
Dokumentation zur SedDB Binnen

Die SedDB-Binnen beinhaltet Feststofftransportdaten (Geschiebe und Schwebstoff aus Vollprofilmessungen) und sedimentologische Daten der Gewässersohle (Kornverteilung, Schichtaufbau, Sohlbeschreibung etc.) für die Binnenwasserstraßen in Deutschland. Ziel der Datenbank ist es, die vorliegenden Daten für morphologische Anwendungen (quantitative Fragestellungen) sowie für ökologische und qualitativ-gewässerkundliche Fragestellungen verfügbar zu machen. Die SedDB-Binnen speichert direkt gemessene Daten (z. B. lokale gemessene Schwebstoffkonzentrationen) sowie aus den Messdaten abgeleitete Parameter (z. B. über den Fließquerschnitt integrierte Transportraten), die innerhalb der Datenbank berechnet werden. Sowohl die Messdaten als auch die abgeleiteten Parameter weisen Unsicherheiten auf.

Dieses Dokument gibt Informationen über die Messmethoden und die damit verbundenen Unsicherheiten. Das Dokument gliedert sich in die drei Bereiche der SedDB: den Geschiebetransport, den Schwebstofftransport aus Vielpunktmessungen und die Sohlzusammensetzung.

1 Geschiebemessung

1.1 Durchführung der Messungen

Die Daten zur Geschiebemessung in der SedDB beruhen auf der direkten Bestimmung des Geschiebes an der Gerinnesohle durch einen Geschiebefänger (vgl. Abb. 1). Vor 1992 erfolgten die Messungen mit dem BfG-Fänger mit einer Korbbreite von 15,5 cm und einer Maschenweite von 1 mm. Etwa ab Mitte der 1990er Jahre wurden Fänger mit einer Breite von 16 cm, einer Höhe von 10 cm und einer Maschenweite von 0,5 mm und 1,4 mm verwendet. Die Messung erfolgt meist von einem Messschiff an 5 bis 10 Lotrechten, die über die gesamte Gerinnebreite einer Messstelle verteilt sind. Je nach Gewässerbreite kann der Abstand zwischen den Messpunkten variieren. Nach genauer Positionierung des Messschiffes wird der Fänger für ca. 300 s (die genaue Zeit wird mit einer Stoppuhr gemessen) auf der Gerinnesohle positioniert. Nach Ablauf der vorgegebenen Zeit, wird der Geschiebefänger wieder an die Oberfläche befördert und der Inhalt des Fangkorbs in einen Behälter umgefüllt. Pro Lotrechte werden 3 Messungen à 300 s durchgeführt. Die Positionierung des Geschiebefängers und der Fangprozess werden über eine Videoanlage überwacht.

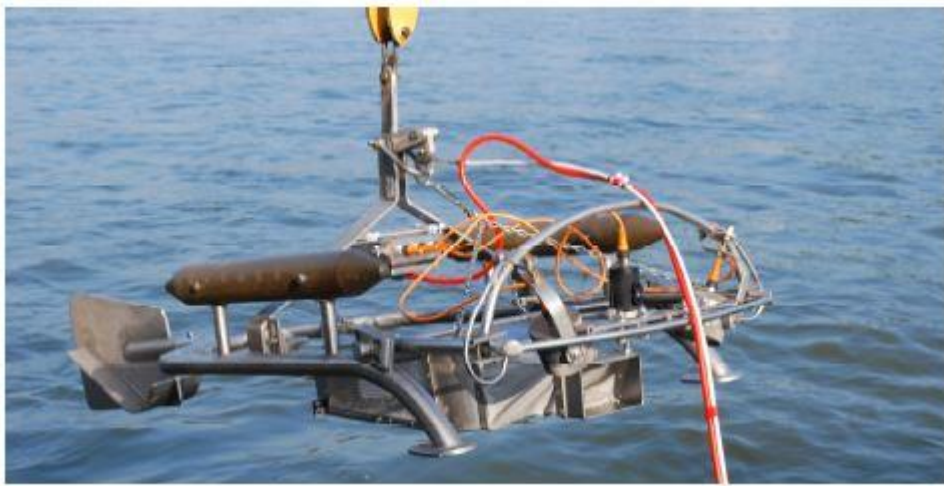


Abbildung 1: Geschiebefänger.

Die gewonnenen Geschiebeproben werden zur Vorbereitung für die Auswertung getrocknet (Trockenschrank bei 105°C) und danach wird die (Trocken-)Masse jeder Geschiebeprobe festgestellt. Anschließend wird die Gesamtprobe oder ein Teil der Probe (Beachtung der Korngrößenabhängigen Mindestmengen) einer Siebanalyse nach DIN 18123 zugeführt. Um den Arbeitsaufwand zu minimieren werden die an einem Messpunkt gewonnenen Geschiebeproben gemischt und es wird nur eine Siebanalyse einer repräsentativen Teilprobe durchgeführt. Zur weiteren Auswertung werden die Trockenmassen der einzelnen Geschiebeproben verwendet.

1.2 Unsicherheiten

Die Messung des Geschiebetransports ist eine anspruchsvolle technische Aufgabe. Mögliche Unsicherheiten der Messung ergeben sich durch stochastische und systematische Fehlerquellen. Unsicherheiten abgeleiteter Größen (z.B. Hochrechnung der Punktmessungen auf den Gerinnequerschnitt oder die Berechnung von Jahresfrachten) ergeben sich vor allem aus der natürlichen Variation des Sedimenttransports in Raum und Zeit (Frings & Vollmer, 2009). Zusätzliche Unsicherheiten für abgeleiteten Größen resultieren aus inhärenten Unsicherheiten der Berechnungsansätze.

Systematische Messfehler

Frings et al. (2014) nennen folgende systematische Fehlerquellen für die Messungen der Geschiebefracht:

1. Fehlerhafte Positionierung des Geschiebefängers:

Trotz der Ausrüstung des BfG-Geschiebefängers mit einer Kamera zur Kontrolle kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Fänger aufgrund fehlerhafter Positionierung den tatsächlichen Transport unterschätzt. Dies kann vor allem dann vorkommen, wenn hoher Transport mit ungenügender Sicht herrscht und weiterhin die Sohle durch Unebenheiten gekennzeichnet ist (z. B.: Fänger steht auf Unebenheit auf, feines Material wird unter dem Fänger hindurchtransportiert). Eine systematische Unterschätzung der Transportraten, insbesondere bei

hohen Abflüssen, aber auch eine Überschätzung (z. B.: Fänger „gräbt“ sich während der Messung in sandiger Sohle ein), können daher nicht ausgeschlossen werden.

2. Ungenügende hydraulische Effektivität des Geschiebefängers:

Da der Fänger aufgrund des eigenen Strömungswiderstandes im Einlaufbereich eine geringere Fließgeschwindigkeit als die umgebende Strömung aufweist, wird der gemessene Transport systematisch unterschätzt. Dieser Effekt wird jedoch durch einen in Laborversuchen ermittelten Korrekturfaktor berücksichtigt. Ein systematischer Restfehler kann nicht ausgeschlossen werden, der mögliche Einfluss wird jedoch als gering angesehen.

3. Ungenügende sedimentologische Effektivität des Geschiebefängers:

Die sedimentologische Effektivität gibt an, wie viel des in den Geschiebefängers eingetragenen Materials tatsächlich gefangen wird. Systematische Messfehler in Transportmessungen treten vor allem auf, wenn die sedimentologische Effektivität des Sammlers von 100 % abweicht (Frings & Vollmer, 2009). Maßgeblichen Einfluss darauf hat die Maschenweite des Fangkorbs. Eine kleine Maschenweite verringert die hydraulische Effektivität, Geschiebe wird durch den Stau um den Fänger herum transportiert und erhöht die Gefahr des Zusetzens des Fangkorbs. Dies führt zu Rückstauwirkungen an der Sammleröffnung und damit zu einer Unterschätzung der Fracht. Um das zu verhindern, werden teilweise Geschiebefangkörbe mit größeren Maschenweiten eingesetzt (s.o.). Es besteht ein Risiko, dass Geschiebekörner der feineren Fraktionen durch die Maschen hindurchtransportiert werden, was wiederum zu einer Unterschätzung des Geschiebetransports führt. Es ist weiterhin zu vermuten, dass ein Teil der Feinfraktionen beim Bergen des Fängers verloren geht. Banhold et al. (2013) berichten auf Grundlage von Laborversuchen von Verlusten der Sandfraktion während der Geschiebemessung im Bereich von 50 % bei einem Fangkorb mit einer Maschenweite von 1,4 mm bzw. 22 % bei einer Maschenweite von 0,5 mm, wobei die tatsächlichen Sandverluste abhängig waren vom Füllgrad des Fängers und dem Sandgehalt des gefangenen Materials.

4. Fehlerhafte Integration des Transports über die Breite:

Die Integration der Transportmenge über die Gewässerbreite aus den Einzelmessungen erfolgt in der Datenbank SedDB. Es ist möglich, dass zwischen den Einzelmessungen höhere oder niedrigere nicht gemessene Transportraten auftraten, wodurch die Integration eine systematische Unter- bzw. Überschätzung ergäbe. Aufgrund der Vielzahl der Messpunkte (überwiegend 5 bis 10) und des meist visuell plausiblen Verlaufs der Transportrate über die Breite wird der mögliche Fehlereinfluss als gering eingeschätzt.

Stochastische Fehler

Der Geschiebetransport ist ein räumlich und zeitlich variabler, stochastischer Prozess. Einzelmessungen können daher nicht als repräsentativ für die Transportrate unter den jeweils aktuellen Bedingungen angesehen werden. Auch durch die mehrmalige Wiederholung der Punktmessungen und die Integration des Transports aus mehreren Punktmessungen innerhalb eines Messprofils werden gewisse hydraulische und sedimentologische Effekte (z. B. Hystereseffekte) nicht vollständig eliminiert bzw. aufgrund der Anzahl der Messungen nicht hinreichend abgebildet.

Dies zeigt sich letztlich in der Streuung der einzelnen Messwerte um abgeleitete Transport-Abfluss-Beziehungen.

Kleinhans und Ten Brinke (2001) untersuchten ausführlich die Unsicherheiten aufgrund stochastischer Messfehler und der natürlichen Variabilität des Sedimenttransports. Sie ermittelten für verschiedene Messverfahren die resultierenden stochastischen Fehler in Bezug auf querschnittsintegrierte Transportraten. Für Geschiebefrachtmessungen im deutschen freifließenden Ober- und Mittelrhein schätzten sie den Fehler auf etwa 50 % ab.

2 Schwebstoff aus Vollprofilmessungen

2.1 Durchführung der Messungen

Die Bestimmung des Schwebstofftransportes aus Vollprofilmessungen (SVP) hat u. a. das Ziel, das Schwebstoffmonitoring der Dauermessstellen, welches durch werktägliche Messungen an einem definierten Punkt an der Wasseroberfläche im Gerinnequerschnitt (Einpunktmessung) erfolgt, als räumlich höher aufgelöstes Verfahren zu ergänzen. SVP-Messungen werden mehrmals jährlich zur Bestimmung der Verteilung des Schwebstoffes im Querschnitt und des bettbildenden Anteils des Sandes in Suspension an den Geschiebemessstellen der frei fließenden Flüsse durchgeführt. Die Ergebnisse der SVP-Messungen werden in der SedDB der BfG archiviert.

Die Messung umfasst die Bestimmung der Fließgeschwindigkeiten und die Entnahme von 50 l Probenwasser an vier bis sechs Lotrechten entlang des Gerinnequerschnittes in vier bis fünf verschiedenen Tiefen (vgl. Abb. 2). Zur Extraktion des suspendierten Sandes wird die entnommene Wasserprobe mit einem Quadratlochsieb mit einer Maschenweite von 0,063 mm separiert. Der Feinanteil wird durch Filterung mit einem Papierfilter bestimmt. Beide Fraktionen werden getrocknet und gewogen und zur Berechnung der Sedimentkonzentration auf das Probenvolumen bezogen. Um die Suspensionsfracht zu berechnen, werden die Sedimentkonzentrationen mit der gemessenen Fließgeschwindigkeit multipliziert und über die Tiefen der Lotrechten und die Gerinnebreite integriert.



Abbildung 2: Entnahmevorrichtung für Schwebstoffproben.

2.2 Unsicherheiten

Unsicherheiten bei der Bestimmung des Schwebstofftransportes aus den Vielpunktmessungen treten bei der Messung und der Berechnung abgeleiteter Größen auf. Die genauen Ursachen sind im Folgenden diskutiert.

Systematische Unsicherheiten

1. Entnahme der Schwebstoffproben

Die Entnahme der Schwebstoffproben erfolgt nicht isokinetisch, was zu einer Verfälschung der Messergebnisse führen kann.

2. Unsicherheiten in der Positionsbestimmung

Es bestehen grundsätzlich Unsicherheiten bei der Positionsbestimmung des Messschiffes bzw. der Entnahmevorrichtung. Die horizontale Lage des Entnahmerohrs wird nicht überwacht, was besonders in Sohlhöhe zu Abweichungen vom gewählten Messpunkt führen kann. Fehler können auch bei der Protokollierung der Messposition erfolgen.

3. Unterschätzung der Schwebfrachten durch Filtrierung

Das Risiko, dass der Schwebstofftransport der Ton- und Schluffpartikel zumindest in manchen Messungen unterschätzt wird, ist hoch. Die verwendeten Filter weisen eine mittlere Porengröße von rund 6 μm mit sehr heterogener Struktur auf, was dazu führen kann, dass Ton- und Schluffpartikel durch den Filter hindurchtransportiert werden, was wiederum zu einer Unterschätzung der Frachten führt. Diese Unterschätzung ist jedoch begrenzt dadurch, dass nur ein gewisser Anteil der Schwebstoffe feiner als 6 μm ist, während der größte Teil des

Feinmaterials als Flocken vorliegt (Flocken werden vor der Messung nicht zerstört) und deshalb mit hoher Wahrscheinlichkeit auf dem Filter zurückgehalten werden (Frings et al., 2014).

4. Integration der Suspensionsfrachten über das Profil

Die Integration der Suspensionsfracht aus Punkt- und Vollprofilmessungen erfolgt in der Datenbank SedDB. Ein Vergleich von abgeleiteten Jahresfrachten aus Vollprofilmessungen mit den in Punktmessungen ermittelten Frachten deutet auf eine mögliche systematische Unterschätzung der Frachten hin (Promny et al., 2010; Vollmer et al., 2014). Von Kleinhans und Ten Brinke (2001) abgeleitete systematische Unsicherheiten für die Schwebstofffrachtmessungen lagen in der Größenordnung von 10 %.

Stochastische Unsicherheiten

Analog zum Geschiebetransport treten beim Schwebstofftransport stochastische Unsicherheiten auf. Ähnlich dem Geschiebetransport ist auch der Schwebstofftransport zeitlich sehr variabel, sowohl im Jahresverlauf bzw. auf der Ereignisskala (z. B. Hochwasser), andererseits auch auf kleinerer zeitlicher Skala. Hystereseeffekte, die in kontinuierlichen Schwebstoffmessungen deutlich zu beobachten sind, werden durch die Einzelmessungen der Schwebstoffvielpunktmessungen nicht abgebildet und führen zu Unsicherheiten beispielsweise in abgeleiteten Transport-Abfluss-Beziehungen oder Jahresfrachten. Große Probenmengen (50 Liter) reduzieren den Einfluss von stochastischen Schwankungen der Schwebstoffkonzentrationen auf der Zeitskala der Messungen. Dennoch bleiben Unsicherheiten bestehen, die sich auch in der Streuung der einzelnen Messwerte um abgeleitete Transport-Abfluss-Beziehungen widerspiegeln.

3 Beschaffenheit der Sohle

3.1 Durchführung der Messungen

Informationen über die Beschaffenheit von Sohle und Untergrund sind eine wesentliche Grundlage für die Beurteilung bereits eingetretener und künftig zu erwartender Sohlhöhenveränderungen. Dies gilt sowohl für analytische Betrachtungen als auch für Modellrechnungen. Das Messkonzept zur Untersuchung der Beschaffenheit der Sohle beschreiben Zentgraf et al. (2008):

Eine generelle sedimentologische Aufnahme der Sohle soll etwa alle 10 Jahre erfolgen und innerhalb eines 2-Jahreszeitraums abgeschlossen sein. In einzelnen, von Baumaßnahmen besonders betroffenen Streckenabschnitten werden teilweise häufigere Sohlenaufnahmen durchgeführt. Um möglichst ungestörte Lagerungsverhältnisse anzutreffen, soll die sedimentologische Aufnahme grundsätzlich bei Niedrig- bis Mittelwasser erfolgen.

Der Abstand der Querprofile, an denen Sohlenuntersuchungen durchgeführt werden, richtet sich nach der Homogenität bzw. Variabilität der Strecke und liegt zwischen 500 m und 5000 m. In der Taucherglocke werden die Proben getrennt aus der Deckschicht (0 - 0,1 m), der Unterschicht (0,1 - 0,3 m) und den eventuell vorhandenen Transportkörpern entnommen. Die Probenmenge

richtet sich nach der DIN 18123. Um auch die notwendigen Informationen über Sohlumwälzungen sowie über Einmischtiefen von Tracer- und Zugabematerial zu bekommen, sind bereichsweise Gefrierkerne bis zu einer Tiefe von 1,5 m zu entnehmen.

Für die Erhebung der Sohldaten wird ein Taucherglockenschiff eingesetzt. Der Einsatz des Taucherglockenschiffs ermöglicht eine direkte und weitgehend ungestörte Begutachtung und Beprobung der Gewässersohle und liefert somit repräsentative Ergebnisse.

Die Durchführung einer Sohlenaufnahme besteht aus der visuellen Erfassung und Beschreibung der ungestörten Gewässersohle, dem Fotografieren der in der Glocke aufgeschlossenen Sohle (komplett und Teilbereiche) und der Entnahme von Gesteinsproben getrennt nach Deckschicht (0 - 10 cm), Unterschicht (10 – 30 cm bzw. 10 - 50 cm) und eventuell vorhandenen Transportkörpern. Für die entnommenen Proben werden die Korngrößenverteilungen bestimmt. Die Anzahl der Probenahmepunkte richtet sich nach der Flussbreite und der Variabilität der Sohlbeschaffenheit, dabei sind die Besonderheiten eines jeden Querprofils (z. B. Lage des geschiebeführenden Bereichs, der Schifffahrtsrinne) zu berücksichtigen.

Alternativ können Sohlproben mit einem Greifer (z. B. Schaufelbagger) vom Schiff aus entnommen werden. Nach Ansprache und fotografischer Dokumentation erfolgt die Probenahme der Schichten an Bord aus dem Greifer heraus. Nachteil dieses Verfahrens ist, dass keine visuelle Überprüfung der Probenahme möglich ist und somit auch bei vorsichtiger Durchführung eine Störung der Schichtung auftreten kann (z. B. Störung der Schichten beim Zuklappen der Schaufel oder Ausspülung beim Herausheben aus dem Wasser).

3.2 Unsicherheiten

Bei der Analyse der Sohlenuntersuchungen ist zu beachten, dass einzelne Untersuchungen (auch schon durch Unterschiede in der Methodik) Unsicherheiten beinhalten können. Je nachdem, ob beispielsweise Deckschicht oder Düne beprobt wurde, sind große Unterschiede zu erwarten. Es ist daher kritisch zu betrachten, wenn ein zeitlicher Trend auf Grundlage einzelner Erhebungen fußt.

In allen Abschnitten können Fehler bei der Übertragung von Messdaten aus Protokollen oder bei Import von Ergebnisdateien, beispielsweise aus Siebanalysen, in die Datenbank auftreten.

Literatur

- Banhold, K., Frings, R. M., & Schüttrumpf, H. (2013). Teil 1: Sandverlust bei Geschiebemessungen im Rhein. In Bundesanstalt für Gewässerkunde (Ed.): *Von der Quelle zur Mündung, eine Sedimentbilanz des Rheins*. Lehrstuhl und Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der RWTH Aachen University, Aachen.
- Frings, R. M., Döring, R., Beckhausen, C., Schüttrumpf, H., & Vollmer, S. (2014). Fluvial sediment budget of a modern, restrained river: The lower reach of the Rhine in Germany. *CATENA*, 122(0), 91-102.
- Frings, R. M., & Vollmer, S. (2009). *Morphological development of the river Rhine between 1996 and 2006, A comparison of two approaches: sediment transport measurements and echosounding surveys, Iffezheim-Brohl (km 336-620)* (Internal report No. BfG-1640). Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- Kleinhaus, M. G. & ten Brinke, W. B. M. (2001). Accuracy of cross-channel sampled sediment transport in large sand-gravel-bed rivers. *Journal of Hydraulic Engineering* 127(4), pp. 258-269.
- Promny, M., Frings, R. M., Gehres, N., Busch, N., Vollmer, S., & Götz, E. (2010). *Analyse und Bewertung der hydraulisch-morphologischen Situation zwischen Iffezheim und Mainz*. BfG-Bericht Nr. 1702. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- Vollmer, S., Grätz, D., Schriever, S., Krötz, K., König, F., Svenson, C., et al. (2014). *Sedimenttransport und Flussbettentwicklung der Binnemelbe* (KLIWAS Schriftenreihe Nr. 67/2014): Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- Zentgraf, R., Schulz, B., Otto, W., Vollmer, S., Krekel, F., Reinecke, C., & Schmidt, T. (2008). *Rheingauanalyse - Hydraulisch-morphologische Untersuchung des Rheins zwischen Mainz und Bingen*.