

# Hydrodynamik und Stofftransport in Auen der Mittleren Elbe

Robert Böhnke, Stefan Geyer

## 1 Einleitung

Im Rahmen des vom BMBF geförderten interdisziplinären Forschungsprojektes RIVA wurden in Auen-  
grünländern des Biosphärenreservates Mittlere Elbe hydrogeologische, hydrologische und geochemi-  
sche Untersuchungen durchgeführt (BÖHNKE UND GEYER 2000). Das Ziel dieser Untersuchungen war  
die umfassende Beschreibung des Wasser- und Stoffhaushaltes der Elbauen zur Erfassung all jener  
abiotischen Faktoren und Prozesse, die die Entwicklung einer Biozönose in der Flusslandschaft maß-  
geblich beeinflussen. Die Hydrodynamik stellt dabei den prägenden Standortfaktor in Auen überhaupt  
dar. Der stete Wechsel der Wasserstände zwischen Trockenfallen und Überfluten ist der entschei-  
denste Ökosystemfaktor für die typischen Auenlebensgemeinschaften, alle anderen für die Aue wichti-  
gen Ökofaktoren hängen von diesem Hauptfaktor ab (DISTER 1985).

Standortspezifische Untersuchungsprogramme zum Wasser- und Stoffhaushalt von Flussauen müs-  
sen die hydrologischen und geohydraulischen Besonderheiten der Talgrundwasserleiter, die Grund-  
und Oberflächenwasserdynamik sowie den direkten Stoffeintrag durch zeitweise infiltrierendes Fluss-  
wasser erfassen.

## 2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt in dem E-W-gerichteten Flusslaufabschnitt der Mittleren Elbe zwischen  
den Mündungen der Schwarzen Elster und der Saale. Die Untersuchungsstandorte bei Wörlitz (Elbe-  
km 242 – 243,5) und bei Steckby (Elbe-km 283 – 285,5) befinden sich im rezenten Überflutungsgebiet  
(Vordeichgebiet) im Gleithangbereich der Elbe.

Seine entscheidende Prägung erhielt der betrachtete Untersuchungsraum während der pleistozänen  
Eisvorstöße der verschiedenen Kaltzeiten. Der Bereich der Mittleren Elbe gliedert sich in die saalekalt-  
zeitlichen Hochflächen der Tal begrenzenden Randlagen, die weichselkaltzeitlichen Niederterrassen  
und Talsandflächen sowie die holozänen Bildungen des Flusstales. Das Mittelelbegebiet weist noch  
eine Vielzahl relativ naturnaher Abschnitte mit Elementen der natürlichen Flussdynamik auf und wird  
von den weiten Mäandern der Elbe bestimmt.

## 3 Hydrologische und geohydraulische Verhältnisse

Die großflächige Überdeckung des Grundwasserleiters durch die Auenlehmdecke verursacht eine  
gewisse stauende Wirkung, so dass sich je nach Lage der Grundwasseroberfläche in der Aue, insbe-  
sondere in Hochwassersituationen, leicht gespannte Zustände ausbilden können. Eine Grundwasser-  
neubildung infolge Sickerwassereintrags beschränkt sich größtenteils auf die Randgebiete (Spei-  
sungsgebiet), da in den zentralen Bereichen der Aue die Versickerung aufgrund der geringen Nieder-  
schläge, der hohen sommerlichen Verdunstungsverluste und der vorherrschenden bindigen Auen-  
lehmdecke weitgehend eingeschränkt ist. Die Grundwasserspeisung erfolgt überwiegend durch seitliche  
Grundwasserzuflüsse aus dem Einzugsgebiet (regionaler Grundwasserstrom) oder durch Infiltrat  
aus den Fließgewässern in der Aue (lokaler Grundwasserstrom), insbesondere aber bei Hochwasser-  
ereignissen (Abb. 1). Die Grundwasserfließrichtung ist generell zum Hauptvorfluter Elbe gerichtet, die  
Aue fungiert dabei als Entlastungsgebiet für den regionalen Grundwasserstrom. Das Gefälle des  
Grundwasserspiegels ist im Bereich des Elbetales sehr gering (ca. 0,2 bis 0,4 ‰), im Übergang zu den  
saalekaltzeitlichen Hochflächen am Elbetalrand steigt das Wasserspiegelgefälle zum Teil deutlich an  
(3 bis 10 ‰) (JORDAN UND WEDER 1995).



## 4 Hydrochemie

Hinsichtlich seiner Beschaffenheit ist das Grundwasser in den Elbauen ein mittelhartes bis hartes, z.T. stark eisen- und manganhaltiges Wasser mit relativ hohem Gehalt an Sulfat und kalkaggressiver Kohlensäure und kann mehrheitlich dem Ca-Mg- $\text{SO}_4$ -( $\text{HCO}_3$ )-Typ zugeordnet werden. Neben der geogenen Beeinflussung führen vielfältige physikochemische und biochemische Prozesse zur Veränderung der Mineralisation des Grundwassers.

Die vom Fluss induzierten großen Grundwasserstandsschwankungen haben weitreichende Auswirkungen auf die stoffliche Zusammensetzung des Sicker- und Grundwassers in den Auen. Der hydraulische Anschluss des Grundwassers an die Auendeckschicht (gespannte Verhältnisse) ist entscheidend für den kapillaren Aufstieg und damit für Stoffausträge aus der Deckschicht. Die vorgestellten Untersuchungsergebnisse zur Wasserstandsdynamik konnten eindeutig zeigen, dass der Grundwasserspiegel in weiten Bereichen der Aue im Jahresmittel unter das Liegende der Auenlehmdeckschicht absinkt und somit in den untersuchten Flussauen ganzjährig kein überwiegend flurnahes Grundwasserregime vorherrscht. Negativ auf das Grundwasser wirken dabei auch tiefere MW- und NW-Wasserspiegellagen des Flusses, infolge der Sohleneintiefung der Elbe. Die über lange Zeiträume vorherrschenden ungespannten Verhältnisse im Grundwasserleiter bedingen nach lokalen Niederschlagsereignissen vertikale Infiltrationen mit Stoffeinträgen. Im belüfteten Grundwasserleiterbereich kann es dadurch zur Gewässer belastenden Mobilisierung von Spurenstoffen je nach Redoxzustand und pH-Wert kommen, z.B. durch Oxidation sulfidischer Komponenten insbesondere für die quantitativ vorherrschenden Eisen-Verbindungen ( $\text{FeS}_2$ ). Analysen belegen für das Perkolat häufig ein Vielfaches der im oberflächennahen Grundwasser nachgewiesenen Konzentrationen, dies gilt besonders für DOC und Sulfat. Für die Klärung des Schwefel-Haushalts können Isotopenbestimmungen an Sulfat beitragen, da bei Umwandlungen zwischen oxidiertem und reduzierten Schwefel ausgeprägte Isotopenfraktionierungen auftreten. Deshalb wurden Schwefel-34- und Sauerstoff-18-Messungen am Sulfat durchgeführt, um Herkunft und Umwandlungsprozesse – z.B. geogener Ursprung oder Eintrag durch Sickerwasser (jahrzehntelange atmosphärische Deposition auf Geländeoberfläche) – des Sulfatschwefels zu untersuchen.

## 5 Stofftransport bei Hochwasser

Zur Beschreibung der Fließprozesse in ungesättigter und gesättigter Bodenzone werden neben den klassischen Methoden der Hydrogeologie in zunehmenden Maße auch isotopehydrologische Methoden eingesetzt (MOSERT UND RAUERT 1980, CLARK UND FRITZ 1997). Mit der Messung natürlich vorkommender stabiler Isotope können zeitliche Veränderungen und Mischungsprozesse im Grundwasserleiter untersucht werden.

Anhand der Isotopensignaturen von Deuterium und Sauerstoff-18 konnten während eines Hochwasserereignisses im März 1999 (HQ 5) Zumischungen von Flusswasser ins Grundwasser nachgewiesen werden. Bei Anwendung einer einfachen Mischungsgleichung mit den Endgliedern Flusswasser und regionales Grundwasser zeigt sich anhand der Isotopendaten, dass 70 % Flusswasseranteile im oberflächennahen Grundwasser bei Hochwasser vorhanden sind. Auch die hydraulischen Prozesse und der Mechanismus der Auenüberflutung während eines Hochwasserereignisses konnten anhand der Isotopencharakteristik eindeutig nachvollzogen werden. Bei ansteigendem Wasser im Fluss zu Beginn des Hochwassers entwickelt sich ein hydraulisches Gefälle vom Fluss zum Rand der Aue hin, es kommt zu stagnierenden Grundwasserverhältnissen ohne Stoffinfiltration in den Grundwasserleiter. Ein Großteil der Aue wird aber bereits vor Erreichen des überbordvollen Abflusses über den Aufstau kleinerer Vorfluter und Infiltration von Oberflächenwasser entlang von Senken und Flutrinnen vom rückwärtigen Bereich der Aue linienhaft überflutet. Auenbereiche, die nicht an das System linienhafter Geländedepressionen angeschlossen sind, bleiben noch trocken. Erst nach Überschreiten des bordvollen Abflusses und dem einsetzenden Überfluten der Uferwälle (Ausuferung) wird die Aue flächenhaft überschwemmt.

Eine geeignete Kenngröße zur Identifikation von Flusswasserinfiltrationen ins Grundwasser bei Hochwasserereignissen ist u.a. auch die elektrische Leitfähigkeit. Bei infiltrierenden Verhältnissen in der

Aue macht sie sich durch eine starke Abnahme im Grundwasser bemerkbar, da die Ionengehalte im Elbewasser wesentlich geringer sind als im landseitigen Grundwasser.

## 6 Schlussfolgerungen

Der Wasserhaushalt der Auen bewegt sich zwischen Überflutung durch Hochwasser und extremer Austrocknung in Niedrigwasserzeiten. Insgesamt kann in den Elbauen ein Grundwasserstrom festgestellt werden, der vom Fluss als Uferfiltrat und bei Hochwasser durch Versickerung im Überflutungsgebiet sowie permanent von den Terrassen bzw. Hochflächen gespeist wird. Die hydrochemische Zusammensetzung des Grundwassers ist hydrogeologisch, geogen und nutzungsbedingt geprägt. Als wesentliche Größe bei der Modifizierung der Merkmale erwies sich die Grundwasserdynamik.

Die vom Fluss induzierten großen Grundwasserstandsschwankungen haben weitreichende Auswirkungen auf den Stoffhaushalt der Auen. Wesentliche Einflussfaktoren auf die Stoffdynamik stellen die Feldparameter z.B. pH-Wert, Redoxpotenzial und Temperatur dar, da sie als Steuergrößen das geochemische Milieu im Auengrundwasserleiter maßgeblich beeinflussen. Das Gefährdungspotenzial, das von Nähr- und Schadstoffen ausgeht, spielt aufgrund periodischer Überschwemmungen eine wichtige Rolle für die Auen. Die richtige Einschätzung dieser Gefährdungssituation sowie die Vorhersage zukünftiger Belastungen ist Voraussetzung für die Ableitung von Sanierungs- und Bewirtschaftungsmaßnahmen z.B. im Rahmen eines integrierten Flussgebietsmanagements.

Durch die Anwendung von Isotopenmethoden konnte in den Auen der Nachweis des direkten Stoffeintrages durch zeitweise infiltrierendes Flusswasser in den oberflächennahen Grundwasserleiter während eines Hochwassers (März 1999) erbracht werden. Die Messung von stabilen Umweltisotopen ( $\delta^{18}\text{O}$  und  $\delta^2\text{H}$ ) wurde sinnvoll zur Klärung der Wasserbewegung und des Stofftransportes im Auenökosystem eingesetzt. Deutliche Veränderungen der chemischen und isotopischen Zusammensetzung des Grundwassers während eines Hochwasserereignisses konnten festgestellt werden. In den Auen an der Mittleren Elbe sind außerdem die Parameter Temperatur, pH-Wert, DOC- und Chloridkonzentration gut zur Erfassung von Stoffaustauschverhältnissen geeignet. Den geringen Kosten für die analytische Bestimmung dieser Kenngrößen steht dabei die Notwendigkeit häufiger Messungen und entsprechend ausgebauter Messstellen gegenüber.

## Literatur

- BÖHNKE, R., GEYER, S. (2000) Grundwasserdynamik in Auensedimenten der Mittleren Elbe. In: Friese, K., Witter, B., Rode, M., Miehl, G. (Hrsg.) Stoffhaushalt von Auenökosystemen. Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 99–109
- CLARK, I., FRITZ, P. (1997). Environmental Isotopes in Hydrogeology. Boca Raton, New York: Lewis Publishers, Kap. 4, 79–110, Kap. 6, 137–170
- DISTER, E. (1985) Auenlebensräume und Retentionsfunktion. Laufener Seminarbeiträge 3, 74–90
- JORDAN, H., WEDER, H.-J. (Hrsg.) (1995) Hydrogeologie -- Grundlagen und Methoden. 2. Aufl. Stuttgart: Enke
- MOSE, H., RAUERT, W (1980) Lehrbuch der Hydrogeologie Bd. 8. Isotopenmethoden in der Hydrologie. Berlin, Stuttgart: Gebrüder Borntraeger, Kap. 4, 335–358

# **Indikation in Auen**

*Präsentation der Ergebnisse*  
**aus dem RIVA-Projekt**

Mathias Scholz, Sabine Stab, Klaus Henle (Hrsg.)

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH  
Projektbereich Naturnahe Landschaften und Ländliche Räume

Das dem Bericht zugrunde liegende Projekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF, Projektträger BEO) unter dem Förderkennzeichen 0339579 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt der Beiträge liegt bei den Autoren.