

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Lensing, Hermann-Josef

Gefrierkerne - ein Erkundungsverfahren zur Untersuchung der Gewässersohle

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/101884>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Lensing, Hermann-Josef (2011): Gefrierkerne - ein Erkundungsverfahren zur Untersuchung der Gewässersohle. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Geohydraulische Erkundungsverfahren. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 53-58.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Gefrierkerne – ein Erkundungsverfahren zur Untersuchung der Gewässersohle

Dr.-Ing. Hermann-Josef Lensing, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Abteilung Geotechnik
 Dr.-Ing. Thomas Nuber, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Abteilung Geotechnik

1 Einleitung

Bei der Prognose und Bewertung von vorhabensbedingten Veränderungen der GW-Verhältnisse durch Ausbau- und Unterhaltsmaßnahmen der WSV kommt dem Aufbau der Gewässersohlsedimente häufig eine besondere Bedeutung zu, da ihre hydraulische Durchlässigkeit maßgeblich die Interaktion zwischen der Wasserstraße und dem Grundwasser beeinflusst. Bei der Untersuchung der Sedimente an der Gewässersohle hat sich das Gefrierkern- oder Freeze-Core-Verfahren als eine aussagekräftige Untersuchungsmethode gezeigt. Anhand der Untersuchungen für den geplanten Ausbau des oberen Vorhafens der Schleuse Brandenburg wird im Folgenden das Probenahmeverfahren vorgestellt und bewertet.

Im Zuge des Verkehrsprojektes Deutsche Einheit Nr. 17, das den Ausbau der Wasserstraßen zwischen Hannover und Berlin für Großmotorgüterschiffe (GMS) und Großschubverbände (SV) vorsieht, wird vom Wasserstraßen-Neubauamt Helmstedt der Ausbau des oberen Vorhafens der Schleuse Brandenburg geplant. Neben einer Umgestaltung der Ufer zur Schaffung von Liege- und Warteplätzen sehen die Planungen u.a. eine Vertiefung der Fahrrinne im oberen Vorhafen auf eine Wassertiefe von 4 m vor.

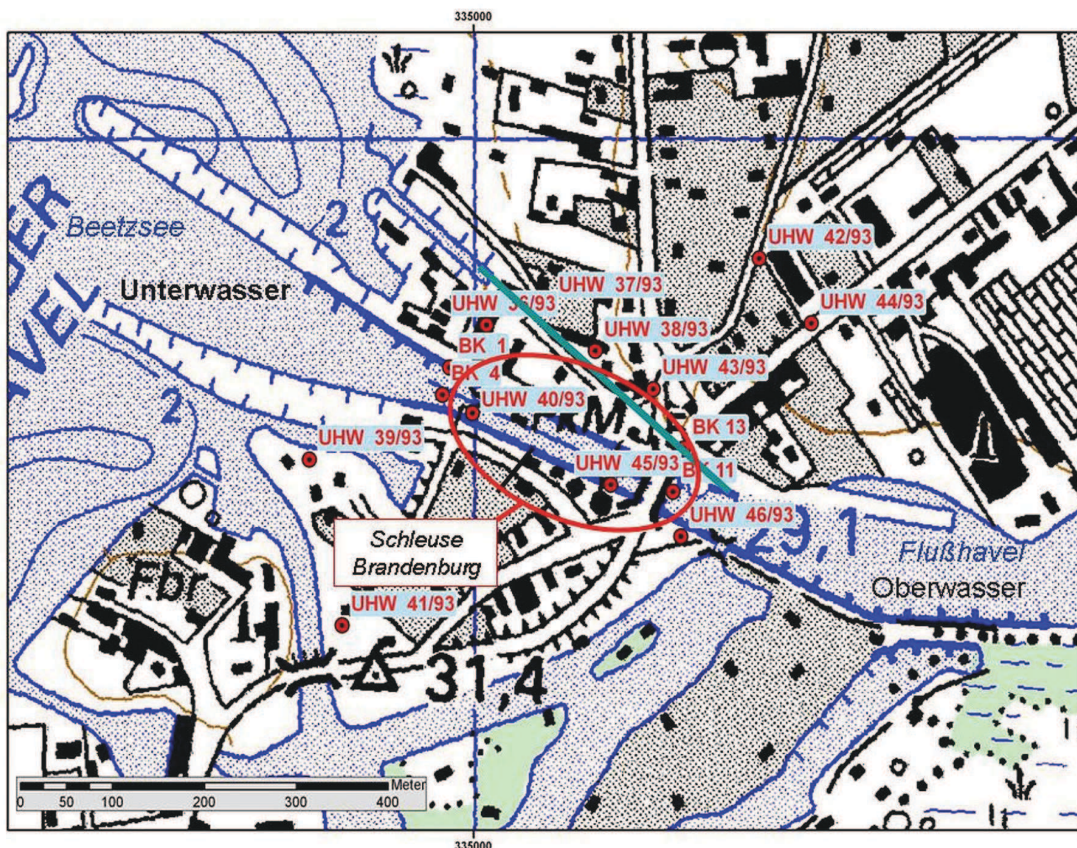


Bild 1: Lageplan der GW-Messstellen im Bereich der Schleuse Brandenburg

2 Hydrogeologische Fragestellung

Die Schleuse Brandenburg liegt am nordöstlichen Rand des Stadtgebietes der Stadt Brandenburg. Im Bereich der Schleuse werden die oberflächennahen Schichten durch mächtige quartäre Ablagerungen

gebildet. An der Oberfläche stehen meist sandige Weichsel-zeitliche Vorschütt- und Nachschüttbildungen an, die im Bereich der Havelniederung stellenweise von holozänen Mudden, Schlick und Seekreide überlagert sein können (HGN, 1993). Innerhalb der bebauten Flächen sind ebenfalls lokale Auffüllungen anzutreffen. Im Liegenden folgen meist Saale-zeitliche Sande, die untergeordnet mit Schluffen und Kiesen vergesellschaftet sind. Da der zwischengelagerte Saale-zeitliche Geschiebemergel in diesem Bereich nur lokal anzutreffen ist, bilden die vorgenannten Weichsel- und Saale-zeitlichen Sande im Bereich der Schleuse Brandenburg einen mindestens 20 – 30 m mächtigen Porengrundwasserleiter mit einer guten hydraulischen Durchlässigkeit. In der hydrogeologischen Karte des Landes Brandenburg wird der GW-Leiter als weitgehend unbedeckter GW-Leiter der Niederungen und Urstromtäler (GWL 1.1) angesprochen (LBGR, 2011). Insbesondere südlich des oberen Vorhafens der Schleuse Brandenburg sind darüber hinaus lokal mächtigere Mudde- und Torflagen in der oberflächennahen Schichtfolge zu erwarten, die lokal die GW-Strömungssituation beeinflussen können.

Die GW-Stände werden im Bereich der Schleuse Brandenburg durch zahlreiche GW-Messstellen erfasst (Bild 1). Dabei bilden der obere Vorhafen und die sich anschließende Flusshavel die oberstromige Randbedingung und der untere Vorhafen und der Beetzsee die unterstromige Randbedingung für die GW-Strömung. Da beide Randbedingungen nur eine geringfügige Schwankungsbreite aufweisen, werden die GW-Verhältnisse im Nahbereich der Schleuse Brandenburg durch eine stabile Strömungssituation bei nur schwach schwankenden GW-Ständen charakterisiert.

Für die Prognose und Bewertung der vorhabensbedingten Veränderungen der GW-Verhältnisse wurde ein vertikal ebenes 2-D Strömungsmodell verwendet. Basierend auf der ermittelten GW-Potentialverteilung wurde dazu ein repräsentativer Schnitt vom Oberwasser zum Unterwasser der Schleuse festgelegt (Bild 2) und anhand der vorliegenden Informationen zur lokalen Hydrogeologie kalibriert.

Wie die gemessenen GW-Stände entlang der festgelegten Stromlinie zeigen, erfolgt mehr als 50 % des Potentialabbaus vom Ober- zum Unterwasser der Schleuse Brandenburg bereits auf der Fließstrecke zwischen dem oberen Vorhafen und der ersten GW-Messstelle (Bild 2). Berücksichtigt man ferner, dass im Bereich des oberen Vorhafens der Schleuse Brandenburg stets infiltrierende Verhältnisse vorliegen und der obere Vorhafen der Schleuse Brandenburg durch sehr niedrige Fließgeschwindigkeiten geprägt wird, ist die Vermutung naheliegend, dass die Sohlsedimente in diesem Bereich kolmatiert sind und dadurch den Infiltrationsprozess maßgeblich kontrollieren.

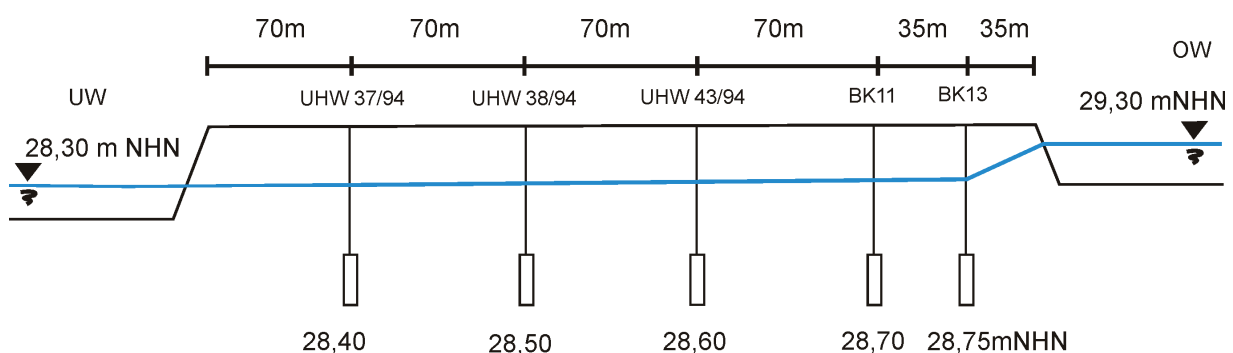


Bild 2: Systemskizze der GW- Potentialverteilung zwischen Ober- und Unterwasser

Aufgrund der bestehenden Wassertiefen ist im Bereich der Fahrrinne eine flächendeckende, meist mehrere Dezimeter tief reichende Baggerung durchzuführen, um die geplante Wassertiefe von 4 m unter BWu zu erzielen. Vor diesem Hintergrund wurde befürchtet, dass mit der Baggerung die bestehende Kolmationsschicht im Bereich der Fahrrinne vollständig ausgeräumt wird und zumindest temporär erhöhte Infiltrationsraten möglich sind. Wird in den Modellberechnungen, wie bei entsprechenden Fragestellungen üblich, die hydraulische Durchlässigkeit der Sohlsedimente infolge der angenommenen Entfernung der Kolmationsschicht auf die hydraulische Durchlässigkeit der anstehenden Sande erhöht, wird ein Anstieg

der GW-Stände insbesondere im Nahbereich des oberen Vorhafens bis auf etwa das Oberwasserniveau und damit um bis zu 0,5 m prognostiziert. Aufgrund der naheliegenden Bebauung sowie der bestehenden Altlastensituation wäre eine entsprechende Veränderung der GW-Verhältnisse aus wasserwirtschaftlicher Sicht nicht tolerabel. Um die Sohlverhältnisse gezielt zu untersuchen, die Vorstellungen zur Strömungssituation zu präzisieren und um ggf. notwendige technische Anpassungsmaßnahmen entwickeln und bemessen zu können, wurde eine Gefrierkern-Probenahme durchgeführt.

3 Das Gefrierkern-Verfahren

Das hier eingesetzte Gefrierkern- oder Freeze-Core-Verfahren für vorwiegend harte Sedimente erlaubt die Probenahme von gefügeintakten, wassergesättigten Lockersedimenten (Niederreiter & Steiner, 1999). Dabei erfolgt die eigentliche Entnahme der Gefrierkerne mit einem Freezecore-Rohr mit innenliegenden Verteilungskanälen, das an seinem oberen Ende mit einer Strömungsschutzplatte versehen ist (Bild 3). Das Freezecore-Rohr wird über ein oder mehrere Metallrohre mit innenliegender Stickstoffleitung bis über die Wasseroberfläche verlängert. Die zum Einsatz kommenden Freeze-Core-Rohre haben einen Durchmesser von 45 mm und können in Abhängigkeit von Einsatzort und untersuchter Fragestellung eine Länge von 0,5 m, 1 m oder 1,5 m besitzen. Das Freeze-Core-Rohr wird am Probenahmeort durch ein Fallgewicht schrittweise bis zur Strömungsschutzplatte in das Sediment eingeschlagen und der Verbindungsschlauch zum Stickstoffdruckbehälter an die innenliegende Stickstoffleitung angeschlossen. Der zugeführte Flüssigstickstoff gelangt über die innenliegende Stickstoffleitung sowie die innenliegenden Verteilungskanäle in die Freeze-Core-Rohrspitze, verdampft dort und entweicht wiederum über das Verlängerungsrohr in die Atmosphäre (Bild 4). Nach ca. 20 – 30 Minuten kann der an der Lanzenspitze festgefrorene Bodenkörper geborgen werden. In Abhängigkeit von der Kornverteilung der Probe, der Gefrierzeit und des eingestellten Stickstoffflusses weisen die Gefrierkerne einen Durchmesser von 10 – 40 cm auf. Weitere Details zum Messverfahren können z.B. den Informationsseiten des Herstellers des hier verwendeten Systems unter www.uwitec.at entnommen werden.



Bild 3: Gefrierkern-Probennehmer

An den Gefrierkernen ist die Stratigraphie des Sohlensubstrates sehr gut erkennbar. Die Probe wird vor Ort in eine Diamantsägevorrichtung eingespannt, einer visuellen Bodenansprache unterzogen und ent-

sprechend in Teilproben zerlegt. Anhand der resultierenden, tiefenorientierten Teilproben werden im Bodenkunde die Kornverteilungen nach DIN 18123 (Sieb- und Schlämmanalysen) ermittelt.

Untersuchungen von Niederreiter und Steiner (1999) zur Eignung des Gefrierkern-Verfahrens zeigen, dass es durch das Einrammen der Lanze zu einer von der Kornverteilung abhängigen Gefügezerstörung (Verschiebung, Verdrückung, Zerschlagung von Komponenten) im Kontaktbereich zur Lanze sowie zu einer Auswaschung von feinkörnigen Matrixanteilen (Feinsand-, Schluff-, Tonfraktion) bis in eine Tiefe von 30 – 40 cm kommen kann. Demgegenüber konnten Knapp & Vredenburg (2004) in ihren Untersuchungen, die das Gefrierkern-Verfahren mit einem Stechrohr-Verfahren verglichen, keine signifikanten Unterschiede für die oberen Sedimentschichten ausmachen. Unterschiede in den Kornverteilungskurven waren hingegen auf den Anteil der Kiesfraktion > 12,5 mm zurückzuführen. Über ähnliche Erfahrungen berichten auch Grost et al. (2004). In ihrem Vergleich verschiedener Probenahmetechniken für Flusssedimente blieben die Unterschiede in den ermittelten Kornverteilungen auf die Grobkiesfraktion (> 50 mm) beschränkt.



Bild 4: oberer Abschluss des Hohlgestänges mit isolierter Stickstoffzuleitung und ausströmendem Stickstoffgas

Die von den vorgenannten Autoren festgestellten Unterschiede für die Kies- und Steinfraktion sind sicherlich auf das Verdrücken der Grobfraktion beim Einschlagen der Stechrohre zurückzuführen. Dabei wird sich der resultierende Fehler mit zunehmendem Korndurchmesser und zunehmendem Durchmesser des Stechrohrs verfahrensbedingt erhöhen. Bei den in dieser Untersuchung aus der Sohle des oberen Vorhakens der Schleuse Brandenburg und der Flusshavel entnommenen Proben handelt es sich im wesentlichen um Sande, so dass der Durchmesser der spezifischen Grobkornfraktion deutlich geringer ist als der Durchmesser der Gefrierkerne. Infolgedessen sind auf den Anteil der Grobkornfraktion zurückzuführende Fehler in den ermittelten Kornverteilungen für diese Untersuchung weitgehend auszuschließen. Weiterhin gaben die gewonnenen Gefrierkerne weder bei der visuellen Ansprache noch bei der Bestimmung der Kornverteilung Hinweise darauf, dass es in den oberflächennahen Schichten zu einem Verlust der Feinkornfraktion bei der Probennahme kam. Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass es im Rahmen dieser Untersuchung des Sohlensubstrates zu keinen relevanten verfahrensbedingten Fehlern gekommen ist.

4 Untersuchungsergebnisse

Im Zuge der Untersuchungskampagne wurden im Bereich des oberen Vorhafens der Schleuse Brandenburg sowie des sich anschließenden Abschnitts der Flusshavel 12 Gefrierkerne entnommen (Bild 5). Beispielhaft ist in Bild 6 der Gefrierkern 10 dargestellt. Mit Ausnahme des Gefrierkerns 11, bei dem vermutlich ein Einschlaghindernis angetroffen wurde, konnte bei den Probenahmen stets die geplante Entnahmetiefe von 1 m erreicht werden.

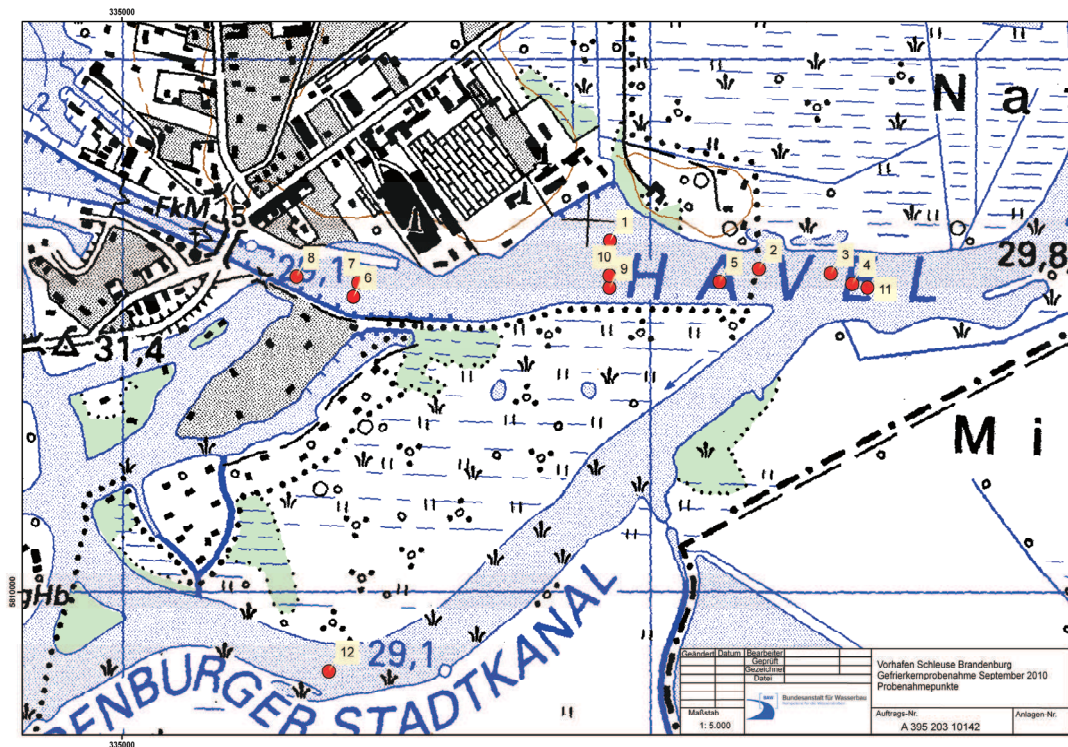


Bild 5: Lageplan der Gefrierkern-Probenahmen

Die Siebanalysen belegen, dass bei 11 von 12 Gefrierkernen über die gesamte Entnahmetiefe enggestufte Sande (SE) im Profil anstanden. Die teilweise durch erhöhte Muschelanteile oder Verfärbungen erkennbare Stratigraphie der Gefrierkerne konnte weder bei den Siebanalysen noch bei den ergänzend durchgeführten Glühverlustmessungen bestätigt werden. Die sowohl über die Tiefe als auch über die Fläche der Fahrrinne festzustellende hohe Homogenität der Sohlsedimente spiegelt sich ebenfalls in den nach HAZEN ermittelten hydraulischen Durchlässigkeiten wieder, die in der engen Bandbreite zwischen 10^{-4} und 10^{-3} m/s schwanken. Der Gefrierkern 8 weist ab 50 cm unter der Sohle einen im Vergleich leicht erhöhten Unterkornanteil auf (SU/ST). Da die benachbart gewonnenen Gefrierkerne 6 und 7 keine entsprechenden Schichten an schluffig/tonigen Sanden aufweisen, ist diese lokale Anomalie aber ohne Bedeutung für die Infiltration von Flusswasser in den oberflächennahen Grundwasserleiter.

Die im Bereich der Fahrrinne entnommenen Gefrierkerne reichten stets unter die geplante Aushubsohle von 4 m unter BWu. Sowohl die visuelle Ansprache als auch die Laborergebnisse belegen, dass im Bereich der Fahrrinne bis in 1 m Tiefe keine Hinweise auf eine äußere oder innere Kolmationsschicht festgestellt werden konnten. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die geplanten Baggerarbeiten keinen relevanten Einfluss auf die Interaktion zwischen oberem Vorhafen und Flusshavel sowie dem Grundwasser haben werden. Vor diesem Hintergrund sind durch die Baggerungen induzierte Veränderungen der oberwassernahen GW-Stände oder des Strömungsfeldes mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen.

Gleichwohl konnte mit den Untersuchungen der deutlich erhöhte Fließwiderstand zwischen der Sohle des oberen Vorhafens und der Flusshavel sowie den oberwassernahen GW-Messstellen räumlich nicht weiter eingegrenzt werden. Da die naheliegende Vermutung einer kolmatierten Gewässersohle ausgeschlossen werden konnte, resultiert der der erhöhte Fließwiderstand vermutlich aus einer geringeren hydraulischen Durchlässigkeit auf der verbleibenden Fließstrecke bis zu den ufernahen GW-Messstellen.



Bild 6: Gefrierkern 10

Wie schon in anderen Projekten zeigte sich auch in diesem Genehmigungsverfahren, dass die Gefrierkernprobenahme im Vergleich zu anderen Untersuchungsmethoden durch die Gewinnung von gefügeintakten wassergesättigten Lockersedimenten eine hohe Anschaulichkeit besitzt. Anhand der aussagekräftigen Photos und Laborergebnisse ließen sich sowohl bei den im Planungsprozess eingebundenen Fachleuten aber auch bei betroffenen Laien auch überraschende, üblichen Vorstellungen entgegenstehende Schlussfolgerungen nachvollziehbar vermitteln. Auch wenn der operative Aufwand für die Durchführung einer Gefrierkernprobenahme sehr hoch ist, empfiehlt es sich daher bei kritischen Projekten, in denen detaillierte Kenntnisse zu den Sohlenverhältnissen zwingend erforderlich sind, eine qualifizierte Gefrierkernprobenahme als zusätzliche Untersuchungsmethode in Erwägung zu ziehen.

Literatur

- HGN (1993): Untere Havelwasserstraße Wusterwitz – Potsdam, Erläuterungen zur hydrogeologischen Situation., Hydrogeologie GmbH
- LBGR (2011): Hydrogeologische Karte von Brandenburg., 1:25.000 (www.geo.brandenburg.de/hyk50)
- Niederreiter, R. & Steiner, K.-H. (1999): Der Freeze-Panel-Sampler (Frost-Platten-Sammler) – Ein neues korngößenunabhängiges Verfahren zur Entnahme gefügeintakter oberflächennaher Urproben aus wassergesättigten Lockersedimenten., Hydrologie und Wasserbewirtschaftung
- Knapp, R.A. & Vredenburg, V.T. (2004): A Field Comparison of the Substrate Composition of California Golden Trout Redds Sampled with Two Devices., North Am. J. of Fish. Manag. 16(3): 674-681
- Grost R.T.; Hubert W.A. & Wesche, T.A. (2004): Field Comparison of Three Devices Used to Sample Substrate in Small Streams., North Am. J. of Fish. Manag. 11(3): 347-351