

# **Eindimensionale Strömungs- und Feststofftransport-Berechnungen der Elbe am Beispiel eines Elbeabschnitts bei Sandau**

Kerstin Adam, Günter Meon, Kai Otte-Witte, Klaas Rathke

## **1 Einführung**

Eingebunden in das Verbundprojekt „Morphodynamik der Elbe“ erfasst das Teilprojekt „1D-Modellierung der Wasserspiegellagen und des Feststofftransports“ mittels hydraulischer und sedimentologischer Berechnungen den Ist-Zustand für die gesamte deutsche Elbe von der tschechisch-deutschen Grenze bis zur Staustufe Geesthacht. Die aus den Berechnungen gewonnenen abiotischen Parameter stehen im Ergebnis somit für die Erstellung ökologischer Leitbilder für Teilabschnitte der Elbe zur Verfügung.

Auf Grund des großen Umfangs des Projekts wird das Vorgehen hier grundsätzlich beschrieben und es werden Ergebnisse des Streckenabschnitts Elbe-km 407 bis Elbe-km 425 bei Sandau beispielhaft vorgestellt.

## **2 Methodik**

Die vom Verbundprojekt verwendeten Berechnungsprogramme, die zum Aufbau von hydronumerischen Modellen von Teilabschnitten der Elbe dienen, beruhen sowohl für die Hydraulik als auch für den Feststofftransport auf in der Praxis bewährten Berechnungsverfahren. Die Bundesanstalt für Wasserbau setzt die vom U.S. Army Corps of Engineers entwickelten Programme HEC-2 (Hydraulik) und HEC-6 (Feststofftransport) bereits seit Jahren erfolgreich für wasserbauliche Fragestellungen ein. Beide Programme basieren auf dem Rauheitsansatz nach Gaukler-Manning-Strickler. Im Rahmen des Projekts wurde das Programm HYSEMO32 auf der Grundlage des Fließgesetzes nach Darcy-Weisbach entwickelt, um Vergleiche beider Modellansätze durchzuführen. Der Vergleich ist im Abschlussbericht dieses Teilprojekts (Adam et al. 1999) enthalten. Die dargestellten Ergebnisse für den Abschnitt bei Sandau wurden mit HEC-2/HEC-6 ermittelt.

Grundlage der 1D-Modelle sind Querprofilaten von Flussschlauch und Vorländern, Wasserspiegelfixierungen historischer Abflussereignisse, Abflussganglinien der Elbepegel, sedimentologische Untersuchungen des Sohlssubstrats und Feststofftransportmessungen.

## **3 Beispielabschnitt Elbe-km 407 bis 425 bei Sandau**

Die Modellstrecke Sandau beginnt unterhalb von Tangermünde bei Elbe-km 407,0 und endet nach 17,7 km Fließstrecke vor der Havelmündung bei Elbe-km 425,7. Die Deichführung verläuft in diesem Teilstück relativ nah an der Elbe, so dass bei Hochwasser nur wenig Retentionsraum zur Verfügung steht. Die Vorländer sind schwach strukturiert und bestehen hauptsächlich aus Wiesen und Weideflächen. Dichtere Wälder sind erst hinter dem Deich im Landesinneren anzutreffen, die Auen sind nur vereinzelt mit Baumgruppen oder einzeln stehenden Bäumen bewachsen.

### **3.1 Geometrie**

Als Grundlage der Querprofile diente eine Peilung der Gewässersohle, die das Ufer bis zur Böschungskante einschließt. Sie wurde vom WSA Magdeburg im Oktober 1995 in einem Abstand von 200 m durchgeführt. Die fehlenden Vorlandinformationen wurden im Verbundprojekt aus der topographischen Karte im Maßstab 1:10.000 ergänzt (in Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt I.1 „Geländemodell und GIS“).

Um die Abflussflächen im Modell insbesondere bei niedrigen und mittleren Abflussereignissen korrekt abbilden zu können, ist der Einbau von Buhenschatten in die Querprofile unerlässlich. Für

diesen Streckenabschnitt lag keine Bühnenpeilung vor, so dass auf Stromkarten zurückgegriffen wurde, die die Lage der Längs- und Querbauwerke beinhalten.

### 3.2 Hydrologie

Als Bezugspegel für dieses Bearbeitungsgebiet wurde der Pegel Tangermünde bei km 388,2 festgelegt. Der zum unteren Modellende (Elbe-km 425,7) näher gelegene Wasserstands- und Abflusspegel Wittenberge bei Elbe-km 454,6 wurde nicht für die Untersuchungen herangezogen, da zwischen dem Modellende und diesem Pegel die Havelmündung liegt und durch den seitlichen Zufluss zur Elbe die Abflussdaten verfälscht werden.

Nachstehende Tab. 1 zeigt den Überblick der für die Eichung des hydronumerischen Modells verwendeten Fixierungen unter Angabe der Wasserstände und Abflüsse am Pegel Tangermünde (Elbe-km 388,2).

**Tab. 1.** Wasserspiegelfixierungen

Datum	Wasserstand [m+NN]	Abfluss [m <sup>3</sup> /s]
11.10.1993	29,31	249
10.05.1989	30,78	560
12.05.1969	32,56	1284
19.03.1981	34,29	3250

Eine Zeitreihenanalyse von TPI.4 „Hydrologische Analyse und Datenmanagement“ für den Pegel Tangermünde lag zum Zeitpunkt der Untersuchungen noch nicht vollständig vor. Für den unterstromigen Modellrand bei km 425,7 wurde daher aus den Pegelkurven von Wittenberge und Tangermünde und den Wasserspiegelfixierungen des Elbe-km 425,7 eine Abflusskurve mittels Differenzenbildung und Regression erstellt.

### 3.3 Sedimentologie

Die Sohldaten wurden einem BfG-Bericht (Haunschild 1994) entnommen. Da im Untersuchungsgebiet keine Messdaten vorlagen, wurde aus den vorhandenen Sieblinien der nächsten zwei oberstrom (Elbe-km 386,0 und 388,0) und der nächsten zwei unterstrom (Elbe-km 427,6 und 428,0) gelegenen Messstellen eine mittlere Kornverteilung durch graphische Interpolation ermittelt.

Für den Feststoffeintrag am oberstromigen Modellrand wurde auf Messungen der Geschiebe- und Schwebstofffrachten der Bundesanstalt für Gewässerkunde bei Tangermünde (Elbe-km 388,8) zurückgegriffen. Die dem Bearbeitungsgebiet näher gelegene Messstelle Wittenberge (Elbe-km 456,6) wurde auf Grund der Beeinflussung durch die Havel nicht verwendet. Durch den seitlichen Feststoffeintrag verändert sich die Kornverteilung der Feststoffe. Zum Zeitpunkt des Modellaufbaus lagen Geschiebe- und Schwebstoffmessungen aus den Jahren 1994-1997 vor.

### 3.4 Eichung/Ergebnisse

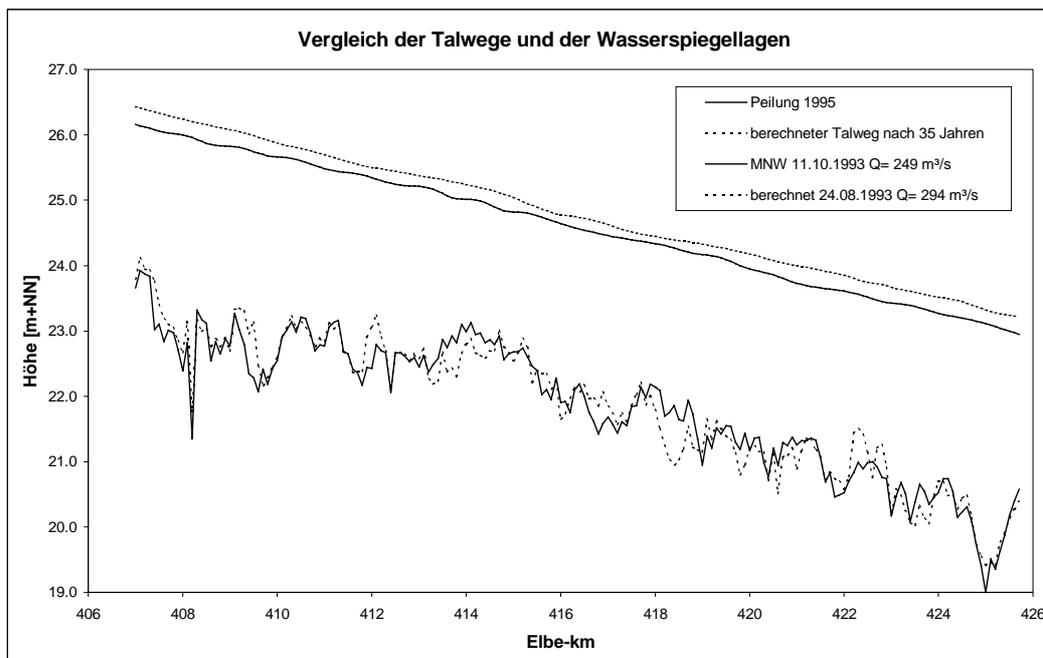
Die Eichung des hydronumerischen Modells erfolgte über das gesamte Abflussspektrum an Hand der in Tab. 2 aufgeführten Wasserspiegelfixierungen. Die Anpassung der berechneten an die fixierten Wasserspiegel erfolgte mit Hilfe der Rauheitsbeiwerte. Diese lagen hierbei in einer Größenordnung, die für die auftretenden Sohl- und Vorlandstrukturen der Elbe typisch sind. Das Kalibrierungsziel von +/- 0.1 m konnte dabei weitgehend eingehalten werden.

Die Eichung des Feststofftransportmodells konnte nicht über einen direkten Vergleich der Sohllagen zwischen 1960 und 1995 vorgenommen werden, da im Verbundprojekt nur die aktuellen Peilungen aufbereitet worden sind. Um eine Vorstellung der Sohlentwicklung in den letzten 34 Jahren zu bekommen, wurde ein Vergleich über Wasserspiegelfixierungen aus den Jahren 1959 (221 m<sup>3</sup>/s), 1985 (272 m<sup>3</sup>/s) und 1993 (249 m<sup>3</sup>/s) vorgenommen. Die Wasserspiegel wurden über den Pegel Tangermünde normiert. Die Differenz zwischen den normierten Wasserspiegeln ist gering und überschreitet 0.1 m nicht. Dies deckt sich mit den Untersuchungen der Bundesanstalt für Wasserbau (Faulhaber 1998), die zwischen Tangermünde und Schnackenburg keine nennenswerte Erosionstendenz feststellen konnte.

In der folgenden Abb. 1 ist ein Vergleich des gepeilten und des berechneten Talweges sowie eines Abflusses in der Größenordnung des mittleren Niedrigwassers dargestellt. In der diskretisierten Ganglinie tritt der Tageswert vom 11.10.93 (Q= 249 m<sup>3</sup>/s) als Berechnungszeitschritt mit einem Ab-

fluss von  $Q = 294 \text{ m}^3/\text{s}$  auf. Dies erklärt, warum dieser Wasserspiegel rund 30 cm über dem fixierten Wasserspiegel vom 11.10.93 liegt. Der Talweg der Berechnung entspricht weitestgehend dem 1995 gepielten Talweg.

Ein weiteres Eichkriterium ist die durchschnittliche jährliche Feststofftransportrate. Nach Messungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde liegt diese für den Zeitraum 1992-1996 im Mittel bei rund 740.000 t/a (Schmidt und Dröge 1999). Die Schwankungsbreite der Messungen liegt dabei zwischen 575.000 t/a und 1.065.000 t/a. Diese Werte wurden als Anhaltswerte für die Eichung mit HEC-6 herangezogen. Der Mittelwert des Gesamttransports für den oben genannten Zeitraum liegt nach der Eichung bei durchschnittlich 880.000 t/a, der Sand-/Kiesanteil beträgt im Mittel 270.000 t/a.



**Abb. 1.** Vergleich der Talwege und Wasserspiegellagen nach 35 Jahren Simulationszeit

Die Eichung des hydronumerischen Feststofftransportmodells ist erfolgreich verlaufen. Das Modell liefert vor dem Hintergrund der Datengrundlage ausreichend genaue Daten, die für weitere Betrachtungen wie z.B. orts- und zeit- bzw. abflussabhängige Wasserstände und Sohlbelastungen zur Verfügung stehen.

## Literatur

- Adam, K., Meon, G., Rathke, K. (1999) Verbundprojekt „Morphodynamik der Elbe“, Teilprojekt I.3: 1D-Modellierung der Wasserspiegellagen und des Feststofftransports – Abschlußbericht, Höxter
- Faulhaber, B. (1998) Entwicklung der Wasserspiegel- und Sohlhöhen in der deutschen Binneneibe innerhalb der letzten 100 Jahre – Einhundert Jahre „Elbestromwerk“. In: Geller, W., Punčochář, P., Bornhöft, D., Bouček, J., Feldmann, H., Guhr, H., Mohaupt, V., Simon, M., Smrťák, J., Spoustová, J., Uhlmann, O. (Hrsg.) Gewässerschutz im Einzugsgebiet der Elbe - 8. Magdeburger Gewässerschutzseminar, S. 217-220, Teubner Leipzig-Stuttgart
- Haunschild, A. (1994) Kornzusammensetzung der Elbsohle von der tschechisch-deutschen Grenze bis zur Staustufe Geesthacht, Gutachten BfG, Berlin
- Schmidt, A., Dröge, B. (1999) Feststofftransport in der Elbe. In: Fachtagung Elbe – Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue, 4.-7. Mai 1999 in Wittenberge, S. 57-60, Karlsruhe