

Morphologische Entwicklung der Ruhr bei Hattingen

Patricia Requena, Axel Pohle und Uwe Ross

Zusammenfassung

Der Unterlauf der Ruhr ist stark eingeeignet und mit Bühnen querverbaut. Die zu dem vorhandenen und aus heutiger Sicht unveränderbaren Stauwehre bedingen die für den gesamten Unterlauf fast durchgehend anthropogene Veränderung des Fließverhaltens. Einzige Ausnahme ist der hier betrachtete Flussabschnitt bei Hattingen mit einer freien Fließstrecke von rd. 3 km. Der Abschnitt ist vor diesem Hintergrund für die Entwicklung eines Strahlursprunges vorgesehen.

Die bis heute zugehörigen Planungen zur Umgestaltung der Ruhr sehen die deutliche Aufweitung des Ruhrprofils vor. Dabei sollen vornehmlich laterale Massenumlagerungen im Querprofil vorgenommen werden, wobei insbesondere im heute rückgestauten Flussabschnitt die Flusssohle angehoben werden soll, um eine schwach geneigte, jedoch frei fließende Gewässerstrecke zu erhalten. Für den zudem erforderlichen Umbau der vorhandenen Bühnen wird unterschieden zwischen vollständigem Rückbau und teilweisem Erhalt, wobei die Bühnen vom Ufer abgetrennt und hinterfahren werden. Hierbei bleibt die oberflächige Befestigung bereichsweise erhalten.

Die weiteren hydraulischen und morphologischen Betrachtungen erfolgten vor dem Hintergrund der Auslotung des Spannungsverhältnisses zwischen baulicher Herrichtung und morphodynamischer Entwicklung. Anhand eines detaillierten, hydraulischen 2 di-Modells wurden die maßgeblichen Parameter v und τ sowie die Breiten-Tiefenverhältnisse b/h für den geplanten Ausbauzustand berechnet. Die daraus abgeleitete Entwicklungsprognose lässt erwarten, dass

- die geplanten Maßnahmen eine zielgerichtete Ausgangssituation für eine vielfältige Gewässerstruktur darstellen und
- die positive Entwicklung im Sinne der Ziele der WRRL initiiert wird.

Weiteres Ergebnis der Untersuchungen ist die Erkenntnis, dass der Umfang der baulichen Herrichtung wie jetzt geplant notwendige Voraussetzung ist, da bei geringerem Maßnahmenumfang die Fließdynamik aufgrund der unveränderbaren Randbedingungen weiterhin eingeschränkt bleibt. Die avisierten Ziele (Strahlursprung etc.) sind demnach nur durch die bauliche Unterstützung erreichbar.

Offene Fragen, wie beispielsweise zum Geschiebehaushalt bzw. Geschiebetransport auch im regionalen Verbund der weiterhin staugeregelten Ruhrabschnitte ober- und unterhalb sind Gegenstand der weiteren Untersuchungen.

1 Einleitung und Projektanlass

Die Ruhr ist Namensgeber für den nordrhein-westfälischen Ballungsraum zwischen Duisburg und Dortmund mit einem Einwohnerstand von rd. 5 Mio. EW. Die bekannterweise hier einsetzende industrielle Entwicklung ist u. A. eng verbunden mit den wasserwirtschaftlichen Belangen der Ruhr und der nördlichen angrenzenden Emscher. Die seinerzeit rasante Gebietsentwicklung basierte neben vielen anderen Aspekten auf dem Wasserreichtum des Ruhr-einzugsgebietes und den damit verbundenen Möglichkeiten zur Trink- und Brauchwasser-

versorgung und dem damaligen Umbau der Emscher als gebietsübergreifendem Hauptstrang der Abwasserentsorgung.

Neben den Aspekten der Wasserver- und entsorgung wurde die Ruhr jedoch auch als Transportweg für die industriell erforderliche Güterverteilung benötigt und vor diesem Hintergrund schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts mit zahlreichen Buhnen querverbaut und so eingengt, dass sich eine schiffbare Niedrigwasserrinne einstellte (Abb. 1). Die Stauregelung im unteren Ruhrabschnitt sorgte zudem für den Ausgleich der Wasserführung und die Ableitung von Teilmengen zur Trinkwasseraufbereitung. Stauregelung und der einengende Verbau führten dazu, dass das Gewässer heute als „erheblich verändert“ (HMWB) eingestuft ist; die einzige



Ausnahme hiervon ist im heutigen Zustand der hier betrachtete rd. 7 km lange Ruhrabschnitt bei Hattingen, der noch einen rd. 3 km langen frei fließenden Gewässerabschnitt aufweist. Einen vergleichenden Eindruck verschafft der Blick auf die heutige Ruhr mit ihrem eingengten Bett und dem noch wenig verbauten Flussbett vor dem Beginn der Industrialisierung (Abb. 2).

Abb. 1 Ruhrbogen bei Hattingen (Quelle: LfW Bochum, 2002)

Vor dem Hintergrund der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wurden im Vorfeld der Planungen die Potenziale untersucht, die für die ökologischen Ziele der WRRL auch unter der HMWB-Prämisse aktivierbar sind. Der betrachtete Abschnitt erweist sich entsprechend der verbliebenen freien Fließstrecke als potenzieller Strahlursprung. In Anlehnung an den hier vorliegenden Gewässertyp 9.2 nach LAWA-Einstufung (große Flüsse im Mittelgebirge bzw. schottergeprägte Flüsse des Grundgebirges mit nebenrinnenreichem, schwach gewundenem bis gewundenem Gewässerverlauf) und weitreichenden Grundlagenerhebungen im Vorfeld der Planung wurden Leitbild und Entwicklungsziele formuliert, die im Kern auf die

- Aufweitung des Ruhrbettes,
- die Vielgestaltigkeit des Gewässerprofils sowie
- die Verbesserung der Längsdurchgängigkeit

fokussieren.

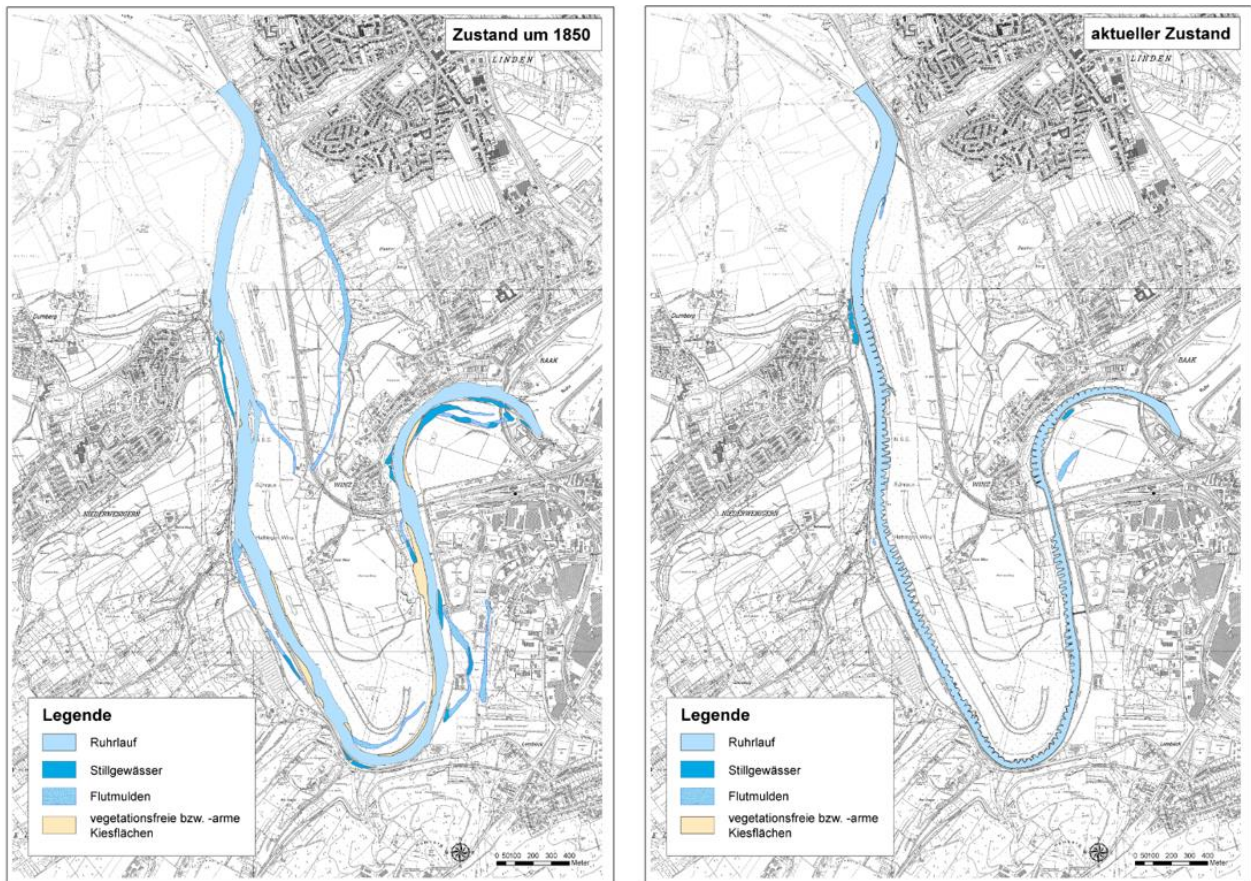


Abb. 2 Zustand der Ruhr im Planungsbereich Hattingen um 1850 (links) als breites dynamisches Gerinne mit schwach gewundenem Gewässerverlauf, einzelnen alternierenden Kies- und Schotterbänken, sowie mehreren Nebengerinnen und heute (rechts) durch Buhnen querverbaut und stark verengt, ohne Nebengerinne und mit einem feinsedimentlastigen Flussbett als Folge der Stauregelung (Quelle: *Koenzen, 1999* (aus *STUA DUISBURG 1999*)).

2 Restriktionen

Die Ruhr hat insbesondere im urban geprägten Unterlauf einer Vielzahl von nutzungsbedingten Veränderungen erfahren (Trinkwassergewinnung, HW-Schutz, Landentwässerung, Schifffahrt auf staugeregelten Gewässern, Wasserkraft, Denkmalschutz, Freizeit und Erholung). Herausragende Bedeutung für die Planungen im betrachteten Abschnitt haben die Restriktionen aus den beiden bestehenden Wehranlagen am unteren und oberen Planungsrand und die den Flusslauf heute prägenden Buhnen.

Die Bedeutung des Gewässers für die Trinkwasserversorgung wurde bereits erwähnt. Vor diesem Hintergrund war das Bemühen um einen Rückbau des unteren Stauwehres bzw. eine Absenkung des Stauspiegels als Planungsanfangsbedingung nicht erfolgreich, weil das unveränderte Beibehalten des Stauspiegels notwendige Voraussetzung für die Trinkwasserversorgung war. Verbunden mit der hohen Sieglungsdichte im gesamten Ballungsraum bestehen verständlicherweise hohe Ansprüche an die Freizeitnutzung – hierbei im Besonderen die Fischereivereine und Wassersportler. Darüber hinaus dient der ruhrbegleitende Leinpfad der Naherholung für Radfahrer und Wanderer; die Freiflächen im Umfeld der Ruhr bieten zudem eine hohe allgemeine Aufenthaltsqualität. Andererseits steht die Fläche des gesamten Ruhr-Innenbogens unter Naturschutz, so dass hohe Potenziale für den Artenbestand und die Wiederbesiedlung erwartet werden können.

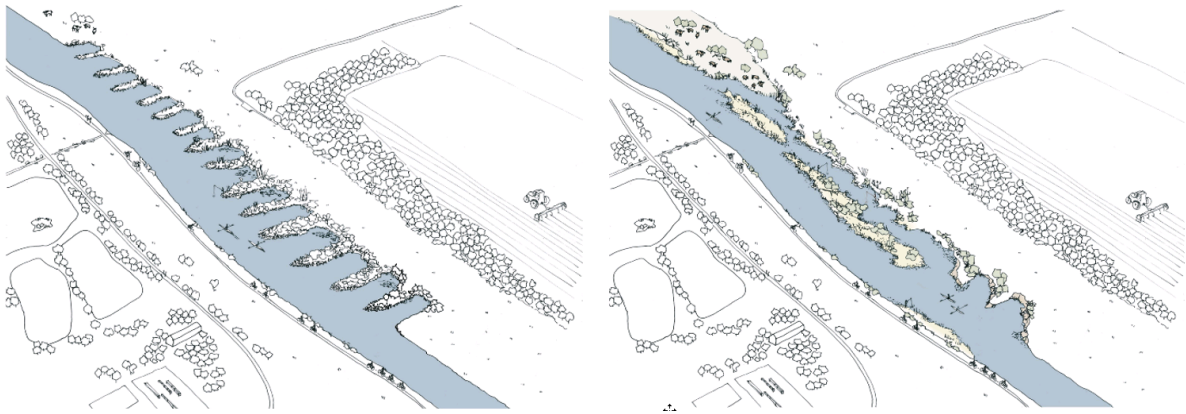


Abb. 4 Bühnenbereich heute (links) und gepl. Hinterfahren der Bühnen und Verbinden zu einem neuen Nebengerinne (Quelle: *Planungsbüro Land in Schicht*, 2014)

An anderen Stellen wird das Deckwerk der Bühnenhälsa jedoch entfernt, so dass nur die aus Sandkörper bestehenden Bühnenköpfe bestehen bleiben (Abb. 5). Die Umlagerung der so entfesselten Bühnen soll weitgehend eigendynamisch durch die fließende Welle erfolgen.

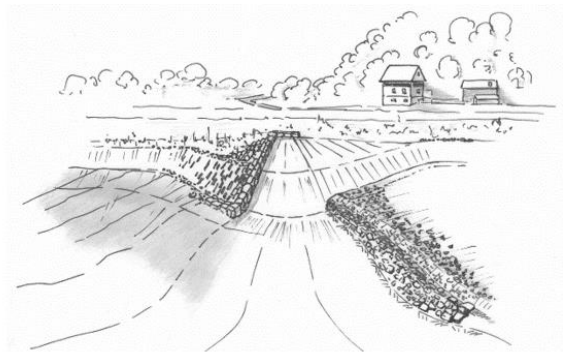


Abb. 5 Bühnendeckwerk und gepl. Umlagerung in die Flussmitte (schematisch)

Die umfangreichen Planungsschritte von der faunistischen/floristischen Grundlagenerhebung, den Planungsvarianten und der Öffentlichkeitsbeteiligung und – diskussion werden hier nicht weiter vertieft. Vielmehr wird im Nachfolgenden näher auf das Spannungsfeld zwischen baulicher Herrichtung und morphologischer Entwicklung eingegangen. Die oben beschriebenen Grundprinzipien der Umgestaltung sind danach planerisch in einen Zustand zu überführen, der Ausgangspunkt für die weitere Entwicklung der Ruhr sein soll. Zielerwartung ist dabei, dass die Entwicklung so initiiert wird, dass die ökologischen Ziele gem. WRRL mittelfristig erwartet werden können. Wesentlicher Baustein hierfür ist die Überführung des digitalen Geländemodells für den geplanten Zustand (bauliche Herrichtung) in ein 2-dimensionales hydraulisches Modell, um daraus schließlich die hydraulisch/dynamischen Parameter für eine morphologische Entwicklungsprognose abzuleiten.

4 Hydraulisches 2D-Modell

Mit der Umgestaltung der Ruhr sind umfangreiche Maßnahmen geplant, deren Auswirkungen hydraulisch beurteilt werden müssen. Neben der Frage der zukünftigen Hochwasserspiegellagen und dem Nachweis des vorgegebenen Verschlechterungsverbot bzgl. der HW-Sicherheit ist hinsichtlich einer morphologischen Prognose die Betrachtung des Sedimentations- und Erosionsverhalten von Bedeutung. Die möglichst genaue Kenntnis des hydraulischen

schen Breiten/Tiefenverhältnisses, sowie der Parameter v und τ sind hierbei wichtige Kenngrößen für die Entwicklungsprognose.

Für den rd. 7 km langen Ruhrabschnitt zwischen Dahlhauser und Hattinger Wehr wurde ein 2-dimensionales hydraulisches Modell für den Bestand und die Planung aufgestellt. Für die Modellierung des Ist-Zustandes wurde die aquatische Sohlstruktur der rückgestauten Ruhrbereiche anhand von Befahrungen mit einem Fächerecholot erfasst und im Vorland durch terrestrische Laserscandaten ergänzt. Zur detaillierten Abbildung der Wasser-Land-Grenze wurden die Böschungsoberkanten an den Bühnenköpfen/-feldern mit einer standardisierten Neigung mit dem Sohlhöhen im Gewässers verschnitten und damit eine durchgängige Abbildung der unregelmäßig strukturierten topographischen Gegebenheiten insbesondere am Innenbogen der Ruhr erzielt. (Abb. 6). Analog zur Abbildung des Ist-Zustandes wurden die Geometrien mit den geplanten Gewässeraufweitungen, den strukturierten Bühneninseln und den geplanten Nebenrinnen in das digitale Geländemodell eingefräst.

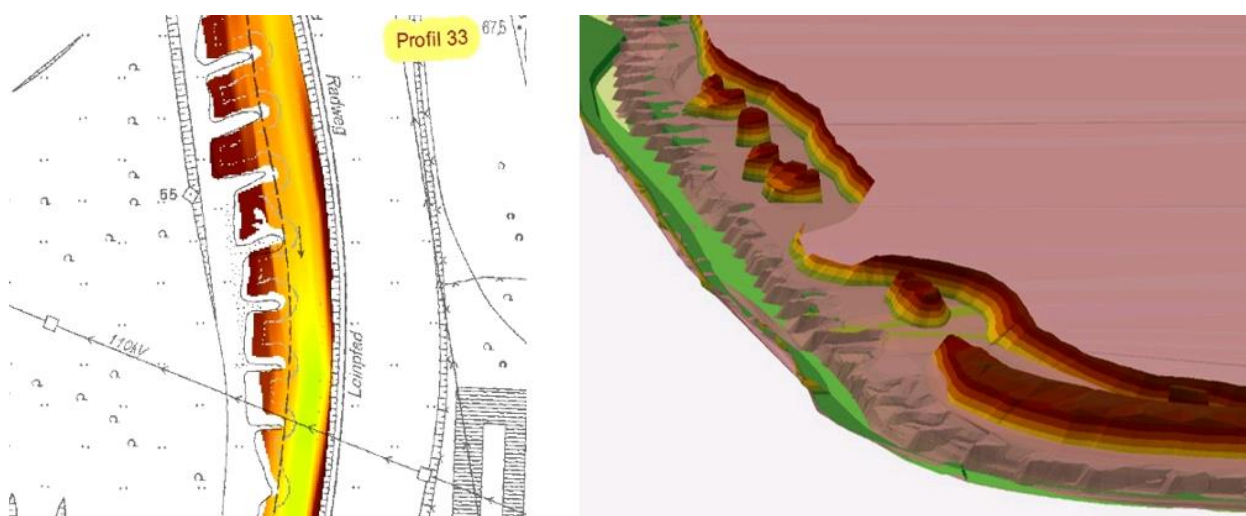


Abb. 6 Bathymetrie aus Gewässervermessung/Echolotbefahrung und Laserscandaten an zwei verschiedenen Stellen. Die Abbildung der Bühnen erfolgte durch Verschneidung von terrestrischen Daten mit standardisierter Bühneneigung und Gewässervermessung /Echolotbefahrung (Wasser-Land-Grenze) mit dem Ergebnis eines 3D-Geländemodells

Die hydraulischen Berechnungen wurden mit Hilfe der Software Mike 21 von DHI auf Basis des erstellten Planungs-DGM für verschiedene Abflusszenarien MQ bis HQ100 durchgeführt. Im Hinblick auf die morphologische Entwicklungsprognose wurden danach die Abflussverhältnisse bei bettbildenden Abflüssen (hier: HQ1-HQ2) untersucht und die relevanten Parameter für v und τ berechnet.

Die Abb. 7 zeigt beispielhaft die Gegenüberstellung der Schubspannungen bei HQ1 und hierbei insbesondere deren quantifizierbare Veränderungen in den Aufweitungsbereichen. Erste Ergebnisse aus der Hydraulik zeigen, dass die Maßnahmen grundsätzlich zu einer räumlich differenzierten Verteilung der Fließgeschwindigkeiten und Sohl Schubspannungen führen und somit die Entwicklung eines vielfältigen Strömungsmusters ermöglichen.

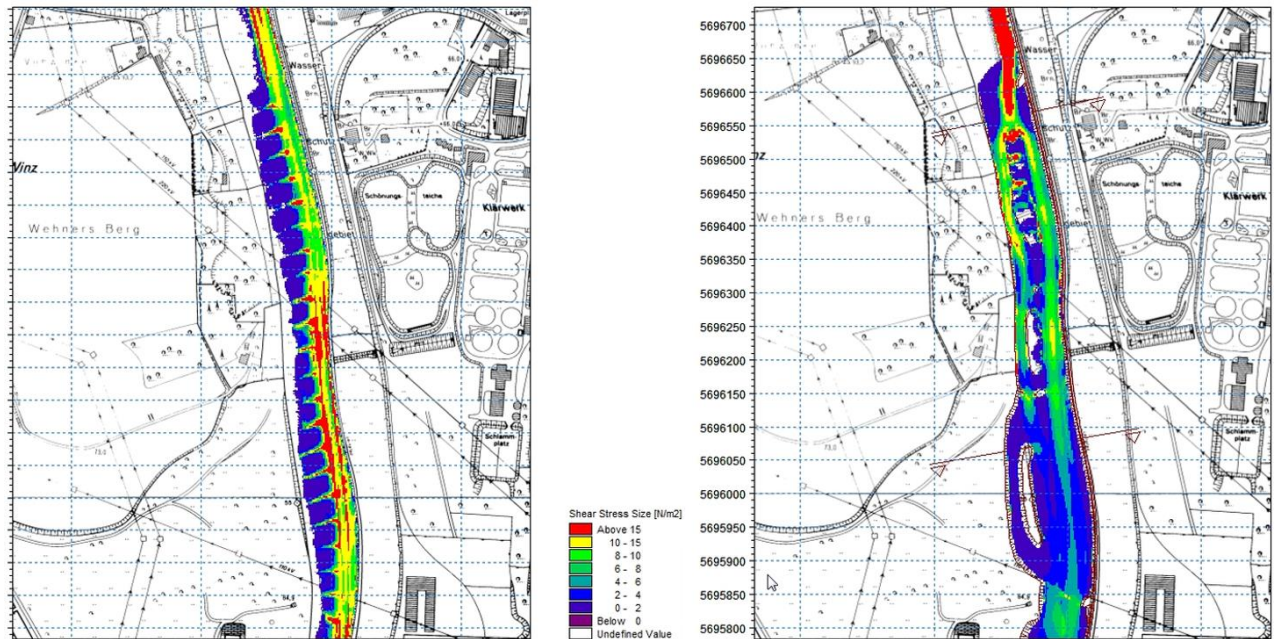


Abb. 7 Darstellung der klassifizierten Schubspannungen im Bestand (links) und Plan-Zustand (rechts) für den Lastfall HQ1 = 430 m³/s

5 Prognose zur morphologischen Entwicklung

Mit den geplanten Maßnahmen soll sich die Ruhr als breites dynamisches Gerinne mit ausgedehnten Kies- und Schotterbänken und vielfältig strukturiertem Sohls substrat und Uferdynamik entwickeln. Hierbei stellt sich die Frage, ob die baulich vorgesehenen Maßnahmen ausreichen, um eine eigendynamische Entwicklung der Gewässer zu initiieren. Bedingung für die Förderung der morphologischen Vielfalt sowie der eigendynamischen Uferentwicklung ist hier die Bildung von Sohlenstrukturen wie Kiesbänken im Flusssystem. Die Entwicklung solcher Makrostrukturen wird mit dem Auftreten periodischer Deformationen der vertikalen und horizontalen Geschwindigkeitsverteilung in Verbindung gesetzt (REQUENA 2008). Diese führen durch Umlagerungen von Sohlenmaterial zu ersten kleinen Veränderungen der Sohlentopographie, die sich zu den entsprechenden Sohlenformen und Bankstrukturen weiterentwickeln. Mit den geplanten und baulich hergerichteten Maßnahmen müssen also Randbedingungen geschaffen werden, die das Auftreten von Deformationen im Geschwindigkeitsprofil und somit die Bildung von Bankstrukturen ermöglichen.

Unter welchen Randbedingungen (Sohlbettbreite b , Abflusstiefe h , Sohlmaterial d , Fließgeschwindigkeit v , Gefälle J) die Bildung von Bankstrukturen an der Ruhr zu erwarten ist, wurde mithilfe vorhandener Abgrenzungskriterien aus der Literatur (DA SILVA 1991, PARKER 1976, JÄGGI 1983) abgeschätzt. Damit lässt sich das Potenzial der eigendynamischen Entwicklung bei der Art der geplanten Maßnahmen (Sohlenanhebung in Kombination mit Nebenrinne, Gerinneaufweitung mit und ohne Bühneninseln) prognostizieren. Die dafür erforderlichen hydraulischen Parameter wurden aus den Berechnungen mit dem 2D-Modell übernommen.

Das Abgrenzungsdiagramm nach da Silva (1991) in der Abb. 8 zeigt, dass die Ruhr im heutigen Zustand mit einer Breite von ca. 20 - 30 m so kleine b/h -Verhältnisse aufweist, dass sie sich im Bereich der Einzelgerinne mit ebener Sohle befindet. Hier ist die Entwicklung von übergeordneten morphologischen Strukturen, selbst bei Entfesselung der Uferbefestigungen, als sehr gering einzustufen.

Die geplante Sohlenerhebung im rückgestauten Abschnitt bewirkt eine Verbreiterung des Gerinnes von ca. 10 m. Gleichzeitig macht sich die parallel vorgesehene Nebenrinne (häufigere Ausuferungen) durch eine Reduktion der Abflusstiefe bemerkbar. In den Aufweitungsabschnitten, in denen die Bühnenanschlüsse am Ufer bauseitig hinterfahren werden, aber die „Bühnenhalse“ erhalten bleiben und nicht erodierbar sind, beschränkt sich die transportwirksame Breite auf etwa 50 m. Bei vollständiger Entfernung der Bühnen entspricht die Flussbettbreite ca. 80 m. In beiden Fällen werden die Abflusstiefen im Vergleich zum Ist-Zustand deutlich reduziert. Alle Maßnahmen bewirken somit eine deutliche Veränderung der h/d - und b/h - Verhältnisse im Vergleich zum Ist-Zustand, so dass eine Wanderung zum bankbildenden Bereich feststellbar ist (Abb. 8).

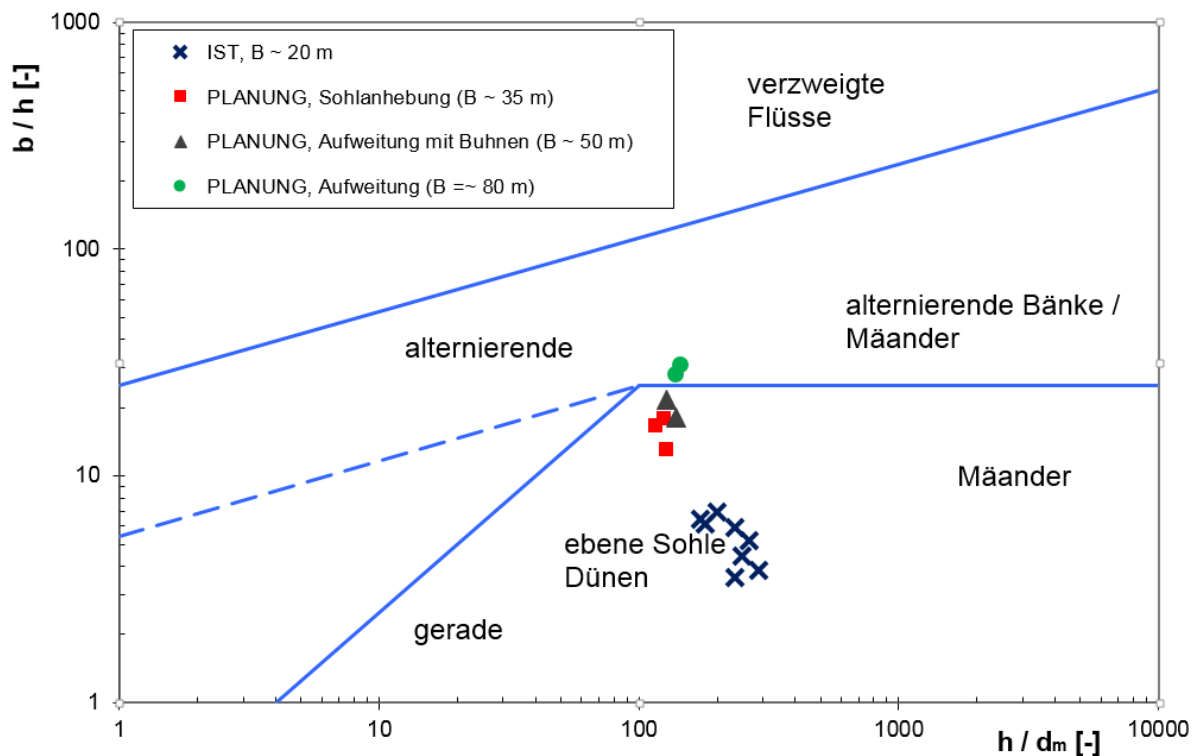


Abb. 8 Kriterium zur Abgrenzung der Flussmorphologie nach Da Silva (1991) mit den Datenpunkten der Ruhr im Planungsgebiet (Ist- und Planungszustand)

Die Abgrenzung der Gerinneformen nach weiteren Kriterien bzw. Parametern wie h/b (PARKER 1976) oder b/d (JÄGGI 1983) ergeben ähnliche Resultate. Mit Kenngrößen von h/b zwischen 0,03 und 0,06 und b/d zwischen 2000 und 4500 befindet sich die Ruhr mit den geplanten Maßnahmen bei beiden Diagrammen (PARKER 1976, JÄGGI 1983) im bankbildenden Bereich.

Mit den geplanten Maßnahmen ist also das Potenzial zur eigendynamischen Gewässerentwicklung an der Ruhr von den hydraulischen und geometrischen Randbedingungen her grundsätzlich vorhanden. Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass eine ausgeprägte und vor allem schnelle Entwicklung morphologischer Strukturen eher bei den großen Gerinneaufweitungen zu erwarten ist. Hingegen ist bei Strecken mit geplanter Sohlenerhebung aufgrund der kleineren Breite- zu Abflusstiefenverhältnisse mit einer langsameren Entwicklung der Gewässerdynamik zu rechnen. An diesen Stellen werden zusätzliche Maßnahmen, wie das Einbringen von Totholz, strömunglenkende Elemente oder Störsteine zur Unterstützung der eigendynamischen Entwicklung berücksichtigt. Ferner lässt sich aus der Untersuchung erkennen, dass der

Umfang der baulichen Herrichtung wie jetzt geplant notwendig ist. Bei einem geringeren Maßnahmenumfang würde die Fließdynamik weiterhin eingeschränkt bleiben.

Weitere Aspekte, die die an der Ruhr zu erwartende morphologische Entwicklung beeinflussen werden, sind das Sediment- und Erosionsverhalten sowie das Vorhandensein einer Abpflasterungsschicht an der Sohloberfläche.

Bedingung für die Bildung oder die Veränderung der Flussmorphologie ist, dass Geschiebe transportiert bzw. abgelagert werden kann. Neben den bisher angesprochenen Parametern spielt bei der Entwicklung morphologischer Strukturen auch das Verhältnis zwischen Geschiebeaufkommen und Geschiebetransportkapazität eine wichtige Rolle. Im Erosionszustand sind die Sohlformen (Bank und Kolk) tendenziell weniger ausgeprägt. Im Gleichgewichts- oder Auflandungszustand werden hingegen - bei sonst ähnlichen hydraulischen Randbedingungen - ausgeprägtere Sohlstrukturen auftreten (REQUENA 2008). An der Ruhr wird das Geschiebeaufkommen im betrachtenden Gewässerabschnitt aufgrund der oberhalb und unterhalb liegenden Wehre als sehr gering betrachtet. Die Planung von Geschiebedepots wird daher hierbei relevant. In diesem Sinne werden die abgedeckten Bühnenhalse, die als erodierbare Sandkörper im aufgeweiteten Gerinne bleiben, die morphologische Entwicklung maßgeblich unterstützen. Sie stehen direkt als Geschiebezugabe zur Verfügung, werden bei bettbildenden Abflüssen mobilisiert und fördern somit die Entwicklung ausgeprägter Sohlstrukturen.

In diesem Zusammenhang wird im Zuge der nächsten Planungsschritte zur Beurteilung der langfristigen morphologischen Entwicklung im geplanten Gewässerabschnitt eine übergeordnete Betrachtung des Sedimentation- Erosionsverhalten an der Ruhr vorgenommen.

Auch der mögliche Einfluss von Abpflasterungsprozessen an der Sohloberfläche ist im Detail weiter zu untersuchen. Die Ruhr weist im heutigen Zustand aufgrund der breiten Kornverteilung ihres Sohlsubstrats ($s = \sqrt{\frac{d_{84}}{d_{16}}} \sim 3,1$) eine grobe Abpflasterungssicht an der Sohloberfläche auf. Bei den geplanten Maßnahmen kann die Bildung einer gröberen Decksicht nicht ausgeschlossen werden. Dieses kann die morphologische Aktivität ungünstig beeinflussen und wird im weiteren Projektverlauf näher untersucht.

Literatur

STUA DUISBURG – STAATLICHES UMWELTAMT DUISBURG (HRSG.) (1999): Ökologische Untersuchung der Bühnen der Ruhr zwischen Hattingen und Dahlhausen. Bearbeitung durch Büro für Geoökologische Planung und Beratung Dipl.-Geogr. Uwe Koenzen.

DA SILVA A.M.A.F. (1991). Alternate bars and related alluvial processes. MSc thesis, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.

JÄGGI M. (1983). Alternierende Kiesbänke. Mitteilung Nr. 62, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH-Zürich, Zürich, pp. 286.

PARKER G. (1976). On the cause and characteristic scales of meandering and braiding rivers. Journal of Fluid Mechanics, 76(3), 457-480.

REQUENA P. (2008). Seitenerosion in kiesführenden Flüssen - Prozessverständnis und quantitative Beschreibung. Mitteilung Nr. 210, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH-Zürich, Zürich, pp.

Anschrift der Verfasser

Dr. sc Patricia Requena
Franz Fischer Ingenieurbüro GmbH
Wilhelmstr. 26, D-42697 Solingen
patricia.requena@fischer-teamplan.de

Dipl.-Ing. Axel Pohle
Franz Fischer Ingenieurbüro GmbH
Wilhelmstr. 26, D-42697 Solingen
axel.pohle@fischer-teamplan.de

Dipl.-Ing Uwe Ross
Franz Fischer Ingenieurbüro GmbH
Wilhelmstr. 26, D-42697 Solingen
uwe.ross@fischer-teamplan.de