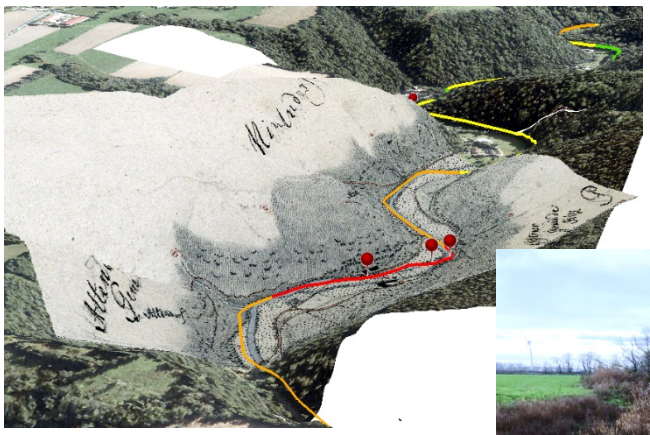
Abschlussbericht

Konzeptionelle Analyse für die geplanten FGG Elbe-Projekte:

„Sedimentdurchgängigkeit im Elbe-Einzugsgebiet
und Förderung eines ausgeglichenen
Sedimenthaushaltes der Elbe“

und

„Erfassung und Bewertung
quantitativer und hydromorphologischer Aspekte
beispielhafter Nebengewässer im Elbe-Einzugsgebiet“



Abschlussbericht

Konzeptionelle Analyse für die geplanten FGG Elbe-Projekte

„Sedimentdurchgängigkeit im Elbe-Einzugsgebiet und
Förderung eines ausgeglichenen Sedimenthaushaltes der Elbe“ und

„Erfassung und Bewertung quantitativer und hydromorphologischer
Aspekte beispielhafter Nebengewässer im Elbe-Einzugsgebiet“

Titelbild: Georeferenzierung der Karte "Schandauer Flöße" von 1801 (vgl. Abbildung 38) und eigene Aufnahme

Zitiervorschlag: Flussgebietsgemeinschaft Elbe (2021): Abschlussbericht der Konzeptionelle Analyse für die geplanten FGG Elbe-Projekte „Sedimentdurchgängigkeit im Elbe-Einzugsgebiet und Förderung eines ausgeglichenen Sedimenthaushaltes der Elbe“ und „Erfassung und Bewertung quantitativer und hydromorphologischer Aspekte beispielhafter Nebengewässer im Elbe-Einzugsgebiet“ 120 S.

31. März 2021

Auftraggeber: Flussgebietsgemeinschaft Elbe

SAP-Nr.: M39610304090

Bearbeitung: Frederik Kathöfer, BfG Koblenz
Dr. Ina Quick, BfG Koblenz

Expertenbeirat:
Oliver Wiemann, MLUK Brandenburg
Karl-Heinz Jährling, LHW Sachsen-Anhalt
Christine Stevens, LfULG Sachsen
Dr. Kerstin Röske, SMUL Sachsen
Timm Menkens, TLUG
Gabriela Kluge, MULE Sachsen
Thomas Gabriel, GDWS
Jens Thormann, LfU Brandenburg
Norbert Herrn, LfU Brandenburg
Dr. Gregor Ollesch, FGG Elbe Magdeburg

Magdeburg, Koblenz, den 31. März 2021

Inhalt

1 Einleitung und Veranlassung 4

2 Beantwortung des Fragenkatalogs
(Beantwortung unter Berücksichtigung des Sedimentmanagementkonzeptes für die Elbe) 6

2.1 Einleitende Fragen 7

2.1.1 Definition und inhaltliche Abgrenzung von Sedimenthaushalt zu Sedimentbilanz 9

2.1.2 Referenzzustand für einen „guten“ Sedimenthaushalt 12

2.1.3 Ursachen von Bilanzdefiziten 20

2.1.4 Beziehung Sedimenthaushalt in Bezug zu Durchgängigkeit – Morphodynamik – bettbildenden Abflüssen 26

2.1.5 Skalenebenen und Notwendigkeit der Quantifizierung 36

2.2 Fragen zur Datenverfügbarkeit und -aufbereitung 39

2.2.1 Datengrundlagen und Informationen der Länder 39

2.2.2 Informationen fachfremder Quellen 49

2.2.3 Informationen zu historischen Referenzzuständen 51

2.2.4 Datenkompatibilität und Harmonisierung 59

2.3 Ergebnisorientierte Fragen 62

2.3.1 Auswertungsbasierte Informationen für den Sedimenthaushalt und die Sedimentdurchgängigkeit 62

2.3.2 Zukünftige Datenerhebungen 64

2.3.3 Alternative Vorgehensweisen 65

2.3.4 Messmethoden und Monitoringempfehlungen 67

3 Erweiterte Bearbeitung – Datenaufbereitung Fallbeispiel 74

4 Zusammenfassung und Ausblick – Konzeptionelle Analyse Sedimentprojekte FGG Elbe 78

Literatur 81
Abbildungen 87
Tabellen 90
Abkürzungen 91
Anlage I – Gewässerübersicht 93
Anlage II – Ergebnisse, Daten- und Informationen 94
Anlage III – Ergebnisse Archivrecherche 98
Anlage IV – Ausgewählte Archivergebnisse 110
Anlage V – Archive und Anschriften 114
Anlage VI – Digitale Anlagen ..... eingestellt im WasserBLIcK

1 Einleitung und Veranlassung

Auf Basis der im Jahr 2009 festgelegten Ziele im nationalen und internationalen Bewirtschaftungsplan für die Elbe wurde ein Sedimentmanagementkonzept von der Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG Elbe) und der Internationalen Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) erarbeitet und veröffentlicht.

Das Sedimentmanagementkonzept identifiziert die Risiken für die Erreichung zentraler Handlungsziele der FGG Elbe, die von einem unzureichenden Sedimentstatus ausgehen, wichtet sie in ihrer Bedeutung und leitet aus dieser Analyse Handlungsempfehlungen ab (FGG Elbe 2013). Der Fokus lag dabei neben der Qualität auf der Quantität und Hydromorphologie sowie Nutzungen.

Zu den analysierten und beurteilten Indikatoren für die Quantität und Hydromorphologie der Elbe selbst sowie der Unterläufe ihrer Nebengewässer Schwarze Elster, Mulde, Saale und Havel zählten dabei **Durchfluss, Schwebstoffkonzentration, Schwebstofffracht, Mittlere Sohlhöhenänderung, Sedimentdurchgängigkeit, Breitenvariation, Tiefenvariation, Korngrößenverteilung des Sohlsubstrates, Uferstruktur und Überflutungsflächen (Verhältnis rezenter zu morphologischer Aue)**.

Im Ergebnis wurde u. a. ein erhebliches Sedimentdefizit der deutschen Binnenelbe ausgewiesen. Dieses Sedimentdefizit wird insbesondere durch die Schlüsselkriterien Mittlere Sohlhöhenänderung und Sedimentdurchgängigkeit widergespiegelt, es beeinflusst jedoch generell hydromorphologische Ausprägungen.

Die quantitativen und hydromorphologischen Aspekte der Elbe und der Mündungsbereiche von Schwarzer Elster, Mulde, Saale und Havel wurden im Sedimentmanagementkonzept mit dem Verfahren Valmorph der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) bearbeitet. Dabei handelt es sich um ein Verfahren zur Erfassung, Berechnung und Bewertung hydromorphologischer Zustände und Veränderungen im Fluss-, Ufer- und Auenbereich. Es basiert auf repräsentativen hydromorphologischen Zeigern, sog. Indikatoren. Diese werden mittels quantitativ beleg- und bewertbarer Vergleichs- und Schwellenwerte basierend auf indikatorspezifischen Berechnungsformeln klassifiziert (Quick et al. 2017). Im Gegensatz zu verbal-argumentativen und z. B. rein qualitativ auf Anzahlkartierungen pro Abschnitt basierenden Verfahren wird mit Valmorph die Objektivität und Genauigkeit inklusive exakter Verortungen und quantitativer Veränderungen und deren Beurteilungen gewährleistet, erforderlich sind jedoch gute Datengrundlagen.

Im ersten Kurzbericht zur Umsetzung des Sedimentmanagementkonzepts der Elbe wurde dargestellt, dass sich bei der Erstellung des Sedimentmanagementkonzepts und der anschließenden Umsetzung noch fehlende Kenntnisse zu den quantitativen Verhältnissen der weiteren Nebengewässer der Elbe und der kleineren Gewässer im Elbe-Einzugsgebiet sowie zur Erfassung und Beurteilung der Hydromorphologie inklusive der Sedimentdurchgängigkeit zeigten.

Zur Behebung dieser Wissensdefizite, zur Konkretisierung der existierenden Grundlagen und Prüfung der Eignung der quantitativen und hydromorphologischen Daten zur Anwendung der Vorgehensweise mittels dem Verfahren Valmorph gemäß Sedimentmanagementkonzept für

die Elbe - von der zur Gewährleistung der Anschlussfähigkeit und Kompatibilität zum Sedimentmanagementkonzept in den FGG Elbe – Sedimentprojekten auch für die kleineren Nebengewässer nicht abgewichen werden soll - wurde durch einen Expertenbeirat ein Fragenkatalog zur Initiierung umfangreicher Recherchen erarbeitet, der im Rahmen eines Kooperationsvertrages der FGG Elbe mit der BfG als konzeptionelle Analyse zu den beiden FGG Elbe - Projekten „Sedimentdurchgängigkeit im Elbe-Einzugsgebiet und Förderung eines ausgeglichenen Sedimenthaushaltes der Elbe“ und „Erfassung und Bewertung quantitativer und hydromorphologischer Aspekte beispielhafter Nebengewässer im Elbe-Einzugsgebiet“ seit Juni 2019 bearbeitet wurde und mit der Vorlage dieses Abschlussberichts beantwortet wird.

Der oben genannte Fragenkatalog sieht neben einleitenden Fragen zu Begriffsdefinitionen, Referenzzuständen etc. auch Fragen zur Datenverfügbarkeit und inhaltliche projektbezogene Fragen vor. In diesem Zusammenhang werden auch die Vorgehensweise, die erfolgten Arbeiten sowie die zusammengestellten Daten und Informationen erläutert.

Aus Synergiegründen werden für beide Projekte in Rückkopplung mit dem Expertenbeirat dieselben beispielhaften Nebengewässer der Elbe zur Hydromorphologie und zum Sedimenthaushalt betrachtet. Ihre Auswahl erfolgte mit dem Ziel, eine räumlich gleichmäßige Verteilung, eine den unterschiedlichen Gewässertypen (LAWA-Typ) entsprechende und eine ihrer Ausweisung als natürliche (NWB) bzw. erheblich veränderte (HMWB) Oberflächengewässer entsprechende Verteilung zu gewährleisten. Dazu wurden sieben Gewässer bzw. Gewässerabschnitte ausgewählt. Zu ihnen gehören die Jeetze, Stepenitz, Ehle, Mulde, Schwarze Elster, Kirnitzsch sowie der Lachsbach bzw. die Sebnitz mit einer Untersuchungslänge von insgesamt ca. 400 km (vgl. Abbildung 1 und Anlage I).

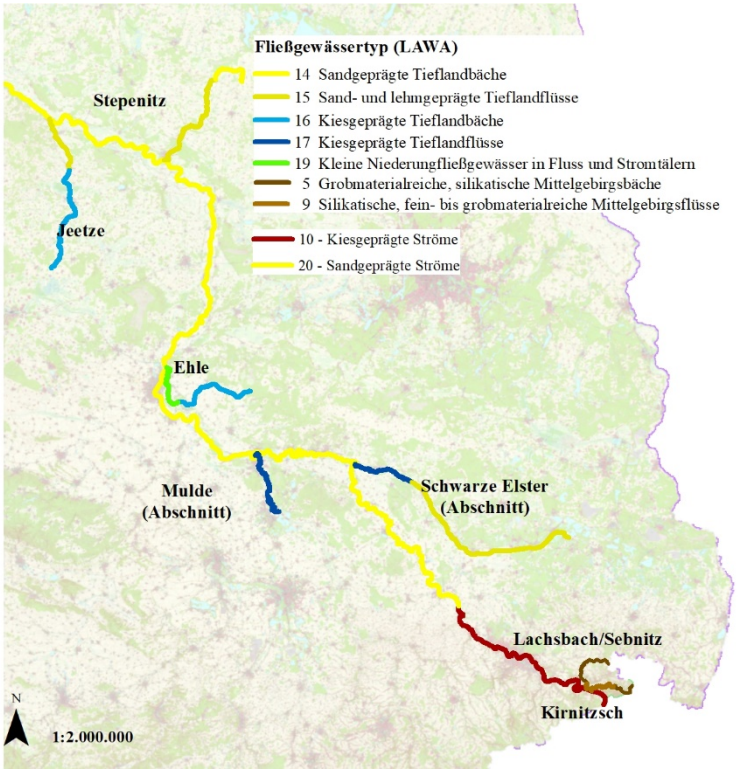


Abbildung 1: Ausgewählte und betrachtete Gewässer- bzw. Gewässerabschnitte im Elbe-Einzugsgebiet zusätzlich zu der im Sedimentmanagementkonzept bearbeiteten Elbe und Zuordnung der entsprechenden Fließgewässertypen (BfG 2019).

2 Beantwortung des Fragenkatalogs (unter Berücksichtigung des Sedimentmanagementkonzeptes für die Elbe)

Gemäß dem Fragenkatalog des Expertenbeirats sollten zunächst einleitende Fragen (s. Kap. 2.1), gefolgt von Fragen zur Datenverfügbarkeit und -aufbereitung (s. Kap. 2.2) sowie ergebnisorientierte Fragen (s. Kap. 2.3) im Kontext der Sedimentprojekte der FGG Elbe unter Berücksichtigung des Sedimentmanagementkonzepts für die Elbe (FGG Elbe 2013; IKSE 2014) beantwortet werden.

Dabei galt es, **Sedimente unter der quantitativen (Menge) und hydromorphologischen Sicht** in den Fokus zu nehmen, um die gemäß der im ersten Kurzbericht zur Umsetzung des Sedimentmanagementkonzepts der Elbe (FGG Elbe 2018) benannten Wissensdefizite zu den quantitativen und hydromorphologischen Verhältnissen der weiteren Nebengewässer der Elbe zu beheben (s. Kap. 1).

Sedimente sind generell „ein essentieller, integraler und dynamischer Bestandteil der Flussgebiete (…). Sedimente erfüllen zentrale ökologische Funktionen als Gewässerbett, aquatischer Lebensraum und als zentrales Element in Stoffkreisläufen in Fluss und Aue/Marsch. Sie sind Basis unverzichtbarer Ökosystemleistungen. Ihre Menge und Qualität beeinflussen relevante Gewässernutzungen maßgeblich. Der Umgang mit Sedimenten ist folglich aus vielfacher Perspektive bedeutsam und berührt direkt oder mittelbar über Stoffkreisläufe die Anforderungen von Gewässerschutz und Wasserwirtschaft, Verkehr, Energie, Landwirtschaft, Fischerei oder Freizeitnutzung“ (FGG Elbe 2013, S. 10).Sedimente haben neben ihren unverzichtbaren natürlichen Funktionen (sie bilden z. B. Habitate für aquatische Lebensgemeinschaften und bestimmen daher die Biodiversität der Gewässer mit) „auch die Eigenschaft, Schadstoffe je nach Gewässersituation und hydrologischem Verlauf zeitweise oder dauerhaft zu speichern. Diese ‚festgelegten‘ Schadstoffe in abgelagerten Sedimenten können unter bestimmten Bedingungen (z. B. Hochwasserereignisse, anthropogene Eingriffe in den Sedimenthaushalt) remobilisiert werden. Damit können Sedimente als sekundäre Schadstoffquellen am ursprünglichen Ablagerungsort und für unterliegende Flussabschnitte wirken“ (LAWA 2019, S. 7). Es ist im Folgenden zu beachten, dass dieser Aspekt hier im Rahmen der konzeptionellen Analyse nur am Rande benannt wird, der Fokus liegt auf den quantitativen/mengenmäßigen hydromorphologischen Aspekten:

Sedimente sind Teil der Feststoffe, die vom Wasser erodiert, transportiert und temporär oder dauerhaft abgelagert oder auch wieder remobilisiert werden. Feststoffe setzen sich aus organischen (z. B. Totholz, Genist/Treibsel) und anorganischen (z. B. Sand, Kies) Material zusammen. Der anorganische Teil wird am Gewässerboden rollend, gleitend oder springend als Geschiebefracht (Steine, Kies, Sand) oder in Schwebe gehalten als Suspensionsfracht (Sand, Schluff, Ton) bzw. im Falle z. B. von Totholz, Pollen oder Eis als Schwimmfracht transportiert. Im Rahmen der konzeptionellen Analyse als Vorstudie zu den geplanten Sedimentprojekten der FGG Elbe wird nur der mit der Strömung im Gewässer in longitudinaler und lateraler Richtung in einem bestimmten Zeitraum transportierte mineralische Anteil (anorganisch) betrachtet (vgl. BMVI 2016; CIS ECOSTAT 2006; s. Kap. 2.1.1 bis Kap. 2.1.5).

Eine gewässertypspezifisch gute Ausprägung der Hydromorphologie benötigt insbesondere die bettbildende Fracht, die sich aus der Geschiebefracht und dem Anteil der Suspensionsfracht bildet, der aus der Gewässersohle stammt (Feinsand). Für die Habitatqualität sind jedoch ergänzend auch feinere Kornfraktionen relevant (z. B. Aspekt Kolmation), daher wird auch die Schwebstofffracht bzw. der Schwebstofftransport mitberücksichtigt. Dieser macht auch den überwiegenden (ca. 90 %) Anteil der Quantität (transportierte Menge im Gewässer) aus und kann das Gewässerökosystem beeinflussen, z. B. durch erhöhte Trübungen, Überdeckungen von sand- und kiesgeprägten Sohlenstrukturen usw. (s. z. B. DWA-M 525 2012; Quick et al. 2013; HABAB-WSV 2017). Die im Folgenden behandelten Inhalte beziehen sich daher auf den Geschiebe- und Schwebstofftransport als gesamten Sedimenttransport (s. Kap. 2.1.1 bis Kap. 2.1.5).

2.1 Einleitende Fragen

Die **Definition des Sedimenthaushaltes gegenüber der Sedimentbilanz** ist insbesondere für die Beantwortung der einleitenden Fachfragen in Kap. 2.1.1 bis Kap. 2.1.5 sowie als Grundlage für die Beantwortung aller weiteren Fragen gemäß des Fragenkataloges zu den Sedimentprojekten (FGG Elbe 2017) abzugrenzen (s. Kap. 2.2 und Kap. 2.3). Wie im Rahmen der Projektbeiratstreffen zur konzeptionellen Analyse zu den FGG Elbe - Projekten vereinbart, wird für den Sedimenthaushalt neben der allgemeineren Betrachtung des Gewässersystems dabei im Folgenden **insbesondere auch der Bezug zur EU-WRRL (2000) hervorgehoben** (s. u., s. insbesondere Kap. 2.1.1 und Kap. 2.1.2).

Bereits im Zuge der Ausarbeitung des ersten Bewirtschaftungsplans gemäß EU-WRRL für die FGE Elbe (FGG Elbe 2009) und durch das nachfolgend von der FGG Elbe und der IKSE entsprechend initiierte und seit 2013/2014 vorliegende Sedimentmanagementkonzept für die Elbe und dem darin dargelegten Ergebnis wurde deutlich, dass Defizite im Sedimenthaushalt und der Sedimentqualität entscheidende Hindernisse für die Erreichung des guten Gewässerzustands darstellen (FGG Elbe 2013; IKSE 2014).

Zur Unterstützung der Erreichung der Umweltziele nach EU-WRRL (2000) ist daher eine Verbesserung

- des Feststoffhaushaltes,
- der Gewässerstruktur (hydromorphologische Ausprägung) sowie
- der Sedimentqualität[1]

unabdingbar (FGG Elbe 2009, 2013; LAWA 2019). Diese Erfordernisse sollten sich bei entsprechend identifizierten Problemlagen in Flusseinzugsgebieten gemäß LAWA (2019) zum integrierten Sedimentmanagement in Flusseinzugsgebieten (Positionspapier und Grobkonzept „Die Notwendigkeit von Sedimentmanagementplänen in der Flussgebietsbewirtschaftung“) - deren Arbeiten sich im Wesentlichen auf das Sedimentmanagementkonzept der Elbe stützen - auch in den Aktualisierungen der Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme nach EU-WRRL (2000) zukünftig stärker niederschlagen.

[1] Der Fokus der hier präsentierten konzeptionellen Analyse zu den FGG Elbe-Sedimentprojekten liegt auf den quantitativen und hydromorphologischen Aspekten, Qualitätsaspekte werden nur minimal mitbetrachtet.

Im Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (FGG Elbe 2013; IKSE 2014) erfolgte die gewässertypspezifische Erfassung und Bewertung des Sedimenthaushaltes als Teil des hydromorphologischen Zustandes der Gewässer. Darauf fußend wurden Empfehlungen zur Verbesserung des hydromorphologischen Zustandes und des Sedimenthaushaltes im Elbestrom und in den Mündungsbereichen der relevanten Nebenflüsse der Kategorie 1 (Schwarze Elster, Mulde, Saale, Havel)[2] abgeleitet („das Sedimentmanagementkonzept identifiziert die Risiken für die Erreichung zentraler Handlungsziele der FGG Elbe, die vom unzureichenden Sedimentstatus ausgehen, wichtet sie in ihrer Bedeutung und leitet aus dieser Analyse Handlungsempfehlungen ab“, s. FGG Elbe 2013, S. 10).

Dies erfolgte über festgelegte Kriterien, sog. ‚hydromorphologische Indikatoren‘: „Die Indikatoren stehen stellvertretend für die hydromorphologischen und sedimentologischen Ausprägungen der untersuchten Gewässerstrecken und sind Ausdruck der vorherrschenden Morphodynamik und des morphologischen Entwicklungsvermögens. Sie bilden die Basis für die physikalischen Habitateigenschaften, die viele einheimische Arten benötigen (Jährling 2012; Hauer et al. 2013; Noack et al. 2012; Quick et al. 2012; Vollmer et al. 2012). Die Indikatoren sind sensitiv gegenüber anthropogenen Eingriffen in das Gewässersystem und entsprechenden Beeinflussungen des Sedimenthaushaltes, dessen Auswirkungen sie durch Veränderungen“ (FGG Elbe 2013, 15) anzeigen.

Die betrachteten hydromorphologischen Indikatoren (Mittlere Sohlhöhenänderung, Sedimentdurchgängigkeit, Tiefenvariation, Breitenvariation, Sohlsubstrat, Uferstruktur und Überflutungsflächen) bzw. die **Hydromorphologie** generell besitzt aufgrund ihrer Relevanz für entsprechend gewässertypspezifisch ausgeprägte Habitate für die Biodiversität, für Ökosystemleistungen und u. a. als eine der unterstützenden Qualitätskomponenten gemäß EU-WRRL einen wesentlichen Stellenwert im Kontext nachhaltiger Gewässerbewirtschaftung.

Die EU-WRRL adressiert dabei die jeweiligen gewässertypspezifischen Ausprägungen wie auch wechselseitigen Beeinflussungen zwischen den drei hydromorphologischen Qualitätskomponentengruppen Wasserhaushalt (bzw. Tidenregime), Durchgängigkeit (v. a. für Sedimente) und Morphologie (EU-WRRL 2000; OGewV; s. Tabelle 1). Die Hydromorphologie bildet eine Schnittstelle zur Gewässerökologie und Gewässerchemie und ist ein essentieller Bestandteil für das benötigte Systemverständnis und die benötigte Systemkenntnis im Rahmen von Maßnahmenplanungen und –umsetzungen zur Schaffung abiotischer typkonformer Lebensraumvoraussetzungen.

[2] „Nebenflüsse der Kategorie 1 haben auf Grund ihrer quantitativen Charakteristika einen signifikanten Einfluss auf die Situation im Hauptstrom. Maßgebend sind der Flächenanteil am Einzugsgebiet (A), der Durchfluss (Q) und der Schwebstofftransport (Schwebstofffracht Ss). Wichtigstes Signifikanzkriterium ist ein mindestens 10%iger Anteil an der mittleren Schwebstofffracht (2003-2008) der jeweiligen Bezugsmessstelle unterhalb der Einmündung in die Elbe. Relevante Nebenflüsse der Kategorie 1 sind im deutschen Teil die Schwarze Elster, die Mulde, die Saale und die Havel. Die Schwarze Elster erfüllt streng genommen das 10%-Kriterium nicht, mündet als bedeutsamer Nebenfluss jedoch in einen der quantitativ am stärksten defizitären Elbabschnitte und wird deshalb trotzdem in diese Kategorie eingereiht“ (FGG Elbe 2013, 8).

Tabelle 1: Hydromorphologische Qualitätskomponenten nach EU-WRRL und OGewV (F = Fluss, S = See, Ü = Übergangsgewässer, K = Küstengewässer).

Hydromorphologische Qualitätskomponente	Hydromorphologische Parameter	Kategorie			
		F	**S**	**Ü**	**K**
Wasserhaushalt	Abfluss und Abflussdynamik	x			
	Verbindung zu Grundwasserkörpern	x	x		
	Wasserstandsdynamik		x		
	Wassererneuerungszeit		x		
Durchgängigkeit		x			
Morphologie	Tiefen- und Breitenvariation	x			
	Tiefenvariation		x	x	x
	Struktur und Substrat des Bodens	x			x
	Menge, Struktur und Substrat des Bodens		x	x	
	Struktur der Uferzone	x	x		
	Struktur der Gezeitenzone			x	x
Tidenregime	Süßwasserzustrom			x	
	Seegangsbelastung			x	x
	Richtung der vorherrschenden Strömungen				x

2.1.1 Definition und inhaltliche Abgrenzung von Sedimenthaushalt zu Sedimentbilanz

Zur Beantwortung gemäß des Fragenkataloges sind die „Definition und die inhaltliche Abgrenzung von Sedimenthaushalt zu Sedimentbilanz“ folgendermaßen zu unterscheiden: Unter dem Begriff **Sedimenthaushalt** wird generell das gesamte Sedimentinventar eines Einzugsgebiets und die Veränderungen dieses Sedimentinventars über die Zeit verstanden. Dabei existieren Wechselwirkungen zwischen dem Sedimentdargebot (Sedimenteintrag, Erosion, Ablagerung, Abrieb, Abschliff, Sedimentaustrag) und dem Transportvermögen des Oberflächengewässers (Fließgeschwindigkeit, Wasserstand, Schubspannung, Ablagerungsverhalten „Korngröße“, Gewässergeometrie etc.). Diese Wechselwirkungen werden insbesondere auch durch die vorherrschenden naturräumlichen Rahmenbedingungen des Einzugsgebiets geprägt (Geologie wie Tektonik und Gesteine, Gefälle, Abfluss, Vegetation, Klima und zunehmend anthropogen bedingte Klimaänderungen etc.).

Auch menschliche Eingriffe und deren Auswirkungen beeinflussen den Sedimenthaushalt mittels wesentlicher

- Sedimenteintragspfade (z. B. durch Landnutzung und daraus resultierender Bodenerosion z. B. aus dem Deichvorland, Sedimentzugaben etc.),
- Sedimentaustragspfade (Sedimententnahmen, Sedimentsenken in unzureichend angebundenen Nebenrinnen) bzw.
- Unterbindung der Sedimenttransportpfade (z. B. aufgrund von Querbauwerken und daraus resultierendem Sedimentrückhalt).

Daraus resultierende Sedimentüberschüsse oder -defizite haben negative Auswirkungen auf das Gewässerökosystem und können auch negative Auswirkungen auf Gewässernutzungen wie Wasserwirtschaft, Hochwasserschutz, Schifffahrt, Wasserkraft etc. haben.

Die **Hydromorphologie und der Sedimenthaushalt (Quantität) eines Oberflächengewässers stehen in einem engen Zusammenhang miteinander und beeinflussen sich wechselseitig** (s. Abbildung 2). Sie bestimmen entscheidend die Vielfalt der aquatischen Habitate und infolgedessen das Vorkommen oder Fehlen von gewässertypspezifischen Tier- und Pflanzenarten und den ökologischen Zustand/das ökologische Potenzial mit (Quick et al. 2013; LAWA 2019). Die Hydromorphologie mit ihren Komponenten Wasserhaushalt, Durchgängigkeit (für Sedimente) und Morphologie (EU-WRRL 2000; OGewV) beeinflusst den gewässertypspezifischen Sedimenthaushalt in seiner Ausprägung maßgeblich. Je mehr der Sedimenthaushalt gewässertypspezifisch ausgeprägt ist (dies ist der Fall je gewässertypspezifischer der Wasserhaushalt und die ökologische Durchgängigkeit für Sedimente sind), desto gewässertypspezifischer kann sich auch der Formenschatz eines Gewässers ausbilden (Morphologie). Schlechter ausgeprägte morphologische Eigenschaften fungieren daher im Umkehrschluss als „Zeiger“ eines gestörten Sedimenthaushaltes und der zahlreichen anthropogenen Beeinflussungen (FGG Elbe 2013; Quick et al. 2013; Quick 2012).

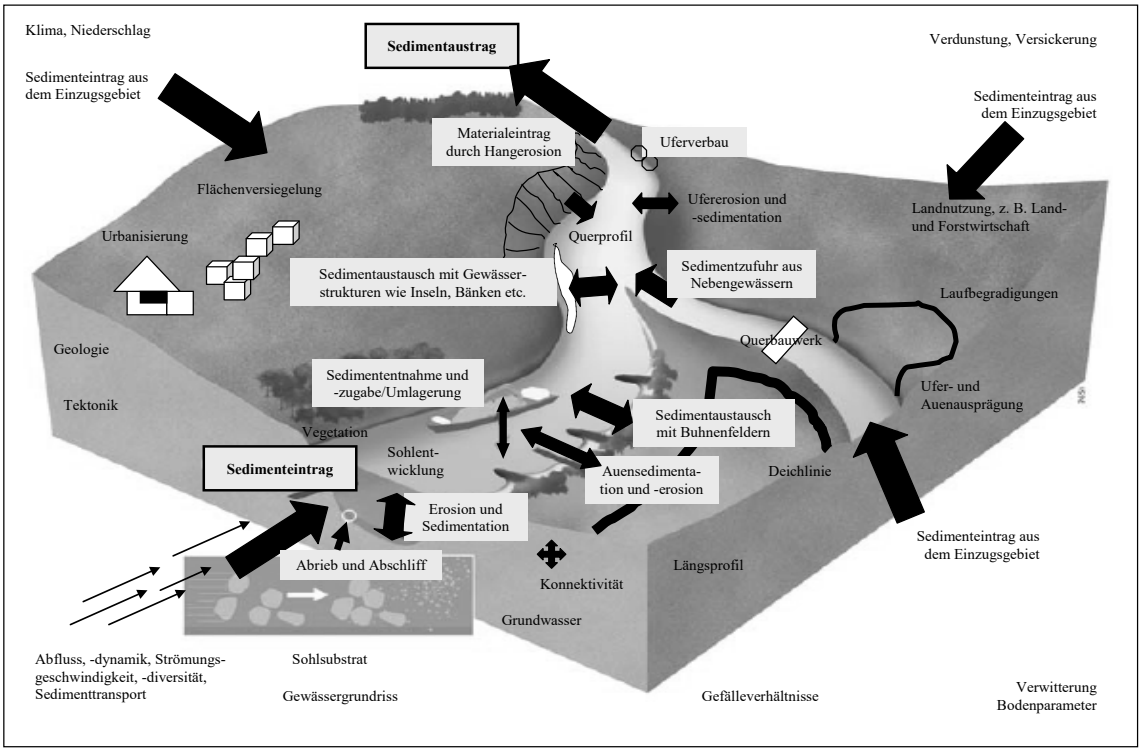


Abbildung 2: Naturräumliche und anthropogene Faktoren, die die Ausprägung der Hydromorphologie und des Sedimenthaushaltes sowie ihr Zusammenwirken beeinflussen
(nach Quick et al. (2013), verändert nach Charlton (2008) und Frings et al. (2014)).

Im Kontext der EU-WRRL (2000) und OGewV ist der Sedimenthaushalt - jedoch nicht der Feststoffhaushalt, da Schwimmstoffe wie Totholz und Eis in der Richtlinie keine explizite Rolle spielen - bei der Hydromorphologie impliziert. Direkt benannt wird der Sedimenthaushalt in der WRRL hinsichtlich des gewässertypspezifischen Sedimenttransports in der hydromorphologischen Qualitätskomponente ‚Durchgängigkeit'. Im Rahmen der konzeptionellen Analyse zu den FGG Elbe - Sedimentprojekten fokussieren sich die Aussagen auf diesen umweltrechtlich vorgegebenen Bezug der Einordnung des Sediment-haushaltes bei der Hydromorphologie. Die ‚Sedimentdurchgängigkeit' wird in Kap. 2.1.2 definiert und näher erläutert. Indirekt wird der Sedimenthaushalt für Flüsse auch über die hydromorphologischen Parameter Abfluss und Abflussdynamik, Anbindung der Grundwasserkörper, Tiefen- und Breitenvariation, Sohlstrukturen, Sohlsubstrat und Uferstruktur nach EU-WRRL (s. Tabelle 1 abgebildet.

Gegenüber dem Sedimenthaushalt umfasst der Begriff **Sedimentbilanz** die Erhebung und Gegenüberstellung der Ein- und Austragsmengen von Sedimenten mittels konkreter Messwerte für einen (i. d. R.) selektierten Ausschnitt eines Einzugsgebiets. Die Differenz dieser Gegenüberstellung ergibt die Änderung im Sedimentspeicher des betrachteten Systems für einen definierten Zeitraum (Reide & Dunne 1996; Slaymaker 2003; nach Hillebrand und Frings 2017). Zur Ermittlung einer Sedimentbilanz ist es von erheblicher Relevanz, wo die Grenzen des betrachteten Bilanzierungsbereiches gelegt werden, d. h. welcher Raum als Gewässerausschnitt in welchem definierten Zeitraum konkret mittels quantitativer Daten betrachtet wird. (s. Abbildung 3).

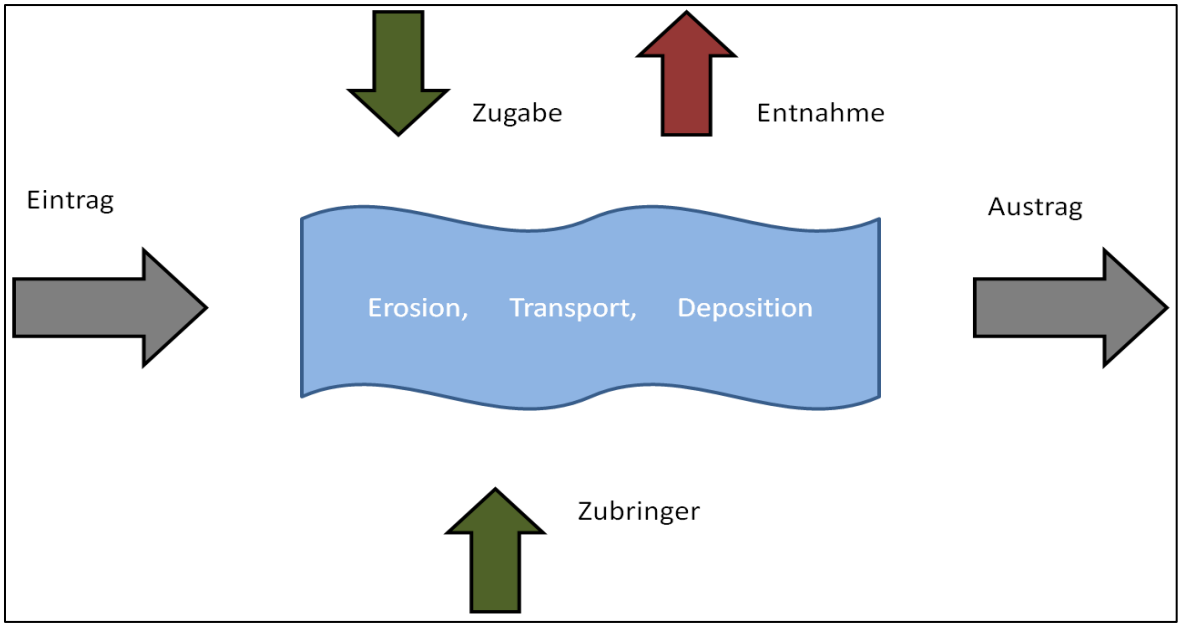


Abbildung 3: Sedimentbilanzierung einer Flussstrecke (verändert nach DWA 2012).

Im Rahmen dieser Datenerfassung sind zunächst mögliche Sedimentquellen und -senken zu identifizieren. Dazu gehören u. a.:

- Sedimenteinträge von oberstrom/Sedimentausträge nach unterstrom,
- Sedimenteinträge durch Nebengewässer,
- Sedimenteintrag in Nebenarme/Sedimentaustrag in Nebenarme,
- Sedimentaustrag durch Baggerungen/Entnahmen,

- Sedimenteintrag durch anthropogene Sedimentzugaben,
- Sedimentaus- und Sedimenteintrag durch Abrieb (natürliche fluviale Akkumulations- und Erosionsprozesse),
- Sedimentaustrag auf Überflutungsflächen oder in Buhnenfelder/Häfen,
- Sedimenteintrag aus diffusen Quellen (Hillebrand, Frings 2017).

Entscheidend für die Aufstellung einer Sedimentbilanz ist jedoch die Datenverfügbarkeit, z. B. zu Schwebstoff- und Geschiebemessungen, Sohlhöhenänderungen, Sedimentzugaben und -entnahmen (s. Vollmer et al. 2014). Für die Ableitung von Informationen zur Herkunft sowie zum Verbleib von Sedimenten im Fließgewässer werden genaue Kenntnisse über die morphologischen Prozesse vorausgesetzt (Hillebrand, Frings 2017).

2.1.2 Referenzzustand für einen „guten“ Sedimenthaushalt

Die Beantwortung der Frage **„Wie sieht der Referenzzustand für einen „guten“ Sedimenthaushalt in den Nebengewässern (evtl. typabhängig) unter Berücksichtigung der Beeinflussung des Sedimenthaushaltes der Elbe selbst aus? Dabei sollen untergeordnet auch Aspekte der stofflichen Belastung und der Auswirkung auf die biologischen Qualitätskomponenten betrachtet werden. Welche Indikatoren können über die in VALMORPH genutzten hinaus herangezogen werden? Wie kann die Abweichung zum Referenzzustand bestimmt werden?“** gemäß dem Fragenkatalog der FGG Elbe (2017) lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

Generell herrscht bei einem ‚guten‘ Sedimenthaushalt ein gewässertypspezifischer Gleichgewichtszustand des Sedimenttransports und der Sohlhöhenlagenentwicklungen vor, dessen Schwankungen innerhalb natürlicher/naturnaher Weiten unter Einhaltung von Toleranzen liegen (ein ‚sehr guter‘ Sedimenthaushalt entspräche den gewässertypspezifischen Schwankungsweiten ‚ohne Toleranzen‘, d. h. ohne jegliche Über- und/oder Unterschreitungen gewässertypspezifischer Sedimenttransporte und Sohlhöhenlagenentwicklungen). Ein solcher gewässertypspezifischer Gleichgewichtszustand zwischen Sedimenteintrag und Sedimentaustrag und der Gewässersohlhöhenlagen mit natürlichen bzw. naturnahen Schwankungsbreiten bzw. nur geringen Abweichungen davon ist anzustreben, da sich das Gewässerökosystem in diesem Fall ohne anthropogene Eingriffe selbstregulierend aufrecht erhalten könnte und vielfältige gewässertypspezifische Habitate bereitstellen würde.

Zur Erzielung von quantitativen Aussagen zu einem u. U. vorliegenden (oder davon abweichenden) gewässertypspezifischen Gleichgewichtszustand[3] bietet sich eine Analyse der mittleren Sohlhöhenänderungen[4] an, die ein Maß für Sedimentations- bzw. Erosionsprozesse der Gewässersohle in einem definierten Zeitraum sind. Sie kennzeichnen anhand der Entwicklung der Sohlhöhenlagen ein Gewässersystem über die Zeit als defizitär, überschüssig oder ausgeglichen und sind entscheidend für die Konnektivität bzw. Entkopplung aufgrund von Sedimentdefiziten (Tiefenerosion) von Fluss und Aue (Quick et al. 2017, 2019).

[3] Gewässertypspezifischer Gleichgewichtszustand oder auch ‚Ausgleichszustand‘, ‚(hydro-)morphologischer Gleichgewichtszustand‘, ‚ausgeglichener hydromorphologischer Referenz-Zustand‘.
[4] Die ‚Mittlere Sohlhöhenänderung‘ stellt einen hydromorphologischen Indikator gemäß dem Valmorph-Verfahren dar und wurde z. B. im Zuge des Sedimentmanagementkonzeptes für die Elbe bearbeitet (Rosenzweig et al. 2012; FGG Elbe 2013; IKSE 2014; Quick et al. 2017; s. auch Quick et al. 2019 Beispiel Niederrhein).

Bei einem ‚guten' Sedimenthaushalt herrschen keine bis höchstens geringe Sedimentüberschüsse oder Sedimentdefizite vor. Wertvolle Lebensräume werden nicht bis höchstens gering beeinflusst, d. h. die Habitate unterliegen in ihrer Entwicklung lediglich einer, durchaus stetigen, aber natürlichen Veränderung durch eigendynamische Entwicklungen. Ein gewässertypspezifischer Sedimentinput in die Elbe ist durch die Nebengewässer der Elbe gewährleistet. Das Gewässerökosystem ist derart ausgeprägt, dass es diese Prozesse ermöglicht. Menschliche Beeinflussungen sind auf das Nötigste beschränkt im Sinne der Nutzungen, die nicht signifikant negativ beeinträchtigt werden dürfen (vgl. EU-WRRL) bzw. - wenn auftretend - werden anthropogen induzierte Beeinflussungen des Sedimenthaushaltes durch ein Sedimentmanagement unter hydromorphologischen Aspekten (s. Quick 2012; s. Jährling und Quick 2016; s. Quick et al. 2016)[5] kompensiert.

Die Hydromorphologie der Gewässer ist generell als mindestens ‚gut' ausgeprägt. Insbesondere relevante hydromorphologische Indikatoren wie die Sedimentdurchgängigkeit und Mittlere Sohlhöhenänderung werden gemäß dem Valmorph-Verfahren als ‚gut' (Klasse 2) klassifiziert (FGG Elbe 2013; IKSE 2014; vgl. Abbildung 5 und Abbildung 6). Die Gewässer sind durchgängig, wobei keine kontinuierliche Sedimentdurchgängigkeit gewährleistet sein muss, sondern eine gewässertypspezifisch intermittierende Durchgängigkeit. Diese kann neben Querbauwerksaufgaben durch einen natürlichen/naturnahen Transport, aber auch durch z. B. entsprechende Steuerungen der Querbauwerke (z. B. Ziehen, Legen) oder Bewirtschaftung der Querbauwerke (z. B. Sedimententnahmen oberhalb und –zugaben unterhalb) erreicht werden. Dabei gilt es stets zu beachten, dass bei diesen hydromorphologischen Maßnahmen nur gewässertyp-spezifische Korngrößen zum Einsatz kommen und stoffliche Belastungen vermieden werden müssen, ebenso wie signifikante Beeinträchtigungen von Nutzungen gemäß Art. 4 (3) EU-WRRL als einschränkend mit zu beachten sind (vgl. BMVI 2016 und HABAB-WSV 2017).

Vorausgesetzt, dass keine Schadstoffbelastung, chemisch-physikalischen Qualitätskomponenten oder fehlendes adäquates Besiedlungspotenzial limitierend wirken, können sich eine gewässertypspezifische und standorttypische Fauna und Flora und eine nachhaltige Biodiversität auf Basis der ‚guten' hydromorphologischen Gewässerausprägungen in Fluss-, Ufer- und Auenbereichen fundierend auf einem ‚guten' Sedimenthaushalt ausbilden.

[5] Unter einem ‚Sedimentmanagement unter hydromorphologischen Aspekten' ist „zu verstehen, dass die Gesamtheit der Aktivitäten in einem definierten Raum und einer bestimmten Zeit, die Sedimentzustand und -prozesse (Erosion, Transport, Sedimentation) beeinflussen, so gestaltet wird, dass sie während der Umsetzung und im Ergebnis möglichst gewässertypspezifischen Prozessen ähnlich sind und zur Ausbildung entsprechend typkonformer hydromorphologischer" Ausprägungen der Gewässer führen. „Dies gilt unter gleichzeitiger Förderung, Schaffung oder Stabilisierung eines gewässertypkonformen Sedimenthaushaltes. Neben dem Schwebstoff stehen hier das Geschiebe und das bettbildende Substrat im Fokus." Auch die Wiederherstellung „der Sediment-durchgängigkeit ist impliziert, sie kann wesentliche Bedingungen für die Zielerreichung z. B. nach EU-WRRL unterstützen. Eine Optimierung der Durchgängigkeit für Sedimente steht auch im Kontext mit anderen hydro-morphologischen Maßnahmen, für die dann verbesserte Voraussetzungen geschaffen werden würden. Im Rahmen des Sedimentmanagements sind gegebenenfalls negative Beeinflussungen wie z. B. Schadstoff-mobilisierungen und insbesondere signifikante Beeinträchtigungen von Nutzungen gemäß Art. 4 (3) WRRL (Schifffahrt, Hochwasserschutz usw.) als einschränkend mit zu beachten" (Quick et al. 2016, 539; Quick und Jährling 2016).

Im Gegensatz zu dieser generellen Definition für einen ‚guten' Sedimenthaushalt wird im Rahmen dieser konzeptionellen Analyse zu den FGG Elbe - Sedimentprojekten gemäß begleitender Expertengruppe auf den umweltrechtlich vorgegebenen Bezug des gewässertypspezifischen Sedimenttransports im Rahmen der hydromorphologischen Qualitätskomponente ‚Durchgängigkeit'[6] **nach EU-WRRL (2000) und OGewV** fokussiert (s. Kap. 2.1.1). Somit wird in den weiteren Erläuterungen ‚nur' die Sedimentdurchgängigkeit näher betrachtet.

Das Bewirtschaftungsregime der EU-WRRL zielt darauf ab, den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial (und den guten chemischen Zustand) für die Oberflächengewässer zu erreichen. Maßgebend dafür sind die biologischen Qualitätskomponenten, die hydromorphologischen Qualitätskomponenten (s. Kap. 2.1, s. Tabelle 1) sind ebenso wie die physikalisch-chemischen Parameter (Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, Nährstoffe etc.) unterstützend in die Bewertung einzubeziehen. Eine Verschlechterung der unterstützenden Qualitätskomponenten bedeutet für sich genommen keine Zielverfehlung, sondern erst bei Auswirkungen auf die biologischen Qualitätskomponenten (u. a. LAWA 2019).

Der gewässertypspezifische Sedimenttransport im Gewässerbett wird im Rahmen der hydromorphologischen Qualitätskomponente **‚Durchgängigkeit des Flusses' (Anhang V EU-WRRL, Anlage 4, Tab. 2 OGewV)** nur für den sehr guten ökologischen Zustand eines (natürlichen) Fließgewässers uneingeschränkt vorausgesetzt:

- Definition des sehr guten ökologischen Zustands (sgöZ) der hydromorphologischen Qualitätskomponente Durchgängigkeit des Flusses: Die Durchgängigkeit des Flusses wird nicht durch menschliche Tätigkeiten gestört und ermöglicht eine ungestörte Migration aquatischer Organismen und den Transport von Sedimenten.

Auch die LAWA orientiert sich an dieser Definition des sehr guten Zustands. Die Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit für natürliche Gewässer beinhaltet entsprechend: „…die Sedimentdurchgängigkeit wird für den heute potentiell natürlichen Gewässerzustand (hpnG) nicht durch menschliche Tätigkeiten oder Eingriffe gestört und ermöglicht den gewässertypischen Transport von Sedimenten" (LAWA 2017, S. 24).

Bei der Definition des guten ökologischen Zustands (göZ) eines (natürlichen) Fließgewässers gemäß EU-WRRL und OGewV - d. h. dem anvisierten Zielzustand - wird auch hinsichtlich der Durchgängigkeit auf die Erfüllung der Kriterien der biologischen Qualitätskomponenten abgestellt (Bedingungen, unter denen die für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können). Eine von der Biologie losgelöste, ungehinderte Sedimentdurchgängigkeit wird explizit nicht benannt (BMVI 2016; LAWA 2019). D. h., dass die Sedimentdurchgängigkeit derart ausgeprägt sein muss, dass sich entsprechend hydromorphologische Verhältnisse einstellen können, die (zumindest theoretisch) eine Erreichung ‚gut' bei allen biologischen Qualitätskomponenten unterstützen.

[6] Die Betrachtung der ‚Durchgängigkeit' nach EU-WRRL (2000) erfolgt im Rahmen der FGG Elbe - Sedimentprojekte für die Sedimentdurchgängigkeit eigenständig, d. h. unabhängig von der Fischdurchgängigkeit oder der Durchgängigkeit für weitere aquatische Organismen wie z. B. Makrozoobenthos.

Auch nach LAWA (2019) wird die Bedeutung der Sedimente unterstrichen mit dem Hinweis „ein guter Sedimentstatus hinsichtlich der Menge und der Qualität ist von Bedeutung für das Erreichen eines guten ökologischen und chemischen Zustands “ (LAWA 2019, S. 8).[7]

Auch für das höchste ökologische Potenzial der hydromorphologischen Qualitätskomponenten eines (erheblich veränderten oder künstlichen) Fließgewässers wird die Durchgängigkeit ausdrücklich genannt:

- Definition des höchsten ökologischen Potenzials (höP) der hydromorphologischen Qualitätskomponenten: Die hydromorphologischen Bedingungen sind so beschaffen, dass sich die Einwirkungen auf den Oberflächenwasserkörper auf die Einwirkungen beschränken, die von den künstlichen oder erheblich veränderten Eigenschaften des Wasserkörpers herrühren, nachdem alle Gegenmaßnahmen getroffen worden sind, um die beste Annäherung an die ökologische Durchgängigkeit, insbesondere hinsichtlich der Wanderungsbewegungen der Fauna und angemessener Laich- und Aufzuchtgründe, sicherzustellen.

Die angemessenen Laich- und Aufzuchtgründe können sich nicht ausbilden ohne eine entsprechend gewässertypspezifisch ausgeprägte Hydromorphologie. Zudem wird ‚die beste Annäherung an die ökologische Durchgängigkeit‘ adressiert, die auch den Transport von Sedimenten impliziert (s. BMVI 2016; LAWA 2017).

Die LAWA orientiert sich bezüglich der Referenzdefinition zur Sedimentdurchgängigkeit für erheblich veränderte Gewässer an der Definition des höchsten ökologischen Potenzials gemäß EU-WRRL: „Die Sedimentdurchgängigkeit erheblich veränderter Wasserkörper wird für das höchste ökologische Potenzial (HÖP) nicht über die spezifizierten Nutzungen hinaus durch menschliche Tätigkeiten oder Eingriffe (Belastungsfaktoren) signifikant beeinträchtigt und ermöglicht unter den gegebenen Restriktionen der Nutzungen den gewässertypischen Transport von Sedimenten“ (LAWA 2017, S. 25).

Bei der Definition des guten ökologischen Potenzials (göP) eines (erheblich veränderten und künstlichen) Fließgewässers gemäß EU-WRRL bzw. OGewV - d. h. dem anvisierten Zielzustand - wird auch hinsichtlich der hydromorphologischen Komponenten auf die Bedingungen abgestellt, unter denen die für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können.

Eine Überprägung der Sedimentdurchgängigkeit wird wesentlich von vorhandenen Querbauwerken bestimmt. Aus deren Barrierewirkung für den Sedimenttransport resultieren stromaufwärts Rückstau mit Sedimentakkumulation und/oder stromabwärts Erosion der Gewässersohle. In der weiteren Folge treten modifizierte Sohlsubstratzusammensetzungen und veränderte Strukturverhältnisse sowohl ober- wie auch unterhalb eines Querbauwerkes auf (FGG Elbe 2013). Aber auch weitere Eingriffe im und am Gewässer überprägen die

[7] Bei Überschreitung der Umweltqualitätsnormen (UQN) für einen flussgebietsspezifischen Schadstoff an den repräsentativen Messstellen kann der ökologische Zustand jedoch nur bestenfalls mit „mäßig“ bewertet werden. Ihre Überschreitung stellt somit gemäß EU-WRRL stets eine Zielverfehlung dar (OGewV; LAWA 2019). Insgesamt sind in der OGewV zur Bewertung des ökologischen und des chemischen Zustands UQN für 125 Stoffe/Stoffgruppen festgelegt, zumeist ausschließlich für die wässrige Phase. Für wenige Stoffe gibt es darüber hinaus UQN in der Matrix „Sediment/Schwebstoff“ (Arsen, Kupfer, Chrom, Zink, Polychlorierte Biphenyle und Organozinnverbindungen). Ergänzend existieren UQN in der Matrix Biota, wie u. a. für Quecksilber.

Sedimentdurchgängigkeit und modifizieren die Habitateigenschaften, wie z. B. Gewässerausbau oder Flächenversiegelungen.

Bezogen auf die Nebengewässer der Elbe würde der typabhängige Referenzzustand für eine „gute“ Sedimentdurchgängigkeit unter Berücksichtigung der Beeinflussung des Sedimenthaushaltes der Elbe selbst derart aussehen, dass eine quantitative Erhöhung der Sedimenteinträge in die Elbe zur anteiligen Bekämpfung des identifizierten Sedimentdefizits der Elbe (s. Kap. 2.1.3) (FGG Elbe 2013; IKSE 2014; Heininger et al. 2015; bzw. neueste Berechnungen nach Hillebrand et al. 2020 nach Rihani & Hillebrand 2020[8]) über die Zubringer stattfindet. Damit kann der Tiefenerosionsproblematik der Elbe entgegengewirkt werden. Die Nebengewässer der Elbe können hierzu einen wichtigen Anteil für die Elbe beitragen, desgleichen trifft auf eine für die Nutzungen hinnehmbare laterale Erosion zu.

Unter Berücksichtigung der ausgewiesenen Gewässertypen der Elbe (Typ 10, Kiesgeprägte Ströme und Typ 20, Sandgeprägte Ströme, s. auch Abbildung 1) ist auch hervorzuheben, dass eine Betrachtung der gesamten Nebengewässer an der Binnenelbe erfolgen muss, da diese entscheidend den Sedimenthaushalt des Stroms prägen und beeinflussen. In diesem Zusammenhang sind die unterschiedlichen Fließgewässertypen hervorzuheben, die sich im Referenzzustand auch durch ihre große Substratdiversität unterscheiden und damit entscheidend die Zusammensetzung des Korngrößenmaterials der Elbsohle beeinflussen (s. Abbildung 4).

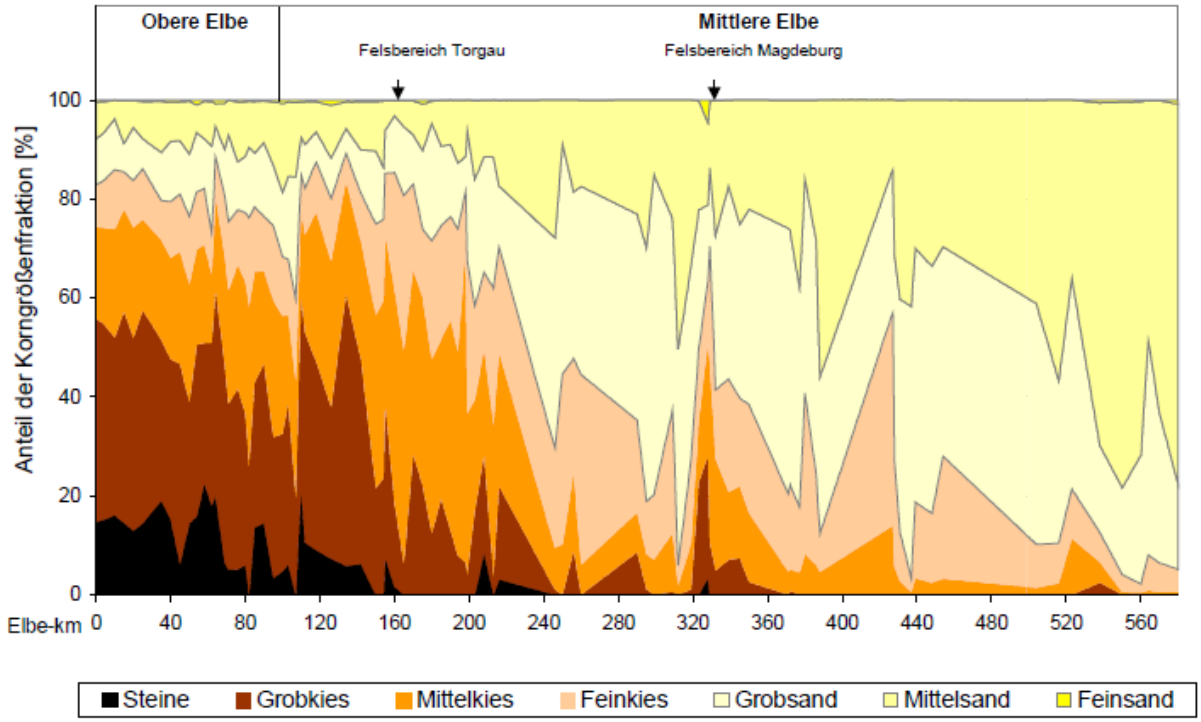


Abbildung 4: Prozentuale Beteiligung der Korngrößenfraktionen am Sohlmaterial der Elbe im Längsschnitt von Elbe-km 0 bis 580 (Vollmer 2014 nach BfG 1994).

[8] Das tatsächliche Defizit wird nach diesen Untersuchungen wahrscheinlich unterschätzt, da in den aus der Bilanz berechneten Frachten ein in den Messungen beobachteter Frachtanstieg auf der Strecke zwischen Barby und Magdeburg nicht adäquat abgebildet ist (Hillebrand et al. 2020, S. 29 nach Rihani & Hillebrand (2020)).

Die Bedeutung einzelner Nebengewässer für den Sedimenthaushalt der Elbe kann am Beispiel der Mulde (Gewässertyp 17, Kiesgeprägte Tieflandflüsse) aufgezeigt werden, die als größtes nicht-schiffbares Nebengewässer der deutschen Binnenelbe in den letzten Jahrhunderten deutlich anthropogen überprägt wurde. Nach dem Bau des Muldestausees wurde jedoch schnell der Umfang des noch vorhandenen umfangreichen Feststofftransports des Gewässers deutlich, indem sich ein Delta im Einlaufbereich des Sees bildete. Insgesamt konnte ein durchschnittlicher Sedimenteintrag von 410.000 t/Jahr ermittelt werden. Ergänzend zur Schwebstofffracht entfallen davon ca. 100.000 t auf die Geschiebefracht (Vetter 1999). Aber auch aktuelle Unterhaltungsmaßnahmen an den Mittelgebirgsbächen (s. Abbildung 17) sowie belegte historische Sedimenteinträge aus den Sand- und lehmgeprägten Gewässern weisen auf den hohen Sedimenteintrag der betrachteten Nebengewässer hin. Die Berechnung des Sedimenttransports kann bei einer ausreichenden Datenlage und genauen Kenntnissen über das Gewässer auch anhand der Geschiebetransportkapazität für den Ist- und Referenzzustand berechnet werden. Dieser Ansatz wurde im Rahmen des „Anwenderhandbuch Sedimente“ verfolgt (LAWA, DHI WASY & Ingenieurbüro Floecksmühle 2017) und in einem Praxistest evaluiert (Donner 2021).

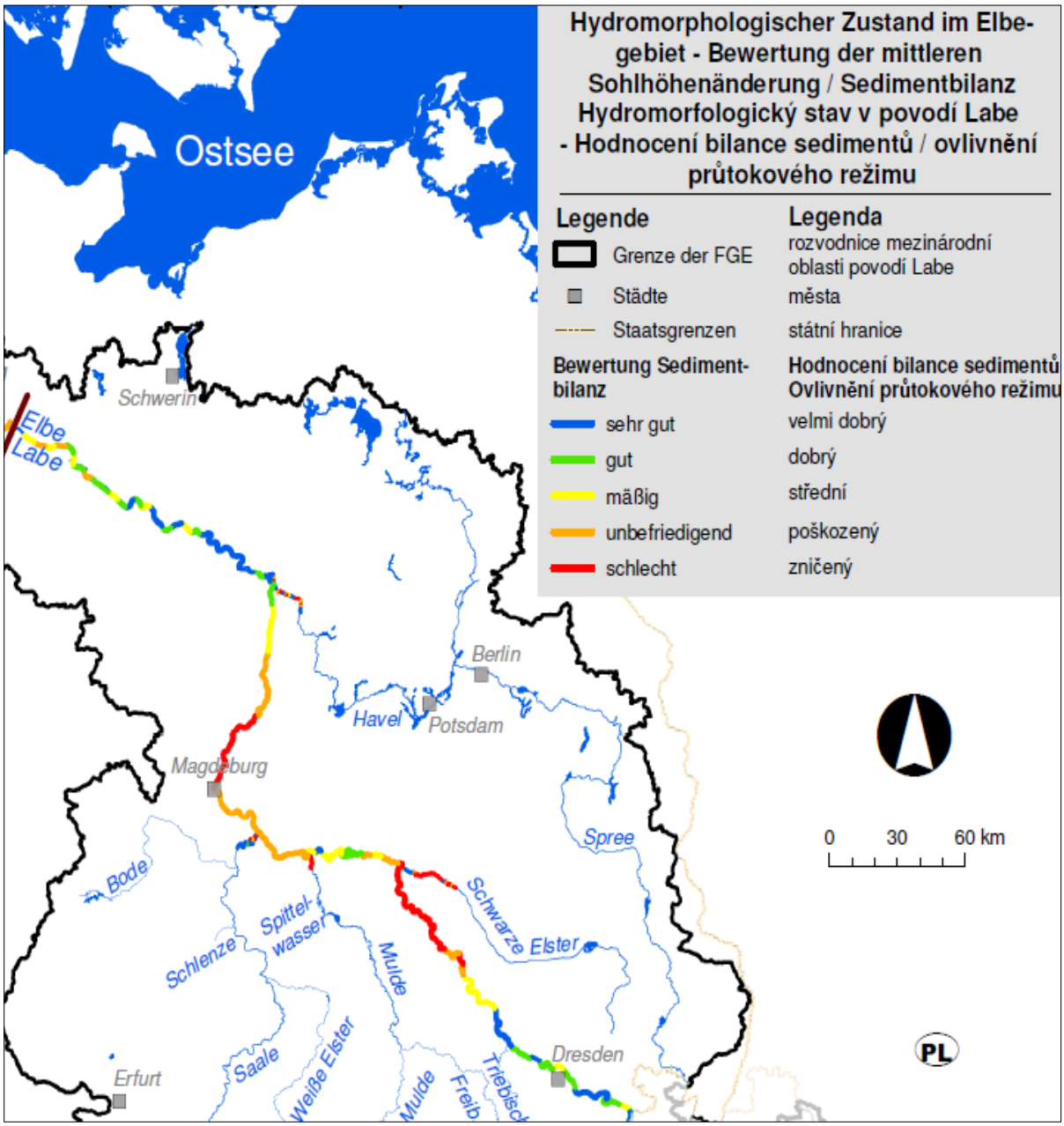


Abbildung 5: Kartenausschnitt, hydromorphologischer Zustand im Elbegebiet - Bewertung der mittleren Sohlhöhenänderung (FGG Elbe 2013, S. 30).

Die Folgen der Gewässerausbaumaßnahmen konnten bereits für die untersuchten Nebengewässermündungsbereiche von Schwarzer Elster, Mulde, Saale und Havel im Zuge des Sedimentmanagementkonzepts für die Elbe aufgezeigt werden. Hier zeigten sich Tiefenerosionen und somit neben ungünstigen Bewertungsergebnissen für die Mittlere Sohlhöhenänderung auch überwiegend ungünstige Ergebnisse für die Sedimentdurchgängigkeit (s. Abbildung 5 und Abbildung 6). Dies ist auch für die weiteren Nebengewässerunterläufe zu erwarten.

Die beiden genannten Indikatoren Sedimentdurchgängigkeit und Mittlere Sohlhöhenänderung sind/waren von besonderer Bedeutung für die Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Situation gemäß Sedimentmanagementkonzept für die Elbe. Beide mittels Valmorph analysierten und

klassifizierten Indikatoren stellen ausgewiesene Schlüsselkriterien des Sedimentmanagementkonzepts für die Elbe dar und spiegeln gemeinsam das vorherrschende Sedimentdefizit wider. Sie besitzen für die Hydromorphologie einen besonderen Einfluss, da sie auch weitere hydromorphologische Indikatoren negativ (im Falle eines Sedimentdefizits) sowie positiv (bei entsprechend gewässertypspezifischer Ausprägung) beeinflussen können (s. FGG Elbe 2013; IKSE 2014; Heininger et al. 2015; König et al. 2015).

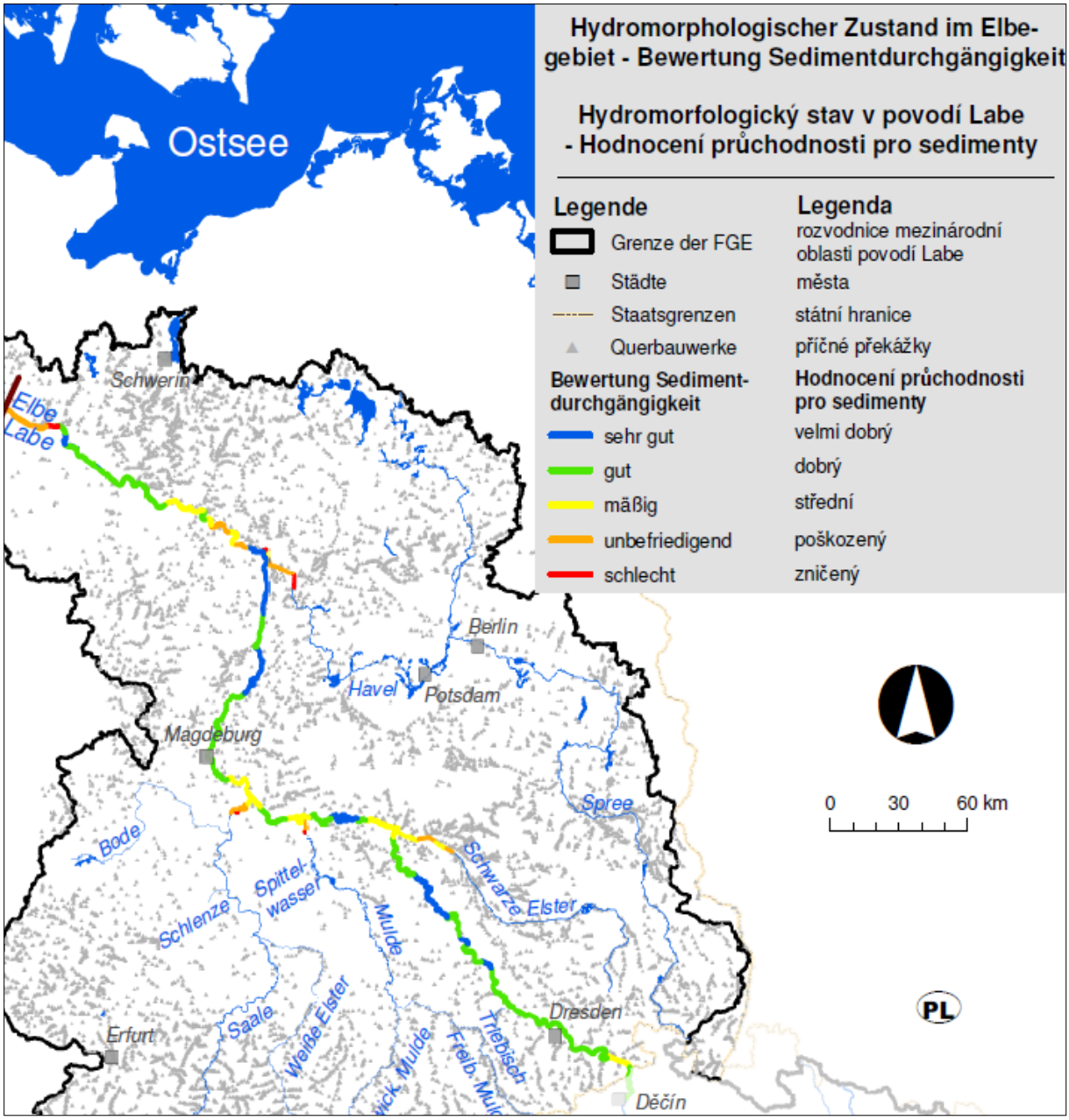


Abbildung 6: Kartenausschnitt, hydromorphologischer Zustand im Elbegebiet - Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit (FGG Elbe 2013, S. 29).

Viele Bäche und Flüsse sind durch Querstrukturen stark verbaut. Sedimente werden in erheblichem Maße zurückgehalten und gelangen nicht in die Unterläufe der jeweiligen Oberflächengewässer und ebenso nicht in die Elbe selbst. Neben den Querbauwerken liegt der zweite ursächliche Wirkmechanismus bezüglich eines gestörten Sedimenthaushaltes bei

den Nebengewässern ebenso wie bei der Elbe in der Erhöhung des Sediment-Transportvermögens durch Gewässerausbau gegenüber einem ausgeglichenen hydromorphologischen Zustand begründet (s. Fußnote 4, s. FGG Elbe 2013), welches ebenso zu erhöhter Transportkapazität und Tiefenerosion beitragen kann.

Die **Abweichung zum Referenzzustand** kann gemäß der jeweils indikatorspezifischen Valmorph-Methodik und ihren entsprechenden Berechnungsformeln und Bewertungsmatrizes (s. Kap. 2.2.3; s. Quick et al. 2017; s. FGG Elbe 2013; s. IKSE 2014) oder alternativ z. B. mittels quantitativen Werten oder mittels Tendenzen (Zu- und/oder Abnahmen) bestimmt werden. Die Ermittlung der Abweichung für den Sedimenttransport im Referenzzustand, insbesondere unter Berücksichtigung der Sedimentdurchgängigkeit, kann ergänzend zu dem Einsatz des Valmorph-Verfahrens (vgl. Abbildung 6) durch die Anwendung der Formel zur Ermittlung des Sedimenttransportes im Referenzzustand gemäß der LAWA-Verfahrungsempfehlung zur Sedimentdurchgängigkeit (LAWA 2017; Donner 2021) erfolgen, wenn eine entsprechende Datenlage für das jeweilige Untersuchungsgewässer zur Verfügung steht.

Ergänzend zu den mit dem Valmorph-Verfahren bearbeiteten quantitativen und hydromorphologischen Indikatoren des Sedimentmanagementkonzeptes für die Elbe (Durchfluss, Schwebstoffkonzentration, Schwebstofffracht, Mittlere Sohlhöhenänderung, Sedimentdurchgängigkeit, Breitenvariation, Tiefenvariation, Korngrößenverteilung des Sohlsubstrates, Uferstruktur und Überflutungsflächen (Verhältnis rezenter zu morphologischer Aue)) könnten auf Basis der recherchierten Daten zu den Nebengewässern der Elbe bei Bedarf auch die folgenden hydromorphologischen Indikatoren bearbeitet werden:

- Laufentwicklung,
- Laufformen,
- Auenstrukturen,
- Sohlstrukturen,
- Windungsgrad[9],
- Schwimmstoffe (Totholz).

2.1.3 Ursachen von Bilanzdefiziten

Zur Beantwortung der Frage „Welche Ursachen haben die Bilanzdefizite, können diese ausreichend gut quantifiziert werden?“ gemäß des Fragenkataloges sind verschiedene Ursachen anzuführen:

Mit der Einführung und Ausbreitung des Ackerbaus in Mitteleuropa von ca. 7000 bis 4000 v. Chr. setzte in Folge erster Rodungen der einstigen „Urwälder“ die anthropogene Beeinflussung unserer Gewässer ein, indem in Folge der Bodenerosion verstärkt Sediment in die Gewässer und deren Auen eingetragen wurde (Küster 2013). Ab dem Mittelalter wurden die Gewässer lokal zunehmend für die Landgewinnung, den Transport und die Energiegewinnung befestigt. Insbesondere ab dem 18. Jahrhundert wurde eine intensivierte Landwirtschaft forciert, so dass die vor allem größeren Gewässer ausgebaut und durch

[9] „Der Windungsgrad gibt das Verhältnis von Gewässerlänge zur Tal(boden)mittellinie an. Ein Windungsgrad nahe 1 entspricht gestreckten Gewässerverläufen, Maßzahlen >1,5 bilden mäandrierende Gewässerläufe ab. Geradlinige Gewässerverläufe existieren unter Leitbildaspekten nicht“ (LANUV 2012, 34)

Deichbau sowie Auswirkungen der anthropogenen Überprägungen von ihrer Aue entkoppelt wurden. Die Bevölkerungszunahmen führten zu einem gesteigerten Erfordernis nach Infrastruktur, so dass z. B. Flächenversiegelungen sowie zunehmende Nutzungen der Gewässer und ihrer Einzugsgebiete die Gewässerökosysteme zunehmend beeinflussten. Für einen vermeintlich besseren Hochwasserschutz, die Grundwasserhaltung und einen erhöhten Energiebedarf an elektrischer Energie wurden vermehrt Querbauwerke errichtet (Armenat 2012; s. auch DWA-MB 525 2012).

Für die Wirkung der Sedimenttransportmechanismen ist zwischen einem **freifließenden** und **staugeregelten** Fließgewässer zu unterscheiden. Freifließende Gewässer mit einer entsprechenden Strömungsgeschwindigkeit zeichnen sich durch eine erhöhte Transportkapazität (Eigenschaft, eine bestimmte Sedimentmenge mit der Strömung zu transportieren) aus. Übersteigt diese Kapazität die vorhandene Sedimentmenge, ohne dass neue Sedimente eingetragen werden, setzt eine Tiefenerosion ein und vorhandenes Material aus der Gewässersohle wird erodiert[10], wenn nicht der Sohlenwiderstand in Teilstrecken sehr hoch ist (z. B. Felsbereiche, abgepflasterte Sohle). Staugeregelte Gewässer zeichnen sich dagegen durch eine abnehmende Fließgeschwindigkeit aus, so dass die Transportkapazität langsam verringert wird. Dabei werden die gröberen Fraktionen bereits im oberstromigen Bereich abgelagert, während sich feineres Material in Richtung der Staustufe absetzt (BMVI 2016). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die transportierte Menge an Feinsediment (Ton/Schluff) im Gegensatz zum bettbildenden Sediment (v. a. Kies und Sand) weniger von der Strömung, sondern v. a. vom Dargebot bzw. vom Umfang der Einträge ins Gewässer abhängt (BMVI 2016 nach Einstein & Chien 1953, Garcia 2008, S. 12). Ein Schwebstoff-transport findet trotz Querbauwerken statt, wie auch beispielsweise die Ermittlungen der Schwebstofffrachten für die staugeregelte tschechische Elbe zeigen (s. Abbildung 7).

Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen menschlichen Nutzungen und der dafür z. B. durchgeführten Gewässerausbaumaßnahmen, Flächenversiegelungen, Deichbauten usw. können Bilanzdefizite auf unterschiedliche Faktoren zurückgeführt werden. Die **Ursachen der Bilanzdefizite sind ausreichend gut bekannt**. Eine den einzelnen Ursachen zugeordnete und dementsprechend ausreichend gute Teilquantifizierung des Bilanzdefizits erscheint aufgrund der vielfältigen Beeinflussungen und multiplen Wechselwirkungen unter-einander in der heutigen Kulturlandschaft nicht möglich bzw. würde vertiefte fachwissenschaftliche Analysen mit größerem Aufwand im Rahmen zusätzlicher Untersuchungen erfordern.

Das Bilanzdefizit der Elbe selbst ist ausreichend gut quantifiziert: „Das Sedimentdefizit für die gesamte deutsche Binnenelbe liegt in der Größenordnung von 0,45 Mio. t/a. In Abschnitten der Erosionsstrecke zwischen Elbe-km 140 und 290 treten mittlere Erosionsgeschwindigkeiten von bis zu 2 cm/Jahr auf“ (FGG Elbe 2013, S. 18; IKSE 2014; s. Abbildung 25 MSHÄ mit Längsprofil; s. Kap. 2.1.2). Im Mittel lassen sich aus Peilungen der Gewässersohle und Geschiebetransportmessungen Erosionsraten von 1,0 bis 1,25 cm/a für die Elbe ableiten. Neben dem mittels Sohlhöhenentwicklungen ermittelten Sedimentdefizit der Elbe von 0,45 Mio. t/a, das sich v. a. aus den habitatbildenden sandigen und kiesigen

[10] In früheren Zeiten nahmen sich die Gewässer die Sedimente insbesondere aus den Ufer- und Auenbereichen durch laterale Erosionen (ebenfalls Seiten- oder auch Breitenerosion genannt), aufgrund heute vorherrschender Laufbefestigungen können Gewässer die Sedimente nur noch aus der Sohle selbst aufnehmen (Tiefenerosion).

Substraten zusammensetzt (s. Kap. 2.1.1 und Kap. 2.1.2), wurde für das Elbe-Einzugsgebiet im Kontext des Sedimentmanagementkonzeptes für die Elbe ebenfalls die Sedimentbilanz für den Schwebstoffhaushalt erstellt. Diese Sedimentbilanz bildet(e)[11] die Grundlage für die Bilanzierung der für das Elbegebiet relevanten sedimentgebundenen Schadstoffe (s. FGG Elbe 2013; s. IKSE 2014).

Infolge dieser Sedimentbilanzierung können die **Schwebstofffrachten der Elbe und der im Sedimentmanagementkonzept betrachteten Nebengewässer Schwarze Elster, Mulde, Saale und Havel ausreichend gut quantifiziert** werden: „Grundlage für die Sedimentbilanz der deutschen Binnenelbe bilden die Geschiebe- und Schwebstoffmessungen der WSV. Mit Hilfe von Transport-Abfluss-Beziehungen werden Jahresfrachten berechnet (…). Neben den Transport- und Frachtermittlungen werden vergleichend auch die Volumenänderungen auf Basis von Sohlpeilungen, Baggerungen, Umlagerungen/Verbringungen und Zugaben sowie Quellen und Senken (Einträge aus Nebenflüssen, Sedimentation, Abrieb) (…) zu einer Bilanzierung (…) herangezogen“ (FGG Elbe 2013, S. 17) (vgl. auch Kap. 2.1.1 und Kap. 2.1.2).

Die ermittelten Suspensionsfrachten der Elbe lagen für den herangezogenen Zeitraum von 2003 bis 2008 im Mittel bei 650.000 t/a Schwebstoff im Bereich oberhalb des Wehr Geesthachts (s. Abbildung 7). Der Schwebstoffeintrag am Übergang zwischen der tschechischen und der deutschen Elbestrecke lag „im Mittel bei 250.000 t/a. Im Verlauf nimmt die Schwebstofffracht um durchschnittlich knapp 400.000 t/a zu, so dass mit rund 650.000 t/a als binnenseitiger Eintrag in die Tideelbe zu rechnen ist. Die Schwebstoffeinträge der Saale mit 130.000 t/a sowie Mulde und Havel mit je etwa 30.000 t/a tragen in erheblichem Umfang zum Anstieg bei. Auf Teilstrecken finden sich Frachtrückgänge im Bereich von 10 %“ (FGG Elbe 2013, 18). Die Schwarze Elster lieferte einen Sedimentinput in die Elbe von < 3.500 t/a[12]. Insgesamt ließ sich ein weitgehend stetiger Anstieg der Schwebstofffracht mit hoher Proportionalität zur Zunahme des Durchflusses verzeichnen (s. Abbildung 7). Ergänzend wurden ebenso die vorherrschenden Schwebstoffkonzentrationen ermittelt (s. Abbildung 8).[13]

D. h., neben der Elbe sind auch für ihre großen Nebengewässer Schwarze Elster, Mulde, Saale und Havel die **Schwebstofffrachten als suspendierter Sedimenteintrag in die Elbe ermittelt worden. Eine solche Quantifizierung ist bei Bedarf auch zukünftig für die weiteren Nebengewässer der Elbe im Rahmen eines Folgeprojektes u. U. ausreichend gut möglich**, da die dafür erforderlichen Schwebstoff- und Durchflussdaten in den Bundesländern auch für die kleinen Nebengewässer i. d. R. vorliegen. (vgl. z. B. auch Naumann et al. 2003).

[11] Methodische Eckpunkte der Sedimentbilanzierung und die Behandlung von Unsicherheiten werden im Sedimentmanagementkonzept der Elbe (s. FGG Elbe 2013, 19 ff. und s. IKSE 2014, 19 ff) und BfG (2013, 2014) detailliert erläutert, ebenso wie die Vorgehensweise für die Bilanzierung der für das Elbegebiet relevanten sedimentgebundenen Schadstoffe, die hier in der konzeptionellen Analyse zur Quantität/Hydromorphologie nicht im Fokus stehen.

[12] Angaben jeweils als Mittelwerte, Minima und Maxima sind dem Sedimentmanagementkonzept für die Elbe zu entnehmen.

[13] Aktuellere Auswertungen der Schwebstoffkonzentrationen für die Elbe sind in Hoffmann et al. (2020) erfolgt. Hier zeigt sich generell eine Abnahme der Schwebstoffkonzentrationen der Elbe über die Zeit.

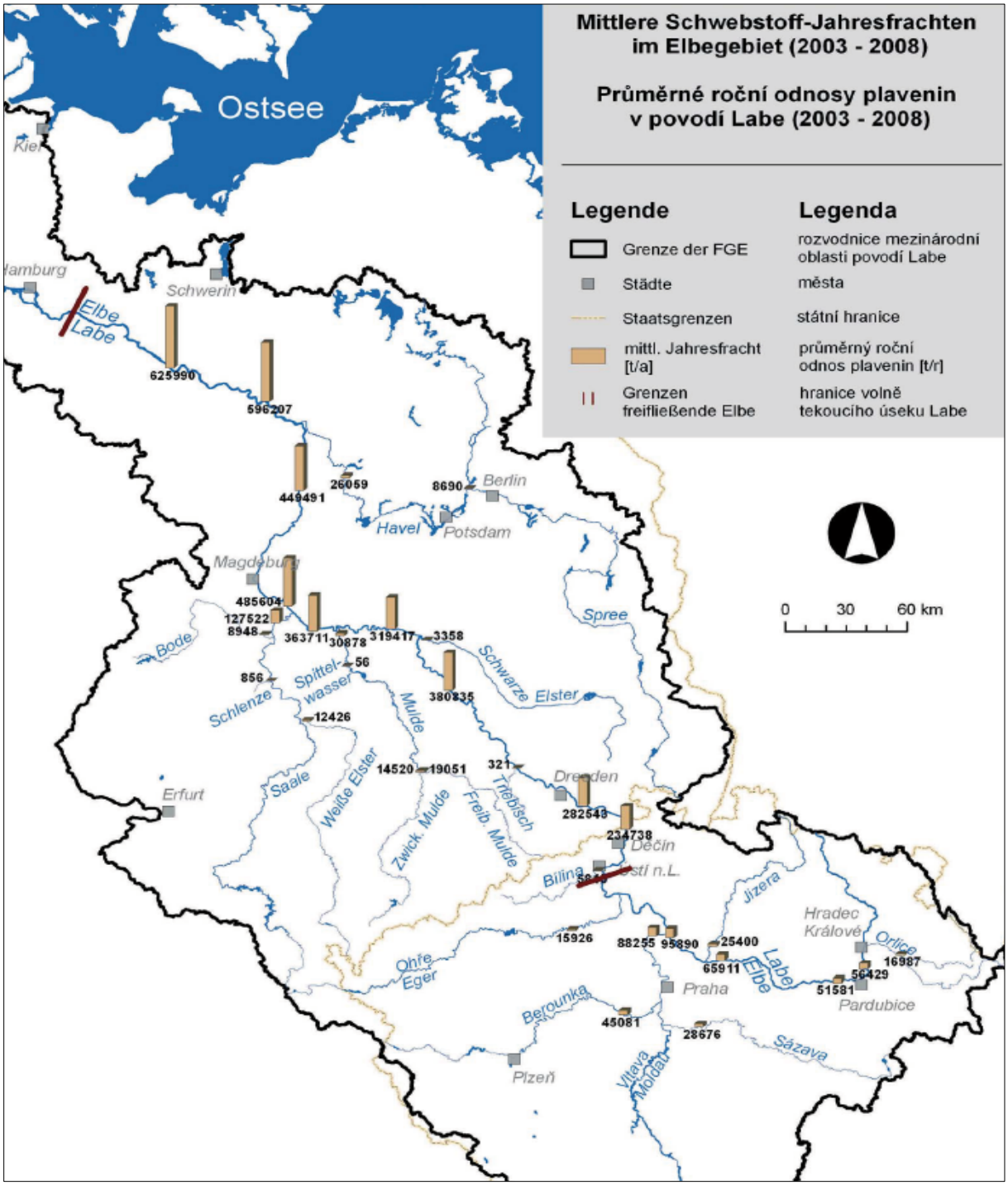


Abbildung 7: Kartenausschnitt, mittlere Schwebstoff-Jahresfrachten im Elbegebiet (2003-2008) (IKSE 2014, S. 22).

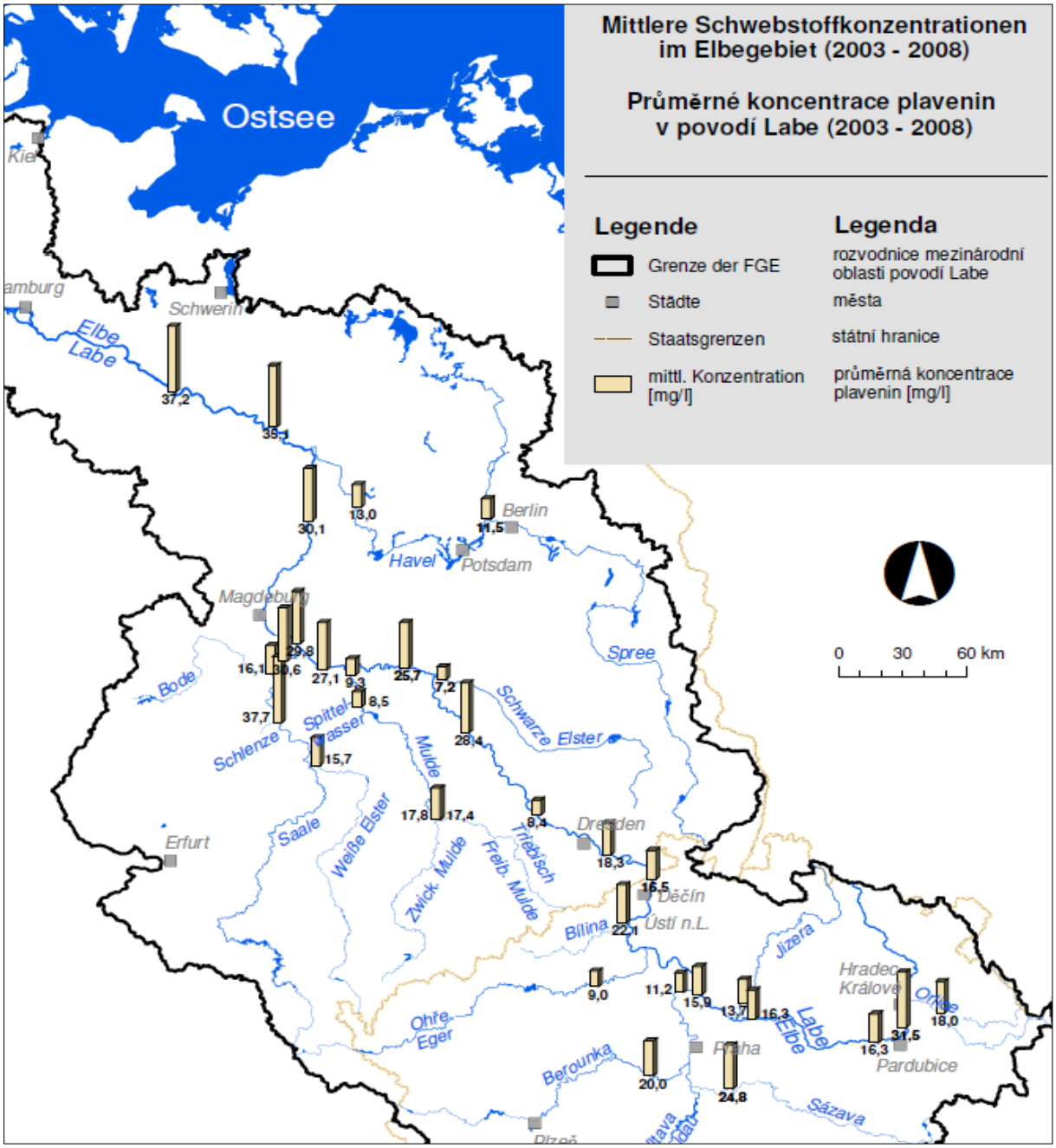


Abbildung 8: Mittlere Schwebstoffkonzentrationen im Elbegebiet (2003 – 2008) (FGG Elbe 2013, Anlage 4, Karte 1).

Geeignet sind für solche Quantifizierungen insbesondere die letzten Messstellen vor Einmündung der Nebengewässer in die Elbe. Bislang basiert der herangezogene Datensatz des Sedimentmanagementkonzeptes auf einem ausgewählten 5-Jahres-Zeitraum, der bei Bedarf in einem Folgeprojekt aktualisiert und um die neuen Untersuchungsgewässer dieser konzeptionellen Studie und/oder auch darüber hinaus für weitere Nebengewässer im Elbe-Einzugsgebiet bei Eignung v. a. der Schwebstoffdaten (s. o.) ergänzt werden könnte.

Neben dem anzunehmenden ermittelbaren und somit quantifizierbaren Sedimentinput in die Elbe aufgrund der letzten Messstellen vor Einmündung der Nebengewässer in die Elbe wäre bei Bedarf **bei der Hinzunahme weiterer Messstellen stromaufwärts in den Nebengewässern und geeigneten Durchfluss- und Schwebstoffdaten (vgl. FGG Elbe 2013 und IKSE 2014) in einem Folgeprojekt ebenso die Aufstellung einer Sedimentbilanz für die suspendierten Frachten dieser Nebengewässer ausreichend gut quantifizierbar** (unter Anwendung des methodischen Ansatzes aus dem Sedimentmanagementkonzept für die Elbe).

Die **Aufstellung eines Sedimentdefizits der sandig-kiesigen Kornfraktionen aufgrund von Sohlhöhenlagendaten oder Geschiebemessungen für die kleinen Nebengewässer stellt sich schwieriger dar und ist in Summe bislang nicht ausreichend quantifiziert, da in den Bundesländern i. d. R. keine hinreichenden Messungen vorgenommen werden**. Für einige Nebengewässer mit entsprechender Datenlage wäre dies jedoch voraussichtlich bereits jetzt ausreichend gut quantifizier- und realisierbar, wie z. B. voraussichtlich im Fall der Mulde[14]. Für die Untersuchungsgewässer dieser konzeptionellen Analyse zeigen die Datenrecherchen zumindest abschnittsweise bislang sehr gut geeignete Funde zu den Sohlhöhenlagen (s. Kap. 2.2 und 2.3). Auch eine Kombination dieser abschnittsweisen Bilanzierung der groben Kornfraktionen z. B. mit fließgewässergeometrischen Formeln zur Ermittlung der Sohlgefällelagen im Ist- und Referenzzustand (LAWA 2017) oder z. B. mit quantitativen Ableitungen von Erosionen und Akkumulationen in vorliegenden Querprofilaufnahmen (s. Abbildung 24) wäre für ausgewählte Gewässer möglich.

Unter Berücksichtigung der bereits in den Bundesländern vorliegenden Datenlage von Gewässerstrukturgüte und Querbauwerken können in jedem Fall generelle Rückschlüsse auf einen gestörten oder intakten Sedimenthaushalt als erste Aussage getroffen werden (jedoch nicht quantifiziert, vgl. Kap. 2.1.1 und Kap. 2.1.2).

Bezüglich der vorliegenden Datenlage kann eine ausreichend gute Quantifizierung der v. a. grobkörnigen Bilanzdefizite für die Nebengewässer der Elbe zu diesem Zeitpunkt noch nicht beantwortet werden. Für die ausgewählten Nebengewässer der Elbe liegen jeweils nur vereinzelte Substratproben vor. Ein zusammenhängendes Geschiebemonitoring erfolgte bisher außerhalb der Bundeswasserstraßen i. d. R. nicht an kleineren Gewässern. Die Möglichkeiten einer ausreichend guten Quantifizierung der feinkörnigen Bilanzdefizite für die Nebengewässer der Elbe sind gemäß einer erfolgten Datenabfrage der Bundesländer möglich und lassen z. T. Rückschlüsse über Schwebstoffdaten bis in die 1980er Jahre zu. Eine vertiefende Bearbeitung ist damit in einem möglichen Folgeprojekt bei Bedarf auf dieser Datenlage durchführbar (s. Kap. 3).

Der Schwebstoffhaushalt ist - wenn auch nicht bettbildend wie z. B. Sand und Kies - dennoch von Wichtigkeit (vgl. auch Kap. 2.1.1 und Kap. 2.1.2): „Bei den Schwebstoffen handelt es sich um sehr feines, oft kohäsives Material mit einem variierendem organischen Anteil, das im Oberlauf aus dem Sohlen-, Ufer- und Auensubstrat herausgelöst wurde, aus Abriebprozessen stammt oder durch Oberflächenerosion im Einzugsgebiet eingetragen wurde. (…) Schwebstoffe werden generell als Partikel in der Wassersäule transportiert und

[14] Das Projekt Wilde Mulde erfasst zahlreiche Daten, z. B. zur Gewässersohllage und zu Geschiebetransporten (vgl. Kapitel 3.1). Siehe auch weitere Arbeiten zur Mulde wie z. B. Vetter (2008).

folglich i. d. R. ohne Sohlenkontakt in der Strömung mitgeführt (…). Temporär können die Schwebstoffe jedoch auch an der Sohle abgelagert werden, bei zunehmenden Sohlschubspannungen können sie dann wieder resuspendiert werden“ (Quick et al. 2017, S. 69). „Der Schwebstoffhaushalt (Schwebstofftransport, -mengen/-frachten, -konzentrationen) kann maßgeblich gewässertypspezifische Korngrößenzusammensetzungen, Kolmationsprozesse, Feinmaterialablagerungen im Vorland, Verlandungen von Auengewässern, Trübungen und damit einhergehende Sauerstoffgehalte etc. beeinflussen. Daher besitzt der hydromorphologische Indikator Schwebstoffhaushalt eine hohe Bedeutung für die Habitatqualität und Habitatdiversität“ (Quick et al. 2017, S. 70). Zudem besitzt er auch für die sedimentgebundenen Schadstoffe eine Relevanz (s. o., s. Kap. 2.1.1, Kap. 2.1.2 und Kap. 2.1.4).

Eine Ermittlung des Referenzzustandes für natürliche bzw. eines nutzungsgeprägten Vergleichszustandes für erheblich veränderte Oberflächengewässer wäre mittels des Valmorph-Verfahrens (Indikator Schwebstoffhaushalt) nach jetziger Einschätzung generell möglich (s. Quick et al. 2017). Dabei kann jedoch nur der zeitlich am weitesten zurückreichend dokumentierte Datensatz herangezogen werden. Unter diesen Voraussetzungen könnte bei Bedarf auch ein ausreichend gut quantifiziertes Bilanzdefizit (oder ggf. auch ein Bilanzüberschuss) im Rahmen des Folgeprojekts auf Basis der vorhandenen Datensätze erstellt werden. Generell sind ‘tatsächliche Referenzzustände des Schwebstoffhaushaltes‘ sehr schwer herleitbar, die Beeinflussungen sind mannigfaltig und eine Klassifizierung ist daher häufig schwierig. Jedoch lassen sich zumindest Tendenzen der Entwicklungen hinsichtlich der Zu- und/oder Abnahmen ausweisen. Eine weitere Bearbeitung dieser Fragestellungen zum Sedimenthaushalt der Elbe werden im Zusammenhang mit der Thematik „Leitbild Sedimenttransport“ bei Bedarf im Rahmen eines möglichen Folgeprojektes angestrebt.

2.1.4 Beziehung Sedimenthaushalt in Bezug zu Durchgängigkeit – Morphodynamik – bettbildenden Abflüssen

Hinsichtlich der Fragestellung „Wie sieht die Beziehung von Sedimenthaushalt/ -durchgängigkeit zu Morphodynamik und Strukturgüte auch unter Berücksichtigung von bettbildenden Hochwasserabflüssen aus?“ gemäß des Fragenkataloges der FGG Elbe (2017) lassen sich folgende Beziehungen der Begrifflichkeiten ausweisen:

In den Ausführungen zur Definition des Sedimenthaushaltes wurde bereits auf den engen Zusammenhang sowie die wechselseitigen Beziehungen mit der Hydromorphologie und somit Strukturgüte hingewiesen (s. Abbildung 2). Die entsprechende Implikation im Kontext der EU-WRRL erfolgt für die fließenden Binnengewässer mit den Komponenten Wasserhaushalt, Durchgängigkeit des Flusses, Morphologie (s. Tabelle 1). Für die aufgeführten hydromorphologischen Qualitätskomponenten wird der sehr gute Zustand wie folgt definiert (Anhang V EU-WRRL, Anlage 4, Tab. 2 OGewV):

- **Wasserhaushalt:** Menge und Dynamik der Strömung und die sich daraus ergebende Verbindung zum Grundwasser entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Referenzbedingungen,
- **Durchgängigkeit des Flusses:** Die Durchgängigkeit des Flusses wird nicht durch menschliche Tätigkeiten gestört und ermöglicht eine ungestörte Migration aquatischer Organismen und den Transport von Sedimenten (s. auch Kapitel 2.1.2),

- **Morphologie:** Laufentwicklung, Variationen von Breite und Tiefe, Strömungsgeschwindigkeiten, Substratbedingungen sowie Struktur und Bedingungen der Uferbereiche entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Referenzbedingungen.

Diese unbeeinflussten Fließgewässersysteme, in denen die hydromorphologischen Prozesse sowie eine anthropogen unbeeinflusste Interaktion zwischen den hydromorphologischen Qualitätskomponenten beobachtet werden können, sind in Europa nur noch vereinzelt vorzufinden. In diesem Zusammenhang sind vor allem dünn besiedelte oder stark reliefbeeinflusste Gebiete hervorzuheben, in denen die Wasserkraft für die Energiegewinnung häufig keine Rolle spielt oder noch nicht umgesetzt wurde. Zu diesen unbeeinflussten Gewässersystemen kann in Europa z. B. der Vjosa in Albanien (griechisch Aoos) gezählt werden (s. Abbildung 9). In Verbindung mit den freifließenden Nebengewässern wird der Fluss auch als letztes großes komplettes Wildflusssystem Europas bezeichnet und bedingt, auch durch seine strukturelle Vielfalt, noch natürliche und vielfältige Habitate für eine einzigartige Flora und Fauna (Rößler, Egger, Drescher 2020; Abromeit 2015). Während diese Gewässersysteme auf unserem Kontinent heute nur noch die Ausnahme darstellen, charakterisierten sie zum Teil noch bis zur Mitte des letzten Jahrhunderts weite Landstriche. Von den ehemals weit verzweigten und dynamischen Gewässersystemen sind heute oft nur noch Fragmente zu erkennen, die sich dem Betrachter oft erst auf den zweiten Blick erschließen (s. Abbildung 9).

Heute werden im dicht besiedelten Deutschland dagegen nur noch ca. 1.200 km (1,6 %) der kartierten Gewässerstrecken als vollkommen natürlich ausgewiesen. Diese Gewässer (-abschnitte) sind u. a. noch in den Alpen, Voralpen und den Oberläufen der Mittelgebirge zu verorten (UBA 2017).

Hier stellt z. B. der Oberlauf der Isar in Bayern eine der letzten größeren naturnahen Wildflusslandschaften Deutschlands dar. Auf dem Gebiet der deutsch-österreichischen Grenzregion zeichnet sich das Gewässer noch durch einen anthropogen unbeeinflussten Zustand aus, so dass auch nach Gewässerstrukturgütekartierung (GSK) alle Parameter als „unverändert“ aufgenommen werden konnten (LDBV 2020) (s. Abbildung 10). In dem verzweigten Gewässer findet sich eine große Substratdiversität mit einem hohen Grobsedimentanteil, die Struktur wird durch zahlreiche Altarme, Schotterbänke und kleinere Inseln geprägt. Der Totholzanteil im und am Gewässer besteht hier zum Teil aus Verklausungen und bildet wertvolle Strukturen im und am Gewässer. Am Ufer ist der Übergang von einer Sukzessionsfläche mit Stillwasserbereichen zu einem gewässertypischen Auenwald zu erkennen. Hier ist von einer unbeeinflussten Sedimentdurchgängigkeit und dem damit einhergehenden Geschiebetransport auszugehen.

Bereits wenige Kilometer flussabwärts wirken sich dagegen anthropogene Einflüsse in Form von Ausbaumaßnahmen, Wasserentnahmen und dem damit verbundenen Wehr auf das Gewässer aus. Die Auswirkungen der Eingriffe konnten seit Beginn der Wasserentnahme durch Ausleitung im Jahr 1923 in dem Schutzgebiet „Oberes Isartal“ evaluiert werden und in der weitestgehend unbeeinflussten Aue strukturelle Veränderungen aufzeigen:

Nach der Gewässerstrukturkartierung (GSK 2015) werden für den naturnahen Isarabschnitt unterhalb Wallgau/oberhalb des Sylvensteinspeichers strukturelle Veränderungen detektiert, die nach der GSK nur einen mäßigen Zustand aufzeigen (Auestruktur,

Verlagerungspotential, Retentionsraum, Uferstreifen, Entwicklungspotential) (LDBV 2020). Auch im direkten Vergleich eines historischen Referenzzustands mit dem heutigen Ist-Zustand sind diese strukturellen Veränderungen im Bereich der Ufer und Auenstrukturen ebenfalls deutlich zu identifizieren und können u. a. durch die Ausbildung eines gewässertyp-unspezifischen Hauptgerinnes sowie in der damit einhergehenden Zunahme der Vegetationsbedeckung charakterisiert werden (s. Abbildung 11).[15]

Abbildung 9: Bildausschnitt Vjosa nahe Tepelena (Albanien) (Foto oben: Romy Durst, Riverwatch 2020), Gewässersystem im Norddeutschen Tiefland mit einer landwirtschaftlich überprägten Fläche (Luftbild unten: Amber 2020, mapbox, Foto unten: Kathöfer 2019).

[15] Die durchgeführte GSK bildet die bestehenden Defizite in diesem Fall unzureichend ab. Ergänzend zur verbal-qualitativen Bewertung der GSK können durch den Abgleich von zwei Vergleichszuständen, z. B. durch die Anwendung des Valmorph-Verfahrens, in diesem Fall auch quantitative Aussagen bezüglich der hydromorphologischen Indikatoren und dementsprechend auch Aussagen über positive oder negative Trends über einen längeren Zeitraum getroffen werden (vgl. hierzu Kapitel 2.2.3).

Abbildung 10: Weitgehend unveränderter Oberlauf der Isar an der deutsch-österreichischen Grenze mit einem hohen Verlagerungs- und Entwicklungspotential (Kathöfer 2020).

Abbildung 11: Isar oberhalb des Sylvensteinspeichers – Positionsblätter 1:25.000 um 1860 (links: Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung 2020), Isar oberhalb des Sylvensteinspeichers, aktuelles Luftbild (rechts: Google 2020, Bilder 2020 GeoBasis DE/BKG).

Nach der Einmündung eines sedimenttransportreichen Nebengewässers (Anm.: Das Nebengewässer ist ebenfalls von einer Wasserausleitung betroffen und wirkt sich dadurch nur noch geringfügig bezogen auf den Wasserhaushalt im Sinne der ehemals vorhandenen, natürlichen hydrologischen Schwankungsbreite aus) können dagegen noch das gewässertypspezifische verzweigte Gerinnebettmuster und entsprechende Freiflächen kartiert werden. Dementsprechend widmeten sich weitere Feldstudien in dem Gebiet verstärkt den morphologischen Prozessen. Dazu erfolgte an zwei Standorten, einmal vor und einmal nach der Einmündung des Nebengewässers, die Betrachtung des Überflutungs- und Morphodynamikeinflusses. Für den ersten Standort flussaufwärts des einmündenden sedimenttransportreichen Nebengewässers konnte nach der Betrachtung des Morphodynamikeinflusses aufgezeigt werden, dass sich das Umlagerungspotential der Isar lediglich auf den gewässeruntypisch ausgebildeten Hauptstrom konzentriert. Die Betrachtung der potentiellen Überflutungsflächen zeigte dazu, dass auch Hochwasserereignisse sowie

entsprechende Spülstöße[16] nur einen geringen Einfluss auf das Umlagerungspotential ausüben. Nach der Einmündung des Nebengewässers am zweiten Standort flussabwärts der Mündung in die Isar konnte im Bereich der überfluteten Flächen dagegen eine deutliche Zunahme der gewässertypischen Strukturen kartiert werden, so dass sich wieder ein verzweigtes Gewässersystem ausbildete, in dem auch noch größere Freiflächen überwiegen. Daraus wird ersichtlich, dass das vorhandene Nebengewässer das Geschiebedefizit ausgleicht und dementsprechend wieder eine selbstständige Sedimentumlagerung mit der einhergehenden Entwicklung von typspezifischen Lebensräumen ermöglicht. Damit zeigen die Beobachtungen aus dem Oberen Isartal, dass neben den Hochwasserabflüssen insbesondere die vorhandene Geschiebemenge bzw. der Geschiebeeintrag ein entscheidendes Kriterium für die morphodynamischen Prozesse darstellt. Als weiterer Faktor werden aber auch Sortierungsprozesse des Feinmaterials aufgeführt, die auf schnell abfallende Hochwasserwellen nach Spülvorgängen zurückzuführen sind (Juszczyk et al. 2020).

Im Gegensatz zum oben dargelegten Beispiel hinsichtlich der gewässertypspezifischen Sohl- und Laufausprägung aus dem Alpenraum weist der Großteil der deutschen Gewässer deutliche anthropogene Einflüsse entlang des Gewässerverlaufs auf. In Folge flächiger Meliorationsmaßnahmen wurden Gewässerläufe verkürzt und deren Ufer häufig befestigt, die Auen vom Gewässerhauptlauf entkoppelt und in eine intensive Nutzung überführt (s. Kap. 2.1.3).

In Verbindung mit vorhandenen Querbauwerken, dem damit einhergehenden Sedimentrückhalt sowie einem regulierten Abflussgeschehen erfolgt im Gewässer eine Tiefenerosion, in deren Folge strukturelle Defizite noch weiter verstärkt werden (s. Kap. 2.1.3). Als umfassend dokumentiertes Beispiel können dazu auch Einflüsse der Staustufen oberhalb der deutsch-tschechischen Grenze auf die deutsche Binnenelbe herangezogen werden (s. Kap. 2.1.3; FGG Elbe 2013; IKSE 2014; BMVI 2016). In diesem Zusammenhang ist aber auch davon auszugehen ist, dass erhebliche defizitäre Sedimentbilanzen bereits in den oberhalb liegenden Elbestaustufen, Talsperren des böhmischen Mittelgebirges sowie in den Querbauwerken vieler Nebengewässer (z. B. in den Moldaukaskaden) entstehen. Während der Bau von Querbauwerken die Sedimentdurchgängigkeit in unterschiedlichen Maß negativ beeinflussen kann, ist bei Talsperren von einer deutlichen Beeinflussung des Sedimenthaushaltes auszugehen.

Auch im 1975 errichteten Muldestausee bei Bitterfeld ist aufgrund der Geometrie ein vollständiger Rückhalt der Geschiebefracht anzunehmen (Vetter 2002). Unterhalb des Stausees weist das Gewässer somit ein starkes Geschiebedefizit auf, so dass in Folge der fortschreitenden Sohlerosion der Mulde ein Absinken der Niedrig- und Mittelwasserabflüsse zu beobachten ist (Schulz-Zunkel et al. 2017; vgl. auch Requena und Hens 2012). Zwischen den Jahren 1975 bis 2002 wiesen ausgewählte Abschnitte damit bereits eine Gesamteintiefung von 115 cm auf. Daraus kann eine jährliche Eintiefungsrate von 4,3 cm/Jahr abgeleitet werden (Vetter 2019 nach Vetter 2008). Vergleichende Untersuchungen der hochwasserbegleitenden Sohldynamik ober- und unterhalb der Staustufe des Muldestausees zeigten ebenfalls eine negative Beeinflussung unterstrom auf und sind dementsprechend auf das Geschiebedefizit zurückzuführen (Vetter 2008).

[16] Transport mit der fließenden Welle durch den Stauraum in das Unterwasser der Wehranlage […] Dazu bedarf es einer gegenüber den staubedingten Strömungsverhältnissen stark erhöhten Fließgeschwindigkeit (DWA 2012, 44 f.)

Die beschriebenen Entwicklungen der aufgeführten Gewässer zeigen die Auswirkungen morphodynamischer Prozesse im Fließgewässer auf, die durch anthropogene Eingriffe beeinflusst werden und sich in Abhängigkeit der vorherrschenden Einflussfaktoren in unterschiedlichen Ausprägungen im Gewässer und der Aue zeigen. Zum Prozessverständnis dieser gestörten dynamischen Vorgänge kann auf die Ausführungen von Knighton (Weyland 2020 nach Knighton 1984) zurückgegriffen werden (s. Abbildung 12):

Diese beschreiben eine beliebige Zustandsvariable, die unterschiedliche Parameter und Bedingungen im Gewässer repräsentiert, in Verbindung mit einer undefinierten zeitlichen Variablen aufgetragen und somit ein konstruiertes System abbilden. Als Zustand können z. B. beliebige Parameter herangezogen werden. Zu Beginn dieser Zustandsvariablen ist zunächst über einen längeren Zeitraum ein dynamisches Gleichgewicht zu erkennen, das nur geringen Schwankungen unterliegt bis eine Störung des Systems eintritt. Diese löst nach einer vergleichsweise kurzen Reaktionszeit eine Abweichung der Zustandsvariablen aus. In Folge ist das System bestrebt über einen Anpassungsprozess wieder ein dynamisches Gleichgewicht zu erreichen. Dieses kann sich auch vom Ausgangslevel unterscheiden. Bei der Übertragung des Modells auf gewässerdynamische Vorgänge ist zu berücksichtigen, dass sich die Störungen in unregelmäßigen Abständen und Ausprägungen wiederholen können und i. d. R. viele Prozesse parallel und in unterschiedlicher zeitlicher Ausprägung stattfinden (Weyland 2020).

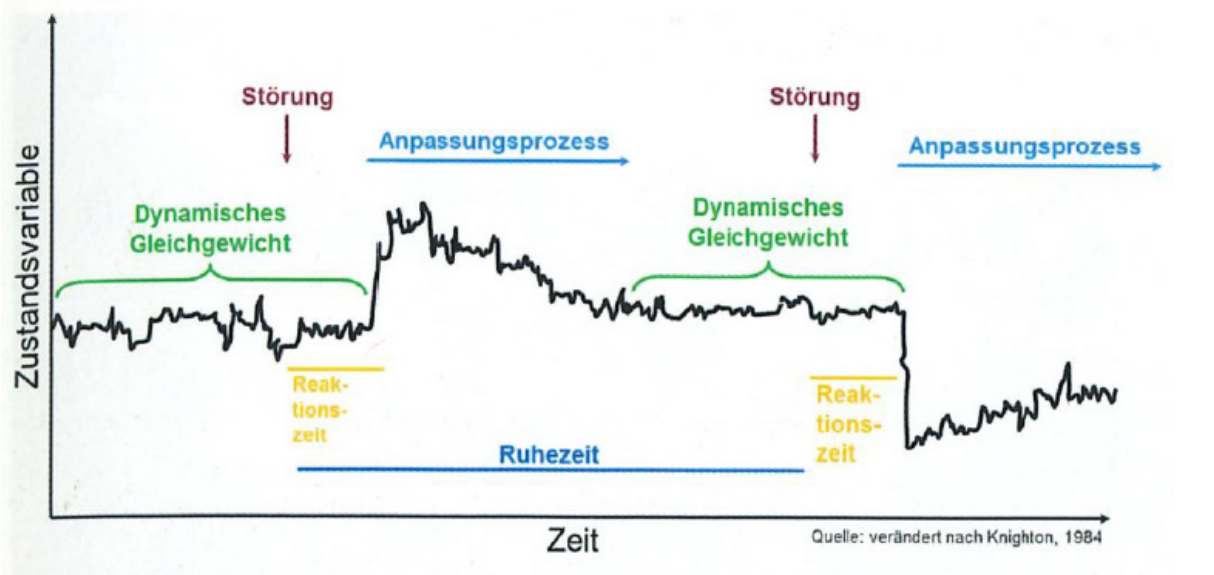


Abbildung 12: Idealisierter zeitlicher Verlauf einer Zustandsvariable unter Berücksichtigung einwirkender Prozesse (Weyand 2020, S. 267 nach Knighton 1984).

In Bezug auf die Gewässermorphologie und den Sedimenthaushalt kann das aufgeführte dynamische Gleichgewicht definiert werden **„wenn in jeden Gerinneabschnitt gleich viel Sediment über einen längeren Zeitraum eingetragen wie ausgetragen wird, d. h. wenn die Transportkapazität des Gewässerabschnitts der Sedimentzufuhr entspricht. Das Gewässer ist dann über einen längeren Zeitraum hinsichtlich Gerinnegeometrie, Längsgefälle und Sedimenthaushalt ausbalanciert und hat einen Gleichgewichts-zustand, d. h. Beharrungszustand erreicht, den es nicht mehr ändert, vorausgesetzt die Randbedingungen bleiben gleich“** (DWA 2015, S. 12).

Als Beispiel für eine positive Störung in einem anthropogen unbeeinflussten System kann z. B. ein Hochwasserereignis für einen Gewässerabschnitt mit einem entsprechenden Feststoffeintrag betrachtet werden, bei dem Material in das System eintransportiert wird. Dieser Zustand zeigt sich im Gewässer nach dem Hochwasserereignis zunächst durch Sedimentationsvorgänge, die in Abhängigkeit vom Gewässertyp usw. bzw. dem eingetragenen Substrat in unterschiedlicher Ausprägung erfolgen. Dazu gehören Anlandungen im Gewässerbett, aber auch der Eintrag in Nebenrinnen, Altarme und während des Hochwassers auch flächig in die Aue. Nebenrinnen können vom Gewässerlauf abgeschnitten werden und sich zu natürlichen Altarmen, aber - bei entsprechend wieder erfolgter Erosion der abgelagerten Sedimente - auch zu einem neuen Hauptlauf ausbilden. Als wichtige Charakteristika nicht eingetiefter Gewässer ist auch die Interaktion mit der Aue hervorzuheben. Damit erfolgt bereits bei erhöhten Abflüssen ein ständiger Ein- und Austrag von Geschiebe, Schweb- und Schwimmstoffen in die Seitenbereiche.

Dieser ständige Anpassungsprozess in Form des sich ändernden morphologischen Zustands wird als Morphodynamik bezeichnet, „d. h. der Transport von Feststoffen durch die fließende Welle und die hiervon abhängigen lateral und longitudinal hervorgerufenen Veränderungen wie verschiedenen Fraktionierungen, Erosion und Akkumulation, die ständige Habitatneubildung aber auch die Zerkleinerung von Feststoffen“ (Jährling 2017, S. 44, nach Jährling 2013).

Für die Anwendung des aufgezeigten vereinfachten Modellansatzes gemäß Abbildung 12 muss allerdings berücksichtigt werden, dass bei dem größten Teil der deutschen Oberflächengewässer kein Gleichgewicht mehr vorhanden ist und diese sich somit in einem anhaltenden Anpassungsprozess befinden (Weyland 2020). Dies zeigt sich darin, dass sich erosive Prozesse auf das Gewässer auswirken, die der Fluss nicht mehr zurückbilden kann. Dementsprechend muss der heutige potentielle natürliche Gewässerzustand (hpnG) berücksichtigt werden, der auch anthropogen induzierte irreversible Veränderungen wie z. B. die Auenlehmsedimentation in den Auen umfasst (s. Kap. 2.1.2). Auch wenn es somit zukünftig nicht mehr möglich sein wird aufgrund bestehender Nutzungsrestriktionen, den anthropogenen Auswirkungen der letzten Jahrhunderte sowie den wasserbaulichen Veränderungen der jüngeren Geschichte, ein dynamisches Gleichgewicht auf der ursprünglichen Höhenlage vollständig zu rekonstruieren, kann anhand des Referenzzustandes ein dynamisches Gleichgewicht unter Beachtung von veränderten Sohlhöhenlagen und veränderter Interaktionsfähigkeit von Fluss und Aue dennoch rekonstruiert und erreicht werden und auch die Höhenlage von Fluss und Aue angepasst werden (vgl. z. B. Arbeiten zur „Sekundäraue“ im Rahmen von Gewässerrenaturierungen).

Die Ausprägung der skizierten Vorgänge ist im Gewässerbett vom verfügbaren Geschiebe, aber auch vom vorherrschenden Abflussgeschehen abhängig, das mit zunehmender Intensität dazu beiträgt das Flussbett umzuformen. Der sog. bettbildende Abfluss kann nach dem DWA-Merkblatt 526 wie folgt definiert werden: „Abfluss oder Abflussbereich, der maßgeblich die Form des Gewässers gestaltet. Er kann mit verschiedenen Ansätzen identifiziert werden:

1. Bordvoller Abfluss,
2. Abfluss einer 1- bis 3-jährlichen Auftrittswahrscheinlichkeit,
3. Effektiver Abflussbereich eines Fließgewässers mit dem größten Anteil der jährlichen Sedimentfracht (Quelle: Vanoni 2006)“ (DWA 2015, S. 12).

Mit dem bettbildenden Abfluss kann dementsprechend der Abflussbereich im Gewässer berechnet werden, der den größten Anteil der jährlichen Geschiebefracht einnimmt und damit auch die größten Massen bewegt. Für die Binnenelbe erfolgte die Ermittlung des bettbildenden Abflusses sowie des bettbildenden Abflussbereichs durch die Auswertung von Geschiebetransportkurven auf Basis von Sedimentfrachten. Für den bettbildenden Abflussbereich wurden dazu die Werte oberhalb von 80 % des Maximums festgelegt. Damit konnte anhand der Auswertungen für die Binnenelbe zunächst ein über den Verlauf zunehmender bettbildender Abfluss zwischen den Werten MNQ und MQ abgeleitet werden. Ein bettbildender Abflussbereich kann mit dem Abflussfenster zwischen MNQ und 2MQ beschrieben werden.[17]

Eine steigende Frachtzunahme bis zur Ausuferung des Gewässers lässt zudem die Annahme zu, dass der bordvolle Abfluss auch als bettbildend zu bezeichnen ist. Der Einfluss von Hochwasserereignissen kann dagegen kurzfristig hohe Einflüsse auf die Profilausprägung im Gewässer ausüben, wird bei anteilig zunehmenden Abflussanteil über die Aue jedoch geringer. In Bezug auf die langjährige Geschiebeführung ist der Einfluss als entsprechend gering einzustufen (Vollmer 2014).

Während sich die bettbildenden Abflüsse vor allem auf die Genese des Flussbettes und auf den damit einhergehenden Geschiebetransport beziehen, stellt die Abflussdynamik auch einen wichtigen Aspekt für den Transport und die Ablagerung von Schwebstoffen bzw. Feinsediment dar. Dazu wurde bereits verdeutlicht, dass Schwebstoffe einen wichtigen Einfluss auf die Ausbildung von Mikrohabitaten und die Wasserqualität, aber auch für die überflutbaren Auen darstellen, und damit maßgeblich die Habitatqualität und Habitatdiversität beeinflussen (s. Kap. 2.1.3, vgl. auch Fußnote 1). Zusätzlich können Schwebstoffe, insbesondere in landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebieten, eine Herausforderung für die Gewässerbewirtschaftung darstellen, denn häufig erfolgt hier ein erhöhter Eintrag von Feinsedimenten über das sekundäre Gewässernetz (z. B. Straßen- und Wiesenseitengräben) und begünstigt damit die Kolmation der Gewässersohle und damit die negative Beeinflussung des hyporheischen Interstitials als einem der wichtigsten Gewässerlebensräume. Anhand der untersuchten Feinsedimentdynamik in revitalisierten Flüssen konnte aufgezeigt werden, dass in Folge einer strukturreichen Ausstattung und den damit einhergehenden Turbulenzen ein positiver Einfluss auf potentielle Verlandungen erzielt wird (Schleiss et al. 2018).

Zur Verifizierung der abgeleiteten Aussagen und insbesondere zur Hervorhebung der Bedeutung des Geschiebes auf die morphodynamischen Prozesse im Gewässer können zusätzlich Ergebnisse aus Laborversuchen herangezogen werden. Dazu wurden in physikalischen Modellversuchen unterschiedliche hydromorphologische Verhältnisse (bettbildende Abflüsse, Sedimentzugabe, Gefälle) und Abflusszeiten simuliert. Der Geschiebeeintrag und -austrag sowie die morphologischen Veränderungen konnten dazu kontinuierlich von Requena (2008) in einer präparierten Laborrinne (28,5 m x 3,2 m) erfasst und ausgewertet werden.

[17] Bei der Binnenelbe handelt es sich um ein anthropogen beeinflusstes Gewässer, bei unbeeinflussten bzw. gering beeinflussten Gewässern sind weitere Faktoren zu berücksichtigen und entsprechende Verschiebungen der Abflussfenster anzunehmen.

In den durchgeführten Versuchen wurde u. a. die Erosion in Gerinnen mit befestigten und unbefestigten Ufern mit einer unterschiedlichen Geschiebezufuhr sowie ein dynamischer Gleichgewichtszustand simuliert. Im Ergebnis zeigte sich, dass wie erwartet im Gerinne mit dem befestigten Verlauf eine verstärkte Sohlerosion beobachtet werden konnte. In Folge der entfernten Befestigung zeigten sich erste Erosionserscheinungen an der Böschung, eine weitere eigendynamische Entwicklung konnte allerdings erst nach der Bildung ausgeprägter Sohlstrukturen beobachtet werden, so dass als erstes Kriterium für eine morphodynamische Entwicklung eine gewisse Mindestbreite vorausgesetzt wird (s. Abbildung 13).

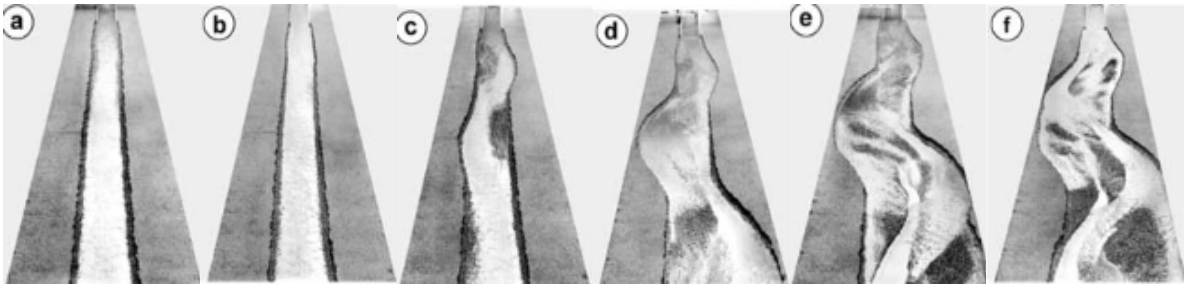


Abbildung 13: Physikalisches Modell zur Untersuchung der zeitlichen und räumlichen Entwicklung der Seitenerosion nach Entfernung der Uferbefestigung. Momentaufnahmen zu verschiedenen Zeitpunkten (Ausschnitt Requena 2008, S. 80).

Als weiteres Kriterium zeigten die Versuche auf, dass der Geschiebeeintrag bzw. das Verhältnis zwischen der Geschiebetransportkapazität und dem Geschiebeaufkommen einen wichtigen Faktor für das Zustandekommen der aufgeführten Prozesse und Strukturen darstellen. Auch über einen längeren Entwicklungszeitraum zeigt der Versuch mit dem reduzierten Geschiebeeintrag deutlich geringer ausgeprägte Strukturen auf, bei einem stark verminderten Geschiebeeintrag erfolgt weiterhin die Ausbildung eines gewässertypunspezifischen Einbettgerinnes (s. Abbildung 14) (Requena et al. 2019).

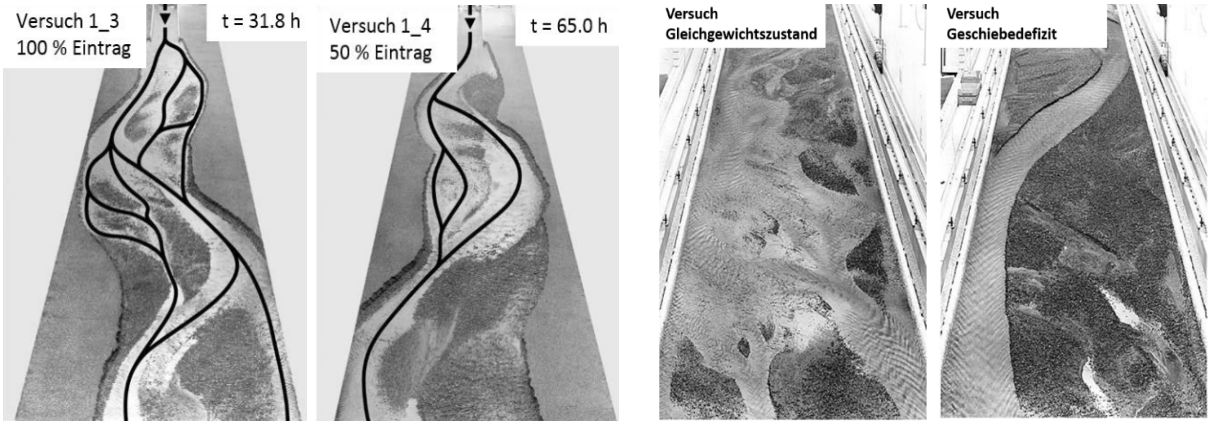


Abbildung 14: Von links nach rechts: a) Zustand des Gerinnes am Beispiel von Versuchen mit Geschiebegleichgewicht und b) Geschiebedefizit bei sonst gleichen Randbedingungen, jeweils mit hervorgehobenen Fließwegen (Requena 2019, S. 18 nach Requena 2008) / c) Zustand des Gerinnes am Beispiel von Versuchen mit Geschiebegleichgewicht und entsprechender Bildung von verzweigten Laufstrukturen sowie d) Versuche mit Geschiebedefizit und Bildung eines gewässertypunspezifischen Einzelgerinnes durch Tiefenerosion bei sonst gleichen Randbedingungen (Requena 2019, S. 19, nach Marti 2006).

Ausgehend von den aufgezeigten Fallbeispielen können im Hinblick auf die Zielerreichung der EU-WRRL bedeutende Erkenntnisse abgeleitet werden, die die Probleme und Entwicklungen zahlreicher heimischer Gewässer widerspiegeln und damit auch auf den engen Zusammenhang des Sedimenthaushaltes, der Sedimentdurchgängigkeit und der Morphodynamik hinweisen. In diesem Zusammenhang sind neben den anthropogen stark beeinflussten Gewässern auch bereits durch Renaturierungsvorhaben aufgewertete Flussabschnitte hervorzuheben – auch hier können oft Jahre nach einer erfolgten Maßnahmenumsetzung und unter Nutzung verfügbarer Flächen häufig nur geringe Verbesserungen der biologischen Bewertung konstatiert werden. Auch wenn in Folge einer Maßnahmenumsetzung viele positive Effekte auftreten werden **fehlende Mikrohabitate und eine fehlende natürliche Morphodynamik als Hauptursache einer unzureichenden Verbesserung der biologischen Qualitätskomponenten gesehen, insofern die Wiederbesiedlung nicht durch andere hemmende Faktoren wie die chemisch-physikalische Wassergüte oder nicht vorhandenes Artenpotential im Einzugsgebiet bzw. fehlende Wanderkorridore verhindert wird**. Dafür erforderliche typgerechte hydromorphologische Weiterentwicklungen der Oberflächengewässer fehlen**. Die Ursachen dazu sind auf den eingeschränkten Sedimenttransport, eine weitgehend fehlende Auenanbindung und eine fortschreitende Kolmatierung der Sohle in Folge von eingetragenen Feinsedimenten zurückzuführen** (Weyand 2020).[18]

Somit konnte die Beziehung von Sedimenthaushalt und Sedimentdurchgängigkeit zu Morphodynamik und Strukturgüte unter Berücksichtigung von bettbildenden Abflüssen gemäß der Frage aus dem Fragenkatalog der FGG Elbe (2017) umfangreich dargelegt und auch hinsichtlich ihrer Bedeutung für die hydromorphologische Gewässerentwicklung aufgezeigt werden.

Ergänzend ist eine weitere zukünftige Herausforderung in der Gewässerentwicklung zu beachten: Im Zuge des Klimawandels und den damit einhergehenden steigenden Temperaturen und meteorologischer Extremwetterlagen können schon Auswirkungen auf den Wasserhaushalt im Elbe-Einzugsgebiet beobachtet werden, die zukünftig auch regelmäßig in vielen Oberflächengewässern auftreten könnten bzw. jetzt schon regelmäßig zu beobachten sind. Während die Einflüsse auf den Wasserhaushalt, besonders in den Sommermonaten, deutlich sichtbar sind, machen sich die morphodynamischen und sedimentologischen Aspekte erst mittel- bis längerfristig bemerkbar. Damit kann konstatiert werden, „dass sich die ohnehin schon vorhandene, defizitäre hydromorphologische Situation unserer Oberflächengewässer als Basis für die gewässertypische Ausprägung der biologischen Qualitätskomponenten weiter verschärfen wird“ (Jährling 2021, S. 16).

[18] Im Rahmen des DWA/BWK Fachforums „Einfluss dynamischer Prozesse auf die Fließgewässerbewertung gemäß WRRL – Ansprüche der Biologie an die hydraulischen Bedingungen“ wurden vier Aspekte herausgearbeitet, die für die Beurteilung von Gewässern relevant sind und noch Wissensdefizite aufweisen. Dazu gehören u. a. die „Notwendigkeit einer interdisziplinären Bearbeitung des Themenkomplexes „Dynamik in Fließgewässern“ mit dem Ziel einer eindeutigen Identifikation und Beschreibung des jeweiligen Einflusses einzelner Prozesskomponenten auf die Habitatebene“ sowie die „Erarbeitung einer verbesserten typbasierten Beschreibung der auf die ökologische Bewertung wirkenden maßgeblichen hydrologisch/hydraulischen Einflussgrößen unter besonderer Betrachtung von Gleichgewichtszuständen bei Kolmatationseffekten, Sedimenttransport und -dynamik“ (Weyand 2020, S. 270).

2.1.5 Skalenebenen und Notwendigkeit der Quantifizierung

Die Beantwortung der letzten Frage der einleitenden Fragen des Fragenkatalogs der FGG Elbe (2017) beleuchtet „Auf welcher Skalenebene können/müssen die Fragen der Sedimentdurchgängigkeit (Bauwerk, Wasserkörper?), Morphodynamik (Gewässer bzw. Wasserkörpergruppe?) und Sedimenthaushalt (Flussgebiet?) beantwortet werden? Ist eine Quantifizierung als Grundlage einer Bewertung auf allen Skalenebenen notwendig?“:

In den vorausgegangenen Ausführungen konnte bereits der enge Zusammenhang zwischen der Hydromorphologie und den sedimentologischen Prozessen und Fragestellungen skizziert und hervorgehoben werden (Kap. 2, Kap. 2.1 bis Kap. 2.3). Die Prozesse und deren Ausprägungen zu Sedimenthaushalt, Sedimentdurchgängigkeit als hydromorphologischer Indikator, Morphodynamik und Gewässerstruktur(güte) erfolgen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Maßstabsebenen. Diese Systeme sind räumlich zusammenhängend, aber nicht immer einheitlich zu betrachten je nach Größe und Länge des jeweiligen Untersuchungsgewässers sowie der Fragestellungen. Die Maßstabsebenen beeinflussen sich gegenseitig, unterliegen in Abhängigkeit von der Größe des Einzugsgebietes und der Lauflänge aber auch in unterschiedlicher Intensität den kontinentalen, regionalen sowie den geologischen und anthropogenen usw. Einflüssen (s. Abbildung 15). Zusätzlich sind die aufgezeigten räumlichen Ebenen der Flussökosysteme noch durch eine zeitliche Skala zu ergänzen, die die Beständigkeit des morphologischen Zustands bzw. Habitats berücksichtigt (DWA 2015).

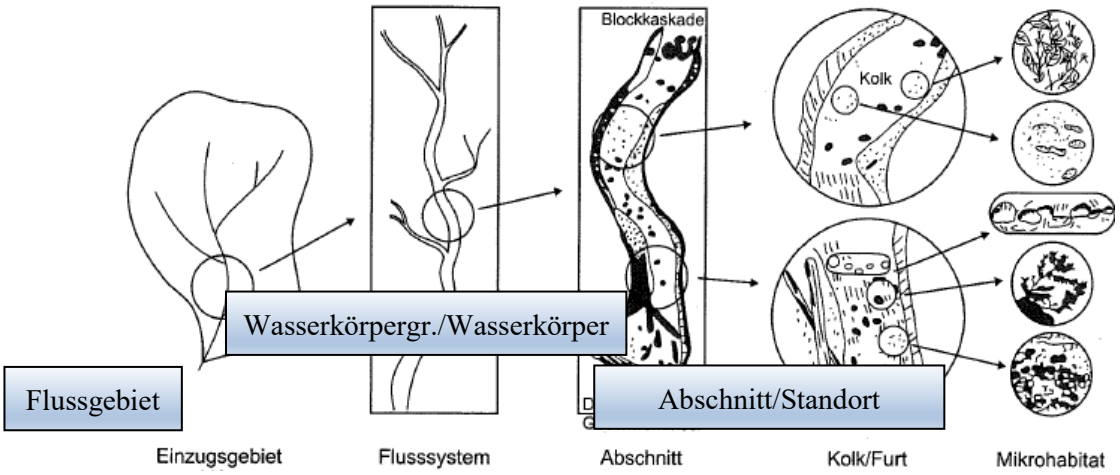


Abbildung 15: Hierarchische Gliederung von Flussökosystemen/ergänzt um die Einteilung nach Standort, Wasserkörper und Flussgebiet (DWA 2015 nach Fussel et al. 1986, verändert nach Kathöfer 2020).

Die hohe Vielschichtigkeit dieser Raum-Zeit-Ebenen spiegelt sich auch in der aufwändigen Erfassung und Quantifizierung dieser Systeme wider. Dazu können positive oder negative Veränderungen in Bezug auf die Mikrohabitate, in Abhängigkeit von der Fragestellung, bereits schon nach wenigen Tagen bis Wochen registriert werden (z. B. in Folge von Trockenheit oder Hochwasserereignissen), während großflächige Auswirkungen in Einzugsgebieten in Abhängigkeit von der Größe häufig über Jahrzehnte bis Jahrhunderte betrachtet werden sollten (vgl. auch Abbildung 16).

Mit der Umsetzung der EU-WRRL erfolgte eine länderübergreifende Definition räumlicher Skalen, für die ein festgelegter Bewertungs- und Berichtsmaßstab etabliert wurde. Danach werden bestimmte Gewässer und Gewässerabschnitte oder auch Teile von Gewässern mit einer Einzugsgebietsgröße von über 10 km² auf Basis vergleichbarer Faktoren (u. a. Belastung, Struktur) zu Wasserkörpern[19] zusammengefasst (UBA 2017). Die Erfassung und Bewertung der **biologischen und chemischen Qualitätskomponente** erfolgt dazu standortbezogen auf Grundlage von Datenerhebungen an repräsentativen lokalen Gewässermessstellen, auf deren Basis eine Bewertung für den Wasserkörper erstellt wird.

Für die **Abbildung der Morphologie und die Bewertung der Gewässerstruktur** wird dagegen eine flächenhafte Bewertung des Gewässers nach den etablierten Bewertungsmethoden für kleine, größere und schiffbare Gewässer (LAWA 1999, LAWA 2002, Quick et al. 2017) durchgeführt. Dazu werden festgelegte räumliche Ebenen in Form von 100 Meter-Abschnitten nach dem LAWA Vor-Ort-Verfahren und i. d. R. 1000 Meter-Abschnitten nach dem Übersichts- und Valmorph-Verfahren (Völker, Rehse 2019) definiert. Die **Querbauwerke und der Rückstau** werden nach dem LAWA Vor-Ort Verfahren unter dem Hauptparameter Längsprofil erfasst, entsprechend der ausgewählten Bauwerksbeschreibung (z. B. hoher Absturz, sehr hoher Absturz) bewertet und als Indexwert in der strukturellen Gesamtbewertung des Wasserkörpers berücksichtigt (LAWA 2002). Nach dem Valmorph-Verfahren erfolgt die Erfassung der Querbauwerke mit der Bearbeitung des Indikators „Sedimentdurchgängigkeit“. Aufgrund einer dreistufigen Verfahrensweise werden quantitative Angaben in Bezug auf die Art und Höhe der Querbauwerke für eine Bewertung hinsichtlich ihrer Sedimentdurchgängigkeit genutzt, ergänzt um Abstände von Querbauwerken im untersuchten Gewässerlauf zueinander sowie vorhandene Querbauwerke in Nebengewässern, denn stromaufwärts gelegene Querbauwerke können auch den kartierten Abschnitt vor Ort mit beeinflussen (Quick et al. 2017). Die einzelnen kartierten Laufabschnitte können neben dem Standort selbst zu z. B. 5 km – Abschnitten oder zu z. B. Wasserkörpern bis hin zum gesamten analysierten Gewässerlauf oder bis zur Einzugsgebietsebene aggregiert werden. Das Valmorph-Verfahren wurde auch für die Sedimentdurchgängigkeit für das Sedimentmanagementkonzept für die Elbe eingesetzt (s. Abbildung 6; FGG Elbe 2013; IKSE 2014). Das Valmorph-Verfahren arbeitet bezogen auf die hydromorphologischen Indikatoren basierend auf quantitativen Daten/Messwerten und aggregiert diese dann zu größeren räumlichen Skalen. Damit ist i. d. R. eine Quantifizierung auf allen Ebenen gewährleistet. Eine Methode der Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Wasser für die Sedimentdurchgängigkeit inklusive eines Praxistests ist seit dem Jahre 2019 verfügbar. Dazu erfolgt die Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit auf den drei Skalenebenen „Querbauwerksstandorte“, „Wasserkörper“ und „Gewässersystem“ (s. Donner, Linnenweber 2021; s. LAWA 2017). Für den Wasserhaushalt gibt es darüber hinaus zur

[19] „Wasserkörper sind einheitliche und bedeutende Abschnitte der Oberflächengewässer, denen eine bestimmte Gewässerkategorie, ein bestimmter Gewässertyp und darauf bezogene Umweltziele zugeordnet werden. Die Gewässerüberwachung muss eine verlässliche und reproduzierbare Datengrundlage für die Beurteilung des Zustands der Wasserkörper und eine effiziente Maßnahmenplanung zur Verfügung stellen. Wenn es fachlich vertretbar ist, können Wasserkörper gleichen Typs und ähnlicher Belastungssituation zu Wasserkörpergruppen zusammengefasst werden. Mehrere Fließgewässerwasserkörper/-gruppen ergeben ein Teileinzugsgebiet, alle Teileinzugsgebiete ergeben das Einzugsgebiet der Flussgebietseinheit“ (FGG Elbe 2007). Im zweiten Bewirtschaftungszeitraum wurden 3.515 Oberflächenwasserkörper der Kategorie Flüsse (einschl. erheblich veränderter und künstlicher Wasserkörper) für die Internationale Flussgebietseinheit Elbe ausgewiesen (FGG Elbe 2015).

Klassifizierung des Wasserhaushalts von Einzugsgebieten und Wasserkörpern ebenfalls eine LAWA-Empfehlung (LAWA 2017).

Am Beispiel der aufgezeigten Maßstabsebenen (vgl. auch Abbildung 16) und Bewertungsansätze wird deutlich, dass eine umfangreiche Bewertung auf den jeweiligen Skalenebenen mit einer hohen Datendichte und einem entsprechenden Arbeitsaufwand einhergeht. Zusätzlich muss bei einer flussgebietsübergreifenden Bearbeitung auch eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse für die ausgewählten Gewässer gewährleistet sein. Damit wird vorausgesetzt, dass alle benötigten (Geo-)Informationen in einer vergleichbaren Qualität von den Ländern bereitgestellt werden können bzw. auch zugänglich sowie verfügbar sind und entsprechend aufbereitet wurden. Diese Bedingungen werden, auch unter Berücksichtigung der aufgezeigten Datenlage (s. Anlage II), nicht für alle Skalenebenen erfüllt, wie z. B. auch die Praxistests für die LAWA-Verfahrensempfehlungen für die Sedimentdurchgängigkeit und für den Wasserhaushalt auf Basis der verfügbaren Daten zu den Oberflächengewässern zeigten. Daraus resultiert**, dass eine Quantifizierung als Grundlage einer hydromorphologischen Bewertung auf allen Skalenebenen als wünschenswert angesehen wird, in diesem Umfang zurzeit allerdings nicht immer flächendeckend überall durchführbar und leistbar ist.**

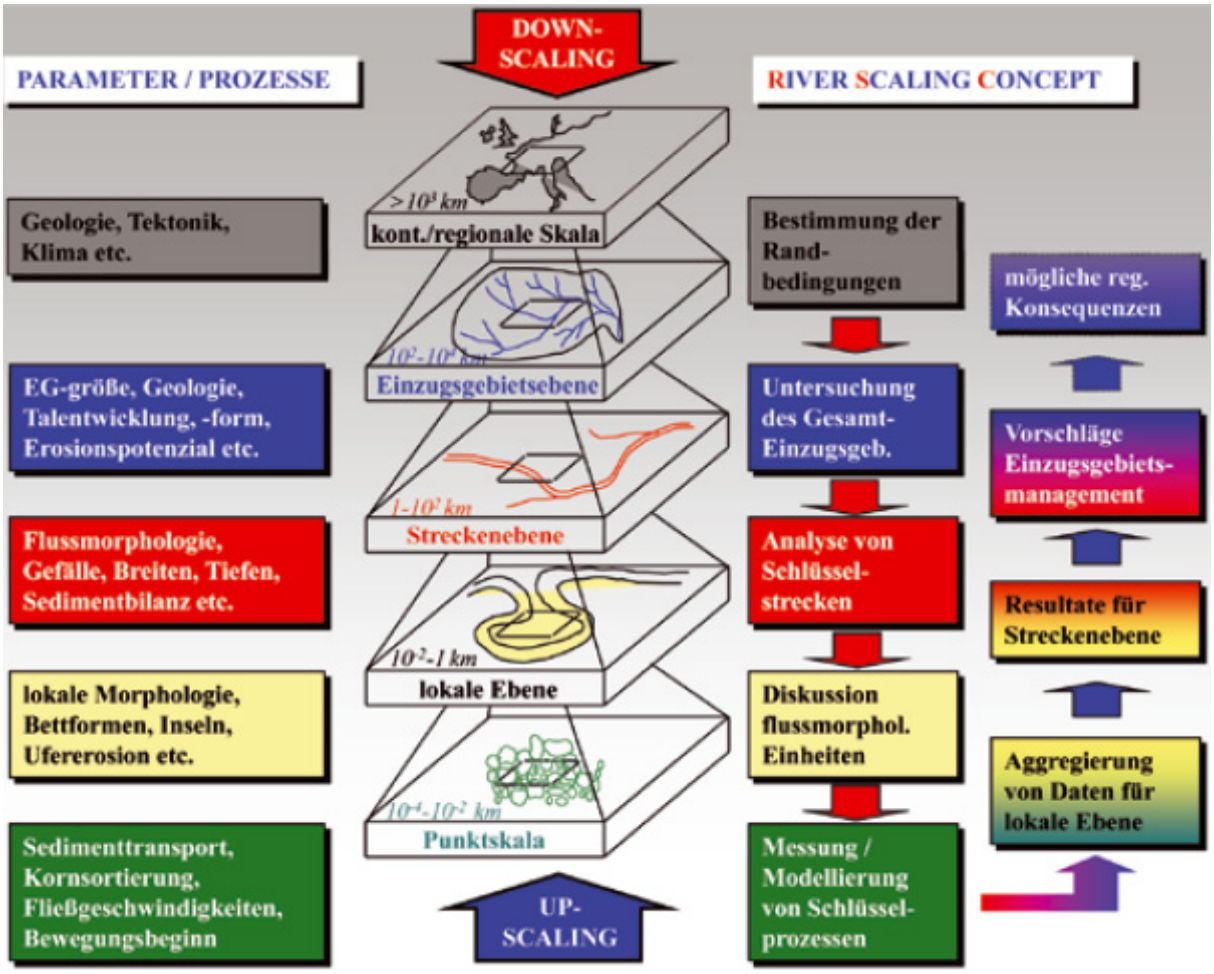


Abbildung 16: River Scaling Concept (BMLFUW 2011, S. 22, nach Habersack 2000).

Fragen der Sedimentdurchgängigkeit sollten für alle Ebenen vom Bauwerk über Wasserkörper bis hin zu Wasserkörpergruppen und dem gesamten untersuchten Gewässerlauf bis hin zum Einzugsgebiet möglich sein. Alle Skalenebenen sind von Relevanz und sind sowohl mit dem Valmorph-Verfahren als auch mit der LAWA-Verfahrensempfehlung bearbeitbar. Eine Quantifizierung ist immer wünschenswert und zu bevorzugen, Aussagen sind jedoch bei fehlenden Datengrundlagen auch auf reduzierter Ebene zur Sedimentdurchgängigkeit aufgrund der Querbauwerksdaten dennoch jeweils möglich.

Fragen zur Morphodynamik sind dagegen insbesondere im Detail von Interesse, d. h. für den Standort oder einen konkreten Laufabschnitt, z. B. hinsichtlich der Ausprägung von Sohlstrukturen.

Fragen zum Sedimenthaushalt sollten auch auf allen Skalenebenen beantwortet werden, hier gewinnt die Flussgebietsskala jedoch an Bedeutung. Jedoch ist auch der Sedimenthaushalt am lokalen Standort/untersuchten Gewässerabschnitt (Bsp. Sedimentbilanz) von größter Relevanz.

Eine Quantifizierung als Grundlage einer Bewertung ist nicht auf allen Skalenebenen notwendig, ist jedoch wünschenswert und immer zu bevorzugen, wenn quantitative Daten verfügbar sind oder erhoben werden können.

2.2 Fragen zur Datenverfügbarkeit und -aufbereitung

Neben den einleitenden Fragen des Fragenkataloges der FGG Elbe (2017) v. a. zu den fachlichen Hintergründen (Kap. 2.1.1 bis Kap. 2.1.5) enthält der Fragenkatalog ebenfalls Fragen zur Datenverfügbarkeit und -aufbereitung für die Anwendung des Valmorph-Verfahrens vergleichbar zum Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (FGG Elbe 2013; IKSE 2014), die im Folgenden in den Kapiteln 2.2.1 bis 2.2.4 für die geplanten Sedimentprojekte näher beleuchtet werden.

2.2.1 Datengrundlagen und Informationen der Länder

Die erste Frage zur Datenverfügbarkeit und -aufbereitung bezieht sich auf „Welche der FGG Elbe bisher nicht verfügbaren Daten und Informationen liegen in Institutionen/Behörden der Länder und des Bundes und weiteren Einrichtungen, z. B. Universitäten, zu den Nebengewässern vor (z. B. aus der Abfrage zu quantitativen und hydromorphologischen Indikatoren, als nur intern zugängliche Publikationen, in Projektstudien, Sondermessprogrammen, in Archiven)? Können diese genutzt werden bzw. können sie, falls nicht digital vorliegend, technisch nutzbar gemacht werden?“.

Die Zusammenstellung von relevanten Daten und Informationen für die Nebengewässer der Elbe (s. auch Anlage II) erfolgt unter der Berücksichtigung von drei Erhebungsebenen:

1) Literaturrecherchen,
2) Daten und Informationen,
3) Archivrecherchen.

Die Ebenen bilden die Datengrundlage für die konzeptionelle Analyse für die geplanten Sedimentprojekte der FGG Elbe und damit die Basis für darauf aufbauende Aussagen hinsichtlich der Datenverfügbarkeit für die gemäß Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (FGG Elbe; IKSE 2014) adressierten quantitativen und hydromorphologischen Indikatoren für die ausgewählten Gewässer im Elbeeinzugsgebiet. Die Ergebnisse sowie die Anwendbarkeit bzw. weitere Verwertung der Daten können zum Abschluss der konzeptionellen Analyse wie folgt skizziert werden:

1) Literaturrecherchen zu den ausgewählten Nebengewässern der Elbe

Zu der Literatur zählen die vorliegenden Konzepte und Studien der Länder und des Bundes, spezifische Literatur zur Beantwortung des Fragenkataloges der konzeptionellen Analyse zu den FGG Elbe - Sedimentprojekten sowie gewässer- und projektbezogene Dokumente.

Quantitative Aspekte wie der Sedimenteintrag der Nebengewässer und damit auch der Einfluss auf den Sedimenthaushalt der Elbe (s. hierzu z. B. Kap. 2.1.3) sowie die Erfassung und Bewertung hydromorphologischer Indikatoren werden im Rahmen des Sedimentmanagementkonzepts der Elbe selbst (FGG Elbe 2013; IKSE 2014) betrachtet. Darüber hinaus gibt es zahlreiche Veröffentlichungen von Fachliteratur insbesondere zur Elbe hinsichtlich der quantitativen und hydromorphologischen Verhältnisse, wie z. B. Quick et al. (2012), Vollmer et al. (2014), Heininger et al. (2015), König et al. (2015) und Hillebrand et al. (2020).

Messkampagnen zur Erfassung von Feststofftransport und Flussbettbildungen sowie zum Einfluss des suspendierten Sandes wurden u. a. von Sauer (2000) veröffentlicht. Im gleichen Jahr wurde auch der Bericht der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe (ATV-DVWK 2000) vorgestellt, der im Kontext der „Elbe-Schadstoffforschung“ und der „Elbe-Ökologie“ morphologische Indikatoren sowie den Feststofftransport der Elbe beinhaltet.

Eine Fokussierung auf die Nebenflüsse der Elbe erfolgte insbesondere in dem 2003 veröffentlichten BfG-Bericht 1382 (Naumann et al. 2003), in dem die Bilanzierung der suspendierten Feststofffrachten sowie die Quantifizierung und Beurteilung der jahreszeitlich und abflussdynamisch bedingten Variationen des Feststoffeintrags der Nebenflüsse in die Binnenelbe betrachtet werden. Vereinzelte Geschiebemessungen in den betrachteten Flüssen zeigten dabei im Vergleich zu den Messungen in der Elbe nur geringe Frachten auf. Dennoch konnten regelmäßige Unterhaltungsbaggerungen im Bereich der oberen Elbe sowie Schüttkegel in den Mündungsbereichen im Zusammenhang mit höheren Wasserständen der Elbe als Indiz für den vorhandenen Geschiebeeintrag in die Elbe gesehen werden. Im Zusammenhang mit den durchgeführten Messungen konnte abschließend ein weiterer Forschungsbedarf konstatiert werden.

Weitere detaillierte Untersuchungen zum Feststofftransport und zur Flussbettentwicklung der Elbe (Vollmer und Schriever 2004; Vollmer et al. 2014) berücksichtigen zudem ermittelte Frachten der Saale und Havel als größte Nebenflüsse auf dem Gebiet der deutschen Binnenelbe und dokumentieren die quantitativen Verhältnisse sowie z. B. auch Messunsicherheiten sehr gut.

Detaillierte hydromorphologische Ergebnisse zur deutschen Binnenelbe und den Unterläufen von Schwarzer Elster, Mulde, Saale und Havel wurden inklusive Handlungsempfehlungen mit dem Sedimentmanagementkonzept der Elbe vorgelegt (FGG Elbe; IKSE 2014). Alle

Gewässer bzw. ihre jeweils untersuchten hydromorphologischen Indikatoren wurden mittels des Valmorph-Verfahrens analysiert und bewertet.

Die Auswahl der betrachteten Nebenflüsse erfolgte dabei in Abhängigkeit von ihrem Flächenanteil am Einzugsgebiet, dem Durchfluss und der Schwebstofffracht (s. Fußnote 3, Kap. 2.1.1). Im Jahr 2012 wurde eine Erfassung und Bewertung der hydromorphologischen Indikatoren der relevanten Nebengewässerunterläufe der Elbe (Requena und Hens 2012) ebenfalls im Rahmen des Sedimentmanagementkonzepts für die Elbe durchgeführt.

Sowohl für die Elbe als auch für die Unterläufe von Schwarzer Elster, Mulde, Saale und Havel wurden die Untersuchungen und Bewertungen der hydromorphologischen Indikatoren gemäß dem Valmorph-Verfahren durchgeführt. Sämtliche Methoden zu den einzelnen bearbeiteten Indikatoren inklusive Bewertungsergebnissen sind für Elbe in Rosenzweig et al. (2012) und Quick et al. (2017) dokumentiert und für die Nebengewässer der Elbe in Requena und Hens (2012). In Requena und Hens (2012) zeigte sich die Anwendbarkeit des Valmorph-Verfahrens auch an kleineren Oberflächengewässern. Generell waren die Valmorph-Methoden für die Indikatoren gut einsetzbar, teilweise mussten wegen anderer Datengrundlagen Vorgehensweisen an die Verhältnisse der kleineren Gewässer angepasst werden (s. Requena und Hens 2012).

In der vorbereitenden Literaturrecherche zu den geplanten Folgeprojekten konnten insbesondere für die Mulde in Sachsen-Anhalt unterschiedliche Studien und Projekte gesichtet werden, die sich mit den morphologischen Defiziten des Gewässers auseinandersetzen. Während sich die ersten Arbeiten (Puhlmann und Rast 1997) noch mit dem Feststoffhaushalt im Zusammenhang mit der „Geschiebefalle“ Muldestausee befassen, setzen sich Thiele, Vetter und Schmidt (2001) auch mit der aktiven Laufveränderung unter Berücksichtigung des anthropogenen Einflusses auf das Gewässer auseinander. Die Analyse erfolgte in Form eines Abgleichs von historischen Karten mit aktuellen Luftbildern.

Eine weitere bedeutende Arbeit an der Mulde stellen die Vermessungen und Untersuchungen der Gewässersohle im Zusammenhang mit Hochwasserereignissen dar (Vetter 2008). Durch die Auswahl von zwei unterschiedlichen Gewässerabschnitten konnten natürliche und gestörte Transportverhältnisse ober- und unterhalb des Muldestausees betrachtet werden.

Aktuell ist v. a. das Verbundprojekt „Wilde Mulde“ zu berücksichtigen. Dieses zielt darauf ab, die Untere Mulde an ausgewählten Standorten zu revitalisieren und eine Interaktion zwischen dem Gewässer und der Aue zu fördern. Die Evaluation erfolgt dabei an Hand von Probeflächen an Vergleichsabschnitten der Mulde. Auf Basis eines quantifizierbaren Forschungsdesigns (BACI-Design) können Aussagen zur Hydromorphologie, Hydraulik, dem Stoffhaushalt sowie der Biodiversität entwickelt werden (Schulz-Zunkel et al. 2017).

Als weitere Monographie ist die Studie „Die vollkommene Ausbildung“ der Schwarzen Elster zu nennen (Armenat 2012), die die Umweltgeschichte des Gewässers zwischen 1800 und 1945 aufarbeitet. Die Intentionen für den zeitgenössischen Gewässerausbau (u. a. Kulturmaßnahmen, Landnutzung, Hochwasserschutz) werden dabei in Verbindung mit den wasserbaulichen Ausbauphasen betrachtet und geben somit einen Einblick über die Zusammenhänge eines Gewässerumbaus, wie er im 19. und 20. Jahrhundert in Deutschland vielerorts durchgeführt wurde. Zusätzlich können der Studie zahlreiche Hinweise zu

Archivalien und deren historische Zuordnung sowie Primär- und Sekundärliteratur zur Schwarzen Elster entnommen werden.

Für weitere Nebenflüsse (Ehle, Jeetze, Stepenitz) kann auf Gewässerentwicklungskonzepte zurückgegriffen werden, die eine flussgebietsbezogene Ausrichtung von geplanten Maßnahmen im Gewässer und den Auen aufzeigen. Dabei liegt der Maßnahmenschwerpunkt in der Hydromorphologie (s. Kap. 2.1.1) unter der Berücksichtigung von sozioökonomischen Faktoren. Dabei ist v. a. der hohe Detaillierungsgrad der Gewässerentwicklungskonzepte der Bundesländer hervorzuheben. (vgl. z. B. Antons et al. 2012; Wernike et al. 2012; Köhler 2014; Ellmann et al. 2015; Jährling 2020). Dadurch verfügbare und bereits aufbereitete Daten können einer weiteren Verwendung im Sinne eines anvisierten Folgeprojektes zur Erfassung und Bewertung quantitativer und hydromorphologischer Verhältnisse der Nebengewässer der Elbe zugeführt werden.

Die Nutzung von Quellen aus der qualitativen Gewässerbetrachtung zeigt sich am Beispiel der Kirnitzsch in Sachsen: Im Zuge der Betrachtung von möglichen Schwermetallbelastungen konnten auch Aussagen zu den Sedimentmächtigkeiten und deren Alter (Tiefenprofile) getroffen werden (Zerling et al. 2008).

Weitere Aussagen zu sedimentbezogenen Themen können u. a. auch den aktuellen Amtsblättern und Zeitungen der Kommunen entnommen werden. In diesem Zusammenhang ist z. B. die Sedimentumlagerung an der Kirnitzsch im Sebnitzer Stadtteil Hinterhermsdorf zu nennen (s. Abbildung 17) (Stadtverwaltung Sebnitz 2019).

Abbildung 17: Nationalpark Sächsische Schweiz; Sedimentumlagerung in der Oberen Schleuse in Hinterhermsdorf (Quelle: Amtsblatt Stadtverwaltung Sebnitz 2019, Landestalsperrenverwaltung M. Schulze).

Für ein mögliches Monitoring an ausgewählten Nebengewässern (z. B. Geschiebetrieb- und Schwebstoffmessungen) kann bereits auf ein breites Repertoire an Publikationen zurückgegriffen werden, in dem auch kleinere Gewässer berücksichtigt werden und wichtige Beiträge zur Gewässerentwicklung sowie zum Sedimenthaushalt erarbeitet wurden (BMLFUW 2008, 2011, 2015; LfU Bayern 2012; Kammerlander et al. 2017) (s. auch Kap. 2.3.3 und 2.3.4). Im Ergebnis zeigt die Literaturarbeit zunächst Forschungsschwerpunkte in Abhängigkeit von den ausgewählten Gewässern auf. Darüber hinaus ergeben sich aber auch wichtige Hinweise zu potentiellen Datengrundlagen sowie für die Archivarbeit. Damit stellt die durchgeführte Literaturrecherche und -auswertung ein wichtiges Fundament für die erstellte Literaturdatenbank sowie für die weitere Arbeit im Rahmen einer zukünftigen Fortführung der konzeptionellen Analyse im Kontext der geplanten FGG Elbe - Sedimentprojekte dar.

2) Daten und Informationen zu den ausgewählten Nebengewässern der Elbe

Aufbauend auf der Literaturrecherche werden im Rahmen dieser zweiten Erhebungsebene vorhandene Daten und Informationen zusammengetragen, die eine entsprechende Kompatibilität für die Bearbeitung gemäß dem Sedimentmanagementkonzept für die Elbe und mittels des Valmorph-Verfahrens aufweisen bzw. diese durch geringen Aufwand (z. B. Transformation) erreicht werden kann. Daraus folgend sind dieser Ebene überwiegend digitale Daten zuzuordnen.

Für die Zusammenstellung der Daten wurde zunächst eine Liste mit den zu betrachtenden Indikatoren (Durchfluss, Schwebstoffkonzentration, Schwebstofffracht, Geschiebe, Breiten- und Tiefenvariation, Mittlere Sohlhöhenänderung, Sedimentdurchgängigkeit, Korngrößenverteilung, Uferstruktur, Aue) in Zusammenhang mit möglichen Datenquellen erstellt und in Form einer Datenabfrage an die oberen Fachbehörden der Bundesländer in der Flussgebietseinheit Elbe verschickt.

In Ergänzung zu der Datenabfrage konnten eigene vorliegende Daten in der FGG Elbe (z. B. FIS Elbe) sowie der BfG (z. B. Sedimentdatenbank SedDB und Schwebstoffdatenbank SchwebDB) aufgegriffen und zusammengetragen werden. Gezielte Recherchen konnten zusätzlich weitere Datenlücken ergänzen.

Die Datenübersicht (Stand 12-2020) kann der Anlage II entnommen werden. Das Ergebnis der Datenrecherche kann wie folgt skizziert werden:

Für die ausgewählten Indikatoren kann zunächst festgehalten werden, dass die Anzahl der Funde der verfügbaren Daten und Informationen deutliche Unterschiede zwischen den quantitativen und hydromorphologischen Indikatoren aufzeigen.

Für die **quantitativen Indikatoren** wird auch auf Kap. 2.1.2 und insbesondere Kap. 2.1.3 verwiesen. Hier kann auf Messstellen/Sedimentkästen/Schwebstoffbecken, vorhandene Pegel, das Deutsche Gewässerkundliche Jahrbuch und auf bestehende Messnetze für die Gewässerüberwachung im Rahmen der EU-WRRL als Datenquellen zurückgegriffen werden. Weitere Daten, insbesondere zum „Geschiebe“ (Korngrößenzusammensetzung, Frachten) können für einzelne Gewässerabschnitte den jeweiligen Projekten sowie der vorliegenden Literatur entnommen werden (vgl. Abbildung 18).

Für die **hydromorphologischen Indikatoren** kann dagegen auf eine breite Datengrundlage zurückgegriffen werden. Zum Beispiel stehen für die Auswertung des Indikators

„Breitenvariation“ flächendeckend topographische Karten in unterschiedlichen Maßstäben, aktuelle Luftbilder sowie historische Karten (Maßstab 1:25.000) zur Verfügung. Digitale Geländemodelle liegen ebenfalls flächendeckend vor, dabei ist allerdings die jeweils unterschiedliche Auflösung zu berücksichtigen. Modelle mit einer höhen Auflösung (1 m), wie sie z. B. an der Mulde vorliegen, eignen sich für Fragestellungen zu verschiedenen hydromorphologischen Indikatoren. Beispielsweise für die Indikatoren „Sedimentdurchgängigkeit“ und „Uferstruktur“ kann ebenfalls auf eine breite Datengrundlage zurückgegriffen werden. Dazu gehören u. a. (digital) vorliegende Gewässerstrukturgütedaten, Querbauwerkskataster und historische Karten.

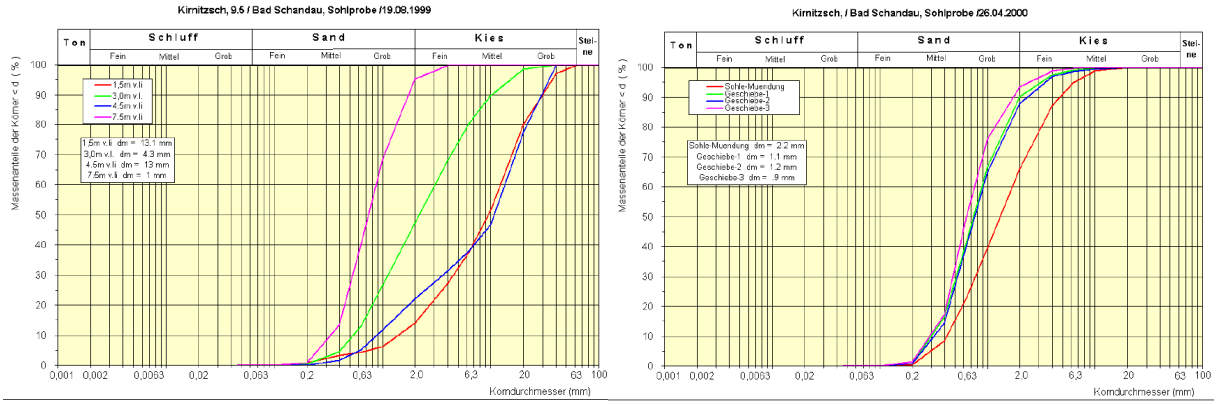


Abbildung 18: Korngrößenzusammensetzungen von Sohlproben und Geschiebe, Kirnitzsch bei Bad Schandau 1999 und 2000 (Naumann et al. 2003, Anlage 2).

Für die digital vorliegenden Kartenwerke ist zu berücksichtigen, dass i. d. R. Maßstäbe vorliegen (1:25.000), die insbesondere für die Betrachtung kleinerer Fließgewässer nur bedingt geeignet sind. Größere Maßstäbe mit wesentlich mehr Detailgenauigkeit findet sich insbesondere in den analogen Kartenwerken der Archive (s. u.) und in der DGK 5.

Eine weitere bedeutende Datengrundlage z. B. für die Aue und das Gewässerumfeld bildet der Datensatz der Auenbilanzierung des Bundesamts für Naturschutz (BfN 2009, derzeit in Aktualisierung) (s. Abbildung 19), in dem sowohl die Altauen sowie die rezenten Auen enthalten sind. Mit diesem Datensatz ist der Valmorph-Indikator zu den Überflutungsflächen bzw. der Aue („Verhältnis der rezenten zur morphologischen Aue“) komplett bearbeitbar (s. auch Kap. 2.2.4) - dabei bildet der Datensatz allerdings nur Gewässerabschnitte und Gewässer mit einem Einzugsgebiet von > 1.000 km² ab, so dass die Daten nur für die Projektgewässer Jeetze, Mulde und Schwarze Elster angewandt werden können (vgl. auch Requena und Hens 2012).

Für die kleineren Untersuchungsgewässer wie z. B. Ehle oder Kirnitzsch (s. Abbildung 1) sind für die Ausweisung der rezenten und morphologischen Auen entsprechende Daten zum Hochwasserschutz/Deichlinien, geologische Karten usw. zu akquirieren und auszuwerten (s. Kap. 3).

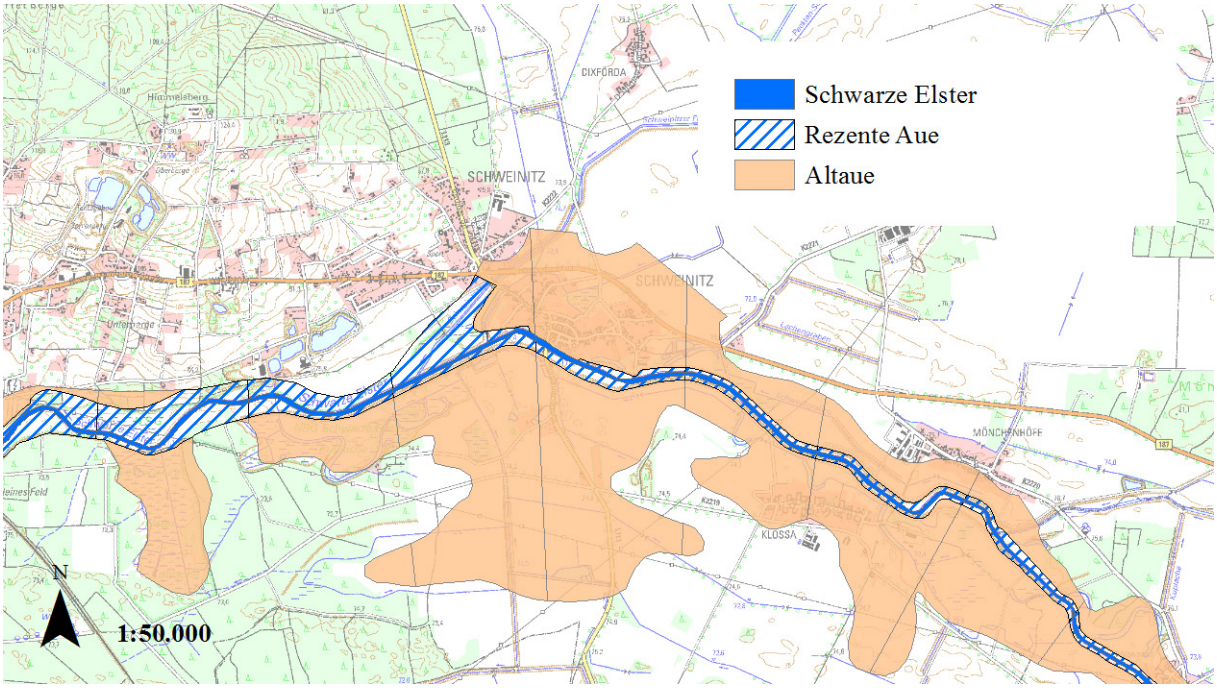


Abbildung 19: Ausschnitt Datensatz BfN-Auenbilanzierung, Schwarze Elster bei Schweinitz (Sachsen-Anhalt) (Datengrundlage: Bearbeitet nach BfN 2009).

Im Gegensatz zu den überregionalen Daten der Auenbilanzierung, die lediglich auf die größeren ausgewählten Nebengewässer der Elbe angewandt werden können, sind aber auch gewässerbezogene Vermessungsdaten hervorzuheben, die im Rahmen der Gewässerbewirtschaftung für einzelne Gewässer erhoben wurden und ebenfalls eine hohe Datendichte aufweisen können. Hierzu kann als Beispiel auf die vollständige Vermessung der Kirnitzsch in Sachsen hervorgehoben werden, die neben einer vollständigen Digitalisierung der Uferlinie inklusive der Geländehöhen auch eine Erfassung von über 400 Querprofilen aufweist, die in mindestens 50 m-Abständen für das gesamte Gewässer erfasst wurden (s. Abbildung 20) und somit auch in der praxisorientierten Anwendung eines Datensatzes für das Valmorph-Verfahren eine wichtige Datengrundlage für den Ist-Zustand darstellen (vgl. Kap. 3).

Weitere aktuelle Daten werden zudem im Rahmen des Projektes „Wilde Mulde“ erfasst. Dazu gehören u. a. 117 aufgenommene Quer- bzw. Längsprofile sowie 241 Sedimentproben aus dem Zeitraum von 2016 bis 2020 (Koll 2021).

Als weitere wichtige Datengrundlage ist das Elbstromwerk (Königliche Elbstrom-Bauverwaltung zu Magdeburg 1898) als Bindeglied zwischen den definierten Erhebungs- und Informationsebenen zu nennen. In dem Werk werden hydraulische und wasserwirtschaftliche Daten zur Elbe und ihren Nebenflüssen (u. a. Schwarze Elster, Mulde, Stepenitz, Jeetze) zusammengefasst und in Teilen bereits ausgewertet (Ermittlung von Gefällelagen, Windungsgraden, früheren Abflussverhältnissen zu einigen Nebengewässern der Elbe - entsprechend der dokumentierten Daten im Elbstromwerk möglich). Der Schrift- und der Kartenband des Elbstromwerks liegen als digitalisierte Versionen vor. Bislang bildete das Elbstromwerk die wesentliche Datengrundlage für das Sedimentmanagementkonzept der Elbe (FGG Elbe; IKSE 2014) hinsichtlich der historischen Gewässersohle zur Ermittlung der Indikatoren Mittlere Sohlhöhenänderungen und Tiefenvariation der Elbe.

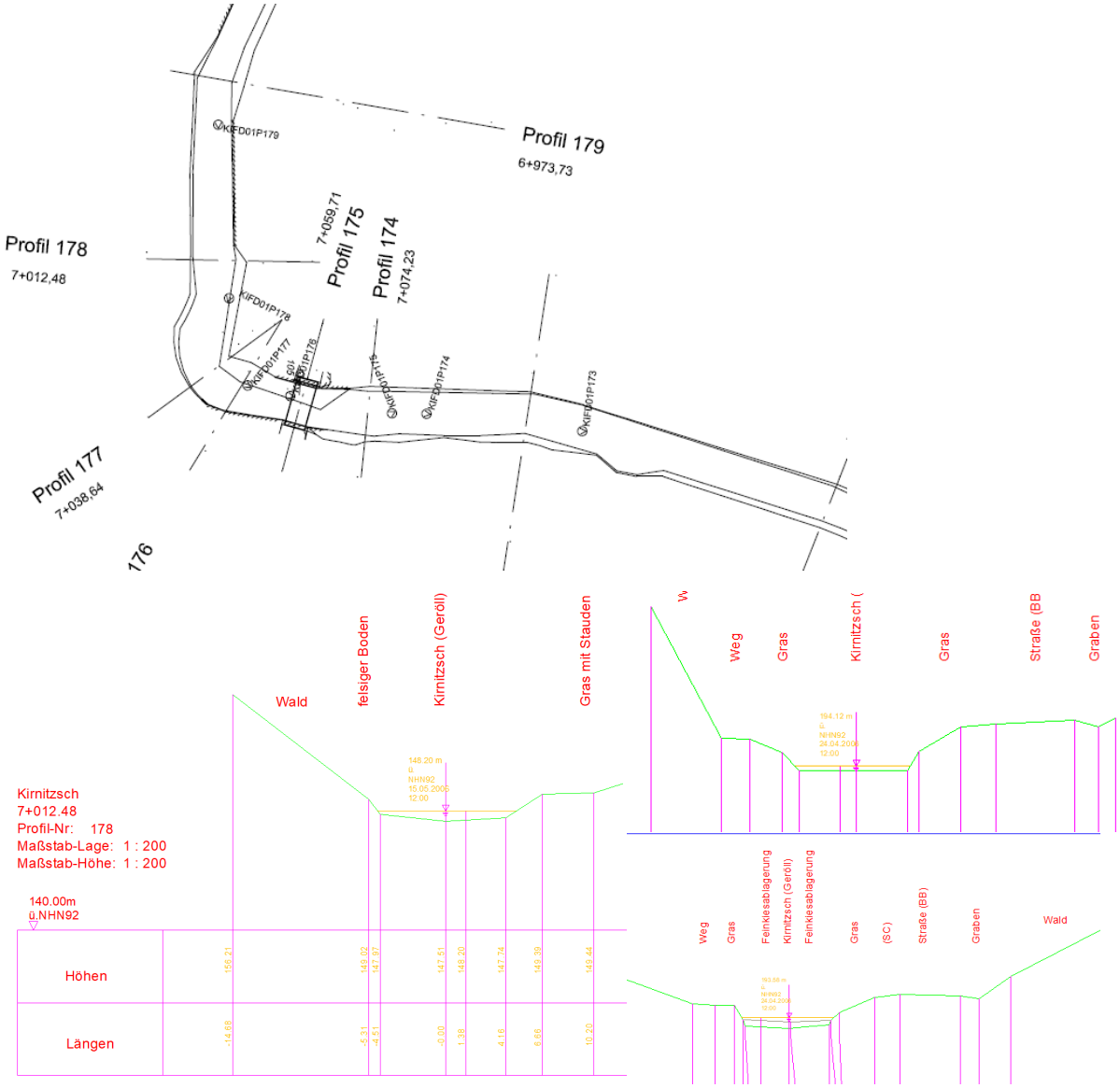


Abbildung 20: Wasserspiegellagenberechnung, Entwurfsvermessung, Gewässer Kirnitzsch Blatt 9, Fluss-km 0+000 bis 15+102, Maßstab 1:1000, (oben); exemplarisch aufgezeigte Querprofile Kirnitzsch, Maßstab 1:200 (unten) (LTV, 2012, 2006).

Unter Berücksichtigung der verfügbaren Daten- und Informationslage erfolgte weiterhin die Bearbeitung der dritten Erhebungsebene (Archivarbeit) für die weitere Vervollständigung der Datensammlungen und Informationen hinsichtlich der quantitativen und hydromorphologischen Indikatoren für die Nebengewässer der Elbe, die in Institutionen/Behörden der Länder und des Bundes und weiteren Einrichtungen, in Projektstudien, aus Sondermessprogrammen etc. vorliegen:

3) Archivrecherchen zu den ausgewählten Nebengewässern der Elbe

Die dritte Erhebungsebene stellt eine Recherche historischer Gewässerzustände im Rahmen der Archivarbeiten dar, um Ausprägungen der Referenzzustände für hydromorphologische und quantitative Indikatoren der Nebengewässer der Elbe ermitteln zu können.

Dabei wurde der Fokus zunächst auf die jeweiligen Landesarchive (Hauptstaatsarchiv Dresden in Sachsen, Landesarchive Dessau, Magdeburg und Merseburg in Sachsen-Anhalt, Niedersächsisches Landesarchiv in Hannover sowie das Brandenburgische Landeshaupt-archiv in Potsdam, vgl. Anlage V) gelegt. Die im Rahmen der konzeptionellen Analyse gesichteten Archivalien entsprechen dem Bestand der im Internet verfügbaren Fundkataloge. Zusätzliche analoge Fundkataloge und Materialsammlungen sind z. T. in den jeweiligen Landesarchiven verfügbar. Es ist zum jetzigen Zeitpunkt bereits ersichtlich, dass dort noch ein umfangreicher Datenfundus mit Eignung für die Sedimentprojekte der FGG Elbe in den Archiven existiert.

In Abhängigkeit von der Größe und der entsprechenden regionalen Bedeutung des zu betrachtenden Nebengewässers der Elbe konnten jeweils bis zu 80 Signaturen aus den online abrufbaren Signaturen der Archive gesichtet werden. Diese sind oftmals wieder in einzelne Werke untergliedert und umfassen z. T. mehrere Akten und Kartenbände, so dass die Gesamtzahl wesentlich höher einzuschätzen ist.

In den Archiven wurde vor Ort zunächst eine Auswahl der für die konzeptionelle Analyse verwertbaren Archivalien getroffen. Dazu gehören u. a. Grund- und Situationskarten, technische Ausbaupläne vor und nach dem Gewässerausbau sowie Unterhaltungspläne und Bestandsaufnahmen (vgl. Kap. 2.2.3), aber auch Informationen zu Geländesituationen und Bodenverhältnissen.

Die Dokumente stammen überwiegend aus dem Aktenbestand der ehemaligen Wasserbauämter, aber auch aus historischen Landesaufnahmen sowie u. a. dem Aktenbestand der Finanzverwaltungen (Finanzierungs- und Grundstücksangelegenheiten).

Zusätzlich konnten zahlreiche Denkschriften gesichtet werden, die häufig im Zusammenhang des Gewässerausbaus angefertigt wurden. Die umfangreichen Dokumente wurden in Kurrentschrift verfasst und konnten im Rahmen der in der konzeptionellen Analyse verfügbaren zeitlichen Kapazitäten nur begrenzt mitberücksichtigt werden.

Das Alter der Archivalien variiert überwiegend zwischen dem ausgehenden 17. Jahrhundert bis zu den 1970er Jahren. Dementsprechend sind auch der Erhaltungszustand sowie der Informationsgehalt häufig in Abhängigkeit vom Alter der Dokumente unterschiedlich zu beurteilen (s. Kap. 2.2.3). Zusätzlich ist auch der historische Hintergrund der Archivalien im Kontext mit der territorialen Bedeutung des jeweiligen Gewässers zu berücksichtigen. Dies zeigt sich u. a. am Beispiel der Mulde, die als vergleichsweise größeres Nebengewässer der Elbe auf dem Gebiet der ehemaligen Residenzstadt Dessau verläuft und bereits frühzeitig eine gut dokumentierte Datenbasis aufweist. Flussregulierungen kleinerer Nebengewässer, wie z. B. der Jeetze, erfolgten dagegen oft erst ab den 1950er Jahren.

Zusätzlich zeigt der aktuelle Stand der Archivrecherchen, dass der Aktenbestand aus der DDR-Zeit z. T. große Lücken aufweist bzw. für einzelne Gewässer keine Dokumente vorliegen bzw. ggf. nicht mehr auffindbar sind (z. B. Mulde ab 1945).

Daraus ergeben sich vom Detailgrad her und mengenbezogen Unterschiede der vorliegenden Archivalien, die es aber in Summe ermöglichen, Fragestellungen differenziert beantworten zu können (s. Kap. 2.2.3, 2.2.4).

Eine Übersicht der Archivalien und dem Ergebnis der zu bearbeitenden Indikatoren, die auf Basis der recherchierten Archivalien bearbeitet werden können, ist Anlage III zu entnehmen. Weitere Beispiele zu ausgewählten Archivalien können Anlage IV entnommen werden.

Über die hier bereits unter 1) bis 3) benannten Funde hinaus sind in Universitäten, Universitätsbibliotheken, Forschungszentren, von Sondermessprogrammen, kleineren Archiven usw. noch weitere Datengrundlagen erwartbar.

Zusammenfassend kann zu dem Punkt aus dem Fragenkatalog der FGG Elbe (2017) „Welche der FGG Elbe bisher nicht verfügbaren Daten und Informationen liegen in Institutionen/Behörden der Länder und des Bundes und weiteren Einrichtungen, z.B. Universitäten, zu den Nebengewässern vor (z. B. aus der Abfrage zu quantitativen und hydromorphologischen Indikatoren, als nur intern zugängliche Publikationen, in Projektstudien, Sondermessprogrammen, in Archiven)? Können diese genutzt werden bzw. können sie, falls nicht digital vorliegend, technisch nutzbar gemacht werden?“ **nach Abschluss der umfangreichen Recherchen festgehalten werden, dass die bisherigen Datengrundlagen für die Anwendbarkeit bzw. weitere Verwertung der Daten und somit Bearbeitung quantitativer und hydromorphologischer Indikatoren der Nebengewässer der Elbe genutzt werden können. In Fällen, in denen diese bislang nicht digital vorliegen, ist eine Digitalisierung möglich (unterschiedlicher Aufwand), um diese technisch nutzbar zu machen.**

Auf das Ergebnis der Literaturrecherche unter 1) kann in Form einer Endnote-Datenbank sowie in Form katalogisierter Daten (docx) zugegriffen werden. Ein Zugriff auf die digital vorliegende bzw. digitalisierte Fachliteratur kann dazu ergänzend über die Plattform „WasserBLIcK“ erfolgen. Die Ablagestruktur beinhaltet dazu 14 Unterordner mit ca. 500 Dateien, die folgende Themenfelder abdecken:

- Auen & Ufer,
- Bundeswasserstraßen,
- Datenaufbereitung & Datenbearbeitung,
- Monitoring & Datenerfassung,
- Elbe,
- Elbe – Nebengewässer,
- Gesetze und Verordnungen,
- Hydromorphologie – Durchgängigkeit,
- Hydromorphologie – Erfassung, Bewertung, Referenzzustände,
- Hydromorphologie & Sedimenthaushalt: Maßnahmen,
- Hydromorphologie & Sedimenthaushalt: Morphologie und Sedimentmanagement,
- Hydromorphologie – Wasserhaushalt & Grundwasseranbindung,
- Ökologie & Naturschutz,
- Wasserwirtschaft und Wasserrahmenrichtlinie.

Daten und Informationen gemäß 2) werden exemplarisch in Kapitel 3 in der erweiterten Bearbeitung dargestellt. Der Zugriff auf die recherchierten Archivalien gemäß 3) kann ebenfalls über die Plattform „WasserBLIcK“ erfolgen. Die Zuordnung der recherchierten Daten erfolgt dazu unter dem Ordner „Archivalien“ und dem jeweiligen Nebengewässer (s. Abbildung 21). Die Informationen zu den Dateien können einer ausführlichen digitalen Übersichtstabelle sowie der Anlage III entnommen werden. Hier ist zu berücksichtigen, dass insbesondere die Tiff-Dateien einen hohen Speicherbedarf aufweisen und demensprechend zunächst als niedrig aufgelöste Übersicht zu Verfügung gestellt werden. Für eine weitere Verwendung bzw. Veröffentlichung der Archivalien sind zudem die Bestimmungen der jeweiligen Landesarchive zu berücksichtigen.

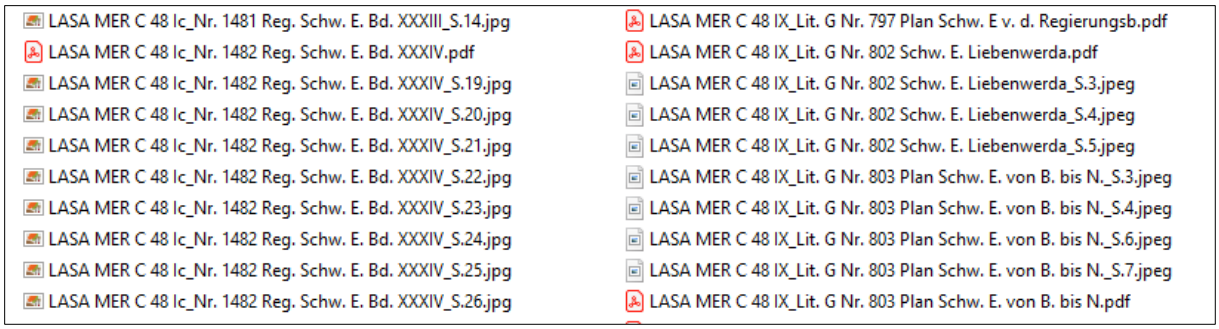


Abbildung 21: Ausschnitt Zugriff auf die Archivalien über die Plattform WasserBLIcK am Beispiel der Signaturen für die Schwarze Elster (Archivalien → Schwarze Elster).

Als Ergebnis der konzeptionellen Analyse, sowie probeweise auch vorbereitend für das mögliche Folgeprojekt, können verfügbare Abschnitte der aufbereiteten Geodaten in Form einer File-Geodatabase ebenfalls zur Verfügung gestellt werden und damit dazu beitragen, eine Bearbeitungsplattform für quantitative und hydromorphologische Fragestellungen im Elbeeinzugsgebiet aufzubauen.

Die aufgeführten verfügbaren Daten und Archivalien stellen damit bereits die Grundlage für eine weitere Verwendung im Sinne des geplanten Vorhabens zur Erfassung und Bewertung quantitativer und hydromorphologischer Verhältnisse der Nebengewässer der Elbe dar.

2.2.2 Informationen fachfremder Quellen

Weiterhin impliziert der Fragenkatalog den Aspekt „Welche Informationen fachfremder Quellen können aus „fachfremden“ Quellen abgeleitet werden, z. B. aus Hochwasser-schutzprojekten/hydrologischen Daten (Eintiefungen, Anlandungen, Sohlhöhen etc.)?“:

Für die Bearbeitung der Nebengewässer nach dem Valmorph-Verfahren kann bereits festgehalten werden, dass aufgrund der vorliegenden Datenbasis (s. Kap. 2.2.1 und Anlage II) eine Bearbeitung der hydromorphologischen Indikatoren vergleichbar zum Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (FGG Elbe 2013; IKSE 2014) möglich ist. Ergänzend zu den bereits verfügbaren und prioritär genannten Datengrundlagen können weitere Informationen aus interdisziplinären und auch nicht-gewässerbezogenen Quellen abgeleitet und für die Erfassung und Bewertung quantitativer und hydromorphologischer

Aspekte der Nebengewässer sowie für Fragestellungen zum Sedimenthaushalt berücksichtigt werden. Dazu gehören u. a.:

- Auen-bezogene Projekte und Fachdisziplinen,
- Schadstoffbezogene Fragestellungen,
- Grundwassermonitoring (Grundwasserstände),
- Hochwasserschutzprojekte,
- Fernerkundung.

In dem bereits aufgeführten Beispiel zu den strukturellen Veränderungen im Oberen Isartal (Juszczyk et al. 2020) wurde bereits aufgezeigt, dass vegetationskundliche Arbeiten in der Aue auch im engen Zusammenhang mit hydromorphologischen Voraussetzungen und Fragestellungen betrachtet werden müssen. Für den Einfluss der Auen sowie die sedimentologische Interaktion der Auen mit dem Gewässer kann u. a. auf Arbeiten von Krüger et al. (2014) und Krüger (2015) zurückgegriffen werden, aus denen methodische Arbeitsschritte sowie Eigenschaften und Steuergrößen der Hochflutsedimente entlang der Elbe abgeleitet werden können. Als weitere wichtige Komponente, insbesondere unter Berücksichtigung der vorhandenen Sohlerosion und den damit einhergehenden Wasserspiegelabsenkungen, stellt eine Betrachtung der Grundwasserstände dar. Damit können Rückschlüsse über die oberirdischen Wasserstände und Sohllagenentwicklungen gezogen werden, zusätzlich ist es aber auch möglich weitere Zusammenhänge hydraulischer Austauschprozesse zwischen dem Gewässer und dem Grundwasser abzuleiten. Für eine belastbare Prognose wird jedoch eine repräsentative Anzahl als Messstellen vorausgesetzt (Montenegro 2013).

Gegenüber den allgemein verfügbaren Geodaten der Länder, die flächendeckend angefertigt werden, können projektbezogene Geodaten deutliche Vorteile in Bezug auf ihre höhere Auflösung und Gebietsabdeckung liefern. In diesem Zusammenhang stellt der Einsatz der Fernerkundung einen wichtigen Beitrag für die Hydromorphologie und den Sedimenthaushalt dar.

Als Beispiel für die Fernerkundung kann die Umsetzung des Hochwasserrisikomanagements Schwarze Elster in Brandenburg herangezogen werden. Als langfristiges Ziel sollen hier vorhandene Kapazitäten für den zukünftigen Hochwasserschutz optimiert werden, dazu gehören u. a. Deichrückverlegungen, aber auch die Ausarbeitung von Fragestellungen zum Deichmonitoring. Als Beispiel dient dazu die Befliegung der gesamten Schwarzen Elster, die darauf abzielt Laserscandaten zu erfassen. Die daraus resultierenden Luftbilder, Geländemodelle, Vegetationsaufnahmen und erfassten 3-dimensionalen Bruchkanten werden u. a. als Modellierungsgrundlage sowie für weitere Unterhaltungsfragen verwendet (LfU BB 2020) (s. Abbildung 22). An dem Beispiel wird somit verdeutlicht, dass fachübergreifend Synergien generiert werden können, da durch die Nutzung aktuell hochauflösender Daten auch eine Ableitung der Strukturen im Gewässerbett oder z. B. Erosionen und Auflandungen im Ufer- und Auenbereich möglich ist. Dies kann dann u. a. in die Bearbeitung der Parameter Breitenvariation und Uferstruktur einfließen (vgl. auch das FuE-Vorhaben mDRONES4rivers zur Nutzung von Fernerkundungsdaten u. a. zur Erfassung und Bewertung von Substraten und hydromorphologischen Strukturen).

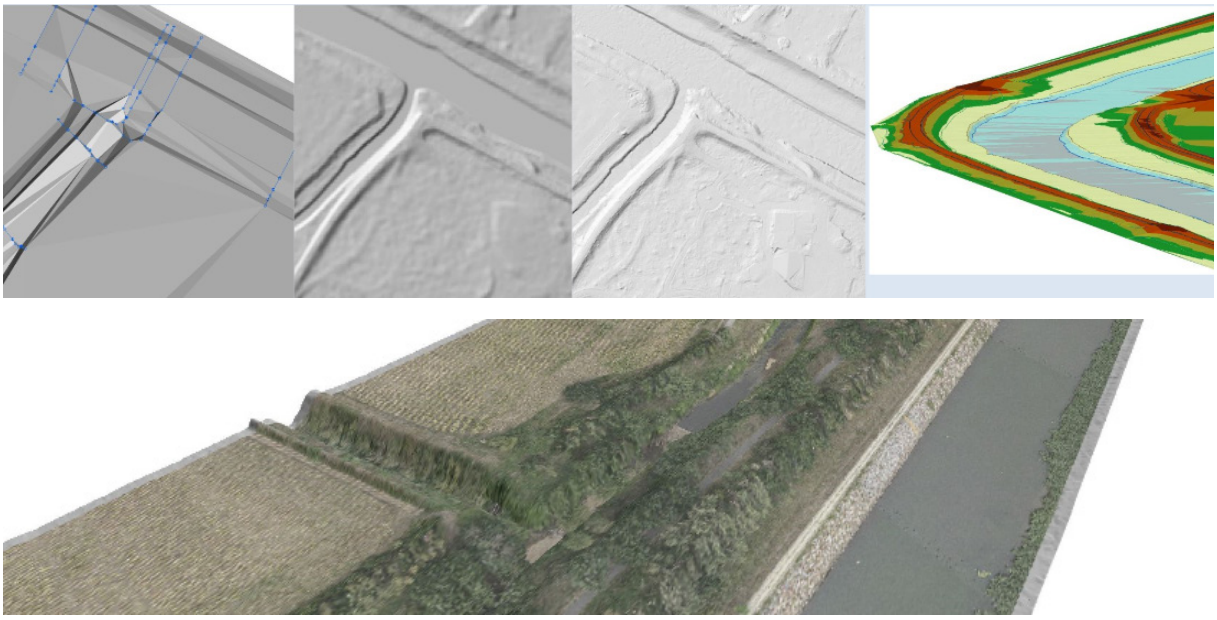


Abbildung 22: Deich-Laserscan Schwarze Elster (LfU BB 2020).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass zahlreiche Projektinhalte aus „fachfremden“ Quellen, d. h. nicht aus der Hydromorphologie und Quantität, als unterstützende Informationsquellen herangezogen werden können oder auch als primäre Datenquellen (s. flächenhafte Laserscandaten) genutzt werden können bzw. einen entsprechenden Arbeitsaufwand in Form der Datenaufbereitung deutlich reduzieren.

Die Auswertung der Literatur zeigt auch auf, dass auf vielen Ebenen der „fachfremden Quellen“ (wie z. B. Modellierungen) umgekehrt auch noch Datendefizite hinsichtlich der Hydromorphologie und Menge bestehen (z. B. Quantität Nebengewässer, Sedimenttransportvorgänge, Korngrößenzusammensetzungen), so dass eine projektbezogene Datenerfassung und Auswertung der Nebengewässer hinsichtlich hydromorphologischer und quantitativer Indikatoren im Umkehrschluss auch eine wichtige Grundlage für weitere Fachdisziplinen zu deren Ergänzung darstellt (s. Kap. 2.3).

2.2.3 Informationen zu historischen Referenzzuständen

Als weitere Frage findet sich „Welche Informationen sind vorhanden, um historische Referenzzustände hinsichtlich der quantitativen und hydromorphologischen Verhältnisse und Dynamik abzuleiten und welcher Bearbeitungsaufwand ist dazu notwendig? Wie können diese Ergebnisse weiter verwertet werden?“ in dem Fragenkatalog der FGG Elbe (2017). In Ergänzung zu den bisherigen Kapiteln kann an dieser Stelle noch einmal hervorgehoben werden, dass in Anlehnung an die Fragestellung des Referenz-Zustandes für die Anwendung des Valmorph-Verfahrens (vgl. auch Kap. 2.1.2) die Verwendung von historischen Daten einen wichtigen Faktor darstellt: „Für natürliche Gewässer handelt es sich bei dem Vergleichs-Zustand um einen Referenz-Zustand angelehnt an die gewässertyp-spezifischen Referenzbedingungen und daher wird der Begriff im Sinne eines historisch natürlichen oder naturnäheren Gewässerzustandes verwendet“ (Quick et al. 2017, S. 22).

Für HMWB wird nach dem Valmorph-Verfahren ein ‘nutzungsgeprägter Zustand‘ von vor dem Jahr 2000 (‚vor‘ EU-WRRL) und somit i. d. R. von 1999 als Vergleichs-Zustand herangezogen. Damit sind die hydromorphologischen Zustände und die spezifizierten Nutzungen bereits impliziert, die zur Ausweisung als HMWB führten. In bisheriger Ermangelung der für quantitative Beurteilungen detailliert erforderlichen Kenntnisse des göP (hinsichtlich der abiotischen Ausprägungen) beschreibt der ‘nutzungsgeprägte Zustand‘ somit alternativ einen Zustand, der einer reduzierten Zielstellung für HMWB entspricht (s. Quick et al. 2017). Die im Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (FGG Elbe 2013; IKSE 2014) bearbeiteten Oberflächengewässer waren NWBs bis auf die Saale. Für die Saale wurde jedoch ebenfalls gemäß der gewässertypspezifischen Referenzbedingungen im Sinne eines ‚historisch naturnäheren‘ Gewässerzustandes vorgegangen (Requena und Hens 2012), damit konnten z. B. untereinander vergleichbare Ergebnisse erzielt werden. Die Vorgehensweise für die hier ausgewählten Nebengewässer der Elbe im Falle von HMWB-Ausweisungen (s. Anlage I) muss für ein mögliches Folgeprojekt noch entschieden werden. Empfohlen wird gemäß dem Valmorph-Verfahren für Maßnahmenplanungen und -umsetzungen, die Richtung Renaturierung im Kontext einer nachhaltigen Gewässerentwicklung gehen, einen Zustand zum Vergleich heranzuziehen, der den gewässertypspezifischen natürlichen bzw. naturnahen Ausprägungen des jeweiligen Untersuchungsgewässers entspricht, um für Renaturierungsvorhaben nicht mit einem reduzierten ‚nutzungsgeprägten Zustand‘ zu arbeiten und v. a. nicht im Abgleich mit diesem zu bewerten (s. Quick et al. 2017). Nachfolgend wird aufgrund dieser Empfehlung hier der Fokus auf die Methoden für NWBs gelegt.

Im Folgenden soll am Beispiel der Indikatoren Breitenvariation, Tiefenvariation, Mittlere Sohlhöhenänderung, Flächenanteil überflutbarer Auen sowie Sohl- und Auenstrukturen (als Beispiel der Erweiterung des beim Sedimentmanagementkonzept der Elbe eingesetzten Valmorph-Indikatorsatzes) exemplarisch aufgezeigt werden, welche Mindestanforderungen nach dem Valmorph-Verfahren an den Referenz-Zustand eines NWB gestellt werden. Zusätzlich werden ausgewählte Archivalien aus dem Bestand der Archivrecherchen aufgezeigt, die sich für eine weitere Bearbeitung im Rahmen der geplanten Sedimentprojekte und somit eines Folgeprojekts beispielhaft eignen. Weitere Archivalien können zudem der Anlage IV entnommen werden.

Breitenvariation, Referenz-Zustand (vgl. auch Quick et al. 2017, S. 34-41):

„Eine Ableitung des Referenz-Zustandes für natürliche Gewässer kann anhand von historischen Karten, digitalen Geländemodellen (DGM), Luftbildern, Ausbau-Unterlagen etc. erfolgen (…). Auch aktuelle Datengrundlagen wie z. B. topographische oder geologische Karten können aufgrund der Persistenz gewässermorphologischer Strukturen wichtige Aussagen zu dem früheren Zustand eines Gewässers beinhalten“ (Quick et al. 2017, S. 37).

Für die Nebengewässer der Elbe kann für den Indikator „Breitenvariation“ auf zahlreiche historische Karten zurückgegriffen werden. Dazu liegen nahezu flächendeckend topographische Karten aus dem ausgehenden 19. und beginnenden 20. Jahrhundert vor (u. a. Messtischblätter, Landesaufnahmen). Hier ist allerdings der vergleichsweise kleinere Maßstab von 1:25.000 zu berücksichtigen. Situationskarten sowie Ausbauunterlagen in größeren Maßstäben mit mehr Detailaussagen liegen zum jetzigen Stand überwiegend

abschnittsweise bereits für alle ausgewählten Nebenflüsse der Elbe vor (vgl. Abbildung 23). Zusätzlich stehen für die Bearbeitung des Indikators Querprofilaufnahmen zur Verfügung. Diese sind nicht nur auf einzelne Baumaßnahmen beschränkt, sondern bilden zum Teil auch längere Gewässerabschnitte ab (> 5 km) (vgl. Abbildung 24). Diesbezüglich kann zum jetzigen Zeitpunkt z. B. für die Gewässer Mulde, Stepenitz und Jeetze von einer Datenlage ausgegangen werden, die eine abschnittsbezogene Bearbeitung des Indikators ermöglicht.

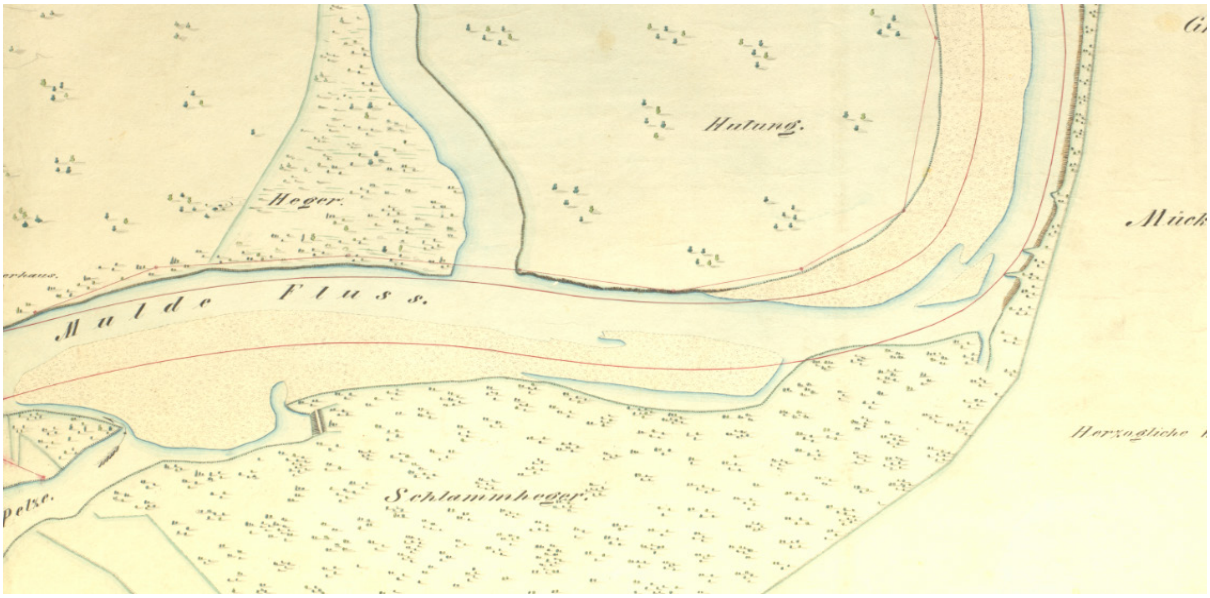


Abbildung 23: Beispiel für den Referenz-Zustand Breitenvariation, Ausschnitt Mulde bei Dessau, 1868 (LHASA, DE, Wasserbauamt/Karten, Ausschnitt aus IV/11/250).

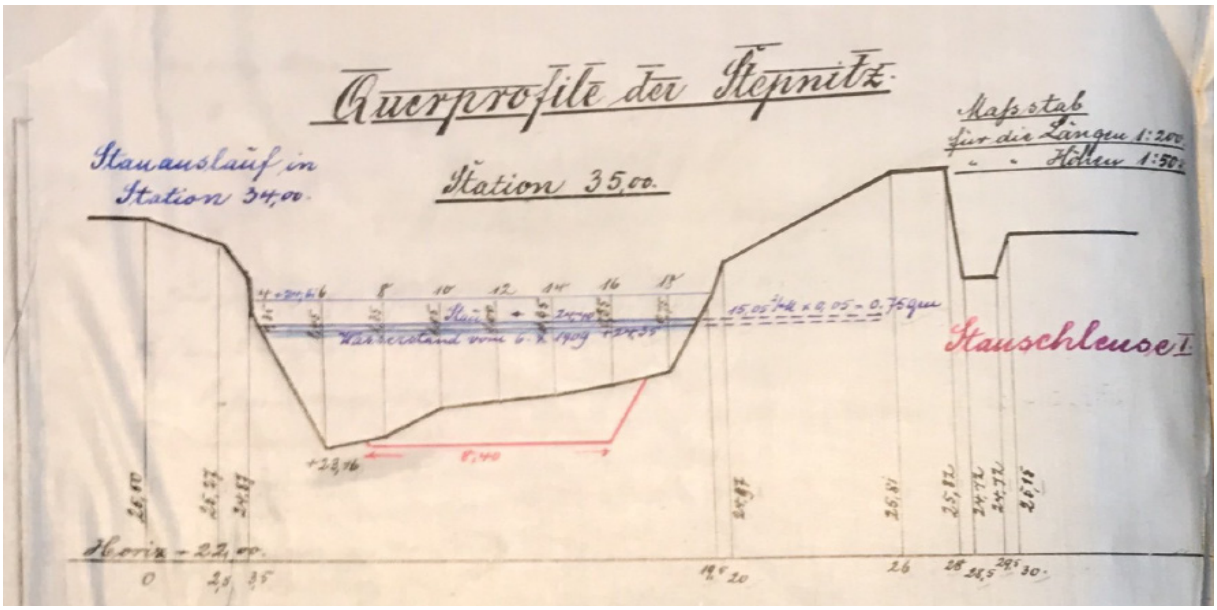


Abbildung 24: Beispiel für den Referenz-Zustand Breitenvariation, Ausschnitt Querprofile der Stepenitz, in Abständen von 4 km aufgenommen, 1935 (Quelle: Ausschnitt aus BLHA Nr. Rep. 31 A, 2718).

Tiefenvariation, Referenz-Zustand (vgl. auch Quick et al. 2017, S. 52-59):

„Für natürliche Gewässer (…) sollen, soweit vorhanden, die ältesten verfügbaren und als geeignet eingestuften historischen Daten der Gewässersohle und der Wasserspiegellagen als Referenz-Zustand herangezogen werden. Bereits vor den systematischen Ausbaumaßnahmen wurden stellenweise Wasserstände aufgezeichnet (…). Daten zum Wasserstand und zur Gewässersohle liegen zumeist als historische Karten mit eingezeichneten Werten oder in tabellarischer Auflistung beispielsweise in Archiven oder Monographien vor (z. B. Elbstromwerk 1898). Im Regelfall ist der Referenz-Zustand im Vergleich zum Ist-Zustand durch eine höhere Tiefenvariation gekennzeichnet, da es sich bei den heutigen Bundeswasserstraßen früher um Flüsse und Ströme mit einem heterogener ausgeprägten Gewässerbett und differenzierteren Strömungsgeschwindigkeiten gehandelt hat“ (Quick et al. 2017, S. 54).

Für die Bearbeitung des Indikators Tiefenvariation konnten für alle zu betrachtenden Nebengewässer der Elbe Längsprofile sowie aufgezeichnete Wasserstände recherchiert werden. Die Archivalien weisen diesbezüglich unterschiedliche Qualitäten auf, die von handschriftlichen Aufzeichnungen bis hin zu detaillierten Längsprofilen mit einer hohen Datendichte reichen (vgl. Abbildung 25) und somit für eine weitere Auswertung herangezogen werden können. Hier können zum jetzigen Zeitpunkt z. B. die Gewässer Mulde, Jeetze und Stepenitz hervorgehoben werden. Weitere Informationen für die Gewässer der Mittelgebirge (Kirnitzsch, Lachsbach bzw. Sebnitz) liegen überwiegend handschriftlich vor. Diesbezüglich ist die Datenqualität noch zu prüfen, eine Anwendung der Daten für den beschriebenen Indikator ist aber nicht auszuschließen.

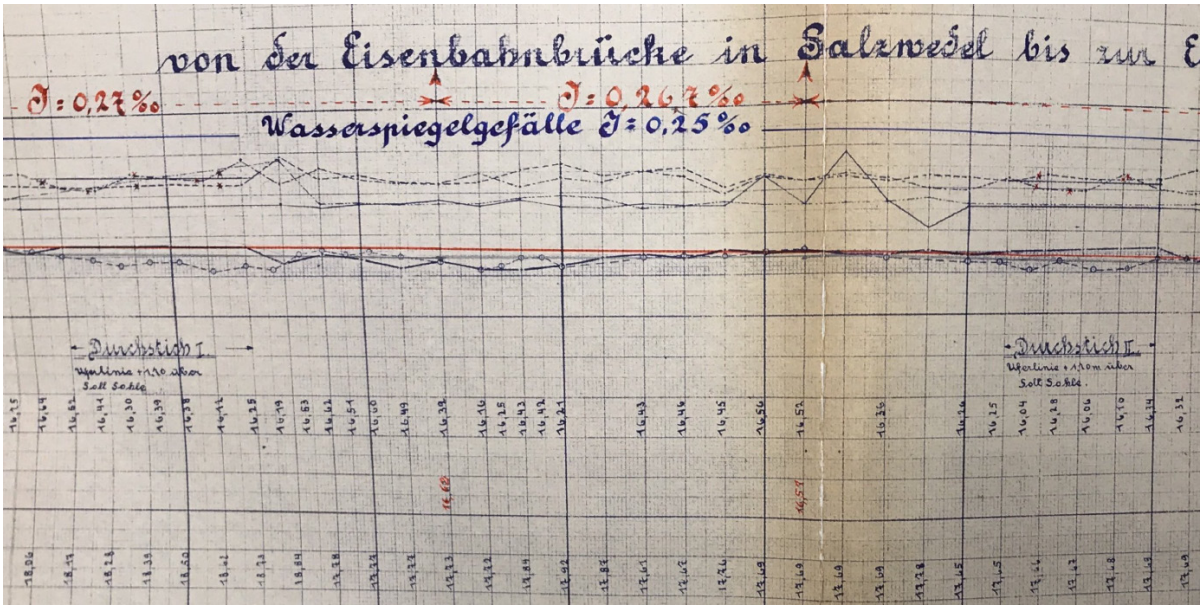


Abbildung 25: Beispiel für den Referenz-Zustand Tiefenvariation, Ausschnitt Höhenplan der Jeetze bei Salzwedel, 1931 (Quelle: NLA Hannover, Ausschnitt aus ACC. 3/035 Nr. 457).

Mittlere Sohlhöhenänderung, Referenz-Zustand (vgl. auch Quick et al. 2017, S. 59-68):

„Für natürliche Gewässer (…) können die Referenzbedingungen anhand der holozänen Eintiefungstendenz, von vergleichbaren Gewässertypen und/oder unter Verwendung geeigneter historischer Daten ermittelt werden, die einen möglichst natürlichen oder naturnäheren Zustand repräsentieren. (…) Im natürlichen oder naturnahen Zustand haben sich Gewässerbett und Aue als ökologische Einheit in der Höhenlage gemeinsam miteinander entwickelt, so dass keine Entkopplung stattfand. Historische Daten (z. B. aus dem letzten Jahrhundert) können Aufnahmen der Gewässersohlenlagen im Längs- oder Querprofil mit detaillierten Tiefenangaben beinhalten. Gegebenenfalls müssen diese, je nach verwendetem Maßstab, noch in heute gültige Längen- und Tiefenmaßangaben umgerechnet werden (…). Eventuell kann basierend auf den historischen Daten auch ein Geländemodell erstellt werden (…)“ (Quick et al. 2017, S. 61).

Für die Bearbeitung des Indikators Mittlere Sohlhöhenänderung für die Elbe-Nebengewässer kann auf detaillierte Längsprofile zurückgegriffen werden, die z. B. für Gewässerabschnitte der Jeetze und der Stepenitz vorliegen. Zusätzlich konnten für die Jeetze Querprofilaufnahmen recherchiert werden, die für einen Abschnitt von ca. 5 km bereits die Sohlhöhenänderungen zwischen den Jahren 1901 und 1925 dokumentieren (vgl. Abbildung 26). Damit kann zum jetzigen Zeitpunkt davon ausgegangen werden, dass der Indikator zumindest z. B. für die Gewässer Jeetze, Mulde und Stepenitz abschnittsweise ausgewertet werden kann.

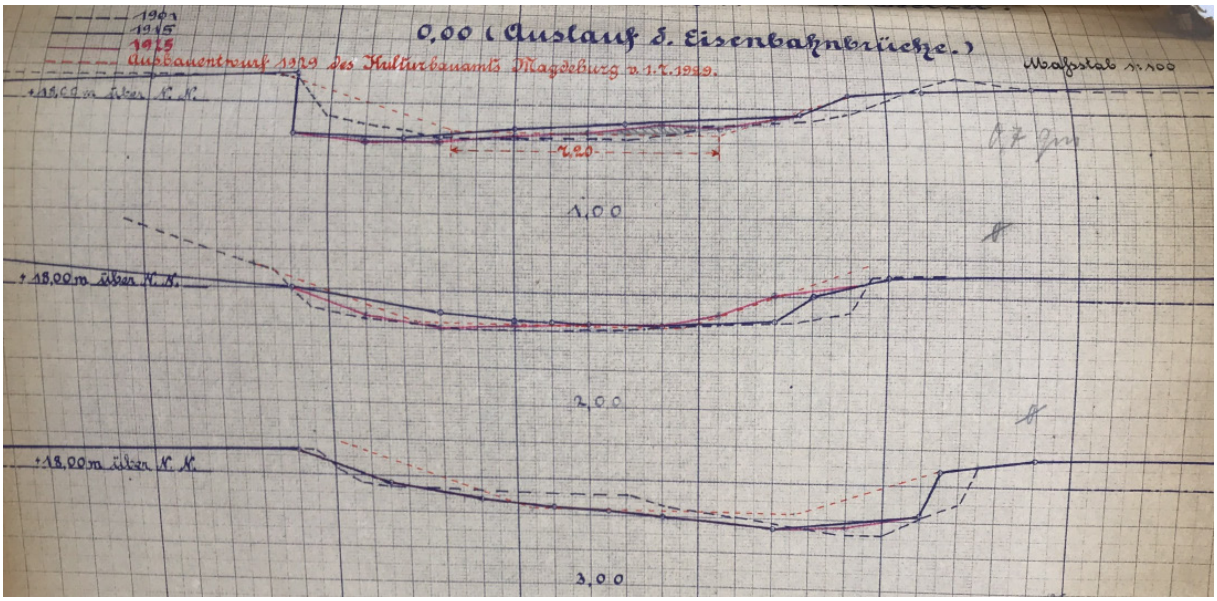


Abbildung 26: Beispiel für den Referenz-Zustand Mittlere Sohlhöhenänderung, Ausschnitt Querprofile der Jeetze, aufgenommen in 100 m-Abschnitten (Quelle: NLA Hannover, Ausschnitt aus ACC. 3/035 Nr. 457).

Flächenanteil überflutbarer Auen, Referenz-Zustand (vgl. auch Quick et al. 2017, S. 98-104):

„Im Referenz-Zustand steht die gesamte morphologische Aue potenziell für Flusslaufverlagerungen und Überschwemmungen und somit auch für Sedimentaustauschprozesse zwischen Gewässer und Aue zur Verfügung. Die morphologische Aue kann somit von der Gewässerentwicklung und von der Abflussdynamik des Gewässers überprägt werden und entspricht einem 100%-igen Flächenanteil überflutbarer Auen. (…) Sollte das betrachtete Gewässer nicht in der Bearbeitungskulisse des BfN-Projektes abgedeckt sein, so können die Ausdehnungen der morphologischen Auen mit Hilfe z. B. geologischer Karten, Bodenkarten, Satellitenaufnahmen und topographischer Karten aufgrund der Ablagerungen, Bodenbildungen sowie der Persistenz der gewässermorphologischen Strukturen in der Landschaft und der vorherrschenden Geländehöhen, Siedlungsstrukturen und Vegetationsbestände rekonstruiert werden (vgl. z. B. LUA NRW 2003; Quick 2004)“ (Quick 2017, S. 99).

Für die ausgewählten Nebengewässer der Elbe kann für den Indikator Flächenanteil überflutbarer Auen (Verhältnis rezenter zu morphologischer Aue, Überflutungsflächen) ergänzend auf historische Kartenwerke zurückgegriffen werden. Dabei sind z. B. die Gewässerkarten vom Verlauf der Kirnitzsch, ein vergleichsweises kleines Fließgewässer der Mittelgebirge, hervorzuheben. Diese weisen bereits um 1801 einen hohen Detailgrad auf (vgl. Abbildung 27) und können insbesondere in Kombination mit aktuellen Kartenwerken, aktuellen Deichlinien und/oder nach Georeferenzierung eine scharfe Flächenabgrenzung der Auenareale zulassen.

Abbildung 27: Beispiel für den Referenz-Zustand Flächenanteil überflutbarer Auen, Ausschnitt Schandauer Flöße, 1801 (Sächsisches Staatsarchiv, Ausschnitt aus Inv.-Nr.: Schr L, F 001, Nr. 005a-t).

Sohlstrukturen und Auenstrukturen, Referenz-Zustand (vgl. auch Quick et al. 2017, S. 105-116):

„An als natürlich ausgewiesenen Gewässern kann der Referenz-Zustand der Sohlstrukturen im Gewässerbett anhand älterer topographischer Karten wie der bundesweiten Kartenwerke Ur- und Neuaufnahme aus dem 19. Jahrhundert, historischer Karten, archivalischer Unterlagen oder z. B. Ausbauunterlagen inklusive früherer Sohlhöhenaufnahmen analysiert und ausgewertet werden. Sie sind im GIS zu verorten und zu digitalisieren (Flächenpolygone und Linien je Sohlstrukturart). Fläche oder Umfang und Länge der insgesamt ermittelten Sohlstrukturen entsprechen dem Referenz-Zustand (…) (vgl. z. B. Brunotte & Ihben 2000; Quick 2004; Quick & Brunotte 2006). Unterstützend kann ggf. auch auf Detailstudien und Datensätze zu Leitbild- und Typologiefindungen beispielsweise aus den Bundesländern zurückgegriffen werden. Der Referenz-Zustand für Auenstrukturen ist i. d. R. anhand der Strukturen innerhalb der gesamten morphologischen Aue (…) zu ermitteln. Zur quantitativen Detektion der Flächen- oder Umfang- und Längenausdehnungen der Auenstrukturen sind als Ermittlungsgrundlagen u. a. geologische Karten (im Maßstab < 1:100.000), Bodenkarten (im Maßstab < 1:50.000), ältere topographische Karten wie die bundesweiten Kartenwerke Ur- und Neuaufnahme aus dem 19. Jahrhundert, frühere Luftbildaufnahmen, historische Karten, archivalische Unterlagen usw. heranzuziehen. Diese Quellen sind hinsichtlich der Auenstrukturen zu analysieren und auszuwerten. Sie eignen sich zur Verortung von früheren Auenstrukturen. (…)“ (Quick et al. 2017, S. 108-109).

Für Bearbeitung des Indikators Sohl- und Auenstrukturen kann auf zahlreiche Kartenwerke zurückgegriffen werden. Dazu liegen insbesondere viele Ur- und Neuaufnahmen bereits digital vor. Diese Karten unterscheiden sich aber bereits im ausgehenden 19. Jahrhundert an vielen Gewässerabschnitten oft nur unwesentlich von der heutigen Gewässersituation. Dies ist oft auch auf den vergleichsweise kleinen Maßstab zurückzuführen. Karten mit größeren Maßstäben decken dagegen oft lokale Bereiche ab, so dass eine Kombination der Kartenwerke in Verbindung mit aktuellen Geoinformationen zu sehr guten Ergebnissen führt. In diesem Zusammenhang stellen die recherchierten Kartenwerke zur Kirnitzsch sowie zur Stepenitz eine Besonderheit dar. Hier kann auf ältere Kartenwerke (1801 bzw. 1782) zurückgegriffen werden, die den gesamten Verlauf der Gewässer abbilden (vgl. Abbildung 27 und Abbildung 28). Hier sind neben den Auenstrukturen auch sehr gut die historischen Laufentwicklungen nachzuvollziehen.

Somit kann beispielhaft angeführt werden, „Welche Informationen sind vorhanden, um historische Referenzzustände hinsichtlich der quantitativen und hydromorphologischen Verhältnisse und Dynamik abzuleiten…“ (s. o.). Die Dynamik vorrangig der hydromorphologischen Indikatoren kann bei Bedarf insbesondere auch durch unterschiedliche Zeitschnitte abgebildet werden oder durch Umrechnung von Differenzen in z. B. Raten über die Zeit.

Hinsichtlich des weiteren Aspekts „…und welcher Bearbeitungsaufwand ist dazu notwendig? Wie können diese Ergebnisse weiter verwertet werden?“ gemäß Fragenkatalog der FGG Elbe (2017) lassen sich folgende weitere Aussagen treffen: Nach Abschluss der durchgeführten Archivarbeiten konnten die gesichteten Daten im Zusammenhang mit den zu generierenden Informationen und entsprechenden Einstufungen mit den Prioritäten 1-5 (s. u.) von ca. 100 Signaturen in einer Übersichtstabelle dargestellt werden und gewährleisten damit eine schnelle Bearbeitung der gesichteten und ausgewählten Archivalien (s. Anlage III).

Abbildung 28: Beispiel für den Referenz-Zustand Sohl- und Auenstrukturen, Ausschnitt Verlauf der Stepenitz bei Wittenberg, 1782 (Brandenburgisches Landeshauptarchiv, Ausschnitt aus 180/1 G/ÜF).

Als Methode für die Beurteilung des Informationsgehaltes in Bezug auf die weitere Verwendung für hydromorphologische Indikatoren wurde eine 5-stufige Priorisierung mit den Prioritäten 1-5 eingeführt, die sich wie folgt unterscheiden:

1. Priorität: Hoher Informationsgehalt (z. B. detaillierte Karten, Längs- und Querprofile, Unterlagen zum Sedimentationsverhalten),
2. Priorität: Mittlerer Informationsgehalt (z. B. Skizzen mit Aufmaß, Situationskarten),
3. Priorität: Niedriger Informationsgehalt (z. B. Handskizzen, Angebote zum Gewässerausbau, Situationsbeschreibungen, Denkschriften),
4. Priorität: Stützende Informationen“ (z. B. Gebietsbeschreibungen, historische Abhandlungen zur Gebietsentwässerung),
5. Priorität: Keine Information bezüglich hydromorphologischer Indikatoren (s. Anlage III).

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Quellen differenziert für die jeweilige Fragestellung zu betrachten sind. Insbesondere ältere und sehr alte Kartenwerke können aufgrund ihrer vereinfachten Darstellung zunächst scheinbar nur einen geringen Informationsgehalt für die zu betrachtenden Indikatoren liefern. Deshalb ist es besonders bei kleineren Fließgewässern erforderlich, diese vor einer uneingeschränkten Verwendung nochmals kritisch zu prüfen. Dies betrifft insbesondere die Gewässerverläufe, welche teilweise nicht immer den geologischen, morphologischen und hydrologischen Gegebenheiten (anstehende Substrate, Talgefälle und Abflussspenden) und den sich daraus ableitenden, tatsächlichen

Verlaufstypen entsprechen. So werden ggf. „künstlerisch eingearbeitete“ weit geschwungene Mäander identifiziert, welche nicht der damaligen Realität entsprechen können und für die weitere Verwendung entsprechend zu kennzeichnen sind.

Durch die Verschneidung mit aktuellen vorliegenden Luftbildern und Geländemodellen kann allerdings ein hoher Informationsgehalt generiert werden, indem z. B. Laufveränderungen sowie die morphologische Aue bestimmt werden. Auch wenn der Indikator „Laufveränderungen“ nicht direkt für die Bearbeitung des Valmorph-Verfahrens vorgesehen ist, können die entsprechenden Archivalien für die Verortung von historischen Längs- und Querprofilen herangezogen werden und Rückschlüsse auf Laufveränderungen ermöglichen. Dieser Indikator wird daher in der Übersichtstabelle (Anlage III) ebenfalls aufgeführt und hinsichtlich der Priorität zur Verwendungseignung eingestuft.

Die Fragestellung des Bearbeitungsaufwands für die gesamten Archivalien kann nicht pauschal beantwortet werden. Dies ist mit dem Zustand und der Qualität der recherchierten Archivalien zu begründen. Hier müssen unterschiedliche Bearbeitungszeiten für die Lokalisierung, Digitalisierung und Auswertung der Gewässerabschnitte angesetzt werden. Für die Bearbeitung ausgewählter Indikatoren eines gesamten Datensatzes am Beispiel des Gewässers Kirnitzsch konnte jedoch auf anhand eines historischen Kartensatzes, der das gesamte Gewässer abdeckt (s. Abbildung 27) bereits eine Georeferenzierung und Digitalisierung durchgeführt werden (s. Kap. 3). Die Bearbeitungszeit weicht dahingehend nur geringfügig vom zeitlichen Aufwand für aktuelle Kartenwerke ab. Der Mehraufwand ist diesbezüglich in der Georeferenzierung zu sehen, der aufgrund einer guten Datengrundlage (z. B. historische Übersichtskarten im Maßstab 1:25000, DGM und entsprechende Geländepunkte) oftmals minimiert werden kann. Damit kann zum jetzigen Zeitpunkt festgehalten werden, dass eine Bearbeitung der Indikatoren mit dem Valmorph-Verfahren möglich ist.

2.2.4 Datenkompatibilität und Harmonisierung

Weiterhin ist die Frage „Reicht die Kompatibilität dieser Daten aus bzw. kann eine Harmonisierung mit verhältnismäßigem Aufwand durch einen Auftragnehmer erreicht werden?“ gemäß des Fragenkataloges folgendermaßen zu beantworten: In Kapitel 2.2.1, 2.2.2 und 2.2.3 wurde bereits dargelegt, welche Daten und Informationen für die untersuchten Nebengewässer der Elbe verfügbar sind. Die weitere Bearbeitung der Daten mittels des Valmorph-Verfahrens kann zu den jeweiligen Indikatoren detailliert Quick et al. (2017) entnommen werden (vgl. auch Kap. 2.2.3).

Die Vorgehensweise soll hier exemplarisch an einem Beispiel eines hydromorphologischen Indikators veranschaulicht werden und die Datenkompatibilität und Harmonisierung erläutern. Dazu wird der Indikator „Flächenanteil überflutbarer Auen“ ausgewählt:

Die Bewertung zielt darauf ab, die aktuellen Überflutungsflächen zu klassifizieren, indem der prozentuale Anteil der rezenten Aue zur morphologischen Aue mit der entsprechenden Berechnungsformel gemäß dem Valmorph-Verfahren ermittelt wird. Dem ermittelten Flächenanteil kann dann die entsprechende Bewertung zugeordnet werden (z. B. > 80 % entsprechen der Bewertungsklasse 1 „sehr gut, sehr gering verändert“; 60 % entsprechen der Bewertungsklasse 2 „gut, gering verändert“ usw.) (Quick et al. 2017, S. 100 ff.).

Das Beispiel (s. Abbildung 29) zeigt einen Abschnitt der Elbe bei Wittenberg, für den bereits digitale Flächenangaben für die rezente Aue sowie für die Altaue (morphologische Aue minus die rezente Aue) vorliegen (vgl. Daten BfN-Auenbilanzierung, Kap. 2.2.1). Die Daten werden in einem Geoinformationssystem (hier ArcGIS) visualisiert. Damit können Flächengrößen, jeweils für die linke und rechte rezente Aue und Altaue, ermittelt und in Relation gesetzt werden. Das Bewertungsergebnis wird anschließend für jede Auenseite zu Segmenten (in diesem Beispiel an der Elbe 5 km) aggregiert und visualisiert (Quick et al. 2017).

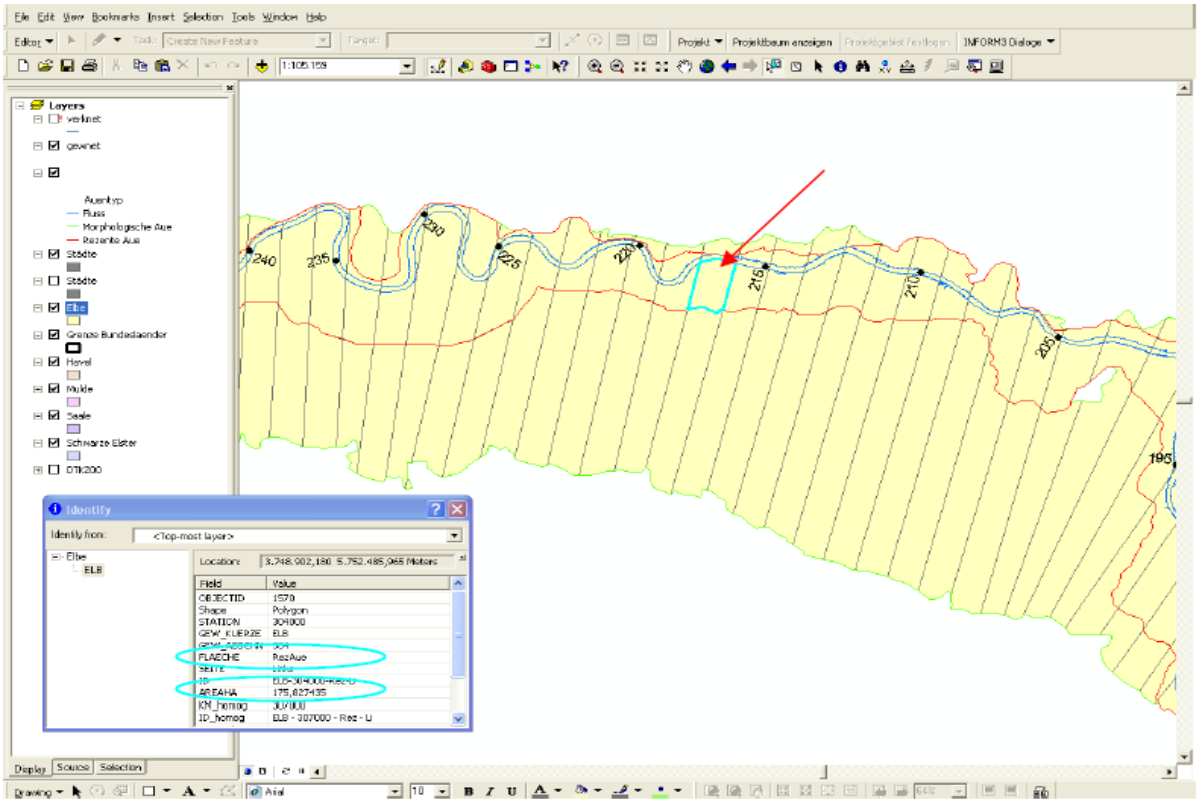


Abbildung 29: Exemplarische Ermittlung eines rezenten Auensegmentes (Nähe Lutherstadt Wittenberg;
rezente Aue = rot umrandet, morphologische Aue = grün umrandet).
Quelle: Quick et al. 2017, S. 103 nach Brunotte et al. 2009; BfN (2011, 2012).

Am Beispiel der beschriebenen Vorgehensweise wird deutlich, in welchem Umfang Informationen aus digitalen Flächendaten (sog. Polygonen) entnommen werden können. Das hier aufgeführte Beispiel bietet den Vorteil, dass Geodaten flächig aufbereitet (digitalisieren der Aue auf Basis von Geodaten) und in Teilen auch klassifiziert wurden (digitalisieren der morphologischen Aue und der rezenten Aue, Einteilung der Aue in Segmente). Für eine vollständige Bearbeitung, insbesondere der flächenhaften Indikatoren (z. B. Flächenanteil der überflutbaren Auen, Breitenvariation, falls gewünscht Sohlstrukturen und Auenstrukturen), aber auch für die Verortung von historischen Daten, stellen die verfügbaren Geodaten damit eine Voraussetzung für die Bearbeitung mit dem Valmorph-Verfahren dar.

Im Rahmen der ergänzenden Datenrecherche konnte bereits aufgezeigt werden, dass die Geodaten länderübergreifend zur Verfügung stehen (s. Anlage II). Bereits während der Bearbeitungszeit der konzeptionellen Analyse konnte dazu eine tendenzielle Zunahme der Datendichte in den Geoportalen der Länder beobachtet werden, die größtenteils kostenlos bezogen werden können.

Auch für die Archivalien konnte anhand zahlreicher Digitalisate bereits aufgezeigt werden, dass für eine Bearbeitung der Elbe-Nebengewässer bereits auf umfangreiche Daten zurückgegriffen werden kann. Diese liegen im Ergebnis technisch bedingt noch in unterschiedlichen Dateiformaten vor, die sich insbesondere durch ihre Auflösung und Datenmenge unterscheiden. Dazu gehören das PDF-, JPEG- und TIFF-Format, wobei sich letzteres durch eine hohe Farbtiefe und eine verlustfreie Qualität auszeichnet und damit die besten Voraussetzungen für die weitere Bearbeitung bietet. Diesbezüglich konnten insbesondere die Kartenblätter der Mulde als Einzelblätter im TIFF-Format gescannt werden, während größere Kartenwerke (z. B. Verlaufskarte der Stepenitz, ca. 5 x 2 m) zunächst nur im JPEG- oder PDF-Format abfotografiert werden konnten.

Bestehende Digitalisate der Archive werden ebenfalls im TIFF-Format zur Verfügung gestellt. Für eine weitere Bearbeitung stellt die hochauflösende Aufnahme der Archivalien eine wichtige Voraussetzung dar. Eine weitere Digitalisierung ist bei Bedarf mit den entsprechenden Archiven abzustimmen und unter Berücksichtigung des zeitlichen Bearbeitungsaufwandes jederzeit durch i. d. R. die Archive nach entsprechender Beauftragung durchführbar.

Für die aufgezeigte Bearbeitung sind aber auch gewisse Unsicherheiten zu berücksichtigen, die bereits in dem Valmorph-Verfahren diskutiert werden (s. Quick et al. 2017). Dazu gehören u. a. zu klein gewählte Maßstäbe, die dazu führen können, dass vorhandene gewässermorphologische Strukturen nicht angezeigt werden oder diese in topographischen Karten vernachlässigt werden (Generalisierung). Zusätzlich müssen historische Maßstäbe und Längenangaben (z. B. für Längsprofile und Tiefenangaben) in heute gültige Einheitssysteme umgerechnet werden und die korrekten Bezugssysteme berücksichtigt werden.

Generell können historische Quellen auch Fehler beinhalten (Unsicherheiten, Messfehler), die durch eine ausreichende Datenlage und durch eine Verwendung ergänzender Informationen (vgl. Kap. 2.2.3, Erhebungsebenen) minimiert werden können (Quick et al. 2017). Die Anwendung verfügbarer Geoinformationen kann der verfügbaren Geoinformationsplattform (s. Kap. 2.2.1) sowie der skizzierten Aufbereitung von historischen Daten in Verbindung mit aktuellen Geoinformationen (s. Kap. 3) entnommen werden.

Unter Berücksichtigung der erfolgreichen Anwendung des Valmorph-Verfahrens an den Bundeswasserstraßen sowie an ausgewählten Nebengewässern der Elbe (Requena und Hens 2012; FGG Elbe 2013; IKSE 2014; Quick 2017), der deutlichen Zunahme an verfügbaren und detaillierten Geodaten und einer hohen Datendichte historischer Quellen (s. Anlagen) reicht die Kompatibilität dieser Daten für die geplanten Sedimentprojekte der FGG Elbe aus. Für eine noch erforderliche Harmonisierung ist daher von einem verhältnismäßigen Aufwand für die Aufbereitung und Auswertung der Daten auszugehen.

2.3 Ergebnisorientierte Fragen

Neben den einleitenden Fragen (Kap. 2.1) sowie Fragen zur Datenverfügbarkeit und -aufbereitung (Kap. 2.2) werden mit dem Fragenkatalog (FGG Elbe 2017) ebenso ergebnisorientierte Fragen zur Quantität und Hydromorphologie inklusive der Sedimentdurchgängigkeit gestellt. Diese werden in den folgenden Kapiteln 2.3.1 bis 2.3.4 für die geplanten Sedimentprojekte für die Nebengewässer der Elbe unter Berücksichtigung des Sedimentmanagementkonzeptes für die Elbe (FGG Elbe 2013; IKSE 2014) kurz zusammenfassend beantwortet - es wird darauf hingewiesen, dass die detaillierten Aussagen zu den mit der konzeptionellen Analyse gewonnenen Ergebnissen den Kapiteln 2.1 und 2.2 zu entnehmen sind.

2.3.1 Auswertungsbasierte Informationen für den Sedimenthaushalt und die Sedimentdurchgängigkeit

Für die erste ergebnisorientierte Frage „Welche Informationen für den Sedimenthaushalt sowie für die Sedimentdurchgängigkeit und den Eintrag von Sediment aus Nebengewässern in die Elbe kann unmittelbar bzw. nach einer Auswertung generiert werden?“ konnte für die

a) Sedimentdurchgängigkeit

auf Grundlage der im Rahmen der konzeptionellen Analyse als Vorstudie für die geplanten Sedimentprojekte recherchierten Daten und Informationen sowie einer erfolgten Auswertung und Aufbereitung von Archivalien und Datensätzen bereits aufgezeigt werden, dass eine Erfassung und Bewertung von hydromorphologischen Veränderungen und Zuständen in Folge der Anwendung des Valmorph-Verfahrens generell möglich ist (s. Kap. 2.2). Bezogen auf die Frage gemäß Fragenkatalog bezieht sich dies an dieser Stelle insbesondere auf den Valmorph-Indikator ‚Sedimentdurchgängigkeit‘ (vgl. insbesondere Kap. 2.1.5): **Für die Bearbeitung von der Erhebung bis zur Beurteilung liegen für alle untersuchten Nebengewässer der Elbe die erforderlichen Daten vor. Damit kann für die Sedimentdurchgängigkeit mittels des Einsatzes des Valmorph-Verfahrens die Erfassung und Bewertung dieses hydromorphologischen Indikators unter Gewährleistung der Vergleichbarkeit und Kompatibilität zum Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (FGG Elbe 2013; IKSE 2014) in einem Folgeprojekt vollständig erfolgen.** Für den

b) Sedimenthaushalt

können wie im Rahmen des Sedimentmanagementkonzeptes für die Elbe (FGG Elbe 2013; IKSE 2014) unmittelbar bzw. nach einer Auswertung detaillierte Informationen über die weiteren hydromorphologischen Indikatoren gemäß Sedimentmanagementkonzept (d. h. Mittlere Sohlhöhenänderung, Breitenvariation, Tiefenvariation, Korngrößenverteilung des Sohlsubstrates, Uferstruktur und Überflutungsflächen (Verhältnis rezenter zu morphologischer Aue)) generiert werden: Auch wenn in Folge der konzeptionellen Analyse und dem mit dieser Vorstudie angestrebten informativen Charakter der Recherchen keine vollständige räumliche Abdeckung der ausgewählten Gewässer aufgrund des großen Datenumfangs in den Archiven und der verfügbaren Bearbeitungszeit für die konzeptionelle

Analyse für alle weiteren hydromorphologischen Indikatoren außer der Sedimentdurchgängigkeit realisiert werden konnte, konnte dennoch für zahlreiche ausgewählte Beispielgewässer(-abschnitte) bereits zum Abschluss der konzeptionellen Analyse eine ausreichend umfangreiche Datengrundlage für die erforderlichen zu treffenden Aussagen der Einsatzfähigkeit und Anwendung des Valmorph-Verfahrens auch für diese hydromorphologischen Indikatoren neben der Sedimentdurchgängigkeit getroffen werden. Diese Datengrundlagen können bereits jetzt für eine sich zukünftig anschließende Auswertung im Rahmen eines Folgeprojekts für bestimmte Bereiche bereitgestellt werden (s. Anlage III). **Diese weiteren hydromorphologischen Indikatoren geben unmittelbar bzw. nach einer Auswertung Informationen über den Status des Sedimenthaushalts wieder, da Hydromorphologie und Sedimenthaushalt sehr eng miteinander verbunden sind (s. Kap. 2.1.1). Auch im Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (FGG Elbe 2013; IKSE 2014) wurden die hydromorphologischen Indikatoren als Zeiger für den Sediment-status verwendet** (s. auch Quick et al. 2014; Heininger et al. 2015)**, damit ist eine Gewährleistung der Vergleichbarkeit und Kompatibilität zum Sedimentmanagement-konzept in einem Folgeprojekt gegeben**. Hinsichtlich des dritten Aspekts der Frage

c) Eintrag von Sediment aus Nebengewässern in die Elbe

kann zu Informationen unmittelbar bzw. nach einer Auswertung festgehalten werden, dass zumindest aufgrund der verfügbaren Datengrundlagen der Bundesländer der **Schwebstoffhaushalt** durch Aktualisierungen der Daten gemäß der Vorgehensweise für das Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (FGG Elbe 2013; IKSE 2014) passfähig generiert werden kann. Es kann anhand in den Bundesländern verfügbarer Daten zu Schwebstoffen und Durchfluss eine Quantifizierung, teilweise mit feinkörnigen Bilanzen, in den Nebengewässern der Elbe durchgeführt werden, wie bereits in den Kapiteln 2.2.1 und 2.1.3 dokumentiert wurde (s. auch Anlage II, vgl. auch Abbildung 7 und Abbildung 8).

Einträge des **Geschiebehaushaltes** (sandig-kiesige Kornfraktionen) stellen sich wie in Kapitel 2.1.3 erläutert schwieriger dar: Aufgrund von Sohlhöhenlagendaten und Differenzbildungen werden für gewisse Laufabschnitte Aussagen auch zu grobkörnigen Sedimentbilanzen möglich sein, Geschiebemessungen selbst liegen für die Nebengewässer der Elbe jedoch nicht flächendeckend vor (s. Anlage II), so dass die Geschiebeeinträge nicht ausreichend quantifizierbar sind. Diese Datenlücken könnten bei Bedarf im Rahmen eines Folgeprojekts durch entsprechende Messungen z. B. der Sohlhöhenlagen oder des Geschiebetransportes für den Ist-Zustand ausgeglichen werden (s. Kap. 2.1.3). Durch die Auswertung von vorhandenen Messstellen, externen Messdaten sowie der Hinzunahme eigener Messreihen könnte somit ein wichtiger und bisher nicht verfügbarer Beitrag zur Erfassung des Feststoffeintrags in die Elbe erfolgen. Auch z. B. vorhandene Modellannahmen für die Berechnung von Sedimentbilanzen ließen sich mit neu initiierten Messungen ergänzen bzw. ersetzen. Im Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (FGG Elbe 2013; IKSE 2014) selbst wurde der Geschiebehaushalt nicht betrachtet; zu den analysierten und beurteilten Indikatoren für die Quantität der Elbe selbst sowie der Unterläufe ihrer Nebengewässer Schwarze Elster, Mulde, Saale und Havel zählten im Sediment-managementkonzept Durchfluss, Schwebstoffkonzentration und Schwebstofffracht (s. o.).

2.3.2 Zukünftige Datenerhebungen

Der Fragenkatalog der FGG Elbe (2017) hebt zudem hervor „Welche Daten müssen noch erhoben werden, um Aussagen zu sinnvollen Maßnahmen in relevanten Nebengewässern zu treffen, um durch Einflussnahme auf die Hydromorphologie und/oder Durchgängigkeit den Sedimenthaushalt der Elbe zu verbessern?“. Neben der Vervollständigung der Daten ergänzend zu den Ergebnissen der konzeptionellen Analyse (s. dazu Kap. 2.3.1) sind bei Bedarf auch Messungen insbesondere zum Schwebstoff- und Geschiebemonitoring, zu Sohlhöhenlagen und Sohlsubstraten zu initiieren (s. auch Kap. 2.3.3):

a) Vervollständigung

In Folge der durchgeführten Recherchen und Auswertungen konnte bereits aufgezeigt werden, dass auf Grundlage der Archivarbeit an ausgewählten Standorten (Landesarchive) und einer ergänzenden Onlinerecherche eine Arbeitsgrundlage für die Darstellung von **Referenzzuständen** nach dem Valmorph-Verfahren zur Verfügung steht (s. auch zu bearbeitende Indikatoren/Auswahlgewässer, Anlage III). Für die Bearbeitung gesamter Auswahlgewässer kann jedoch durch die Initiierung einer erweiterten und vertieften Archivarbeit, d. h. die Sichtung weiterer Bestandsbücher vor Ort sowie die ergänzende Recherche in weiteren Zweigstellen oder ggf. auch in Stadt- und Bundesarchiven, von einer weiteren Erhöhung der Datendichte ausgegangen werden.

Für die Darstellung des **Ist-Zustands** konnte dokumentiert werden, dass die Datengrundlage für die Bearbeitung flächenhafter Indikatoren (Breitenvariation, Flächenanteil überflutbarer Auen, Uferstruktur) anhand vorhandener Geodaten sowie der Nutzung projektbezogener flächenhaft aufbereiteter Daten (z. B. Auenbilanzierung) sowie einzelner Datensätze aus der Gewässerbewirtschaftung (z. B. Vermessungsdaten Kirnitzsch) oder auch zeitlich weit zurückreichender Messdaten (Schwebstoffmessreihen) bereits umfangreich möglich ist. Für die Bearbeitung der Indikatoren Mittlere Sohlhöhenänderung inklusive der Sohlstruktur sowie für die Tiefenvariation liegen dagegen für die Bearbeitung des Ist-Zustands oft nur Einzeldaten vor. Diese Defizite können durch eine angepasste Bearbeitung der vorhandenen Geodaten (z. B. Interpolation, s. Kap. 2.3.3), aber auch durch ergänzende eigene Messungen (z. B. Aufnahme von Querprofilen, s. Kap. 2.3.4) bei Bedarf reduziert werden. Diese lassen sich an kleineren Gewässern mit einem, im Vergleich zu den Bundeswasserstraßen, deutlich geringeren Aufwand durchführen. Weiterhin wurde auch über den möglichen Bezug „fachfremder Quellen“ (z. B. Befliegung Schwarze Elster 2020) aufgezeigt, dass durch die projektbezogenen Datenerfassungen im Gelände weitere aktuelle Daten bezogen werden können, die dann z. B. für Indikatoren wie die Uferstruktur genutzt werden könnten. Dieser Umstand spiegelte sich auch im Austausch mit der Gewässerbewirtschaftung während der Bearbeitung der konzeptionellen Analyse wider, die weitere gewässerbezogene Vermessungen in der Zukunft beabsichtigt.

b) Messungen

- hydromorphologische Indikatoren

Für einige Indikatoren liegen zum Abschluss der konzeptionellen Analyse weniger Daten vor, dies gilt insbesondere für das Sohlsubstrat, sowohl im Referenz- als auch im Ist-Zustand. Hier wären ergänzend zu existierenden Daten (s. Anlage II) noch zusätzliche Erhebungen im

Gelände im Rahmen eines Folgeprojekts möglich, um Datenlücken zu schließen. Auch Sohlhöhendaten könnten mittels Messungen erhoben werden zur Ergänzung bislang recherchierter Daten. Davon würden synergetisch auch weitere sohlbezogene Indikatoren wie die Tiefenvariation oder z. B. Sohlstrukturen profitieren (s. auch Kap. 2.3.3).

- quantitative Indikatoren

Unter Berücksichtigung des engen Zusammenhangs zwischen dem Feststoffhaushalt und der Hydromorphologie stellt ein **Schwebstoff- und Geschiebemonitoring** sowie die Erfassung von entsprechenden Transportvorgängen, u. a. auch unter Berücksichtigung erhöhter Abflüsse, einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der betrachteten Gewässersysteme und der Wirkungszusammenhänge dar. Neben einer umfassenden Erfassung und Auswertung bestehender Daten kann eine Erhöhung der Datendichte durch eine Sensibilisierung und Initiierung der Thematik in der Gewässerbewirtschaftung sowie durch initiierte eigene Messungen z. B. im Rahmen eines Folgeprojekts oder eines Messprogramms der FGG Elbe oder der Bundesländer erfolgen. Eine zentrale Datenspeicherung in der FGG Elbe wird dazu als bedeutender Aspekt angesehen (s. auch Kap. 2.3.3 und Kap. 2.3.4).

2.3.3 Alternative Vorgehensweisen

Schließlich adressiert der Fragenkatalog der FGG Elbe (2017) „Wie können alternative Vorgehensweisen aussehen (Anpassungen der Valmorph-Methoden für kleinere Gewässer)?“:

Mit dem Valmorph-Verfahren wurde an der Bundesanstalt für Gewässerkunde ein hydromorphologisches Erfassungs- und Bewertungsverfahren für die Bundeswasserstraßen und ihre Auen entwickelt. Im Rahmen der konzeptionellen Analyse konnte aufgezeigt werden, dass die vorhandenen Informationen und historischen Daten ebenfalls eine erfolgreiche Bearbeitung von kleineren Nebengewässern zulassen. Requena und Hens (2012) wendeten das Valmorph-Verfahren bereits auf die nicht-schiffbaren Gewässer Schwarze Elster und Mulde in deren Unterläufen im Zuge der Erarbeitung des Sedimentmangementkonzeptes für die Elbe an (FGG Elbe 2013; IKSE 2014).

Im Gegensatz zu den Bundeswasserstraßen bilden die hier in der konzeptionellen Analyse betrachteten Flüsse z. T. ein gesamtes Gewässersystem von der Quelle bis zur Mündung ab. Damit beinhalten die Auswahlgewässer auch Abschnitte in den Oberläufen, die aufgrund ihrer Größe nur eine geringe Beeinflussung des Sedimenthaushaltes erwarten lassen oder auch durch den Verbau von Talsperren eine vollständige Einschränkung aufweisen.

Insbesondere in den Mittelgebirgen können vermeintlich kleine Oberläufe, unter Berücksichtigung des Abflusses, jedoch auch einen deutlichen Einfluss auf den Sedimenthaushalt eines Gewässers ausüben. Damit stellen die Betrachtung der regionalen Gegebenheiten sowie die Berücksichtigung des Gewässertyps wichtige Aspekte bei der Auswahl von geeigneten Gewässer(-abschnitten) dar.

Alternative Vorgehensweisen zur Anpassung der Valmorph-Methoden auf die kleineren Gewässer könnten z. B. sein, für die Ergebnisdarstellungen die Verwendung einer weiteren räumlichen Darstellungsebene unterhalb der etablierten 1 km oder 5 km - Kartierabschnitte

zu nutzen, so dass insbesondere auch sehr kleinräumige Strukturen (z. B. bei der Kirnitzsch) adäquat abgebildet werden (das Valmorph-Verfahren arbeitet auf Basis von quantitativen Messwerten, die dann zu z. B. 1 km-Abschnitten aggregiert werden für die Bewertung und v. a. für die Visualisierung der erzielten Bewertungsklassen, vgl. FGG Elbe 2013; IKSE 2014; Quick et al. 2014; s. beispielsweise Abbildung 5).

Für die Erfassung und Bewertung hydromorphologischer Parameter von Unterläufen ausgewählter Nebengewässer (Requena und Hens 2012) konnte aufgezeigt werden, dass der Ausgleich von Datendefiziten z. B. auch durch die Anwendung methodischer Anpassungen möglich ist: Mit Hilfe der Interpolation repräsentativer Messwerte (z. B. für die Indikatoren Mittlere Sohlhöhenänderung und Sohlsubstrat) lassen sich damit auch längere Gewässerabschnitte abbilden, für die im Längsprofil teilweise keine kontinuierlich vorhandenen Messdaten verfügbar sind (s. Abbildung 30).

IST-Zustand (sohlproben, 1993)		
Station [km]	Dm [mm]	Quelle
153	8,05	(Bfg-0968, Herr Pelzer) C2372-C2374 Sohlproben **1995** + **interpolation**
152	9,32	
151	10,60	
150	11,87	
149	13,15	
148	14,42	
147	13,28	
146	12,14	
145	10,99	
144	9,85	
143	8,42	
142	6,99	
141	5,55	
140	4,12	
139	2,69	(Bericht 1991, Pelzer) C11-C15 Sohlproben **1991** + **interpolation**
138	2,95	
137	2,81	
136	2,77	
135	2,73	
134	2,69	
133	2,65	
132	2,61	
131	2,57	
130	2,57	
129	2,57	

Abbildung 30: Anhand von Messdaten ermittelte (schwarz) und interpolierte (rot) mittlere charakteristische Korngrößendurchmesser (Dm) der im Rahmen des Sedimentmanagementkonzeptes der Elbe zu betrachtenden Gewässerstrecke der Havel (Requena und Hens, 2012, S. 35).

Zudem zeigte sich, dass in Ermangelung des BfN-Datensatzes für die kleineren Gewässer auch mittels geologischer Karten, Deichlinien, historischer Kartenwerke etc. die morphologische und rezente Auenausdehnung selbst ermittelt werden kann (Requena und Hens 2012; s. Kap. 2.2.3; vgl. z. B. Abbildung 27).

Alternativ zu den bereits genannten Möglichkeiten könnten zur Behebung von Datenlücken weiterhin z. B. auch alternative Indikatoren in Betracht gezogen werden (Bsp. Auenstrukturen, Bsp. Laufveränderung, s. Anlage III) als neue, alternative Indikatoren.

2.3.4 Messmethoden und Monitoringempfehlungen

Als letzter Punkt des Fragenkataloges (FGG Elbe 2013) handelt es sich um den Aspekt zu quantitativen Datenerhebungen zum Geschiebe- (a) und Schwebstofftransport (b) „Welche Messmethoden sind für Sedimenttransportgänge bekannt, in Anwendung und können für ein Monitoring empfohlen werden?“.

In Kapitel 2.2 wurde bereits der Sedimenttransport im Zusammenhang mit dem Sedimenthaushalt bzw. vorhandener Bilanzdefizite thematisiert. Insgesamt kann eine Erfassung des Sedimenttransports zu unterschiedlichen Fragestellungen erfolgen. Unter Berücksichtigung einer angestrebten Vergleichbarkeit der Ergebnisse sind zunächst für jedes Gewässer die örtlichen Begebenheiten zu berücksichtigen (u. a. Gewässertyp, Tiefe, Befahrbarkeit), so dass im Anschluss ein geeignetes Monitoring aufgestellt werden kann (s. z. B. Quick et al. 2019). In Deutschland kann dazu auf ein ausgedehntes Messnetz mit zeitlich teilweise weit zurückliegenden Datenreihen für die **Bundeswasserstraßen** zurückgegriffen werden. Die Messungen erfolgen in erster Linie unter dem Aspekt, die Sicherheit und Voraussetzungen für die Binnenschifffahrt auf den entsprechenden Gewässern zu kontrollieren bzw. zu gewährleisten. Die regelmäßigen Messungen werden dazu durch die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) durchgeführt. Messkampagnen werden darüber hinaus von den beiden Bundesoberbehörden BfG und BAW umgesetzt. Dazu können u. a. folgende Parameter erfasst werden:

- Geschiebetransport (Feststoffe als Geschiebe, z. B. grober Sand, Kies),
- Schwebstofftransport (Feststoffe in Suspension, z. B. Feinsand, Schluff),
- Schwimmstofftransport (Feststoffe in schwimmender Form, z. B. Totholz).

Gemäß der Herangehensweise im Sedimentmanagementkonzept der Elbe (FGG Elbe 2013, IKSE 2014) soll der Fokus im Folgenden auf den **Schwebstofftransport** und ergänzend den **Geschiebetransport** gelegt werden. Ausgehend von den Messmethoden an den Bundeswasserstraßen werden die gängigen Grundlagen erläutert und zusammengefasst.

Die Methodik für die Erfassung des Geschiebetransports wurde dazu bereits im DVWK-Regelheft (1992) veröffentlicht. Eine Zusammenstellung der kontinuierlich weiterentwickelten Methoden ist dem BfG-Bericht 1761 (Brandstetter et al. 2012) zu entnehmen. Für den Schwebstofftransport im Binnenbereich ist auf den BfG-Bericht 1799 (Hillebrand et al. 2015) zu verweisen (vgl. auch HABAB-WSV 2017).

Im Hinblick auf die aufgezeigten Methoden ist zu berücksichtigen, dass im Rahmen der vorliegenden konzeptionellen Analyse überwiegend kleinere Fließgewässer und unterschiedliche Gewässertypen betrachtet werden, die ggf. eine Modifizierung der gängigen und angewandten Messmethoden erfordern. Dies wird im Anschluss anhand angepasster Methoden und aktueller Trends skizziert, die auf den Erfahrungen neu etablierter Messnetze

an kleineren Gewässern basieren. Im Ergebnis können somit Vor- und Nachteile der jeweiligen Verfahren abgewogen werden, so dass eine erste Empfehlung für ein Monitoring der Feststofftransportgänge an den Nebengewässern der Elbe ausgesprochen werden kann.

a) Messung Geschiebetransport

Für die Bestimmung des Geschiebetransportes ist zunächst der Geschiebetrieb zu ermitteln. Dieser ist als transportierte Geschiebemasse definiert, die innerhalb einer bestimmten Zeit durch einen Querschnitt von 1 m Breite transportiert wird (m_G [kg/m*s]) (Brandstetter et al. 2012, S. 18 nach Zanke 2002). Dieser wird über die gesamte Gewässerbreite summiert, so dass im Ergebnis der Geschiebetrieb bestimmt werden kann.

Die Ermittlung der Geschiebemasse sowie Aussagen zum Geschiebetransport können über die Anwendung sog. „quantitativer“ und „qualitativer“ Messmethoden erfolgen. Im Rahmen der **direkten „quantitativen“ Methoden** erfolgen die Probenahmen in-situ an der Gewässersohle. Dadurch können, zusätzlich zur Bestimmung der Transportrate, auch Aussagen zu weiteren sedimentologischen Parametern (z. B. Korngröße) getroffen werden. Diese direkten Geschiebemessmethoden können bezüglich der Einsatzbereiche, Durchführbarkeit, aber auch hinsichtlich ihrer Handhabbarkeit unterschieden werden und vereinfacht wie folgt kategorisiert werden (Brandstetter et al. 2012 nach Gray et al.; U.S. Geological Service 2010):

- Box- oder Korbgeschiebeprobenehmer,
- Druckdifferenz Geschiebeprobenehmer (sog. Geschiebefänger),
- Pfannen- oder Trockengeschiebeprobenehmer,
- Mulden-, Schlitz- oder Grubengeschiebeprobenehmer (sog. Geschiebefalle).

Der Box- oder Korbgeschiebeprobenehmer sowie der Druckdifferenz Geschiebeprobenehmer arbeiten nach dem Prinzip eines „Auffangbehältnisses“, das mit der Öffnung entgegengesetzt zur Strömung ausgerichtet wird. Dadurch kann das Sohlmaterial mit der Strömung in das Behältnis transportiert werden. Während die Box- oder Korbgeschiebeprobenehmer durch eine große Öffnung charakterisiert werden (z. B. einseitig geöffneter Drahtkorb) zeichnen sich die Druckdifferenz Geschiebeprobenehmer durch eine, im Vergleich zum Behältnis, verkleinerte Öffnung aus. Diese begünstigt einen Sogeffekt, der die Sedimente in die Öffnung hineinzieht, während eine größere Öffnung dagegen eher einen Widerstand darstellt, der eine verringerte Strömungsgeschwindigkeit sowie ein Absetzen von Geschiebe bereits vor dem Probenehmer bewirken kann.

Die Druckdifferenz Geschiebeprobenehmer werden u. a. auch für die mobilen Messungen an den Bundeswasserstraßen eingesetzt. Dahingehend werden die Probenehmer entsprechend den örtlichen Gegebenheiten (z. B. Gewässertyp, Sohlsedimente) angepasst, erfahren aber auch allgemein eine ständige Optimierung, die darauf abzielt eine möglichst hohe Effizienz zu erreichen (s. Abbildung 31).

Insbesondere für feines Sohlmaterial eignet sich die Nutzung von Pfannen- oder Troggeschiebeprobenehmern, die in Form einer geschlossenen Schale fest ins Gewässer eingebaut werden und das Geschiebe über kleine Öffnungen aufnehmen. Für größere Gewässer und gröberes Sohlmaterial werden Mulden-, Schlitz oder

Grubengeschiebeprobenehmer ebenfalls fest in die Gewässersohle eingebaut, so dass das transportierte Material in der offenen oder ggf. teilweise abgedeckten Grube aufgefangen wird. Diese sog. Geschiebefallen werden u. a. auch für Messungen an den Bundeswasserstraßen verwendet (Brandstetter et al. 2012).

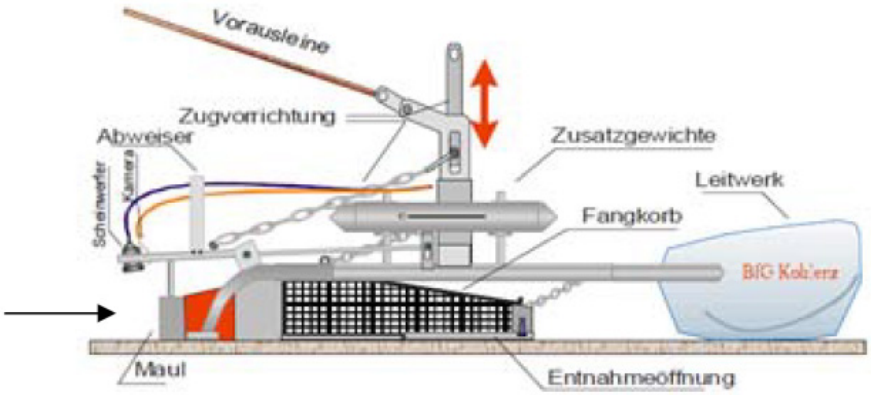


Abbildung 31: Einzelkomponenten eines Geschiebefängers (Brandstetter et al. 2012, S. 35 nach BfG Schmegg, 2006).

Die Anwendung **„qualitativer" bzw. indirekter Messmethoden** eignet sich insbesondere für die Bearbeitung von Fragestellungen zum Geschiebetransport, ohne eine direkte Beeinflussung des Transports durch das ausgebrachte Messequipment auszuüben. Dazu werden Methoden angewandt, die auf digitalen, optischen und akustischen Signalen basieren. Dazu gehören:

- Tracermessungen,
- Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP),
- Geophone, Hydrophone und Sonar
- Optische Methoden (z. B. Kameras),
- Dune Tracking,
- Massenbilanzierung (s. dazu auch Kap. 2.1.1).

Die ***Tracermessung*** basiert auf Markierungen (sog. Tracerkörper), die ins Gewässer eingebracht bzw. auf der Gewässersohle platziert werden. Nach einer zuvor definierten Zeit können diese wieder aufgespürt werden (z. B. auf Sicht oder in Form von allgemeinen Probenahmen) und lassen somit Rückschlusse auf die Transportvorgänge zu. Die verwendeten Tracerkörper ähneln dem vorhandenen Geschiebe und können z. B. aus farblich gekennzeichneten Sedimenten (passive Tracer), aber auch aus modifizierten Tracerkörpern (aktive Tracer) bestehen, die über aussendende Signale verortet werden können (s. Abbildung 32).

Abbildung 32: Beispielhafte Tracerarten (Brandstetter et al. 2012, S. 47).

Das ***ADCP-Verfahren*** ist den akustischen Methoden zuzuordnen. Dazu werden Ultraschallimpulse von einem Messgerät ausgesendet, von der Sohle reflektiert und wieder empfangen. Die Nutzung des Messgeräts erfolgt z. B. in Kombination mit einem ferngesteuerten Messboot. Dabei können aufgrund der unterschiedlichen Reflektionen an der Gewässersohle und an Schwebstoffteilchen entsprechende Rückschlüsse über den Abfluss sowie zum Geschiebetrieb im Gewässer getroffen werden. Die Messung erfolgt dabei unter Einhaltung definierter Messkriterien (z. B. Lage zur Strömung, feste Messstrecke) von einem Messboot- bzw. schwimmfähigen Träger aus. Für die Bestimmung des Schwebstoffgehalts werden zusätzlich Wasserproben genommen, die während der Messung entnommen werden und für die Umrechnung der Echointensitäten benötigt werden.

Als weiteres akustisches Verfahren ist das ***Geophon*** zu nennen. Dabei können festverbaute Mikrophone Impulse von Transportkörpern auf Metallplatten registrieren, die auf dem Niveau der Gewässersohle installiert werden. Über die kontinuierliche Auswertung und Speicherung der Daten können Aussagen über die Transportphasen und das Sohlmaterial getroffen werden. Die Metallplatte darf dabei nicht vollständig mit Sedimenten überdeckt sein, da in diesem Fall keine Impulse generiert werden können. Auch das ***Hydrophon*** basiert auf einem Mikrophon, das aber fest mit einer digitalen Einheit verbunden ist und für die Messung z. B. fest an einem Geschiebefänger installiert werden kann, so dass ein Aufschwimmen verhindert wird. Aufgrund zahlreicher Nebengeräusche, die ggf. manuell herausgefiltert werden müssen, ist hier von einer höheren Fehlerfrequenz auszugehen. Das Verfahren der ***Sonarmessung*** basiert dagegen auf Schallwellen, die als Echo von der Gewässersohle zurückgeworfen werden. Der Unterschied zur angewandten Sonartechnik in der Schifffahrt besteht dabei in der festen Verankerung der Messeinheit (z. B. Messschiff). Ein vorhandener Geschiebetrieb kann somit an Hand der Abweichungen auf den „gescannten“ Sonarbildern dargestellt werden.

Als weitere indirekte Erfassungsmethode basiert das sog. ***Dune Tracking*** auf Echolotpeilungen, die Topographien der Gewässersohle sowie sich bewegende Transportkörper erfassen. Wanderbewegungen können im Ergebnis durch wiederholte und zeitlich versetzte Peilungen dargestellt werden (Brandstetter et al. 2012).

Im Ergebnis werden unterschiedliche Messmethoden aufgezeigt, die für verschiedene Fragestellungen und Gewässertypen zur Erfassung des Geschiebetriebs an den Bundeswasserstraßen herangezogen werden. Durch einen ständigen Optimierungs- und Entwicklungsprozess werden zunehmend Lösungen angewandt, die parallel die direkten und indirekten Methoden für die Erfassung des Geschiebetriebs berücksichtigen. Dies kann u. a. durch die Kombination eines Geschiebefängers mit einem Sonar und einer Kamera erfolgen (s. Liedermann et al. 2008). Einen weiteren Forschungsansatz stellen aktuelle

Feldforschungen zum ADCP-Verfahren dar. Dazu werden gleichzeitig drei Geräte mit vier unterschiedlichen Frequenzen sowie unterschiedlichen Messparametern (z. B. Strahlwinkel) betrieben. Zusätzlich erfolgt eine Probenahme über einen Geschiebefänger, der ebenfalls an einem Messboot installiert ist. Damit können im Ergebnis detaillierte Aussagen über mögliche Konfigurationen zur akustischen Erfassung des Geschiebetransports erarbeitet werden (Conevski et al. 2020).

Am Beispiel der Geschiebemessungen an Drau und Isel (Österreich) zwischen den Jahren 2007 bis 2019 kann erfolgreich aufgezeigt werden, inwiefern eine integrative Geschiebemessung mit Geschiebefängern, Geschiebefallen und Geophonanlagen auch an kleineren Gewässern durchführbar ist. Im Ergebnis konnten wertvolle Ergebnisse über den Geschiebetrieb der beiden Gewässer gewonnen werden, die nun z. B. in die Maßnahmenplanung einfließen können. Die Funktionsweise des abgeschlossenen Monitorings soll zudem auch als praxistaugliche Methode auf weitere Gewässer übertragbar sein (BMLFUW 2015; BMLFUW 2020).

b) Messung Schwebstofffracht

In Kapitel 2.1.3 konnte bereits aufgezeigt werden, dass insbesondere für die Bundeswasserstraßen lange zeitliche Messreihen an Schwebstoffdaten vorliegen und dementsprechend auch Aussagen über die Entwicklung der Schwebstofffracht im Elbeeinzugsgebiet abgeleitet werden können.

Die Berechnung der Schwebstofffracht (SF) erfolgt in Abhängigkeit von der Schwebstoffkonzentration (SSC) und des Abflusses (Q): SF (*Einheit M/T*) = SSC (*mg/l*) x Q (m^3/s).

Für die Ermittlung der Schwebstoffkonzentration können unterschiedliche Verfahren herangezogen werden. Diese sollen im Folgenden zunächst am Beispiel des WSV-Messstellennetzes dargestellt werden. Das von der BfG betreute Messnetz basiert auf ca. 65 Messstellen im Binnenbereich (davon 10 entlang der Elbe), die zum Teil bereits in den 1960er Jahren initiiert wurden. Seitdem erfolgt die Probenahme überwiegend händisch mit einem 5 l Schöpfgefäß an einem definierten Punkt im Gewässerquerschnitt. Im Anschluss der vor Ort durchgeführten Filtration über handelsübliche und zuvor gewogene Papierfilter (Kaffeefilter) werden die Proben im getrockneten Zustand an das BfG-Sedimentlabor weitergeleitet und aufbereitet, so dass die entsprechende Konzentration bestimmt werden kann. Neben den Vorteilen des robusten Vor-Ort-Verfahrens konnten aber auch Nachteile konstatiert werden, die neben dem hohen personellen Aufwand v. a. in Ungenauigkeiten der Probenahme bestehen können (z. B. Wahl und Einhaltung des Entnahmepunktes, Umgang mit Proben und Filter im Feld). Aus den gesammelten Erfahrungen resultierten schließlich Anforderungen und Ziele, die für die Modernisierung des Messnetzes berücksichtigt wurden. Dazu gehören u. a. einheitlich Standards zu den Mess- und Auswertungsmethoden sowie neue messtechnische Ansätze (Hillebrand et al. 2015). Die Messung soll zukünftig mittels optischer Trübungssonden erfolgen, die im Gewässer das Streulicht im 90°-Winkel messen. Erst bei größeren Partikelgrößen kann die Funktion der optischen Sonden eingeschränkt werden, so dass in diesem Fall ergänzend akustische Sonden eingesetzt werden können, die wiederum mit zunehmender Partikelgröße eine höhere Effektivität aufweisen. Für die Kalibrierung der Sonden erfolgen weiterhin vereinzelte Entnahmen von Gewässerproben und

entsprechende Korngrößenanalysen der darin enthaltenen Sedimente (Hillebrand et al. 2015).

Im Vergleich zu den feststoffbezogenen Messmethoden an den Bundeswasserstraßen erfolgt ein Monitoring der Nebengewässer im Rahmen der operativen Überwachung nach der EU-WRRL. Dies zielt darauf ab auf regionaler Ebene strukturelle Veränderungen im Gewässer aufzuzeigen und eine flächendeckende Beurteilung der Wasserkörper zu ermöglichen (z. B. durch Abwasserbelastungen, Nährstoffeinträge). Im Rahmen der Überblicksüberwachung erfolgt die Erfassung größerer Einzugsgebiete. Weitere Messstellen werden u. a. für anlassbezogene Überwachungen auf lokaler Ebene oder zur Erfassung natürlicher Gegebenheiten (z. B. Klimawandel) an möglichst unbeeinflussten Gewässern in Form von Referenzmessstellen eingerichtet. In diesem Zusammenhang erfolgt auch die Erfassung der abfiltrierbaren Stoffe (afS). Unter der DIN 38409 H werden die afS wie folgt definiert: Die „volumenbezogene Masse der im Wasser enthaltenen ungelösten Stoffe, die unter bestimmten Bedingungen abfiltriert und im Anschluss an ein festgelegtes Trocknungsverfahren ausgewogen werden. Solche ungelösten Stoffe können Sink-, Schweb- und Schwimmstoffe organischer oder anorganischer Zusammensetzung sein. ...“ (Naumann et al. 2003, S. 33). Die vorhandenen Ergebnisse der ermittelten afS konnten u. a. in Arbeiten zur Beurteilung des Schwebstofftransports in ausgewählten Nebengewässern der Elbe berücksichtigt werden (Naumann et al. 2003).

Auf dem Gebiet der Bundesrepublik Österreich wurde bereits ein bundesweites Feststoffmessnetz etabliert, dass auch kleinere Gewässer abdeckt und insbesondere darauf abzielt die Ein- und Austräge ins Bundesgebiet abzubilden sowie die Nutzung der Daten für fachspezifische Fragestellungen ergänzend zur Verfügung zu stellen (Hochwasser-ereignisse, Einträge in Seen, Einzugsgebiete, Klimaeinflüsse). Für den Schwebstofftransport werden dazu optische Trübungssonden, teilweise in Kombination mit ADCP-Messungen, eingesetzt (Haiman et al. 2018). In Anlehnung an das österreichische Messnetz erfolgt seit 2009 auch in Bayern eine landesweite Neustrukturierung des Schwebstoffmessnetzes mittels Trübungssonden sowie punktuellen ADCP-Messungen (LfU Bayern 2012).

Ein Monitoring von Feststofftransportvorgängen in ausgewählten Nebenflüssen der Elbe kann aufgrund der positiven Erfahrungen in Bayern und Österreich bei Bedarf seitens der FGG Elbe und der Bundesländer als durchführbar und zielführend angesehen werden. Der Umfang des Monitorings ist dabei sowohl von den materiellen sowie auch den personellen Kapazitäten abhängig. Dazu wäre u. a. eine Betreuung im Rahmen der Gewässerbewirtschaftung denkbar, so dass in Kooperation mit den Behörden vor Ort zielführende und praktikable Lösungen installiert werden könnten.

Unter Berücksichtigung von angepassten Messmethoden an kleineren Gewässern ist eine Anwendung von mobilen Geschiebefängern als durchaus machbar anzusehen und wird auch im internationalen Bereich praktiziert. Aufgrund der abflussabhängigen Beprobungen des Geschiebetriebs muss ebenfalls eine Betreuung vor Ort gewährleistet sein (s. Abbildung 33). Für eine konstante Erfassung des Schwebstoffhaushaltes wird aufgrund der Vergleichbarkeit sowie auch der Praktikabilität eine Anwendung optischer Trübungssonden empfohlen, die die Vorteile kontinuierlicher Messungen und eines geringen Bearbeitungsaufwands vereinen.

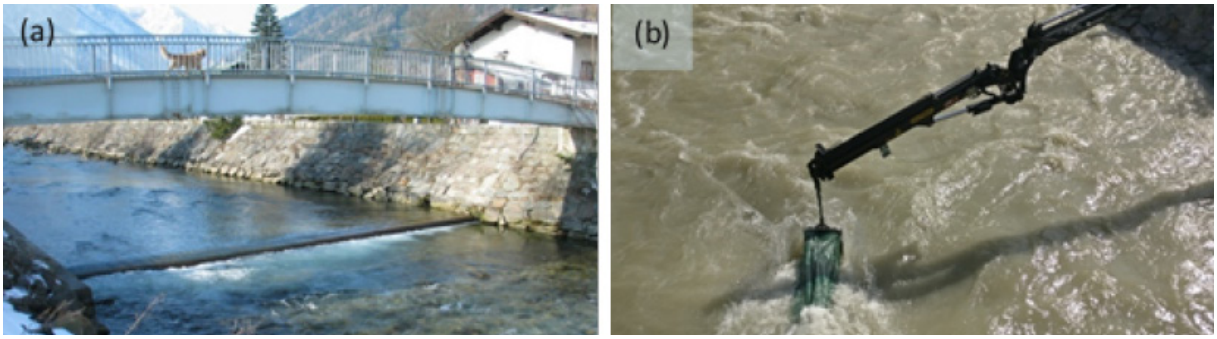


Abbildung 33: Messstation Falkensteinsteg/Drau, Profilmessung mit Fangkorb (b) (BMLRT 2020, S. 7).

Als weiteres praktikables Vor-Ort-Verfahren hat sich der Einsatz des ADCP-Verfahrens in Kombination mit ferngesteuerten Messbooten erwiesen. Die gewonnen Daten können in Folge einer Auswertung sowohl Teile des Gewässerquerschnitts sowie die Verteilung der Schwebstoffkonzentration im Gewässerquerschnitt aufzeigen (s. Abbildung 34).

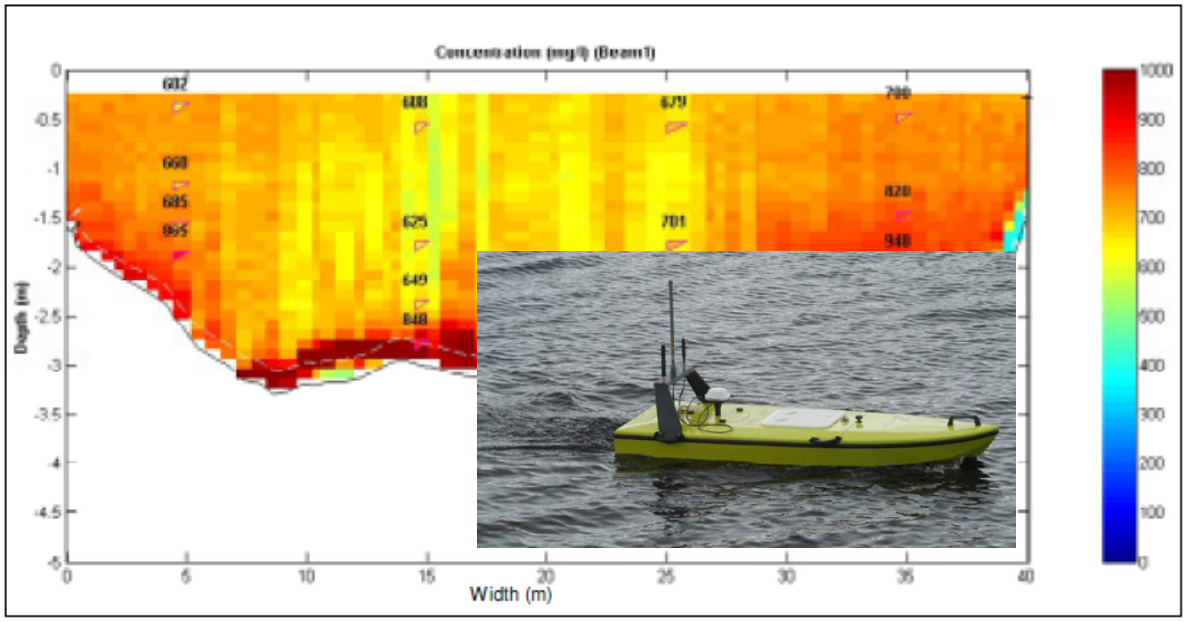


Abbildung 34: Detektion der Verteilung der Schwebstoffkonzentration mittels ADCP-Auswertung und Konzentrationen der Schwebstoffproben an den jeweiligen Entnahmepunkten (Dreiecke) am Pegel Admont/Enns (BMLFUW 2008, S. 63), Messboot HR Wallingford (CEE Hydro Systems 2020).

Mit Hilfe des ADCP-Verfahrens ist es möglich ein Profil im Tiefenbereich zwischen 0,2 m und 70 m zu erfassen. Daraus resultiert, dass flache Uferbereiche nur unzureichend erfasst werden können. Eine vollständige Erfassung der Gewässer- und Uferstrukturen kann durch eine ergänzende Verschneidung mit vorhandenen Geodaten (z. B. DGM) erfolgen. In der Praxis zeigte sich die Kombination der Geländeerfassung mit einer Multi-Parameter-Drohne in Kombination mit dem ADCP-Verfahren als erfolgreiche Möglichkeit zusammenhängende Gewässer- und Auenstrukturen aufzunehmen bzw. zu vermessen (Wiggett et al. 2020).

3 Erweiterte Bearbeitung – Datenaufbereitung Fallbeispiel

Eine Überprüfung und Bearbeitung von vorhandenen Geodaten in Verbindung mit der Aufarbeitung und Implementierung von Archivalien erfolgte im Rahmen der konzeptionellen Analyse **am Beispiel des Gewässers Kirnitzsch (grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche) in Sachsen**. Das vergleichsweise kleine Gewässer wird durch seine Tallage sowie von einer teilweise dichten Vegetation geprägt.

Die Bearbeitung erfolgte über das Geoinformationssystem ArcMap 10.7. Der Datensatz kann als Produkt der konzeptionellen Analyse als File-Geodatabase über die Plattform WasserBLIcK bezogen werden. Eine flächenhafte Erfassung historischer Daten in Kombination mit aktuellen Geodaten wird folgend für einen Abschnitt der Kirnitzsch skizziert:

Für die Erstellung einer Bearbeitungsgrundlage wurden zunächst aktuelle und verfügbare Geodaten über den Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) bezogen, gesichtet und aufbereitet. Dazu gehören hochauflösende aktuelle Luftbilder (DOP, 10 cm/Pixel), topographische Karten in den Maßstäben 1:25.000, 1:10.000 sowie auch frühere topographische Karten (1990, TK 25 DDR-Ausgabe) und gebietsübergreifende Messtischblätter. Die DOPs und topographische Karten wurden lokal abgespeichert und ergänzende Informationen (z. B. TK 25 DDR) überwiegend über sog. WMS-Layer bezogen, d. h. die Daten sind dezentral gespeichert und können über entsprechende Server (hier GeoSN) im GIS hinzugeladen werden (s. Abbildung 35).

Insbesondere bei kleineren Gewässern und einem dichten Bewuchs können Luftbilder in Kombination mit verschnittenen topographischen Karten zunächst nur geringe Informationen generieren. Für die Ableitung von Ist-Zuständen werden ergänzend dazu Daten von Laserscandaten hinzugezogen, aus denen digitale Geländemodelle (DGM) generiert werden. Hier bietet eine lokale Bearbeitung von Daten gegenüber der dezentralen Nutzung (WMS-Layer) zahlreiche Vorteile, die einen höheren Bearbeitungsaufwand rechtfertigen. Die Nutzung unterschiedlicher Verfahren zur Rastererstellung sowie die Bearbeitung von Kontrast und Helligkeit ermöglicht eine detaillierte Erfassung von Informationen zur Gewässer- und Uferstruktur. Dazu können ergänzend Höhenangaben an beliebigen Punkten im Gelände abgefragt werden (s. Abbildung 36).

Am Beispiel der Kirnitzsch kann aufgrund der sehr guten Datenlage auch aufgezeigt werden, inwiefern ergänzend bereits aktuelle Vermessungsdaten mit dem Geoinformationssystem verarbeitet und projiziert werden können und somit in Kombination mit den verfügbaren Geodaten auch für kleinere Gewässer eine detaillierte Darstellung des Ist-Zustandes erreicht wird (s. Abbildung 37).

Für die Bearbeitung von Referenzzuständen stellen die verfügbaren Geodaten ebenfalls eine wichtige Arbeitsgrundlage dar, die es ermöglicht historische Informationen auch digital im Gelände zu verorten bzw. zuzuordnen. Durch die Verwendung historischer Übersichtskarten (z. B. Meilenblätter SN) können u. a. historische Quer- und Längsprofile verortet werden, so dass eine Abbildung der Daten in aktuellen Karten ermöglicht wird durch eine entsprechende Zusammenführung.

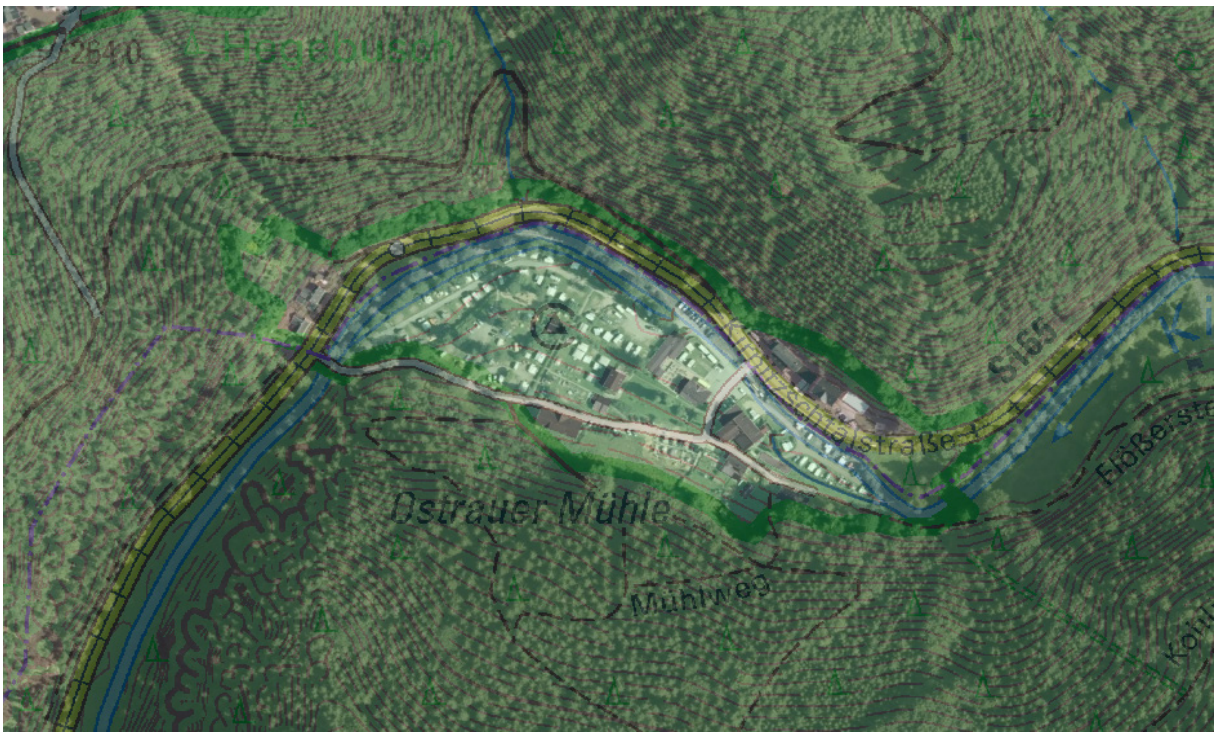


Abbildung 35: Luftbild der Kirnitzsch (Ostrauer Mühle) in Kombination mit der Digitalen Topographischen Karte im Maßstab 1:10.000 (Quelle: DTK 10 SN, DOP SN 08/2017, GeoSN 2020. https://www.landesvermessung.sachsen.de/digitale-topographische-karte-6074.html).

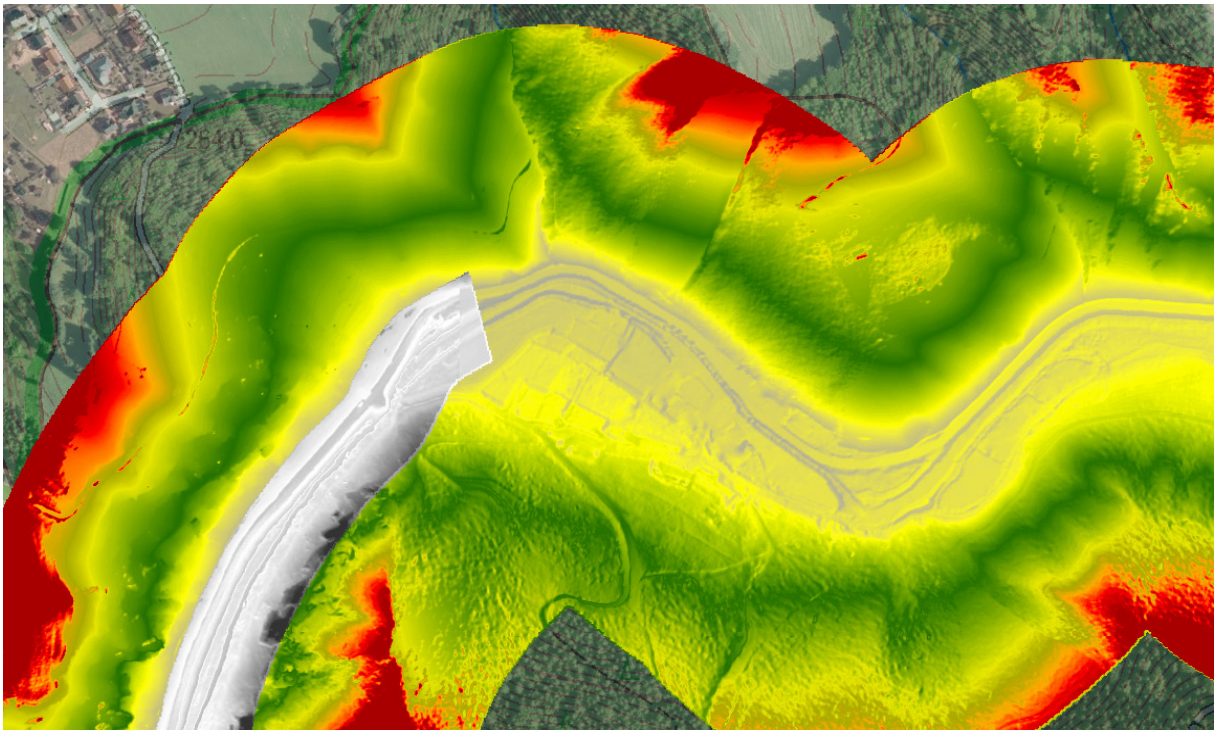


Abbildung 36: Digitale Geländemodelle unter Anwendung unterschiedlicher Kontraste, Bsp. Untersuchungsgewässer Kirnitzsch mit erkennbaren Strukturen in Fluss und Aue (Quelle: DGM 1 SN 03/2017 bearbeitet, DOP 08/2017, GeoSN 2020. https://www.landesvermessung.sachsen.de/luftbild-produkte-3986.html).

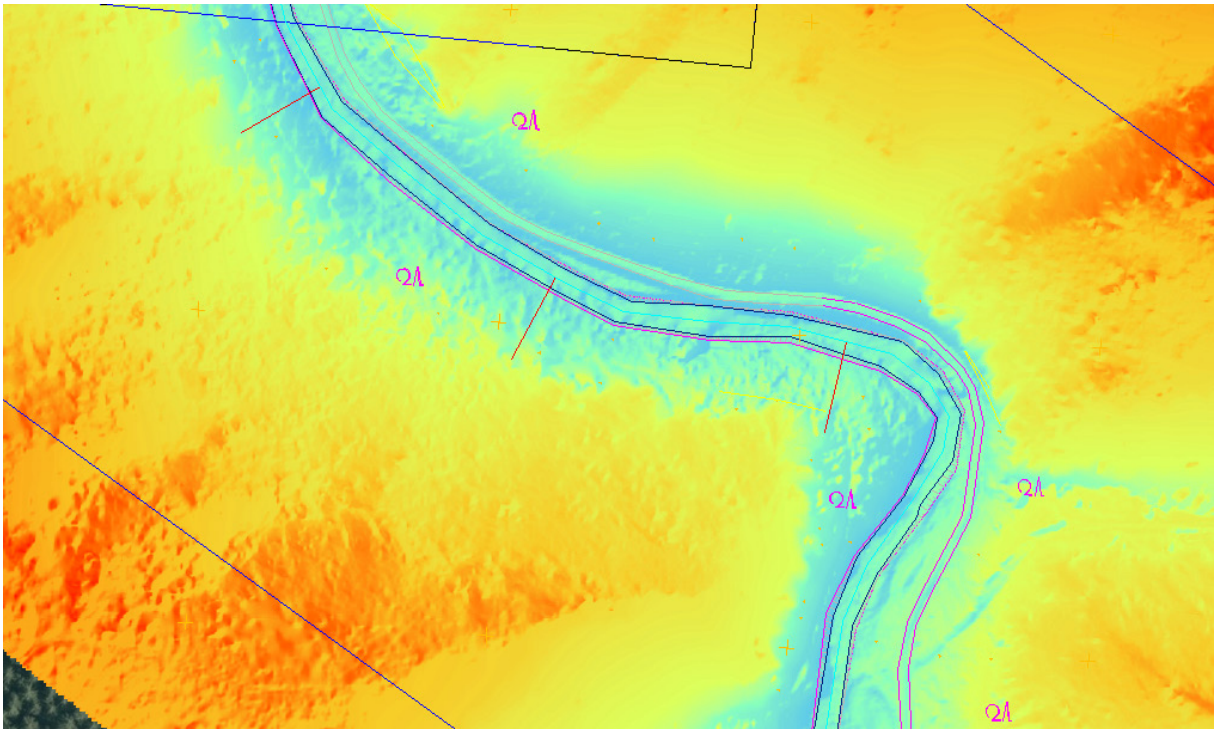


Abbildung 37: Ausschnitt Wasserspiegellagenberechnung, Entwurfsvermessung, Gewässer Kirnitzsch mit einem Digitalen Geländemodell (Quelle: DGM 1 SN 03/2017 bearbeitet, GeoSN 2020. https://www.landesvermessung.sachsen.de/digitales-gelaendemodell-4082.html. Kirnitzsch Lage und Höhenplan, LTV Sachsen - Betrieb Oberes Elbetal 2012.).

Für die flächenhafte Erfassung von Referenzzuständen sowie die Erstellung zusätzlicher Karten in größeren Maßstäben ist es dagegen erforderlich die historischen Karten in einem Koordinatensystem abzubilden. Dies erfolgt über die sog. Georeferenzierung. Dazu werden markante Geländepunkte der historischen Dokumente (z. B. Felsen, Geländeerhöhungen, Nebenläufe/Altarme, Wegeachsen) aktuellen Geländeinformationen zugeordnet. Hier können detaillierte Ergebnisse erreicht werden, indem z. B. unterschiedliche Layer (z. B. Luftbilder, topographische Karten, DGM) transparent und parallel in das Geoinformationssystem eingeladen werden. Im Ergebnis können somit historische Zustände digital erfasst und mit aktuellen Geoinformationen abgeglichen werden (s. Abbildung 38).

Mittels dieses Fallbeispiels kann aufgezeigt werden, dass eine Datenaufbereitung historischer und aktueller Daten die Herleitung von quantitativen und hydromorphologischen Indikatoren ermöglicht. Die dargestellten Datenaufbereitungen zeigen z. B. das Vorkommen von Strukturen oder ermöglichen z. B. die Lokalisierung von Querprofilen mit ihren jeweiligen Tiefen- und Breitenwertangaben. Diese könnten infolgedessen bei unterschiedlichen Zeitschnitten miteinander verglichen und somit bewertet werden. Auch Abbildung 38 verdeutlicht beispielhaft Möglichkeiten der Ermittlung der morphologischen Auenausdehnung. Weitere Datenverschneidungen mit z. B. HQ100-Deichlinien führen so zur Ermittlung der erforderlichen Flächen für das Verhältnis zwischen der rezenten und der morphologischen Aue an diesem Untersuchungsgewässer.

Bei der Kirnitzsch handelt es sich um das kleinste ausgewählte Untersuchungsgewässer der konzeptionellen Analyse für die Sedimentprojekte der FGG Elbe. In der Regel nehmen die

Daten mit der Gewässergröße zu, so dass die Eignung der Kirnitzsch mit den geringsten Erwartungen zu Beginn der konzeptionellen Analyse gestartet war. Hier zeigte sich trotz der geringen Fließgewässergröße (s. Anlage I) jedoch eine sehr gute Datenlage als Ausgangsbasis im Rahmen der geplanten Sedimentprojekte.

Abbildung 38: Georeferenzierung der Karte "Schandauer Flöße" von 1801 auf Basis der aktuellen topographischen Karte (Maßstab 1:10.000) (oben) und Abgleich mit dem aktuellen Luftbild (unten) (Quellen: Schandauer Flöße, Sächsisches Staatsarchiv, Inv.-Nr.: Schr L, F 001, Nr 005a-t. DTK 10, DOP 08/2017, GeoSN 2020).

4 Zusammenfassung und Ausblick – Konzeptionelle Analyse Sedimentprojekte FGG Elbe

Im Rahmen eines Kooperationsvertrages der Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG Elbe) mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) wurde ein Fragenkatalog als konzeptionelle Analyse zu den beiden geplanten FGG Elbe - Projekten „Sedimentdurchgängigkeit im Elbe-Einzugsgebiet und Förderung eines ausgeglichenen Sedimenthaushaltes der Elbe“ und „Erfassung und Bewertung quantitativer und hydromorphologischer Aspekte beispielhafter Nebengewässer im Elbe-Einzugsgebiet“ im Zeitraum Juni 2019 bis März 2021 bearbeitet.

Damit sollten umfangreiche Recherchen zur Prüfung der Eignung der Vorgehensweise im Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (FGG Elbe 2013, 2018; IKSE 2014) hinsichtlich der dort bearbeiteten quantitativen und hydromorphologischen Indikatoren und dem eingesetzten Valmorph-Verfahren der BfG auch für die Nebengewässer der Elbe initiiert werden. Eine Anschlussfähigkeit und Kompatibilität der Erhebungen und Auswertungen zum Sedimentmanagementkonzept, bei dem das Valmorph-Verfahren bereits zum Einsatz gekommen ist, soll bei den geplanten Projekten gewährleistet sein.

Aus Synergiegründen wurden für beide Projektvorhaben dieselben beispielhaft ausgewählten Nebengewässer der Elbe betrachtet, und zwar mit Jeetze, Stepenitz, Ehle, Mulde, Schwarze Elster, Kirnitzsch sowie Lachsbach bzw. Sebnitz insgesamt ca. 400 km Untersuchungsgewässerstrecke.

Im ersten Teil der konzeptionellen Analyse wurde v. a. der enge Zusammenhang zwischen dem Sedimenthaushalt eines Oberflächengewässers (*„gesamtes Sedimentinventar eines Einzugsgebiets und die Veränderungen des Inventars über die Zeit*“) und der Hydromorphologie herausgearbeitet. Diese beeinflussen sich wechselseitig und bestimmen somit entscheidend die Vielfalt der aquatischen Habitate und infolgedessen das Vorkommen oder Fehlen von gewässertypischen Tier- und Pflanzenarten mit. Die Hydromorphologie mit ihren Komponenten Wasserhaushalt, Durchgängigkeit (für Sedimente) und Morphologie (EU-WRRL 2000, OGewV) beeinflusst den gewässertypspezifischen Sedimenthaushalt in seiner Ausprägung maßgeblich. Je mehr der Sedimenthaushalt gewässertypspezifisch ausgeprägt ist, desto gewässertypspezifischer kann sich auch der Formenschatz eines Gewässers ausbilden (Morphologie). Schlechter ausgeprägte hydromorphologische Eigenschaften fungieren daher im Umkehrschluss als „Zeiger“ eines gestörten Sedimenthaushaltes und der zahlreichen anthropogenen Beeinflussungen (Quick et al. 2013, 2014; CIS ECOSTAT 2018). Die Geschiebefracht ist als bettbildendes Element im Gewässersystem hervorzuheben und im Zusammenhang mit der Flächenverfügbarkeit für eine gewässertypspezifisch erfolgreiche Maßnahmenumsetzung essentiell. Vor diesem Hintergrund stellt die Identifizierung und Bewertung hydromorphologischer Zustände im Fluss-, Ufer- und Auenbereich die Grundlage für die Beantwortung weiterführender Fragestellungen zur nachhaltigen Sedimentbewirtschaftung dar. Durch die Anwendung des Valmorph-Verfahrens werden diese objektive Erfassung quantitativer Veränderungen und deren Beurteilung bei einer gleichzeitig exakten Verortung gewährleistet.

Das Bilanzdefizit der Elbe konnte auf Basis der vorhandenen Datenbasis bereits ausreichend gut quantifiziert werden (Defizit von 0,45 Mio. t/a, mittlere Erosionsraten von 1,0 bis 1,25 cm/a). Ebenso konnten die Suspensionsfrachten und Schwebstoffkonzentrationen für die Elbe und deren größte Zuflüsse ermittelt werden (FGG Elbe 2013; IKSE 2014). Aktuellere Auswertungen zeigen generell eine Abnahme der Schwebstoffkonzentrationen in der Elbe.

Für den Sedimenthaushalt konnte der enge Zusammenhang zwischen dem Feststofftransport und der Hydromorphologie anhand von Praxisbeispielen und Laborversuchen aufgezeigt werden. Die fehlende Ausbildung gewässertypspezifischer Strukturen unter Berücksichtigung der verfügbaren Entwicklungsflächen ist oftmals auf den fehlenden Feststoffeintrag zurückzuführen und kann, insbesondere auch bei der Entwicklung von revitalisierten Gewässerabschnitten, zu einer nicht nachhaltigen Gewässerentwicklung führen. Damit stellt ein gewässertypspezifisch aktiver Feststoffeintrag und -austrag eine wichtige Grundlage für die Ausbildung gewässertypspezifischer Strukturen und eines hydromorphologischen Gleichgewichtszustandes dar und beeinflusst damit auch die Entwicklung einer typkonformen Habitatqualität und -diversität.

Für die Erfassung und Bewertung von quantitativen und hydromorphologischen Zuständen inklusive Defiziten für spätere Maßnahmenableitungen stellt ein räumlich integrativer Bearbeitungsansatz einen wichtigen Aspekt dar, der darauf abzielt die Abdeckung der verschiedenen zu berücksichtigenden Skalenebenen zu gewährleisten (von der Messstelle/dem Messwert über aggregierte z. B. 100 m-, 500 m-, 1 km- oder 5 km-Abschnitte, Wasserkörper, Wasserkörpergruppen, überregionale Laufabschnitte bis hin zum Teileinzugsgebiet und gesamten Einzugsgebiet). Dazu stellt die Erfassung lokaler und regionaler Daten und Zustände die Arbeitsgrundlage dar. Für die Bearbeitung der quantitativen und hydromorphologischen Indikatoren nach dem Valmorph-Verfahren stellen die Datenverfügbarkeit und Eignung der Daten entscheidende Faktoren dar. Dazu erfolgte im Rahmen der konzeptionellen Analyse zu den beiden geplanten Sedimentprojekten der FGG Elbe eine Recherche auf drei Erhebungsebenen (Literaturrecherchen, Daten- und Informationen, Archivrecherchen – s. Kap. 2.1, 2.2 und 2.3). Zusammenfassend zeigen die Literatur- und Datenrecherchen für die ausgewählten Nebengewässer der Elbe, dass umfangreich auf eine detaillierte Datengrundlage zurückgegriffen werden kann. In diesem Zusammenhang sind zunächst die länderbezogenen und länderübergreifenden Daten zu nennen (z. B. DGM, DOP, Messstellen, Gewässerentwicklungspläne). Diese Grundlagen werden durch gewässerbezogene Fachdaten und aktuelle Projektdaten ergänzt.

In Anlehnung an die Fragestellung des Referenz-Zustandes für die Anwendung des Valmorph-Verfahrens sind historische Daten wichtig. Im Rahmen der durchgeführten Archivarbeit konnten zahlreiche Archivalien-Titel gesichtet und in Teilen auch bereits digitalisiert werden. Im Rahmen der konzeptionellen Analyse konnten bereits für alle Nebengewässer, unabhängig von der Größe, zahlreiche historische und ebenso aktuelle Daten akquiriert und teilweise bereits aufbereitet werden. Entsprechend der in den Kapiteln 2 und 3 dokumentierten Ergebnisse zu dem Fragenkatalog kann für alle betrachteten Oberflächengewässer von einer erfolgreichen Bearbeitung mit dem Valmorph-Verfahren zur Gewährleistung der Anschlussfähigkeit und Kompatibilität zum Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (FGG Elbe 2013; IKSE 2014) ausgegangen

werden. Bezogen auf die einzelnen Indikatoren werden im Rahmen des Abschlussberichtes jeweils vertiefte Aussagen vorgenommen (Kap. 2 und Kap. 3).

Beispielsweise erfolgte durch die Aufbereitung eines Archivdatensatzes für das Auswahlgewässer Kirnitzsch (SN) in Teilen bereits eine fachliche Bearbeitung der Daten. Obwohl es sich bei dem Gewässer um das kleinste der sieben betrachteten Nebengewässer handelt (MQ 1,44 m³/s Pegel Kirnitzschtal und 157 km² EZG-Größe) und dementsprechend zu Beginn der konzeptionellen Analyse zunächst die schlechteste Datenlage zur Hydromorphologie und Quantität prognostiziert wurde, konnte im Zuge der Recherchen jedoch eine sehr gute Datenlage zusammengestellt werden, die bereits eine Bearbeitung der Valmorph-Indikatoren ermöglicht.

Im Ergebnis der Vorstudie kann damit festgehalten werden, dass nach einer erfolgreichen inhaltlichen Auswertung zahlreiche Daten für eine Auswertung generiert werden können, die eindeutig auf eine erfolgreiche Anwendung des Valmorph-Verfahrens und Fortführung der quantitativen Datenanalysen zum Zeitpunkt des Abschlusses der konzeptionellen Analyse schließen lassen. Durch Anpassungen in der Datenaufbereitung (z. B. Interpolationen) und zusätzlichen Datenerhebungen (z. B. Sedimenttransportmessungen, Querprofile) werden weitere Strategien im Abschlussbericht für die Bearbeitung von Datenlücken vorgestellt und erläutert (s. insbesondere Kap. 2.3.1, 2.3.2 und 2.3.3).

Die im Bericht skizzierten Ergebnisse der konzeptionellen Analyse können ergänzend über die Plattform WasserBLIcK (Literatur, Archivalien, Geoinformationsplattform bzw. File-Geodatabase) als weitere (digitale) Anlagen zum Abschlussbericht bezogen und eingesehen werden und bilden damit bereits zusätzlich die Bearbeitungsgrundlage für ein Folgeprojekt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich auf Basis der Beantwortung des Fragenkataloges und der erzielten Ergebnisse zeigte, dass die für den Einsatz des Valmorph-Verfahrens recherchierten Daten für die adäquate Bearbeitung der Nebengewässer geeignet sind und als zielführend und sehr wertvoll anzusehen sind. **Die konzeptionelle Analyse legt daher die Grundlage für ein weitergehendes Projekt, das die entsprechend auf quantitativen Daten basierenden Erfassungen und Beurteilungen der Hydromorphologie inklusive der Sedimentdurchgängigkeit analog zum Sedimentmanagementkonzept für die Elbe ermöglicht** (s. z. B. Kap. 2.3.1).

Die konzeptionelle Analyse zeigt damit auf, dass fundierte Aussagen und Ergebnisse zum hydromorphologischen Zustand bzw. zum Sedimenthaushalt (Quantität) der Nebengewässer der Elbe wie anvisiert adäquat zum Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (FGG Elbe 2013; IKSE 2014) getroffen und erzielt werden können.

Ein entsprechender Folgeprojektantrag in Kooperation zwischen der FGG Elbe und der BfG und der begleitenden Expertengruppe aus MLUK BB, LHW ST, LfULG SN und TLUG ist aufgrund der erzielten Ergebnisse in Vorbereitung (FGG Elbe und BfG 2021).Maßnahmen in den Nebengewässern, die hydromorphologische Aspekte des Sedimenthaushaltes wie die Sedimentdurchgängigkeit zur Unterstützung der hydromorphologischen Gewässerausprägungen als Basis für Fauna und Flora adressieren, sind dabei neben ihren positiven Wirkungen für die Nebengewässer selbst aufgrund der Oberlieger-Unterlieger-Wirkungszusammenhänge auch von entscheidender Relevanz für die Zustandsausprägungen der Elbe als Hauptvorfluter im Elbe-Einzugsgebiet.

Literatur

Abromeit, L. (2015): Vjosa – der Preis des Stroms. In: Grunner & Jahr (Hrsg.): Geo-Magazin 12. Hamburg.
Antons, C.; Laskowski, S.; Makus, J.; Rechenbach, N.; Sterna, M.; Hermann, M. (2012): Gewässerentwicklungskonzept Stepenitz, Dömnitz & Jeetzebach. Pöyry Deutschland GmbH im Auftrag des Landesamts für Umwelt, Gesundheit und Vebraucherschutz Brandenburg. Schwerin, Potsdam.
Armenat, M. (2012): Die „vollkommende Ausbildung“ der Schwarzen Elster. In: Bayerl, G.: Cottbuser Studien zur Geschichte von Technik, Arbeit und Umwelt, 39. Waxmann. Münster, New York, München, Berlin.
ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2000): Die Elbe und ihre Nebenflüsse – Belastung, Trends, Bewertung, Perspektiven. Bearbeiter: Prange, A.; Furrer, R.; Einax, J. u. a. Hennef.
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU Bayern) (2012): Merkblatt Nr. 2.4/2 - Slg Wasser. LfU. Augsburg.
BMVI (2016): Sedimentdurchgängigkeit der Bundeswasserstraßen im Binnenbereich. Metastudie. Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Karlsruhe, Koblenz.
Brandstetter, B.; Gehres, N.; Vollmer, S. (2012): Messverfahren des Geschiebetriebs für Wasserstraßen. BfG-Bericht Nr. 1761. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (1999): Gewässerstrukturkartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer. Kulturbuch-Verlag GmbH, Berlin.
Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2002): Gewässerstrukturkartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Übersichtsverfahren. 1. Auflage 2004. Kulturbuch-Verlag GmbH, Berlin.
Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2019): Integriertes Sedimentmanagement in Flusseinzugsgebieten, Positionspapier. LAWA, Jena.
Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), DHI WASY & Ingenieurbüro Floecksmühle (2017): Bewertung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für Sedimente (Stand Februar 2017). https://www.gewaesser-bewertung.de/files/ahb_durchgangigkeit_sedimente-170318-3.pdf (17.12.2020).
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) (1994): Kornzusammensetzung der Elbesohle von der deutsch-tschechischen Grenze bis zur Staustufe Geesthacht, BfG-0734. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) (2006): BfG – Merkblatt Geschiebemessung, Anleitung zur Durchführung von Geschiebemessungen mit der BfG – Geschiebefänger. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (Hrsg.) (2008): Schwebstoffe im Fließgewässer – Leitfaden zur Erfassung des Schwebstofftransports. BMLFUW, Wien.
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (Hrsg.) (2011): Fließgewässermodellierung – Arbeitsbehelf Feststofftransport und Gewässermorphologie. BMLFUW, Wien.
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (Hrsg.) (2015): Geschiebemessung an Drau und Isel 2007 – 2012; Endbericht. BMLFUW, Wien.

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) (Hrsg.) (2020): Geschiebemessung an Drau und Isel, Messperiode 2018 – 2019. BMLRT, Wien.
CEE Hydro Systems (2020): HR Wallingford ARC-Boat. https://www.ceehydrosystems.com/products/unmanned-survey-vessels/arc-boat/ (18.01.2021).
Charlton, R. (2008): Fundamentals of fluvial geomorphology. Routledge, London.
CIS ECOSTAT hydromorphology (2018): River Hydromorphological Assessment and Monitoring Methodologies – FINAL REPORT. Part 1 – Summary of European country questionnaires and Part 2 – Summary report of workshop – Key conclusions & recommendations, Workshop on Methods for River Hydromor-phological Assessment and Monitoring of the expert group hydromorphology, 20-22 November 2017, Madrid.
CIS-ECOSTAT (2006): Alternative methodology for defining Good Ecological Potential (GEP) for Heavily Modified Water Bodies (HMWB) and Artificial Water Bodies (AWB). Annex II in: Good practice in managing the ecological impacts of hydropower schemes; flood protection works; and works designed to facilitate navigation under the Water Framework Directive", final Version.
Conevski, S.; Guerrero, M.; Winterscheid, A.; Rennie, C. D.; Ruther, N. (2020): Acoustic sampling effects on bedload quantification using acoustic Doppler current profilers, Journal of Hydraulic Research. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00221686.2019.1703047?scroll=top&needAccess=true (18.06.2020).
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) (2012): Merkblatt DWA-M 525; Sedimentmanagement in Fließgewässern – Grundlagen, Methoden, Fallbeispiele. DWA, Hennef.
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) (2015): Merkblatt DWA-M 526; Grundlagen morpho-dynamischer Phänomene in Fließgewässern. DWA. Hennef.
Donner, M., Linnenweber, C. (2021): Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit in Fließgewässern. In: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): Korrespondenz Wasserwirtschaft 1/21. Hennef. 36 – 40.
DVWK Regeln zur Wasserwirtschaft (1992): Heft 127 Geschiebemessungen. Kommissionsvertrieb Verlag Paul Parey Hamburg und Berlin, Hamburg.
Ellmann, H.; Schulze B.; Steinmetz, A.; Gottelt, C. (2015): Gewässerentwicklungskonzept „Ehle-Ihle". Ellmann und Schulze GbR, biota-Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH, im Auftrag des Landesbetriebs für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft, Gewässerkundlicher Landesdienst, Sieversdorf, Magdeburg.
FGG Elbe (2009): Bewirtschaftungsplan nach Artikel 13 der Richtlinie 2000/60/EG für den deutschen Teil der Flussgebietseinheit Elbe. Magdeburg.
FGG Elbe (2013): Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe - Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele. Bearbeiter: Heininger, P.; Blondzik, K.; Gabriel, T.; Kasimir, P.; Keller, I.; Netzband, A.; Pfeiffer, P.; Quick, I.; Rickert-Niebuhr, K.; Rohde, S.; Schulz, F.; Schwandt, D.; Schwartz, R.; Steffen, D.; Tobian, I.; Vollmer, S.; von Seggern, D.; Wenzel, C.; Wilke, R.; Wolf, M. FGG Elbe, Magdeburg.
FGG Elbe (2018): Kurzbericht zum Umsetzungsstand der Sedimentmanagementkonzeptes. Gemeinsamer Bericht der Bundesländer der Flussgebietsgemeinschaft Elbe. FGG Elbe, Magdeburg.
FGG Elbe; BfG (2021): Folgeantrag zu der konzeptionellen Analyse zu den Sedimentprojekten Nebengewässer FGG Elbe („Sedimentdurchgängigkeit im Elbe-Einzugsgebiet und Förderung eines ausgeglichenen Sedimenthaushalts" und „Erfassung und Bewertung quantitativer und hydromorphologischer Aspekte beispielhafter Nebengewässer im Elbe-

Einzugsgebiet“) im Rahmen der Fortführung des Kooperationsvertrages zwischen der FGG Elbe und BfG. Magdeburg/Koblenz.
Frings, R. M.; Gehres, N.; Promny, M.; Middelkoop, H.; Schüttrumpf, H.; Vollmer, S. (2014): Today's sediment budget of the Rhine River channel, focusing on the Upper Rhine Graben and Rhenish Massif. Geomorphology. Volume 204, 1 January 2014, Pages 573 - 587.
Giebel, H.; Rosenzeweig, S.; Schleuter, M. (2011): Ökologische Modellierungen für die Wasser und Schifffahrtsverwaltung; Das integrierte Flussauenmodell INFORM in seiner neuesten Fassung (Version 3). BfG-Bericht Nr. 1667. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
Gray, J. R.; Laronne, J. B.; Marr, J. D. G. (2010) Bedload-surrogate monitoring technologies: U.S. Geological Survey, Scientific Investigations Report 2010-5091. http://pubs.usgs.gov/sir/2010/5091/pdf/sir2010-5091.pdf (19.03.2020).
HABAB-WSV (2017): Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut aus Bundeswasserstraßen im Binnenland. Anlage 5: Informationen zu Sedimenttransport, Schwebstoffkonzentration (Quantität) und hydromorphologischen Indikatoren. BfG & GDWS, im Auftrag des BMVI. Koblenz, Bonn.
Habersack, H. (2000): The river scaling concept (RSC): a basis for ecological assessments. In: Hydrobiologia 422/423, 49 - 60.
Haimann, M.; Aigner, J.; Gmeier, P.; Lalk, P.; Habersack, H. (2017): Hochwasser und Feststoffe zum flussmorphologischen Raumbedarf. In: Öster. Wasser- und Abfallw. 2018, 70. 78-89.
Hillebrand, G.; Frings, R. M. (2017). Von der Quelle zur Mündung: Die Sedimentbilanz des Rheins im Zeitraum 1991 – 2010. Bericht KHR/CHR II-22. Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes, Lelystad.
Hillebrand, G.; Hatz, M.; Reiß, M.; Rihani, J. (2020): Indikatorbasierte Istzustands- und Defizitanalyse der deutschen Binnenelbe – Sohlerosion und morphologische Entwicklung. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz (in Bearbeitung).
Hillebrand, G.; Otto, W.; Schmegg, J.; Vollmer, S.; Gehres, N. (2015): Neuausrichtung des WSV.Messstellennetzes Schwebstoffmonitoring. BfG-Bericht Nr. 1799. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
Hoffmann, T.; Baulig, Y.; Vollmer, S.; Blöthe, J. (2020): Back to pristine levels? Decreasing suspended sediment transport in German waterways. Paper RiverFlow 2020, Delft.
Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) (2014): Sedimentmanagementkonzept der IKSE - Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele. Bearbeiter: Heininger, P.; Hildebrandt, T.; Kasimir, P.; Netzband, A.; Quick, I.; Rohde, S.; Schwandt, D.; Schwartz, R.; Vollmer, S.; Dušek, B.; Halířová, J.; Kliment, V.; Langhammer, J.; Medek, J. IKSE, Magdeburg.
Jährling, K.-H. (2013): Chancen der Wiederbesiedlung des Elbegebietes durch den Europäischen Stör (Acipenser sturio) – eine Vision auf dem Weg zur Realität oder zum Störfall. In: Görner, M. (Hrsg.): Artenschutzreport 32. Jena. 25 - 41.
Jährling, K.-H. (2013): Rolle von Morphodynamik und Feststoffhaushalt für die Umsetzung der EU-WRRL – fachliche Grundlagen, Beispiele und inhaltliche Defizite. In: Görner, M. (Hrsg.): Artenschutzreport 36. Jena. 42- 50.
Jährling, K.-H. (2021): Auswirkungen des Klimawandels auf entscheidende Basisgrößen hydromorphologischer Gewässerkomponenten – (k)ein Blick in die Glaskugel. In: Görner, M. (Hrsg.): Artenschutzreport 44. Jena. 1 - 16.
Juszczyk, I.; Egger, G.; Müller, N.; Reich, M. (2020): Auswirkungen der Ausleitung der oberen Isar auf die Auenvegetation. In: Auenzentrum (Hrsg.): Auenmagazin 17/2020. Neuburg, Ingolstadt. 28-37.
Knighton, D. (1984): Fluvial forms and processes. Edwald Anrold. London.
Krüger, F. (2015): Hochwassergebundener Sediment- und Schadstoffeintrag in die Auen der Mittelelbe. Dissertation Universität Lüneburg.

Krüger, F.; Scholz, M.; Kreibich, M.; Baborowski, M. (2014): Studie zur Erarbeitung des Sedimentrückhalts in Auen als Teilfunktion des Sedimenttransportgeschehens an der Elbe. Abschlussbericht, i. R. „Schadstoffsanierung Elbesedimente – ELSA“, Behörde für Stadtentwicklung. Hamburg.
Küster, H.-J. (2010): Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa; Von der Eiszeit bis zur Gegenwart. Beck, München.
Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV) (2020): Geoportal Bayern – Bayernatlas, Positionskarten 1:25.000. https://www.ldbv.bayern.de/produkte/historisch/position.htmll (17.11.2020).
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) (2012): Gewässerstruktur in Nordrhein-Westfalen, LANUV-Arbeitsblatt 18. https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/4_arbeitsblaetter/40018.pdf (09.02.2021).
Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU BB) (2020): Hochwasserrisikomanagement Schwarze Elster. https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/umwelt/wasser/hochwasserschutz/schwarze-elster/ (22.12.2020).
Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV) (2006): Kirnitzsch, Querprofile. LTV, Radeburg.
Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV) (2012): Kirnitzsch, Fluss-km. 0+000 bis 29+941, Wasserspiegellagenberechnung und Ausweisung der Überschwemmungsflächen, Lage- und Höhenplan. LTV, Radeburg.
Liedermann, M.; Tritthart, M.; Gamnitzer, R.; Lautenschläger, O.; Rupp, J.; Habersack H. (2008): Bed load sampling using an innovative ultrasonic device and its validation by applying a well approved method. In: Altinakar, M.S., Kokpinar, M.A., Darama, Y., Yegen, E.B., Harmancioglu, N. (Eds.), International Conference on Fluvial Hydraulics, River Flow 2008, 3.- 5.9.2008, Cesme-Izmir.
Marti, C. (2006): Morphologie von verzweigten Gerinnen – Ansätze zur Abfluss-, Geschiebetransport und Kolktiefenberechnung. Mitteilung Nr. 199, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie. ETH-Zürich, Zürich.
Montenegro, H. (2013): Untersuchung des Wirkungszusammenhangs zwischen Abflussdynamik und Grundwasser. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hrsg.): BAW Mitteilungen 97/2013. 135 – 148. Karlsruhe.
Naumann, S.; Schriever S.; Möhling M.; Hansen O.; Schmidt A.; Gölz E. (2003): Bedeutung der Nebenflüsse für den Feststoffhaushalt der Elbe. Abschlußbericht, Bd. 1. BfG-Bericht Nr. 1382. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
Nestmann, F.; Büchele, B. (Hrsg.) (2002): „Morphodynamik der Elbe; Schlussbericht des Verbund-projektes mit Einzelbeiträgen der Partner und Anlagen-CD. Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik Universität Karlsruhe (TH). Karlsruhe.
Puhlmann, G.; Rast, G. (1997): Zum Feststoffhaushalt der Mulde im Bereich Sachsen-Anhalt – Zustand, Perspektiven und Handlungsempfehlungen aus ökomorphologischer Sicht. In: Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Hrsg.): Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt, 34, Halle (Saale). 33-37.
Quick, I. (2011): Ermittlung und Bewertung hydromorphologischer Indikator-Parameter an Bundeswasserstraßen. In: BfG (Hrsg.): BfG-Veranstaltungen. Erfassung und Bewertung des hydromorphologischen Zustandes in Wasserstraßen. 13. Gewässermorphologisches Kolloquium, Koblenz.
Quick, I.; Cron, N.; Schriever, S.; König, F.; Vollmer, S. (2013): Die Bedeutung der Sedimente für die Ausprägung der Hydromorphologie großer Fließgewässer als unterstützende Komponente für die Zielerreichung nach Wasserrahmenrichtlinie. In: Deutsche Gesellschaft für Limnologie (Hrsg.): Erweiterte Zusammenfassungen 2012 (Koblenz), Hamburg, Berlin. 370-375.

Quick, I.; Jährling, K.-H.; Vollmer, S.; Anlanger, C.; Fricke, D. (2014): Hydromorphologische Indikatoren als Zeiger für den Status des Sedimenthaushaltes der Elbe zwischen der deutsch-tschechischen Grenze und Geesthacht. In: Fachbeiträge zum Sedimentmanagementkonzept Elbe. Schriftenreihe Mitteilungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. 30: S. 77-141. Koblenz. Bundesanstalt für Gewässerkunde.
Quick, I.; König, F.; Baulig, Y.; Borgsmüller, C.; Schriever, S. (2017): Das hydromorphologische Erfassungs- und Bewertungsverfahren Valmorph 2 für schiffbare Oberflächengewässer. BfG-Bericht Nr. 1910. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
Quick, I.; König, F.; Sauer, T.; Gintz, D.; Lütz, M.; Kranz, S.; Borgsmüller, C.; Schriever, S.; Wick, S. (2019): Hydromorphologisches Monitoring zur Gewässerentwicklung bei Maßnahmen in und an Bundeswasserstraßen. BfG-Bericht 1911. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
Requena, P. (2008): Seitenerosion in kiesführenden Flüssen. Disseration, Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Nr. 18074.
Requena, P.; Hens, T. (2012): Erfassung und Bewertung hydromorphologischer Parameter von relevanten Nebengewässern der Elbe. Björnsen Beratende Ingenieure GmbH, Koblenz.
Requena, P.; Wegner, H.; Ueberfeld, R.; Brandt, J. (2019): Planungsansatz zur Herstellung einer naturnahen Gewässerdynamik. In: Schüttrumpf (Hrsg.): Naturnahe Gewässerentwicklung – Beiträge aus Praxis und Forschung. Mitteilungen d. Lehrstuhl u. Instituts f. Wasserbau u. Wasserwirtschaft, RWTH Aachen, 174. Aachen. 13 – 20.
Rihani, J. & Hillebrand, G. (2020). Sedimentbilanz der Binnenelbe (BfG-Bericht). Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz (In Bearbeitung).
Riverwatch (2020): Die Vjosa. https://v2.balkanrivers.net/de/schwerpunktgebiete/die-vjosa (15.10.2020).
Rommel, J.; Hatz, M. (2012): Recherche und Aufbereitung von Inhalten historischer Karten der Elbe zur Nutzung in der Flusshydrologischen Software FLYS. BfG-Bericht Nr. 1724. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
Rößler, N.; Egger, G.; Drescher, A. (2018): Die Pflanzenwelt der Wildflusslandschaft an der Vjosa im Süden Albaniens, einzigartig und bedroht! In: Auenzentrum (Hrsg.): Auenmagazin 14/2018. Neuburg, Ingolstadt. 39 - 46.
Sauer, W. (2000): Quantifizierung sohlhöhenrelevanter Feststofftransportprozesse in der Elbe.Abschlussbericht der Teilprojekte II. 3 „Suspendierte Feststofffracht“ und I.6. „Hydrologisches Feststoff-Bilanz-Modell (HFBM)“, Berlin-Koblenz, 1 - 44.
Schleiss, A. J.; Bühlmann, I.; Thalmann, M.; Maechler, G.; Juez, C.; Franca, M. (2018): Feinsedimentdynamik in revitalisierten Flüssen. In: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): Korrespondenz Wasserwirtschaft 11/18, Hennef. 211 – 216.
Schulz-Zunkel, C.; Rast, G.; Schrenner, H. (2017): Wilde Mulde – Revitalisierung einer Wildflusslandschaft in Mitteldeutschland. In: Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Hrsg.): Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt, 54, Halle (Saale). 46 - 65.
Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GEOSN) (2020): DTK 10, DOP Stand 08.08.2017, DGM 1 Stand 13.3.2017. https://www.landesvermessung.sachsen.de/geodaten-online-3962.html (01/2021).
Thiele, K.; Vetter, T.; Schmidt, K.-H. (2001): Laufmusterveränderungen der Mulde im Raum Bitterfeld und deren morphodynamische und anthropogene Steuerung. In: Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Hrsg.): Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, 23, Halle (Saale). 17 - 26.
Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Gewässer in Deutschland; Zustand und Bewertung. UBA. Dessau-Roßlau.
Vetter, T. (1999): Hallesche Geographen gehen der Mulde auf den Grund. https://idw-online.de/de/news15597 (09.02.2021).

Vetter, T. (2008): Hochwasserbegleitende Sohldynamik eines großen Flachlandflusses (Vereinigte Mulde, Sachsen-Anhalt) unter besonderer Berücksichtigung von gestörten Transportverhältnissen. In: Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald (Hrsg.): Greifswalder Geographische Arbeiten, 43, Greifswald.
Völker, J.; Rehse, C. (2019): Abschlussbericht Sachverständigenrat für Umweltfragen. Analyse und Bewertung der Maßnahmen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Bezug auf hydromorphologische Herausforderungen. Sconas – Science, Kassel.
Vollmer, S. (2014): Ermittlung der bettbildenden Abflussbereiche in der Binnenelbe (unveröffentlicht). Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz.
Vollmer, S.; Schriever, S. (2004): Feststofftransport und Flussbettentwicklung der Elbe. BfG-Bericht Nr. 1431. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
Wernike, N.; Hofer, G.; Habendorf, K.; Böhme, V. (2012): Gewässerentwicklungskonzept Jeetze/Dumme. IHU Geologie und Analytik, im Auftag des Landesbetriebs für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft, Gewässerkundlicher Landesdienst. Stendal, Magdeburg.
Weyand, M. (2020): Einfluss dynamischer Prozesse auf die Gewässerentwicklung. In: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): Korrespondenz Wasserwirtschaft 5/20, Hennef. 265 – 271.
Wigget, J.; Jolk, C.; Stolpe, H. (2020): Erhebung von Gewässerquerschnitten für den Aufbau eines 1D-hydrodynamischen Modells für das Untere Olifants-Flusseinzugsgebiet in Südafrika. In: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): Korrespondenz Wasserwirtschaft 10/20, Hennef. 558 – 563.
Wilde Mulde – Verbundprojekt (2020): Forschung; Hydraulik und Hydromorphologie. https://wilde-mulde.de/forschung/ (25.02.2020).
Zanke, U. C. E (2002): Hydromechanik der Gerinne und Küstengewässer, Für Bauingenieure, Umwelt- und Geowissenschaftler. 1. Auflage. Parey Buchverlag, Berlin.

Abbildungen

Abbildung 1: Ausgewählte und betrachtete Gewässer- bzw. Gewässerabschnitte im Elbe-Einzugsgebiet zusätzlich zu der im Sedimentmanagementkonzept bearbeiteten Elbe und Zuordnung der entsprechenden Fließgewässertypen (BfG 2019). 5

Abbildung 2: Naturräumliche und anthropogene Faktoren, die die Ausprägung der Hydromorphologie und des Sedimenthaushaltes sowie ihr Zusammenwirken beeinflussen (nach Quick et al. (2013), verändert nach Charlton (2008) und Frings et al. (2014)). 10

Abbildung 3: Sedimentbilanzierung einer Flussstrecke (verändert nach DWA 2012). 11

Abbildung 4: Prozentuale Beteiligung der Korngrößenfraktionen am Sohlmaterial der Elbe im Längsschnitt von Elbe-km 0 bis 580 (Vollmer 2014 nach BfG 1994). 16

Abbildung 5: Kartenausschnitt, hydromorphologischer Zustand im Elbegebiet - Bewertung der mittleren Sohlhöhenänderung (FGG Elbe 2013, S. 30). 18

Abbildung 6: Kartenausschnitt, hydromorphologischer Zustand im Elbegebiet - Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit (FGG Elbe 2013, S. 29). 19

Abbildung 7: Kartenausschnitt, mittlere Schwebstoff-Jahresfrachten im Elbegebiet (2003-2008) (IKSE 2014, S. 22). 23

Abbildung 8: Mittlere Schwebstoffkonzentrationen im Elbegebiet (2003 – 2008) (FGG Elbe 2013, Anlage 4, Karte 1). 24

Abbildung 9: Bildausschnitt Vjosa nahe Tepelena (Albanien) (Foto oben: Romy Durst, Riverwatch 2020), Gewässersystem im Norddeutschen Tiefland mit einer landwirtschaftlich überprägten Fläche (Luftbild unten: Amber 2020, mapbox, Foto unten: Kathöfer 2019). 28

Abbildung 10: Weitgehend unveränderter Oberlauf der Isar an der deutsch-österreichischen Grenze mit einem hohen Verlagerungs- und Entwicklungspotential (Kathöfer 2020). 29

Abbildung 11: Isar oberhalb des Sylvensteinspeichers – Positionsblätter 1:25.000 um 1860 (links: Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung 2020), Isar oberhalb des Sylvensteinspeichers, aktuelles Luftbild (rechts: Google 2020, Bilder 2020 GeoBasis DE/BKG). 29

Abbildung 12: Idealisierter zeitlicher Verlauf einer Zustandsvariable unter Berücksichtigung einwirkender Prozesse (Weyand 2020, S. 267 nach Knighton 1984). 31

Abbildung 13: Physikalisches Modell zur Untersuchung der zeitlichen und räumlichen Entwicklung der Seitenerosion nach Entfernung der Uferbefestigung. Momentaufnahmen zu verschiedenen Zeitpunkten (Ausschnitt Requena 2008, S. 80). 34

Abbildung 14: Von links nach rechts: a) Zustand des Gerinnes am Beispiel von Versuchen mit Geschiebegleichgewicht und b) Geschiebedefizit bei sonst gleichen Randbedingungen, jeweils mit hervorgehobenen Fließwegen (Requena 2019, S. 18 nach Requena 2008) / c) Zustand des Gerinnes am Beispiel von Versuchen mit Geschiebegleichgewicht und entsprechender Bildung von verzweigten Laufstrukturen sowie d) Versuche mit Geschiebedefizit und Bildung eines gewässertypunspezifischen

Einzelgerinnes durch Tiefenerosion bei sonst gleichen Randbedingungen (Requena 2019, S. 19, nach Marti 2006).....34

Abbildung 15: Hierarchische Gliederung von Flussökosystemen/ergänzt um die Einteilung nach Standort, Wasserkörper und Flussgebiet (DWA 2015 nach Fussel et al. 1986, verändert nach Kathöfer 2020). 36

Abbildung 16: River Scaling Concept (BMLFUW 2011, S. 22, nach Habersack 2000). ...38

Abbildung 17: Nationalpark Sächsische Schweiz; Sedimentumlagerung in der Oberen Schleuse in Hinterhermsdorf (Quelle: Amtsblatt Stadtverwaltung Sebnitz 2019, Landestalsperrenverwaltung M. Schulze). 42

Abbildung 18: Korngrößenzusammensetzungen von Sohlproben und Geschiebe, Kirnitzsch bei Bad Schandau 1999 und 2000 (Naumann et al. 2003, Anlage 2). 44

Abbildung 19: Ausschnitt Datensatz BfN-Auenbilanzierung, Schwarze Elster bei Schweinitz (Sachsen-Anhalt) (Datengrundlage: Bearbeitet nach BfN 2009). 45

Abbildung 20: Wasserspiegellagenberechnung, Entwurfsvermessung, Gewässer Kirnitzsch Blatt 9, Fluss-km 0+000 bis 15+102, Maßstab 1:1000, (oben); exemplarisch aufgezeigte Querprofile Kirnitzsch, Maßstab 1:200 (unten) (LTV, 2012, 2006). 46

Abbildung 21: Ausschnitt Zugriff auf die Archivalien über die Plattform WasserBLIcK am Beispiel der Signaturen für die Schwarze Elster (Archivalien → Schwarze Elster).....49

Abbildung 22: Deich-Laserscan Schwarze Elster (LfU BB 2020). 51

Abbildung 23: Beispiel für den Referenz-Zustand Breitenvariation, Ausschnitt Mulde bei Dessau, 1868 (LHASA, DE, Wasserbauamt/Karten, Ausschnitt aus IV/11/250). 53

Abbildung 24: Beispiel für den Referenz-Zustand Breitenvariation, Ausschnitt Querprofile der Stepenitz, in Abständen von 4 km aufgenommen, 1935 (Quelle: Ausschnitt aus BLHA Nr. Rep. 31 A, 2718). 53

Abbildung 25: Beispiel für den Referenz-Zustand Tiefenvariation, Ausschnitt Höhenplan der Jeetze bei Salzwedel, 1931 (Quelle: NLA Hannover, Ausschnitt aus ACC. 3/035 Nr. 457). 54

Abbildung 26: Beispiel für den Referenz-Zustand Mittlere Sohlhöhenänderung, Ausschnitt Querprofile der Jeetze, aufgenommen in 100 m-Abschnitten (Quelle: NLA Hannover, Ausschnitt aus ACC. 3/035 Nr. 457). 55

Abbildung 27: Beispiel für den Referenz-Zustand Flächenanteil überflutbarer Auen, Ausschnitt Schandauer Flöße, 1801 (Sächsisches Staatsarchiv, Ausschnitt aus Inv.-Nr.: Schr L, F 001, Nr. 005a-t). 56

Abbildung 28: Beispiel für den Referenz-Zustand Sohl- und Auenstrukturen, Ausschnitt Verlauf der Stepenitz bei Wittenberg, 1782 (Brandenburgisches Landeshauptarchiv, Ausschnitt aus 180/1 G/ÜF).....58

Abbildung 29: Exemplarische Ermittlung eines rezenten Auensegmentes (Nähe Lutherstadt Wittenberg; rezente Aue = rot umrandet, morphologische Aue = grün umrandet). Quelle: Quick et al. 2017, S. 103 nach Brunotte et al. 2009; BfN (2011, 2012). 60

Abbildung 30: Anhand von Messdaten ermittelte (schwarz) und interpolierte (rot) mittlere charakteristische Korngrößendurchmesser (Dm) der im Rahmen des Sedimentmanagementkonzeptes der Elbe zu betrachtenden Gewässerstrecke der Havel (Requena und Hens, 2012, S. 35). 66

Abbildung 31: Einzelkomponenten eines Geschiebefängers (Brandstetter et al. 2012, S. 35 nach BfG Schmegg, 2006). 69

Abbildung 32: Beispielhafte Tracerarten (Brandstetter et al. 2012, S. 47). 70

Abbildung 33: Messstation Falkensteinsteg/Drau, Profilmessung mit Fangkorb (b) (BMLRT 2020, S. 7). 73

Abbildung 34: Detektion der Verteilung der Schwebstoffkonzentration mittels ADCP-Auswertung und Konzentrationen der Schwebstoffproben an den jeweiligen Entnahmepunkten (Dreiecke) am Pegel Admont/Enns (BMLFUW 2008, S. 63), Messboot HR Wallingford (CEE Hydro Systems 2020). 73

Abbildung 35: Luftbild der Kirnitzsch (Ostrauer Mühle) in Kombination mit der Digitalen Topographischen Karte im Maßstab 1:10.000 (Quelle: DTK 10 SN, DOP SN 08/2017, GeoSN 2020. https://www.landesvermessung.sachsen.de/digitale-topographische-karte-6074.html). 75

Abbildung 36: Digitale Geländemodelle unter Anwendung unterschiedlicher Kontraste, Bsp. Untersuchungsgewässer Kirnitzsch mit erkennbaren Strukturen in Fluss und Aue (Quelle: DGM 1 SN 03/2017 bearbeitet, DOP 08/2017, GeoSN 2020. https://www.landesvermessung.sachsen.de/luftbild-produkte-3986.html). 75

Abbildung 37: Ausschnitt Wasserspiegellagenberechnung, Entwurfsvermessung, Gewässer Kirnitzsch mit einem Digitalen Geländemodell (Quelle: DGM 1 SN 03/2017 bearbeitet, GeoSN 2020. https://www.landesvermessung.sachsen.de/digitales-gelaendemodell-4082.html. Kirnitzsch Lage und Höhenplan, LTV Sachsen - Betrieb Oberes Elbetal 2012.). 76

Abbildung 38: Georeferenzierung der Karte "Schandauer Flöße" von 1801 auf Basis der aktuellen topographischen Karte (Maßstab 1:10.000) (oben) und Abgleich mit dem aktuellen Luftbild (unten) (Quellen: Schandauer Flöße, Sächsisches Staatsarchiv, Inv.-Nr.: Schr L, F 001, Nr 005a-t. DTK 10, DOP 08/2017, GeoSN 2020)....77

Tabellen

Tabelle 1: Hydromorphologische Qualitätskomponenten nach EU-WRRL und OGewV..... 9

Abkürzungen

a	Jahre
ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler (Ultraschall-Doppler-Profil-Strömungsmesser)
afS	abfiltrierbare Stoffe
Art.	Artikel
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
cm	Zentimeter
et al.	und andere
etc.	et cetera
EU-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
DGM	Digitales Geländemodell/Digitale Geländemodelle
d. h.	das heißt
docx	Document Xml (Dateiformat Microsoft Word)
DOP	Digitales Orthophoto
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall
EZG	Einzugsgebiet
f./ff.	folgende Seite/folgende Seiten
FGG	Flussgebietsgemeinschaft Elbe
FIS	Fachinformationssystem
ggf.	gegebenenfalls
GIS	Geografisches Informationssystem
HMWB	heavily modified waterbody
i. d. R.	in der Regel
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
JPEG	Joint Photographic Experts Group (Dateiformat, komprimierte Bilddateien)
Kap.	Kapitel
kg	Kilogramm
km	Kilometer
l	Liter
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
m	Meter

Mio.	Million
MNQ	Mittlerer niedrigster Abfluss
MQ	Mittlerer Abfluss
MSHÄ	Mittlere Sohlhöhenänderung
NWB	natural waterbody
OGewV	Oberflächengewässerverordung
PDF	Portable Document Format (plattformunabhängiges Dateiformat)
SeMK	Sedimentmanagementkonzept
s	Sekunde
s.	siehe
SN	Sachsen
s. u./s. o.	siehe unten/siehe oben
sog.	sogenanntes
t	Tonnen
Tab.	Tabelle
TIFF	Tagged Image File Format (Format für gerasterte Fotos/Druckproduktion)
u. a.	unter anderem
u. U.	unter Umständen
v. a.	vor allem
Valmorph	eVALuation of MORPHology
vgl.	vergleiche
WMS	Wep Map Service (Internet-Kartendienste)
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

Anlage I – Gewässerübersicht

Untersuchungsgewässer der „Konzeptionellen Analyse Sedimentdurchgängigkeit und Hydromorphologie Nebengewässer der FGG Elbe“		**Kennzahlen** Länge km / AEo km²/ MQ m³/s (Bezugspegel)	**Gewässer-einstufungen** NWB/HMWB	**Gewässertyp** LAWA-Typ
1	**Jeetze/Jeetzel**	73 / 1928 / 6,28 (Pegel Lüchow)	NWB, HMWB	Typ 16 Kiesgeprägte Tieflandbäche Typ 15 Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse
2	**Stepenitz**	86,4 / 862 / 3,24 (Pegel Wolfshagen)	NWB	Typ 14 Sandgeprägte Tieflandbäche Typ 15 Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse
3	**Ehle**	40 / 510 / 0,97 (Pegel Dannigkow)	HMWB	Typ 16 Kiesgeprägte Tieflandbäche (unter Nichtbeachtung des Typwechsels zum Typ 19 in der Überflutungsaue der Elbe)
4	**Mulde** (Auslauf Muldestausee bis Mündung bzw. bis letztes QBW vor Mündung/Sediment-managementkonzept Elbe)	147 / 7400 / 64,2 (Pegel Bad Düben)	NWB	Typ 17 Kiesgeprägte Tieflandflüsse
5	**Schwarze Elster** (Senftenberger See bis Mündung bzw. bis ursprünglich letztes QBW/Sediment-managementkonzept Elbe)	179 / 5705 / 18,4 (Pegel Lauchhammer)	NWB	Typ 15 Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse Typ 17 Kiesgeprägte Tieflandflüsse
6	**Kirnitzsch**	45 / 157 / 1,44 (Pegel Kirnitzschtal)	NWB	Typ 5 Grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche Typ 9 Silikatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse
7	**Lachsbach (Polenz/Sebnitz)**	33,6 / 276 / 3,1 (Pegel Porschdorf 1)	NWB, HMWB	

Anlage II – Ergebnisse, Daten- und Informationen

Quantitativ → Durchfluss, Schwebstoffkonzentration, Schwebstofffracht, Geschiebe

Hydromorphologisch → Mittlere Sohlhöhenänderung, Sedimentdurchgängigkeit, Breitenvariation, Tiefenvariation, Korngrößenverteilung des Sohlsubstrates, Uferstruktur, Verhältnis morphologische/rezente Aue

Bundesland			**Gewässerauswahl (s. Kap. 1)**						
			Lachsbach/ Sebnitz	**Kirnitzsch**	**Stepenitz**	**Schwarze Elster**	**Mulde**	**Ehle**	**Jeetze**
Sachsen			**x**						
Sachsen-Anhalt						**x**	**x**	**x**	**x**
Niedersachsen									**x**
Brandenburg					**x**	**x**			-
Quantität/Hydro-morphologie	**Indikator**	**Datenquelle**	**Verfügbarkeit**		**Verfügbarkeit**		**Verfüg-barkeit**	**Verfügbarkeit**	
Quantität	Durchfluss	- Ländermessstellen	ja		ja		ja	ja	
		- Studien, Publikationen	DGJ		DGJ		DGJ	DGJ	
	Schwebstoffhaushalt - Schwebstoffkonzentration	- Ländermessstellen	Gütemessnetz		Gütemessnetz		Gütemessn.	Gütemessnetz	
		- Studien, Publikationen etc.	ja, vgl. Lit.		ja, vgl. Lit.		ja, vgl. Lit.	ja, vgl. Lit.	
	Schwebstoffhaushalt - Schwebstofffracht	- Ländermessstellen	nein		Nein / Einzeldaten		Einzeldaten	nein	
		- Korngrößen, -zusammensetzungen	Einzeldaten		Einzeldaten		Einzeldaten	nein / Einzeldaten	
		- Studien, Publikationen etc.	ja, vgl. Lit.		ja, vgl. Lit.		ja, vgl. Lit.	ja, vgl. Lit.	
	Geschiebe	- Geschiebefallen	nein		nein		nein	nein	
		- Korngrößen, -zusammensetzungen	Einzeldaten		Einzeldaten		Einzeldaten.	Einzeldaten	
		- Gewässerunterhaltung	Einzeldaten		nein		nein	nein	
		- Ausbau-Unterlagen	Einzeldaten		- / Einzeldaten		Einzeldaten	Einzeldaten	
		- Studien, Publikationen	nein		nein		ja, vgl. Literatur.	nein	
		- Projekte	nein		nein		„Wilde Mulde“	nein	
Hydromorphologie (jeweils für den Referenz-Zustand von NWB/HMWB) und den Ist-Zustand)	Sohlsubstrat	- Korngrößen, -zusammensetzungen	Einzeldaten		Einzeldaten		Einzeldaten.	Einzeldaten	
		- Geschiebefallen	nein		nein		nein	nein	
		- Gewässerunterhaltung	Einzeldaten		nein		nein	nein	
		- Ausbau-Unterlagen	Einzeldaten		- / Einzeldaten		Einzeldaten	Einzeldaten	
		- Studien, Publikationen	nein		nein		ja, vgl. Literatur.	nein	
		- Projekte	nein		nein		„Wilde Mulde“	nein	

Bundesland			Gewässerauswahl (s. Kap. 1)						
			Lachsbach/ Sebnitz	Kirnitzsch	Stepenitz	Schwarze Elster	Mulde	Ehle	Jeetze
Sachsen			x						
Sachsen-Anhalt						x	x	x	x
Niedersachsen									x
Brandenburg					x	x			-
Quantität/Hydro-morphologie	**Indikator**	**Datenquelle**	**Verfügbarkeit**		**Verfügbarkeit**		**Verfüg-barkeit**	**Verfügbarkeit**	
	Breitenvariation	- DOP, Luftbilder	ja		ja		ja / hist. L.	ja	
		- Topographische Karten (z.B. DGK5, TK 25)	Ja		ja		ja	ja	
		- Wasserspiegelpeilungen	hist. Einzeldaten		hist. Einzeldaten		hist. Einzeld.	/ hist. Einzeldaten	
		- DGM	ja		ja		ja	ja	
		- Historische Karten	ja		ja		ja	ja	
		- Geologische Karten	ja		ja		ja	ja	
		- Elbestromwerk	nein		ja		ja	- / ja	
		- Ausbau-Unterlagen	Vermessungsunterlagen		Ja (Einzeldaten) /		Einzeldaten	Einzeldaten	
		- Querprofilaufnahmen	-/ durchgehend (50 m)		Einzeldaten /		Einzeldaten	- / Einzeldaten	
		- Studien, Publikationen etc.	Ja, vgl. Lit		Ja, vgl. Lit. (GEK)		Ja, vgl. Lit.	Ja, vgl. Lit. (GEK)	
		- Weitere Daten	Gewässerstrukturkartierung		Gewässerstrukturkartierung		Gewässerstr.	Gewässerstrukturkartierung	
	Tiefenvariation	- DGM	ja		Ja / ja (1 m)		Ja (1 m)	ja	
		- Historische Karten (mit eingezeichneten Wasserständen oder Tabellen)	-		- /		Einzeldaten	- / Einzeldaten	
		- historische Daten der Gewässersohle und Wasserspiegellagen	ja		ja /		ja	ja	
		- Elbstromwerk	nein		ja		Nein	- / ja	
		- Querprofilaufnahmen	-/ durchgehend (50 m)		Einzeldaten /		Einzeldaten	- / Einzeldaten	
		- Weitere Daten	Gewässerstrukturkartierung		Gewässerstrukturkartierung		Gewässerstr., „Wilde M.“	Gewässerstrukturkartierung	
	Mittlere Sohlhöhenänderung	- DGM	ja		ja		ja	ja	
		- Wasserspiegellagenänderungen (v. a. NW)	Einzeldaten / -		Einzeldaten /		Einzeldaten.	Einzeldaten	
		- Studien, Publikationen	nein		nein		ja, vgl. Lit.	nein	
		- Weitere Daten	nein		nein		„Wilde M.“	nein	
	Sedimentdurchgängigkeit	- Topografische Karten (z.B. DGK5, TK 25)	ja		ja		ja	ja	
		- Luftbilder	ja		ja		ja	ja	
		- Ausbau-Unterlagen	ja (Einzeldaten)		ja /		ja	ja	

Bundesland			Gewässerauswahl (s. Kap. 1)						
			Lachsbach/ Sebnitz	Kirnitzsch	Stepenitz	Schwarze Elster	Mulde	Ehle	Jeetze
Sachsen			x						
Sachsen-Anhalt						x	x	x	x
Niedersachsen									x
Brandenburg					x	x			-
Quantität/Hydro-morphologie	**Indikator**	**Datenquelle**	**Verfügbarkeit**		**Verfügbarkeit**		**Verfüg-barkeit**	**Verfügbarkeit**	
		- Querbauwerkskataster (aktualisiert durch BL vorliegend im Rahmen des Sedimentmanagementkonzeptes Elbe), mit Angaben zu Absturzhöhen usw.	ja		ja		ja	ja	
		- Karte der Fließgewässertypen	ja		ja		ja	ja	
		- Historische Karten	ja		ja		ja	ja	
		- mittlere Korngrößendurchmesser	Einzeldaten		Einzeldaten		Einzeldaten	Einzeldaten	
		- tiefere Horizonte verfügbarer Sedimentproben (z. B. Altarmsedimente)	nein		nein		nein	Nein / Einzeldaten	
		- Ausbau-Unterlagen	Einzeldaten		ja		ja	/ ja	
		- Studien, Publikationen	nein		GEK / ja		nein	GEK	
		- historische Wasserspiegellagen, Wassertiefen	ja		ja		ja	ja	
	Sohlstrukturen und Auenstrukturen	- Luftbildauswertung	ja		ja		ja	ja	
		- Gewässerstrukturgütedaten	ja		ja		ja	ja	
		- CIR-Luftbilder	ja		ja		ja	ja	
		- Biotoptypenkartierung	ja		ja		ja	ja	
		- Studien, Publikationen etc.							
	Flächenanteil überflutbarer Auen (Verhältnis morphologischer zu rezenter Aue – Überflutungsfläche)	- Auenbilanzierungsdaten BfN	Nein		- / ja, BfN		ja, BfN	ja, BfN	
		- Deichverlauf (Deichlinien in DGM, TK etc.)	ja (Einzeldaten)		ja		ja	ja	
		- Historische Karten	ja		ja		ja	ja	
		- Geologische Karten	ja		ja		ja	ja	
		- Bodenkarten	ja		ja /		ja		
		- Topografische Karten	ja		ja		ja	ja	
		- Luftbildaufnahmen	ja		ja		ja	ja	
		- Überschwemmungsgebietskarten	ja		ja		ja	ja	
		- Forschungsarbeiten, Publikationen etc	nein		nein / ja		vgl. Lit.	ja / nein	
	Uferstruktur	- Fernerkundung (Drohnen, Multikopter, Gyrokopter)	nein		nein		nein	nein	
		- Luftbildaufnahmen	ja		ja		ja	ja	

Bundesland			Gewässerauswahl (s. Kap. 1)						
			Lachsbach/ Sebnitz	Kirnitzsch	Stepenitz	Schwarze Elster	Mulde	Ehle	Jeetze
Sachsen			x						
Sachsen-Anhalt						x	x	x	x
Niedersachsen									x
Brandenburg					x	x			-
Quantität/Hydro-morphologie	**Indikator**	**Datenquelle**	**Verfügbarkeit**		**Verfügbarkeit**		**Verfüg-barkeit**	**Verfügbarkeit**	
		- Topografische Karten (DGK 5)	ja		ja		ja	ja	
		- Ausbau-Unterlagen	Vermessungsunterlagen		Ja (Einzeldaten) /		Einzeldaten	Einzeldaten	
		- Historische Fernerkundungsdaten (z. B. alte Luftbilder)	Einzeldaten		Einzeldaten		Einzeldaten	Einzeldaten	

Anlage III – Ergebnisse Archivrecherche

Archiv/ Quelle	Signatur	Bezeichnung	Inhalt (betrachtetes Dokument)	Quellenart	Jahr/ Zeitraum	Gewässer	Abschnitt	Maßstab	Indikator	Prio-rität 1-5	Qualität
NLA Hannover	NI. 620 Lüneburg Acc. 172/97 Nr. 77	Ausbau der Jeetzel zwischen Dannenberg und Hitzacker	Landschaftspflegeplan: Flurstücke, Höhenlinien, Laufveränderungen (Altarme)	Text, Karte, Skizze, Tabelle	1969	Jeetzel	Pisselberg - Seerdu - Hitzacker	1:5000	Hydromorphologie, Quantität	2	PDF, abfotografiert
NLA Hannover	NI. 620 Lüneburg Acc. 172/97 Nr. 77/1	Ausbau der Jeetzel zwischen Dannenberg und Hitzacker	Landschaftspflegeplan: Flurstücke, Höhenlinien, Laufveränderungen (Altarme)	Text, Karte	1971	Jeetzel	Dannenberg - Hitzacker, Gemarkung Kähmen, Pisselberg	1 : 2000		2	PDF, abfotografiert
NLA Hannover	Hann. 180 Lüneburg, Acc 3/035 Nr. 457	Wassergenossenschaft der Jeetzel-Niederung, enthält u. a. Jeetzel-Durchstiche unterhalb von Salzwedel	Handzeichnungen, "Wassermessungen" Pegel Salzwedel 1925-1930, Längsschnitt Sohle Neu- u. Alt, Querprofile 1901 - 1915 - 1925 (Ausbauprofil), Abflussmessungen, Längspeilungen	Skizze, Diagramm, Längsschnitt, Querschnitt, Text, Tabelle	1909 - 1932	Jeetze	Salzwedel	1:100	Breitenvariation, Tiefenvariation, Mittlere Sohlhöhen-änderung	1	PDF, abfotografiert
NLA Hannover	Hann. 180 Lüneburg, Acc 3/069 Nr. 188	Angelegenheiten der Wassergenossenschaft der Jeetzel-Niederung in Lüchow, insbesondere der Ausbau der Jeetzel	Beschwerde über nichterfolgte Wasserstandsenkungen, Querprofile ausgebaute Jeetzel Stat. 0+10 -5+50 vor- und nach dem Ausbau	Text, Tabelle, Querprofile	1930 - 1936	Jeetze	"Provinz Magdeburg" heute ST, vermutlich heutige Grenze ST-NI, Höhe Einmün-dung Alter Landgraben	1:100	Breitenvariation	1	PDF, abfotografiert
NLA Hannover	NI. 120 Lüneburg Acc. 11/81 Nr. 55	Ausbau der Jeetzel	Erläuterung Planfeststellung, Höhenplan der "Mühlenjeetzel", Höhenplan Umgehungskanal, Lageplan 1. Bauabschnitt Ausbau und Bedeichung	Text, Längsschnitt, Karte	1952 - 1957	Jeetzel, Neben-gewässer	u. a. Pisselberg, Street (Stadt Dannen-berg)	1:5000/ 1:100 (LäS.), 1:2133,33 (K)	(Laufveränderung)	3	PDF, abfotografiert
NLA Hannover	NI. 620 Lüneburg Acc. 172/97 Nr. 42	Ausbau der Jeetzel südlich Wustrow	Ausschreibung Bodenarbeiten,	Karte, Längsschnitt, Querprofile, Bodendurch-stiche	1966	Jeetzel	Südlich von Wustrow, bis Landesgrenze (Demarka-tionslinie)	1:25.000, 1:100, 1:2000 (LäS.)	(Laufveränderung), Tiefenvariation, Mittl. Sohlhöhenänderung, Substrat	1	PDF, abfotografiert
NLA Hannover	NI. 620 Lüneburg Acc. 172/97 Nr. 82	Ausbau der Jeetzel	Übersicht Jeetzel Deichverband, Querprofile Planung Gewässerausbau + Deiche, Längsschnitt "Lucie-Kanal"	Text, Karte, Querprofile, Längsschnitt	1956	Jeetzel, Lucie-Kanal	Lüchow - Dannenberg	1:50.000, 1:100, 1:5000	-	3	PDF, abfotografiert
SLUB Dresden	Vgl. Linksammlung Word-Dokument	Meßtischblatt 1385, Neue Nr. 2832 Dannenberg	Topographische Karte: Historischer Verlauf d. Jeetzel	Top. Karte	1881, Nachträge von 1939	Jeetzel	Hitzacker - Dannenberg	1:25.000	Aue, (Laufveränderungen)	2	PDF, niedrige Auflösung,

Archiv/ Quelle	Signatur	Bezeichnung	Inhalt (betrachtetes Dokument)	Quellenart	Jahr/ Zeitraum	Gewässer	Abschnitt	Maßstab	Indikator	Prio-rität 1-5	Qualität
											online hohe Auflösung
SLUB Dresden	Vgl. Linksammlung Word-Dokument	Meßtischblatt 2932 (=1465) Breese	Topographische Karte: Historischer Verlauf d. Jeetzel	Top. Karte	1881, Nachträge von 1937	Jeetzel	Dannenberg - Grabow/ Rehbeck	1:25.000	Aue, (Laufveränderungen)	2	PDF, niedrige Auflösung, online hohe Auflösung
SLUB Dresden	Vgl. Linksammlung Word-Dokument	Meßtischblatt 3032 (=1538) Lüchow	Topographische Karte: Historischer Verlauf d. Jeetzel	Top. Karte	1881, Nachträge von 1939	Jeetzel	Gollau - Blütlingen	1:25.000	Aue, (Laufveränderungen)	2	PDF, niedrige Auflösung, online hohe Auflösung
Online: Cartography Associates David Rumsey Historical Map Coll.	Vgl. Linksammlung Word-Dokument	Karte des Deutschen Reiches (S. 211 (227)) Dannenberg	Topographische Karte: Historischer Verlauf d. Jeetzel	Top. Karte	1893	Jeetzel	Hitzacker - Rehbeck	1:100.000	Aue, (Laufveränderungen)	2	PDF, hohe Auflösung
Online: Cartography Associates David Rumsey Historical Map Coll.	Vgl. Linksammlung Word-Dokument	Karte des Deutschen Reiches (S. 239 (257)) Salzwedel	Topographische Karte: Historischer Verlauf d. Jeetzel	Top. Karte	1893	Jeetze	Lüchow-Salzwedel-Siedenlangen-beck	1:100.000	Aue, (Laufveränderungen)	2	PDF, hohe Auflösung
Karten-sammlung Moll	Vgl. Linksammlung Word-Dokument	Mappa Ducatus Megalopolitani Nova (…) 3. Meklenburg fol. III	Historische Übersicht, Gebiet nördl. und südl. der Elbe, Jeetzeleinzugsgebiet	Karte	1764	Jeetzel	Hitzacker - Wustrow	1:190.000	Historischer Bezug	3	PDF, niedrige Auflösung, online hohe Auflösung
LASA Magdeburg	C 30 Salzwedel B, Nr. 855	Melioration in der Jeetze-Purnitz-Niederung	Erläuterungsbericht und Kostenanschlag: Inhalt Erläuterungsbericht u. a.: Bodenverhältnisse, Wasserverhältnisse, Vorarbeiten, Zustand d. Jeetze, Wirkung der Wasserregelung, Bodenproben Anlagen: u. a. Lageplan, Höhenplan, Querprofile, Talquerprofile (Daten nicht im Dokument enthalten)	Text	1921 - 1924	Jeetze	Beetzendorf - Salzwedel	-	Historischer Bezug	1	PDF

Archiv/ Quelle	Signatur	Bezeichnung	Inhalt (betrachtetes Dokument)	Quellenart	Jahr/ Zeitraum	Gewässer	Abschnitt	Maßstab	Indikator	Prio-rität 1-5	Qualität
LASA Magdeburg	C 30 Salzwedel B, Nr. 856	Übersichtskarten	Übersichtskarte Jeetze-Purnitz-Niederung, Projektumring	Karte	1925	Jeetze (Purnitz)	Beetzendorf - Salzwedel	1:100.000 1:25.000	(Laufveränderung)	2	PDF tiff, hohe Auflösung
LASA Magdeburg	C 30 Salzwedel B, Nr. 863	Melioration in der Jeetze-Purnitz-Niederung	Enthält u. a.: Erläuterungsbericht und Kostenanschlag.	Text	(1921 - 1924) 1928 - 1932	Jeetze (Purnitz)	Beetzendorf - Salzwedel	-	-	3	PDF
LASA Magdeburg	C 30 Salzwedel B, Nr. 872	Höhenpläne d. Bodenverbesserungsgenoss.	Längsschnitte der einmünd. Gräben	Längsschnitt	1930, 1932	Jeetze (Gräben)	Beetzendorf - Salzwedel	Länge: 1:10.000 Höhe: 1:100	-	3	PDF
LASA Magdeburg	C 30 Salzwedel B, Nr. 850	Planung zum Ausbau der östlichen Umflut der Jeetze im Stadtgebiet Salzwedel	Hydrologische Daten Dumme, Längs-schnitt Dumme mit berechneter SHW, proj. Sohle, li./re. Ufer, Sohle, Querprofile (Stat. 0-14), Querprofil Jeetze (1x) mit Skalierung	Text, Längsschnitt, Querprofile	1925	Jeetze (Dumme)	Salzwedel	Längen: 1:5000 Höhen: 1:100	mittlere Sohlhöhenänderung, Tiefenvariation	3	PDF, niedrige Auflösung,
LASA Magdeburg	C 30 Salzwedel B, Nr. 857	Höhenplan der Jeetze und Purnitz	Längsschnitt (Linkes/Rechtes Ufer, Sohle, S.H.W., M.W.)	Längsschnitt	1930	Jeetze	Beetzendorf - Salzwedel	Höhen: 1:100 Längen: 1:5000	Tiefenvariation, mittlere Sohlhöhenänderung	1	tiff, hohe Auflösung
LASA Magdeburg	C 30 Salzwedel A, Nr. 1785, Bl. 258	Nivellementsprofil (Höhenprofil) der Jeetze von der Schwarzendammer Grenze bis zur Dönitzer Untermühle	Verlauf und Höhenprofil	Längsschnitt, Karte	1843	Jeetze	Schwarzen-damm - Dönitz	hist. LE Ruthen/Fuss	mittlere Sohlhöhenänderung,	2	PDF, niedrige Auflösung
LASA Magdeburg	Da 12, Nr. 313	Räumung und Schau der Jeetze	Historische Abhandlung, Kurrentschrift	Text	1699 - 1762	Jeetze	-	-	-	4	PDF
LASA Magdeburg	Da 12, Nr. 318	Räumung und Schau der Jeetze	Historische Abhandlung, Kurrentschrift, Skizze Gewässerabschnitt	Text, Skizze	1775 - 1793	Jeetze	-	-	-	4	PDF
LASA Magdeburg	B 24, Nr. 64, Bl.	Nivellementsprofil und Situationsplan von einem Teil des Flusses Jeetze von der Stapen'schen Grenze längs den Hagen'schen Wiesen bis zur Mühle (Alt) Salzwedel, nebst den angrenzenden Grundstücken der Gemeinden Hagen und (Alt) Salzwedel	Verlauf zwischen Stapen und Grenze Salzwedel, Überzeichnetes Sohlprofil	Karte, Längsschnitt	1808	Jeetze	Stapen - Salzwedel	hist. LE 9 rheinl. D. D. Fuß in der Höhe; 170 rheinl. D. Ruten in der Länge	Mittlere Sohlhöhenänderung, Laufveränderung	2	PDF abfoto-grafiert, jpeg

Archiv/ Quelle	Signatur	Bezeichnung	Inhalt (betrachtetes Dokument)	Quellenart	Jahr/ Zeitraum	Gewässer	Abschnitt	Maßstab	Indikator	Prio-rität 1-5	Qualität
LASA Magdeburg	M 7, Nr. 124	Konzeption zur Vorbereitung der Meliorationsmaßnahmen im oberen Jeetze- und Purnitzgebiet des Kreises Salzwedel	Vermerk über die Beratung zur Einordnung der geplanten Maßnahmen des VEB Binnenfischerei an der Mühle Dambeck, Beratung der Jeetze-Purnitz-Regulierung am 18. Apr. 1985 in der LPG Salzwedel.- Ausbau der Jeetze auf dem Gebiet der LPG Kuhfelde.- Stellungnahme der WWD Untere Elbe zur Staukonzeption Jeetze-Purnitz.	Text, Karte	1885 - 1886	Jeetze	Gischau - Dambeck (südlich v. Salzwedel)	1:10.000	(ggf. Laufveränderungen)	3	PDF, tiff
LASA Dessau	Z 116-1, V Nr.81, fol. III, III_3478	Karte des Deutschen Reiches: Die Mulde bei Muldenstein bis zur Mündung in die Elbe bei Dessau	Darin: 3 Übersichtskarten des Jeetze-Purnitzgebietes	Top. Karte	1851 - 1855, einz. Nachtträge 1890	Mulde	Jeßnitz-Dessau-Mündung (Elbe)	1:100.000	(Laufveränderung)	3	tiff, hohe Auflösung
LASA Dessau	G12. Pläne, III_831	Übersichtskarte des Inudationsgebietes der Mulde bei Bitterfeld	Verlauf der Mulde bei Bitterfeld, Altarme, Nebengewässer, Baumaßnahmen	zeitgenössische Karte	1858	Mulde	Pouch-Bitterfeld-Muldenstein	1:12.500 (historische Längeneinheit)	(Laufveränderung), Breitenvariation	3	tiff, hohe Auflösung
LASA Dessau	Z 271. Karten II A Nr. 26	Hochwasserprofil der Mulde	Geländequerschnitt mit Höhen bei km Stat. 19,0	Querschnitt auf Millimeterpapier	1931	Mulde	Mulde, km Stat. 19,0	Längenmaß 1:5000 Höhenmaß 1:100	Aue	3	tiff, hohe Auflösung
LASA Dessau	Z 271. Karten, II C Nr. 11 (III/8/213)	Plan von der Mulde oberhalb Jessnitz	Mulde oberhalb Jessnitz, Ausbauprofil, Uferstrukturen, Inseln	Karte, Planskizze	1841	Mulde	Mulde bei Jeßnitz	Maßstabsleiste (hist. LE)	(Laufveränderung), Breitenvariation	2	tiff, hohe Auflösung
LASA Dessau	Z 271. Karten, II D Nr. 11 (II_33_1340)	Spiegelnivellement der Mulde oberhalb und unterhalb der Leopoldbrücke bei Jeßnitz	Höhen Hochwasserereignisse von 1897 bis 1906 über 2,5 km	Höhenmessung Gewässer-spiegellage	o.J.	Mulde	Mulde bei Jeßnitz	Längenmaß 1:5000 Höhenmaß 1:250		3	tiff, hohe Auflösung
LASA Dessau	Z 271. Karten, II C Nr. 20 (II/33/1324)	Situation der Mulde bei der Stadt Raguhn	Mulde bei Raguhn, ober- und unterhalb des Stadtwehres	Karte, Planskizze	1884	Mulde	Raguhn	1:2500	eingeschränkt Breitenvariation	2	tiff, hohe Auflösung
LASA Dessau	Z 271. Karten, II D Nr. 9 (II_33_1334f - 33_1339)	Querprofile der Mulde oberhalb Gestänge Dessau / Profile der Jonitzer Mulde	14 Querprofile der Mulde / 40 Querprofile der Jonitzer Mulde detaillierte Angaben über Sohltiefen im Abstand von 2,5 m	Querschnitt auf Millimeterpapier	o. J.	Mulde	bei Dessau	1:200	Tiefenvariation, Breiten-variation	1	tiff, hohe Auflösung
LASA Dessau	Z 271. Karten, II C Nr. 16 (III/8/214)	Karte vom Muldefluss, Sektion I von der preußischen Grenze oberhalb der Feldmark Jeßnitz bis zur Feldmark Libehna	Verlauf der Mulde von Muldenstein bis unterhalb v. Jessnitz, z. T. Uferstrukturen, Inseln, Befestigungen und Sandbänke	Karte, Planskizze	1851	Mulde	Muldenstein, Jeßnitz	1:4000 (hist. LE)	(Laufveränderung), Breitenvariation	1	tiff, hohe Auflösung

Archiv/ Quelle	Signatur	Bezeichnung	Inhalt (betrachtetes Dokument)	Quellenart	Jahr/ Zeitraum	Gewässer	Abschnitt	Maßstab	Indikator	Prio-rität 1-5	Qualität
LASA Dessau	Z 271. Karten, II C Nr. 5 (IV/11/250)	Karte vom Muldefluss, vom Landhaus bis zum Einfluss in die Elbe	Verlauf der Mulde bei Dessau, Mündungsbereich Elbe: Verlauf und Uferbefestigungen, z. T. Uferstrukturen, Sandbänke, Nebengewässer, geplante Neutrassierung (rot verzeichnet)	Karte, Planskizze	1868	Mulde	Dessau	1:2000 (hist. LE)	(Laufveränderung), Breitenvariation, Uferstruktur	1	tiff, hohe Auflösung
LASA Dessau	Z 271. Karten, II C Nr. 6 (IV/11/251)	Situationsplan über einen Teil der Obermulde zwischen den Rotkehlchen und dem Kiebitzheger bei Dessau	Muldeschleife bei Dessau (zu verorten oberhalb des Muldewehrs), Durchstich, Sandbänke	Karte, Planskizze	1891	Mulde	Dessau	1:1000	Breitenvariation	2	tiff, hohe Auflösung
LASA Dessau	Z 271. Karten, II C Nr. 17 (IV/11/252)	Karte vom Muldefluss, Sektion II von der Grenze zwischen Bobbau und Libehna bis Niesau	Verlauf unterhalb des Muldestausees, Nebengewässer, Uferstrukturen, Altarme, Sandbänke	Karte, Planskizze	1846	Mulde	Dessau	Maßstabs-leiste (hist. LE)	(Laufveränderung), Breitenvariation, Uferstruktur, Aue	1	tiff, hohe Auflösung
LASA Dessau	Z 271. Karten, II C Nr. 19 (IV/16/431)	Karte vom Verlauf der Lebehnschen Mulde	Vereinfachte Darstellung Muldeverlauf bei Raguhn,	Skizze	1860	Mulde	Raguhn	1:1250 (hist. LE)	Breitenvariation	3	tiff, hohe Auflösung
LASA Dessau	Z 271. Karten, II E Nr. 6 (IV/13/293)	Situationsplan zur Regulierung der Mulde bei Jeßnitz	Verlauf der Mulde v. Muldenstein – Jessnitz, z. T. Altarme, Uferstrukturen und Sandbänke, geplanter Durchstich (nicht realisiert), Stationierung	Karte, Planskizze	1872	Mulde	Muldenstein, Jeßnitz	1:4000 (hist. LE)	Breitenvariation, (Laufveränderung)	1	tiff, hohe Auflösung
LASA Dessau	Z 271. Karten, II A Nr.7 (IV/6/131 - IV/6/135)	Hochwasserprofil der Mulde oberhalb Jeßnitz	3 Hochwasserprofile + Nivellement vom Augusthochwasser 1897 + Übersicht, detaillierte Höhen- und Längenangaben	Querschnitt auf Millimeterpapier	1899	Mulde	Jeßnitz (oberhalb)	Längenmaß 1:2.500 Höhenmaß 1:50	Aue, Breitenvariation,	1	tiff, hohe Auflösung
LASA Dessau	Z 271. Karten, II A Nr. 6 (IV/6/117-IV/6/130)	Hochwasserprofil der Mulde, Blatt 1-14	3 Hochwasserprofile + Nivellement vom Augusthochwasser 1897 + Übersicht, detaillierte Höhen- und Längenangaben	Querschnitt auf Millimeterpapier	1897	Mulde	Jeßnitz (ober- und unterhalb)	k. A. ggf. siehe oben (Querschn. Jeßnitz)	Aue, Breitenvariation,	1	tiff, hohe Auflösung
LASA Dessau	Z 271, V Nr. 25	Fluss- und Uferbauten der Mulde	Querprofile zur Mulde von Stat. 10 - 18	Querschnitt-Skizzen	1896 - 1911	Mulde	Jeßnitz (Fluss-schleife oberhalb der Stadt)	Breitenmaße 1:500 Höhenmaße 1:500	Breitenvariation, Tiefenvariation	2	PDF, gescannt
LASA Magdeburg	C 20 IV, Nr.32	Pegel: Düben	Pegellisten Düben 1941 - 1949, tägliche Messung, Beschreibung Eisstand	Tabellen	1941 - 1949	Mulde	Bad Düben	-		3	PDF, abfotografiert
LASA Magdeburg	C 20 I, Ib Nr. 2339	Königl. Preuß. Landesaufnahme 221 Kreis Delitzsch, Reg. Bez. Merseburg	Mulde bei Eilenburg, Altarme und Altgewässerstrukturen, Überflutungsflächen blau hinterlegt	Karte	1906 (Aufnahme 1904)	Mulde	Eilenburg	1:25.000	Breitenvariation, (Laufveränderung)	2	tiff, hohe Auflösung

Archiv/ Quelle	Signatur	Bezeichnung	Inhalt (betrachtetes Dokument)	Quellenart	Jahr/ Zeitraum	Gewässer	Abschnitt	Maßstab	Indikator	Prio-rität 1-5	Qualität
LASA Merseburg	C 48 Ic, Nr. 1172	Der anno 1809 vorgeschlagene Durchstich der Mulde bei Eilenburg	Skizze geplanter Durchstich, Sandbank angedeutet	Skizze	1819 - 1848	Mulde	Eilenburg	ohne Maßstab	(Laufveränderung)	3	PDF, abfotografiert
LASA Merseburg	C 48 Ic, Nr. 1187	Den Durchstich der Mulde bei Mennsdorf	Skizze geplanter Durchstich, Sandbank angedeutet	Skizze	1850	Mulde	Eilenburg - Mörtitz	ohne Maßstab	(Laufveränderung), Breitenvariation	2	PDF, abfotografiert
LASA Merseburg	C 48 Ic, Nr. 1198	Der Bau der Buhnen in der Mulde bei Hohenprießnitz	Skizze Uferbefestigungen, Sandbank	Skizze	1860 - 1861	Mulde	Hohen-prießnitz	ohne Maßstab	(Laufveränderung)	3	PDF, abfotografiert
LASA Merseburg	C 48 IX, Lit. G Nr. 416	Situationsplan von einem Teil der Mulde und der alten Brücke über dieselbe bei Bitterfeld	Mulde Höhe Bitterfeld, Wehr und Lage der Profile	zeitgenössische Karte	1816	Mulde	Bitterfeld	Maßstabs-leiste (hist. LE)	(Laufveränderung), Breitenvariation	1	PDF abfotografiert jpeg, tiff
LASA Merseburg	C 48 IX, Lit G Nr. 420	Karte der Mulde bei Düben	Verlauf der Mulde bei Düben	zeitgenössische Karte	1816	Mulde	Düben	Maßstabs-leiste (hist. LE)	(Laufveränderung), Breitenvariation	2	PDF abfoto-grafiert, jpeg
LASA Merseburg	C 48 IX, Lit G Nr. 439	Querprofile von einem Teil der Mulde und der alten Brücke über dieselbe bei Bitterfeld	Querprofile der Mulde, Höhe Bitterfeld	Skalierte Zeichnung	1816	Mulde	Bitterfeld	Maßstabs-leiste (hist. LE)	Tiefenvariation, Breiten-variation	1	PDF abfoto-grafiert, jpeg
LASA Merseburg	C 48 IX, Lit G Nr. 1055b	Nivellement der Mulde von Döbern bis Bitterfeld	Längsschnitt (Ufer) + Deichkrone	Skalierte Zeichnung	1855	Mulde	Döbern - Bitterfeld	Maßstabs-leiste (hist. LE)	Auen-/Uferstrukturen	2	PDF abfoto-grafiert, jpeg
LASA Merseburg	C 48 IX, Lit. G Nr. 1060	Hochwasserprofil der Mulde oberhalb Laußig und Gruna	Querprofile der Mulde über Gewässer und Aue	Skalierte Zeichnung	1861	Mulde	Laußig	Maßstabs-leiste (hist. LE)	Breitenvariation	2	PDF abfoto-grafiert, jpeg
LASA Merseburg	C 50 Delitzsch A, Nr. 3051	Uferbau der Mulde bei Laußig	Querprofil	Skalierte Zeichnung	1856 - 1861	Mulde	Laußig	ohne Maßstab	Tiefenvariation	2	PDF abfotografiert
LASA Merseburg	C 50 Delitzsch A, Nr. 3054	Regulierung der Mulde und Befestigung des Ufers	Empfohlener Ausbau, Muldeufer	Skalierte Zeichnung	1932 - 1942	Mulde	Kültzschau (Eilenburg Ost)	ohne Maßstab	ergänzende Informationen	4	PDF abfotografiert
BLHA Potsdam	37 Boitzenburg 4259	Karte von der Schwarzen Elster	Historischer Verlauf im kleinen Maßstab	Skalierte Zeichnung	o. J.	Schwarze Elster	Hoyerswerda bis Schwenitz	Maßstabs-leiste (hist. LE)	(Laufveränderung)	3	PDF abfotografiert
LASA Magdeburg	C 20 I, Ib Nr. 2421	Regulierung der schwarzen Elster und der zu deren Gebiet gehörenden kleinen Flüsse im Merseburger Regierungsbezirk	Denkschrift: Einleitung, Gründe, Organisation, Ausführung, Entschädigung, Erdarbeiten, Wirkung der Regulierung, Karte (gleich zu BLHA Potsdam 4259)	Text, Skalierte Zeichnung	1843 - 1901	Schwarze Elster	Hoyerswerda bis Schwenitz	Maßstabs-leiste (hist. LE)	ergänzende Informationen	3	PDF abfotografiert
LASA Magdeburg	C 20 IV, Nr. 135, Bl. D	Kanalprojekt Elbe-Spree-Oder Kanalquerschnitt im Bette der Schwarzen Elster	Querschnitte Schwarze Elster (in Verbindung mit geplanten Kanal)	Skalierte Zeichnung	1925	Schwarze Elster	Elsterwerda bis Plessa	1 : 200	Breitenvariation, Mittlere Sohlhöhenänderung	1	tiff, hohe Auflösung

Archiv/ Quelle	Signatur	Bezeichnung	Inhalt (betrachtetes Dokument)	Quellenart	Jahr/ Zeitraum	Gewässer	Abschnitt	Maßstab	Indikator	Prio-rität 1-5	Qualität
LASA Magdeburg	C92, Nr. 2556/52	Regulierung der unteren Schwarzen Elster	Gerichtsakten zum Wasser/Staurecht, Informationen zum Ausbau (z. B. Versandung der Mündung)	Text	1908 - 1929 (Akte) 1912, 1920	Schwarze Elster	betref. Ortschaften Gorsdorf,	-		4	PDF abfotografiert
LASA Merseburg	C 48 Ic, Nr.1396	Nivellementstabellen im Flusstal der Schwarzen Elster	Nivellementstabelle	Tabelle	1835	Schwarze Elster	prüfen	Maßstabs-leiste (hist. LE)	ggf. Breitenvariation, Mittlere Sohlhöhenänderung	ggf. 1	PDF abfotografiert
LASA Merseburg	C 48 Ic, Nr. 1470	Die Regulierung und Räumung der Schwarzen Elster und die damit in Verbindung stehende Entwässerung des Schradenwaldes, Bd. XVI	Kostenanschlag - durchzuführende Arbeiten	Text	1860 - 1861	Schwarze Elster	bei Plessa "Schraden-land"	-	-	4	PDF abfotografiert
LASA Merseburg	C 48 Ic, Nr. 1480	Räumung und Regulierung der Schwarzen Elster, Bd. XXX	Auszuführende Gewässerprofile (Trapez)	Text, Skalierte Zeichnung	1907	Schwarze Elster	Tätzwitz	-	(Ist-Zustand)	3	PDF abfotografiert
LASA Merseburg	C 48 Ic, Nr. 1475	Die Regulierung und Räumung der Schwarzen Elster und die damit in Verbindung stehende Entwässerung des Schradenwaldes, Bd. VIII	Denkschrift, Projektbeschreibung, Aufmaße	Text, Tabellen	1870 - 1873	Schwarze Elster	prüfen	Maßstabs-leiste (hist. LE)			PDF abfotografiert
LASA Merseburg	C 48 Ic, Nr. 1481	Räumung und Regulierung der Schwarzen Elster	Text: Kosten; Höhenplan von Herzberg bis Premsendorf	Text, Längsschnitt	1914 - 1920 (1914)	Schwarze Elster	Herzberg bis Premsendorf	Längenmaß: 1:2500 Höhenmaß: 1:100	Tiefenvariation, mittlere Sohlhöhenänderung	1	PDF abfoto-grafiert,
LASA Merseburg	C 48 Ic, Nr. 1482	Räumung und Regulierung der Schwarzen Elster, Bd. XXXIV	Beschreibung Hochwasser und Auswirkungen sowie Gründe (Profilverengung) für Überflutungen, Höhenplan (nach Ausbau) (u. a. Normalsohle, Bankett, Vorland, Deick)	Text, Längsschnitt	1921 - 1928 (1926)	Schwarze Elster	Höhenplan: Einmündung Sieggraben (bei Ruhland) bis Chaussee-brücke Mückenberg (heute Lauch-hammer)	Längenmaß: 1:10.000 Höhenmaß: 1:100	Referenzzustand nach Ausbau	1	jpeg
LASA Merseburg	C 48 Ic, Nr. 1529	Regulierung der unteren Schwarzen Elster durch den Kreis Schweinitz	Text: Recht, Finanzen, Hochwasserschäden, erw. Regulierungsprojekte; Lageplan gepl. Durchstich (Höhen Ufer + Sohle, Übersichtskarte	Text, Karte + Maße, Übersichtskarte	1920 (Text) 1921 (Karte)	Schwarze Elster	Geplanter Durchstich bei Kremitz Übersicht: Mündung - Kremitz, Herzberg	Übersichts-karte: 1:100.000	Laufveränderung, Tiefenvariation, Mittlere Sohlhöhenänderung	1	PDF abfoto-grafiert, jpeg
LASA Merseburg	C 48 IX, Lit. G Nr. 203	Plan von der Gegend der Schwarzen Elster	Schwarze Elster, hist. Verlauf, Flurstücke	Karte	kA	Schwarze Elster	Plessa, Schraden	Maßstabs-leiste (hist. LE)	(Laufveränderung), Aue	1	PDF abfoto-grafiert, jpeg

Archiv/ Quelle	Signatur	Bezeichnung	Inhalt (betrachtetes Dokument)	Quellenart	Jahr/ Zeitraum	Gewässer	Abschnitt	Maßstab	Indikator	Prio-rität 1-5	Qualität
LASA Merseburg	C 48 IX, Lit. G Nr. 409	Karte von der Schwarzen Elster von Hoyerswerda bis zum Einfluss in die Elbe	Detaillierter Verlauf Schwarze Elster mit Strukturen (Laufverzweigungen, Inseln)	Karte	1790	Schwarze Elster	Hoyers-werda bis Mündung Elbe	ohne Maßstab	(Laufveränderung)	1	PDF abfoto-grafiert, jpeg, tiff
LASA Merseburg	C48 IX, Lit. G Nr. 709	Generalprofil der Schwarzen Elster	Höhenprofil gesamte Schwarze Elster: Projektierte Deichkrone, Sohle, Hochwasser 1830, mittl. Hochwasserstand, alte Sohle	Längsschnitt	1851	Schwarze Elster	Tätschwitz bis Mündung Elbe	Maßstabs-leiste (hist. LE)	Tiefenvariation, mittlere Sohlhöhenänderung	1	PDF abfoto-grafiert, jpeg, tiff
LASA Merseburg	C48 IX, Lit. G Nr. 797	Plan der Schwarzen Elster von der Regierungsbezirksgrenze bis zur Einmündung des Herrengrabens aus der Elster	Verlauf der Schwarzen Elster und geplante (nicht realisierte) Regulierung nördlich des heutigen Verlaufs	Karte	1834, 1935	Schwarze Elster	Lauchhammer (Muecken-berg)	Maßstabs-leiste (hist. LE)	(Laufveränderung)	2	PDF abfoto-grafiert, jpeg
LASA Merseburg	C48 IX, Lit. G Nr. 802	Plan der Schwarzen Elster zwischen Liebenwerda und Wahrenbrück	Historischer Verlauf (Altarme, Inselstrukturen, Aufweitungen), geplante Regulierung	Karte	1851	Schwarze Elster	Liebenwerda, Wahrenbrück	Maßstabs-leiste (hist. LE)	(Laufveränderung), Breitenvariation	2	PDF abfoto-grafiert, jpeg
LASA Merseburg	C48 IX, Lit. G Nr. 803	Plan der Schwarzen Elster von Bomsdorf bis Neumühle	Verlauf zwischen Neumühle und Bomsdorf: Aufweitungen, Nebenarme, Inselstrukturen	Karte	1814 - 1815	Schwarze Elster	Neumühl bis Bomsdorf	ohne Maßstab	(Laufveränderung), ggf. Breitenvariation, Aue	1	PDF abfoto-grafiert, jpeg
LASA Merseburg	C48 IX, Nachtrag Lit. G Nr. 125	Karte vom Flussverlauf der Schwarzen Elster von Elsterwerda bis Bomsdorf	Neutrassierter Verlauf, angedeutete Altwasserstrukturen	Karte	um 1850	Schwarze Elster	Elsterwerda bis Bomsdorf	1:25.000 Maßstabs-leiste (Ruthen)	-	3	PDF abfotografiert
LASA Merseburg	C48 IX, Nachtrag Lit. G Nr. 220	Karte der Schwarzen Elster und ihrer Zuflüsse sowie Generalplan zur Elstergenossenschaft	Vereinfachte Übersichtskarte, eingezeichnete Kilometrierung	Karte	um 1930	Schwarze Elster	Einzugsgebiet	1:100.000	-	2	PDF abfotografiert
LASA Merseburg	C48 IX, Nachtrag Lit. G Nr. 297	Situationsplan von der Schwarzen Elster bei Plessa	Vereinfacht dargestellter Verlauf der Schwarzen Elster bei Plessa, geplante Neutrassierung	Karte	1860	Schwarze Elster	bei Plessa "Schraden-land"	Maßstabs-leiste (Ruthen)	-	3	PDF abfotografiert
LASA Magdeburg	C 28 IX, AV Nr. 1	Ehle-Fluss mit seinen nächsten Umgebungen; von der Grenze Zeppernick-Möckern bis unterhalb der neuen Mühle	Ehleverlauf + gepl. Neutrassierung, Stationierung, Ortschaften und Flurnamen, angedeutete Auenbereiche	Karte	1860	Ehle	Möckern - Vehlitz - Gommern	Maßstabs-leiste (Zoll)	(Laufveränderung), rezentze Aue	1	PDF abfoto-grafiert, jpeg
LASA Magdeburg	C 28 IX, AV Nr. 2	Situation von einem Teile der Acker, Wiesen und Weiden des dem Grafen vom Hagen gehörenden Rittergutes Lütenitz	Ehleverlauf, südlich von Möckern	Skizze	1858	Ehle	Möckern	Maßstabs-leiste (Zoll)	-	3	PDF abfotografiert
LASA Magdeburg	C 28 IX, AV Nr. 3	Situationsplan des oberen Ehle-Flusses mit seinen Umgebungen von Lochau bis zur Neuen Mühle, Feldmark Gommern	Ehleverlauf + gepl. Neutrassierung, Stationierung, Ortschaften und Flurnamen, angedeutete Auenbereiche	Karte	1860	Ehle	Gommern - (Pferdehof) Neue Mühle	1:3000 Maßstabs-leiste (Ruthen/ Zoll)	(Laufveränderung), rezentze Aue	1	PDF abfoto-grafiert, jpeg

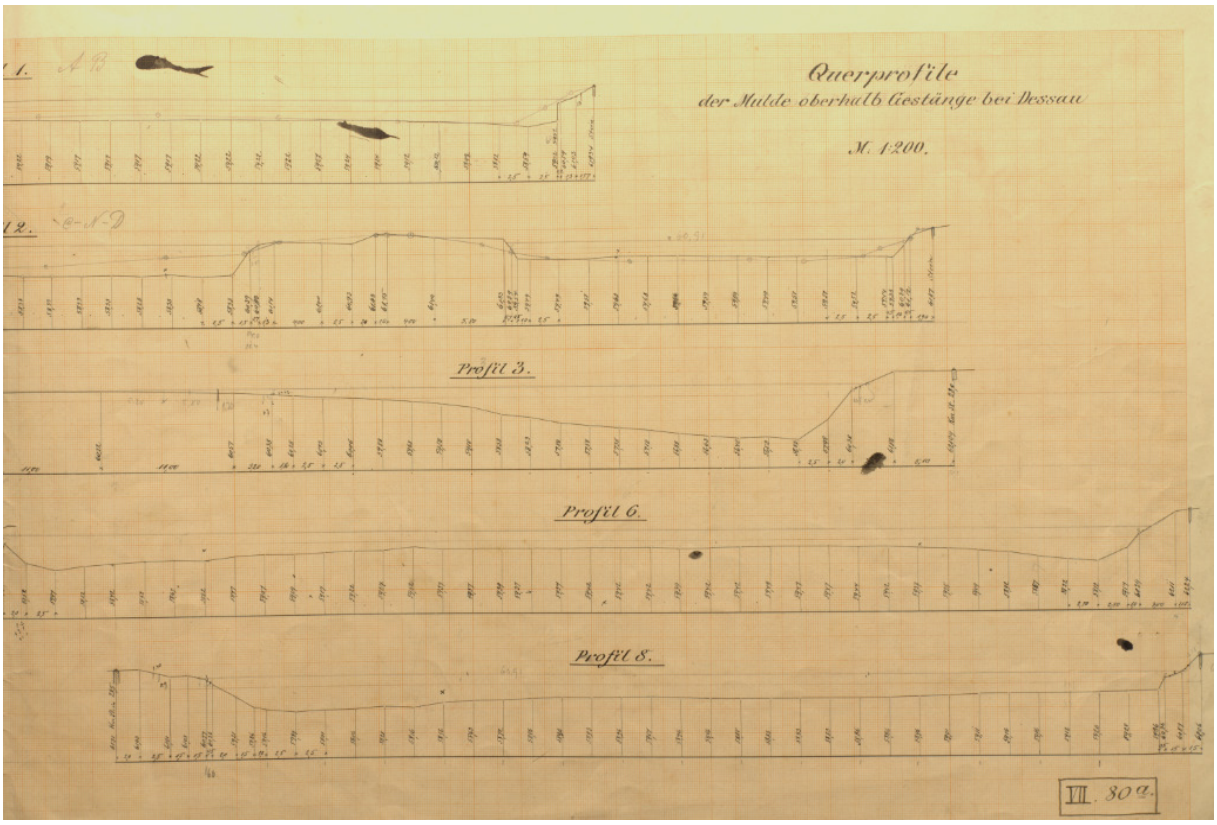
Archiv/ Quelle	Signatur	Bezeichnung	Inhalt (betrachtetes Dokument)	Quellenart	Jahr/ Zeitraum	Gewässer	Abschnitt	Maßstab	Indikator	Prio-rität 1-5	Qualität
LASA Magdeburg	C 28 IX, AV Nr. 4	Situationsplan des oberen Ehle Flusses mit seinen Umgebungen von Lochau bis zur Neuen Mühle, Feldmarken Dannigkow und Gommern	Ehleverlauf + gepl. Neutrassierung, Stationierung, Ortschaften und Flurnamen, angedeutete Auenbereiche	Karte	1860	Ehle	Bei Dannigkow	1:3000 Maßstabs-leiste (Ruthen/ Zoll)	(Laufveränderung), rezentze Aue	1	PDF abfoto-grafiert, jpeg
LASA Magdeburg	C 28 IX, AV Nr. 5	Situationsplan des oberen Ehle Flusses mit seinen Umgebungen von Lochau bis zur Neuen Mühle, Feldmark Vehlitz	Ehleverlauf + gepl. Neutrassierung, Stationierung, Ortschaften und Flurnamen, angedeutete Auenbereiche	Karte	1860	Ehle	Bei Vehlitz	1:3000 Maßstabs-leiste (Ruthen/ Zoll)	(Laufveränderung), rezentze Aue	1	PDF abfoto-grafiert, jpeg
LASA Magdeburg	C 28 IX, AV Nr. 6	Situationsplan des oberen Ehle Flusses mit seinen Umgebungen von Lochau bis zur Neuen Mühle, Feldmark Wallwitz	Ehleverlauf + gepl. Neutrassierung, Stationierung, Ortschaften und Flurnamen, angedeutete Auenbereiche	Karte	1860	Ehle	Bei Wallwitz (Möckern)	1:3000 Maßstabs-leiste (Ruthen/ Zoll)	(Laufveränderung), rezentze Aue	1	PDF abfoto-grafiert, jpeg
LASA Magdeburg	C 28 IX, AV Nr. 14	Generalplan der Ehleniederung zur Regulierung der Ehle	Alter Ehleverlauf /	Karte / Höhenplan	1855	Ehle	Gommern bis Einmündung alte Elbe	Karte: 1:200 Rathen Höhen: 100:10 Fuß	Tiefenvariation, mittlere Sohlhöhenänderung	1	PDF abfoto-grafiert, jpeg
LASA Magdeburg	C 28 IX, AV Nr. 16	Situationsplan vom Schloß-Bruch auf der Feldmark Gommern	Ehleverlauf Gommern	Skizze	um 1860	Ehle	Gommern	n. B.	-	3	PDF abfoto-grafiert
LASA Magdeburg	C 28 IX, AV Nr. 22	Situation der Ehle von der neuen Mühle bis Forsthause	Ehleverlauf + Flurstücke	Skizze	1855	Ehle	(Pferdehof) Neue Mühle - Klusbrücke	Maßstabs-leiste (hist. LE)	-	3	PDF abfot-ografiert, jpeg
LASA Magdeburg	C 28 IX, AV Nr. 23	Karte des Ehle Flusses auf Gübs, Menz, Königsborn und Biederitzer Flur	Ehleverlauf + Flurstücke, 2 skalierte Querprofile	Skizze	1855	Ehle	Gübs - Königsborn	Maßstabs-leiste (hist. LE)	ggf. Breitenvariation	2	PDF abfoto-grafiert, jpeg
LASA Magdeburg	C 28 IX, AV Nr. 26	Nivellement des Ehle Flusses vom Gerstenberg bis Königsborn	Höhenprofil (Terrain, Wasserspiegel, alte und neue Sohle	Längsschnitt	1856	Ehle	Gerstenberg (landwirt-schaftl. Betrieb?, Straße Am Pilm 3) - Königsborn	Maßstabs-leiste (Fuß)	Tiefenvariation, mittlere Sohlhöhenänderung	1	PDF abfoto-grafiert, jpeg
BLHA Potsdam	K 30 G/ÜF	Karte von dem Stromverlauf der Stepenitz	Verlauf der Stepenitz, Ortschaften, angedeutete Geländepunkte	Karte	1782	Stepenitz	Quelle bei Meyenburg - Marienfließ	ca. 1:5000	(Laufveränderung), Aue	1	PDF abfotografiert
BLHA Potsdam	K 27 G/ÜF	Karte von dem Stromverlauf der Stepenitz	Verlauf der Stepenitz, Ortschaften, angedeutete Geländepunkte, einmündende Nebengewässer	Karte	1782	Stepenitz	Helle - Wolfshagen - Seddin - Kreuzberg	ca. 1:5000	(Laufveränderung), Aue	1	PDF abfotografiert

Archiv/ Quelle	Signatur	Bezeichnung	Inhalt (betrachtetes Dokument)	Quellenart	Jahr/ Zeitraum	Gewässer	Abschnitt	Maßstab	Indikator	Prio-rität 1-5	Qualität
BLHA Potsdam	K 35 G/ÜF	Karte von dem Stromverlauf der Stepenitz	Verlauf der Stepenitz, Ortschaften, angedeutete Geländepunkte, einmündende Nebengewässer	Karte	1782	Stepenitz	Putzlitz - Mansfeld - Lockstädt	ca. 1:5000	(Laufveränderung), Aue	1	PDF abfotografiert
BLHA Potsdam	6B WP 286	Regulierung der Stepenitz	Texte: Ausbaugenehmigung, Rechnung Tiefbauarbeiten, Skizze für Sohlen und Uferbefestigung, Sohlprofil, Befestigung Uferfuß/Ufer, Text Gewässerschau	Text, Skizze mit Aufmaß	1919 - 1931	Stepenitz	Unterhalb von Perleberg (sog. Rieselei-schleuse), Rieseleiwehr, "An der Rieselei", "Stat. 0 - 800"	Sohlen- und Ufer-befestigung 1:100, Sohlprofil 1:75, Uferfuß/ Ufer 1:75	ggf. Breiten-, Tiefen-variation (Ist-Zustand)	1	PDF abfotografiert
BLHA Potsdam	6B WP 318	Regulierung der Ent- und Bewässerung im Gebiet der unteren Stepenitz zu Weisen	Text: Vermerk über Versandung Hafen, Lageplan Hafen und Sandfang, Querprofil und Grundwehr (Ausbau)	Text, Lageplan, Ausbau	1902 - 1937 (Skizzen 1925 - 1928)	Stepenitz	Wittenberge - Mündung	Lageplan 1:1000, Übersichts-karte Flusslauf 1:5000, Lageplan Sandfang 1:000, Querprofile 1.200, Grundwehr 1:100	(Laufveränderung)	2	PDF abfotografiert
BLHA Potsdam	K 180/1G/ÜF	Karte vom Verlauf der Stepenitz	Verlauf der Stepenitz, Ortschaften, angedeutete Geländepunkte	Karte	1782	Stepenitz	Wittenberge (Mündung) - Südl. v. Weisen	ca. 1:5000	(Laufveränderung), Aue	1	PDF abfotografiert
BLHA Potsdam	K 180/3G/ÜF	Karte vom Verlauf der Stepenitz		Karte	1782	Stepenitz	Perleberg – Rieselwiesen (südl. Einmündung Jeetzbach)	ca. 1:5000	(Laufveränderung), Aue	1	PDF abfotografiert
BLHA Potsdam	6B WP K 3 A (aus Rep. 6B WP 337/1,Bl. 28)	Übersichtsplan Stepenitz oberhalb von Putlitz, Längsprofil (linkes- u. rechtes Ufer, Wasserstand, Sohle), vereinzelt Querprofile	Höhen- und Lageplan der Stepenitz von der Putlitzer Mühle aufwärts	Karte, Längsschnitt	1926	Stepenitz	Putlitz (oberhalb)	1:3000	Tiefenvariation, mittlere Sohlhöhenänderung	1	PDF abfotografiert
BLHA Potsdam	401 RdB Pdm K 1992 C	Meßakte zum Lage- und Höhenplan der Stepenitz in Perleberg	Messpunkte (nicht relevant)	Tabelle	1982	Stepenitz	Perleberg	-	-	5	PDF abfotografiert
	402 RdB Pdm K 2041 C	Meßakte Melioration (KM) Stepenitz, Teil Strigleben	Verlauf begradigte Stepenitz und Nebengewässer	Lageplan	1982	Stepenitz	Perleberg (Süd)	1:500	-	3	PDF abfotografiert

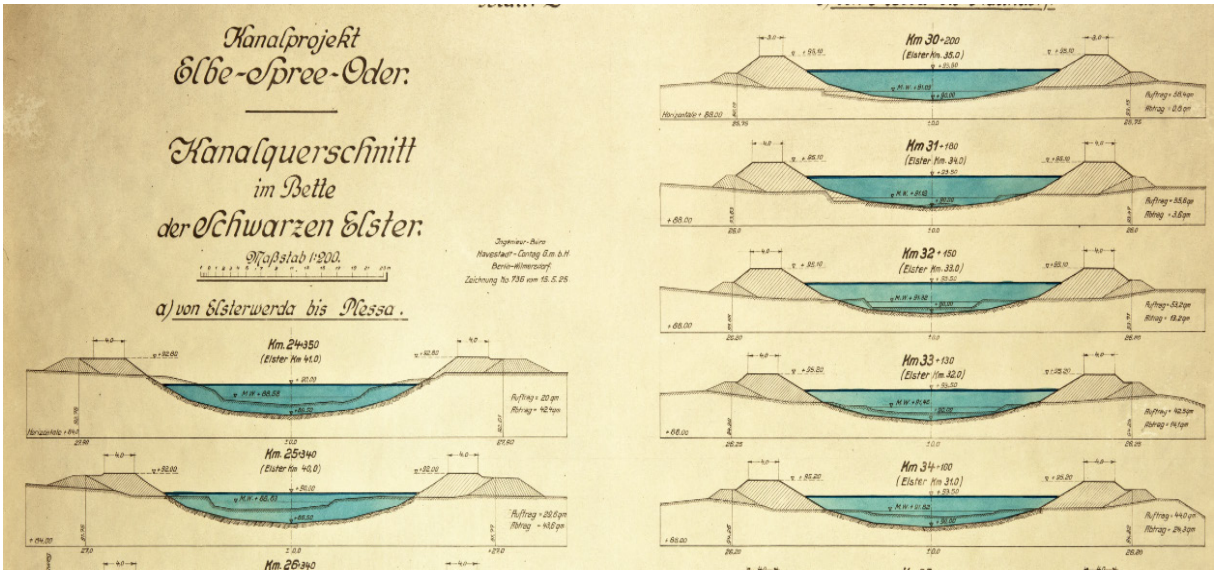
Archiv/ Quelle	Signatur	Bezeichnung	Inhalt (betrachtetes Dokument)	Quellenart	Jahr/ Zeitraum	Gewässer	Abschnitt	Maßstab	Indikator	Prio-rität 1-5	Qualität
BLHA Potsdam	31 A Potsdam 2718	Anträge zum Ausbau von Wasserläufen (nach § 168 des Wassergesetzes vom 7. Apr. 1913)	Querprofile Stepenitz: alte und neue Sohle, Station 35, 40, 44, 48, 53, 58, 63, 64, 67+18, 79+60, 79, 83+50	Querprofile	n. B. Akten von 1917 - 1935	Stepenitz	Verlauf über ca. 40 km (5 km Abschnitte)	Längen: 1:200 Höhen: 1:50	Tiefenvariation, mittlere Sohlhöhenänderung	1	PDF abfotografiert
BLHA Potsdam	2A I LW 3516	Ausbau der Stepenitz	Auseinandersetzung Strauregelung und Ausbau, bestehende Sohlausspülungen, Gefälle (S. 43 f.),	Text	1915 - 1920	Stepenitz	Herzscher Kanal bei Wittenberge (Verbindung Stepenitz - Ölmühle)	-	-	4	PDF abfotografiert
BLHA Potsdam	2A I LW 3517	Ausbau der Stepenitz	Geplanter Sandfang (nicht realisiert)	Lageskizze	1921 - 1940	Stepenitz	Wittenberge (Mündung)	1:25.000	-	4	PDF abfotografiert
SächsStA Dresden	12884 Karten und Risse, Nr. Schr 000, F 195, Nr 372 - 376	Übersichtskarte mit Blatteinteilung über den Lauf der Kirnitzsch	Übersicht Flurstücke und Verlauf der Kirnitzsch (Bad Schandau) von Station 0,0 - 3,66	Flurkarte/ Wasserkarte	1913	Kirnitzsch	Ortslage Bad Schandau	1:1000	ggf. Breitenvariation	3	PDF abfotografiert
SächsStA Dresden	Schr F, F 012, Nr 021a-k	Übersicht - Grundriß der Schandauer Flöße	Die Kirnitzschbach von Schandau bis zur böhmischen Grenze mit Angabe des Ortes Schandau, der Ostrauer, Mittelndorfer und Lichtenhainer Mühle, der Kirnitzschschenke und der verschiedenen Sägemühlen (10 Kartenblätter)	Karte - Federzeichnung	1820	Kirnitzsch	gesamte Kirnitzsch	hist. Maßstab 1500 Dresdner Ellen = 17,5 cm	Aue, (Laufveränderung)	2	tiff, hohe Auflösung
SächsStA Dresden	Schr L, F 001, Nr 005a-t	Grundriß der Schandauer Flöße	Die Kirnitzschbach von Schandau bis zur böhmischen Grenze mit Angabe des Ortes Schandau, der Ostrauer, Mittelndorfer und Lichtenhainer Mühle, der Kirnitzschschenke und der verschiedenen Sägemühlen (19 Kartenblätter)	Karte - Federzeichnung	1820	Kirnitzsch	gesamte Kirnitzsch	hist. Maßstab 1500 Dresdner Ellen = 17,5 cm	Breitenvariation, Aue, (Laufveränderung)	1	tiff, hohe Auflösung
SächsStA Dresden	10940 Sächsische Wasserbaudirektion, Nr. 329/1	Flußgebiet der Elbe: Schönauer Dorfbach, Krippenbach, Bielabach, Kirnitzsch	Übersicht Brücken und Stege, mit Querschnitt unterhalb der Brücke (Breite, Tiefen) mit Aufmaß/Baujahr und Zustand/Hochwasser-durchlässigkeit	Skizzen - Querprofile	1908	Kirnitzsch	gesamte Kirnitzsch	ohne Maßstab	Breitenvariation, Tiefenvariation, mittlere Sohlhöhenänderung	1	PDF abfotografiert
SächsStA Dresden	11168 Ministerium für Wirtschaft, Nr. 1077	Regelung der Sebnitz in Amtshainersdorf	Übersichtspläne, Lageplan, Längs- und Querschnitte, Leistungsverzeichnis ausgeführte Arbeiten	Karte, Querschnitte, Längsschnitt	1938 / 1939	Sebnitz	Flur Amts-hainersdorf	Karte: 1:1000 Querschnitt: 1:100 Längsschnitt: Längen 1:1000/500,	Breitenvariation, Tiefenvariation, mittlere Sohlhöhenänderung	1	PDF abfotografiert

Archiv/ Quelle	Signatur	Bezeichnung	Inhalt (betrachtetes Dokument)	Quellenart	Jahr/ Zeitraum	Gewässer	Abschnitt	Maßstab	Indikator	Prio-rität 1-5	Qualität
								Höhen 1:100/50;			
SächsStA Dresden	10736 Ministerium des Innern, Nr. 20400	Hydrotechnische Arbeiten, Verunreinigung der fließenden Gewässer	Längsschnitt von Sebnitz (Amtshainerdorf) bis Einmündung Lachsbach, Skizzen und Tabellen Höhenangaben/Skizzen Längsschnitte	Längsschnitt	1879 - 1883	Sebnitz	Läbgsschnitt Amtshainers-dorf (Stadt Sebnitz) bis Einmündung Lachsbach	hist. Maßstab	ggf. mittlere Sohlhöhen-änderung	2	PDF abfotografiert
SächsStA Dresden	10762 Amtshauptmannschaft Pirna, Nr. 3566	Regulierung der Sebnitz in der Stadtflur Sebnitz	Querschnitte der eingetieften und ausgebauten Sebnitz, z.T. im Vergleich zum alten Querschnitt	Querschnitte	1909 - 1915	Sebnitz	Sebnitz (Stadt)	ohne Maßstab, Aufmaß	Breitenvariation, Tiefenvariation	2	PDF abfotografiert
SächsStA Dresden	10940 Sächsische Wasserbaudirektionn Nr. 283	Hafenbau Prossen-Wendischfähre	Querschnitte Lachsbach, Abschnitt ca. 150 m	Querschnitte	1923 - 1924	Lachs-bach	Rathmanns-dorf - Prossen	ohne Maßstab, Aufmaß	Breitenvariation, Tiefenvariation	2	PDF abfotografiert
SächsStA Dresden	12884 Karten und Risse, Nr. 008 Anlegung Durchstich Polenz	Polenz-Bach Grundplan die Anlegung eines Durchstichs an den vormals Heringschen Polenz-Wiesen betr.	alter Verlauf und geplanter Durchstich	Skizze	n. B. (19. Jh.)	Polenz	-	ohne Maßstab	Breitenvariation	3	PDF abfotografiert
SächsStA Dresden	12884 Karten und Risse, Nr. Schr 000, F 195, Nr 409	Karte über den Lauf der Polenz	Verlauf Polenz von Station 23,4 - 23,3	Flurkarte / Wasserkarte	1916	Polenz	Flur Neustadt	1:1000	(Laufveränderung), ggf. Breitenvariation	2	PDF abfotografiert

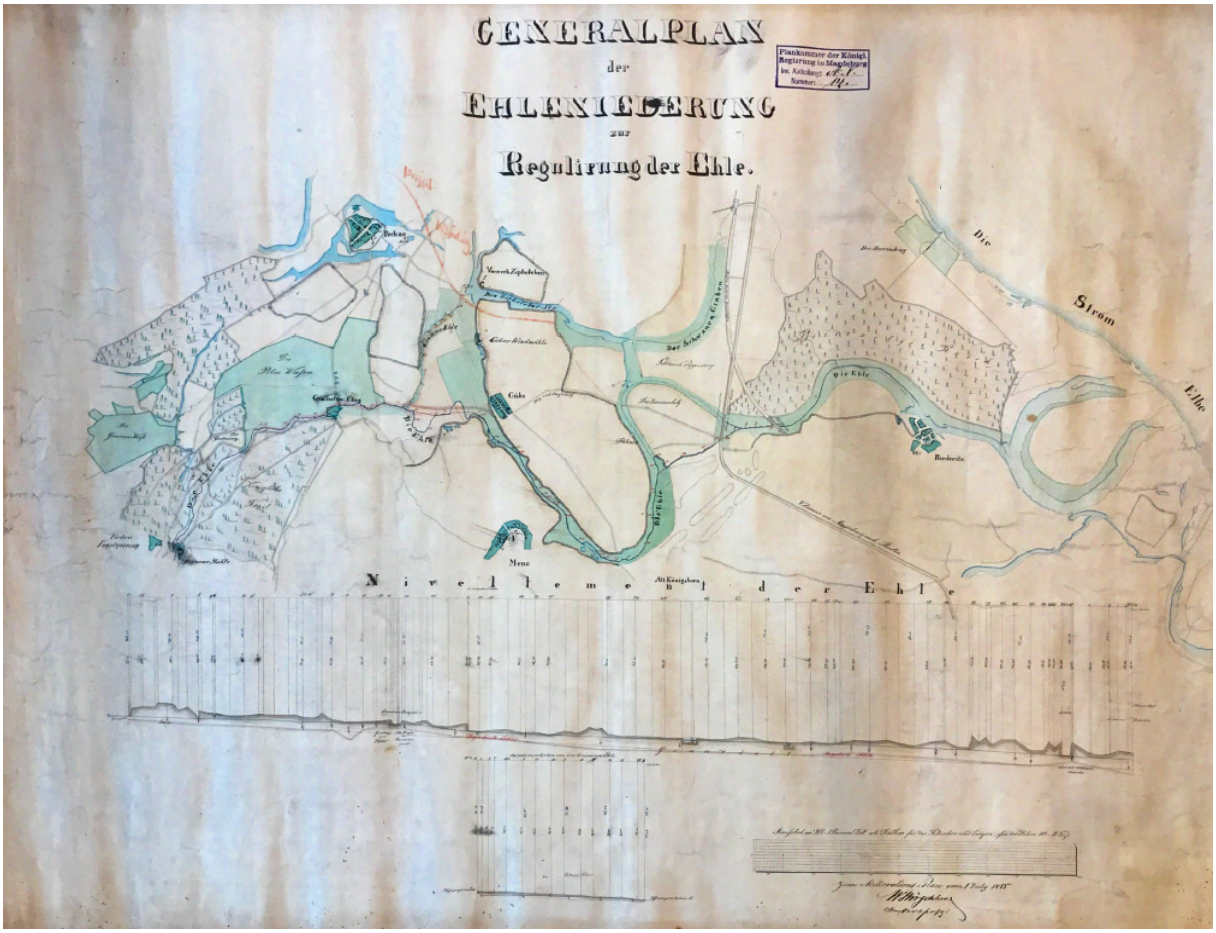
Anlage IV – Ausgewählte Archivergebnisse



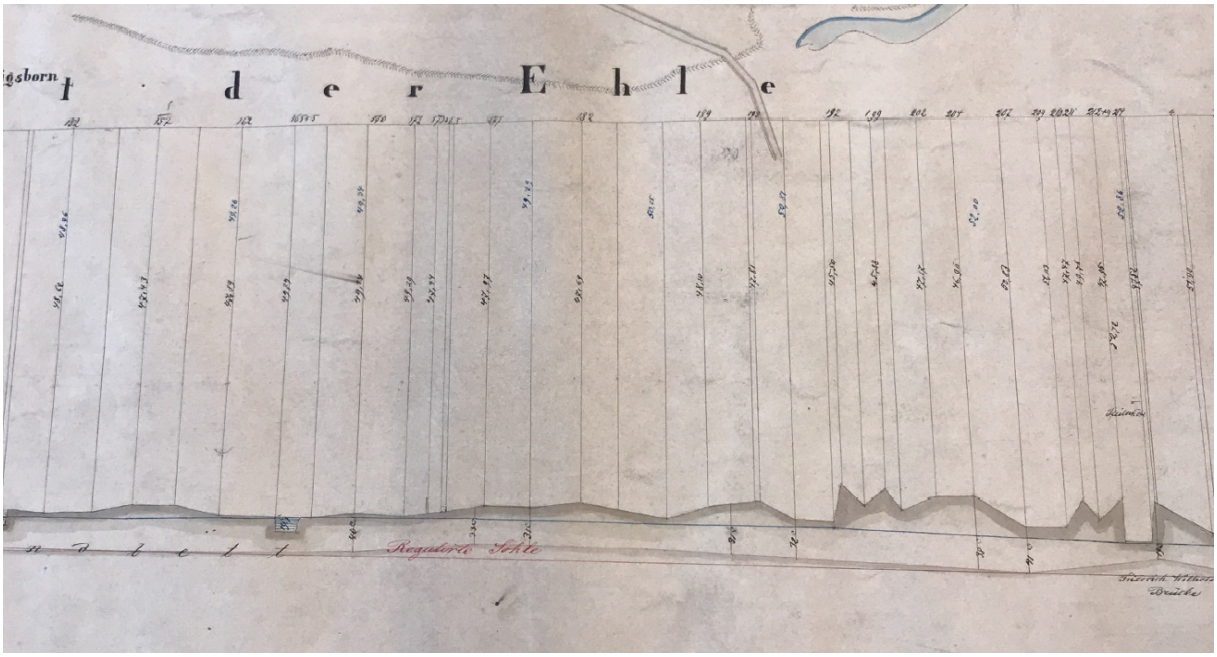
Ausschnitt Querprofile der Mulde bei Dessau, o.J.
(LASA Dessau, Z 271. Karten, II D Nr. 9 (II_33_1334f - 33_1339))



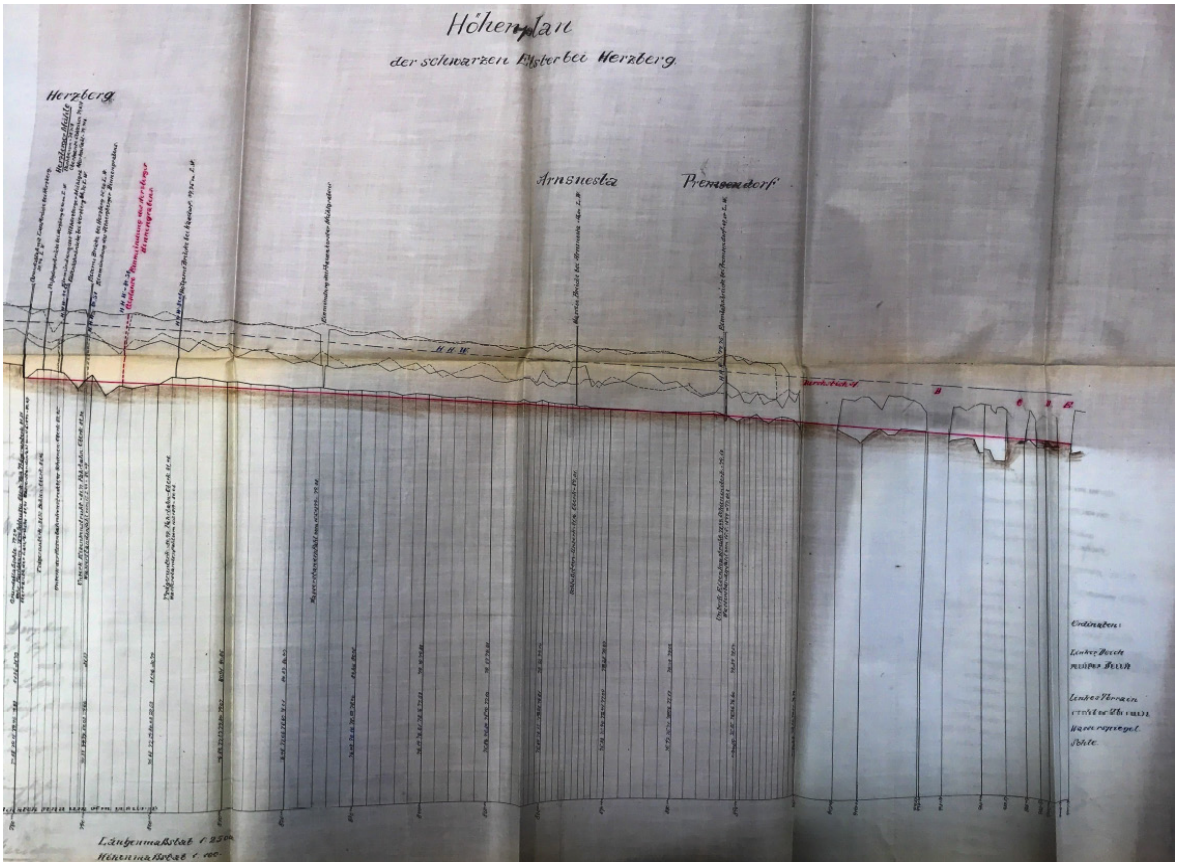
Ausschnitt Querprofile der Schwarzen Elster, 1925 (LASA Magdeburg, C 20 IV, Nr. 135, Bl. D).



Generalplan der Ehleniederung zur Regulierung der Ehle, 1855 (LASA Magdeburg, C 28 IX, AV Nr. 14).



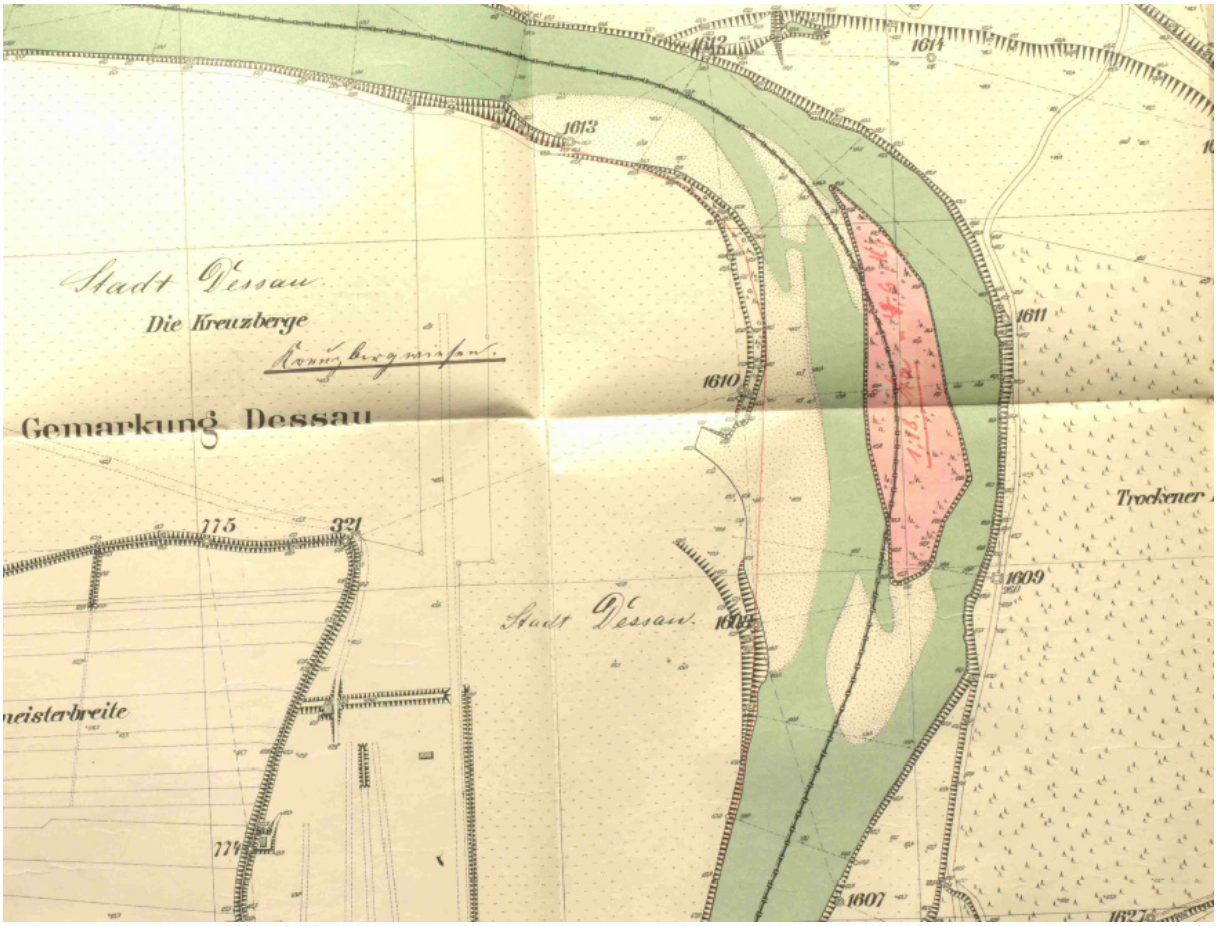
Ausschnitt Generalplan der Ehleniederung zur Regulierung der Ehle, alte und neue Sohle inklusive Höhenangaben, 1855 (LASA Magdeburg, C 28 IX, AV Nr. 14).



Höhenplan der Schwarzen Elster, Höhenangaben zu Ufer, Sohlhöhe und Wasserspiegellage, 1914 (LASA Merseburg C 48 Ic, Nr. 1481).

Plan der Schwarzen Elster von Bomsdorf bis Neumühle, 1814/1815 (LASA Merseburg, C48 IX, Lit. G Nr. 803).

Karte vom Flussverlauf der Schwarzen Elster von Elsterwerda bis Bomsdorf, 1850
(LASA Merseburg "C48 IX, Nachtrag Lit. G Nr. 125").



Ausschnitt: Die Mulde bei den Gemarkungen Dessau und Pötnitz, 1898
(LASA Dessau, Z 117-1, III IV A Nr. 26, fol. 209).

Anlage V – Archive und Anschriften

Adresse	Kontakt
Brandenburgisches Landeshauptarchiv Am Mühlenberg 3 14476 Potsdam	0331 5674 0 poststelle@blha.brandenburg.de https://blha.brandenburg.de/
Landesarchiv Sachsen-Anhalt Abteilung Dessau Heidestraße 21 06842 Dessau-Roßlau	0340 519896 40 dessau@la.sachsen-anhalt.de https://landesarchiv.sachsen-anhalt.de/
Hauptstaatsarchiv Dresden Archivstraße 14 01097 Dresden	0351 89219710 poststelle@sta.smi.sachsen.de https://www.staatsarchiv.sachsen.de/
Niedersächsisches Landesarchiv Am Archiv 1 30169 Hannover	0511 12066 01 poststelle@nla.niedersachsen.de https://nla.niedersachsen.de/
Landesarchiv Sachsen-Anhalt Abteilung Magdeburg Brückstraße 2 39114 Magdeburg	0391 59806 100 poststelle@la.sachsen-anhalt.de https://landesarchiv.sachsen-anhalt.de/
Landesarchiv Sachsen-Anhalt Abteilung Merseburg König-Heinrich-Straße 83 06217 Merseburg	03461 4738 51 merseburg@la.sachsen-anhalt.de https://landesarchiv.sachsen-anhalt.de/

Anlage VI
– Digitale Anlagen, eingestellt im WasserBLIcK

Literaturdatenbank

Archivalien-Datenbank

Ausbau der Stepenitz bei Wittenberge, 1928 (Brandenburgisches Landeshauptarchiv, Rep. 6 B Westprignitz).