

Hydraulisch morphologische Untersuchungen der Rückdeichung Lenzen am Beispiel des zweidimensionalen numerischen Modells

Birgit Bleyel

1 Einleitung

Im Bereich der Elbe zwischen Lenzen und Schnackenburg ergibt sich bei der Umsetzung von Großprojekten zur Auwaldrenaturierung und Wiederbelebung der Flußdynamik im Naturpark „Brandenburgische Elbtalaue“ aus der Notwendigkeit einer Deichrekonstruktion und dem Wunsch nach Beseitigung hydraulischer Engstellen die Möglichkeit einer Deichrückverlegung. In diesem Rückdeichungsgebiet ist die Wiederansiedlung von Auwald und Überflutungsröhrichten geplant. Der projektierte Rückdeichungsbereich erstreckt sich zwischen Elbe-km 477 und 484 und ist je nach Lage des neuen Deichs bis zu 660 ha groß.

Aus diesem Anlaß wurden von der Bundesanstalt für Wasserbau im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg Untersuchungen durchgeführt [BAW 1997, Faulhaber, P. 1997], die derzeit im Rahmen des Forschungsprojekts „Ökologische Forschung in der Stromlandschaft Elbe“ des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung fortgesetzt werden.

In der Untersuchung der geplanten Rückdeichung bei Lenzen wurden verschiedene numerische und ein aerodynamisches Modell eingesetzt (siehe Tab. 2, Projekteinführung der BAW). Die verschiedenen Modelle werden mit unterschiedlicher Zielsetzung angewendet und in der Bearbeitung und Ergebnisinterpretation miteinander gekoppelt.

Im weiteren beschränken sich die Betrachtungen auf das zweidimensionale hydrodynamisch numerische Modell. Dieses Modell dient dazu, Auskünfte über die Auswirkung verschiedener Rückdeichungsvarianten auf die Strömung im Maßnahmenbereich zu geben und wurde bei der Optimierung verschiedener Planungsvarianten genutzt. Das Hauptaugenmerk der 2D-Untersuchungen liegt auf der Ermittlung der abiotischen hydraulischen Parameter des Rückdeichungsbereichs (z.B. Überflutungstiefen, -bereiche und -dauer, Strömungsgeschwindigkeiten) für weiterführende biotische und abiotische Betrachtungen, die im Rahmen des Forschungsprojekts der Brandenburger Landeanstalt für Großschutzgebiete (LAGS) „Auenregeneration durch Deichrückverlegung“ (FKZ 0339571) angestellt werden.

2 Zweidimensionales Modell

Das zweidimensionale Modell hat eine feste Sohle, arbeitet mit der Methode der finiten Elemente und verwendet ein unstrukturiertes Gitter (siehe Abb. 1). Für die Berechnungen wurde das hydrodynamisch-numerische Verfahren Rismo [Rouvé, G.; M. Schröder 1994] verwendet. Das Modell erstreckt sich von Elbe-km 475,0 bis 485,5.

Um eine Überflutung des Rückdeichungsbereichs bereits bei geringeren Hochwassern zu ermöglichen, sind Schlitze im Deich zwischen dem Fluß und dem projektierten Rückdeichungsbereich geplant. Außerdem ist geplant, die Deichabschnitte zwischen den Schlitzen auf eine geringere Höhe abzutragen, da sie so der Strömungsführung dienen aber im Fall von größeren Hochwassern eine stärkere Durchströmung des Rückdeichungsbereichs ermöglichen. Ein Leitdeich sorgt für die Strömungsführung im Bereich der starken Krümmung. Für die Lage des neuen Deichs gibt es derzeit zwei unterschiedliche Varianten, eine große und eine mittlere Rückdeichungsvariante. Die große Rückdeichungsvariante ist im ersten Modell eingebaut, während im zweiten Modell die mittlere Rückdeichungsvariante realisiert ist. Bei El-km 479 führt ein ehemaliger Fährdamm fast über die gesamte Breite des Rückdeichungsbereichs. Die im Gebiet zahlreich vorhandenen Bühnen werden in ihrer hydraulischen Wirkung nicht in der Topographie des Netzes sondern über eine eigene Rauheitsklasse abgebildet.

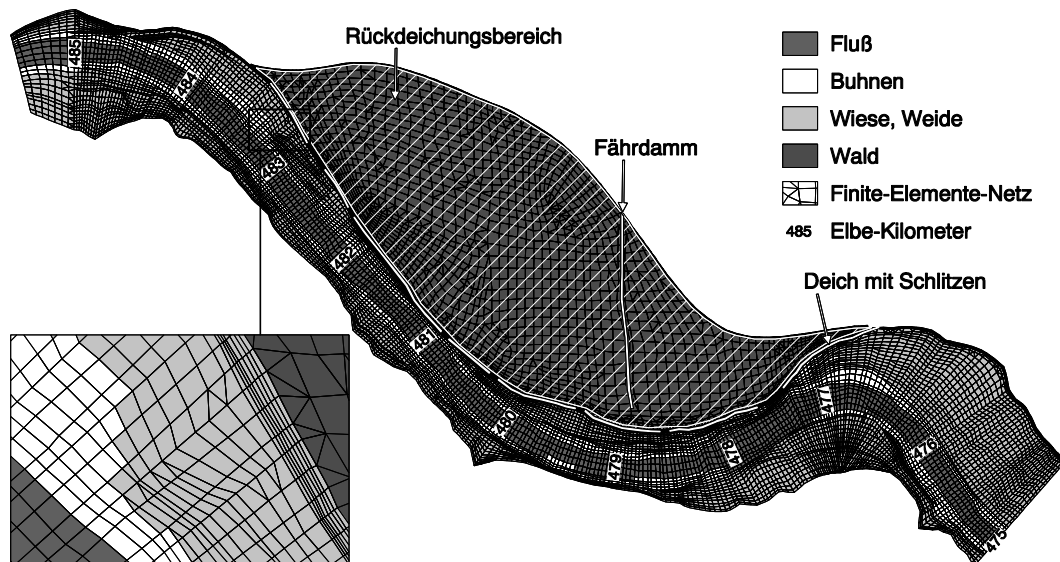


Abb. 1. Rauheitszonen und Finite-Elemente-Netz (große Rückdeichungsvariante)

Für die ersten Untersuchungen wurde ein 2D-Modell (erstes Modell) verwendet, das den Rückdeichungsbereich mit relativ großen Elementen und einer einheitlichen Rauheitsklasse abbildet (siehe Abb. 1), da das den zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Bewuchs- und Höheninformationen (aus topographische Karten im Maßstab 1:10 000) angepaßt war.

Als zu einem späteren Zeitpunkt feiner aufgelöste Höhendaten, Pläne für künstliche Flutrinnen und Bewuchspläne vorlagen, wurden die Elemente im Vorlandbereich entsprechend verfeinert und aktualisiert (zweites Modell). In Tab. 1 sind die wesentlichen Kenndaten der beiden Netze gegenübergestellt.

Tab. 1. Kenndaten der Modellnetze

| | mittlere Elementgröße | | ausgedeichte Fläche | maximale Fließbreite | Elementanzahl |
|---|---------------------------|-------------------|---------------------|----------------------|---------------|
| | Rückdeichungs- bereich | Fluß- schlauch | | | |
| Erstes Modell (große Deichvariante) | 75 x 85m | 30 x 40m | 660 ha | 2,4 km | 13700 |
| Zweites Modell (mittlere Deichvariante) | 20 x 33m | 30 x 40m | 420 ha | 1,8 km | 20300 |

Ein zweidimensionales Modell liefert Informationen über den Wasserspiegel, die Wassertiefe, die über die Tiefe gemittelte Fließgeschwindigkeit und die Sohlschubspannung für alle Knoten (Eckpunkte der Elemente). Dadurch sind die Informationen flächendeckend vorhanden, aber es sind auch Auskünfte über lokale Besonderheiten möglich (z.B. Strömung im Bereich des Leitdeichs, siehe Abb. 2).

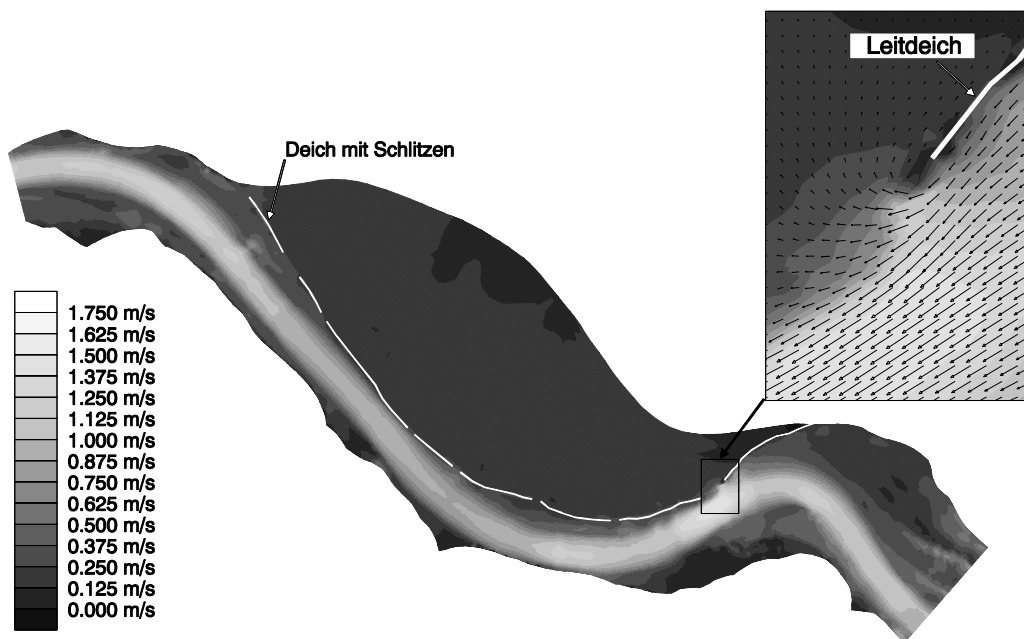


Abb. 2. Berechnete Verteilung der Fließgeschwindigkeiten im Untersuchungsgebiet bei einem HQ_{3.5} mit Geschwindigkeitsvektoren in der Ausschnittsvergrößerung

3 Untersuchungen

Mit den 2D-Modellen wurde die Gestaltung des neuen Deichs, des derzeitigen rechten Deichs (Schlitzung, Leitdeich siehe Abb. 2), des Vorlandbewuchses und der Flutrinnen auf ihre Auswirkung auf die Strömung untersucht. Zur Variantenstudie wurden stationäre Berechnungen für verschiedene Hochwasserabflüsse (HQ₁₋₂, HQ₃₋₅, HQ₂₀₋₂₅) durchgeführt. Außerdem erfolgte die instationäre Berechnung einer Hochwasserwelle für das zweite Modell, um das Einströmverhalten und die Ausdehnung des überfluteten Bereichs in Abhängigkeit des Wasserstands im Fluß zu ermitteln. Als Grundlage für diese Berechnungen diente ein zweijähriges Hochwasser mit einer Dauer von 20 Tagen.

Folgende Auswirkungen können festgestellt werden:

- Durch den erweiterten Fließquerschnitt sinkt der Wasserspiegel in der Elbe im Bereich der Rückdeichung (maximal 9 bis 39 cm bei der mittleren und 4 bis 46 cm bei der großen Deichvariante, je nach Abfluß). Die Modelle arbeiten mit fester Sohle und können somit Änderungen der Sohlhöhe, die sich aus der geänderten Strömung ergeben, nicht berücksichtigen. Deshalb wird zur Berechnung der langfristigen Veränderungen der Sohlhöhen ein 1D-HN-Feststofftransportmodell eingesetzt.
- Ebenso nehmen die Geschwindigkeiten im Flußschlauch im Bereich der Rückdeichung im Überflutungsfall ab, da ein erheblicher Anteil des Gesamtabflusses über das neue Vorland abgeführt wird. So strömen bei einem HQ₃₋₅ je nach Bewuchs und Rückdeichungsvariante zwischen 28% und 38% des Gesamtabflusses über die Rückdeichungsfläche. Bei einem HQ₁₋₂ bewegt sich dieser Anteil zwischen 8% und 10% und bei einem HQ₂₀₋₂₅ zwischen 36% und 46%
- Es werden über dem neuen Vorland folgende prägende (im größten Teil des Rückdeichungsbereichs vorherrschende) Wassertiefen und Geschwindigkeiten bei der mittleren Deichvariante erreicht:

| | | |
|--|---------------------|-------------------------------|
| 1500 m ³ /s (HQ ₁₋₂): | Wassertiefe < 1 m | Geschwindigkeit < 0,1 m/s |
| 2300 m ³ /s (HQ ₃₋₅): | Wassertiefe 2 - 3 m | Geschwindigkeit 0,2 - 0,3 m/s |
| 3250 m ³ /s (HQ ₂₀₋₂₅): | Wassertiefe 3 - 4 m | Geschwindigkeit 0,3 - 0,4 m/s |
- Der Fährdamm bildet in seinem derzeitigen Zustand (im ersten Modell nachgebildet) ein Hindernis, das eine nennenswerte Durchströmung des Rückdeichungsbereichs bei Abflüssen unter 1700 m³/s, d.h. solange er nicht überströmt wird, verhindert. Dieses Strömungshindernis ist im zweiten Modell durch die geplante Unterbrechung des Fährdamms durch verschiedene Flutmulden aufgehoben.
- Die folgenden Angaben beziehen sich auf die instationäre Berechnung mit dem zweiten Modell: Durch die Schlitze kommt es ab einem Durchfluß von 640 m³/s zum Einströmen in das Vorland. Zunächst erfolgt die Füllung des Vorlands nur innerhalb einer angrenzenden künstlich angelegten Flutrinne. Bei Abflüssen über 820 m³/s beginnt sich die Überflutung auch außerhalb der Flutrinnen auszubreiten. Bis zu einem Abfluß von 1130 m³/s erfolgt die Füllung des Rückdeichungsbereichs ausschließlich durch Rückströmung von Unterstrom. Bei darüber hinausgehenden Abflüssen findet eine Durchströmung des Rückdeichungsgebietes statt. Die am höchsten gelegenen Gebiete werden ab 1680 m³/s überströmt.

- Solange die Deichabschnitte zwischen den Schlitzen nicht überströmt werden, und die Füllung des Vorlandes allein durch die Schlitze erfolgt, ist das Wasserspiegelgefälle im Rückdeichungsbereich deutlich geringer, als im Bereich des Flußschlauches. Die durch die Schlitze begrenzte Einströmung reicht nicht aus, um eine Angleichung herbeizuführen. Bei Abflüssen über 2000 m³/s werden die Deichabschnitte zwischen den Schlitzen überströmt und der Wasserspiegel über dem Vorland paßt sich dem im Flußschlauch an.

4 Vergleich der großen und mittleren Rückdeichung

Der Wasserspiegelverlauf der großen (erstes Modell) und mittleren Deichvariante (zweites Modell) ist für Varianten mit ähnlichen Annahmen für die Ausdehnung der Pflanzflächen ähnlich, wobei die Wasserstände des zweiten Modells sowohl im Flußschlauch als auch im neuen Vorland bei Durchflüssen von 2300 und 3250 m³/s höher liegen als im ersten Modell, was auf den geringeren Flächenzugewinn bei der mittleren Deichvariante (max. Fließbreite: erstes Modell – 2400 m, zweites Modell – 1830 m) zurückzuführen ist (Tab.2).

Tab. 2. Maximale Wasserspiegeldifferenzen in zwei Längsschnitten

| maximale Wasserspiegeldifferenz [cm] | Abfluß | | |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 1500 m ³ /s | 2300 m ³ /s | 3250 m ³ /s |
| Flußschlauch zweites Modell - Nullzustand | -9,2 | -28,0 | -38,9 |
| Flußschlauch zweites - erstes Modell | -4,8 | 5,8 | 8,2 |
| Rückdeichungsbereich zweites - erstes Modell | 9,8 | 7,9 | 10,0 |

Im ersten Modell ist bei 1500 m³/s der Fährdamm nicht überströmt, wodurch es zum Aufstau oberhalb des Fährdamms und zu einem geringeren Vorlandabfluß als im zweiten Modell kommt, bei der der Fährdamm durch eine neu angelegte Flutrinne durchbrochen wird. Diese bei der mittleren Deichvariante zusätzlich vorgesehenen Flutrinnen sind somit wichtig, um die Durchströmung des Vorlandes schon bei häufigen, geringen Hochwasserereignissen zu gewährleisten und führen zu einer größeren Strömungsvielfalt bei allen Durchflüssen.

Die Geschwindigkeiten im Flußschlauch im Bereich der Rückdeichung verringern sich gegenüber dem Nullzustand in weiten Bereichen der beiden Modelle (bis zu 0,2 bzw. 0,4 m/s bei HQ₃₋₅ bzw HQ₂₀₋₂₅). Die maximale Geschwindigkeit im Flußschlauch in den beiden Modellen entspricht allerdings der im Nullzustand. Im Rückdeichungsbereich werden in den Modellen bei einem HQ₃₋₅ Geschwindigkeiten von 0,4 bis 0,5 m/s (HQ₂₀₋₂₅ 0,4 bis 0,6m/s) erreicht, wobei im zweiten Modell etwas höhere Geschwindigkeiten auftreten.

Literatur

- BAW (1997) Gutachten über hydraulische Untersuchungen der Rückdeichung Lenzen , Bundesanstalt für Wasserbau, Berlin 1997 (unveröffentlicht)
- Faulhaber, P. (1997) Hydraulisch-morphologische Untersuchung von Rückdeichungen bei Lenzen (Elbe) (Auszug). Auenreport, Beiträge aus dem „Naturpark „Brandenburgische Elbtalaue“ 3/1997, 66-81
- Rouvé, G.; M. Schröder (1994) „Die Entwicklung eines mathematisch-numerischen Verfahrens zur Berechnung naturnaher Fließgewässer“, DFG-Abschlußbericht Ro 365/31-6, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft - RWTH Aachen