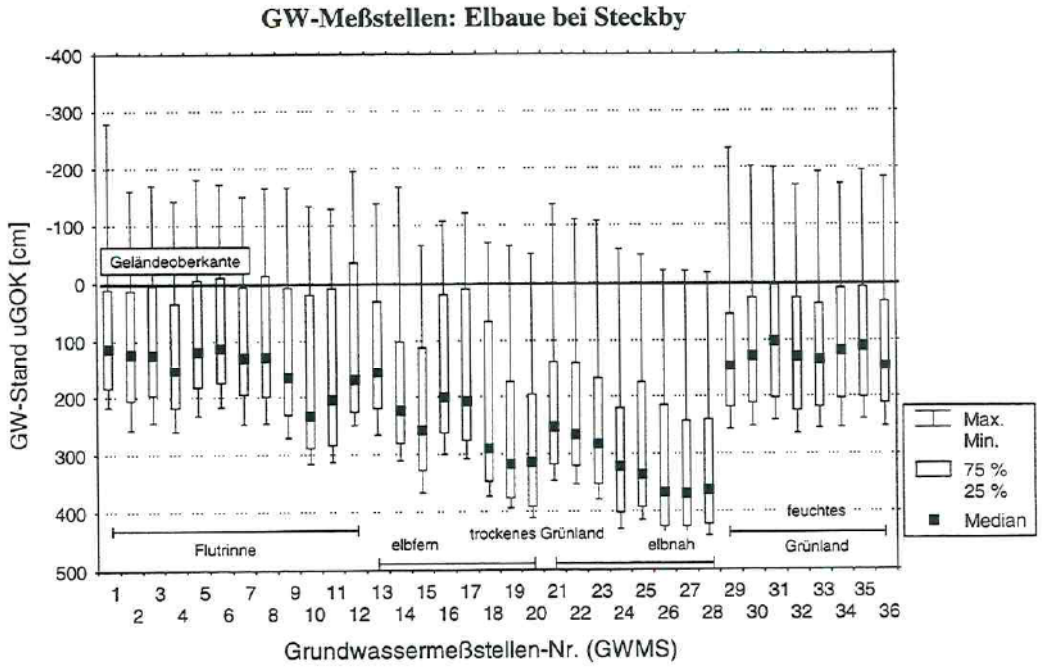


Abb.1: Saisonal induzierte Grundwasserstandsschwankungen im Untersuchungsgebiet bei Steckby (Messzeitraum: Frühjahr 1998 – Frühjahr 1999)

Das Grundwasserregime in weiten Bereichen der Aue ist infolge von Niedrigwasser und Flusssohlerosion überwiegend als nicht flurnah – Grundwasserstand im Jahresmittel tiefer als 1 m uGOK – einzuschätzen (Abb.1), nur an den flutrinnennahen Standorten können höhere Grundwasserstände erreicht werden. Der Mittelwasserstand liegt bei 1,5 bis 2,5 m uGOK. Ansonsten herrschen in der Aue Grundwasserstände von 0 – 3 m uGOK vor, in morphologisch höhergelegenen Bereichen sind auch Flurabstände von 3 – 5 m vorzufinden.
Die Elbe ist ein typischer Mittelgebirgsfluss, im Frühjahr werden regelmäßig weite Teile der Elbeaue überflutet. Auf der weichselkaltzeitlichen Niederterrasse ist eine nahezu flächenhafte Auenlehmdecke (Vega aus Auensandlehm) ausgebildet, so dass der größte Teil des Überflutungswassers als Oberflächenabfluss abgeführt oder über die Evapotranspiration in die Atmosphäre geleitet wird. Eine Grundwasserneubildung infolge Sickerwassereintrags beschränkt sich auf die Randgebiete, da in den zentralen Bereichen der Aue die Versickerung aufgrund der geringen Niederschläge (langjähriges Jahresmittel um 500mm, Hilbig et al. 1987) und der vorherrschenden bindigen Sedimente weitgehend eingeschränkt ist.

*Hydrochemische Charakterisierung*

Saisonale Einflüsse und variierende hydrologische Verhältnisse bewirken Veränderungen der physikochemischen Steuergrößen wie beispielsweise Leitfähigkeit, pH-Wert, Redoxpotenzial und Temperatur im Grund- und Sickerwasser. Im belüfteten Grundwasserleiter kann es dadurch zur gewässerbelastenden Mobilisierung und Festlegung von Nähr- und Schadstoffen je nach Redoxzustand und pH-Wert kommen, z.B. durch Oxidation sulfidisch gebundener Spurenstoffe.
Die Zumischung von Elbewasser ins Grundwasser bei Hochwassersituationen kann z.B. anhand von Messungen der elektrischen Leitfähigkeit nachgewiesen werden, da sie im Elbewasser wesentlich niedriger ist als im oberflächennahen Grundwasser. In Abb.2 ist

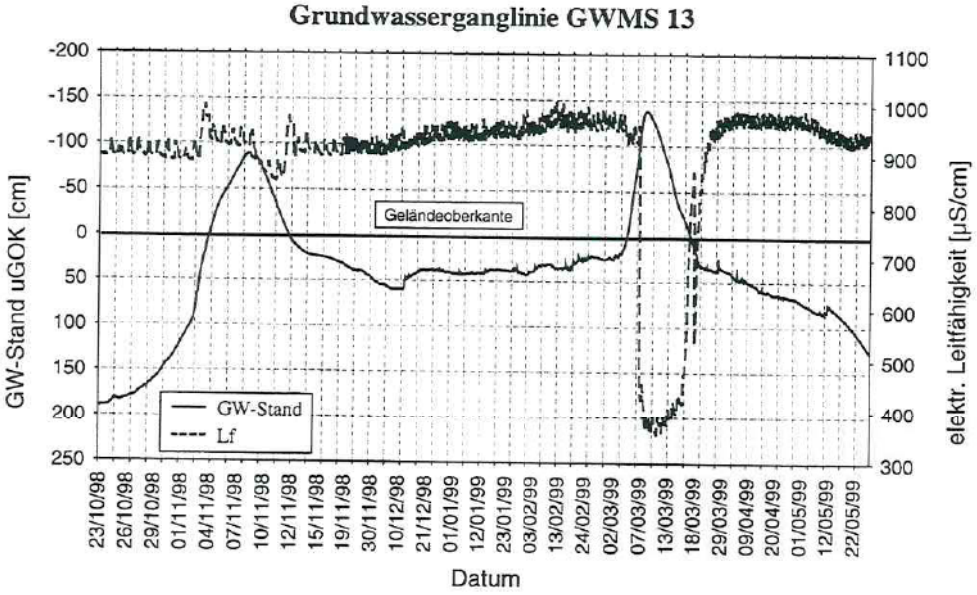


Abb.2: Zeitreihe der elektrischen Leitfähigkeit im oberflächennahen Grundwasser, der Grundwasserganglinie gegenübergestellt

deutlich eine Infiltration von Elbewasser ins Grundwasser zu erkennen, die sich durch eine starke Abnahme der Leitfähigkeit im Grundwasser bemerkbar macht und damit nahezu der des Elbewassers entspricht.
Das Grundwasser im Untersuchungsgebiet ist ein hartes, z.T. stark eisen- und manganhaltiges Wasser mit relativ hohem Gehalt an Sulfat (bis 450 mg/l) und kalkaggressiver Kohlensäure und kann dem Ca-Mg-$SO_4$-($HCO_3$)-Typ zugeordnet werden. Die pH-Werte der Bodenlösung und des Grundwassers liegen im schwach sauren bis neutralen Bereich. Im Gegensatz zu tieferen Grundwasserleiterbereichen, wo relativ konstante Wassertemperaturen um 10°C mit einer geringen Schwankungsbreite von 1,0 bis 1,5 K vorherrschen, ist das oberflächennahe Grundwasser durch starke Temperaturschwankunken (6,0 K bei Maximalwerten um 13°C) gekennzeichnet.
Obwohl die Auenböden teilweise durch hohe Schwermetallbelastungen charakterisiert sind (Rinklebe et al. 1999) und die Schwermetallgesamtgehalte z.T. erheblich die Vorsorgewerte nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchV 1998) überschreiten, erwies sich der wasserlösliche Schwermetallanteil als gering. Im Grund- und Oberflächenwasser sowie in der Bodenlösung konnten Schwermetalle nur in Spurengehalten oder überhaupt nicht nachgewiesen werden.

*Isotopenuntersuchungen*
Erste vorliegende Analysenergebnisse zu den Tritiumkonzentrationen lassen erkennen, dass die oberflächennahen Grundwässer in den Auengebieten vermutlich sehr jung sind (< 5 Jahre) und keine größeren Beimengungen älterer Wässer beinhalten. In oberflächennahen Grundwässern an der Mittelelbe wurden Tritiumkonzentrationen von rund 12-17 TU gemessen (Maximalwert 19,5 TU), wobei der Mittelwert bei n=40 um 14 TU liegt. Diese Konzentration liegt etwas über den durchschnittlichen Niederschlagsgehalten der letzten Jahre (im Untersuchungsgebiet: 11,8 TU), so dass bei diesen Wässern z.T. bereits von Mischungen ausgegangen werden muss (Trettin et al. 1998). Bei den bisher nur in geringem Umfang analysierten $\delta^{18}O$-Proben und $\delta^{2}H$-Proben schwanken die Messwerte zwischen –7,4‰ bis –9,2‰ bzw. –56,6‰ bis –67,7‰. Das Elbewasser variiert erwartungsgemäß (ähnlich wie die Niederschläge) mit positiveren Werten im Sommer (isotopisches Maximum aufgrund von Verdunstungsprozessen) und negativeren Werten im Frühjahr, Herbst und Winter. Aus dem zeitlichen Verlauf der Isotopenwerte des oberflächennahen Grundwassers kann man bei aller Unsicherheit durch die noch geringe Anzahl an Messwerten einen parallelen Verlauf zum Gang der Elbewerte postulieren.

**Literatur**

BÖHNKE, R., HEINRICH, K., MEYENBURG, G. (1999): Untersuchungen zur Charakterisierung der Standorteigenschaften von Aueböden unter besonderer Berücksichtigung der Hydrodynamik und Nährstoffsituation. - In: Friese, K., Kirschner, K., Witter, B. (Hrsg): Stoffhaushalt von Auenökosystemen der Elbe und ihrer Nebenflüsse,. UFZ-Bericht 1/1999, Leipzig, S 123 - 127

BÖHNKE, R., GEYER, S. (2000): Grundwasserdynamik in Auensedimenten der Mittleren Elbe.- In: Friese, K., Witter, B., Rode, M., Miehlich, G. (Hrsg.): Stoffhaushalt von Auenökosystemen: Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, S. 99 - 109

HILBIG, W., JAGE, H., REICHHOFF, L. (1987): Die gegenwärtige Verbreitung der Wasserpflanzen im Mittelelbegebiet (Abschnitt zwischen Elster- und Saalemündung).- Naturwiss. Beiträge Museum Dessau, Dessau, Heft 4

RINKLEBE, J., FRANKE, C., HEINRICH, K., NEUMEISTER, H., NEUE, H.-U. (1999): Die Verteilung von Schwermetallen in Bodenprofilen von Auenböden im Biosphärenreservat Mittlere Elbe.- In: "Leipziger Geowissenschaften", Band 11, Universität Leipzig, S. 129 - 138

TRETTIN, R., MALLEN, G., DEHNERT, J., GRISCHEK, T., NEITZEL, P. (1998): Identifikation von Strömungsprozessen in Talgrundwasserleitern (Teilbericht 2).- In: Nestler, W., Walther, W., Jacobs, F., Trettin, R., Freyer K. (Hrsg): Wassergewinnung in Talgrundwasserleitern im Einzugsgebiet der Elbe, UFZ-Bericht 7/1998, Leipzig

# 10. Doktorandentreffen Hydrogeologie

am 25. und 26. Mai 2000

in Halle/Saale

Archiv

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
Sektion Hydrogeologie
Theodor-Lieser-Straße 4, 06120 Halle
Telefon: 0345/558 52 02, Telefax: 0345/558 55 59
www.ufz.de