

Messung der Verteilung des suspendierten Sandes in der Elbe und Ermittlung seines bettbildenden Anteils

Werner Sauer, Andreas Schmidt

1 Zielsetzung

Neben dem Geschiebe spielt der in Suspension befindliche Sand eine wesentliche Rolle für die Sohlentwicklung der Elbe.

Ziel der hier vorgestellten Arbeit war die Charakterisierung der Verteilung des suspendierten Sandes durch Messungen und die Ermittlung seines bettbildenden Anteils, d.h. des Anteils, der nur zeitweise mit der Sohle im Austausch steht, jedoch zu einem erheblichen Maße zur Sohlbildung beiträgt. Der Ermittlung dieses Anteils kommt gerade an der Elbe besondere Bedeutung zu, da Sandfraktionen im gesamten Verlauf der deutschen Elbe in erheblichem Umfang Bestandteil des Sohlenmaterials sind, und die Frachten des suspendierten Sandes diejenigen des Geschiebes deutlich übersteigen (BAW und BfG 1996, Schmidt 1996).

2 Messergebnisse

Charakteristische Messergebnisse für die Vertikalverteilung des suspendierten Sandes im Flussmittbereich sind in Abb. 1 dargestellt.

Bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten (Abflüssen) weist die überwiegende Mehrzahl der Profile eine in der Vertikalen und auch über die Gewässerbreite nahezu gleichmäßig verteilte Sandkonzentration von ca. 2...7 g/m³ auf.

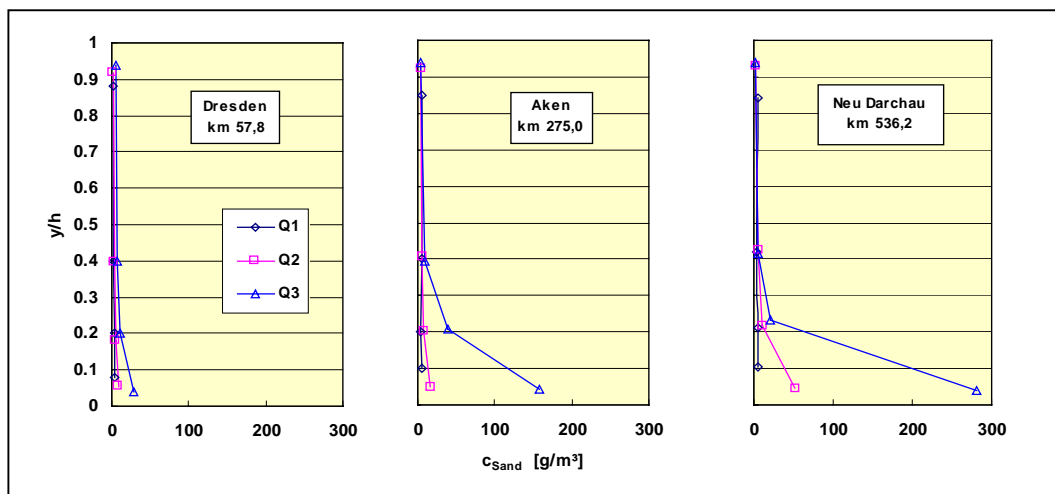


Abb. 1. Vertikalprofile der Sandkonzentration für verschiedene Messstellen und Abflüsse (Q1 ≈ MNQ, Q2 ≈ MQ, Q3 ≈ 2MQ)

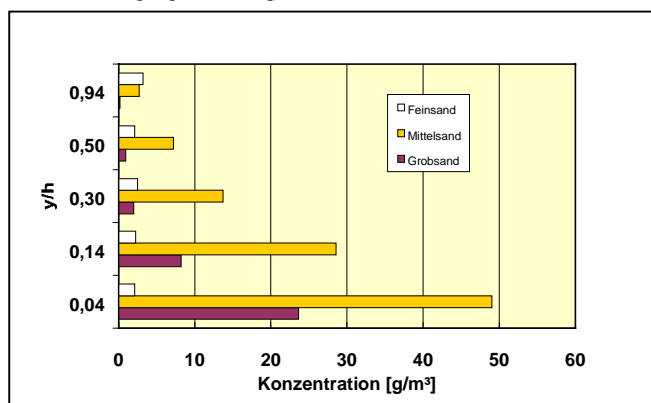


Abb. 2. Vertikalverteilung von Sandfraktionen am Elbe-km 321,0 bei ca. 2 MQ

Mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit findet ein Anstieg der Konzentration statt. Dieser Anstieg ist in Sohlnähe am stärksten, nimmt etwa bis zur halben Gewässertiefe stark ab, führt jedoch bis auf wenige Ausnahmen nicht zur Erhöhung der Konzentration in Oberflächennähe.

Messungen zur Vertikalverteilung der verschiedenen Sandfraktionen (Abb. 2) bestätigen die Annahme, dass neben einer durch die turbulente Strömung gleichmäßig verteilten, nicht sohlrelevanten Feinsandfraktion mit zunehmenden Abfluss Mittel- und Grobsandfraktionen des Sohlmaterials in Suspension übergehen. Diese gelangen wegen ihrer größeren Sinkgeschwindigkeit nur in geringem Maße bis in die Nähe der Oberfläche.

3 Lösungsansatz

Auf Grund der Messergebnisse gehen wir davon aus, dass der suspendierte Sand aus einem stets vorhandenen Anteil von überwiegend Feinsand besteht, der z.B. aus Einleitungen, Oberflächeneinträgen, Einträgen über Nebenflüsse u.ä. stammt, und der von der turbulenten Strömung zumindest über längere Elbabchnitte in nahezu gleichmäßiger Verteilung gehalten wird und somit der Spülfracht zugeordnet werden kann („Sand-Spülfracht“) sowie aus einem zweiten Anteil, der aus der Sohle oder dem Geschiebe stammt und der nur zeitweilig bei Vorliegen ausreichend hoher Schubspannungen v^* in Suspension überführt wird und bei geringeren Schubspannungen wieder sedimentiert („suspendiertes Bettmaterial“).

Unter der Annahme einer Vertikalverteilung nach Rouse für eine Referenzkonzentration c_a am Punkt a

$$\frac{c(y)}{c_a} = \left(\frac{h-y}{y} \frac{a}{h-a} \right)^z \quad \text{mit } z = v_s / \kappa v^*$$

wird nach Wang und Dittrich (1992) $z = 0,06$ als Kriterium für die Trennung der Sand-Spülfracht vom suspendiertem Bettmaterial angesetzt.

4 Ermittlung des bettbildenden Anteils

Zur Berechnung des bettbildenden Anteils des suspendierten Sandes werden unter Berücksichtigung dieses Ansatzes die Transportfunktionen für beide Sandanteile aus Regressionsbeziehungen für die mehrjährigen Vielpunktmessungen des Schwebstofftransports an den einzelnen Messstellen ermittelt.

Der Transport der Sand-Spülfracht wird dabei mit Hilfe von Messlotrechten-spezifischen Rouse-Kurven mit $z = 0,06$ berechnet, der Transport des suspendierten Bettmaterials ergibt sich dann aus der Differenz des Transportes der Sand-Spülfracht zum Gesamttransport des suspendierten Sandes.

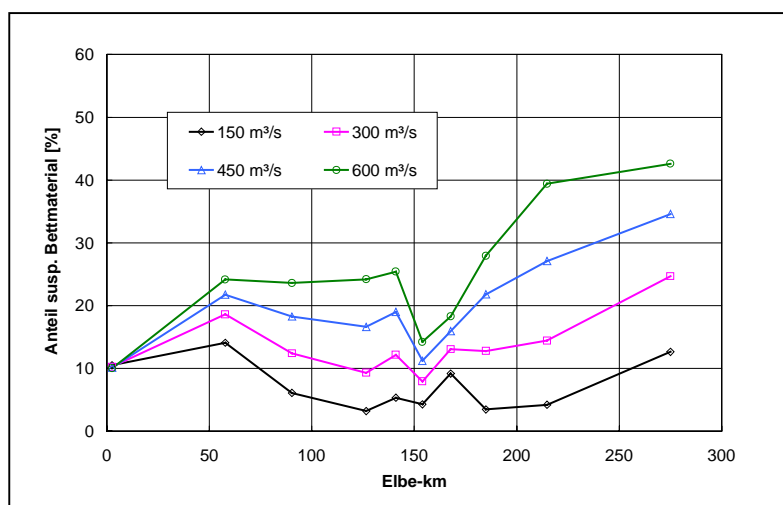


Abb. 3. Anteil des suspendierten Bettmaterials am Gesamttransport des suspendierten Sandes in der Elbe zwischen Schöna und Aken für verschiedene Abflüsse

Mit Hilfe dieser funktionalen Zusammenhänge lassen sich der Bett bildende Anteil des suspendierten Sandes für verschiedene Abflusssituationen und –zeiträume sowie der Anteil des suspendierten Bettmaterials am Gesamttransport berechnen (Abb. 3). Erwartungsgemäß ist der Anteil

des suspendierten Bettmaterials vom Abfluss (Ausnahme: Schöna) und von der Messstelle abhängig und beträgt für den dargestellten Elbeabschnitt für MQ zwischen 10 und ca. 30 % ($MQ_{1931/1993} = 322 \text{ m}^3/\text{s}$ am Pegel Dresden und $MQ_{1936/1993} = 438 \text{ m}^3/\text{s}$ am Pegel Aken).

Durch die Einbeziehung neuerer Messergebnisse ist noch eine Aktualisierung der in Abbildung 3 dargestellten Ergebnisse sowie eine Erweiterung bis zum Elbe-km 536 vorgesehen.

Literatur

BAW, BfG (1996) Erosionsstrecke der Elbe - Bericht zur wissenschaftlichen Vorbereitung und Begleitung des Naturversuchs Geschiebezugabe, Berlin, Mai 1996

Schmidt, A. (1996) Ergebnisse neuerer Untersuchungen zu Gewässersohle und Feststofftransport in der Erosionsstrecke, Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau Nr. 74, S. 51-62

Wang, Z., Dittich, A. (1992) Proc. Of the 2nd international conference on hydraulic and environmental modelling of coastal, estuarine and river waters, Editor: Falconer, R.A., Shiono, K., Matthew, R.G., University of Cambridge, Vol. 2, pp.467-478