

# **„Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel“**

**– Teilprojekt 3 –**

**Bericht zum Arbeitspaket „Renaturierung der Flussmorphologie  
zur Verbesserung des ökologischen Zustands“**



**Leitbild und Wirkung ausgewählter Maßnahmen  
am Beispiel der Mittleren Nuthe**

**Bearbeitung: Antje Hickisch und David Kneis  
Universität Potsdam, Institut für Geoökologie**

**Stand: 08.12.2004**

Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Fließgewässerstrukturen</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Die Nuthe</b>	<b>5</b>
<b>3.2</b>	<b>Historische Entwicklung und derzeitiger Ausbauzustand .....</b>	<b>5</b>
<b>3.3</b>	<b>Defizite des Ist-Zustands und Morphologisches Leitbild.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Modellierung hydraulischer Parameter für den Ist-Zustand und naturnahe Varianten</b>	<b>9</b>
<b>4.2</b>	<b>Vorgehensweise .....</b>	<b>9</b>
<b>4.3</b>	<b>Umsetzung in gestaltende Maßnahmen.....</b>	<b>11</b>
<b>4.4</b>	<b>Modellierung .....</b>	<b>13</b>
<b>4.5</b>	<b>Ergebnisse der Modellierung.....</b>	<b>13</b>
<b>4.5.1</b>	<b>Ist-Zustand .....</b>	<b>13</b>
<b>4.5.2</b>	<b>naturnähere Variante 1.....</b>	<b>14</b>
<b>4.5.3</b>	<b>naturnähere Variante 2.....</b>	<b>15</b>
<b>4.6</b>	<b>Ergänzende Gestaltung der Varianten.....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Charakteristik der renaturierten Gewässermorphologie und deren Einfluss auf ökologische Funktionen</b>	<b>16</b>
<b>5.2</b>	<b>Wasserspiegellagen .....</b>	<b>16</b>
<b>5.3</b>	<b>Wassertiefe.....</b>	<b>17</b>
<b>5.4</b>	<b>Fließgeschwindigkeiten .....</b>	<b>18</b>
<b>5.5</b>	<b>Sauerstoffeintrag .....</b>	<b>18</b>
<b>5.6</b>	<b>Schwebstofftransport.....</b>	<b>20</b>
<b>5.7</b>	<b>Strukturbildungsvermögen und Sohlstabilität.....</b>	<b>20</b>
<b>5.8</b>	<b>Lebensraumbedingungen/Habitatdiversität .....</b>	<b>21</b>
<b>5.9</b>	<b>Auendynamik .....</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>Quellen</b>	<b>24</b>

## 1 Vorbemerkungen

Der ökologische Zustand nach EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wird maßgeblich anhand der Naturnähe der Biozönose des betrachteten Gewässers, d.h. anhand biologischer Qualitätskomponenten, gemessen. Der anzustrebende „gute ökologische Zustand“ zeichnet sich dadurch aus, dass Gewässerflora und -fauna weitestgehend so beschaffen sind, wie es – dem jeweiligen Gewässertyp entsprechend – ohne störende menschliche Einflüsse der Fall wäre. Bei der nachfolgend beschriebenen Untersuchung und Konzeption möglicher Maßnahmen gehen wir von folgendem Standpunkt aus: Der gute ökologische Zustand wird sich potentiell dann einstellen, wenn

- die chemisch-physikalischen Wassergüteparameter,
- das hydrologische Regime,
- die Morphologie

des Gewässers nur wenig vom jeweils typspezifischen Referenzzustand abweichen.

Im Gegensatz zu den übrigen Arbeiten des Projekts „Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel“ sollen hier exemplarisch solche Handlungsoptionen betrachtet werden, die auf eine Verbesserung des ökologischen Zustandes durch eine Renaturierung der Gewässermorphologie abzielen. Als Untersuchungsbereich wurde ein 3.5 km langer Abschnitt des Mittellaufes der heute stark strukturveränderten Nuthe zwischen den Wehren Trebbin und Märtensmühle gewählt. Durch den deutlich naturfernen Zustand dieses Flussabschnittes (LUA 2002) ergibt sich ein hohes Renaturierungspotenzial, womit der Bereich durchaus repräsentativ für den gesamten Mittel- und Unterlauf der Nuthe ist. Ausschlaggebend für die Auswahl des Untersuchungsbereichs waren zudem vorliegende, großmaßstäbige Informationen zu historischen Verhältnissen sowie die Verfügbarkeit hydrologischer Basisdaten beim Landesumweltamt Brandenburg.

Für den genannten Flussabschnitt wurden drei mögliche Ausbauzustände mit unterschiedlicher Naturnähe simuliert, anhand ihrer morphologischen Ausprägung verglichen und der Einfluss auf hydraulische, physikalisch-chemische und biologische Aspekte beschrieben.

## 2 Fließgewässerstrukturen

Die Ausbildung der Fließgewässermorphologie ist eng an die naturräumlichen Gegebenheiten im Einzugsgebiet gekoppelt. Entscheidend sind vor allem Geologie (Sohl- und Ufersubstrat), Relief (Sohlgefälle) sowie die klimatischen Bedingungen und der Einzugsgebietscharakter (Abfluss, Abflussgang etc.). Entsprechend diesen Rahmenbedingungen entwickeln sich Gewässer mit unterschiedlichen Krümmungstypen (gestreckt, gewunden, mäandrierend) und Lauftypen (verzweigt, unverzweigt), den dadurch bestimmten Formen ihrer Querprofile und einer dementsprechenden Vielfalt an Gewässerstrukturen. Während der sogenannte bordvolle Abfluss (bei diesem ist das gesamte Profil gefüllt und die dort wirkenden Kräfte sind maximal) Dimension und Ausprägung der Querprofile sowie den

Laufstyp steuert (KERN 1994), werden die kleineren Strukturen durch mittlere Abflüsse gebildet und verändert.

Die morphologische Struktur beeinflusst direkt und indirekt die physikalischen und chemischen Eigenschaften eines Fließgewässers und nimmt damit Einfluss auf die Besiedlung mit Organismen. Vor allem die kleineren Gewässerstrukturen wie Kolke, Längs- und Querbänke oder bestimmte Uferstrukturen (Prall- und Gleithänge, Uferabbrüche, Unterstände, pflanzliche Strukturen) stellen Lebensräume für Organismen verschiedenster Ansprüche bezüglich Strömung, Wassertiefe und Licht dar.

Mit Blick auf die Umsetzung der WRRL in Deutschland wurden gegen Ende der 90er Jahre durch die Strukturgüteverfahren der LAWA kompatible Werkzeuge zur Aufnahme und Bewertung dieser Fließgewässerstrukturen geschaffen. Diese fassen die wichtigen biozönotisch relevanten Gewässerstrukturen zusammen. Tab. 2-1 gibt einen Überblick über die Fließgewässerstrukturen der Komplexe Sohle, Ufer und Gewässerumfeld. Diese sollen für nachfolgende Ausführungen als Orientierung dienen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden vor allem Krümmungstyp und Querprofil der Nuthe betrachtet. Dies sind hoch integrierende Parameter, deren Ausprägungen viele weitere Parameter einbeziehen, wie z.B. die Diversität der Strömung, der Tiefe oder der Uferstrukturen.

Tab. 2-1 Die im Rahmen des LAWA-Detailverfahrens betrachteten natürlichen und anthropogenen Strukturparameter (verändert nach LAWA 2000)

	Hauptparameter	Einzelparameter
Sohle	Laufentwicklung	Laufkrümmung, Längsbänke, besondere Laufstrukturen, Krümmungserosion
	Längsprofil	Querbänke, Strömungsdiversität, Tiefenvarianz
	Sohlstruktur	Substrattyp, Substratdiversität, besondere Sohlstrukturen
	anthropogene Strukturen	Sohlverbau, Wanderbarrieren, anthropogen verursachte Eintiefung
	Querprofil	Profiltiefe, Breitenerosion, Breitenvarianz, Profilform
Ufer	Uferstruktur	besondere Uferstrukturen, Uferbewuchs
	anthropogene Strukturen	Uferverbau
Land	Gewässerumfeld	Gewässerrandstreifen, sonstige Umfeldstrukturen
	anthropogene Strukturen	Flächennutzung

### 3 Die Nuthe

#### 3.2 Historische Entwicklung und derzeitiger Ausbauzustand

Die ursprünglich durch Krümmungen und Verzweigungen sehr vielgestaltige Morphologie der Nuthe wurde ab Ende des 18. Jahrhunderts in mehreren Regulierungsphasen stark anthropogen verändert. Zu dieser Zeit setzte eine intensivere Bewirtschaftung der Nuthe-Niederung ein, welche Entwässerungsmaßnahmen und den Ausbau der Vorflut voraussetzte. Bis in die 1980er Jahre wurde die Nuthe naturfern ausgebaut, d.h. weite Teile ihres Laufes wurden begradigt und ihre Abflusskapazität durch Eintiefung des Profils bedeutend vergrößert. Mit diesen Eingriffen gingen vielgestaltige Begleitmaßnahmen einher, wie die Entnahme der typischen Ufervegetation, die Regelung der Wasserstände durch Wehre (seit dem 19. Jahrhundert) und die Verwallung von Unter-, Mittel- und Teilen des Oberlaufes zum Hochwasserschutz. In den Aueflächen der Nuthe wurde der Grundwasserspiegel abgesenkt und intensive landwirtschaftliche Nutzung betrieben. Ein typisches Bild der Nuthe in ihrem heutigen Zustand zeigt Abb. 3-1.

Aus den genannten Eingriffen resultierend kann die Nuthe in Bezug auf die Gewässerstruktur als ein besonders negatives Beispiel für Brandenburg gelten: Im Mittel beträgt ihre Strukturgüteklasse nach LAWA 5.8 (stark bis sehr stark veränderte Strukturen), lediglich 1.5 Flusskilometer können heute noch als relativ unbeeinträchtigt gelten (LUA 2002).



*Abb. 3-1 Vollständig begradigter Lauf der Nuthe mit Uferverwallungen oberhalb des Wehres Trebbin (links) und Wehr Märtensmühle am oberen Ende des untersuchten Flussabschnitts (rechts)*

Im untersuchten Abschnitt ist die Nuthe vollständig begradigt und mit Sohlweiten von 8 bis 9 m ausgebaut. Die ursprünglich vorhandenen Mäander wurden abgeschnitten und verfüllt, wodurch der Abschnitt um mehr als ein Drittel (36%) verkürzt wurde. Die Ufer haben heute eine unnatürlich starke Neigung von ca. 1:2 und sind mit einer Steinschüttung und Faschinen versehen. Das doppelt trapezförmige Profil mit den ohne Vorland anschließenden Deichen hat eine Weite von durchschnittlich 25 m und eine hohe Abflusskapazität

von 20 bis 25 m<sup>3</sup>/s, womit die umliegenden Flächen vor Hochwässern mit einem Wiederkehrintervall von bis zu 100 Jahren (vgl. PPM-PROWA 1992) geschützt sind.

### 3.3 Defizite des Ist-Zustands und Morphologisches Leitbild

Um durch die Verbesserung der biologischen Komponenten den guten ökologischen Zustand zu erreichen, müssen am untersuchten Nutheabschnitt langfristig einige der in Tab. 2-1 aufgeführten Strukturparameter verändert werden. Dazu muss zunächst ein Zielzustand (morphologisches Leitbild) definiert werden, an welchem sich die Umgestaltung des Gewässers orientieren kann.

Für die Nuthe im betrachteten Abschnitt kann als naturraumspezifisches Leitbild gemäß LAWA der Fließgewässertyp des sandgeprägten Tieflandsflusses (Typ 15) zugrunde gelegt werden (LUA 2004b). Dieser zeichnet sich bezüglich seiner Morphologie durch ein geringes Gefälle und einen gewundenen Lauf mit Prall- und Gleithangbereichen aus. Da der Fließgewässertyp wenig konkrete Anhaltspunkte liefert, bietet es sich an, den historischen Zustand der Nuthe hinzuzuziehen. In der heutigen Topographie verortet bietet dieser die Möglichkeit des qualitativen Vergleichs zum Ist-Zustand. Da es häufig nicht umsetzbar und vielfach nicht sinnvoll ist, den historischen Zustand wiederherzustellen, kann das Leitbild für die Morphologie als eine Synthese aus historischem Zustand und allgemeinen Merkmalen des Gewässertyps unter Beachtung irreversibler Veränderungen und Aspekten der praktischen Umsetzbarkeit entstehen. Der Ausgleich ökologischer Defizite sollte dabei im Vordergrund stehen. In Abb. 3-2 wird die historische und heutige Linienführung der Nuthe dargestellt sowie ein umsetzungsorientierter Leitbildvorschlag für die Linienführung gegeben.

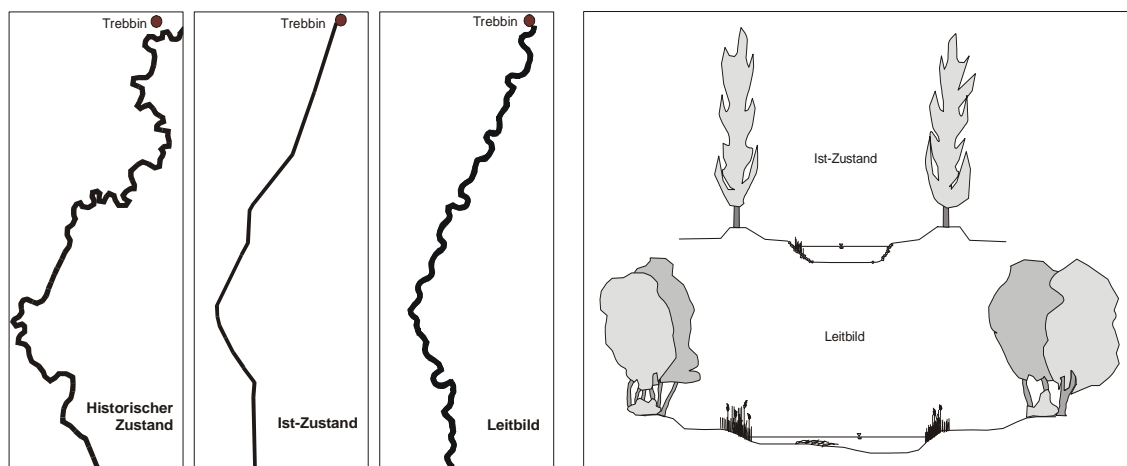


Abb. 3-2 Historische und heutige Linienführung der Nuthe sowie mögliches morphologisches Leitbild (linke Abbildung, v.l.n.r.). Die Darstellung des historischen Zustands beruht auf der Auswertung von Karten (HICKISCH 2004) und stellt die Nuthe um 1770 dar. Rechts sind Ist-Zustand und Leitbild des Querprofils mit Bewuchs dargestellt.

Auf gleicher Grundlage wurde ein Leitbild für die Einzelparameter der Gewässerstruktur ermittelt. Für den Untersuchungsabschnitt ist dieses in Tab. 3-2 dem Ist-Zustand gegenüber gestellt. Die teilweise gravierende Abweichung der heutigen morphologischen Ausprägung vom Leitbild verdeutlicht das vorhandene Renaturierungspotenzial.

Tab. 3-2 Leitbild für Strukturparameter an der Mittleren Nuthe im Vergleich mit dem Ist-Zustand

	Parameter	morphologisches Leitbild	Ist-Zustand
Laufentwicklung	Krümmung	Windungsgrad 1.25 bis 2.0 (Krümmungstyp schwach gewunden bis stark mäandrierend)	Windungsgrad 1.0 bis 1.01 (Krümmungstyp gerade bis gestreckt)
	Beweglichkeit	Möglichkeit der Seiten- und Krümmungserosion vollends gegeben	Beweglichkeit durch Deckwerke (Faschinen und Steinschüttung) vollständig unterbunden
Längsprofil	natürliche Elemente	Querbänke, Längsbänke und sonstige Sohlstrukturen vorhanden, Strömungsdiversität vorhanden Tiefenvarianz vorhanden	Querstrukturen nicht ausgeprägt aber vorhanden, Strömungsdiversität sehr gering, Tiefenvarianz sehr gering
	Wanderbarrieren	keine	Abschnitt ist nicht durchgängig, defekte Fischpässe an den Wehren Trebbin und Märtensmühle
	Sohlgefälle	0.01 bis 0.03 %	0.03 %
Querprofil	Profilform	unregelmäßig mit Prall- und Gleithängen, Gleithangbereich sehr flach (bis 1:25)	einheitliches Regeltrapezprofil mit Böschungsneigungen von 1:2
	Profiltiefe, Profiltiefe, Profiltiefe, Profiltiefe	Tiefe: 0.3–0.5 m (MQ) Sohlbreite: 4 m (MNQ), 10 m (MQ) Wasserspiegelbreite bei MQ: 10–35 m	Tiefe: 0.6–1.0m (MQ) Sohlbreite: 8–9 m (MQ und MNQ) Wasserspiegelbreite bei MQ: ca. 12 m
Uferstruktur	Ausprägung	Ufer strukturiert, überwiegend flach, Varianz der Uferlinie, Buchten, Abbrüche	Ufer einheitlich gestaltet, steil, Steinschüttung dominiert, keine Varianz, keine besonderen Strukturen
	Bewuchs	Röhricht, Kräuter	vereinzelt Röhricht, Gras
	Uferverbau	kein Uferverbau	Faschinen im NQ-Bereich, darüber Steinschüttung
Gewässerumfeld	Randstreifen	Erlen, Weiden, Pappeln, Stauden, Kräuter	fehlt; lockere Galerie von Hybridpappeln auf Deichkrone
	Vorland	extensiv genutzt (extensives Grünland) oder Nutzung aufgelassen, Baumgruppen, Erlenbruch keine Verwallung	Mischnutzung aus Intensivgrasland, Acker, Feuchtgrünland und Baumgruppen; Verwallung direkt am Gewässer

Die gravierendsten strukturellen Defizite des Ist-Zustandes und daraus resultierende Minderungen der ökologischen Funktionsfähigkeit des betrachteten Nutheabschnitts sind im Folgenden aufgeführt:

1 *Naturferne Gestaltung des Querprofils mit steilen Böschungen, relativ geringer Wasserspiegelbreite und stark eingetiefter Sohle*

Durch den Ausbau der Querprofile fehlen Flachwasserbereiche, die Wasserwechselzone ist sehr schmal. Die Wasserwechselzone bietet Lebensraum für terrestrische und semiterrestrische Arten. Die durchleuchteten Flachwasserbereiche werden von Röhricht und submersen Makrophyten besiedelt, welche u.a. als Aufwuchsfläche für Mikroorganismen von Bedeutung sind. In diesen Bereichen findet an Pflanzen und Sediment ein Großteil des Abbaus an organischer Substanz statt (DVWK 1996). In der Nuthe ist somit gegenwärtig mit einer stark verminderten Selbstreinigungsleistung gegenüber dem naturnahen Zustand zu rechnen. Im eingetieften, ungliederten Mittelwasserbereich variiert die Tiefe wenig und es bilden sich kaum unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten aus. Die aktuelle Profilgestaltung ist somit für eine geringe Diversität an Habitaten verantwortlich. Habitatdiversität und Biodiversität sind eng miteinander verknüpft (z.B. LAMPERT & SOMMER 1993).

2 *Undurchgängige Querbauwerke*

Die im Abschnitt vorhandenen Wehre verfügen zwar über Fischpässe, diese sind jedoch nicht funktionstüchtig und müssen saniert werden. Im Moment sind somit nahrungs- oder fortpflanzungsbedingte Wanderungen von Fischen und Makrozoobenthos nicht möglich. Die in den Abschnitten zwischen den Wehren lebenden Organismengemeinschaften verarmen genetisch. Zudem haben sie im Falle von Katastrophenerignissen (Hochwasser, Sauerstoffmangel, menschliche Eingriffe) kaum Möglichkeiten sich in andere Abschnitte zurückzuziehen und das Gewässer von dort aus wiederzubesiedeln.

3 *Fehlende Randstreifen*

Gewässerrandstreifen stellen Filter für diffuse Nähr- und Schadstoffe sowie Sediment dar. Zudem sorgen sie für eine die Wassertemperatur begrenzende Beschattung des Gewässers und wirken mit beiden Eigenschaften ausschlaggebend auf die Gewässergüte ein. Gewässerrandstreifen erfüllen zudem eine Lebensraumfunktion für eine Vielzahl terrestrischer und semiterrestrischer Organismen.

4 *Rückstaeinfluss*

Deutliche Auswirkungen besitzt die Wasserstandsregelung durch das Wehr Trebbin. Der teilweise starke Anstau vermindert vor allem bei geringen Abflüssen deutlich die Fließgeschwindigkeiten. Hier ist eine enge Korrelation zur Gewässergüte gegeben. Der Abschnitt gleicht zeitweise einem stehenden Wasserkörper, weist dessen Eigenschaften auf (höhere Wassertemperaturen, veränderte Sauerstoffverhältnisse, stärkere Primärproduktion) und ist damit als Lebensraum stark verändert. Dass in der Nuthe mittlerweile überwiegend eurytope bzw. limnophile Arten zu finden sind (LUA 2004a), bestätigt dies.

5 *Linienführung*

Eine deutliche Diskrepanz zwischen Ist-Zustand und Leitbild ist, wie bereits in Abb. 3-2 ersichtlich, beim Krümmungstyp gegeben. Eine laterale Verlagerung ist derzeit durch



Deckwerke unterbundenen. Dies spielt für die ökologische Funktionsfähigkeit zunächst eine geringere Rolle als die zuvor genannten Sachverhalte. Langfristig ist jedoch auch über eine Veränderung der Linienführung nachzudenken.

Nicht alle ökologischen Defizite eines Gewässers lassen sich beseitigen. Was am Gewässer verändert werden kann, hängt wesentlich von den Rahmenbedingungen (Raumordnung und Landschaftsplanung, Verordnungen, Verwaltungsvorschriften etc.) und der Gewässer- bzw. Auenutzung ab. Entscheidend sind weiterhin die Eigentumsverhältnisse der Flächen, die von den Umgestaltungen oder deren Auswirkungen betroffen sind. Unter Beachtung der genannten Rahmenbedingungen werden aus dem Leitbild Entwicklungsziele und konkrete Maßnahmen für das Gewässer abgeleitet.

Da eine vollständige Recherche der Rahmenbedingungen weder vorgesehen noch leistbar war, müssen viele der im Abschnitt 4 vorgeschlagenen Maßnahmen auf theoretischer Ebene verbleiben. Entsprechend den o.g. Zielen wurde im Rahmen dieser Studie schwerpunktmäßig der Einfluss einer veränderten Querprofilgeometrie auf hydraulische und ökologisch relevante Parameter untersucht.

## **4 Modellierung hydraulischer Parameter für den Ist-Zustand und naturnahe Varianten**

### **4.2 Vorgehensweise**

Ziel der Modellierung war es, für unterschiedliche Gewässergeometrien die resultierenden Wasserspiegellagen, Fließgeschwindigkeiten und weitere morphologische Parameter bei charakteristischen Durchflüssen (MQ, MNQ, NQ und MHQ<sup>1</sup>) zu ermitteln. Hierfür wurde das eindimensionale hydraulische Modell HEC-RAS 3.1.1 (HEC 2002) im stationären Modus verwendet.

Der Modellierung der Wasserspiegellagen im Ist-Zustand ging die Vermessung von Querprofilen und Uferlängen im Gelände voraus. Die Querprofile wurden mit einer horizontalen Auflösung von 0.5 m und in Abständen von ca. 200 m Fließstrecke aufgenommen (Abb. 4-3). Zur Eichung des Modells wurde parallel zur Vermessung der Gerinnegeometrie eine Wasserspiegellagenfixierung vorgenommen. Abflusswerte wurden durch das Landesumweltamt Brandenburg bereitgestellt. Die im Gelände anhand des Bewuchses abgeschätzten Rauigkeiten wurden im Zuge der Modelleichung modifiziert. Für den MQ-Bereich wurden Strickler-Beiwerte von 35 für die Sohle bzw. 25 m<sup>1/3</sup>/s für die Uferböschung ermittelt. Von einer saisonalen Variation der Bettrauhigkeiten ist auszugehen, sie konnte jedoch aufgrund fehlender Vergleichsmessungen bei der Modellierung nicht berücksichtigt werden.

---

<sup>1</sup> Zugrunde liegt jeweils die Messreihe der Jahre 1993–2002.



Abb. 4-3 Vermessung der Querprofile oberhalb des Wehres Trebbin im Dezember 2003

Im Anschluss an die Modellierung des Ist-Zustandes wurden mit dem Ziel, die Defizite dieses Zustands teilweise auszugleichen, Gewässerprofile konstruiert, welche dem im Abschnitt 3.3 dargestellten Leitbild entsprechen. Nur ein Teil der in Tab. 3-2 aufgeführten Entwicklungsziele konnte hierbei berücksichtigt werden. Ein Ausgleich der ökologischen Defizite wurde durch eine Optimierung folgender Parameter angestrebt:

- über den Querschnitt variierende Fließgeschwindigkeiten (*Ziel: Ausbildung unterschiedlicher Habitatstrukturen*)
- erhöhte Fließgeschwindigkeiten im Bereich des Stromstriches besonders bei niedrigen Abflüssen (*Ziel: Stabilisierung des Sauerstoffhaushaltes, Verhinderung einer Verschlammung*)
- Schaffung flach überströmter Bereiche mit Tiefen unter 0.5 m und Förderung von Makrophytenbewuchs (*Ziele: Bereicherung der Struktur- und Artendiversität, Schaffung von Aufwuchsfläche, temporäre Nährstoffretention während der Wachstumsperiode*)
- Uferbewuchs (*Ziele: Förderung der Filterfunktion, Beschattung des Gewässers, Schaffung von Lebensraum für gewässergebundene Arten*)

### 4.3 Umsetzung in gestaltende Maßnahmen

Auf die genannten Ziele ausgerichtet wurde eine naturnahe Geometrie in zwei Varianten nach unterschiedlicher Herangehensweise konstruiert. Während die Querprofile der 1. Variante ausgehend vom Ist-Zustand verändert wurden, wurden in Variante 2 drei Profiltypen für verschiedene Positionen des Stromstriches entworfen und entsprechend ins Gelände eingepasst. Variante 2 weist dabei stärkere Veränderungen gegenüber dem Ist-Zustand auf, als Variante 1. Es wurden folgende mögliche Maßnahmen einbezogen:

#### *Gliederung des Gewässerquerschnittes*

Um die Fließgeschwindigkeiten im Bereich des Talweges und bei niedrigen Durchflüssen zu erhöhen, wurden die Querprofile gegliedert. In Variante 1 wurden zwei Abflussbereiche (für Abflüsse < MNQ und größere Abflüsse) konzipiert. Die Profile der Variante 2 weisen eine dreifache Gliederung des Querschnitts auf (stark aufgeweitet im MHQ-Bereich, aufgeweitet im MQ-Bereich und schmal im Bereich des MNQ). Durch teilweisen Bewuchs sollen einerseits unterschiedlich stark durchströmte Bereiche geschaffen und andererseits eine lokale Erhöhung der Fließgeschwindigkeit durch Einengung erreicht werden. Einen Vergleich der Profilgeometrien zeigt Abb. 4-4.

#### *Abflachung der Ufer*

Zur Erweiterung der Flachwasserbereiche mit einer Tiefe von weniger als 0.5 m wurden die Ufer stark abgeflacht. Variante 2 weist dabei geringere Böschungsneigungen als Variante 1 auf.

#### *Bemessung des Abflussquerschnittes nach dem bordvollen Abfluss*

Es wurde eine Bemessung der Querprofile derart angestrebt, dass sich der der bordvolle Abfluss im Bereich des MHQ einstellt ( $7.17 \text{ m}^3/\text{s}$ , Reihe 1993–2002). Gegenüber den Querprofilen des Ist-Zustandes bedeutet dies eine deutliche Verringerung der Abflusskapazität, wofür eine Sohlaufhöhung nötig ist. Da hiermit ein Anstieg des Wasserspiegels bei gegebenem Abfluss einhergeht und das Gewässer schneller als bisher ausufert, sind Probleme bei der Umsetzung zu erwarten. Der Aspekt wurde daher nur in Variante 2 berücksichtigt.

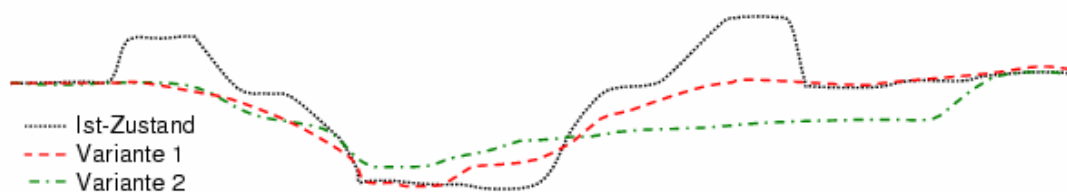


Abb. 4-4 Vergleich der Querprofilgeometrie der Varianten 1 und 2 mit dem Ist-Zustand (mit Deich)

Da Querprofilform und -dimensionierung die schwerwiegendsten Abweichungen vom naturnahen Zustand der Nuthe darstellen, wurde hier der Hauptansatzpunkt für die Aufwertung der Gewässerstruktur gesehen. Weitere Aspekte wurden wie folgt berücksichtigt:

*Änderung der Linienführung*

Eine stark vom gestreckten Lauf abweichende Linienführung kann im eindimensionalen Modell nur unzureichend berücksichtigt und daher nicht einbezogen werden. Lediglich die Gestaltung der Querprofile berücksichtigt ein – für die eindimensionale Modellierung kaum relevantes – Pendeln des Stromstriches.

*Anlage von Gewässerrandstreifen und Uferbewuchs*

Ein Bewuchs von Gewässerbett (Röhricht und Makrophyten) und Vorland (Krautsaum, Gehölze) geht durch erhöhte Rauigkeiten in die Modellierung ein. Entsprechend der Gewässergröße (vgl. MUNR 1997) beträgt die Breite der Randstreifen mindestens 10 m.

*Grundwasserstände der umliegenden Flächen und Hochwasserschutz*

Die Grundwasserstände der umliegenden Flächen sind mit den Wasserständen der Nuthe gekoppelt. Um eine Weiterführung der derzeitigen Nutzung zu gewährleisten, wurde in Variante 1 angestrebt, die Wasserstände bei gleichen Durchflüssen möglichst wenig zu verändern. Ein Hochwasserschutz mittels Deichen wird nicht direkt berücksichtigt, da die Umgestaltung der Profile eine zumindest einseitige Entfernung der Deiche nötig macht. Wo aufgrund der Flächennutzung Hochwasserschutzmaßnahmen nötig sind, sollten Deiche zumindest in größerem Abstand zum Fluss angelegt werden.

## 4.4 Modellierung

Wasserspiegellagen und abgeleitete hydraulische Größen wurden für die drei im Abschnitt 4.3 aufgeführten Querprofilgeometrien (Ist-Zustand, Variante 1 mit leicht veränderten Querprofilen, Variante 2 mit vollständig veränderten Querprofilen) berechnet. Jede der drei Varianten wurde außerdem unter Annahme zweier verschiedener Randbedingungen betrachtet:

- Steuerung des Wasserstands durch das **W**ehr Trebbin (Variante „W“)
- **F**reier Abfluss ohne Wehr entsprechend dem Sohlgefälle (Variante „F“)

Für die Modellierung der Varianten „W“ wurden die vom Landesumweltamt Brandenburg aufgezeichneten Wasserstände am Wehr Trebbin (Reihe 1993-2002) ausgewertet und dem jeweils betrachteten Durchfluss entsprechende Messwerte angesetzt. Bei freiem Durchfluss (Varianten „F“) wurde im Modell die Normalabflusstiefe als untere Randbedingung angesetzt.

## 4.5 Ergebnisse der Modellierung

### 4.5.1 Ist-Zustand

Die hydraulischen Merkmale des untersuchten Nutheabschnittes sind durch die Gestaltung der Querprofile, stärker aber noch durch die Stauhaltung am Wehr Trebbin bestimmt. An diesem wird für die Bewirtschaftung der gewässernahen Flächen, Wasserentnahmen und Hochwasserschutz ein Wasserstand zwischen 120 cm a.P. (Sommerstau) und 150 cm a.P. (Winterstau) angestrebt. Das Wehr wird je nach Durchfluss vom Unterhaltspflichtigen gestellt (PAGENKOPF (LUA W8) pers. Mitt.).

Zunächst wurde der Ist-Zustand mit der derzeitigen Staupraxis (Ist-Zustand W) simuliert. Es zeigte sich, dass die Stauhaltung im Bereich des MQ ( $2.55 \text{ m}^3/\text{s}$ ) noch moderate Auswirkungen hat. Der Rückstaubereich mit verminderten Fließgeschwindigkeiten erstreckt sich auf etwa 2.5 km oberhalb des Wehres Trebbin. Bei Abflüssen unterhalb von MNQ ( $0.49 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ergibt sich eine extreme Verminderung der Fließgeschwindigkeiten. Während bei MQ  $0.27 \text{ m/s}$  erreicht werden, sind es bei MNQ nur noch  $0.09 \text{ m/s}$  (jeweils Mittelwerte über alle Querprofile des Abschnitts). Bei NQ ( $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ ) bewirkt der Stau mit maximalen Fließgeschwindigkeiten von  $0.02 \text{ m/s}$  nahezu eine Stagnation und die Ausspiegelung bis zum 3.6 km oberhalb gelegenen Wehr Märtensmühle (vgl. Abb. 5-5). Die Wassertiefen am Wehr Trebbin werden dabei sehr hoch gehalten – auf  $90 \text{ cm a.P.}$  (MNQ) und sogar darüber (NQ). Bei der Modellierung des freien Durchflusses ohne Wehrstau ergaben sich höhere Fließgeschwindigkeiten: ca.  $0.40 \text{ m/s}$  bei MQ, und  $0.24$  bzw.  $0.2 \text{ m/s}$  bei MNQ und NQ (Mittelwerte über alle Querprofile). Über weitere Charakteristika des Ist-Zustandes informiert Tab. 4-3.

Tab. 4-3 Für den gesamten Abschnitt (alle Profile) gemittelte hydraulische Parameter im Ist-Zustand

Abfluss und Steuerung	MQ Wehr	MQ ohne Regelung	MHQ Wehr	bordvoll (25–30 m <sup>3</sup> /s)
mittlere Tiefe [m]	0.80	0.60	1.03	1.74
Breite/Tiefe [-]				8.5
benetzter Umfang [m]	12.5	11.1	14.3	15.5
Wasserspiegelweite [m]	11.9	10.8	13.7	24.3
Schubspannung [N/m <sup>2</sup> ]	0.6	1.5	1.9	3.6
Sohlgefälle [%]	0.03			

#### 4.5.2 naturnähere Variante 1

Für die Festlegung von Querprofilform und -größe war in Variante 1 vor allem die Umsetzbarkeit unter den derzeitigen Nutzungsbedingungen der Niederung ausschlaggebend. Die Wasserspiegellagen bei MQ sollten möglichst wenig von denen des Ist-Zustandes abweichen, um Veränderungen des Grundwasserstandes angrenzender Flächen zu minimieren. Zudem war eine verringerte Profilweite im Niedrigwasserbereich angestrebt. Eine Änderung der Linienführung ist nicht enthalten, jedoch ein Pendeln des Stromstriches. Die minimale Sohlhöhe des Ist-Zustandes und somit auch das Gefälle von 0.03% wurden übernommen, die Gesamtbreite auf 25 m aufgeweitet und die Ufer abgeflacht. Die Wasserspiegelbreite bei MQ wurde von 12 auf 15 m vergrößert womit der Verlust von Querschnittsfläche im Niedrigwasserbereich kompensiert wird (vgl. Abb. 4-4).

Auch bei Variante 1 wurden der Zustand mit Wehr und derzeitiger Staupraxis (Variante 1 W) und der freie Abfluss (Variante 1 F) simuliert. Variante 1 W unterscheidet sich nur wenig vom gegenwärtigen Zustand (Ist-Zustand W). Das Gerinne wurde entsprechend dem angestrebten Mittelwasserstand gestaltet, wobei auch der Bewuchs mit Röhricht und Makrophyten über erhöhte Rauigkeiten in die Berechnung einging. Die mittleren Fließgeschwindigkeiten für Variante 1 W liegen bei 0.24 m/s (MQ), 0.1 m/s (MNQ) bzw. 0.02 m/s (NQ). Bei freiem Durchfluss ohne Querbauwerk wurden Fließgeschwindigkeiten von 0.34 m/s (MQ), 0.10 m/s (MNQ) und 0.15 m/s (NQ) errechnet (Mittelwerte für gesamten Abschnitt). Weitere Kennwerte sind Tab. 4-4 zu entnehmen. Da vor allem bei den unregelmäßig gestalteten Profilen der Mittelwert der Fließgeschwindigkeit wenig aussagt, wurde zusätzlich die Geschwindigkeitsverteilung im Abflussquerschnitt betrachtet (5.4).

Tab. 4-4 Für den gesamten Abschnitt (alle Profile) gemittelte hydraulische Parameter für die naturnähere Variante 1

Abfluss und Steuerung	MQ Wehr	MQ ohne Regelung	MHQ Wehr	bordvoll (25–30 m <sup>3</sup> /s)
mittlere Tiefe [m]	0.7	0.57	0.83	0.82
Breite/Tiefe [-]				15
benetzter Umfang [m]	15.4	13.4	21.6	23.15
Wasserspiegelweite [m]	14.9	13.1	21.5	23
Schubspannung [N/m <sup>2</sup> ]	0.8	1.6	2.2	2.3
Sohlgefälle [%]	0.03			

### 4.5.3 naturnähere Variante 2

Variante 2 stellt eine komplette Umgestaltung der Gewässergeometrie gegenüber dem Ist-Zustand dar. Wie bei Variante 1 wurde die Linienführung nicht verändert, einbezogen wurde jedoch das Pendeln des Stromstriches, was sich durch die unterschiedliche Lage des MQ-Profiles innerhalb des nun 35 m breiten Gesamtprofils deutlicher als in Variante 1 bemerkbar macht. Zusätzlich wurden die Profile so verändert, dass sich eine Sohlaufhöhung von ca. 0.5 m und im Verlauf unterschiedliche Gefällebereiche von 0.02 und 0.03 % ergeben. Entsprechend Gefälle und Geländehöhen wurden Querprofile dreier vorher konstruierter Profiltypen (Stromstrich links, rechts und mittig) ins Modell übernommen. Die Profile sind so bemessen, dass der bordvolle Abfluss im Bereich des MHQ ( $7.17 \text{ m}^3/\text{s}$ ) liegt (vgl. 2). Aufgrund der unterschiedlichen Geländehöhen war diese Forderung nicht entlang des gesamten Flussabschnitts erfüllbar. Die Querprofile weisen die im Abschnitt 4.3 beschriebene 3fach-Gliederung auf. Die Ufer wurden mit extrem geringer Böschungsneigung angelegt. Röhrichtbereiche und Makrophytenbewuchs gingen über erhöhte Rauigkeiten in die Modellierung ein.

Variante 2 wurde zweckmäßigerweise nur für die Randbedingung eines freien, nicht rückgestauten Abflusses simuliert. Ein Wehr wäre mit der naturnahen Gestalt des Flusslaufes nicht mehr vereinbar. Es werden bei MQ Fließgeschwindigkeiten von im Mittel  $0.3 \text{ m/s}$  erreicht. Bei MNQ und NQ wurden als querschnittsgemittelte Fließgeschwindigkeiten  $0.22$  bzw.  $0.13 \text{ m/s}$  bestimmt (jeweils Mittelwerte über alle Querprofile). Aufgrund der fehlenden Wehrsteuerung (Normalabfluss) sind diese Werte für den gesamten Flussabschnitt repräsentativ. Weitere Parameter enthält Tab. 4-5.

Tab. 4-5 Für den gesamten Abschnitt (alle Profile) gemittelte hydraulische Parameter für die naturnähere Variante 2

Abfluss und Steuerung	MQ ohne Regelung	bordvoll (= MHQ; $7.17 \text{ m}^3/\text{s}$ )
mittlere Tiefe [m]	0.38	0.63
Breite/Tiefe [-]		30
benetzter Umfang [m]	22.4	23.1
Wasserspiegelweite [m]	23.1	34.4
Schubspannung [ $\text{N}/\text{m}^2$ ]	0.8	1.6
Sohlgefälle [%]	0.02–0.03	

### 4.6 Ergänzende Gestaltung der Varianten

Sowohl der Ist-Zustand, als auch die naturnäheren Varianten 1 und 2 können durch ergänzende Maßnahmen weiter ökologisch aufgewertet werden. Dies betrifft u.a. – sofern der Hochwasserschutz dies zulässt – die Minderung oder Aufgabe von Gewässerunterhaltungsmaßnahmen wie Krautung und Böschungsmahd. Röhricht und submerse Makrophyten wurden bereits einbezogen. Dies kann zu einer Erhöhung des Wasserspiegels um bis zu 10 cm führen, was vor allem zu beachten ist, wenn im heutigen Zustand über eine Minderung der Krautung nachgedacht wird. Neben Auswirkungen auf den Stoffhaushalt des Fließgewässers haben Makrophyten eine strukturbildende Wirkung, indem sie die Strö-

mung lenken und die Kolkbildung fördern. Dies trifft auch auf Totholz zu, dessen Beräumung vermieden werden sollte, sofern die Abflusskapazität nicht zu stark vermindert wird. Die Anlage von mindestens 10 m breiten Gewässerrandstreifen aus bodenständigen Gehölzen wie Erle, Weidengebüsch und Weide ist eine wichtige Maßnahme, um sowohl die Gewässerstruktur als auch die Wassergüte positiv zu beeinflussen. Dies verdeutlichen u.a. Versuche von FABIS ET AL (in GUNKEL 1996), bei denen eine erhebliche Reduzierung von Sediment- und Nährstoffeinträgen durch Gewässerrandstreifen festgestellt wurde.

Da die Nuthe im Untersuchungsabschnitt beidseitig verwallt und ihre Auendynamik unterbunden ist, sollten auch Möglichkeiten eines reduzierten Hochwasserschutzes in Erwägung gezogen werden. In einigen Bereichen, vor allem den Grünlandflächen südlich von Trebbin, welche demnächst nach § 100 WHG ausgewiesen werden (LUA 2004a) könnte eine Überflutung zugelassen werden. Die Bemessung der Querprofile der Variante 2 anhand des MHQ bewirkt, dass das Gewässer ungefähr alle 2 Jahre über die Ufer tritt.

Gemeinsam ist den naturnäheren Varianten 1 und 2 der erhöhte Raumbedarf für den Fluss. Bezieht man die Anlage von Gewässerstreifen ein, so würde sich der Flussschlauch von derzeit ca. 25 m auf 45 m für Variante 1 (ca. 25 m Flussbreite bei MW plus 10 m Uferstreifen pro Ufer (MUNR 1997) und etwa 55 m (35 m Gesamtbreite und je 10 m Uferstreifen) für Variante 2 verbreitern.

## **5 Charakteristik der renaturierten Gewässermorphologie und deren Einfluss auf ökologische Funktionen**

### **5.2 Wasserspiegellagen**

Die Wasserspiegellagen sind ein entscheidendes Kriterium für die Umsetzbarkeit der geprüften Varianten. Der Wasserstand im Gerinne und die Grundwasserstände der angrenzenden Auenflächen entsprechen sich im Mittel, so dass eine Veränderung am Gewässer eine Änderung im Gewässerumfeld nach sich zieht.

Ein Rückbau des Wehres Trebbin ohne gleichzeitige flussmorphologische Veränderungen wäre aus diesem Grund problematisch. Bei der Simulation des Ist-Zustands wird deutlich, dass der derzeitige Ausbauzustand stark an das Wehr gekoppelt ist. Würde das Wehr vollständig entfernt, wären die resultierenden Wasserspiegel so niedrig, dass dies einer Verbesserung des ökologischen Zustandes entgegenstünde (Abb. 5-5). Ein starker Abfall des Grundwasserstandes auf den angrenzenden Auestandorten würde die Folge sein. Im Ist-Zustand ergibt sich bei Mittelwasser eine Differenz von bis zu 0.8 m zwischen den Wasserständen mit Stauhaltung und den bei freiem Durchfluss simulierten Wasserständen.

Trotz der gegenüber dem Ist-Zustand naturnäheren Profilageometrie in Variante 1 würde ein Rückbau des Wehres Trebbin immer noch einen Wasserspiegelverfall von bis zu 70 cm (am Wehr) zur Folge haben. Variante 1 ist damit auf die Fortführung der heutigen Staupraxis zugeschnitten und kann anders nicht bewirtschaftet werden.



Aufgrund dieser Ergebnisse wird die Option eines freien Abflusses (Wehrrückbau) für den Ist-Zustand und für Variante 1 in der folgenden Auswertung nicht mehr berücksichtigt. Ein Rückbau des Wehres Trebbin könnte nur in Kombination mit Sohlaufhöhungen entsprechend Variante 2 durchgeführt werden.

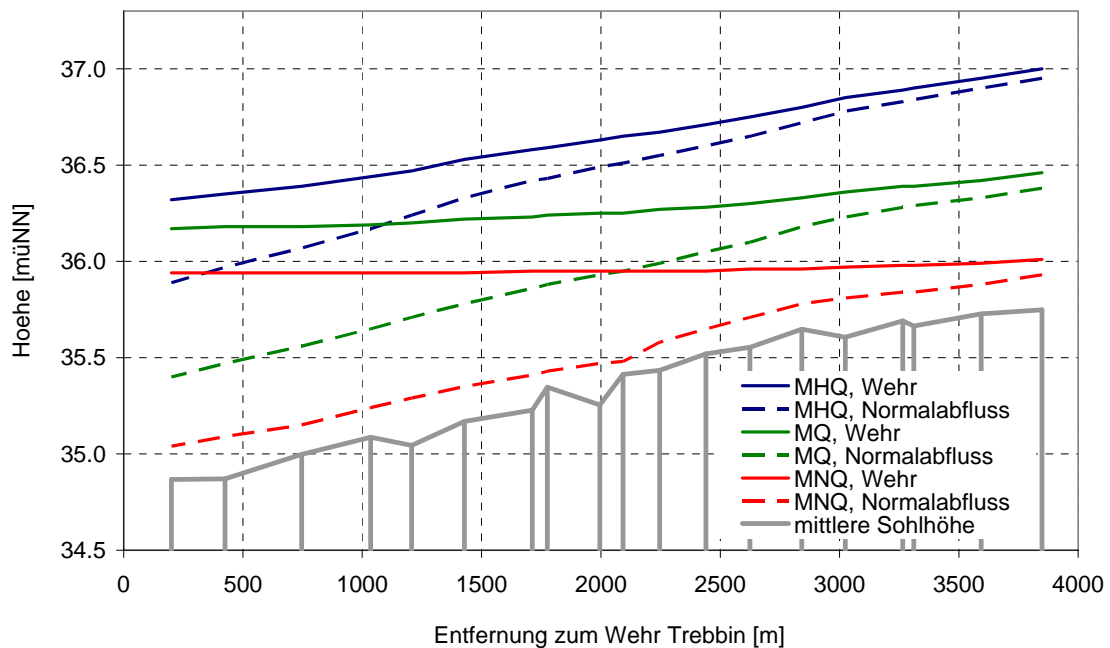


Abb. 5-5 Modellerte Wasserspiegellagen für den Ist-Zustand bei MQ, MNQ und MHQ mit Staubaltung am Wehr Trebbin und ohne Staubaltung (Normalabfluss)

Bei Variante 2 hat sich gezeigt, dass die Auswirkung einer Sohlaufhöhung durch die Profilaufweitung in gewissem Maße kompensiert werden kann, so dass die resultierenden Mittelwasserstände nicht erheblich von denen im Ist-Zustand abweichen. Mit einer deutlich stärkeren Vernässung der gewässernahen Flächen als im Ist-Zustand ist somit nicht zu rechnen.

Bei Rückbau der derzeit vorhandenen Verwallungen ließe die Dimensionierung der Querprofile gemäß Variante 2 die Nuthe bei Durchflüssen oberhalb von ca.  $7.2 \text{ m}^3/\text{s}$ , d.h. alle 1 bis 2 Jahre über die Ufer treten. Bei Variante 1 geschieht dies aufgrund der tieferen Lage der Gewässersohle erst bei ca.  $8 \text{ m}^3/\text{s}$  und damit etwas seltener. Im Vergleich dazu tritt die Nuthe mit ihrer derzeitigen Verwallung erst bei  $20\text{-}25 \text{ m}^3/\text{s}$  über die Ufer.

### 5.3 Wassertiefe

Eine Verminderung der Wassertiefen gegenüber dem Ist-Zustand mit maximal 1.05 m mittlerer Tiefe hätte mehrere positive Effekte. Mit abnehmender Gewässertiefe steigen Turbulenz und Oberflächen-Volumen-Verhältnis des Gewässers an, wodurch der mechanische Sauerstoffeintrag gefördert wird (siehe 5.5).

Wichtig für die Besiedlung mit Organismen sowie Stoffabbau und -retention im Fließgewässer sind Flachwasserbereiche. Für die Nuthe wurden diese Bereiche entsprechend der Sichttiefe mit einer Maximaltiefe von 0.5 m festgelegt und für den Ist-Zustand und Variante 2 jeweils bei Mittelwasser bilanziert. Mit einer Abschnittslänge von ca. 3.5 km ergibt sich die Fläche der Flachwasserbereiche im Ist-Zustand zu 8.300 m<sup>2</sup>. Durch die Aufweitung auf eine Mittelwasserbreite von ca. 22 m und die Uferabflachung entstehen in Variante 2 rund 70.000 m<sup>2</sup> Flachwasserbereiche und damit eine bedeutend größere Fläche für den Stoffumsatz aber auch die -retention. Untersuchungen von SCHULZ (2004) zeigen, dass Makrophytenbestände als saisonale Phosphorsenke wirken können, da sie während der Vegetationsperiode die Sedimentation nährstoffreichen Sestons fördern. Die Nährstoffbelastung nachfolgender Gewässer kann hierdurch gerade während der Wachstumsperiode des Phytoplanktons vermindert werden.

Für den Abbau organischer Stoffe und die Stickstoffretention ist außer der Bewuchsfläche auf Pflanzen und Totholz die über- und durchströmte Sedimentoberfläche entscheidend, weshalb die Größe der Kontaktfläche zwischen Wasser und Sediment von Bedeutung ist. Leitet man diese vom benetzten Umfang ab, so ergibt sich für Variante 2 die größte Kontaktfläche (vgl. Tab. 4-3 – Tab. 4-5).

## 5.4 Fließgeschwindigkeiten

Die über den Querschnitt gemittelten Fließgeschwindigkeiten der drei potentiell umsetzbaren Ausbaustände unterscheiden sich im MQ-Bereich zunächst nicht wesentlich (Ist-Zustand mit Stauhaltung: 0.27 m/s, Variante 1 mit Stauhaltung: 0.24 m/s und Variante 2 mit freien Abfluss: ca. 0.30 m/s).

Deutlich werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Ausbaubedingungen, wenn man die Geschwindigkeitsverteilung innerhalb eines Profils betrachtet. Hier zeigt sich bei Variante 1 und 2 eine größere Geschwindigkeitsvariabilität über den Querschnitt mit einer schneller strömenden Zone im Stromstrich (bis 0.4 m/s) und schwächerer durchströmten Flachwasserzonen. Von hoher Relevanz sind die Fließgeschwindigkeiten bei Abflüssen im Niedrigwasserbereich unter 0.5 m<sup>3</sup>/s. Durch eine Verengung des unteren Abflussquerschnittes (Abb. 4-4) konnte in Variante 1 und 2 eine deutliche Erhöhung der Geschwindigkeiten gegenüber dem derzeitigen Zustand erzielt werden (maximal 0.27 m/s in Variante 2 gegenüber 0.06 m/s im Ist-Zustand für MNQ und maximal 0.13 gegenüber 0.01 m/s bei NQ). Als besonders problematisch erweist sich die derzeitige Stauhaltung in Phasen niedriger Durchflüsse. Die Fließgeschwindigkeiten werden durch den Stau stark vermindert und gehen bei NQ gegen Null.

## 5.5 Sauerstoffeintrag

Die geringen Fließgeschwindigkeiten und großen Wassertiefen im gestauten Zustand lassen zeitweise kritische Sauerstoffkonzentrationen vermuten. Durch das Landesumweltamt wurden am Wehr Trebbin (Messstelle NU\_0050) Werte zwischen 14.2 und 4.2 mg/l O<sub>2</sub>

gemessen. Mit einem 10-Perzentil von 7.6 mg/l werden die Vorgaben der chemischen Gütekategorie II nach LAWA (10-Perzentil > 6 mg/l O<sub>2</sub>) erreicht. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass die Proben unterhalb des Wehres Trebbin genommen werden. Aufgrund der starken mechanischen Belüftung durch den Überfall am Wehr (die Belüftungsrate kann nach SCHÖNBORN (1992) auf das 10fache ansteigen) übersteigen die dortigen Sauerstoffgehalte die des stromauf gelegenen Abschnittes. So weist eine unterhalb gelegene, vom Wehr unbeeinflusste Gütemessstelle ein 10-Perzentil von nur noch 6.27 mg/l auf. Die niedrigsten O<sub>2</sub>-Gehalte treten dort zwischen Juli und September und bei Durchflüssen bis zum MQ auf. Die Sättigung liegt im Mittel bei 80 %; nachts ist mit stärkerer Untersättigung zu rechnen.

Die kritische Sauerstoffkonzentration vieler Fließgewässerorganismen (Makrozoobenthos, Fische) liegt bei 3–4 mg/l (GUNKEL 1996), darunter treten physiologische Schädigungen auf. Der Eintrag von Sauerstoff in die langsam strömende Nuthe sollte gefördert werden. Hier sind Turbulenzen von Bedeutung, welche durch eine geringe Fließtiefe, die Strukturierung durch Makrophyten und vor allem höhere Fließgeschwindigkeiten im Stromstrich entstehen. Variante 2 (4.3) weist in dieser Hinsicht deutlich günstigere Bedingungen als der Ist-Zustand auf.

Zur Darstellung des Einflusses von Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe auf die mechanische Belüftung von Fließgewässern existiert eine Vielzahl empirischer Formeln (vgl. z.B. SCHÖNBORN 1992, MC CUTCHEON 1989). Abb. 5-6 stellt für den Ist-Zustand und Variante 2 vergleichend dar, in welcher Zeitspanne ein gegebenes Sättigungsdefizit durch mechanische Belüftung ausgeglichen würde.

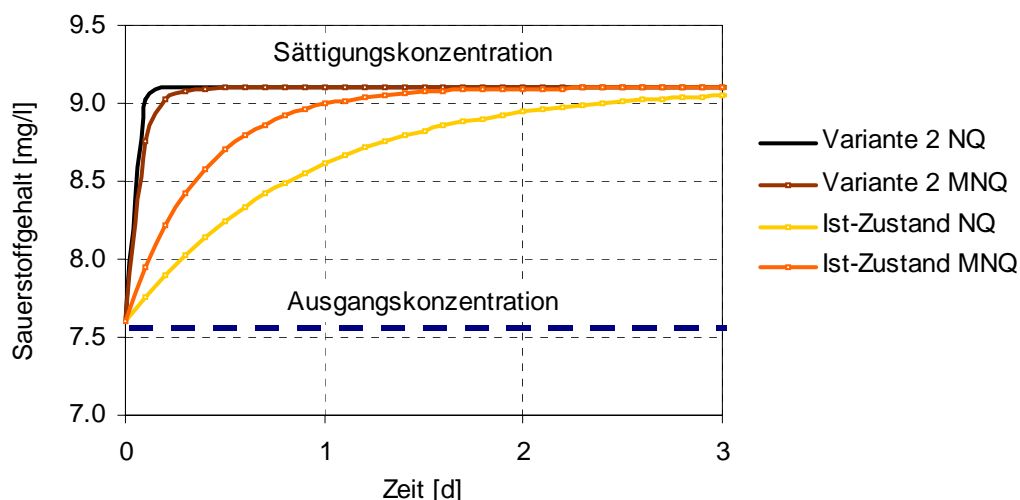


Abb. 5-6 Einstellung der Sättigungskonzentration von Sauerstoff ausgehend von einem gegebenen Sättigungsdefizit (Ausgangskonzentration von 7.6 mg/l O<sub>2</sub>) aufgrund mechanischer Belüftung. Dargestellt sind die Verhältnisse bei NQ und MNQ im derzeitigen Ausbauzustand und für Variante 2. Der Berechnung liegt eine angenommene Wassertemperatur von 20°C zugrunde.

Erwartungsgemäß würde die Sättigungskonzentration in Variante 2 aufgrund von mechanischem Sauerstoffeintrag rascher erreicht als im Ist-Zustand. In der Realität wird die O<sub>2</sub>-Konzentration jedoch nicht allein durch physikalische Prozesse bestimmt, sondern wesentlich durch die Sauerstoffproduktion von Makrophyten, Phytoplankton und Phytobenthos sowie die Respiration der gesamten Biozönose gesteuert.

## **5.6 Schwebstofftransport**

Die Sohle der Nuthe weist im derzeitigen Zustand Bereiche mit einer abgelagerten Schlammschicht auf. Diese sind im oberen Abschnitt an den Böschungsfüßen sowie im Rückstaubereich des Wehres zu finden. In Niedrigwasserzeiten mit extrem geringen Fließgeschwindigkeiten bzw. bei Stagnation kommen Schwebstoffe organischen Ursprungs (Detritus) zur Ablagerung, in denen aufgrund von Sauerstoffmangel auch reduzierende Bedingungen herrschen können. Die Schicht überdeckt den ökologisch sensiblen Bereich des Hyporheals (Kolmation), wodurch dessen Lebensraumfunktion und Stoffumsatzleistung eingeschränkt werden. Bei ausreichender Durchströmung, wie sie insbesondere in Variante 2 auftritt, können die Stoffe an der Sedimentoberfläche abgebaut werden (belebte Flachwasserzonen) bzw. akkumulieren nicht (Stromstrich).

## **5.7 Strukturbildungsvermögen und Sohlstabilität**

Die derzeit beidseitige Uferbefestigung an der Nuthe bewirkt, dass relativ wenig Sediment durch Seitenerosion von den Ufern aufgenommen und im Fluss transportiert wird. Sandtrieb über der Sohle findet trotzdem statt. Die Eintiefung der Prallhangbereiche in Kurven und kleinere Auflandungen sowie notwendige Sedimenträumungen an der Nuthemündung (KOLL pers. Mitt.) zeugen von einer Sedimentbewegung. Wird der Uferverbau entfernt, kann allein dadurch bedeutend mehr Material umgelagert werden und die Bildung verschiedener Strukturen an Ufer und Sohle (Kolke, Auflandungen wie Längsbänke und Querbänke, Buchten, Uferabbrüche, Unterspülungen etc.) ist möglich. Die Gerinnestabilität kann anhand der auftretenden Schubspannungen abgeschätzt werden. Bei einer Schubspannung von etwa 1.0 N/m<sup>2</sup> wird der in der Nuthe vorherrschende Feinsand erodiert (BOLLRICH 2000, HEC 2002). Aus den in Tab. 4-3 – Tab. 4-5 aufgeführten Werten kann geschlossen werden, dass die potentiellen Ausbauvarianten (Ist-Zustand und Variante 1 jeweils mit Stauhaltung, Variante 2 mit freiem Abfluss) bei MQ stabil sind, während bei MHQ Erosion stattfindet und sich neue Strukturen bilden können. Im Rahmen konkreter Renaturierungsplanungen wären eine weitergehende Analyse der Gerinnestabilität und ggf. eine Konzeption lokaler Sicherungsmaßnahmen notwendig.

Die Fließgeschwindigkeit wird auch kleinräumig wirksam, so dass in einem naturnah strukturierten Gewässer unterschiedliche Lebensräume für benthische Organismen entstehen. Dies geschieht durch die Korngrößensortierung und die damit verbundene Ausbildung unterschiedlicher Substratbereiche sowie die Bildung von Mikrostrukturen (Rippeln etc.).

Hinsichtlich des Substrats ergeben sich in der Nuthe lediglich Schlamm- und Sandbereiche, eventuell lagert sich unter dem Stromstrich etwas Feinkies ab.

## 5.8 Lebensraumbedingungen/Habitatdiversität

Die Nuthe weist bereits viele potamale Arten auf, was in der gegenwärtigen Stauhaltung begründet ist. Insbesondere bei den Fischen macht sich der zunehmende Anteil limnophiler Arten bemerkbar. Für die nach LUA (2004a) als Leitarten der Nuthe geltenden Arten Bitterling (*Rhodens sericeus amarus*; limnophil) und Ukelei (*Alburnus alburnus*; eurytop) sind die derzeitigen Bedingungen ausreichend, die Ansiedelung der Barbe (*Barbus barbus*) ist jedoch aufgrund ihrer Bevorzugung von stärker strömenden Gewässern kaum erreichbar (Leitarten).

In Verbindung mit dem Einbau von Fischpässen könnten durch die Strukturverbesserungen und die Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten im Stromstrich die Vorkommen der bisher nur selten auftretenden Arten Quappe (*Lota lota*), Hasel (*Leuciscus leuciscus*), Döbel (*Leuciscus cephalus*) oder Rapfen (*Aspius aspius*) vergrößert werden.

Durch unterschiedlich stark durchströmte und tiefe Bereiche ergeben sich zahlreiche verschieden beschaffene Lebensräume für benthische Organismen. Am stärksten sind jedoch Materialien wie Totholz oder Makrophyten besiedelt, wo sich wegen der dort auftretenden Turbulenzen auch rheophile Arten ansiedeln. Als gewässertypspezifische Insektenarten, deren Larven im Gewässer leben, werden von POTTGIEBER & SOMMERHÄUSER (2004) *Ephemera danica*, *Heptagenia flava*, *Caenis pseudrivulorum* und *Brachycerus harisella* (Eintagsfliegenarten), *Taeniopteryx nebulosa* (Steinfliegenart), Arten der Gattung *Lype* (Köcherfliegen) angegeben. Als typisch gelten auch die Muschelarten *Unio pictorum* (Malermuschel) und *Unio crassus* (Kleine Flussmuschel). Letztere gilt nach LUA (2004a) als Leitart für die mittlere und untere Nuthe. *Gomphus vulgatissimus* und *Caleopteryx splendens* (Gebänderte Prachtlibelle) sind typische Libellenarten, wobei letztere speziell für die Nuthe als Leitart gilt. Alle genannten Organismen sind rheobiont oder rheophil (vgl. KÖHLER ET AL 2002). Eine Förderung dieser Arten ist an die Umsetzung von Maßnahmen gebunden, welche die Strömungsverhältnisse verbessern und eine Stagnation des Wassers verhindern. Vor allem für Unioniden und netzspannende Fliegenlarven sind geringe Geschwindigkeiten und die Akkumulation von Schwebstoffen problematisch. Von großer Bedeutung sind darüber hinaus die Vielfalt an kleineren Strukturen und das Vorhandensein von Totholz.

## 5.9 Auendynamik

Die Profilgestaltung und die vorhandenen Verwallungen (Abb. 4-4) im derzeitigen Zustand lassen keine Ausuferungen zu. Setzt man Maßnahmen zur Querprofilgestaltung um, sollten die Deiche wenigstens in Teilen zurückgesetzt oder entfernt werden (s.o.). Hierfür ist das Schadenspotenzial im Hochwasserfall zu kalkulieren und gegenüber ökologischen Vorteilen abzuwägen. Größere Grünlandflächen südlich von Trebbin, welche zur Ausweisung von Hochwasservorsorgegebieten nach § 100 WHG vorgesehen (LUA 2004a) sind, können hier

einbezogen werden (4.6). Einen Vorschlag für die mögliche, mittel- bis langfristige Umgestaltung der Aue bezüglich Nutzung, Gewässergestaltung und Deichverlauf zeigt Abb. 5-7.

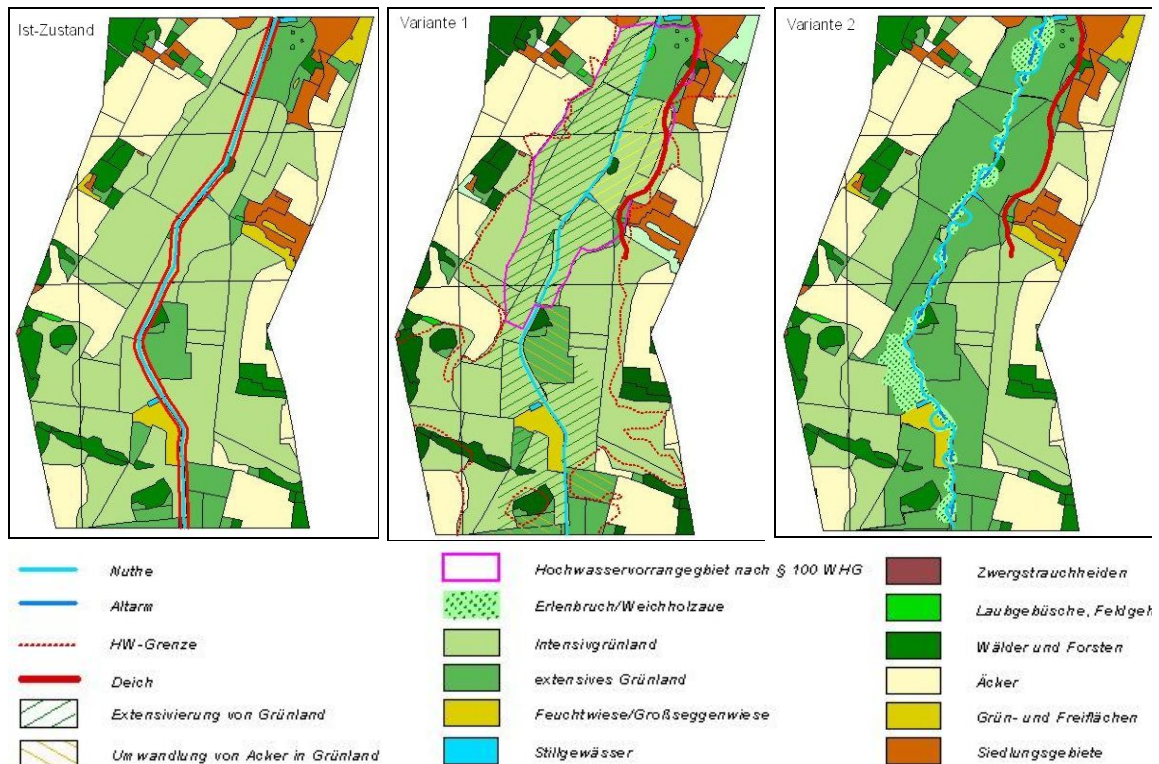


Abb. 5-7 Vorschläge für eine mögliche, langfristige Umgestaltung der Nuthe-Aue

Durch die Querprofilbemessung nach dem MHQ könnte die Nuthe gemäß Variante 2 alle 1 bis 2 Jahre ausufern. Diese Bedingungen lassen die Etablierung von Weichholzaunen- (*Salix alba*) oder Erlenbruchgesellschaften (*Alnion glutinosae*) zu und können mit Initialpflanzungen in Gewässernähe und Anschluss zum Uferstreifen angesetzt werden.

## 6 Schlussfolgerungen

Im vorliegenden Bericht wurde eine Auswahl möglicher flussmorphologischer Veränderungen im Zuge einer Renaturierung der Nuthe untersucht. Darüber hinaus bestehen weitere Möglichkeiten, die ökologische Funktionsfähigkeit des Gewässers durch gezielte Optimierung einzelner Strukturparameter (LUA 2002) zu fördern.

Der Nutzen einer strukturellen Veränderung an der mittleren Nuthe schlägt sich – vor allem in Bezug auf die Fließgeschwindigkeiten und die Tiefenvarianz – deutlich in der untersuchten naturnahen Variante 2 (Abschnitt 4.4) wieder. Dagegen ist Variante 1 W auf eine Beibehaltung der aktuellen Staubewirtschaftung ausgerichtet.

Die Ergebnisse der Modellierung des Ist-Zustandes (Abschnitt 4.5) zeigen, dass die Stauhaltung bei Durchflüssen unterhalb MQ in Verbindung mit der Profilgeometrie deutlich negative Auswirkungen hat. Hier muss der Ansatzpunkt für eine Aufwertung des Gewässerzustandes liegen. Des Weiteren wird deutlich, dass ein Rückbau des Wehres nur in Ver-

bindung mit der Aufhöhung der Gewässersohle sinnvoll wäre, wenn die derzeitigen Defizite ausgeglichen werden sollen (vgl. 5.2). Hier zeigte sich, dass die aus einer Sohlaufhöhung von bis zu 0.5 m resultierenden höheren Mittelwasserstände durch eine – zudem ökologisch sinnvolle – Vergrößerung der Wasserspiegelbreite teilweise ausgeglichen werden können. Die Umsetzbarkeit von Renaturierungsmaßnahmen wäre unter Berücksichtigung der Nutzung der angrenzenden Flächen somit grundsätzlich gegeben. Ein schwierigerer Aspekt ist jedoch der des Flächenbedarfs für Maßnahmen wie Gewässeraufweitung und die Pflanzung von Randstreifen.

Bezüglich des Hochwasserschutzes ist anzumerken, dass eine Aufwertung der Gewässerstrukturen (welche nur mit flacheren Profilen und größeren Wasserspiegelbreiten wirksam ist) nur in Verbindung mit einem Rückbau oder der zumindest teilweisen Verlegung der Deiche möglich ist. Veränderungen an den Deichen müssen entsprechend den gesetzlich festgelegten Schutzziele für die angrenzenden Flächen (vgl. MUNR 1997) durchgeführt werden.

Zur Darstellung der Auswirkungen morphologischer Veränderungen auf hydraulische Parameter hat sich in der vorliegenden Untersuchung die Modellierung als nützliches Werkzeug erwiesen. Sie hilft einerseits hydraulische Defizite des derzeitigen Zustandes aufzudecken und gestattet bei relativ geringem Aufwand – durch schrittweise Veränderung der Profilgeometrie – die Auswirkungen unterschiedlicher Renaturierungsszenarien zu untersuchen. Die Berechnung der resultierenden Wasserspiegellagen für unterschiedliche Durchflüsse (insbesondere auch Hochwasserdurchflüsse) ist für die Aufstellung umsetzungsorientierter Renaturierungskonzepte unverzichtbar.

## 7 Quellen

- Biermann, J. (1990): Abhängigkeit der Selbstreinigung von der Naturnähe der Fließgewässer; DVWK-Mitteilungen; 21
- Bollrich, G. (2000): Technische Hydromechanik. Verl. Bauwesen, Berlin.
- Gunkel, G. (1996): Renaturierung kleiner Fließgewässer; Gustav Fischer Verlag Jena
- HEC (2002): US Army Corps of Engineers Hydraulic Engineering Center (HEC): HEC-RAS River Analysis System – Version 3.1; User's manual, Hydraulic reference Manual
- Hickisch, A. (2004): Ableitung flussmorphologischer Parameter aus historischen Karten und stratigraphischen Untersuchungen. Ein Beitrag zur Leitbildentwicklung für die Nuthe/Brandenburg; Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg Nr. 89, Potsdam
- Kern, K. (1994): Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung - Geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern; Springer Verlag.
- Köhler, J.; Gelbrecht, J. & M. Pusch (Hrsg.) (2002): Die Spree - Zustand, Probleme, Entwicklungsmöglichkeiten; Limnologie aktuell: Bd. 10. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart
- LAWA (1998): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der BR Deutschland – Chemische Gewässergüteklassifikation; Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Arbeitskreis Zielvorgaben und Qualitative Hydrologie der Fließgewässer
- LAWA (2000): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer; Schwerin.
- Lampert, W. & Sommer, U. (1993): Limnoökologie; Thieme-Verlag
- LUA Brandenburg (2002): Strukturgüte von Fließgewässern Brandenburgs; In: Studien und Tagungsbereiche Bd. 37, Potsdam.
- LUA Brandenburg (2004a): Unterhaltungsrahmenplan Nuthe; Projektbericht Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam
- LUA Brandenburg (2004b): Umweltdaten aus Brandenburg; Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam
- Mc Cutcheon, S..C. (1989): Water quality modeling, Volume 1: Transport and surface exchange in rivers; CRC press
- MUNR (1997): Richtlinie für die naturnahe Unterhaltung und Entwicklung von Fließgewässern im Land Brandenburg; Unze Verlag, Potsdam
- PPM-PROWA Planungsgesellschaft GmbH (1992): Hydraulische Untersuchungen der Nuthe; Studie im Auftrag des Landesumweltamtes, Neuruppin.
- Pottgießer, T. & T. Sommerhäuser (2004): Vorläufige Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen
- Schönborn, W. (1992): Fließgewässerbiologie; Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart.
- Schulz, M. (2004): Messung und Modellierung der Phosphorretention in Tieflandsflüssen; Vortrag auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie in Potsdam; September 2004