

BACHOFFENLEGUNGEN IN SCHUTZZONEN

WAS TUN, WENN'S LECKT IN GRUNDWASSERSCHUTZZONEN? – EIN SYSTEMVERGLEICH

Wenn eine Bachleitung in einer Grundwasserschutzzone saniert werden muss, wird anstelle der im Grundsatz geforderten Gewässeroffenlegung meist die Sanierung oder die Erneuerung der Bachleitung angestrebt. Dies in der Annahme, die Fassung damit bestmöglich vor Verunreinigungen durch infiltrierendes Bachwasser zu schützen. Wie die Resultate einer detaillierten Vergleichsanalyse zeigen, bieten Bachoffenlegungen in Kombination mit einer langlebigen Gerinneabdichtung einen mindestens ebenbürtigen Grundwasserschutz. Zudem lassen sich mit der abgedichteten Offenlegung auch wirtschaftliche und ökologische Vorteile realisieren.

Niels Werdenberg*; Roland Steiner; Tobias Meile; Andreas Widmer, Basler & Hofmann West AG

RÉSUMÉ

REMISES À CIEL OUVERT DE COURS D'EAU ENTERRÉS DANS LES ZONES DE PROTECTION DES EAUX SOUTERRAINES – UNE COMPARAISON DE SYSTÈMES

Les canalisations anciennes et non étanches de cours d'eau dans les zones de protection des eaux souterraines peuvent mettre en danger les captages d'eau potable. Actuellement, de telles sources de danger sommeillent dans de nombreuses zones de protection. Lors de l'assainissement des cours d'eau dans ces zones, le choix se porte généralement sur la pose d'une nouvelle conduite. Toutefois l'expérience montre que pour des pentes inférieures à 10%, la mise à ciel ouvert avec pose d'une sous-couche étanche est une alternative valable comportant la même capacité de protection contre l'infiltration.

Une sous-couche de protection composée de nattes de bentonite résistantes aux racines et aux rongeurs a une durée de vie plus élevée, toute en présentant des qualités de protection contre les infiltrations similaires voir supérieures, par son comportement plastique, par rapport à une conduite.

En plus des avantages écologiques et économiques (subventions), la pratique montre également que l'étanchéisation en bentonite du cours d'eau est la meilleure façon de réduire le risque résiduel d'une pollution potentielle du captage en raison de dégâts des matériaux ou de crues.

AUSGANGSLAGE

Die Wasserqualität von Oberflächengewässern ist häufig durch Stoffeinträge aus Landwirtschaft, Verkehrsanlagen, Industrie und Haushalten beeinträchtigt. Dies wirkt sich auch auf den Schutz des Grund- und Trinkwassers aus: In den sensiblen Grundwasserschutz-zonen besteht die Gefahr, dass die Wasserfassungen durch eine Infiltration von verschmutztem Oberflächenwasser verunreinigt werden.

Viele Trinkwasserfassungen sind nahe der Oberflächengewässer angesiedelt [1], da die Nähe zum Gewässer eine zuverlässige Grundwasserspeisung verspricht. In der Vergangenheit wurden mittlere und kleine Fliessgewässer vielfach eingedolt, entsprechend häufig sind in Grundwasserschutz-zonen Bachleitungen anzutreffen.

WAS TUN, WENN'S LECKT?

Haben die in Grundwasserschutz-zonen verlaufenden Bachleitungen ein gewisses Alter erreicht, besteht die Gefahr einer Verunreinigung durch Infiltration von verschmutztem Bachwasser. Um diese Gefahr zu bannen, sind bauliche Eingriffe unumgänglich. Eingriffe, die gemäss der Gewässerschutzgesetzgebung bewilligungspflichtig sind und den strengen Aufla-

* Kontakt: niels.werdenberg@baslerhofmann.ch

gen des Grund- und Trinkwasserschutzes unterliegen. So ist beispielsweise in der engeren Schutzzone S2 die Erstellung einer Anlage nur in Ausnahmefällen gestattet, und nur wenn eine Gefährdung der Trinkwassernutzung ausgeschlossen werden kann [2].

Aus technischer Sicht bestehen zwei Möglichkeiten für die Totalsanierung einer schadhafte Bachleitung: Entweder wird die Rohrleitung erneuert oder aber das Gewässer wird offengelegt. Für beide gilt zwingend, dass die Trinkwassernutzung nicht gefährdet werden darf. Zwar fordert die Gewässerschutzgesetzgebung die Offenlegung eingedolter Gewässer [3], aber das öffentliche Interesse am Schutz des Trinkwassers wird generell höher gewertet. Der entscheidende Punkt ist also, mit welcher Lösung die Fassung besser vor einer potenziellen Verunreinigung geschützt werden kann.

Da der Zusammenhang zwischen Gewässerrevitalisierungen in Schutzzonen und dem Risiko einer Verunreinigung der Fassung relativ gut belegt ist [1], wird bisher generell davon ausgegangen, dass eine Bachoffenlegung eine Verschlechterung des Trinkwasserschutzes zur Folge hat bzw. dass eine neue Bachleitung die Fassung besser schützt. Wenig überraschend wird eine zu sanierende Bachleitung in einer Schutzzone in den meisten Fällen durch eine neue Leitung ersetzt.

OFFENLEGUNG MIT GERINNEABDICHTUNG

Ein interessanter, bisher erst wenig beachteter Lösungsansatz eröffnet sich mit der künstlichen Abdichtung des offengelegten Gerinnes. Hierbei wird das offengelegte Gerinne im Untergrund komplett mit einer widerstandsfähigen, langlebigen Abdichtung umhüllt, welche die Infiltration von Bachwasser in den angrenzenden Untergrund verhindert (Fig. 1 und 2). Im Auftrag des Kantons Freiburg (TBA, Sektion Gewässer) haben die Autoren neben der Untersuchung bestehender Praxisbeispiele eine detaillierte Vergleichsanalyse von künstlichen Gerinneabdichtungen und Rohrleitungen erarbeitet [4], welche neue Erkenntnisse liefert. Damit stehen Behörden und Planern wichtige ergänzende Grundlagen für einen sachlichen Entscheid zur Verfügung. Wie Praxisbeispiele [4] zeigen, können Offenlegungen – unter Voraussetzung der Abdichtung – in den Zonen S2 und S3 schutzzonenkonform bewilligt werden.



Fig. 1 Einbau Abdichtung (Bentonitmatte mit Überschüttung)
Étanchéisation (natte de bentonite avec ensevelissement)



Fig. 2 Fertiger Bachlauf mit naturnaher Gestaltung (u. a. Blocksteine, Wurzelstöcke, Faschinen)
Cours d'eau aménagé de façon naturelle (avec des blocs, fascines de bois morts, rhizome)

NEUE ROHRLEITUNG ODER GERINNEABDICHTUNG

MATERIALVERGLEICH

Für den Vergleich der Systeme «Neue Rohrleitung» und «Gerinneabdichtung» wurden die Eigenschaften der involvierten Materialien untersucht. Die Materialei-

genschaften sind ausschlaggebend dafür, welche Lebensdauer die Systeme aufweisen und welche Risiken das Abdichtungsergebnis beeinträchtigen können. Die nachfolgend angegebenen Materialeigenschaften beziehen neben Literatur, Prüfberichten und Herstellerangaben auch Erfahrungswerte der Autoren ein (Tab. 1).

Neue Rohrleitung

Gut geeignete und häufig eingesetzte Rohrtypen für die Erstellung von Bachleitungen in Schutzzonen umfassen Schleuderbetonrohre (z. B. Centub), Kunststoffrohre (PE, PP) sowie Glasfaserverstärkte Kunststoffrohre (GFK). Zu beachten ist, dass diese Rohrsysteme meist aus zwei Elementen bestehen: aus Rohrelementen und Fugendichtungen. Die Lebensdauer der erwähnten Rohrtypen kann rund 100 und mehr Jahre erreichen [5], ausschlaggebend ist jedoch die der involvierten Fugendichtungen (Gummi/Elastomere). Erfahrungsgemäss kann diese weit niedriger ausfallen [4, 6], wodurch das Rohrsystem vorzeitig undicht werden kann. Mit verschweissten Kunststoffrohren sowie mit der Verwendung von hochwertigen, ggf. projektspezifisch ausgelegten

Dichtungen ist es heute möglich, die Funktionsdauer der erwähnten Rohrtypen zu erreichen [6].

Mögliche Beschädigungen, welche das Abdichtungsergebnis noch vor Ablauf der Lebensdauer beeinträchtigen, umfassen die mechanische Beschädigung der Rohre (übergrosse Lasten, Setzungen und Verschiebungen im Untergrund) sowie Schäden bei Fugendichtungen (Risse, Wurzeleinwüchse, Verschiebungen). Einige dieser Risiken können reduziert werden, indem der setzungsempfindliche Untergrund ausgetauscht oder die Leitung einbetoniert wird.

Gerinneabdichtung

Folien aus Kunststoffen (PE, PVC, TPO) oder Kautschuk (EPDM) sowie Bentonitmatten wurden und werden immer

wieder zur Abdichtung von Gewässern und zur Versiegelung von Deponien eingesetzt. In der Vergangenheit wurden zwar auch negative Erfahrungen gemacht [7], heute sind von allen Typen aber materialtechnisch ausgereifte Produkte verfügbar [8], die sich gut für die Erstellung von abgedichteten Gerinnen in Grundwasserschutzzonen eignen. Die einzelnen Matten- bzw. Folienbahnen werden dabei jeweils mit Überlappung zusammengefügt, Folien werden zusätzlich verschweisst oder verklebt. Bei Bentonitmatten ist zwingend eine den Einbauvorschriften entsprechende Auflast aufzuschütten. Dazu wird ein Kies-/Sandgemisch verwendet, das gleichzeitig der Gestaltung des Bachbetts dient. Durch den steten Quelldruck des in den Matten enthaltenen Bentonits und den

	Materialien «Gerinneabdichtung»			Materialien «Neue Rohrleitung»		
	Geosynthetische Tondichtungsbahn (Bentonitmatten)	Kunststoffdichtungsbahn (PE-, PVC-, TPO-Folie)	Kautschukdichtungsbahn (EPDM-Folie)	Kunststoffrohr (PE, PP) mit Dichtung oder verschweisst	Schleuderbetonrohr mit Dichtung	GFK-Rohr mit Dichtung
Aufbau	Matte Elemente verlegt mittels faltenfreier Überlappung und Auflastüberschüttung Bentonit stark quellfähige Mischung aus natürlichen Tonmineralien Gewebe PP-Gewebe und Vliese als Träger und Verbund, enthält Bentonitpulver	Folie Elemente verlegt mittels faltenfreier Überlappung und verschweisst	Folie Elemente verlegt mittels faltenfreier Überlappung und verschweisst/verklebt	Rohr Elemente mittels Steckverbindung verlegt oder verschweisst Dichtung Dichtring (Elastomere, div. Materialtypen) Schweissnaht Muffen/Rohre mit Heizelement unmittelbar vor dem Verlegen verschweisst	Rohr Elemente verlegt mittels Steckverbindung Dichtung Keilgleitdichtung (Elastomere, div. Materialtypen)	Rohr Elemente verlegt mittels Steckverbindung Dichtung Keilgleitdichtung (Elastomere, div. Materialtypen)
Lebensdauer	Bentonit unbegrenzt Gewebe > 400 Jahre	Folie > 100 Jahre	Folie > 100 Jahre	Rohr > 100 Jahre Dichtung > 100 Jahre Schweissnaht > 100 Jahre	Rohr > 100 Jahre Dichtung > 100 Jahre	Rohr 50–80 (100) Jahre Dichtung > 100 Jahre
Schäden/Risiken	Matte mechanische und biologische Beschädigung	Folie mechanische Beschädigung	Folie mechanische Beschädigung	Rohr mechanische Beschädigung Dichtung Verschiebung, Risse, Wurzeleinwüchse Schweissnaht mechanische Beschädigung	Rohr mechanische Beschädigung Dichtung Verschiebung, Risse, Wurzeleinwüchse	Rohr mechanische Beschädigung Dichtung Verschiebung, Risse, Wurzeleinwüchse
Risikoreduktion	Selbsteilung, Verwendung wurzelbeständiger Mattentypen, Einbau Frassschutzgitter	Einbau Geovlies, Geogitter, Fundationsschicht	Einbau Geovlies, Geogitter, Fundationsschicht	Ersatz Untergrundmaterial, Einbetonieren der Leitung, Druckprüfung vor Inbetriebnahme	Ersatz Untergrundmaterial, Einbetonieren der Leitung, Druckprüfung vor Inbetriebnahme	Ersatz Untergrundmaterial, Einbetonieren der Leitung, Druckprüfung vor Inbetriebnahme
Fazit Material	sehr dauerhaft, Risikoreduktion weitestgehend möglich	dauerhaft, Risikoreduktion teilweise möglich	dauerhaft, Risikoreduktion teilweise möglich	dauerhaft, Risikoreduktion teilweise möglich	dauerhaft, Risikoreduktion teilweise möglich	dauerhaft, Risikoreduktion teilweise möglich

Tab. 1 Materialvergleich Rohrleitung und Gerinneabdichtung

Comparaison des matériaux entre conduites et étanchéisations du cours d'eau

steten Gegendruck der Auflast erreichen Bentonitmatten eine hohe Dichtigkeit sowie die Fähigkeit zur Selbstheilung bei Verletzungen [9, 10]. Folien aus PE, PVC, TPO und EPDM erreichen eine Lebensdauer von mindestens 100 Jahren [7, 8]. Bei Bentonitmatten ist die Lebensdauer des natürlichen Tonminerals Bentonit theoretisch unbegrenzt, da es nicht abbaubar ist. Massgebend ist hier die Lebensdauer der synthetischen Gewebe, welche die Matten zusammenhalten (Standortsicherheitsgefahr, Suffosionsgefahr). Diese Gewebe erreichen, Prüfberichten zufolge, eine Funktionsdauer von mindestens 400 Jahren [11, 12].

Bezüglich möglicher mechanischer Beschädigungen nach Einbau schneiden Bentonitmatten besser ab als die genannten Folientypen, da kleine, mechanische Verletzungen durch die Selbstheilung wieder völlig geschlossen werden [9, 10]. Bei modernen Bentonitmatten wie auch bei den Folien ist die Beständigkeit gegenüber Feuchte-/Trockenwechsel (Trockenrissbildung) gegeben [9], sodass auch ein zeitweises Trockenfallen des offengelegten Bachs das Abdichtungsergebnis nicht reduziert. Bei Bentonitmatten können die Risiken einer biologischen Beschädigung (Wurzeln, Nagetiere) durch die Verwendung von wurzelbeständigen Mattentypen (PP-Beschichtung) sowie den Einbau langlebiger Frassschutzgitter reduziert werden.

PROJEKTRELEVANTE FAKTOREN IM PRAXISVERGLEICH

Soll eine Bachleitung erneuert oder das Gewässer offengelegt werden? Um diese Frage zu beantworten, wurden im Praxisvergleich die Einsatzgrenzen und die Vor- und Nachteile der Systeme «Gerinneabdichtung» bzw. «Neue Rohrleitung» anhand projektrelevanter Faktoren untersucht [4]. Obschon grundsätzlich immer der Einzelfall zu betrachten ist, dienen die nachfolgend aufgeführten Ergebnisse Behörden und Planern als genereller Richtungsweiser für die Wahl der Bestvariante (Tab. 2).

Gewässergrösse

Der Systemvergleich beschränkt sich auf vorwiegend kleine und teilweise mittlere Fliessgewässer. Bei grossen Gewässern sind Eindolungen technisch nicht machbar, weshalb sich die Frage der Bachleitungssanierung nicht stellt.

Gefälle

Beim abgedichteten Gerinne wirken die Schleppkräfte (Erosionspotenzial) nicht auf die Abdichtung selbst, sondern auf den Gerinneaufbau (Überschüttung, Sohlenkies, Blocksteine). Bei einem angepassten Gerinneaufbau hat daher auch ein theoretisch hohes Erosionspotenzial keinen Einfluss auf das Abdichtungsergebnis. Erfahrungsgemäss sind naturnah gestaltete, abgedichtete Gerinne bis zu einem Gefälle von etwa 10% realisierbar, wobei es sich ab etwa 3 bis 4% Gefälle je nach Wassermengen und vorhandenem Raum i. d. R. um abgedichtete Blockrampen handelt. Bachleitungen sind auch bei Gefällen >10% noch einsetzbar. In Rohrleitungen sind Erosion und Abrasion meist vernachlässigbar. Erfahrungsgemäss befinden sich die meisten Grundwasserschutzzonen jedoch in flachem Terrain, d. h. in Gefällsbereichen <5%.

Kosten und Subventionen

Theoretisch weist die Rohrleitung in steilen Lagen (>4%) geringere Erstellungskosten pro Laufmeter auf, wogegen in flachen Lagen die Gerinneabdichtung kostengünstiger ist. Aufgrund der teilweise grossen projektspezifischen Unterschiede wurden weitere mögliche Kosten infolge Landerwerb, Durchleitungsrechte und Entschädigungen nicht beachtet. Da die Erstellung einer Bachoffenlegung und – je nach Kanton – auch der Gewässerunterhalt subventionsberechtigt sind, resultieren beim System Gerinneabdichtung in jedem Fall die geringsten Restkosten:

- Kosten Gewässeroffenlegung:
Vom Bund [13] und von den Kantonen sind grosszügige Subventionen vereinbart worden (z. B. Bund + Kanton Freiburg total bis 80% [14]).
- Kosten Gewässerunterhalt:
Je nach Kanton ist auch der periodische Gewässerunterhalt beitragsberechtigt (z. B. Kanton Freiburg 30% [14]).

Beim System Rohrleitung sind weder Erstellung noch Unterhalt subventionsberechtigt.

Untergrund

Den fachgerechten Einbau vorausgesetzt, sind beide Systeme auf verschiedensten Untergründen einsetzbar.

- Hydrogeologie und standortspezifische Gefährdung:
Die potenzielle Gefahr einer Verunreinigung der Fassung variiert je nach

Standort bzw. Untergrund (Distanz zwischen Verschmutzung und Fassung, Strömungsrichtung im Untergrund, Wassersättigung, Durchlässigkeit des Untergrunds). Dies gilt für beide Systeme gleichermaßen.

- Geologie:
Insbesondere bei Rohrleitungen ist auf eine ausreichende Stabilität des Untergrunds zu achten (s. *Materialvergleich*).
- Auftrieb:
Wird der Gerinneaufbau entsprechend den zu erwartenden Grundwasserständen bemessen, ist der Auftrieb ineffektiv und hat keinen Einfluss auf das Abdichtungsergebnis. Bei einer Bachleitung kann eine Destabilisierung durch Auftrieb ausgeschlossen werden, da sie in jedem Fall ausreichend tief im Boden liegt.

Witterung bei Einbau

Bei beiden Systemen ist der Einbau nur bei trockener Witterung empfohlen. Dies gilt insbesondere für die Verdichtungsempfindlichkeit nasser Böden und die Bedingung, dass Bentonitmatten nicht vor der Schüttung der Auflast aufquellen dürfen.

Schutz gegen Hochwasser

Im Überlastfall, d. h. bei Hochwasserabflüssen grösser als die Abflusskapazität, oder bei Abflussstörungen (Verkläusungen Gerinne, Verstopfung Rohr) kann es zu einem Wasseraustritt aus dem Gerinne kommen bzw. aus der Leitung bei Schächten. Ausschlaggebend für das Restrisiko einer Verunreinigung der Fassung sind die Austrittsstellen, die Topografie und die Fliesswege bezüglich der Lage der Fassung. Diese Aspekte sind beim System Gerinneabdichtung tendenziell besser kontrollierbar.

- Rückfluss:
Grundsätzlich kann oberirdisch aus dem Gerinne ausgetretenes Wasser je nach Topografie ins Gerinne zurückfliessen. Ausgetretenes Bachwasser fliesst nicht in die Bachleitung zurück.
- Vordefinition von Austrittsstellen:
Beim Neubau von Bachleitungen kann die Steuerung des Überlastfalls baulich punktgenau (Lage der Schächte) definiert werden, sodass die Fassung im Überlastfall nicht tangiert wird. Die Vordefinition von Austrittsstellen ist bei einem offenen Gerinne auch möglich, indem die Uferhöhe und Gerinnegeometrie entsprechend dimensioniert werden.

- Abflusshindernisse:
Allfällige Verklausungen während Hochwasserereignissen, die zu unkontrollierten Wasseraustritten führen, sind im Gerinne offen sichtbar und können während dem Ereignis beseitigt werden. Während dem Hochwasserereignis sind Verstopfungen in Rohren weder sicht- noch entfernbar. Daher führen Verstopfungen in Rohren vergleichsweise zu grösseren Wasseraustritten und sind somit als höhere Gefahr einzustufen.
- Ausserbetriebnahme Fassung:
Letztlich besteht bei beiden Systemen die Möglichkeit, bei einem Störfall die Fassung zeitweise ausser Betrieb zu nehmen.

Schutz gegen Materialschäden

Aufgrund des Selbstheilungsvermögens der Bentonitmatte (s. *Materialvergleich*) kommt es bei Schäden am System Gerinneabdichtung nicht zwangsläufig zur Exfiltration von Bachwasser in den Untergrund. Bei einer beschädigten Rohrleitung exfiltriert das Bachwasser im Normalfall ungehindert, bis das Leck erkannt, lokalisiert und repariert ist.

Ökologie, Landschaft und Wasserqualität

Fliessgewässer sind im Grundsatz offenzulegen [3]. Mit der Offenlegung eines eingedolten Fliessgewässers (*Fig. 2*) ist das grösstmögliche ökologische Potenzial realisierbar [15]. Darüber hinaus können weitere Qualitätsverbesserungen erreicht werden:

- Habitate/Artenvielfalt:
Naturnahe Gewässeroffenlegungen bieten vielfältige Lebensräume für eine Vielzahl von aquatischen und terrestrischen Pflanzen und Tieren. Die Vernetzung mit anderen Naturräu-

men kann verbessert bzw. wiederhergestellt werden. Auch Teiloffenlegungen sind bereits ökologisch wertvoll [15].

- Offenlegungen werten die Landschaft auf.
- Selbstreinigung:
Das biologisch bedingte Selbstreinigungsvermögen sowie die sonnenlichtabhängige Fotolyse verringern bei offenen Fliessgewässern die Schadstoffbelastung [16, 17].
- Bepflanzung/Gehölze:
Bei beiden Systemen ist ein Sicherheitsabstand zur Abdichtung bzw. Leitung empfohlen (Risikoreduktion Wurzeleinwüchse).

Das System Rohrleitung (Neuerstellung einer Bachleitung) bringt keinerlei Qualitätsverbesserungen.

Landwirtschaft

In Schutzzonen kann Landwirtschaft erlaubt sein. Ein ausgedehnter Gewässerraum [18] kann sich auf die landwirtschaftliche Nutzung auswirken, dies gilt im Grundsatz sowohl für den offengelegten Bach (System Gerinneabdichtung) wie auch den eingedolten Bach (System Rohrleitung). Das System Rohrleitung bietet dort Vorteile, wo intensive Landwirtschaft erlaubt ist und auf eine Gewässerraumausscheidung gemäss [18] verzichtet werden kann. Bei einer Offenlegung ist zudem die Erschliessung meist neu zu regeln (Erstellung befahrbarer Bachdurchlässe bzw. kleiner Brücken).

Unterhalt

Das System Gerinneabdichtung bietet Vorteile bezüglich der Zugänglichkeit für betrieblichen und baulichen Unterhalt. Schäden

	«Gerinneabdichtung» in Schutzzone z.B. wurzelbeständige Bentonitmatte inkl. nagetierbeständigem Gitter	«Neue Rohrleitung» in Schutzzone z.B. verschweisstes Kunststoffrohr (PP, PE)
Gewässergrosse	klein HQ 100 <5 m ³ /s mittel HQ 100 5–20 m ³ /s	klein HQ 100 <5 m ³ /s mittel HQ 100 5–20 m ³ /s
Gefälle	Gerinneaufbau den Schleppkräften anpassen flach < 5% mittel 5–10%	flach < 5% mittel 5–10% steil > 10%
Kosten/Subventionen	hohe Subventionen für Erstellung, Vorteil Laufmeterkosten für Gefälle < 4%, Subventionen für Unterhalt möglich	keine Subventionen für Erstellung, Vorteil Laufmeterkosten für Gefälle > 4%, keine Subventionen für Unterhalt
Untergrund	breite Einsetzbarkeit, ggf. Gerinneaufbau an Auftrieb anpassen	breite Einsetzbarkeit, ggf. Stabilisierung des Untergrunds
Witterung bei Einbau	nur bei trockener Witterung	nur bei trockener Witterung
Schutz bei Risiko Hochwasser	Soll-Austrittsstellen baulich definieren, Verstopfung im Gerinne sicht- und behebbbar während Ereignis (Reduktion Wasseraustritt möglich), notfalls Ausserbetriebnahme Fassung	Soll-Austrittsstellen baulich definieren, Verstopfung im Rohr <i>nicht</i> sicht- und behebbbar während Ereignis (Reduktion Wasseraustritt <i>nicht</i> möglich), notfalls Ausserbetriebnahme Fassung
Schutz bei Risiko Materialschaden	Schutz vorhanden bei kleinen Verletzungen (Selbstheilung Bentonit)	kein Schutz vorhanden
Ökologie, Landschaft, Erholung, Bachwasserqualität	massive Qualitätssteigerung gegenüber eingedoltem Zustand	neutral gegenüber eingedoltem Zustand
Landwirtschaft	Einschränkung durch Gewässerraum möglich, ggf. Durchlässe/Brücken für Erschliessung notwendig	Einschränkung durch Gewässerraum möglich, ggf. Verzicht auf Gewässerraum möglich
Unterhalt	gute Zugänglichkeit (Gewässerunterhalt), leichte Früherkennung von Schadstellen am Gerinne	Erschwerte Zugänglichkeit (Spülungen, Sanierungen), aufwendige Früherkennung von Schadstellen im Rohr (Kanalfernsehen)
Zeitbedarf für Realisierung	Zeitersparnis für HQ 100 > 5 m ³ /s	Zeitersparnis für HQ 100 < 2 m ³ /s
Fazit Praxis	Bestvariante bei Gefälle < 10%	Bestvariante bei Gefälle > 10%

Tab. 2 Praxisvergleich Rohrleitung und Gerinneabdichtung

Comparison d'aspects pratiques entre conduites et étanchéisations du cours d'eau

sind beim System Gerinneabdichtung besser bzw. frühzeitig erkennbar/lokalisierbar. Ausgenommen sind Schäden, die sich ausschliesslich im Abdichtungshorizont (Gerinneuntergrund) zeigen würden, wobei kleine Verletzungen bei Bentonitmatten aufgrund der Selbstheilung vernachlässigbar sind. Schäden an den Rohren der Bachleitung können mit Kameraaufnahmen klar identifiziert werden, nicht aber schadhafte Dichtungen oder Fugen.

Zeitbedarf Planung und Realisierung

Wenn in einer Schutzzone eine Bachleitung leckt, kann der Zeitbedarf für die Erstellung des neuen Systems ausschlaggebend sein. Für erfahrene Planer ergibt sich bei der Projektierung exklusive dem Bewilligungsverfahren kein Unterschied im Zeitbedarf. Für die Realisierungszeit ist die Verfügbarkeit der benötigten Rohr- oder Abdichtungsmaterialien sowie der Zeitbedarf für deren Einbau relevant. Diese Parameter sind insbesondere von der Gewässergrösse abhängig. Das System Rohrleitung ist erfahrungsgemäss im Vorteil bei sehr kleinen Bächen, da für geringe Rohrdurchmesser die Lieferung ab Lager sowie eine einfache und zeitsparende Verlegung möglich sind. Bei den Abdichtungsmaterialien (Folien, Bentonitmatten) ist i. d. R. von einer gewissen Lieferfrist auszugehen, da der Materialbedarf allfällige Lagerbestände bereits bei kleinen Bächen übersteigen kann. Bei Gewässern ab ca. 5 m³/s (HQ100) ist die Gerinneabdichtung schneller realisierbar. Bei Rohrleitungen in diesen Dimensionen ist ebenfalls von einer Lieferfrist auszugehen, zudem ist der Einbau wesentlich aufwendiger (Antransport, Bettung, Verbindungstechnik etc.). Beim Bau eines abgedichteten Gerinnes fallen hier keine bedeutenden Mehraufwände an.

SCHLUSSFOLGERUNG

Die hier vorgestellte Vergleichsanalyse [4] kann Behörden und Planern als genereller Richtungsweiser und Denkanstoss im Umgang mit zu sanierenden Bachleitungen in Grundwasserschutz-zonen dienen.

Wie aufgezeigt, eröffnen sich mit der künstlichen Abdichtung von offenzulegenden Gerinnen in Schutz-zonen S2 und S3 interessante Lösungen. Mit den untersuchten Gerinneabdichtungs-methoden kann eine grundsätzlich vergleichbare Schutz-wirkung erzielt werden wie mit dem Ersatz der Bachleitung durch ein neues Rohrsystem. Das insgesamt dauerhafteste und ver-lässigste Abdichtungsergebnis wird dabei mit einer durch Bentonitmatten abgedichteten Bachoffenlegung erreicht.

Die abgedichtete Offenlegung ist in flachen Lagen kostengünstiger als die Rohrleitung. Ab etwa 4% Gefälle ist sie teurer als eine neue Rohrleitung. Aufgrund der realisierbaren Vorteile (Öko-logie, Subventionen, weitestgehende Risikoreduktion) lassen

sich die Mehrkosten des Systems Gerinneabdichtung in Lagen >4% Gefälle jedoch rechtfertigen. Weil das System Gerinneabdichtung nur bis maximal 10% Gefälle machbar ist, bleibt das Rohrsystem in Lagen >10% Gefälle die beste Lösung.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Hoehn, E.; Meylan, B. (2009): Schutz flussnaher Trinkwasserfassungen bei Fluss-raumaufweitungen in voralpinen Schotterebenen. *Grundwasser-Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie* 14. 255–263
- [2] Art. 20 GSchG vom 24. Januar 1991 (Stand 1.1.2011) sowie Art. 29 GSchV vom 28. Oktober 1998 (Stand 1.8.2011)
- [3] Art. 38 GSchG vom 24. Januar 1991 (Stand 1.1.2011)
- [4] Basler & Hofmann West AG (2015): Grundwasserschutz und Gewässeroffen-le-gung. *Expertise zu Gerinneabdichtungen, Vergleichsanalyse mit Erneuerung Bachleitung*. Unveröffentlicht
- [5] Ingenieurbüro Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH (2004): *Leitfaden zur Rohr-werkstoffauswahl. Telexpertise Nutzungsdauer von Abwasserkanalsystemen*. Hrsg.: FBS Bonn
- [6] Trelleborg Pipe Seals B.V. (2015): *Improvements in Sewerage Network Durability*. www.trelleborg.com
- [7] Bothmann, P. (2002): *Stellungnahme zu Bentonitmatten (GTD) als Dichtungsele-mente in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien*. LFU Baden-Württem-berg, Karlsruhe
- [8] Sänger, F. (2014): *Die Anwendung von Geokunststoffen im Wasserbau – Wegbe-ritung für deren Einsatz im Deponiebau – Rückblick und Standortbestimmung*. 30. Fachtagung «Die sichere Deponie – Geokunststoffe im Umweltschutz»
- [9] Heerten, G.; Reuter, E. (2002): *Die Bedeutung der DIBt-Zulassungen für die Qua-litätsanforderungen an Bentonitmatten heute und morgen*. 18. Fachtagung «Die sichere Deponie – Sicherung von Deponien und Altlasten mit Kunststoffen»
- [10] Heerten, G.; Reuter, E. (2009): *Oberflächenabdichtungen mit Bentonitmatten*. 25. Fachtagung «Die sichere Deponie – Abdichtung von Deponien und Altlasten mit Kunststoffen»
- [11] BAM (2009): *Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung: Eignungsbe-urteilung von Bentofix BZ 6000 zur Herstellung von mineralischen Dichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien*
- [12] BAM (2005): *Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung: Gutachten über Langzeit-Scherfestigkeit der Bentonitmatte Bentofix B 4000*
- [13] BAFU (2015): *Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2016–2019. Teil 11: Fachspezifische Erläuterungen zur Programmvereinbarung im Bereich Revitalisierungen*
- [14] *Gewässerreglement (GewR) des Kantons Freiburg vom 21.6.2011*
- [15] BAFU (2012): *Revitalisierung Fliessgewässer. Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer*
- [16] Singer, G. et al. (2010): *Physical Heterogeneity Increases Biofilm Resource Use and Its Molecular Diversity in Stream Mesocosms*. *PLoS One*, 5, e9988
- [17] Guderian, R. (2000): *Handbuch der Umweltveränderungen und Ökotoxikologie*. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg
- [18] Art. 41a und 41d GSchV vom 28. Oktober 1998 (Stand 1.8.2011)