

Sonderdruck aus

ZEITSCHRIFT  
FÜR  
ANGEWANDTE  
GEOLOGIE

Band 30 / Heft 2 / 1984



Akademie-Verlag Berlin

# Untersuchungen zur Dynamik geogen bedingter Salzkontaminationen an Vertikalfilterbrunnen

DIERSCH, H.-J.; NILLERT, P., Berlin

## Einleitung

Die Grundwasservorräte auf dem Territorium der DDR enthalten nur zu einem geringen Anteil Süßwasser (1...2 g/l Gesamtmineralisation). Von den sich ständig erneuernden und mit technisch-ökonomisch vertretbarem Aufwand erschließbaren Grundwasservorräten werden gegenwärtig bereits mehr als zwei Drittel genutzt. Dabei erfolgt die Trinkwasserversorgung zu etwa 70% aus dem Grundwasser und steigt jährlich um 1 bis 3%. Die relativ geringe zu bewirtschaftende Süßwassermenge wird praktisch im gesamten Gebiet der Nordostdeutschen Senke im Bereich vom Grundgebirge bis zum Mittleren Oligozän von stark mineralisierten Wässern unterlagert, deren Chemismus und Genese von den Ablagerungen leichtlöslicher Salze bestimmt werden. Diejenigen salzwasserführenden Schichten, die mit den süßwasserführenden unmittelbar kontaktieren, gehören dem sogenannten postsalinaren Sedimentkomplex an und führen Wässer, deren Chemismus in bedeutendem Maße durch Ablaugung von festem Halit beeinflusst ist und in der Folge als Hauptbestandteile Natrium-Kationen und Chlor-Anionen im Wasser erscheinen läßt (LEHMANN 1975).

Unter Berücksichtigung des sehr hohen Bewirtschaftungsgrades der Grundwasserressourcen in der DDR gewinnt die Nutzung tiefliegender Süßwasservorräte stark an Bedeutung. Dabei bildet die in 100 bis 200 m Tiefe liegende Süß-/Salzwassergränze — die lokal auch bedeutend höher liegen kann — eine wesentliche Restriktion für die Errichtung und den Betrieb von Fassungsanlagen. Die Gefahr geogen bedingter Versalzung besteht insbesondere in Gebieten, in denen zwischen Süß- und Salzwasserhorizonten ausgebildete Stauer Erosionslöcher oder andere hydrogeologische Fenster aufweisen oder relativ mächtige bewirtschaftete Grundwasserleiter in ihren unteren Schichten höher mineralisierte Wässer enthalten.

Ein weiterer Grund für die zunehmende Beachtung der Süß-/Salzwasserproblematik ergibt sich aus der notwendigen Entwässerung von Braunkohle-Tagebauen, die infolge der Flözlage zunehmend tiefer werden und höhere Salzbelastungen der Sumpfungswässer verursachen. Die schadloose Ableitung salziger Sumpfungswässer in die natürlichen Vorflutssysteme ist stark eingeschränkt und erfordert neue Technologien der Entwässerung und/oder Abdichtung (GOLDBECHER & ECKHARDT 1982).

Hydrotechnische Eingriffe in das natürliche unterirdische Abflußgeschehen beschränken sich allgemein auf das Pleistozän und das Tertiär und dienen der Grundwassergewinnung sowie der Gebirgsentwässerung. Salzwasser ist in jedem Fall unerwünscht, da eine Entsalzung ökonomisch nicht vertretbar ist und die obertägige Abführung bei Entwässerungsmaßnahmen landeskulturelle und landwirtschaftliche Schäden verursacht. Besonders wichtig für die Wasserwirtschaft und den Bergbau ist es deshalb, möglichen Salzkontaminationen an Fassungen vorzubeugen bzw. kontaminierte Anlagen zu sanieren.

Ausgehend von der hydrogeologischen Aufgabenstellung und dem gegenwärtigen Kenntnisstand zur Modellierung der Salzwasser-Aufstiegsprozesse unter Vertikalfilterbrunnen werden im vorliegenden Beitrag

- eine kritische Wertung der bekannten Berechnungsmethoden gegeben und die Anwendungsgrenzen entwickelter analytischer Modelle aufgezeigt,
- ein verbessertes Berechnungsverfahren auf der Grundlage der Methode der finiten Elemente (FEM) vorgestellt, mit dem es möglich ist, Salzwasser-Aufstiegs- und Intrusionsvorgänge zu analysieren und Salzkontaminationen im Brunnenwasser zu prognostizieren,
- Modelluntersuchungen an Schadensfällen zur Salzwasser-Kontaminationsberechnung von Vertikalfilterbrunnen vorgenommen und Ergebnisse vorgestellt, die eine verbesserte Einsicht in die inneren Prozeßabläufe des Salzwasser-aufstiegs eröffnen.

Mit diesen Berechnungsgrundlagen ist es neben der Untersuchung von Schadensfallereignissen möglich, Maßnahmen zur Salzwasser-Intrusionsbekämpfung zu analysieren und ihre Wirksamkeit zu bewerten. In einer nachfolgenden Arbeit (DIERSCH & NILLERT) können diesbezüglich geeignete technische Lösungen zur Abwehr und Bekämpfung von geogen bedingten Salzintrusionen in Vertikalfilterbrunnen vorgeschlagen und begründet werden.

## Hydrogeologische Aufgabenstellung

Die Notwendigkeit der modellmäßigen Beschreibung der Dynamik geogen bedingter Salzkontaminationen folgt zwangsläufig aus den Erfordernissen bei der Bemessung von Fassungen und des Nachweises von gewinnbaren Vorräten unter bestimmten Konditionen. Um die wesentlichen Gesichtspunkte und Abhängigkeiten der geogen bedingten Salzkontamination an Vertikalfilterbrunnen zu untersuchen, ist eine geeignete Schematisierung der verursachenden, praktisch häufig auftretenden hydrogeologischen Verhältnisse vorzunehmen. GLANDER, REMUS & SCHIRRMAYER (1973) führten bereits eine Schematisierung für natürliche (anthropogen ungestörte) Verhältnisse durch und kennzeichneten die Wirkung folgender Einflüsse als wichtig:

- Süß- und Salzwasserbereich sind oder sind nicht durch einen (halbdurchlässigen) Stauer getrennt;
- zwischen beiden Bereichen herrscht ein Potentialunterschied, wobei der Druck im Süßwasserbereich höher oder niedriger sein kann als im Salzwasserbereich;
- der Stauer ist lokal erodiert, er enthält hydrogeologische Fenster;
- es liegen rein statische Verhältnisse (keine Fließbewegung) oder dynamische Verhältnisse mit unterschiedlicher Fließbewegung im Süß- und Salzwasser vor.

Bei der Modellierung oder Berechnung des Betriebes von Vertikalfilterbrunnen in geogen-salinar gefährdeten Lagerstätten sind jedoch andere Einflußgrößen für eine angemessene Schematisierung der realen Verhältnisse maßgeblich:

- es handelt sich um stark hydrodynamisch geprägte Prozesse;
- lithofazielle und petrographische Ausbildung des Grundwasserleiters (GWL), Lage der Süß-/Salzwasser-Grenzschicht bzw. Potential- und Konzentrationsverteilungen im unbeflußten Zustand und geometrische Größen beschreiben Anfangs- und Randbedingungen des Prozesses sowie Modellparameter;
- die Förderleistung von Brunnen ist durch horizontal oder aus dem Hangenden zuzitende Grundwasserneubildung in einem beeinflussten Einzugsgebiet bilanzseitig gesichert oder nicht gesichert, so daß die Förderung bereits in der Bilanz anteilig eine Liegendspeisung beinhaltet.

Zur Verdeutlichung seien einige Aufgabenstellungen erläutert. Tertiäre Grundwasserleiter sind meist durch Stauer vom überdeckenden Quartär getrennt und wirken hydraulisch gespannt. Die Sohle kann ebenfalls ein Stauer sein. Es ist auch möglich, daß gut durchlässige Schichten von sehr schlecht durchlässigen unterlagert und hydraulisch als Grundwasserleiter abgegrenzt werden (Abb. 1a).

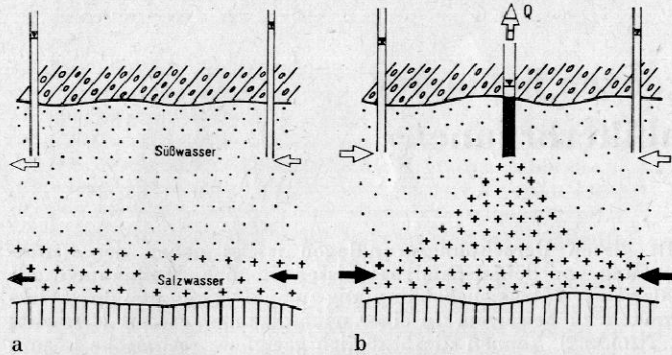


Abb. 1. Geogen bedingte Salzwasserintrusion in Vertikalfilterbrunnen im bedeckten Grundwasserleiter mit Salzwasser im unteren Grundwasserleiterbereich;  
a – natürlicher Zustand, b – Schadensfall

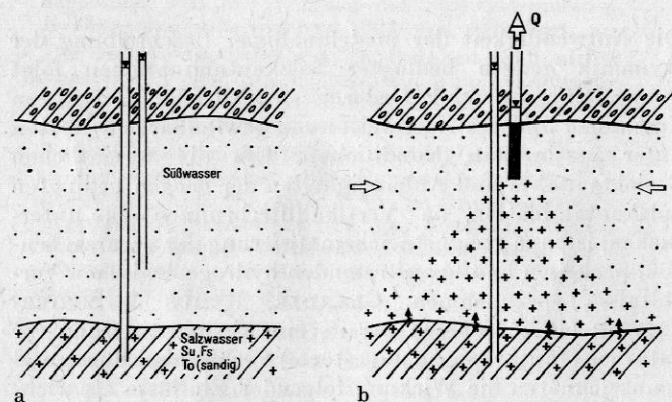


Abb. 2. Geogen bedingte Salzwasserintrusion in Vertikalfilterbrunnen mit Salzwasser im schlecht durchlässigen Liegenden;  
a – natürlicher Zustand, b – Schadensfall

Das im Sohlbereich solcher Grundwasserleiter häufig auftretende Salzwasser kann beim Betrieb von Brunnen (Abb. 1b) infolge der lokal begrenzten starken Depression im Fassungsgebiet aufgewölbt werden und schließlich Salzwasserintrusion im Brunnenfilter verursachen. Zum gleichen Ergebnis führt die in Abb. 2a dargestellte Situation eines nutzbaren Grundwasserleiters, der von einem schlecht durchlässigen, salzwasserführenden unter-

lagert ist. Im natürlichen Zustand ist im oberen Grundwasserleiter infolge nach unten gerichteter Druckgradienten kein Salzwasser nachweisbar. Erfolgt entsprechend Abb. 2b eine Druckentlastung, so speist das „halbdurchlässige“ Liegende den bewirtschafteten Grundwasserleiter mit Salzwasser, das sich verdünnt und eine Grenzschichtaufwölbung mit nach oben abnehmender Konzentration erzeugt.

- Die in den Abb. 1 und 2 maßgebenden Salzquellen
- liegende Salzwasserschicht mit seitlicher Speisung bzw.
  - Salzwasserspeisung aus dem Liegenden

können auch kombiniert auftreten. Natürliche Depressionsgebiete wie Niederungen, Seen und Flußläufe bilden allgemein die Entlastungszonen des obersten Grundwasserleiters. Existieren in solchen Gebieten hydraulische Verbindungen (lokal oder diffus als Speisung) zu salzwasserführenden Grundwasserleitern im Liegenden mit höherem Potential, kann es zur Salzwasserentlastung in die Vorflut – s. Abb. 3a und VOIGT & ZEIDLER (1975) – kommen bzw. treten Salzstellen auf (LEHMANN 1975). Schematisch kann der Schnitt durch Urstromtal- und Hochflächenbereich in Abb. 3a für viele Situationen gelten. Während im Hochflächenbereich der obere Grundwasserleiter den unteren speist, herrschen im Talbereich infolge der mehr oder weniger behinderten Entlastung durch den Zwischenstauer hindurch entgegengesetzte Druckverhältnisse. Grundwasserfassungen in solchen Gebieten – auch Uferfiltratfassungen – können infolge Salzintrusion (Abb. 3b) stark beeinträchtigt werden.

### Phänomen des Salzwasser-Upconings und Berechnungsansätze

Bei der Förderung von Grundwasser (Süßwasser), welches durch Salzwasser unterschichtet ist, steigt als Ergebnis des Pumpvorganges die Salzwasserschicht aus dem Liegenden unterhalb des Vertikalfilterbrunnens kegelförmig an. Nach seinem Erscheinungsbild (Abb. 4) wird dieser Prozeß als *Upconing* bezeichnet (BEAR 1979; BOUWER 1978). Unter bestimmten geologischen und hydrodynamischen Bedingungen kann sich ein Gleichgewichtszustand einstellen, welcher mit einer entsprechend gering aufgewölbten Salzwasserzone verbunden ist, gemessen anhand der *Steighöhe h* des Conings (Abb. 4), wodurch keine oder, wie präzisiert werden

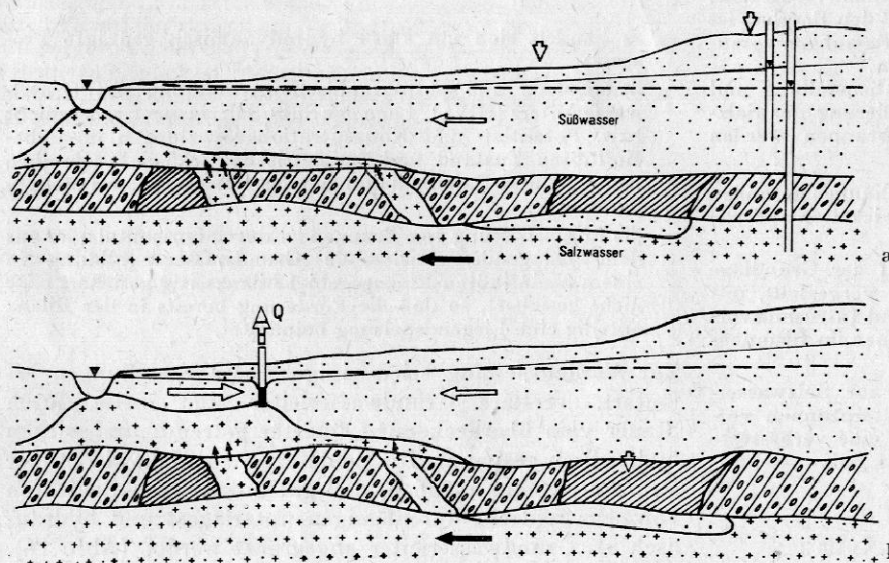


Abb. 3. Geogen bedingte Salzwasserintrusion in Uferfiltratbrunnen im unbedeckten Grundwasserleiter mit Salzwasser im Liegenden und „hydrogeologischen Fenstern“ im Zwischenstauer  
a – natürlicher Zustand  
b – Schadensfall