

Uferfiltrat

1980 bis 1985 wurden relevante Uferfiltrat-Fassungen der DDR einer Analyse hinsichtlich der Kolmation der genutzten Gewässerbetten bzw. Fassungsgebiete unterzogen, zum größten Teil verbunden mit Taucheruntersuchungen der Gewässersohle. Mit dem ermittelten Bemessungsverfahren des Kolmationskoeffizienten stand für das am intensivsten genutzte Gewässer der DDR (Elbe) ein repräsentativer Algorithmus zur Verfügung, der die Zuverlässigkeit bei der Erschließung und dem Betrieb von Uferfiltratfassungsanlagen entscheidend erhöhte.

Hinweis: Der folgende Einzelbeitrag ist ein Auszug aus Löffler & Meinert "Ausgewählte Forschungs- und Erkundungsergebnisse auf dem Gebiet der Hydrogeologie in der DDR" in dem 2011 veröffentlichten Teil II der „Geschichte der Geowissenschaften in der DDR“ von M. Guntau, O. Hartmann, W. Pälchen, M. Störr (Schriftenreihe für Geowissenschaften Heft 18/2010).

Uferfiltration (D. HEEGER)

1 Wasserversorgung durch Nutzung der Uferfiltration in der DDR

Die Wasserbereitstellung über Uferfiltration besaß in der DDR eine nicht unwesentliche Bedeutung. So stieg der Erkundungsanteil zusätzlicher Grundwasservorräte (Uferfiltration/Grundwasseranreicherung) in den 80iger Jahren von 32,3 % der erkundeten Gesamtvorräte (1971/80) auf rd. 50 % im Zeitraum 1981/90 (H. LÖFFLER & N. MEINERT 2007).

Für die Versorgung industrieller und urbaner Ballungsgebiete, aber auch bei landwirtschaftlichen Bewässerungsprojekten stand die Gewinnung von Uferfiltrat im Vordergrund. Als Beispiel seien die umfangreichen Brunnengalerien im oberen Elbtal zur Versorgung des Großraumes Dresden und an der mittleren Elbe zur Fernwasserversorgung des Raumes Halle/ Leipzig genannt. Großvorhaben der Wassererkundung in der Elbaue in den 60iger bis 80iger Jahren, wie die Objekte Sachau, Pretzsch, Mockritz, Elsnig bei Torgau sowie die Objekte Dresden-Hosterwitz und -Tolkewitz unterstreichen die zwingende Notwendigkeit der Wasserbereitstellung aus Uferfiltrat.

Bereits 1974 wurden im VEB Hydrogeologie mit der Erarbeitung der Arbeitsrichtlinie „Erkundung von Uferfiltratvorräten“ entsprechende methodische Grundlagen geschaffen (B. EMSHOFF, D. HEEGER & O. KRUG 1974).

2 Erforschung der Kolmation der Gewässersohle bei Uferfiltration

Ausgehend von der Erfahrung,

- dass die Selbstdichtung (Kolmation) der Gewässersohle in erheblichem Maße das Strömungsgeschehen zwischen Gewässer und ufernahen Brunnenrassen beeinflusst und damit zur wichtigsten Randbedingung für die Ermittlung der Uferfiltratvorräte und zugleich zum entscheidenden Unsicherheitsfaktor der Uferfiltratgewinnung wird,
- und dass eine zuverlässige Bemessung und Leistungsfähigkeit der Uferfiltratanlagen das Wissen um die Bildung und den zeitlichen Verlauf der Gewässerbettverdichtung voraussetzt,

wurden zwischen 1980 und 1985 beim VEB Hydrogeologie in einer Forschungsarbeit relevante UF-Fassungen der DDR einer Analyse hinsichtlich der Kolmation der genutzten Gewässerbetten bzw. Fassungsgebiete unterzogen.

Es wurden neun Wasserwerke an der Elbe sowie Werke an der Mulde, der Havel, der Bode, der Spree und dem Müggelsee, aber auch an der Hohensaathen-Friedrichsthaler-Wasserstraße, untersucht. Entsprechend der Vorrangstellung der Fließgewässer orientierten die Arbeiten im wesentlichen auf die Vorgänge im Elbestrom.



Abb. 1: Spezia Schiff mit Taucherschacht



Abb.2: Arbeiten auf der Elbsohle Raum Torgau



Abb. 3: Gewässersohle Oberelbe

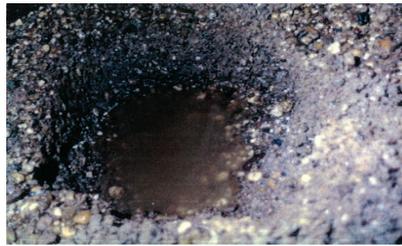


Abb. 4: Schürfgrube auf der Sohle der Oberelbe mit sichtbarer innerer Kolmation des Korngerüstes (Dunkelfärbung)

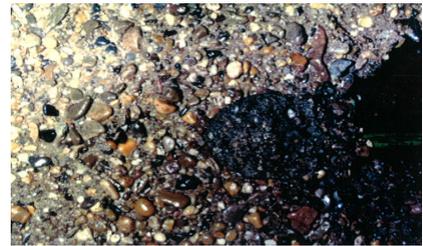


Abb. 5: Kolmatiertes Sohlenmaterial Oberelbe

Das methodische Lösungskonzept umfasste:

- Geohydraulische Analysen auf der Basis betrieblicher Grundwassermesswerte und Förderdaten, die in den Wasserwerken über viele Jahrzehnte - zum Teil über mehr als 50 Jahre - vorlagen, sowie der Flusswasserstände. Im Vordergrund standen die Wasserwerke Dresden-Hosterwitz und -Tolkewitz an der Oberelbe, da hier die meisten Messwerte verfügbar waren.
- Elbsohlenbefahrung mit einem Taucherschacht zwischen Pirna und Wittenberg (Strom-km 37 bis 103 und 162 bis 222), Schürfarbeiten auf der Gewässersohle, Sieb- und Schlämmanalysen des Sohlenmaterials sowie thermogravimetrische Analysen der Kolmationsmasse. Die Arbeiten konzentrierten sich auf die genutzten Gewässerbettflächen vor 13 Wasserwerken. Abgetaucht wurden 29 Elbprofile mit je 3 – 4 Tauchpunkten (Abbildungen 1 bis 5).

3 Forschungsergebnisse

Nachstehende Thesen fassen die Ergebnisse der Oberelbe zusammen. Sie sind auch für den Betrieb von Brunnengalerien an Flüssen mit vergleichbarer Gewässercharakteristik (Erosionsprofil) wie Rhein, Donau, Oder von Interesse.

1. Die Selbstdichtung im Elbbett wird – mit Ausnahme der Bühnenfelder – von innerer Kolmation bestimmt, deren Masse zu rd. 90 % aus anorganischer Materie besteht.
2. Taucheruntersuchungen zeigten vor Brunnenfassungen eine 3 – 30 cm dicke Kolmationsschicht, angesiedelt in der fassungsseitigen Uferzone und selten bis zur Flussmitte ausgebreitet.
3. Die Flussbettverdichtung ist ein zeitabhängiger Prozess, dessen wichtigste Einflussfaktoren die kolmationsfördernde Infiltrationsrate und die kolmationshemmende Schleppspannung des Fließgewässers sind. Ihre Wechselwirkungen bestimmen im wesentlichen den Verdichtungsgrad.
4. Die Langzeitreaktionen der Kolmation über Zeiträume von Jahrzehnten sind durch eine Folge vieler Auf- und Abbauphasen gekennzeichnet. Veränderungen des Kolmationswiderstandes erfolgen innerhalb weniger Monate und betragen bis zu einer Zehnerpotenz. Ein quasi-stabiler Endzustand der Gewässerbettverdichtung bildet sich nicht heraus.
5. Der innerjährliche Kolmationsgang unterliegt periodischen Schwankungen. Der Verdichtungsgrad ist im Winter größer, im Sommer geringer.

6. Die Kolmation bei Mittelwasser bildet die „Basiskolmation“, auf deren Größe die Selbstdichtung bei Niedrigwasser aufbaut. Der Kolmationskoeffizient $w[s]$ ist der Infiltrationsrate $q_{Ufer} [m^3/d]$ direkt proportional.
7. Unter Niedrigwasserverhältnissen entstehen die größten Verdichtungen in Abhängigkeit von der Summe der im Niedrigwasserzeitraum versickerten Wassermenge $\overline{Q}_{Ufer} [m^3]$. Der Verdichtungsprozess verläuft zeitlich fortschreitend und ungehemmt. Die Niedrigwasserkolmation ist für den Betrieb von Uferfiltratfassungen die relevante Größe, da von ihr die stärksten Auswirkungen auf den Infiltrationsablauf ausgehen.
8. Hochwässer reduzieren in kurzer Zeit die Kolmation unabhängig von der Infiltrationsrate. Der Abbauvorgang folgt einer Potenzfunktion. Abbauraten von durchschnittlich 50 % resultieren bereits aus den ein- bis zweijährigen Hochwässern. Extremhochwässer bauen die Kolmation nahezu vollständig ab. Nach jedem Hochwasser erfolgt ein beschleunigter Wiederaufbau der Selbstdichtung. Dieser Prozess ist bei Mittelwasser nach drei bis sechs Monaten mit einer der Infiltrationsrate adäquaten Größe abgeschlossen. Bei Niedrigwasser setzt sich der Kolmationsaufbau uneingeschränkt fort.

Der Zusammenhang zwischen der Mittel- und Niedrigwasserkolmation geht aus der Abbildung 6 hervor.

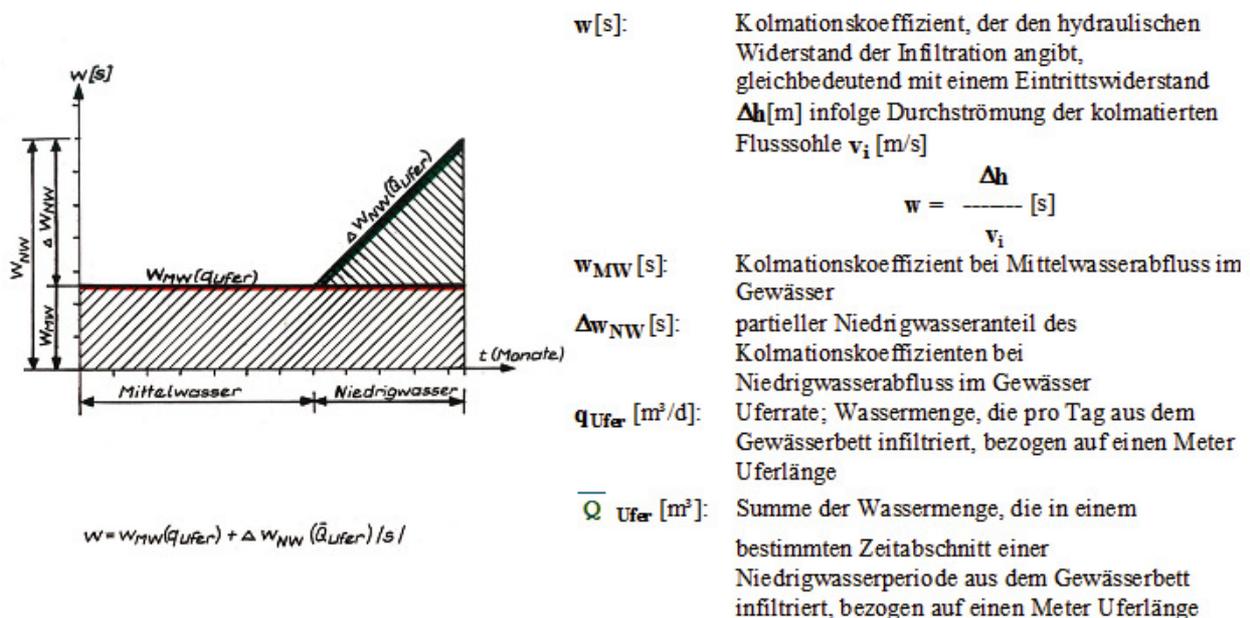


Abb. 6: Zusammenhang von Mittel- und Niedrigwasserkolmation

4 Verfahren zur Bemessung des Kolmationskoeffizienten

Aufbauend auf den erkannten Gesetzmäßigkeiten wurde ein Verfahren zur Bemessung des Kolmationskoeffizienten in Flüssen mit Erosionsprofil entwickelt. Es ermöglicht, die Größe des Koeffizienten $w[s]$ separat für Mittel- und Niedrigwasserverhältnisse im Fluss in Abhängigkeit von der geplanten Uferfiltratentnahme zu berechnen und begründet sich auf der Formel:

$$w = w_{MW} (q_{Ufer}) + \Delta w_{NW} (\overline{Q}_{Ufer})$$

Das Verfahren wird durch statistisch gesicherte Transformationsfunktionen des Uferfiltratzuflusses und des Kolmationskoeffizienten anwendbar. Die elbspezifischen Funktionen wurden in einem Diagramm zusammengefasst.

Damit ergab sich die Möglichkeit, die verfügbaren Uferfiltratvorräte als Vorratsfunktion in Abhängigkeit vom Abflussregime des Flusses zu ermitteln, indem der Kolmationskoeffizient für unterschiedliche Zeitphasen des Niedrigwasserbereiches bestimmt und der Vorratsberechnung zugrunde gelegt wird:

Approximation des zeitlichen Niedrigwasserganges bis zum Extremniedrigwasser durch eine Stufenfunktion der Ganglinie und Berechnung des Koeffizienten $w[s]$ bzw. der gewinnbaren Uferfiltratmengen für jede dieser Stufen (D. HEEGER 1987).

Dieses Vorgehen hatte große praktische Bedeutung. So beispielsweise für die Optimierung der Versorgungsstrategie unterschiedlicher Wasserzulieferer in ein Bedarfsgebiet in Abhängigkeit bzw. unter Berücksichtigung der aktuellen hydrologischen Situation (z. B. Wasserversorgung Dresden: Nutzung von Talsperrenwasser und/oder Uferfiltrat).

Mit dem Bemessungsverfahren des Kolmationskoeffizienten stand für das am intensivsten genutzte Gewässer der DDR (Elbe) jetzt ein repräsentativer Algorithmus zur Verfügung, der die Zuverlässigkeit bei der Erschließung und dem Betrieb von Uferfiltratfassungsanlagen entscheidend erhöhte. Seine Einführung in die Erkundungspraxis erfolgte im VEB Hydrogeologie im Jahr 1986 mit der Erarbeitung der Richtlinie „Bestimmung des Koeffizienten der Kolmationsentwicklung im Fließgewässer“ (D. HEEGER 1986).

5 Fortführung der Arbeiten Uferfiltration - Ausblick (D. BRINSCHWITZ)

Die großen Uferfiltratfassungen an der Elbe erfordern auf Grund der militärischen Nutzungen im Einzugsgebiet oder der über die Kläranlagen in die Vorflut gelangenden Spurenstoffe (Pharmaindustrie) erhebliche Zusatzaufwendungen zur Identifikation von Störeinflüssen. Basierend auf dem entwickelten Know-how sowie der in der Zwischenzeit erheblich verbesserten Grundwassermodellierung wurde nach 1990 eine genaue Identifikation von Zuflüssen und damit ein intelligentes Brunnenmanagement möglich. Bilanzseitig gelang es damit die Unterströmung der Elbe bei einer Normalförderung aus dem ostelbischen Raum (Fassungen westelbisch) detaillierter nachzuweisen. Dies hat Auswirkung auf die Bewirtschaftung der Einzugsgebiete und damit das Monitoring.

Gleichzeitig zeichnete sich die Notwendigkeit zu einem verbesserten Brunnenausbau vor dem Hintergrund der besseren Verfügbarkeit von Bohr- und Ausbautechnik ab. Geogen bedingte hohe Schlufffraktionen der Elbaue führten oft zu einer Ringraumverblockung und damit zu erheblich erhöhten Brunneneintrittswiderständen. Veränderungen im Brunnenausbau vor dem Hintergrund der besseren Verfügbarkeit von Bohr- und Ausbautechnik erhöhen die Effizienz der Gewinnung und der Wirtschaftlichkeit.

Weltweit zeichnet sich der Trend zu angeregter Grundwasserneubildung unter Ausschöpfung des Filters Boden/Aquifer ab. Am deutlichsten in Gebieten mit großem Oberflächenwasserdargebot und vergleichsweise tolerabler Qualität bei gleichzeitig schwierigen Aquiferparametern (nutzbare Porosität, K_f -Werte). Das in der Vergangenheit entwickelte Know-how konnte z.B. bei der Erkundung der Theissniederung mit dem TZW Karlsruhe in Serbien Anwendung finden.. Weitere, oft für die Grundwassernutzung limitierende Faktoren forcieren die Überlegungen zur klassischen Uferfiltration bzw. wie in Dresden-Hosterwitz praktiziert zur Grundwasseranreicherung. Beispielhaft seien die mit großer Absenkung verbundene Versalzung der Stockwerke 1 bis 3 in Thailand (Chao Phraya Basin) oder die geogenen Arsengehalte im Gangesdelta von Bangladesch genannt, für die eine SAT-Nutzung (soil aquifer treatment) von Oberflächenwasser als notwendig empfohlen wurde.

Literatur

- EMSHOFF, B., HEEGER, D. & KRUG, O.: Arbeitsrichtlinie Erkundung Uferfiltratvorräte.- unveröff., VEB Hydrogeologie Nordhausen, Nordhausen 31.12.1974
- HEEGER, D.: Ableitung einer Bemessungsganglinie der Elbwasserstände für den Nachweis der Vorratsfunktion im Bereich MW/ NW30/10 (Uferfiltrat).- unveröff., VEB Hydrogeologie Nordhausen, Arbeitsstelle Dresden, Dresden Juli 1987
- HEEGER, D.: Bericht zum F/E-Thema „Untersuchung der Kolmation von Gewässerbetten an bestehenden Uferfiltratfassungen zur Ermittlung objektiver Kennwerte für die Bemessung neuer Uferfiltratfassungen – Teilthema Fließgewässer“.- unveröff., VEB Hydrogeologie Nordhausen, Arbeitsstelle Dresden, Dresden 10.12.1985
- HEEGER, D.: Richtlinie Bestimmung des Koeffizienten der Kolmationsentwicklung in Fließgewässern.- unveröff., VEB Hydrogeologie Nordhausen, Arbeitsstelle Dresden, Dresden 28.02.1986
- HEEGER, D.: Themenstudie zum F/E-Thema „Methodik zur Erkundung von Uferfiltratvorräten“.- unveröff., VEB Hydrogeologie Nordhausen, Arbeitsstelle Dresden, Dresden Dez. 1973
- LÖFFLER, H. & MEINERT, N.: Von der Quellenkartierung bis zur dreidimensionalen Simulation - Der Weg der Hydrogeologie 1956 – 1990 in der DDR.- Schriftenreihe für Geowissenschaften Heft 16, 2007