

Morphodynamisches Design von Renaturierungs- maßnahmen im Gewässerrandstreifenprojekt "Untere Havelniederung"

Peter Milbradt
Rocco Buchta

Die Untere Havelniederung ist das bedeutendste Feuchtgebiet im Binnenland Mitteleuropas. Die Erhaltung und Verbesserung des ökologischen Zustandes ist Ziel des Gewässerrandstreifenprojektes „Untere Havelniederung“ in Trägerschaft des NABU. In der ersten Phase von 2005-2009 wurde ein Pflege- und Entwicklungsplan erarbeitet, der unter anderem zu einer Priorisierung von Maßnahmen unter den wirkenden ökologischen, wasserwirtschaftlichen und sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen führte.



Abbildung 1: Die Untere Havel im Projektgebiet – Referenzabschnitt für den Zielzustand.

Im Beitrag wird die Methodik des Designs und der Optimierung von Renaturierungsmaßnahmen aus Sicht der langfristigen morphodynamischen Stabilität dargestellt. Ausgehend von der Analyse der Morphodynamik des Istzustandes werden potentielle Lokationen für renaturierende Eingriffe sowie Bereiche für eine eingeschränkte Unterhaltung identifiziert. Die Ausprägung der renaturierenden Eingriffe wird anschließend dahingehend optimiert, dass sich ihre Dynamik natürlich ausbildet und es zu keiner wesentlichen negativen Beeinflussung im Sinne der sozioökonomischen Restriktionen (z.B. Schiffbarkeit, Hochwasserschutz, Landnutzung) führt.

Abschließend wird auf die ökologische Bewertung und den Nachweis der langfristigen morphodynamischen Stabilität, der Hochwasserneutralität sowie der ökologischen Wirkung und deren Bewertung im Gesamtprozess der Maßnahmenpriorisierung eingegangen.

1 Die Untere Havelniederung

Die Untere Havelniederung ist das bedeutendste Feuchtgebiet im Binnenland des westlichen Mitteleuropas. Die Untere Havelniederung liegt in 2 Großschutzgebieten, dem Biosphärenreservat Mittelelbe in Sachsen-Anhalt und dem Naturpark Westhavelland in Brandenburg. Aufgrund der enormen ökologischen Bedeutung sind alle Bereiche der Flussaue Bestandteil des NATURA-2000-Systems der EU und auch durch nationale Schutzgebiete gesichert. Die Erhaltung und Verbesserung des ökologischen Zustandes ist Ziel des Gewässerrandstreifenprojektes „Untere Havelniederung“ in Trägerschaft des NABU. In der ersten Phase von 2005-2009 wurde ein Pflege- und Entwicklungsplan (PEP) erarbeitet, der unter anderem zu einer Priorisierung von Maßnahmen unter den wirkenden ökologischen, wasserwirtschaftlichen und sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen führte.

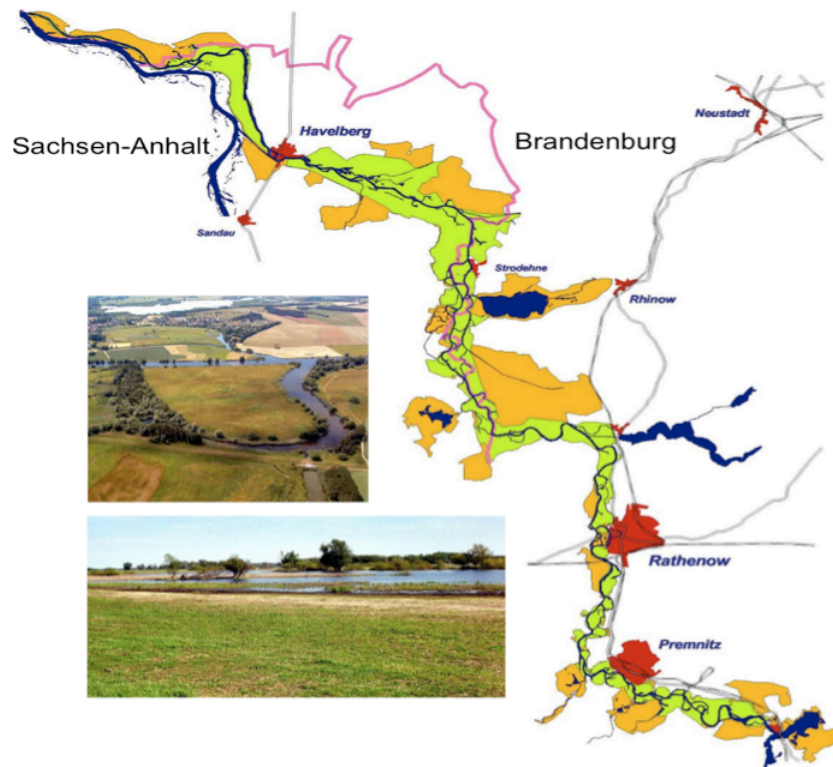


Abbildung 2: Gewässerrandstreifenprojekt Untere Havelniederung – Projektgebiet (braun) und Kerngebiet (grün).

Herangehensweise

Die Aufstellung des PEP war geprägt durch ökologische Ziele und ökonomische sowie wasserwirtschaftliche Restriktionen. Zu den wesentlichen Restriktionen gehörten die Hochwasserneutralität des Gesamtvorhabens, die Erhaltung eines vorgegebenen Fahrrinnenbandes für die verbleibende Schifffahrt sowie die Minimierung der Unterhaltung.

Wesentliche Renaturierungsmaßnahmen im Bereich der Unteren Havelniederung innerhalb der Umsetzungsphase des Gewässerrandstreifenprojektes werden sein:

- Entfernung von 71 Deckwerksabschnitten, mit insgesamt knapp 30.000 m Länge (Ziel ist die Senkung des Anteiles verbauter Ufer auf unter 50%)
- Beseitigung von Uferverwallungen sowie der Anschluss von Flutrinnen an 66 Standorten (Ziel ist eine bessere Vernetzung von Fluss und Aue)
- Anschluss von 15 Altarmen im Nebenschluss
- Beseitigung von 2 Deichabschnitten und der Wiederanschluss von 500 ha an die Überflutungsdynamik
- Neubegründung von ca. 90 ha Auen- und Uferwald

Hinzu kommen verschiedene Wasser- und Landnutzungsmanagement-Maßnahmen.

Der Pflege- und Entwicklungsplan hat weitaus mehr Maßnahmen identifiziert. Deren Umsetzung ist zu einem späteren Zeitpunkt ebenfalls geplant.



Abbildung 3: Maßnahmenbeispiel – Uferabschnitt mit Deckwerk (oben) und nach der Entsigelung (unten).

Hydronumerische Simulationsmodelle stellen etablierte Werkzeuge zur Wasserbaulichen Systemanalyse dar. Die Wasserbauliche Systemanalyse ist im klassischen Sinne als Beitrag zur Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) zu sehen und ermittelt die räumliche Ausdehnung und die Intensität der Wirkungen auf abiotische Systemparameter als Prognose. Sie dient der Analyse der physikalischen Prozesse zwecks Zuordnung von „Ursache“ und „Wirkung“ sowie der Offenlegung maßnahmenbedingter „Betroffenheiten“. Die Wasserbauliche Systemanalyse liefert eine Arbeitsgrundlage zur Ermittlung von Lösungsvorschlägen zur Minimierung der Betroffenheiten.

Im Rahmen der Bearbeitung des PEP wurden die Fragestellungen der Wasserbaulichen Systemanalyse dahingehend erweitert, dass die räumliche Ausdehnung und Intensität der Wirkungen auf biotische Systemparameter als Prognose und somit auch die gewünschten/angestrebten Auswirkungen auf die Ökologie ermittelt wurden. Dies führte unter anderem zur Abgrenzung des Planungs- und Wirkungsraumes.

2 Morphodynamisches Modell

Sowohl die morphodynamischen Modellberechnungen, die wasserbaulichen Systemanalysen als auch die wasserbaulichen Nachweise wurden mit dem holistischen Modellsystem Marina2D durchgeführt. Für die Modelluntersuchungen kamen die direkt gekoppelten Module für die tiefenintegrierte Strömung, den Sedimenttransport für Boden- und suspendierte-Fracht und die Bodenevolutionsgleichung zum Einsatz.

Das zweidimensionale Strömungsmodell basiert auf den tiefenintegrierten Reynolds-Gleichungen. Im Modell werden folgende Effekte berücksichtigt: Energieverluste durch Bodenreibung (nach Manning-Strickler und unebene Sohle), Energieeintrag durch Wind (nach *Smith und Banke (1975)*) und den Einfluss der Corioliskraft. Als Turbulenzmodell ist eine Kombination aus dynamischer Viskosität des Wassers, dem Elder-Ansatz und der Smagorinsky-Approximation implementiert. Durch eine ausgefeilte Strategie zur Beschreibung der Prozesse beim Überfluten und Trockenfallen sind Modelluntersuchungen in sehr komplexen Gebieten möglich.

Zur Beschreibung morphodynamischer Veränderungen werden neben den 2-dimensionalen Flachwassergleichungen zusätzlich eine Transportgleichung für suspendiertes Material und eine Bodenkontinuitätsgleichung gelöst. Die Bodenkontinuitätsgleichung:

$$\frac{\partial z_B}{\partial t} = -\frac{1}{1-n} \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} - \frac{\partial q_y}{\partial y} \right) \quad (1)$$

beschreibt die Änderung des Gewässerbodens z_B über die örtlichen Ableitungen der Sedimenttransportraten q_x und q_y in x- und y-Richtung. Hierbei ist n der Porenanteil des Sedimentes bei natürlicher Lagerung. Die totale Transportrate \bar{q} setzt sich zusammen aus der Geschiebefracht \bar{q}_B und der Suspensionsfracht \bar{q}_C :

$$\bar{q} = \bar{q}_B + \bar{q}_S. \quad (2)$$

Der Geschiebetransport \bar{q}_B erfolgt quasi zweidimensional über die Sohle. Er lässt sich aufspalten in einen durch die Strömung bedingten Anteil \bar{q}_{BC} und einen durch die Gravitation bedingten Anteil, der sich aus dem Gefälle der Sohle ergibt (analog zu Sandkörnern, die einen Abhang hinunterrollen):

$$\bar{q}_B = \bar{q}_{BC} + \beta \cdot \text{grad}z_B \cdot \|q_{BC}\|. \quad (3)$$

Für den Parameter β wird der empirische Wert 1,0 verwendet.

Zur Beschreibung der strömungsinduzierten Bodenfracht können verschiedene Formulierungen gewählt werden. In unterschiedlichen Modellstudien hat sich die Formulierung nach *Wiberg, P. L., und Smith, J. D. (1989)* als geeignet erwiesen:

$$q_{BC} = \alpha_s \frac{1}{\rho_w^{1/2} (\rho_s - \rho_w) g} (\tau_B - \tau_{cr})^n \quad (4)$$

mit $n=3/2$ und

$$\alpha_s = 1.6 \ln(\tau_B) + 9.8 = 9.64 \tau_B^{0.166}. \quad (5)$$

Hierbei ist τ_B die durch die Strömung (tiefenintegrierte Strömung plus Sekundärströmungsanteil (siehe *Engelund (1974)*) in Verbindung mit der Bodenneigung wirkende Bodenschubspannung und τ_{cr} die kritische Bodenschubspannung nach Shields.

Für die Bestimmung der Schwebstofffracht wird eine zusätzliche tiefenintegrierte Transportgleichung gelöst:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -u_i \frac{\partial C}{\partial x_i} + k \frac{\partial^2 C}{\partial x_i^2} + S, \quad (6)$$

wobei C die tiefenintegrierte Schwebstoffkonzentration und k der turbulente Diffusionskoeffizient ist. Die Suspensionsfracht wird durch Integration der Sedimentkonzentration über die Wassertiefe multipliziert mit der Strömungsgeschwindigkeit ermittelt:

$$\bar{q}_s = \int_0^d \bar{u} \cdot C \, dz. \quad (7)$$

Das in Suspension gehen und das Ablagern von Sediment wird unter Zuhilfenahme eines Quell- und Senkterms S realisiert, der proportional zur Differenz einer gesättigten und der aktuell vorhandenen Konzentration formuliert ist. Ist die aktuelle Sedimentkonzentration größer als die maximale, so kommt es zu Sedimentablagerungen und es wird von einer Senke gesprochen:

$$S = \frac{w_c}{d} (C_{max} - C). \quad (8)$$

Ist allerdings die aktuelle Konzentration kleiner als die maximale, so kommt es zu Erosionserscheinungen und S wird zu einer Quelle:

$$S = t_s (C_{max} - C) \quad (9)$$

mit einer Anpassungszeit t_s . Als Sinkgeschwindigkeit w_c kommt die Formulierung von *Oseen (1927)*, die für einen großen Bereich von Korndurchmessern gilt, zur Anwendung.

Für die Bestimmung der Suspensionsfracht kam in der vorgestellten Studie die Transportformel von *Bagnold (1966)* zum Einsatz:

$$C_{\max} = \frac{1}{d} \frac{e_s(1-e_b)}{(\rho_s - \rho_w)g(w_c/u - \tan(\beta))} \tau_b u \quad (10)$$

mit den Effizienzfaktoren $e_s \cong 0,02$ und $e_b \cong 0,1$ und der Bodenneigung β .

Für den Beginn des Sedimenttransportes ist die auf die Sedimentkörner ausgeübte Bodenschubspannung von Bedeutung. Die Sohlschubspannung ergibt sich summarisch aus der Schubspannung auf der Basis des Strickler-Gesetzes, der Anpassung auf Grund unebenen Bodens, der Berücksichtigung der Sekundärströmung (*Engelund (1974)*) und einem Anteil der das Rutschen parametrisiert.

Zur Bestimmung der kritischen Bodenschubspannung wird sehr häufig das Diagramm von Shields verwendet. Untersuchungen von W. S. Knoroz (siehe *Gladkows/Söhngen (2000)*) weisen jedoch darauf hin, dass der originale Shields-Wert von 0,055 im quadratischen Bereich zu hoch angesetzt ist. Im quadratischen Bereich bei $D_* > 25$ beträgt der kritische Shields-Wert nach Knoroz $\Theta_c = 0.026$. Mit D_* und Θ_c lässt sich nach Shields/ Knoroz die Schubspannung berechnen, die durch die Strömung auf das Sediment ausgeübt werden muss, um in Bewegung versetzt zu werden (sogenannte kritische Shieldsschubspannung). Der funktionale Zusammenhang zwischen Korndurchmesser und Schubspannung ist monoton und kann numerisch invertiert werden. Wenn im Weiteren von einem Korndurchmesser auf der Basis der inversen Shieldsfunktion gesprochen wird, so ist damit der Korndurchmesser gemeint, bei dem die aus dem Strömungsmodell berechnete Bodenschubspannung kritisch ist.

Bei Erosions- und Sedimentationserscheinungen kommt es neben der Veränderung der Lage der Gewässersohle in der Regel auch zu einer Veränderung der Sedimentzusammensetzung im Rahmen des verfügbaren Materials. So ist in Erosionsgebieten häufig eine sogenannte Abpflasterung zu beobachten, bei der grobes Korn eine Deckschicht bildet. Im Gegensatz hierzu, zeichnen sich Sedimentationsbereiche in der Regel durch eher feines Material aus.

Das Phänomen der Veränderung der mittleren Korndurchmesser bei Sedimentation und Erosion wird mittels einer empirischen Differentialgleichung Rechnung getragen:

$$\frac{\partial d_{50}}{\partial t} = \alpha \cdot d_{50} \frac{\partial z_B}{\partial t} \cdot \begin{cases} \left(1 - \frac{d_{50}}{d_{90}}\right) & \text{für Erosion} & \frac{\partial z_B}{\partial t} > 0 \\ \left(1 - \frac{d_{10}}{d_{50}}\right) & \text{für Sedimentation} & \frac{\partial z_B}{\partial t} \leq 0 \end{cases} \quad (11)$$

Der Koeffizient

$$\alpha = \frac{d_{90} - d_{10}}{d_{50}} \quad (12)$$

beschreibt dabei die relative Kornvariabilität.

3 Morphodynamisches Design

Beim Entwurf von Renaturierungsmaßnahmen aus Sicht des Wasserbaus kam ein mehrstufiges Verfahren zur Anwendung.

In der folgenden Abbildung ist eine Übersicht der Entwicklung der in diesem Projekt betrachteten Simulationszustände aufgezeigt. Genauer werden die Simulationszustände und deren Entwicklung im Folgenden erklärt.

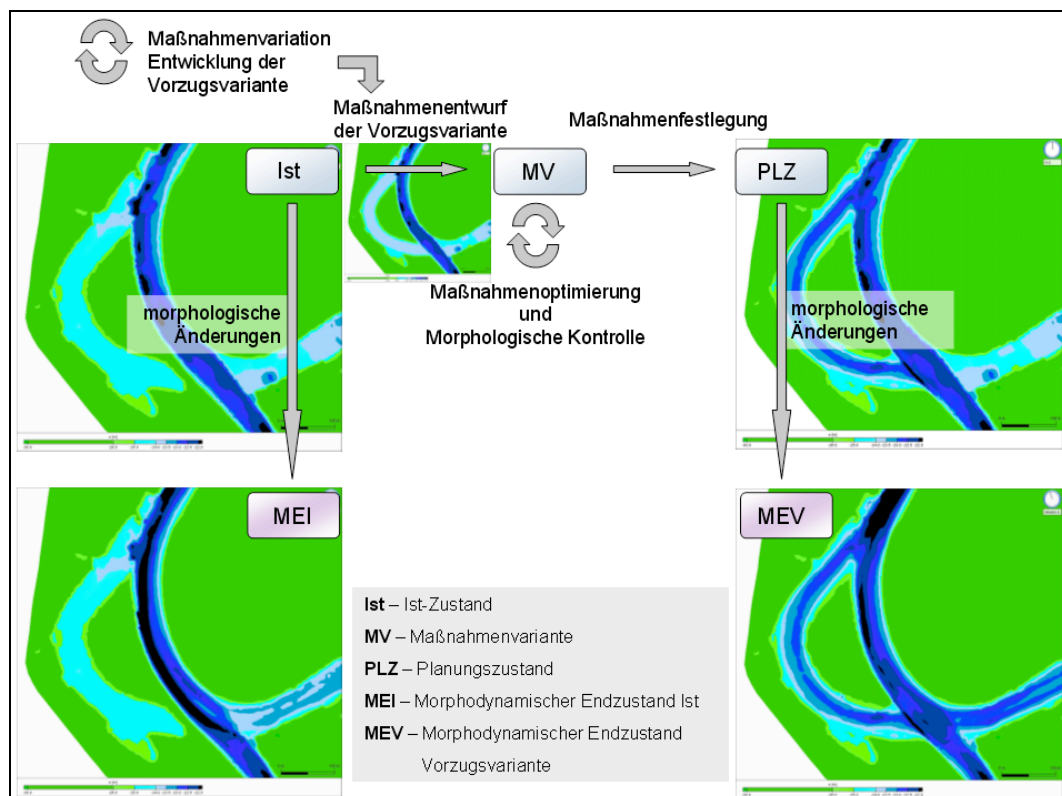


Abbildung 4: Entwicklung der Simulationszustände.

Mittels morphodynamischer Simulationsmodelle werden im Rahmen der Maßnahmenfindung und -optimierung, die Maßnahmen dahingehend entwickelt, dass diese als quasistabile Gewässergeometrien bezeichnet werden können. Das heißt, dass die Berechnung mit dem Maßnahmenmodell keine wesentlich größere Sedimenttransportrate ergeben darf, als die Berechnung mit dem Ist-Modell. Dazu ist die Durchführung von morphodynamischen Berechnungen notwendig, mit denen in einem iterativen Prozess geeignete Maßnahmen festgelegt werden. Als Maßnahmen werden u. a. Altarmanschlüsse mit zugehörigen Einengungen, Flutrinnenanschlüssen und Deichschlitzungen, bzw. –rückbauten und die Entnahme von Wasserbauwerken untersucht.

In der *Abbildung 5* wird die Entwicklung der Vorzugsvariante anhand einer Fallstudie dargestellt. In kleineren Modellen (Detailmodellen und Referenzstrecken) wird die Wirkungsweise der unterschiedlichen Maßnahmen an der unteren Havel untersucht. Dabei wurden zunächst für einen Altarmanschluss verschiedene Varianten mit unterschiedlichen Maßnahmen und unterschiedlichen Maßnahmenkomplexen (Sohlschwelle, Buhne, Bühnenfeld, Leitwerk, naturnahe Einengung mit und ohne Befestigung) im Rahmen einer Fallstudie untersucht.

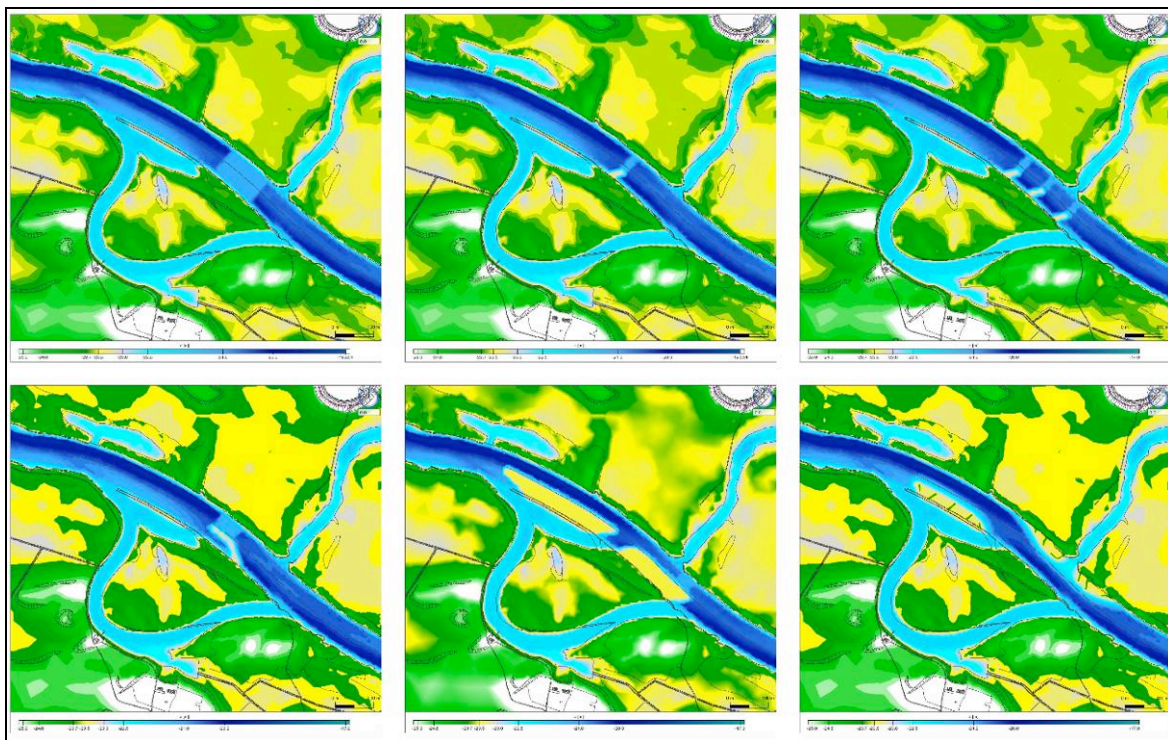


Abbildung 5: Fallstudie zur Entwicklung der Vorzugsvariante.

Aus diesen Varianten wurde nach einer Bewertung und anschließenden Fachdiskussion der Maßnahmenkomplex ausgewählt, der den gewünschten Projektzielen am ehesten entspricht. Das Ergebnis wird als Vorzugsvariante bezeichnet.

Zur weiteren Maßnahmenoptimierung wird nun in einem iterativen Prozess die Maßnahme solange optimiert, bis eine morphologisch quasistabile Maßnahmenvariante gefunden wird, welche die ökologischen Zielparameter am besten erfüllt. Diese Optimierung wird unter gleichzeitiger Beachtung der vorhandenen Restriktionen (z. B. Hochwasserneutralität, keine Erhöhung der Unterhaltungskosten, Erhalt des Fahrrinnenbandes für die Schifffahrt) durchgeführt.

Der iterative Prozess startet mit der Einprägung der Vorzugsvariante in den Istzustand. Dabei handelt es sich zunächst um einen groben Entwurf, etwa im Ergebnis von Fallstudien. Anschließend wurden morphodynamische Simulationen über 10 Jahre (Ergebnis der ersten Iteration war, dass sich innerhalb dieser Zeit spätestens ein morphodynamisch stabiler Zustand einstellt) durchgeführt, die zu einer iterativen Anpassung des Entwurfs im Maßnahmenbereich führt (Anpassung der Maßnahmengeometrie). Dies erfolgt durch die Übernahme der veränderten Gewässergeometrie innerhalb der Maßnahmenbereiche, falls die morphodynamischen Änderungen zu groß sind, so dass ein erneut angepasster Maßnahmenentwurf in den Istzustand eingepreßt wird. Anschließend wird eine weitere morphodynamische Simulation durchgeführt. Dieser Prozess wurde solange durchgeführt, bis die Maßnahme als ausreichend morphodynamisch stabil angesehen werden konnte. Der auf diese Weise optimierte Maßnahmenentwurf wird als Maßnahmenvariante (MV) bezeichnet. Die Maßnahmenvariante berücksichtigt alle naturschutzfachlichen Zielparameter, beispielsweise in Form von veränderter Gewässerbettgeometrien, Rauheiten, Kornverteilungen und Erosionstiefen.

4 Wasserbauliche Systemanalyse und naturschutzfachliche Bewertung

Die so entworfenen und identifizierten Maßnahmen müssen abschließend sowohl wasserwirtschaftlich als auch naturschutzfachlich bewertet werden, um zu einer Priorisierung zu gelangen.

Mit der wasserbaulichen Systemanalyse wurden abschließend die zu erwartenden „ausbaubedingten“ Veränderungen durch den Vergleich der Ergebnisse eines numerischen Modells für den Istzustand (Ist) und den Ausbau- bzw. Planungszustand abgeschätzt.

Der Planungszustand (PLZ) wird aus dem Istzustand (Ist) durch das Einprägen einer hydro- und morphodynamisch optimierten Maßnahmenvariante (MV) generiert. Der Modellvergleich zwischen Ist und PLZ spiegelt somit die Veränderungen der abiotischen Systemparameter direkt nach Abschluss der Maßnahmen wider. Exemplarisch sind in der folgenden Abbildung die Veränderungen der Überflutungsflächen in der Stauhaltung Quitzöbel (Havelberg) dargestellt.

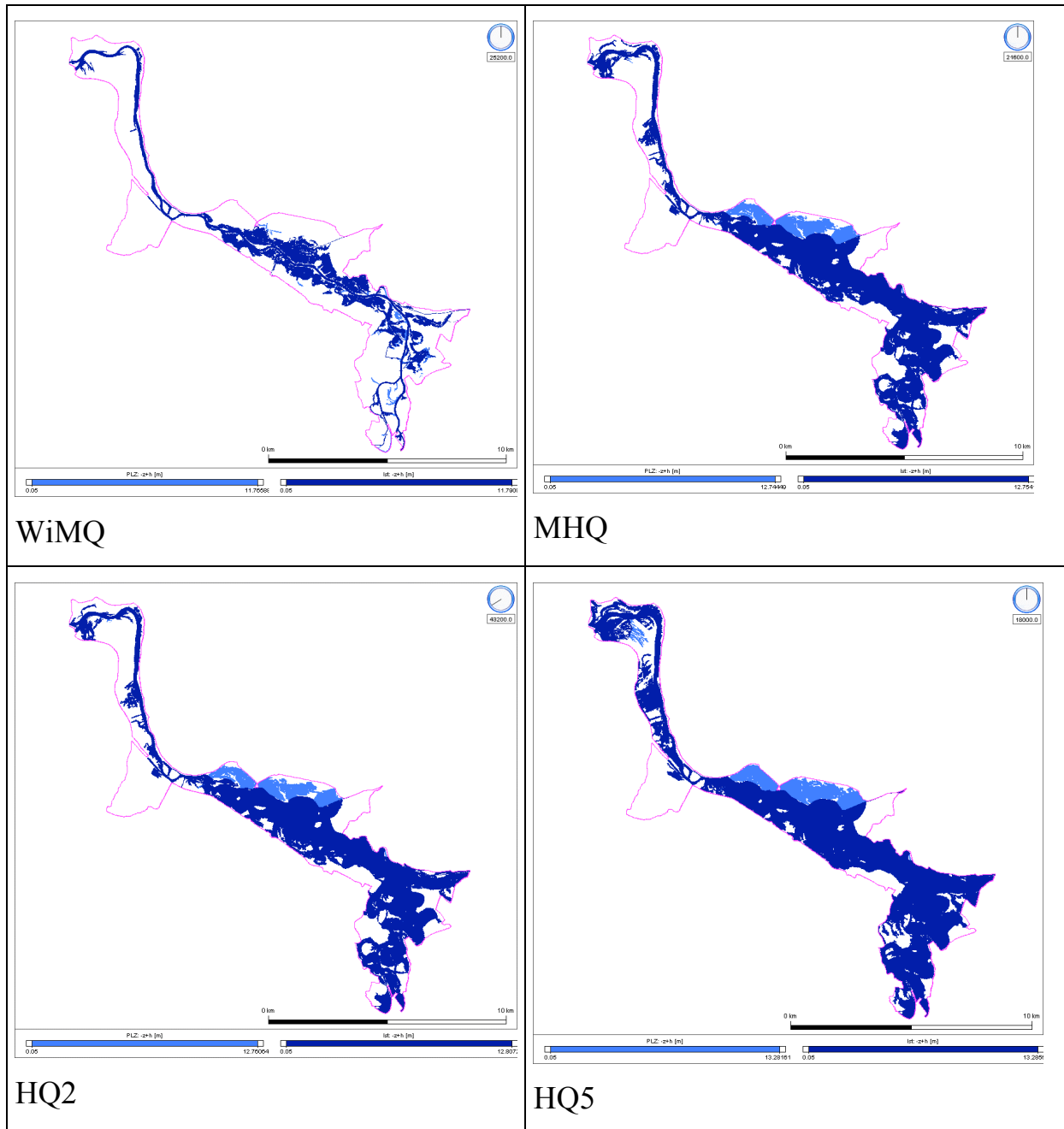


Abbildung 6: Vergleich Überflutungsflächen Ist - PLZ bei unterschiedlichen Szenarien.

Sollen jedoch, insbesondere für ökologische Bewertungen, langfristige Veränderungen beurteilt werden, die sich beispielsweise auch durch eine veränderte Gewässerunterhaltung ergeben, ist eine Abschätzung der langfristigen Gewässerentwicklung und daraus abzuleitenden Veränderungen der abiotischen Systemparameter notwendig. Hierzu wurden langzeitmorphodynamische Simulationen sowohl, ausgehend vom Ist als auch vom PLZ, durchgeführt, die eine Abschätzung der Gewässerentwicklung über 10 Jahre liefern.

Diese über 10 Jahre morphodynamisch simulierte Gewässergeometrie, ausgehend vom Istzustand, wird als morphologischer Endzustand Ist (MEI) und die ausgehend vom Planungszustand berechnete Gewässergeometrie als morphologischer Endzustand Vorzugsvariante (MEV) bezeichnet. Die Gewässergeometrie MEV und die zugehörigen hydrodynamischen Verhältnisse bilden die Grundlage für die Ableitung der ökologischen Bewertungskriterien.

5 Geplante Umsetzungen in der 2. Phase

Die 2. Phase des Gewässerrandstreifenprojektes Untere Havelniederung begann offiziell am 1. Dezember 2009. Bis Ende 2021 sollen die oben genannten Maßnahmen umgesetzt werden. Dazu stehen ca. 21 Mio. € zur Verfügung. Hauptfördermittelgeber ist mit 75 % das Bundesamt für Naturschutz, für das BMU. Darüber hinaus fördern die Länder Brandenburg (11 %) und Sachsen-Anhalt (7 %) das Vorhaben. Der NABU als Träger übernimmt einen Eigenanteil von 7 %.

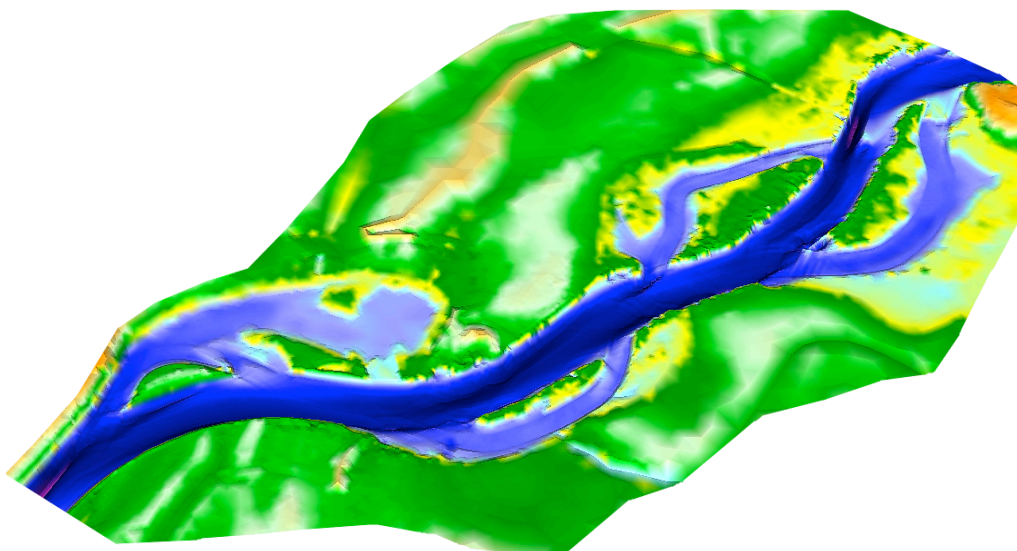


Abbildung 7: Ergebnis des Morphodesigns für einen Teilabschnitt südlich von Havelberg.

Wichtigste Voraussetzung für das Vorhaben war die Änderung der Binnenschiffahrtsstraßenordnung zur Unteren Havelwasserstraße im Projektgebiet. Die Reduktion des Fahrrinnenbandes und der Unterhaltung basieren auf einer heute nur noch einschiffigen Befahrbarkeit und einer Beschränkung des Verkehrs auf die Fahrgast- und Hotelschiffahrt nördlich von Rathenow.

Die ersten beiden Maßnahmenkomplexe werden bereits 2015 vollendet. In diesem Jahr führt die Region an der Unteren Havelniederung die Bundesgartenschau durch. Die Renaturierung ist eine der fünf tragenden Säulen des BUGA-2015-Konzeptes. Den Präsentationsschwerpunkt erhält die Stadt Havelberg. Parallel zum Renaturierungsvorhaben und zur BUGA hat sich im Projektgebiet eine Wassersportinitiative der Anliegerkommunen, der hier liegenden Großschutzgebiete und des Tourismusverbandes gegründet, welche maßgeblich die touristische Vermarktung des Naturraumes verfolgt. Die Untere Havel soll das schönste naturorientierte Paddel- und Hausbootrevier Deutschlands werden.

Der Maßnahmenumsetzung gingen eine umfassende fachliche Prüfung der Machbarkeit und eine breite Abstimmung in der Region voraus. Im Ergebnis wurde der Pflege- und Entwicklungsplan durch Bund und Länder im August 2009 in Kraft gesetzt. Zuvor hatten beide Kreistage der Region das Vorhaben einstimmig beschlossen und es lagen in allen Anliegerkommunen befürwortende Beschlüsse vor.

Für die bisherige sehr gute und konstruktive Zusammenarbeit muss allen Projektpartnern gedankt werden. In das Vorhaben sind über 120 Akteure (Kommunen, Landkreise, Verbände, Genehmigungsbehörden, Planer, Fördermittelgeber und Unterstützer) eingebunden.

6 Literatur

- ARGE Untere Havel / NABU (2009): Pflege und Entwicklungsplan „Untere Havelniederung“, unveröffentlicht, 2009
- Engelund, F. (1974): Flow and Bed Topography in Channel Bends, Journal of the Hydraulics Division, Vol. 100, No. HY11, 1974
- Gladkow/Söhngen (2000): Modellierung des Geschiebetransportes mit unterschiedlicher Korngröße in Flüssen; Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau Nr. 82 (2000)
- Jin, Yee-Chung, Steffler, P.M. (1993): Predicting Flow in Curved Open Channels By Depth-Averaged Method, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 119, No. 1, 1993
- Koenzen, U. (2005): Fluss- und Stromauen in Deutschland – Typologie und Leitbilder; Angewandte Landschaftsökologie Heft 65, Bundesamt für Naturschutz, 2005
- Mehl, D., Thiele, V. (1998): Fließgewässer- und Talraumtypen des Norddeutschen Tieflandes, Parey Buchverlag, Berlin, 1998

- NABU (2009): Antrag auf Förderung der Phase II zum Gewässerrandstreifenprojekt Untere Havelniederung, unveröffentlicht, 2009
- Oseen, C.W. (1927): Neuere Methoden und Ergebnisse in der Hydrodynamik. Akademie-Verlag, Leipzig, 1927
- Wiberg, P. L., Smith, J. D. (1989): "Model for Calculating Bed-Load Transport of Sediment." Journal of Hydraulic Engineering-Asce, 115(1), 101-123.

Autoren:

Dr.-Ing. habil. Peter Milbradt

Rocco Buchta

smile consult GmbH
Vahrenwalder Str. 7
30165 Hannover

NABU – BFA Lebendige Flüsse
Kontakt:
Seitenbeutel 16
14715 Havelaue / OT Strodehne

Tel.: +49 511 9357 623
Fax: +49 511 9357 629
E-Mail: milbradt@smileconsult.de

Tel.: +49 33875 90807
Fax:
E-Mail: rocco.buchta@nabu.de