ENGAGE
Geomorphologische Systeme
& Risikoforschung

universität wien

Fakultät für Geowissenschaften, Geographie und Astronomie

Institut für Geographie und Regionalforschung

Universitätsstraße 7
A – 1010 Wien
T + 43 1 4277-48601
F + 43 1 4277-9486
ronald.poeppl@univie.ac.at

Die Fluvialmorphologie der Fugnitz und des Kajabaches

Eine vergleichende Analyse ausgewählter Flussabschnitte unter besonderer Berücksichtigung anthropogener Effekte

Nationalpark Thayatal

Endbericht

Ronald E. Pöppl

im Auftrag der Nationalpark Thayatal GmbH

INHALTSVERZEICHNIS

1. ZIELSETZUNG UND LEISTUNGEN 4

2. UNTERSUCHUNGSGEBIET UND HYPOTHESENBILDUNG 5-9

2.1 Verortung und hydrogeographische Kennzahlen 5-6
2.2 Lithologie 6-7
2.3 Relief 7
2.4 Klima 8
2.5 Vegetationsbedeckung und Landnutzung 8
2.6 Pedologie 9
2.7 Hypothesenbildung 9

3. MATERIAL UND METHODIK 10-29

3.1 Ermittlung potentieller Einflussfaktoren auf das Flusssystem 11-16

3.1.1 Facies Mapping (Teilkomplexe: Feststoffe, Wasserbau) und Einzugsgebietsabgrenzung 11-13
3.1.2 Lithologie (Teilkomplex: Gestein) 13
3.1.3 Hangneigung 14
3.1.4 Landnutzungskartierung (Teilkomplexe: Vegetation, Landnutzung) 14-16
3.1.5 Datenaufbereitung 16

3.2 Allgemeine und vergleichende fluvialmorphologische Analyse und Charakterisierung des Untersuchungsgebietes hinsichtlich der Gerinnegeometrie 17-20
3.2.1 Grundriss 17-18
3.2.2 Längsschnitt 18-19
3.2.3 Querschnitt 19-20

3.3 Untersuchungen zum fluvialen Sedimenthaushalt 21-28
3.3.1 Erosionsmodellierung 21-23
3.3.2 Hochwassermodellierung und potentielle Sedimentablagerungsbereiche 23-25
3.3.3 Kombination: Erosionsmodellierung – Hochwassermodellierung 27
3.3.4 Korngrößenanalysen von Flussbettsedimenten 27-28

3.4 Statistische Datenauswertung 29

4. ERGEBNISSE UND INTERPRETATION 30-87

4.1 Ermittlung potentieller Einflussfaktoren auf das Flusssystem 30-38
4.1.1 Teilkomplexe: Vegetation, Landnutzung 30-31
4.1.2 Hangneigung 31-32
4.1.3 Teilkomplex: Gestein 32-34
4.1.4 Teilkomplex: Wasserbau 34-35

4.1.5 Geomorphologische Prozesse und Formen *35-38*

4.2 Allgemeine und vergleichende fluvialmorphologische Analyse und Charakterisierung des Untersuchungsgebietes hinsichtlich der Gerinnegeometrie **39-63**
4.2.1 Grundriss *39-43*
4.2.2 Längsschnitt *44-49*
4.2.3 Querschnitt *50-63*

4.3 Untersuchungen zum fluvialen Sedimenthaushalt
4.3.1 Erosionsmodellierung *64 - 72*
4.3.2 Hochwassermodellierung und potentielle Sedimentablagerungsbereiche *72-78*
4.3.3 Kombination: Erosionsmodellierung – Hochwassermodellierung *79*
4.3.4 Korngrößenanalysen von Flussbettsedimenten *80-87*

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN **88**

DANKSAGUNG **89**

ZUSAMMENFASSUNG / KURZBERICHT **90-92**

ABSTRACT **93**

LITERATURVERZEICHNIS **94-95**

ANHANG (Datenabgabe): 2 x DVD-ROM

1. ZIELSETZUNG UND LEISTUNGEN

Im November 2008 wurde Mag. Ronald E. Pöppl BA von der Nationalpark Thayatal GmbH beauftragt, eine fluvialmorphologische Studie unter besonderer Berücksichtigung anthropogener Effekte in den Einzugsgebieten der Fugnitz und des Kajabaches durchzuführen. Des Weiteren wurde vereinbart, dass die aus dieser Studie resultierenden Ergebnisse als Grundlage für weiterführende Forschungsprojekte sowie für das Verfassen einer Dissertationsschrift herangezogen werden sollen. Folgende Ziele und Leistungen sind Gegenstand der vorliegenden Arbeit:

a) Allgemeine und vergleichende fluvialmorphologische Analyse und Charakterisierung des Untersuchungsgebietes hinsichtlich der Gerinnegeometrie

b) Ermittlung potentieller Einflussfaktoren auf das Flusssystem

c) Untersuchungen zum fluvialen Sedimenthaushalt

Die Bearbeitung der jeweiligen Fragestellungen verlief in mehreren zeitlichen Etappen und Teilschritten (Tab. 1). Eine detailliertere Methodenbeschreibung befindet sich in Kapitel 3 (Material und Methodik).

Tab. 1: Projektdokumentation

Zeitraum	Tätigkeitsfeld
November 2008	Projektanbahnung, Projektplanung, Geländeerkundung (Geländebegehungen)
Dezember 2008	Konzepterstellung, Datenbeschaffung
Jänner 2009	Datenaufbereitung (GIS)
Februar 2009 – April 2009	Fluvialmorphologische Analyse und Charakterisierung des Untersuchungsgebietes (GIS)
April 2009 – Mai 2009	Digitalisierung und Berechnung von studienrelevanten Untersuchungsgebietseigenschaften (GIS)
Mai 2009 – Juli 2009	Facies Mapping (Geländearbeit)
August 2009 – September 2009	Erosionsmodellierung, Hochwassermodellierung (GIS)
November 2009	Planung und Durchführung der Flussbettsediment-Probenahme (Geländearbeit)
Dezember 2009	Bestimmung der Korngrößenverteilung von oberflächennahen Flussbettsedimenten (Laborarbeit)
Jänner 2010 - April 2010	Datenauswertung, Interpretation und Visualisierung der Ergebnisse
Mai - Juli 2010	Verfassen des Endberichtes, Dissemination der Ergebnisse

2. UNTERSUCHUNGSGEBIET UND HYPOTHESENBILDUNG

2.1 Verortung und hydrogeographische Kennzahlen

Bei den beiden Flüssen Fugnitz und Kajabach (Abb. 1) handelt es sich um Zubringer der Thaya, welche ihre Mündungsbereiche sowie Teile ihres Einzugsgebietes (Abb. 2) innerhalb der Grenzen des Nationalparks Thayatal haben (Abb. 1, 2).

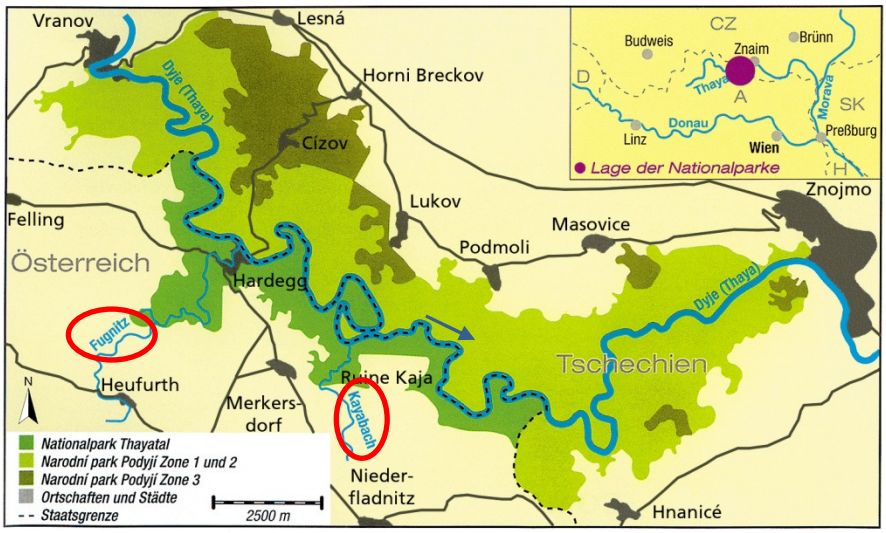

Abb. 1: Verortung der Untersuchungsgebiete

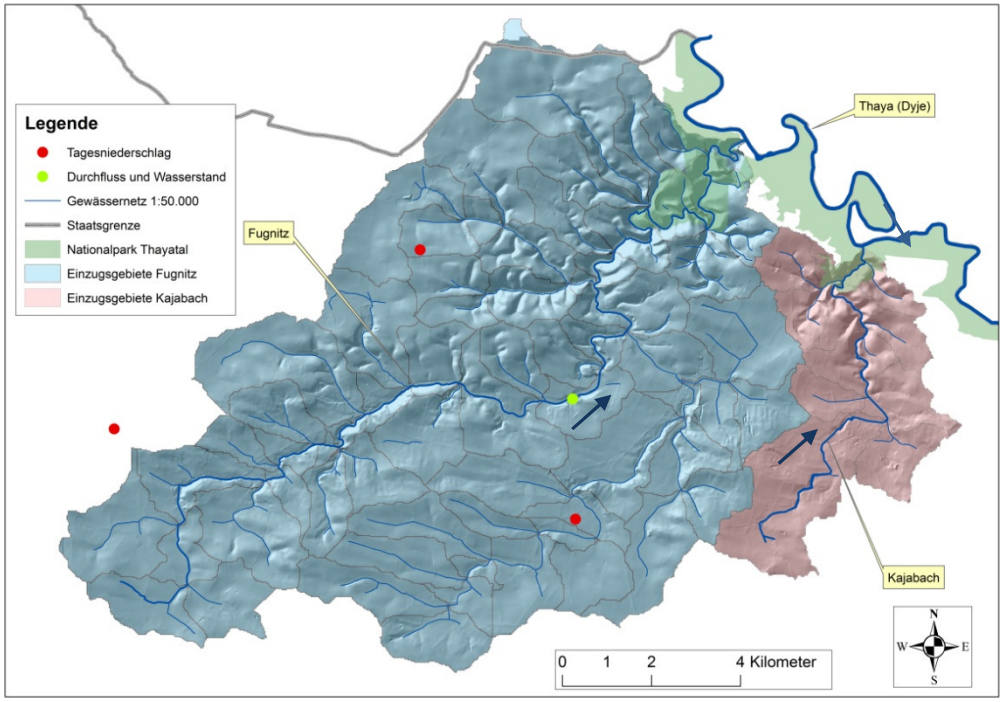

Abb. 2: Einzugsgebiete der Fugnitz und des Kajabaches inkl. Verortung von Klima- und Abflussmessstellen

Ausgewählte hydrogeographische Kennzahlen der Einzugsgebiete sind in Tab. 2 angeführt:

Tab. 2: Hydrogeographische Kennzahlen der Einzugsgebiete

	Fugnitz	**Kajabach**
Fläche	138,4 km²	21,3 km²
Gewässerlänge (Hauptfluss)	29,7 km	10,7 km
Gewässerlänge (Gewässernetz gesamt)	134,5 km	19,6 km
Anzahl der Zubringer	26	8
Flussordnungszahl nach SHREVE (Mündung)	78	12
Höhenunterschied: Quelle - Mündung	210 m	180 m
Mittleres Gefälle (Hauptfluss)	0,8 %	0,92 %
Mittlerer jährlicher Gebietsniederschlag	500 – 600 mm	400 – 500 mm

2.2 Lithologie

Am Ostrand des Böhmischen Massivs gelegen, ist das Untersuchungsgebiet lithologisch dem Moravikum zuzuordnen. Hier dominieren als Gesteinsfazies Gneise, im Gegensatz zu den Graniten im westlich angrenzenden Moldanubikum. Innerhalb dieser lithologischen Großeinheiten kommt es jedoch immer wieder zu lokalen Variationen (vgl. ROETZEL et al. 2005).

Des Weiteren wird im Untersuchungsgebiet das Kristallin der Böhmischen Masse von tertiären (d.h. Silte, Tone, Sande aus dem Miozän) und quartären Sedimenten (d.h. Lösse aus dem Pleistozän) überlagert (Abb. 3). Diese Sedimentauflagen sind vor allem auf den Hochflächen der Einzugsgebiete verbreitet, wohingegen sie in steilen Hang- und Tallagen aufgrund verstärkter fluvialer Erosionsprozesse nicht mehr vorhanden sind bzw. abgetragen wurden.

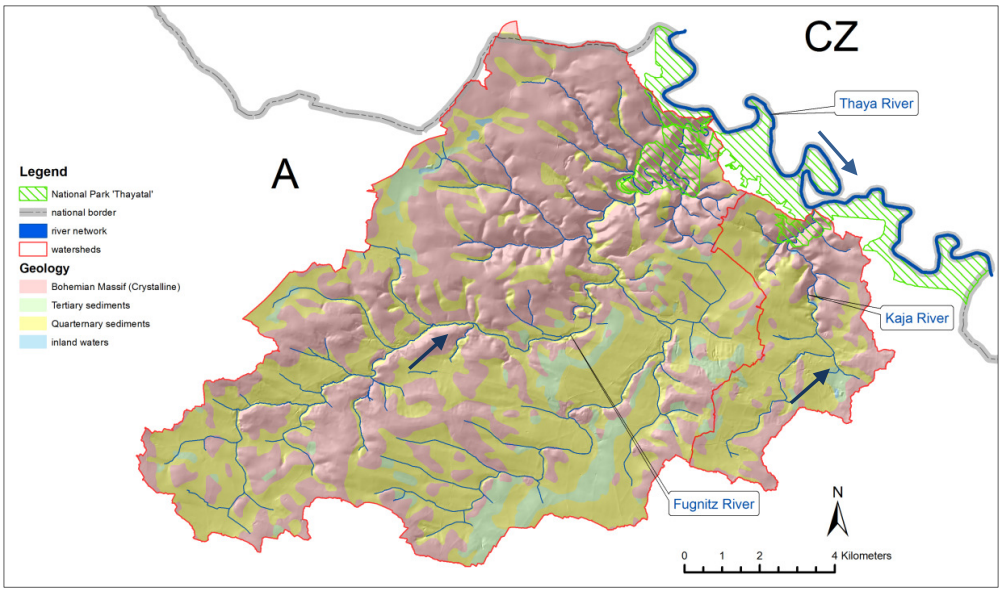

Abb. 3: Lithologische Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes

2.3 Relief

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im größtenteils in einer flachwelligen Rumpfgebirgslandschaft mit geringen Hangneigungen. Die höchsten Erhebungen erreichen eine Höhe von ~ 531m ü. NN. Dieses flachwellige Landschaftsbild wird jedoch durch die Talbildung der Gerinne unterbrochen. Oberlauf und Mittellauf der Fugnitz und des Kajabaches durchfließen ein Gebiet mit Hochflächencharakter. Die Unterläufe der Gewässer tiefen sich zum Vorfluter (Thaya) hin bis auf 286m ü. NN. (Fugnitz) bzw. auf ~ 270m ü. NN. (Kajabach) ein und weisen ein größeres Gefälle sowie höhere Hangneigungen auf (Abb. 4).

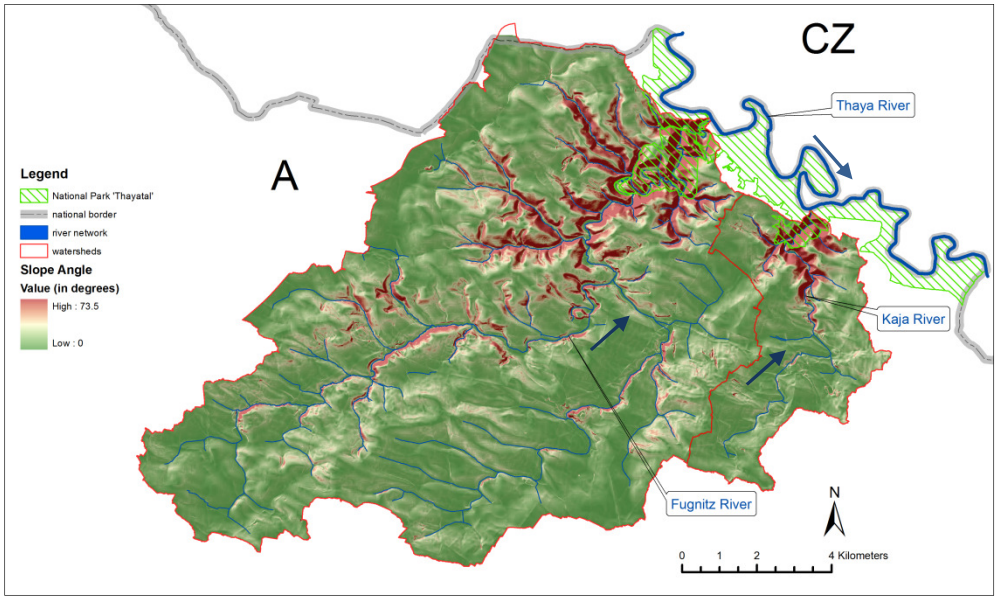

Abb. 4: Hangneigungen im Untersuchungsgebiet

2.4 Klima

Das Untersuchungsgebiet liegt an einer ausgeprägten Klimagrenze zwischen der im Osten gelegenen, trockenen pannonischen Klimaregion und dem auf den Hochflächen der Böhmischen Masse vorherrschenden, feuchteren atlantischen Klima. Der mittlere jährliche Gebietsniederschlag beträgt im Einzugsgebiet der Fugnitz 500-600mm, im Einzugsgebiet des Kajabaches 400-500mm. Der Jahresmittelwert der Temperatur beträgt im Raum Hardegg (vgl. Abb. 1) ca. 8°C (FISCHER & PAAR 1992, S. 4-9).

2.5 Vegetationsbedeckung und Landnutzung

Die Hochflächen der Einzugsgebiete werden von agrarischen Nutzflächen dominiert, wohingegen sich in steileren Hang- bzw. Tallagen der Ober- und Mittelläufe hauptsächlich Nadelforste finden (vgl. Abb. 5). In den Einzugsgebieten der Unterläufe gehen Laubmischwälder in naturnahe Laubwälder über. Verbaute bzw. versiegelte Gebiete beschränken sich auf wenige kleine Ortschaften bzw. auf das sie verbindende Verkehrsnetz. Zusätzlich befinden sich im Untersuchungsgebiet vereinzelt extensiv genutzte Wiesenflächen, v.a. entlang des Unterlaufes der Fugnitz.

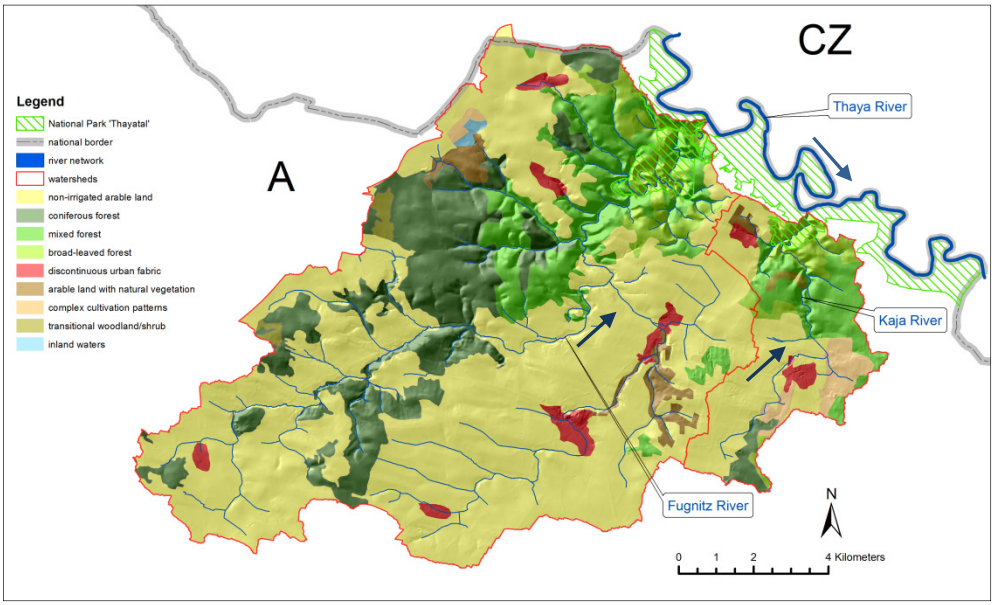

Abb. 5: Vegetationsbedeckung und Landnutzung im Untersuchungsgebiet nach CORINE 2000 (vgl. Tab. 2)

Des Weiteren befinden sich im Untersuchungsgebiet mehrere Teichanlagen, welche meist extensiver Nutzung unterliegen (z.B. Sportfischerei, Löschzwecke).

2.6 Pedologie

Die auf dem kristallinen Gestein der Böhmischen Masse entstandenen Böden sind meist Ranker mit hohem Grobanteil. An anschließenden flachen Hängen liegen vornehmlich Felsbraunerden. In Mulden und an Grabenhängen mit Grundwassereinfluss treten Hanggleye auf und in einigen Mulden kommen kalkhaltige Anmoorböden bzw. Pseudogleye vor. Die Alluvien entlang der Fließgewässer weisen hauptsächlich vergleyte Auböden auf.

2.7 Hypothesenbildung

Zugrundeliegende Haupthypothesen

1) Flusssysteme sind in erster Linie selbstorganisiert. Menschliche Eingriffe in das fluviale System bewirken lediglich strukturelle Veränderungen auf lokalräumlicher Ebene:
   a) Ackerbauliche Nutzung in Ufernähe bewirkt erhöhte Feinsedimenteintragsraten in die Gerinne. Dies führt zu erhöhten Anteilen an Feinsedimenten in der oberflächigen Flussbett-Sediment-Facies. Diesbezüglich weist Ufer- Gehölzvegetation eine Pufferfunktion auf.
   b) Flussbauliche Strukturen verändern das Verhältnis zwischen Sedimentfracht und Abfluss sowie die Fließbedingungen im Gerinne. Daraus resultieren sedimentologische und geomorphologische Adaptionen des fluvialen Systems.

2) Staudämme führen entlang landwirtschaftlicher Nutzflächen zu Interaktionen bzw. Koppelungen zwischen Human- und Flusssystem (z.B. in Form von weiterführenden flussbaulichen Maßnahmen zum Erosionsschutz).

3. MATERIAL UND METHODIK

Grundsätzlich können fluvialmorphologische Analysen auf unterschiedlichen räumlichen (und zeitlichen) Skalenebenen erfolgen, von der mikroskaligen Ebene (z.B. Verteilungsmuster oberflächiger Flussbettsedimente) über die Mesoebene (z.B. Talformen) bis hin zur Makroebene (z.B. Laufmuster eines gesamten Flusssystems) (PÖPPL et al. 2010).

Verwendete Basisdaten

In Tab. 3 wird eine Auflistung der verwendeten Basisdaten dargestellt:

Tab. 3: Auflistung der verwendeten Basisdaten

Bezeichnung	**Auflösung bzw. Einheit**	**Jahr der Aufnahme bzw. Überarbeitung**	**Quelle**
Digitales Geländemodell (DGM 1)	1m x 1m	2006, 2008	Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Gruppe Wasser, Österreich
Digitales Geländemodell (DGM 10)	10m x 10m	2006	Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Gruppe Wasser, Österreich
Digitales Oberflächenmodell (DOM)	1m x 1m	2006, 2008	Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Gruppe Wasser, Österreich
Topographische Karten (Blätter: 4312, 4306)	1 : 50.000	2008	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Österreich
Katasterkarte	1 : 1.000	2008	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Österreich
Geologische Karten (Blätter: 8, 9)	1 : 50.000	2008	Geologische Bundesanstalt, Österreich
Orthofotos	0,25m x 0,25m	2001, 2007	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Österreich
Landnutzungskarte	1 : 100.000	2000	CORINE (2000) - Coordinated Information on the European Environment; Umweltbundesamt, Österreich
Bodenerosion	50m x 50m	2004	Bundesamt für Wasserwirtschaft, Österreich; STRAUSS 2007
Tagesniederschlagswerte (Riegersburg, Weitersfeld)*	mm	1981 - 2006	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Österreich
Durchfluss- und Wasserstandswerte (Fugnitz: Fronsburg)*	15min	2000 - 2004	Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Gruppe Wasser, Österreich

* Eine detaillierte Verortung der Messstandorte kann Abb. 2 entnommen werden.

Je nach Art der Fragestellung und Skalenebene, können bzw. müssen unterschiedliche Untersuchungsmethoden angewendet werden. Diese werden im folgenden Kapitel diskutiert:

3.1 Ermittlung potentieller Einflussfaktoren auf das Flusssystem

Ausgehend vom System der Bettbildung anthropogen beeinflusster Fließgewässer, welches die konzeptionelle Basis darstellt, wurden die im Rahmen dieser Arbeit zu untersuchende Teilkomplexe ausgewählt (Abb. 6):

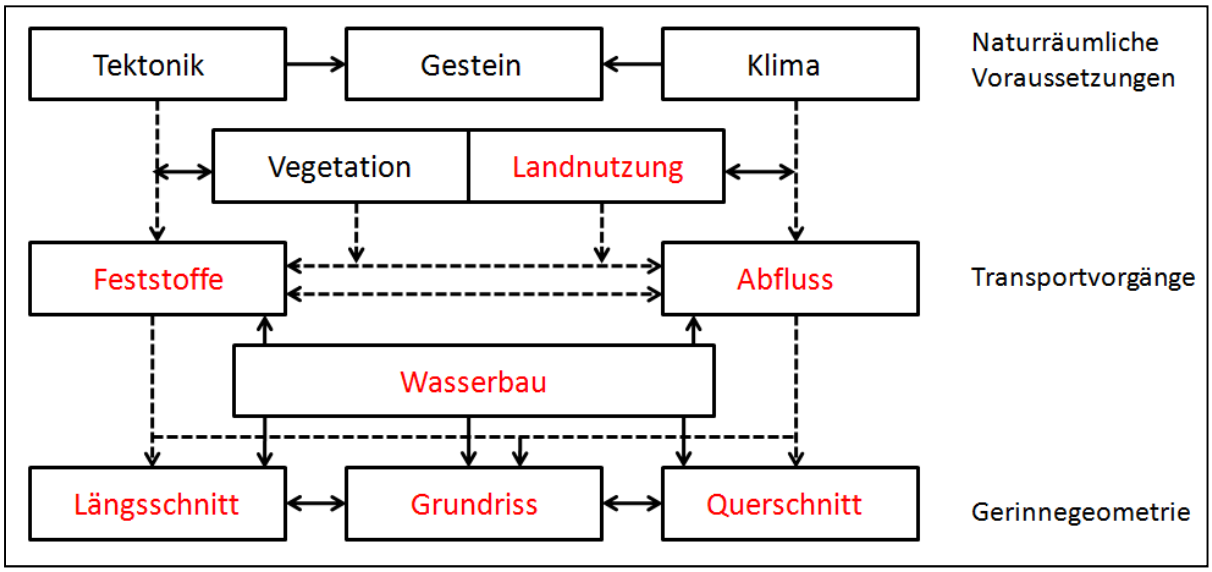

Abb. 6: System der Bettbildung anthropogen beeinflusster Fließgewässer (potentielle anthropogene Einflussbereiche: Rot) (Grafik: Bayrisches Landesamt für Wasserwirtschaft, verändert von R. Pöppl)

Folgende Methoden wurden angewandt, um einen Überblick über die potentiellen Einflussfaktoren im Untersuchungsgebiet zu erhalten:

3.1.1 Facies Mapping (Teilkomplexe: Feststoffe, Wasserbau) und Einzugsgebietsabgrenzung

Um einen Eindruck vom geomorphologischen, sedimentologischen (FACIES) sowie vom ökomorphologischen Zustand der Hauptflüsse zu erlangen, wurden so genannte Facies Maps (vgl. KONDOLF & PIÉGAY 2003, S. 355-356) angefertigt. Zur deren Erstellung wurden im Zuge mehrtägiger Geländebegehungen (vgl. Tab. 1) beide Hauptflüsse entlang des gesamten Flusslaufs hinsichtlich folgender Merkmale kartiert (Tab. 4):

Tab. 4: Facies Map – Klassifikation (ROT: potentielle anthropogene Einflussfaktoren)

Oberflächige Flussbettsedimente (in Anlehnung an WENTWORTH (1922), vgl. Tab. 5)			
Klasse (FACIES)	*Merkmale (Reihenfolge nach Dominanz)*		
1	Steine und Blockwerk (vereinzelt: Kiese)		
2	Steine und Kiese (vereinzelt: Blockwerk)		
3	Kiese und Steine		
4	Kiese und Sande/Schluffe/Tone		
5	Sande/Schluffe/Tone und Kiese		
6	Sande/Schluffe/Tone		
7	keine Sedimente		
Geomorphologische Merkmale nach Prozessart			
Akkumulation		*Erosion*	
Klasse	*Merkmale*	*Klasse*	*Merkmale*
INS	Insel	UE	Ufererosion
B	Bankbildung	RIL	Rille
B_VEG	Bankbildung mit Vegetationsbedeckung	GUL	Gully
SCHWF	Schwemmfächer	ENTWG	Entwässerungsgraben
ANTH	Anthropogene Ablagerung: Steine, Bauschutt	FS	Felssturz
TRBH	Treibholz	RU	Rutschung
Wasserbauliche Strukturen nach Merkmalen und Kartierungs-Typ			
Klasse		*Merkmal*	*Kartierungs-Typ*
BT		Flussbettverbauung	linienhaft
UFR		Uferverbauung	linienhaft
BT_UFR		Flussbett- und Uferverbauung	linienhaft
WEHR		Wehranlage	linienhaft
DAMM		Staudamm	linienhaft
DAMM_AB		Flussstrecke dammabwärts	linienhaft
DAMM_AUF		Flusstrecke dammaufwärts	linienhaft
EIND		Eindeckung	linienhaft
VERRO		Verrohrung	punkthaft
STAU		Staustufen durch anthropogenen Materialeintrag	punkthaft
ABST		Absturzrampe	linienhaft

Tab. 5: Korngrößenklassen nach WENTWORTH (verändert von R. Pöppl)

Korngrößendurchmesser in mm	*Bezeichnung*
>200	Blockwerk
63 – 200	Steine
2 – 63	Kiese
< 2	Sande/Schluffe/Tone

Als Kartierungsgrundlage für die Aufnahme dienten detaillierte Flusskarten, welche im Zuge einer ArcGIS-gestützten Auswertung des DGM 1 (vgl. Tab. 3) erstellt wurden. Um anschließend die flächenhafte Ausdehnung der Gerinne zu berechnen, wurden die Liniendaten einer Pufferung unterzogen. Hierzu wurde die Flussordnungszahl nach SHREVE (1966) des jeweiligen Gewässerabschnitts, welche Rückschlüsse auf den Abfluss des jeweiligen Gewässer-Subabschnitts zulässt, mit dem Faktor 0,1 (m) multipliziert, um die gemittelte Gewässerbreite des Flussabschnittes zu errechnen. Dieser Faktor wurde im Rahmen einer Geländevorbegehung ermittelt, im Zuge welcher die Gewässerbreiten exemplarisch erhoben wurden. Die Berechnung der Fluss(teil)einzugsgebiete erfolgte auf Basis des DGM 10 mittels der in ArcGIS integrierbaren Software ArcSWAT. Als Kriterien zur Abgrenzung der Teileinzugsgebiete wurden die Flussknotenpunkte (i.e. Mündungspunkte von Zubringern) des Flussnetzes der Topographischen Karte 1:50.000 herangezogen (vgl. Tab. 3).

3.1.2 Lithologie (Teilkomplex: Gestein)

Als Grundlage für die Klassifikation der Lithologie (LITH) wurden geologische Karten mit dem Maßstab 1:50.000 verwendet (vgl. Tab. 3). Anschließend erfolgte eine Reklassifikation derjenigen lithologischen Einheiten, die unmittelbar an das flusseigene Alluvium angrenzen (Tab. 6):

Tab. 6: Reklassifikation der lithologischen Einheiten angrenzend an das flusseigene Alluvium

	Merkmale
1	Löss (> 50%)
2	Löss : Schiefer = 1 : 1
3	Löss : andersartige Einheiten = 1 : 1
4	Löss : Gneis = 1 : 1
5	Löss : Granit = 1 : 1
6	Löss : tertiäre Sedimente = 1 : 1
7	Löss : kalkhaltiges Gestein = 1 : 1
8	Tertiäre Sedimente (> 50%)
9	Schiefer (> 50%)
10	Kalkhaltiges Gestein (> 50%)
11	Kalkhaltiges Gestein : andersartige Einheiten = 1 : 1
12	Gneis (> 50%)
13	Gneis : andersartige Einheiten = 1 : 1
14	Granit (> 50%)
15	Keine Dominanz eines Merkmals (< 50%)

3.1.3 Hangneigung

Zur Ermittlung der Hangneigungsverhältnisse in Ufernähe wurde beidseitig der Gewässermitte eine Pufferzone von 100m ausgewiesen, da dieser Bereich den größten Teil aller Talflanken im Untersuchungsgebiet entlang der Hauptflüsse mit einschließt. Innerhalb dieser Pufferzone wurden anschließend aus dem DGM 1 (vgl. Tab. 3) mittels ArcGIS die mittleren Hangneigungen errechnet (HANGN_MW) und anschließend entsprechend den Untersuchungsgebietsverhältnissen klassifiziert (vgl. Tab. 7):

Tab. 7: Klassifikation der Hangneigungen innerhalb einer 100m- Pufferzone

Klasse (HANGN_MW)	*Mittlere Hangneigung in °*	*Bezeichnung*
1 – 1,5	0 - 7	gering
1,5 – 2,5	7,00001 – 15	mittel
> 2,5	> 15,00001	groß

3.1.4 Landnutzungskartierung (Teilkomplexe: Vegetation, Landnutzung)

Anhand einer Auswertung der Orthofotos (2007) sowie des DOM (2008) (vgl. Tab. 3) wurde mittels ArcGIS eine detaillierte Landnutzungskarte des Untersuchungsgebietes erstellt. Die Kategorisierung der Landnutzungs- bzw. Vegetationseinheiten erfolgte in Anlehnung an die CORINE LANDCOVER Nomenklatur (vgl. Tab. 3). Folgende Landnutzungsklassen wurden in Hinblick auf die nachfolgende Erosionsmodellierung (vgl. 3.2 Untersuchungen zum fluvialen Sedimenthaushalt) sowie für die statistische Datenauswertung (vgl. Kap. 3.4 Statistische Datenauswertung) unterschieden: bebaute Flächen, Ackerflächen, Grünland, Wälder und Wasserflächen.

Die Landnutzungsklassifikation erfolgte in Hinblick auf die Ermittlung potentieller Erosionsraten entlang der Hauptflüsse, weshalb folgende Merkmale zur Unterscheidung der einzelnen Landnutzungsklassen herangezogen wurden (Tab. 8, Tab. 9):

Tab. 8: Landnutzungsklassifikation auf Einzugsgebietsebene

Klasse	*Merkmale*
1	Ackerflächen: Acker- und Ackerbrachflächen; Unterscheidungskriterium zu Grünland: Pflugfurchen
2	Grünland Wiesen, Weiden (keine ackerbauliche Nutzung)
3	Wälder: Geschlossener Waldbestand, Rodungsflächen ohne entferntes Stamm- bzw. Wurzelwerk, Jungwälder; Einzelbäume (z.B. Alleebäume) wurden nicht berücksichtigt
4	Verbaute/versiegelte Flächen: Gebäude, Straßen- und Wegenetz
5	Wasserflächen: stehende Gewässer, Fließgewässer

Als Abgrenzungskriterium der Landnutzung in Ufernähe (Tab. 9) zur Landnutzung auf Einzugsgebietsebene, die innerhalb einer Pufferzone von 100m beidseitig der Gewässermitte ermittelt wurde, wurde hierzu zusätzlich eine Pufferzone von 10m beidseitig der Gewässermitte ausgewiesen.

Tab. 9: Landnutzungsklassifikation: Ufernähe

Klasse (LANDN)	*Merkmale*
1	Ackerflächen dominant (> 50%)
2	Ackerfläche : Grünland = 1 : 1
3	Ackerfläche : Wälder = 1 : 1
4	Ackerfläche : verbaute/versiegelte Flächen = 1 : 1
5	Ackerfläche : andersartige Flächen = 1 : 1
6	Grünland dominant (> 50%)
7	Grünland : Wälder = 1 : 1
8	Grünland : verbaute/versiegelte Flächen = 1 : 1
9	Grünland : andersartige Flächen = 1 : 1
10	Wälder
11	Wälder : verbaute/versiegelte Flächen = 1 : 1
12	Wälder : andersartige Flächen = 1 : 1
13	Verbaute/versiegelte Flächen (> 50%)
14	Verbaute/versiegelte Flächen : andersartige Flächen = 1 : 1
15	Keine Dominanz eines Merkmals (< 50%)

Des Weiteren wurde noch die Uferzone hinsichtlich ihrer unmittelbar an das Gerinne anschließende Gehölzvegetation (= Ufergehölzsäume) untersucht, um eine potentielle Pufferwirkungen dieser Zone ausweisen zu können. Die Klassifikation der Ufergehölzvegetation erfolgte folgendermaßen (Tab. 10):

Tab. 10: Landnutzungsklassifikation: Ufer-Gehölzvegetation

Klasse (UFER_WALD)	*Merkmale*
1	100% Gehölzbestand
2	Durchgehender Gehölzbestand mit einzelnen Lücken
3	Sporadischer Gehölzbestand (vereinzelt: Gehölzbestand, keine linearen Strukturen erkennbar)
4	Kein Gehölzbestand

3.1.5 Datenaufbereitung

Die Hauptflüsse wurden anhand des Kriteriums „FACIES“ unterteilt, d.h. jeder Teilabschnitt (FlussID) unterscheidet sich von seinem Nachbarabschnitt in seiner Sediment-Facies. Somit bildet die Sediment-Facies die Grundgesamtheit für sämtliche statistisch-tabellarischen Datenauswertungen dieser Arbeit, da angenommen wird, dass diese auf lokalräumlicher Ebene die größte Signifikanz bezüglich der sedimentologischen bzw. geomorphologischen Gerinnebeschaffenheit aufweist.

Anschließend wurden aus den erhobenen Absolutwerten (Gesamtanzahl der erhobenen Faktoren pro Gewässerabschnitt) von den Faktoren: „geomorphologischen Merkmale nach Prozessart“ und „wasserbauliche Strukturen nach Typ“ Relativwerte berechnet (Faktoren / Gewässerlänge in m) und mit dem Appendix „_REL“ versehen der Attribut-Tabelle, in welcher sich auch die „FACIES“ befindet, hinzugefügt (siehe Datenabgabe/ GIS/facies_attribues).

Abschließend wurden ausgewählte Faktoren im Zuge einer tabellarischen Datenauswertung miteinander kombiniert (Zeichenerklärung):

FlussID	Vergleichswert (Attribut)	zu vergleichender Wert (Attribut) / [Vergleichswert*]	mit [Vergleichswert*] zu vergleichender Wert (Attribut)
		Übereinstimmung	Übereinstimmung
		keine Übereinstimmung	keine Übereinstimmung

3.2 Allgemeine und vergleichende fluvialmorphologische Analyse und Charakterisierung des Untersuchungsgebietes hinsichtlich der Gerinnegeometrie

Die Untersuchungen der Gerinnegeometrie der Flusssysteme erfolgten auf drei unterschiedlichen räumlichen Ebenen: Grundriss, Längsschnitt und Querschnitt. Tab. 11 gibt einen Überblick über die jeweils erhobenen Parameter der Gerinnegeometrie, die angewandten Methoden sowie die verwendete Datenbasis:

Tab. 11: Angewandte Methoden zur Erhebung geometrischer Parameter der Gerinne

Ebene der Gerinnegeometrie	Angewandte Methode	Datenbasis
3.2.1 Grundriss		
Flussentwicklung	Vermessung mittels ArcGIS, Berechnungsformel	DGM 10, Topographische Karte 1:50.000
Sinuositätsindex nach SCHUMM	Vermessung mittels ArcGIS, Berechnungsformel	DGM 10, Topographische Karte 1:50.000
3.2.2 Längsschnitt		
Aufrisslinie	Profilerstellung mittels Microsoft Excel (Höheninformationen aus DGM 1)	DGM 1, Detaillierte Flusskarte aus Facies Mapping (vgl. 3.1.1)
Gefälleberechnung	Vermessung mittels ArcGIS, Berechnungsformel	DGM 1, Detaillierte Flusskarte aus Facies Mapping (vgl. 3.1.1)
3.2.3 Querschnitt		
Talformen	Profilerstellung mittels Global Mapper 10 (GIS-Software)	DGM 1, Detaillierte Flusskarte aus Facies Mapping (vgl. 3.1.2)
Flussbettformen	Profilerstellung mittels Global Mapper 10 (GIS-Software)	DGM 1, Detaillierte Flusskarte aus Facies Mapping (vgl. 3.1.1)

3.2.1 Grundriss

Mit Hilfe von Verhältniszahlen werden die Beziehungen zwischen Flusslauf und Einzugsgebiet beschrieben, welche wiederum Rückschlüsse auf den Gewässergrundriss zulassen:

Flussentwicklung

$$e_F = (l_F - c) / c$$

Die Flussentwicklung ist ein Maß für den Grad der Mäandrierung von Flüssen und kann sowohl für den Fluss als Ganzes als auch für Teilstrecken erhoben werden. Zur Berechnung der Flussentwicklung e_F, welche auch für Teilstrecken anwendbar ist, wird von der Länge des Flusslaufes l_F die Strecke der Luftlinie c von der Quelle bis zur Mündung subtrahiert und anschließend durch c dividiert. Im Allgemeinen ist die Flussentwicklung umso größer, je stärker die Flüsse mäandrieren bzw. wird umso kleiner, je mehr sich der Fluss einer Geraden angleicht (MANGELSDORF & SCHEURMANN 1980, S. 107).

Zur Berechnung der Flussentwicklung von Teilstrecken wurden die jeweiligen Subabschnitte des Hauptflusses nach ihren Teileinzugsgebieten herangezogen (vgl. *3.1.1*).

Sinuositätsindex nach SCHUMM

Das Ausmaß des Mäandrierens eines Flusses kann neben der Flussentwicklung auch über den Sinuositätindex (P) nach SCHUMM (SCHUMM 2005, S. 151-153) berechnet werden:

$$P = l_F / l_T$$

Hierzu wird die Flusslänge l_F durch die Tallänge l_T des zu untersuchenden Flussabschnittes dividiert. Ein Fluss verläuft umso geradliniger, je stärker sich P der Zahl 0,01 nähert. Die Tallänge wurde anhand der Höhenschichtlinien der topographischen Karte 1:50.000 (vgl. Tab. 3) berechnet. Der Vorteil dieses Index im Vergleich zur Flussentwicklung ist eine Berücksichtigung der Tallänge, was Rückschlüsse auf das Ausmaß des Mäandrierens innerhalb eines Tales zulässt.

3.2.2 Längsschnitt

Aufrisslinie

Die Aufrisslinie bzw. das Längsprofil eines Flusses charakterisiert die Leitlinie der Erosion in humiden Klimaten. Von ihrer Entwicklung wird die Morphologie bzw. die Mor-

phogenese einer Landschaft maßgeblich beeinflusst (MANGELSDORF & SCHEURMANN 1980, S. 144).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Längsprofile der gesamten Flussläufe mittels Microsoft Excel erstellt. Die Höheninformationen zur Erstellung der Profile stammen aus dem DGM 1 in 1m-Abständen auf Basis der im Zuge des Facies Mapping erstellten detaillierten Flusskarte (vgl. Kapitel 3.1.1), weshalb die Gesamtlänge der Flüsse von jenen in Tab. 2 angeführten Flusslängen, die anhand des DGM 10 erstellt und generalisiert wurden, differieren.

Gefälleberechnung

Das Gefälle eines Flusses ist oft stark variabel (Oberlauf vs. Unterlauf, wechselnde Geologie etc.). Zur Berechnung des Flussgefälles wurde folgende Formel herangezogen:

$$I = H / L_{(U)}$$

Um das Gefälle des gesamten Flusslaufes oder nur eines Subabschnittes (U) zu berechnen, wurde der Höhenunterschied zwischen Anfangs- und Endpunkt der Messung (H) durch die Länge des betreffenden Flussabschnittes (L) dividiert. Die Gefälleberechnungen erfolgten sowohl für die gesamten Flussläufe als auch für einzelne Subabschnitte, welche sich anhand der Auswertung der Längsprofile deutlich voneinander unterschieden.

3.2.3 Querschnitt

Talformen

Die Erstellung von Talquerprofilen wurde mit Hilfe der GIS-Software Global Mapper 10 durchgeführt. Hierzu wurden Profillinien zwischen den jeweils beiden höchsten Punkten, linksufrig beginnend, vertikal zum Talverlauf erstellt, um anschließend die Talquerprofile zu berechnen. Die hierfür notwendigen Höheninformationen wurden dem DGM1 entnommen (vgl. Tab. 3).

Aufgrund der Heterogenität der Talformen wurden unterschiedliche Überhöhungen angenommen, um die jeweiligen Talcharakter anschaulich abbilden zu können.

Flussbettformen

Die Erstellung von Flussbettquerprofilen wurde wiederum mit Hilfe der GIS-Software Global Mapper 10 durchgeführt. Hierzu wurden die Endpunkte der Profillinien, linksufrig beginnend, einige Meter abseits der jeweiligen Uferlinie gewählt, um anschließend die Flussbettquerprofile zu berechnen. Besonderes Augenmerk wurde bei der Auswahl der Untersuchungsstandorte auf potentiellen anthropogenen Einfluss auf das Gerinnebett gelegt (vgl. Kapitel 3.1.1, Tab.4). Die hierfür notwendigen Höheninformationen wurden dem DGM1 entnommen (vgl. Tab. 3).

Aufgrund der Heterogenität der Flussbettformen mussten unterschiedliche Überhöhungen angenommen werden, um die jeweiligen Flussbettquerprofilformen anschaulich abbilden zu können.

3.3 Untersuchungen zum fluvialen Sedimenthaushalt

3.3.1 Erosionsmodellierung

Um die räumliche Variabilität von Bodenerosion durch Wasser in den Einzugsgebieten zu eruieren, wurden einfache Erosionsmodelle mittels ArcGIS berechnet.

Die Berechnung von Erosion durch Wasser basiert auf einer adaptierten Version der RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation):

$$E_{pot} = R * K * C * P * L * S$$

Epot = Potenzielle Erosion in kg/m^2

R = Regen- und Oberflächenabflussfaktor (rainfall- runoff erosivity factor) [kJ/m^2 * mm]

K = Bodenerodierbarkeitsfaktor (soil erodibility factor) [kJ/m^2 * mm]

C = Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor (cover management factor) [Verhältniswert in %: Bodenabtrag unter beliebiger Bewirtschaftung im Verhältnis zur Schwarzbrache (=100%)]

P = Erosionsschutzfaktor (support practice factor) [Verhältniswert in %: Bodenabtrag bei beliebigen Bodenschutzmaßnahmen zu den Verhältnissen ohne Schutzmaßnahmen]

L = Hanglängenfaktor (slope length factor)

S = Hangneigungsfaktor (slope steepness factor)

Ziel dieser Modellierung ist es, potentielle Sedimenteintragsbereiche sowie deren Abhängigkeit von vorherrschenden Landnutzungskonditionen auszuweisen bzw. zu eruieren, nicht aber absolute Werte zu erhalten. Dafür wäre eine Validierung des Modells durch zeit- und kostenintensive Messungen im Gelände (e.g. Beregnungsversuche, Schwebstoffmessungen) notwendig.

Folgende Parameter konnten im Modell berücksichtigt werden:

$$E_{pot} = R * K * C * S$$

Als Basisdaten für die Erosionsmodellierung dienten das DGM1 sowie das DGM10 (vgl. Tab. 2), aus denen die S-Werte errechnet wurden, eine detaillierte Landnutzungskarte (vgl. *3.1.4*) sowie eine Landnutzungskarte 1:100.000 (vgl. Tab. 3). Die Auswahl der Inputwerte für die Faktoren R, K und C erfolgten in Anlehnung an STRAUSS 2007 (Tab.

12). Aufgrund des Fehlens von Bodenkarten wurden die Faktoren R und K für das gesamte Untersuchungsgebiet gemittelt (vgl. Tab. 12):

Tab. 12: RUSLE- Werte der Inputfaktoren

Faktor	*Werte*	
R	0,042	
K	0,3	
C	*Landnutzung*	*Wert*
	Ackerland	0,096
	Grünland	0,005
	Wälder	0,002

Anschließend wurden die C-Werte (vgl. Tab.13) den Rasterzellen des DGM bzw. DGM10 zugewiesen. Hierzu wurde eine vereinfachte Reklassifikation der Landnutzungskarte herangezogen, um die C-Werte in das Modell integrieren zu können:

Tab. 13: Reklassifikation der Landnutzung in Abhängigkeit der C-Werte

Klasse	*Merkmale*
100	Ackerflächen: Acker- und Ackerbrachflächen; Unterscheidungskriterium zu Grünland: Pflugfurchen
5	Grünland: Wiesen, Weiden (keine ackerbauliche Nutzung)
2	Wälder: Geschlossener Waldbestand, Rodungsflächen ohne entferntes Stamm- bzw. Wurzelwerk; Jungwälder; Einzelbäume (z.B. Alleebäume) wurden nicht berücksichtigt
0	Verbaute/versiegelte Flächen: Gebäude, Straßen- und Wegenetz, Wasserflächen stehende Gewässer, Fließgewässer

Die Berechnung der potentiellen, relativen Erosionswerte E_{pot} pro Rasterzelle erfolgte mittels einer einfachen Multiplikation der Inputwerte ($E_{pot} = R * K * C * S$) anhand zweier Szenarien:

a) Szenario: DGM 10 (gesamtes Untersuchungsgebiet)
   Inputdaten: R-Faktor, K-Faktor, C-Faktor (Landnutzungskarte 1:100.000 (vgl. Tab. 3), C-Werte), S-Faktor (aus DGM10)
   Zweck: Übersichtkarte zur potentiellen Bodenerosion im Untersuchungsgebiet

b) Szenario: DGM 1 (100m – Pufferzone entlang der Hauptflüsse)
Inputdaten: R-Faktor, K-Faktor, C-Faktor (detaillierte Landnutzungskarte (vgl. Kapitel *3.1.4*), C-Werte, S-Faktor (aus DGM1)

Die Berechnung erfolgte für eine Pufferzone von 100m beidseitig der Gewässermitte der Hauptflüsse. Anschließend wurden die Ergebnisse aus b) gemittelt (ERO_MW) und darauffolgend klassifiziert (Tab. 14):

Tab. 14: Klassifikation von ERO_MW innerhalb einer 100m- Pufferzone

Klasse (ERO_MW)	*Bezeichnung*
1 – 1,21	gering
1,21001 – 1,42	mittel
1,42001 – 1,84	hoch
> 1,84	sehr hoch

Standorte mit den verhältnismäßig höchsten Werten (ERO_MW), wurden anschließend grafisch als „Hot Spots“ ausgewiesen.

3.3.2 Hochwassermodellierung und potentielle Sedimentablagerungsbereiche

Zur Ausweisung von fluvialen Retentionsräumen sowie von potentiellen Sedimentquellen, die im Zuge von Hochwasserereignissen vom Fluss akquiriert werden können (i.e. Sedimentablagerungen in den Überschwemmungsbereichen), wurde die Hochwasser-Modellierungssoftware FLOODAREA (geomer GmbH) verwendet. Die Software wurde im Rahmen dieser Arbeit zur Berechnung von Überflutungsflächen und Überflutungstiefen auf Basis eines DGM1 herangezogen. Die Ermittlung von potentiellen Sedimentablagerungsbereichen (Sediment Sinks) in den Auenbereichen der Gewässer erfolgte mittels ArcGIS-gestützter Berechnungsverfahren, ebenfalls auf Basis des DGM1.

Modellannahmen und Funktionsweise der Hochwasser-Modellierungssoftware FLOOD AREA (geomer GmbH)

Die Berechnung der Überschwemmungsbereiche basiert auf einem hydrodynamischen Ansatz. Betrachtet werden jeweils die acht Nachbarn einer Rasterzelle. Das Abflussvolumen zu den Nachbarn wird mit Hilfe der *Fließformel nach Manning-Strickler* errechnet:

$$V = kSt * r_{hy}^{2/3} * I^{1/2}$$

V = Fließgeschwindigkeit
k_{St} = Rauigkeitsbeiwert (Tabellenwerke)
r_{hy} = hydraulischer Radius
I = Gefälle

Die Fließtiefe ergibt sich jeweils aus der Differenz zwischen dem Wasserspiegel und der maximalen Geländehöhe entlang der Fließstrecke im entsprechenden Iterationsintervall.

Fließtiefe = $Wasserspiegel_a$ – Max ($Geländehöhe_a$, $Geländehöhe_b$)

In jedem Iterationsschritt wird die Neigung des Wasserspiegels neu berechnet und die Wasserspiegellinie in Richtung der größten Neigung für die Gefällsangabe in der Manning-Strickler-Formel verwendet.

$$Neigung = \sqrt{\left(\frac{\delta z}{\delta x}\right)^2 + \left(\frac{\delta z}{\delta y}\right)^2}$$

$$Exposition = 270 - \frac{360}{2\pi} * a\tan 2\left[\frac{\delta z}{\delta y}, \frac{\delta z}{\delta x}\right]$$

Die errechnete Fließgeschwindigkeit wird mit dem Fließquerschnitt und dem Iterationsintervall multipliziert und ergibt die Austauschmenge für den aktuellen Rechenschritt. Da die Fließformel nach Manning-Strickler (nur gültig für Normalabfluss, d. h. Reibungsverlust gleich dem Gewinn an Lageenergie) außerhalb ihres Gültigkeitsbereiches (z.B. bei Beschleunigung) teilweise zu hohe Fließgeschwindigkeiten liefert, werden die errechneten Geschwindigkeiten dahingehend überprüft, ob sie das Grenzkriterium

$$V = \sqrt{g * h}$$

(Ausbreitungsgeschwindigkeit von Störwellen) erfüllen. Zu hohe Geschwindigkeiten werden entsprechend reduziert.

Mit den Volumen werden zugleich die Geschwindigkeitsvektoren übergeben, diese werden addiert und als Grundgeschwindigkeit für das folgende Iterationsintervall zugrunde gelegt. Zur Bestimmung der jeweiligen Fließgeschwindigkeit wird das arithmetische

Mittel aus der aktuellen Geschwindigkeitsberechnung und dem Ergebnis der Vektoraddition gebildet. Durch diese Geschwindigkeitsübertragung werden plötzliche Fließwechsel- bzw. Fließumkehrprozesse minimiert und Trägheitseffekte vereinfachend nachgebildet. Der kleinste Iterationszeitschritt wird dynamisch angepasst, ein wichtiges Kontrollkriterium für die Anpassung ist das jeweils zur Verfügung stehende Wasservolumen. Wird der Abflussanteil pro Zeitschritt im Verhältnis zum verfügbaren Volumen größer als der vorgegebene Schwellenwert, wird der Zeitschritt automatisch verkleinert. Berücksichtigt werden hierbei jedoch nur Wasserstandsänderungen von mehr als einem Millimeter. Treten im Verhältnis zum Schwellenwert geringere Austauschmengen auf, wird hingegen der Zeitschritt vergrößert. Durch diese kontinuierliche Optimierung des Berechnungszeitschrittes wird die benötigte Rechenzeit auf ein Minimum reduziert und trotzdem die Stabilität des Simulationslaufes gewährleistet.

Volumenbilanzierung

Zwischen den einzelnen Rasterflächen werden die errechneten Abflüsse jeweils erst zum Ende eines Iterationsschrittes verschoben; dadurch wird eine Abhängigkeit von der Bearbeitungsrichtung vermieden.

Bei der Variante Wasserstand wird zu Beginn jedes Iterationsschrittes das initiierende Gewässernetz wieder in seinen Ausgangszustand zurückversetzt. Je nachdem, welche Fließvorgänge in der Zwischenzeit abgelaufen sind, wird dadurch an den betroffenen Rasterflächen Wasservolumen in das Modell eingespeist bzw. aus diesem entfernt.

Als Basis-Eingangsdaten dienten das DGM 1 sowie ein Gewässernetz in Rasterform (vgl. Tab. 3 bzw. Kap. *3.1.1*). Die Höheninformation des Gewässernetzes in Rasterform wurde direkt aus dem DGM 1 übernommen.

Im Rahmen der Hochwassermodellierung wurden zwei Szenarien berechnet:

Szenario 1: Hochwasserereignis 2006 (HQ 100)
Szenario 2: Bankvoller Abfluss

Kalibrierung und Validierung der Ergebnisse

Zur Berechnung wurde stets eine konstante Überflutungshöhe (Angabe über Geländehöhe in m) vorgegeben. Die Modellierung wurde separat für jedes Teileinzugsgebiet, welches vom Hauptfluss durchflossen wird (vgl. Kapitel 3.1.1), berechnet. Als Referenzwerte zur Kalibrierung des Modells sowie zur Validierung der Ergebnisse für das Hochwasserereignis 2006 (Szenario 1) dienten die Hochwassermarken von 2006, welche im Zuge des Facies Mapping erhoben wurden sowie durch einen Abgleich mit den Tagesniederschlagswerten von 2006 (vgl. Tab. 3). Die Validierung des Szenarios 2 (Bankvoller Abfluss) erfolgte mittels Abgleich mit den Oberflächenformen (Ausdehnung der rezenten Hauptgerinne) aus dem DGM1 (vgl. Tab. 3).

Um jedem Gewässerabschnitt repräsentative Wasserstandswerte zuzuordnen, wurde nach der Kalibrierung des Modells jeder einzelne Flussabschnitt mit einem Faktor in Abhängigkeit der Flussordnungszahl nach SHREVE multipliziert, da diese Zahl Aufschluss über den Abfluss des jeweiligen Gewässerabschnittes gibt:

Szenario 1 (Hochwasserereignis 2006, HQ100)*
Max. Wasserstand: 190cm über dem DGM1, max. Flussordnungzahl nach SHREVE: 78 → Multiplikationsfaktor für Gewässerteilabschnitte (vgl. Kapitel 3.1.1) = 2,43589744. Berechnungsmethode = Flussordnungszahl nach SHREVE (78) : max. Wasserstand (190 cm)
* HQ100 = höchste Abflussmenge innerhalb eines Beobachtungszeitraums von 100 Jahren
*Szenario 2 (Bankvoller Abfluss**)*
Max. Wasserstand: 60cm, max. Flussordnungszahl nach SHREVE: 78 → Multiplikationsfaktor = 0,76923077. Berechnungsmethode = Flussordnungszahl nach SHREVE (78) : max. Wasserstand (60 cm)
** Bankvoller Abfluss = max. Abfluss innerhalb der rezenten Flussufer

Abschließend wurden die Ergebnisse aus Szenario 1 mit den Ergebnissen der Berechnung der Sedimentablagerungsbereiche (Sediment Sinks) verschnitten und folgendermaßen klassifiziert (Tab. 15):

Tab. 15: Klassifikation der Sedimentablagerungsbereiche auf räumlicher Ebene des Szenario 1

Klasse (Zellenanzahl: SINKS)	*Bezeichnung*
0 - 100	wenig
101 - 200	mittel
201 - 300	viel
> 300	sehr viel

Standorte mit den verhältnismäßig höchsten Werten bezüglich der Überflutungsflächen, wurden anschließend grafisch als „Hot Spots“ ausgewiesen.

3.3.3 Kombination: Erosionsmodellierung – Hochwassermodellierung

Zur Ermittlung bzw. zur Ausweisung von landwirtschaftlichen Nutzflächen, die im Zuge von Hochwasserereignissen von potentiellem Landverlust (Bodenerosion) betroffen sind (= potentiell hohe Erosionsraten sowie Überflutungen im Zuge eines HQ100), wurden die Werte der Ergebnisse der Erosionsmodellierung mit den Werten der Ergebnisse der Hochwassermodellierung (Szenario 1) miteinander multipliziert. Da jedoch die Überflutungstiefen keinen zwingenden Aufschluss über die potentielle Erosionsleistung des Flusses während eines Hochwasserereignisses geben, wurden die Überflutungstiefen vor der Berechnung auf einen Wert von 1m nivelliert. Standorte mit den verhältnismäßig höchsten Werten, wurden anschließend grafisch als „Hot Spots“ ausgewiesen.

3.3.4 Korngrößenanalysen von Flussbettsedimenten

An Standorten, die flussbaulichem Einfluss unterliegen (d.h. Sohl- und Uferverbauungen, Eindeckungen, Wehranlagen, Dämme) wurden oberflächennahe Flussbettsedimente aus Bankbildungen entnommen und anschließend nach ÖNORM L 1061-1 (2002a) (i.e. Maschensiebverfahren) bzw. ÖNORM L 1061-2 (2002b) (Schlämmverfahren) hinsichtlich ihrer Korngrößenverteilung analysiert. Ziel war es den potentiellen Einfluss von flussbaulichen Strukturen auf den Sedimenthaushalt der Gerinne zu ermitteln. Folgende Korngrößenklassen wurden in Masse% ausgehend von der jeweiligen Urprobe ermittelt:

-) Maschensiebverfahren (Maschenweiten): > 31,5mm; 16mm – 31,5mm; 8mm – 16mm; 4mm – 8mm; 2mm – 4mm; 630µm – 2mm; 200µm – 630µm, 63µm – 200µm; 20µm – 63µm.

-) Schlämmverfahren (Sedigraphie): 6,3µm – 20µm; 2µm – 6,3µm; <2µm.

Die Auswahl der Probenahmestandorte erfolgte nach folgenden Kriterien und folgender Methodik (Abb. 7):

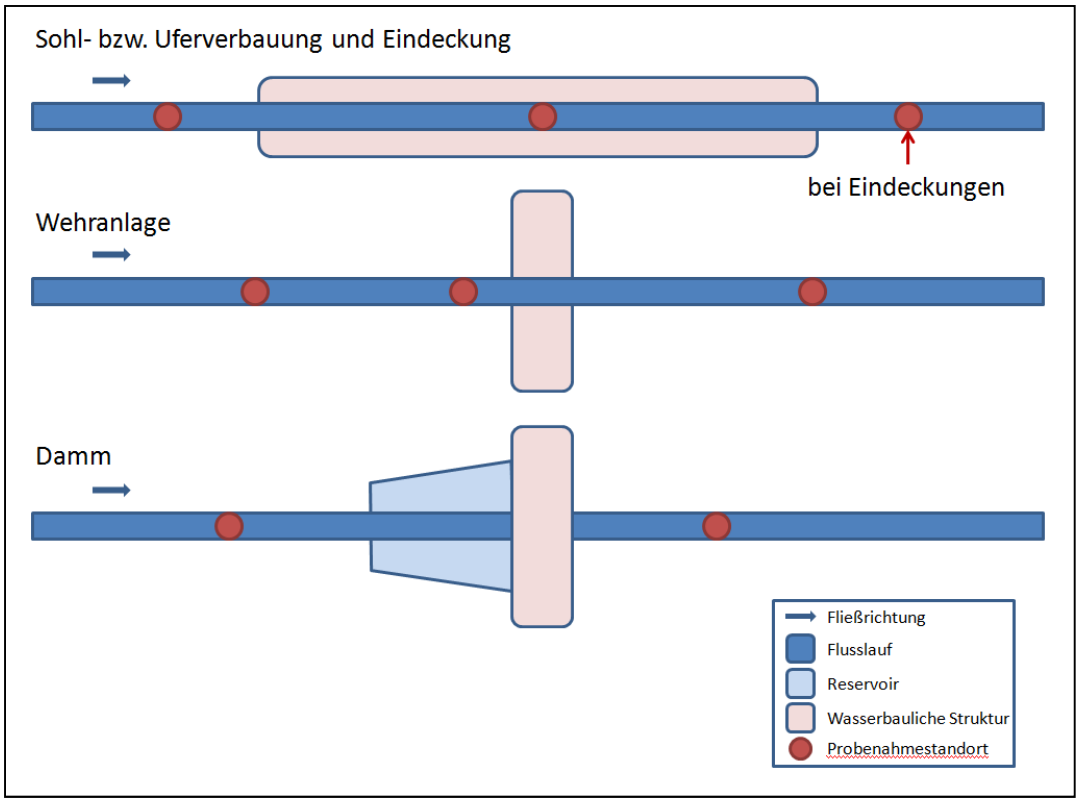

Abb. 7: Methodik und Kriterien zur Auswahl der Probenahmestandorte (Korngrößenanalysen von Flussbettsedimenten)

Die Probenentnahmen erfolgten in einer Tiefe von 0cm – 25cm (Surface Layers) und wurden durch Einrammen eines handelsüblichen PVC-Abflussrohres mit einem Durchmesser von 160 mm in das zu beprobende Sediment durchgeführt. Der Aushub erfolgte mittels einer Flachschaufel, um Sedimentverlust zu vermeiden. Anschließend wurden die Proben in luft- bzw. wasserdichte Gefrierbeutel überführt und im Physiogeographischen Labor der Universität Wien analysiert. Die Nomenklatur der Korngrößenklassen erfolgte in Anlehnung an WENTWORTH (vgl. Tab. 28).

3.4 Statistische Datenauswertung

Die statistische Auswertung der gewonnenen Daten erfolgte grundsätzlich auf Basis eines deskriptiven Analyseansatzes. Es wurde versucht, die Ergebnisse der Auswertungen der empirischen Daten dieser Studie durch Tabellen und Grafiken (Abbildungen, Diagramme) übersichtlich darzustellen, grundlegende Kenngrößen zahlenmäßig zu beschreiben sowie Zusammenhänge kausal in Beziehung zu setzen. Des Weiteren wurde explorative Statistik angewandt, mit dem Ziel, bisher unerkannte Strukturen und Zusammenhänge in den Daten zu finden und hierdurch neue Hypothesen zu generieren.

Eine ausführliche Abhandlung über die gewonnenen Erkenntnisse, die jeweils zugrunde liegenden Hypothesen bzw. über neu generierte Hypothesen sind den Kapiteln 2.7, 4 und 5 zu entnehmen.

4. ERGEBNISSE UND INTERPRETATION

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse basierend auf einer deskriptiven Datenanalyse, Interpretationsansätze sowie die den jeweiligen Untersuchungen zugrundeliegenden Teilhypothesen abgehandelt.

4.1 Ermittlung potentieller Einflussfaktoren auf das Flusssystem

4.1.1 Teilkomplexe: Vegetation, Landnutzung

Zugrundeliegende Hypothesen:

1) Die Landnutzungsbedingungen (LANDN) in Ufernähe haben maßgeblichen Einfluss auf die Korngrößenzusammensetzung der oberflächigen Flussbettsedimente (Sediment- Facies).
   a) Ackerbauliche Nutzung (LANDN = 1 - 5) in Ufernähe bewirkt in diesem Zusammenhang einen höheren Anteil an Feinsedimenten (FACIES = 4 – 6).
   b) Ufer- Gehölzvegetation (UFER_WALD = 1 – 2) weist bezüglich 1) eine Pufferfunktion auf.

Tab. 16: Ergebnisse der Datenauswertung – Hypothesen 1a) und 1b); GRÜN: Übereinstimmung; ROT: keine Übereinstimmung

	FlussID	LANDN	FACIES	UFER_WALD	
	0	1	6	0	
	3	1	3	2	
	10	1	5	1	
	11	2	1	1	
	12	1	5	0	
	14	1	6	0	
	15	3	1	1	
	17	1	3	1	
	18	1	2	2	
	19	1	4	2	
	20	1	3	2	
	23	5	2	2	
	27	5	3	1	
	29	3	1	2	
	44	3	3	2	
	51	3	5	0	
	52	2	6	3	
	53	1	4	3	
	54	1	5	0	

	72	1	7	0	
	73	2	4	0	
	78	1	6	0	
	79	1	5	2	
	80	1	4	3	
	81	5	2	2	
	86	1	3	0	
	88	1	6	0	
	Gesamt	**Übereinstimmung**	**Keine Übereinstimmung**	**Übereinstimmung**	**Keine Übereinstimmung**
Absolut	27	13	14	11	3
in %	100	48.15	51.85	78.57	21.43

Die Ergebnisse in Tab. 16 zeigen, dass die ufernahen Landnutzungsbedingungen in Form von Ackerbau (LANDN = 1 – 5) einen höheren Anteil an Feinsedimenten in der Korngrößenzusammensetzung der oberflächigen Flussbettsedimente (Sediment-Facies) bewirken (FACIES = 4 – 6). Des Weiteren spielt in diesem Zusammenhang die Ufer-Gehölzvegetation (UFER_WALD = 1 – 2) eine entscheidende Rolle, da somit eine Sedimenteintrags-Pufferfunktion aufweist.

4.1.2 Hangneigung

Zugrundeliegende Hypothesen:

1) Große Hangneigungen (HANGN_MW > 1,5) in Ufernähe bewirken durch gravitative Prozesse in Form von Felsstürzen (FS > 0) einen erhöhten Eintrag von Steinen und Blockwerk in das Gerinne, was sich zu einem hohen Anteil an Steinen und Blockwerk in den oberflächigen Flussbettsedimenten führt (FACIES = 1).

Tab. 17: Ergebnisse der Datenauswertung – Hypothesen 1) und 2); GRÜN: Übereinstimmung; ROT: keine Übereinstimmung

	FlussID	**HANGN_MW**	**FS**	**FACIES**
	2	2.41214	30	1
	46	1.63176	2	1
	50	1.75233	4	1
	56	3.21702	1	1
	gesamt	**Übereinstimmung**		**Keine Übereinstimmung**
absolut	9	4		5
in %	100	100		0

Die Datenauswertung in Tab. 17 zeigt, dass auf Hängen in Ufernähe mit großen Hangneigungen gravitative Prozesse in Form von Felsstürzen (FS > 0) dominieren und einen erhöhten Eintrag von Steinen und Blockwerk in das Gerinne bewirken. Dies führt zu einem hohen Anteil an Steinen und Blockwerk in den oberflächigen Flussbettsedimenten (FACIES = 1), da diese vom Fluss aufgrund einer rezent zu geringen Transportkapazität nicht abtransportiert werden können.

4.1.3 Teilkomplex: Gestein

Zugrundeliegende Hypothesen:

1) Die ufernahe Lithologie (LITH) hat maßgeblichen Einfluss auf die Korngrößenzusammensetzung der oberflächigen Flussbettsedimente (Sediment- Facies).
   a) Feinkörnige Gesteine in der ufernahen Lithologie (LITH = 1 – 8) bedingen einen höheren Anteil an Feinsedimenten (FACIES = 4 – 6).
   b) Ufer- Gehölzvegetation (UFER_WALD = 1 – 2) weist bezüglich a) eine Pufferfunktion auf.

Tab. 18: Ergebnisse der Datenauswertung – Hypothesen 1a) und 1b); GRÜN: Übereinstimmung; ROT: keine Übereinstimmung

	FlussID	LITH	FACIES	UFER_WALD	
	0	1	6	0	
	8	2	6	2	
	11	2	1	1	
	14	1	6	0	
	16	2	2	2	
	18	1	2	2	
	23	7	2	2	
	26	3	3	0	
	27	1	3	1	
	28	1	6	0	
	32	3	2	2	
	33	1	1	1	
	34	1	2	1	
	35	1	2	1	
	36	3	1	1	
	37	1	1	2	
	38	1	3	2	
	39	1	2	0	

	40	1	3	2	
	41	4	2	2	
	42	4	3	2	
	43	1	2	1	
	44	1	3	2	
	45	1	2	2	
	47	4	5	2	
	48	4	6	2	
	49	4	4	2	
	51	1	5	0	
	52	2	6	3	
	53	1	4	3	
	54	2	5	0	
	63	1	7	1	
	64	1	6	1	
	65	5	4	1	
	66	5	2	1	
	67	5	4	1	
	68	5	7	1	
	69	5	2	1	
	70	5	7	2	
	72	1	7	0	
	73	1	4	0	
	74	5	5	3	
	75	5	6	3	
	76	1	6	3	
	77	1	5	0	
	78	6	6	0	
	79	1	5	2	
	80	1	4	3	
	81	5	2	2	
	82	5	3	2	
	83	5	5	1	
	84	5	4	0	
	85	5	3	2	
	86	1	3	0	
	88	1	6	0	
	Gesamt	**Übereinstimmung**	**Keine Übereinstimmung**	**Übereinstimmung**	**Keine Übereinstimmung**
absolut	55	25	30	26	4
in %	100	45.45	54.55	86.66	13.33

Tab. 18 zeigt, dass feinkörnige Gesteine der ufernahen Lithologie einen höheren Anteil an Feinsedimenten in der Korngrößenzusammensetzung (LITH = 1 – 8) der oberflächi-

gen Flussbettsedimente (Sediment-Facies) bedingen (FACIES = 4 – 6). Des Weiteren spielt in diesem Zusammenhang die Ufer-Gehölzvegetation (UFER_WALD = 1 – 2) eine entscheidende Rolle, da diese hier eine Sedimenteintrags-Pufferfunktion aufweist.

4.1.4 Teilkomplex: Wasserbau

Zugrundeliegende Hypothesen:

1) Dämme bewirken einen Rückstau der Sedimentfracht, eine Veränderung der lokalen Erosionsbasis sowie eine Veränderung des Verhältnisses Abfluss : Sedimentfracht und haben deshalb Auswirkungen auf

a) die Korngrößenzusammensetzung der oberflächigen Flussbettsedimente (Sediment- Facies) auf lokaler Ebene mit hohen Feinanteilen dammaufwärts (FACIES = 4 – 6) und geringen Feinanteilen bzw. Sedimentmangel dammabwärts (FACIES = 1 – 4 bzw. 7),

b) die Erosionsleistung des Flusses, welche wiederum zu gesteigerter Tiefenerosion dammabwärts führt (BT = 1) (siehe 2))

Tab. 19: Ergebnisse der Datenauswertung – Hypothese 1a); GRÜN: Übereinstimmung; ROT: keine Übereinstimmung

	FlussID: DAMM_AUF	FACIES	FlussID: DAMM_AB	FACIES
	61	6	60	7
	62	4	63	7
	75	4	72	7
			73	4
	Übereinstimmung	Keine Übereinstimmung	Übereinstimmung	Keine Übereinstimmung
in %	100	0	75	25

2) Dämme führen entlang landwirtschaftlicher Nutzflächen (LANDN = 1 – 6) zu Interaktionen zwischen Human- und Flusssystem in Form von weiterführenden flussbaulichen Maßnahmen zum Erosionsschutz (BT = 1)

Tab. 20: Ergebnisse der Datenauswertung – Hypothesen 1b) und 2); GRÜN: Übereinstimmung; ROT: keine Übereinstimmung

	FlussID: DAMM_AB	LANDN	BT
	72	2	1
	73	1	1
	Übereinstimmung	**Keine Übereinstimmung**	
in %	100	0	

Die Ergebnisse in Tab. 19 bzw. Tab. 20 zeigen, dass die Errichtung von Staudämmen zu einem Rückstau der Sedimentfracht (FACIES = 4 – 6) führen. Dies äußert sich in dammaufwärtigen Akkumulationserscheinungen, wobei gröbere Sedimente von feineren überlagert werden sowie in dammabwärtiger Tiefenerosion (vgl. Diagramme 9 – 10), was wiederum Interaktionen zwischen Human- und Flusssystem in Form von weiterführenden flussbaulichen Maßnahmen (z.B. Sohlverbauungen) (BT = 1) entlang landwirtschaftlicher Nutzflächen (LANDN = 1 – 6) zur Folge hat.

4.1.5 Geomorphologische Prozesse und Formen

Treibholz, Ufererosion und Bankbildungen

Zugrundeliegende Hypothesen:

1) Akkumulation von Treibholz (TRBH_REL > 0,006) verursacht Verklausungen, die lokal zu verstärkter Ufererosion (UE_REL > 0,01) führen.

2) Durch Verklausung bedingte Seitenerosion (UE_REL > 0,01) bewirkt lokal erhöhte Sedimenteintragsraten und veränderte Fließbedingungen, was sich wiederum in einer erhöhten Anzahl an Bankbildungen im Gerinnebett (B_REL > 0,006) äußert.

Tab. 21: Ergebnisse der Datenauswertung – Hypothese 1); GRÜN: Übereinstimmung; ROT: keine Übereinstimmung

	FlussID	TRBH_REL	UE_REL
	10	0.012	0.01
	17	0.006	0.01
	19	0.011	0.01
	20	0.007	0.03
	21	0.029	0.04
	22	0.019	0.01
	25	0.024	0.02
	26	0.019	0.02
	27	0.015	0.01
	32	0.026	0.02
	35	0.021	0.02
	36	0.006	0.02
	38	0.009	0.01
	40	0.034	0.01
	41	0.030	0.03
	43	0.022	0.02
	44	0.036	0.01
	45	0.007	0.03
	47	0.021	0.02
	49	0.021	0.06
	50	0.014	0.01
	56	0.006	0.00
	57	0.013	0.01
	62	0.014	0.00
	65	0.050	0.05
	66	0.012	0.02
	69	0.017	0.03
	71	0.014	0.01
	81	0.007	0.01
	87	0.011	0.02
	Anzahl: gesamt	**Übereinstimmung**	**keine Übereinstimmung**
absolut	**30**	**28**	**2**
in %	**100**	93.33	6.67

Tab. 22: Ergebnisse der Datenauswertung – Hypothese 2); GRÜN: Übereinstimmung; ROT: keine Übereinstimmung

	FlussID	UE_REL	B_REL
	10	0.01	0.000
	17	0.01	0.006
	19	0.01	0.002
	20	0.03	0.013
	21	0.04	0.006
	22	0.01	0.013
	25	0.02	0.012
	26	0.02	0.015
	27	0.01	0.007
	32	0.02	0.017
	35	0.02	0.009
	36	0.02	0.013
	38	0.01	0.000
	40	0.01	0.017
	41	0.03	0.020
	43	0.02	0.011
	44	0.01	0.031
	45	0.03	0.014
	47	0.02	0.028
	49	0.06	0.064
	50	0.01	0.040
	56	0.00	0.010
	57	0.01	0.038
	62	0.00	0.007
	65	0.05	0.017
	66	0.02	0.015
	69	0.03	0.000
	71	0.01	0.009
	81	0.01	0.013
	87	0.02	0.011
	Anzahl: gesamt	**Übereinstimmung**	**keine Übereinstimmung**
absolut	**30**	**26**	**4**
in %	**100**	86.67	13.33

Die Ergebnisse in Tab. 21 zeigen deutlich, dass vermehrte Akkumulation von Treibholz (TRBH_REL > 0,006) zu Verklausungen führt, die verstärkte Ufererosion (UE_REL > 0,01) zur Folge haben. Dies wiederum führt zu erhöhtem Materialeintrag an diesen

Standorten, was wiederum zu einer erhöhten Anzahl von Akkumulationserscheinungen in Form von Bankbildungen (B_REL > 0,006) resultiert (vgl. Tab. 22).

b) Felsstürze und Bankbildungen

Zugrundeliegende Hypothesen:

1) Durch Felsstürze (FS > 0) bedingter Materialeintrag wird größtenteils nicht vom Fluss abtransportiert, was häufig zur Ausbildung vegetationsbedeckter (d.h. inaktiver) Bankbildungen (B_VEG > 0) führt.

Tab. 23: Ergebnisse der Datenauswertung – Hypothese 1); GRÜN: Übereinstimmung; ROT: keine Übereinstimmung

	FlussID	FS	B_VEG
	2	30	4
	33	1	0
	36	1	1
	41	2	1
	46	2	2
	50	4	2
	56	1	0
	71	1	0
	87	1	27
	Anzahl: gesamt	**Übereinstimmung**	**keine Übereinstimmung**
absolut	**9**	**6**	**3**
in %	**100**	66.67	33.33

In Felssturzbereichen (FS > 0) kommt es zu einer vermehrten Ausbildung von vegetationsbedeckten (inaktiven) Bankbildungen (B_VEG > 0), da in diesen Bereichen der Materialeintrag die rezente Transportkapazität der Gerinne überschreitet (vgl. Tab. 23).

4.2 Allgemeine und vergleichende fluvialmorphologische Analyse und Charakterisierung des Untersuchungsgebietes hinsichtlich der Gerinnegeometrie

4.2.1 Grundriss

Flussentwicklung (F_E)

In Tab. 24 werden die Ergebnisse der Flussentwicklungsberechnungen sowohl für den gesamten Flusslauf der Fugnitz und des Kajabaches, als auch für die Teilstrecken nach Teileinzugsgebieten der Hauptflüsse (vgl. Abb. 8) dargestellt:

Tab. 24: Ergebnisse der Flussentwicklungsberechnungen

	Fugnitz		**Kajabach**	
Flusslauf - gesamt	0,727		0,551	
Teileinzugsgebiete	F1	0,243	K1	0,412
	F2	0,067	K2	0,045
	F3	0,376	K3	0,233
	F4	0,674	K4	0,537
	F5	0,124	K5	0,231
	F6	0,019		
	F7	0,309		
	F8	0,034		
	F9	0,036		
	F10	0,260		
	F11	0,167		
	F12	0,680		
	F13	0,339		
	F14	0,384		
	F15	1,041		
	F16	0,589		
	F17	0,315		
	F18	0,880		

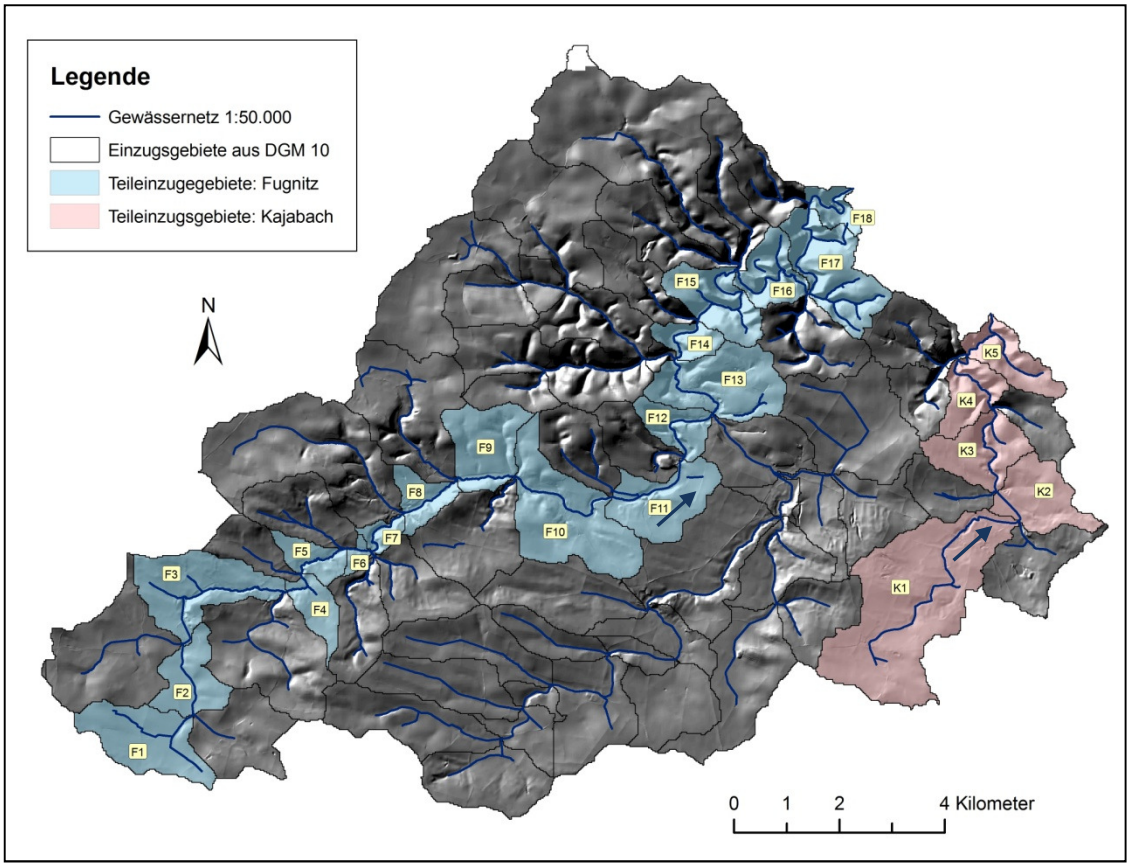

Abb. 8: Verortung der Teileinzugsgebiete der Hauptflüsse

Sinuositätsindex nach SCHUMM

Tab. 25 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen der Sinuositätindizes nach SCHUMM sowohl für den gesamten Flusslauf der Fugnitz und des Kajabaches, als auch für die Teilstrecken nach Teileinzugsgebieten der Hauptflüsse (vgl. Abb. 9):

Tab. 25: Sinuositätindizes nach SCHUMM

	Fugnitz		**Kajabach**	
Flusslauf: gesamt	F3 – F18 : **P = 0,111**		K2 – K5: **P = 0,043**	
Teileinzugsgebiete	F1	Keine signifikante Talbildung (Quellgebiet)	K1	Keine signifikante Talbildung (Quellgebiet)
	F2	keine signifikante Talbildung (Quellgebiet)	K2	**P = 0,029**
	F3	**P = 0,027**	K3	**P = 0,005**

	F4	**P = 0,167**	K4	**P = 0,031**
	F5	**P = 0,069**	K5	**P = 0,037**
	F6	**P = 0,122**		
	F7	**P = 0,051**		
	F8	**P = 0,008**		
	F9	**P = 0,036**		
	F10	**P = 0,004**		
	F11	**P = 0,006**		
	F12	**P = 0,006**		
	F13	**P = 0,030**		
	F14	**P = 0,063**		
	F15	**P = 0,108**		
	F16	**P = 0,114**		
	F17	**P = 0,053**		
	F18	**P = 0,138**		

Die allgemein niedrigen P-Werte (vgl. Tab 25) würden einen gestreckten Flusslauf vermuten lassen. Vergleicht man jedoch diese Ergebnisse mit den Ergebnissen aus Tab. 24, stimmen diese nicht miteinander überein, da im Sinuositätsindex nach SCHUMM die Tallängen ebenfalls Berücksichtigung finden. Das bedeutet, dass es sich bei den mäandrierenden Flussabschnitten (mit hohen FE- Werten; vgl. Tab. 24) um Talmäanderabschnitte handeln muss.

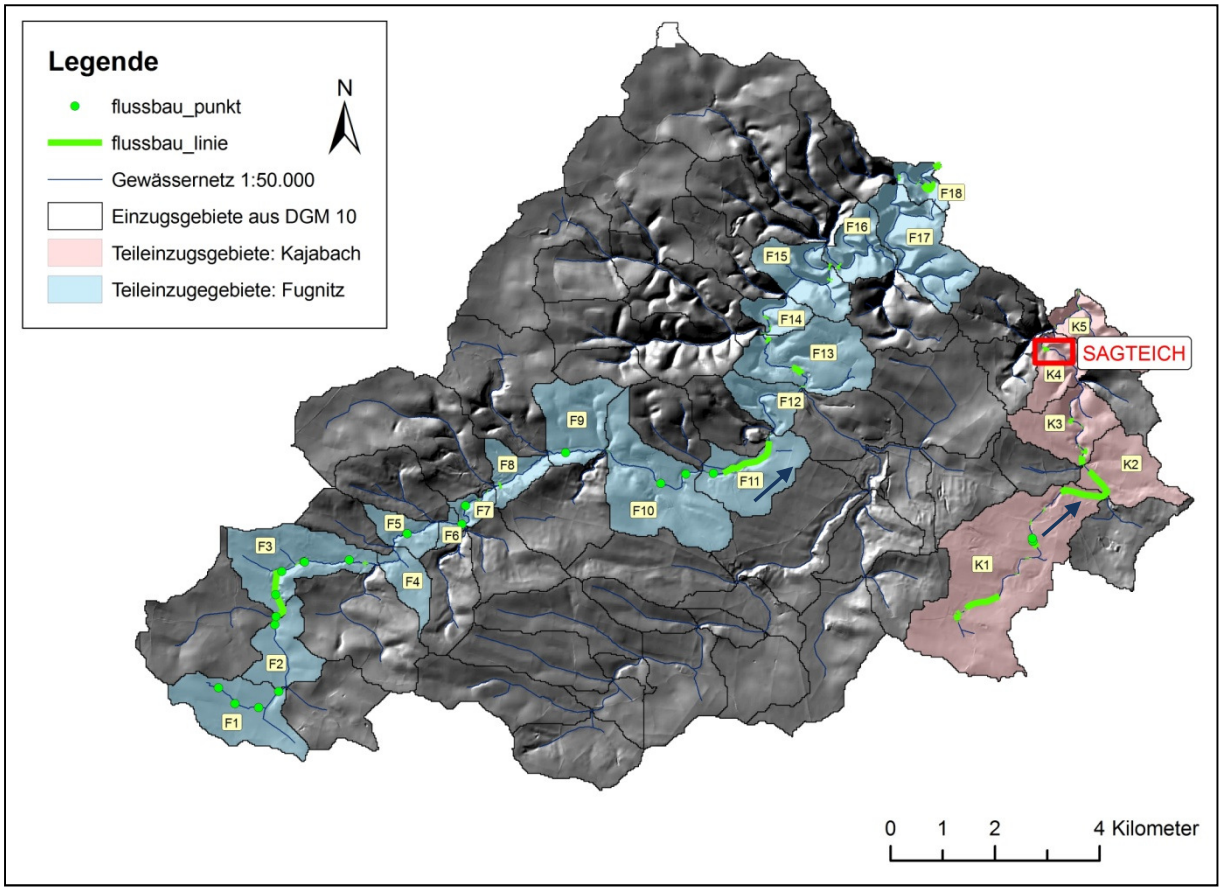

Abb. 9: Verortung der flussbaulichen Strukturen entlang der Hauptflüsse

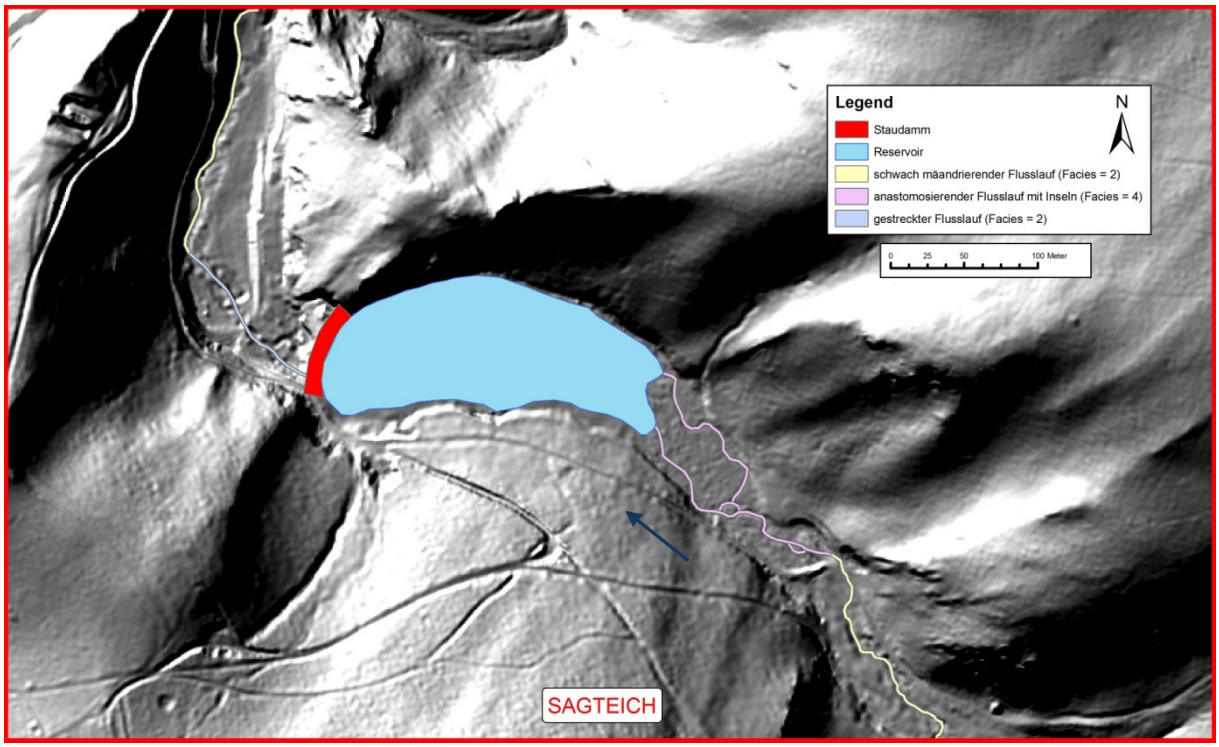

Abb. 10: Auswirkungen des Staudammes „Sagteich“ auf den Gewässergrundriss des Kajabaches

Im Bereich des Sagteiches (vgl. Abb. 9 und 10) bewirkt der Staudamm eine Veränderung der lokalen Erosionsbasis (vgl. Diagramm 2/KK3). Im Mündungsbereich des Gerinnes ins Reservoir ändert der Kajabach seinen Flusslauf von „schwach mäandrierend“ zu „anastomosierend“ (verzweigter Flusslauf mit Inselbildungen), was auf Akkumulationsprozesse zurückzuführen ist. Dammabwärts kommt es zu verstärkten Tiefenerosionserscheinungen, verursacht durch eine verringerte Sedimentfacht und höhere Fließgeschwindigkeiten, worauf eine Grundrissänderung in einen „gestreckten“ Flusslaufes hindeutet (vgl. auch Abb. 39 – 42).

4.2.2 Längsschnitt

Aufrisslinie und Gefälle

Diagramm 1 zeigt die Aufrisslinie für den gesamten Flusslauf der Fugnitz:

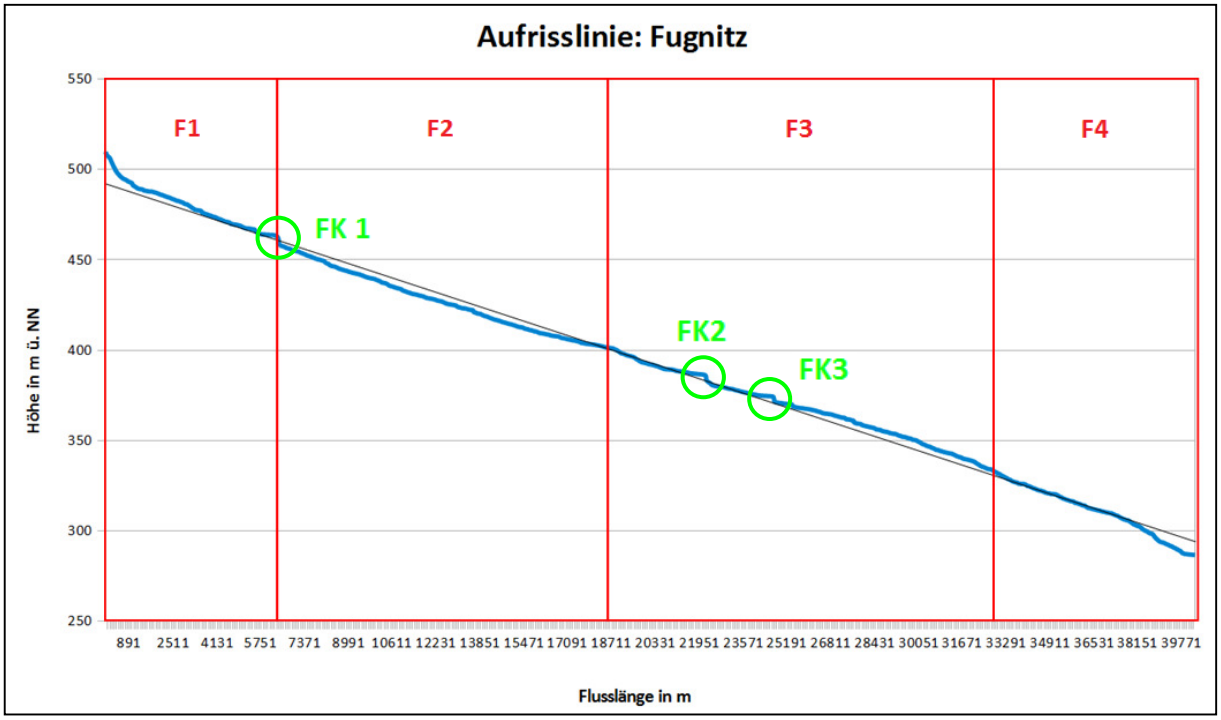

Diagramm 1: Aufrisslinie der Fugnitz (Rot: Abgrenzung der Subabschnitte; Grün: Verortung der Knickpunkte)

Diagramm 2 zeigt die Aufrisslinie für den gesamten Flusslauf des Kajabaches:

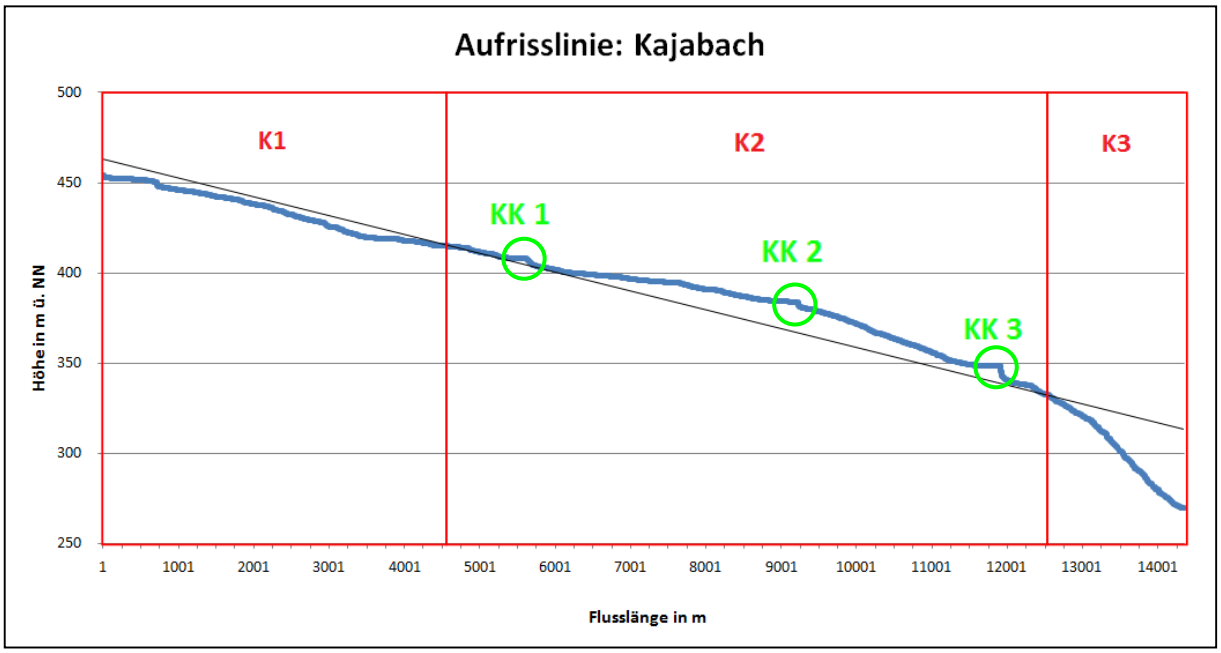

Diagramm 2: Aufrisslinie der Fugnitz (Rot: Abgrenzung der Subabschnitte; Grün: Verortung der Knickpunkte)

Tab. 26 gibt einen Überblick über die Rechenschritte und die Ergebnisse der Gefälleberechnung:

Tab. 26: Ergebnisse der Gefälleberechnung (Rot: Abgrenzung der Subabschnitte)

	Fugnitz		**Kajabach**	
Flusslauf: gesamt	**I = 0,55**		**I = 1,28**	
Subabschnitte	F1	**I = 0,75**	K1	**I = 1,28**
	F2	**I = 0,51**	K2	**I = 1,04**
	F3	**I = 0,48**	K3	**I = 3,40**
	F4	**I = 0,62**		

Das Längsprofil der Fugnitz (vgl. Diagramm 1) zeigt in Subabschnitt F1 einen typischen Flussoberlaufcharakter mit größerem Gefälle als im Mittellauf (F2, F3). In Subabschnitt F4 (Unterlauf) bricht die Fugnitz durch das Kristallin des Böhmischen Massivs hinab zum Vorfluter, weshalb hier wiederum eine Versteilung des Gefälles zu beobachten ist.

Die Aufrisslinie des Kajabaches (vgl. Diagramm 2) weist in Ober- und Mittellauf (K1, K2) geringe Gefällewerte auf. Hier durchfließt der Kajabach die Hochfläche des Böhmischen Massivs. In Subabschnitt K3 kommt es zu einem rapiden Gefälleanstieg hin zum Vorfluter (Thaya).

Beide Längsprofile weisen einen für Flachlandflüsse atypischen Verlauf mit steilen Unterläufen auf. Dies lässt sich auf die Morphologie des Untersuchungsgebiets zurückführen. Die Thaya, die sich hier tief in das Kristallin des Böhmischen Massivs eingeschnitten hat, bildet die Erosionsbasis beider Flüsse. Die Fugnitz und der Kajabach konnten sich hingegen aufgrund zu geringer Abfluss- und Erosionsraten in ihren Ober- bzw. Mittelläufen nicht bzw. nur lokal in das Grundgestein eintiefen. In ihren Unterläufen sind jedoch beide Gewässer aufgrund des Höhenunterschieds zwischen ihren Mittelläufen und dem Talboden des Vorfluters gezwungen, diese Höhendifferenz zu überwinden und das Grundgestein an Schwächezonen zu durchbrechen.

Sämtliche Knickpunkte entlang des Kajabaches (KK) bzw. der Fugnitz (FK) (Verortung: vgl. Abb. 11) sind auf flussbauliche Aktivitäten (Staudämme und Wehranlagen, vgl. Abb. 12 – Abb. 17) zurückzuführen. Diese Knickpunkte stellen lokale Erosionsbasen dar, wel-

che flussaufwärts zu Akkumulationsprozessen bzw. flussabwärts zu Erosionsprozessen führen, was wiederum durch eine Veränderung des Verhältnisses von Abfluss : Sedimentfracht hervorgerufen wird.

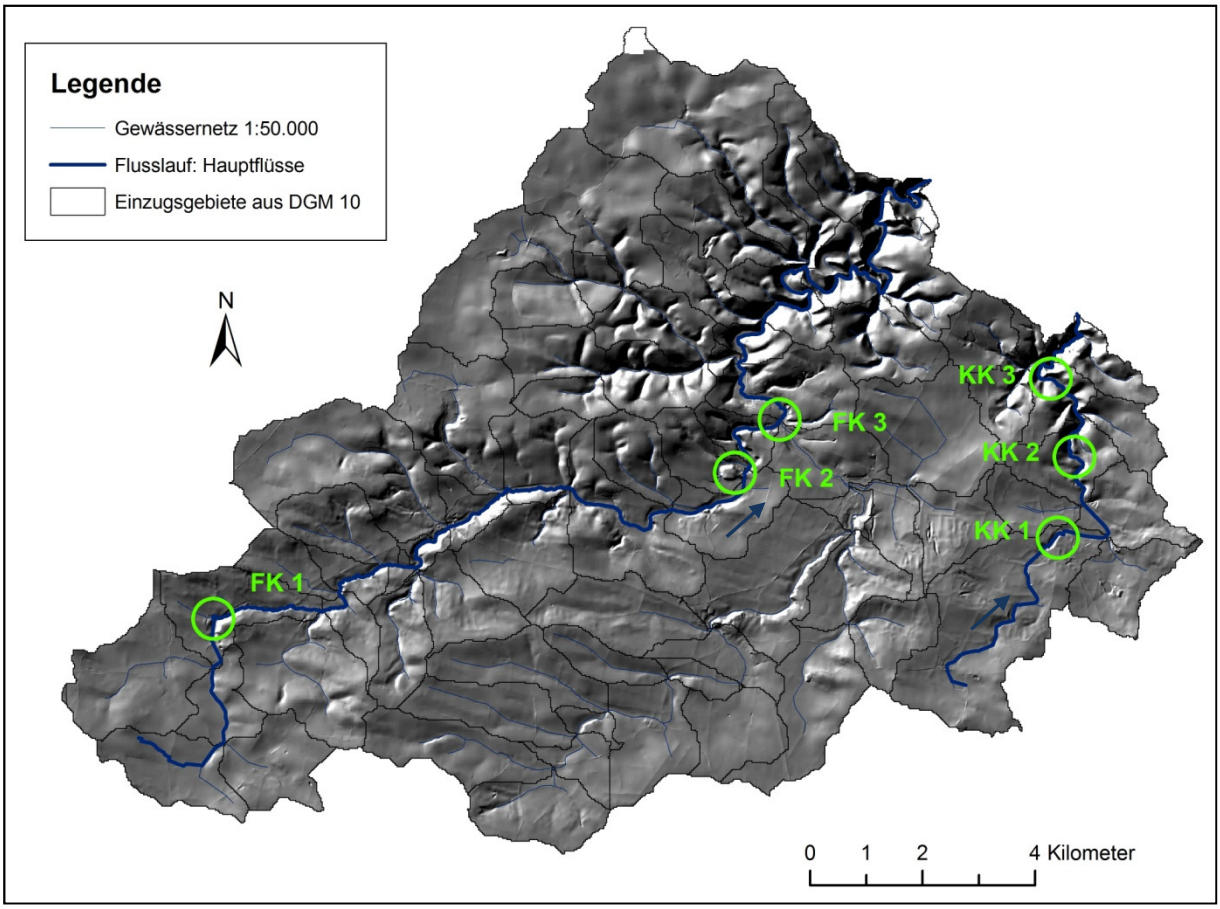

Abb. 11: Verortung der Knickpunkte (Grün) entlang der Hauptflüsse

Die folgenden Abbildungen (Abb. 12 – Abb. 17) zeigen die Standorte der ausgewiesenen Knickpunkte (KK) in Detailansicht:

Abb. 12: FK 1 – Durchbrochener Staudamm entlang der Fugnitz

Abb. 13: FK 2 – Künstlicher Durchbruch entlang der Fugnitz

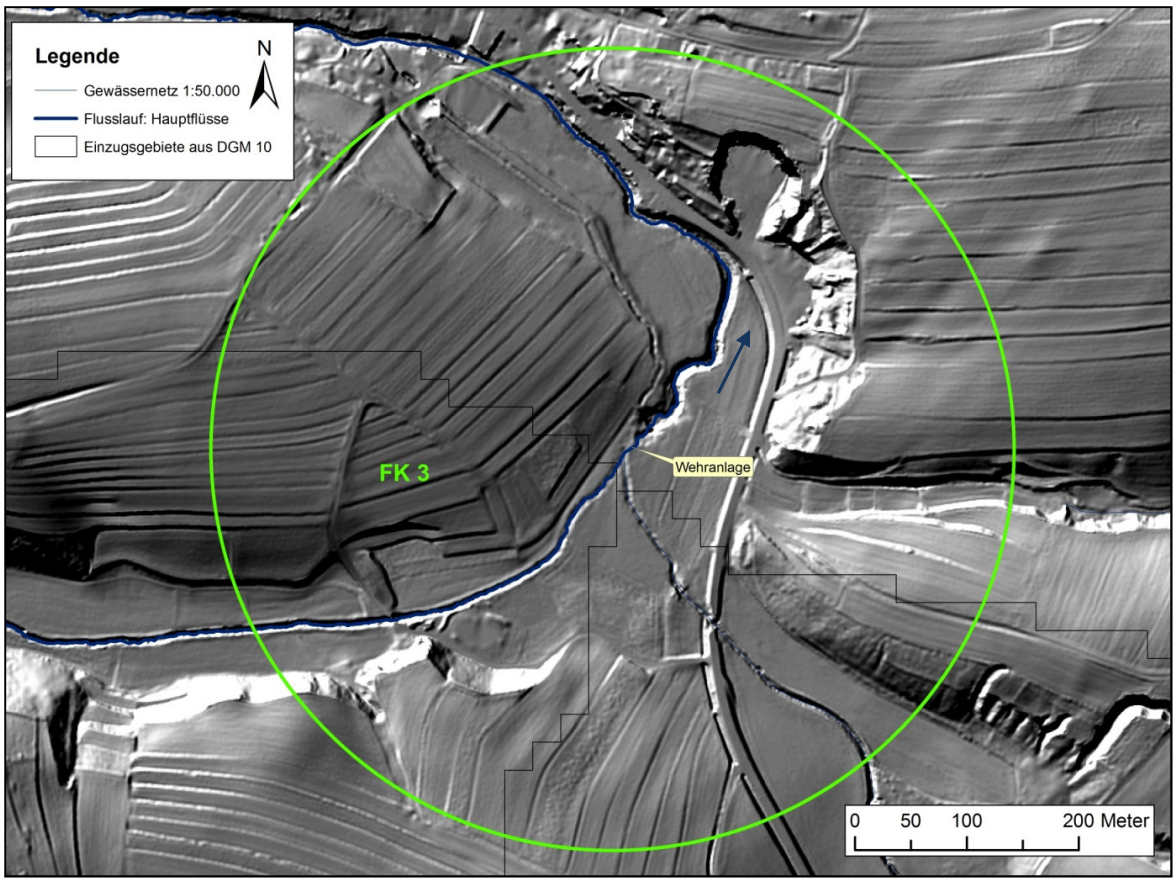

Abb. 14: FK 3 – Wehranlage entlang der Fugnitz

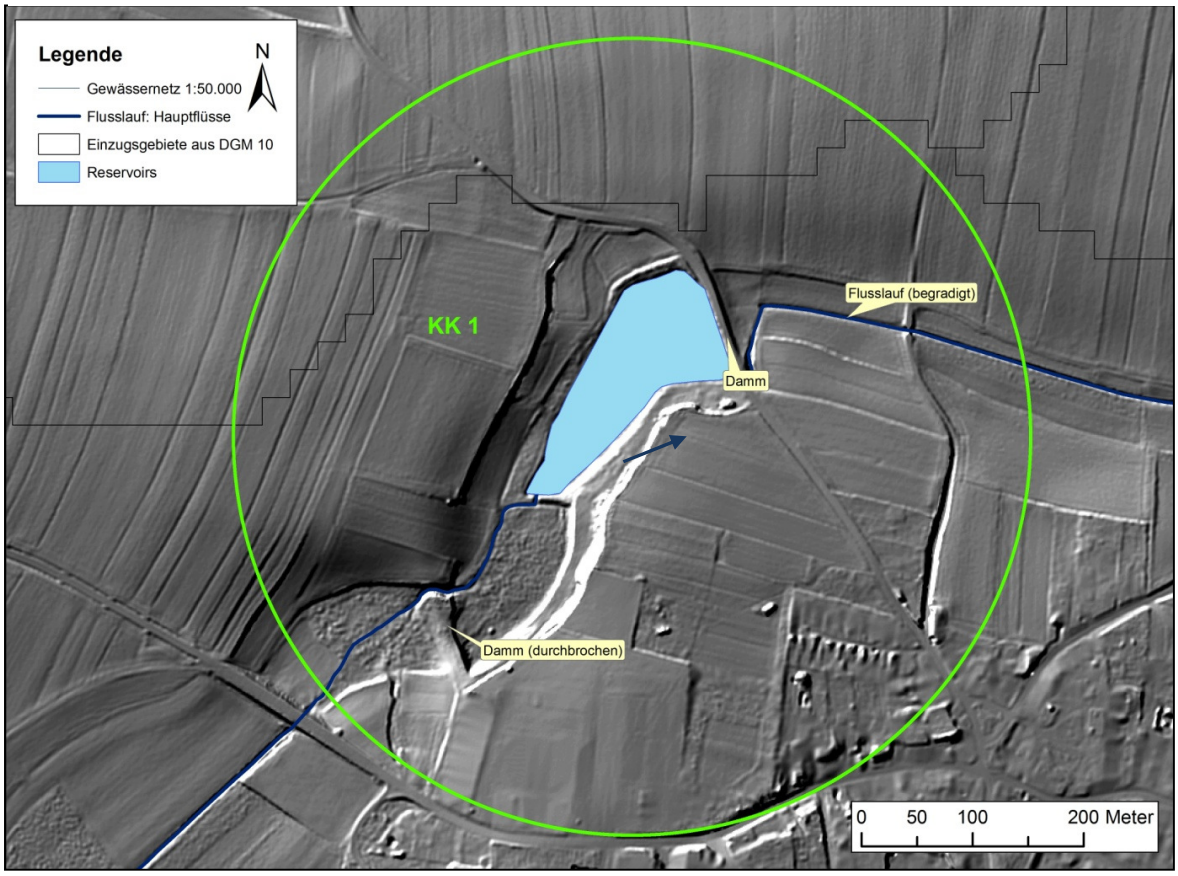

Abb. 15: KK 1 – Staudamm „Fiedlerteich“ entlang des Kajabaches

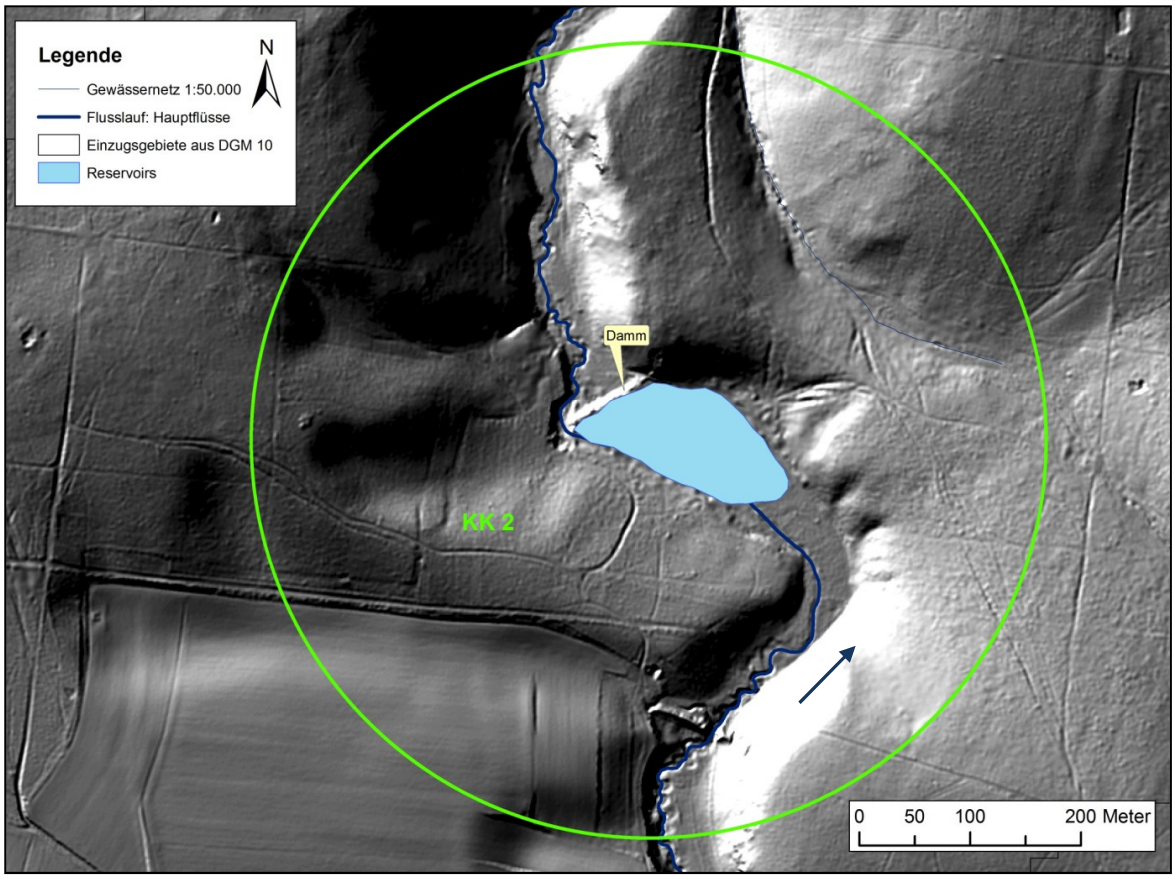

Abb. 16: KK 2 – Staudamm „Wolfsteich“ entlang des Kajabaches

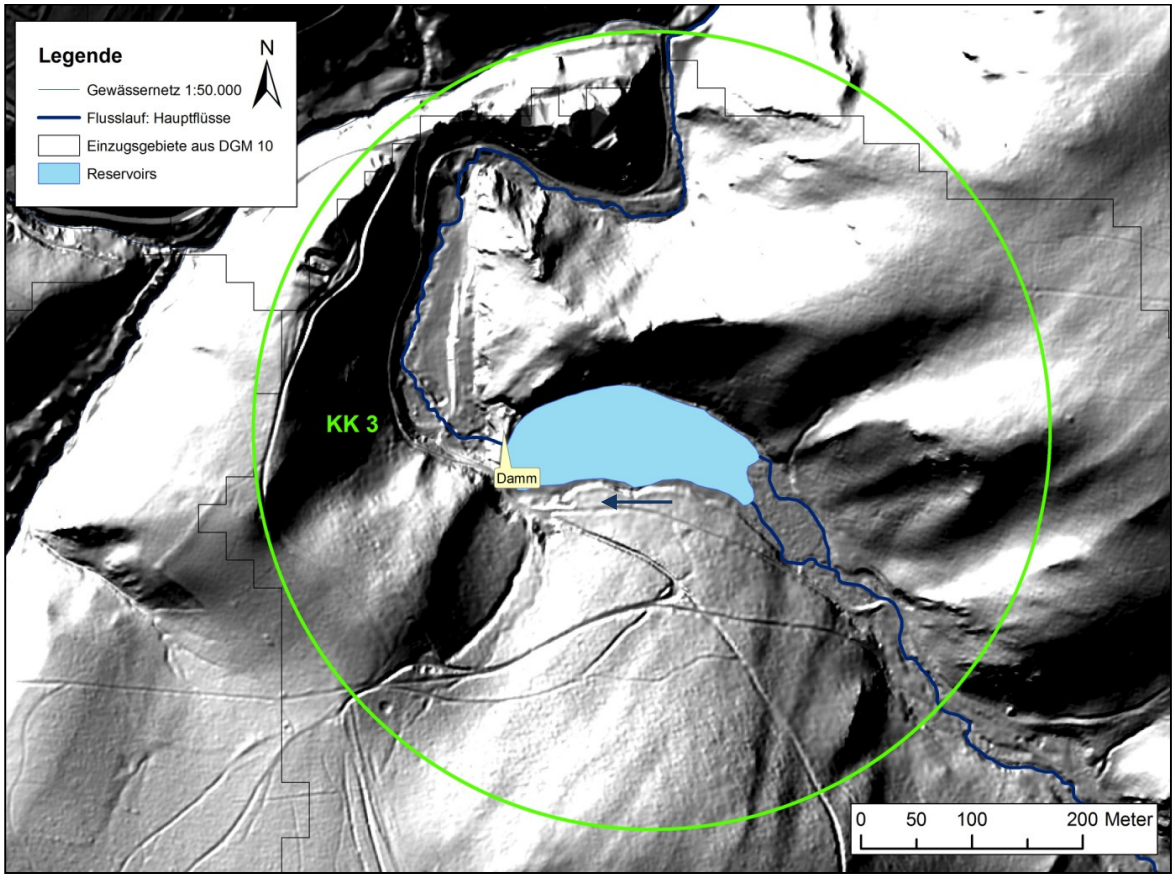

Abb. 17: KK 3 – Staudamm „Sagteich“ entlang des Kajabaches

4.2.3 Querschnitt

Talformen

In den Abbildungen 19 – 21 werden exemplarisch Talquerprofile entlang der Fugnitz (FQ) bzw. des Kajabaches (KQ) vorgestellt. Diese Auswahl soll einen Überblick über die Heterogenität des Untersuchungsgebietes hinsichtlich der existierenden Talformen geben. Aufgrund der Heterogenität der Talformen mussten unterschiedliche Überhöhungen angenommen werden, um die jeweiligen Talcharakter anschaulich abbilden zu können. Die jeweiligen Überhöhungsfaktoren sind den Beschriftungen zu entnehmen.

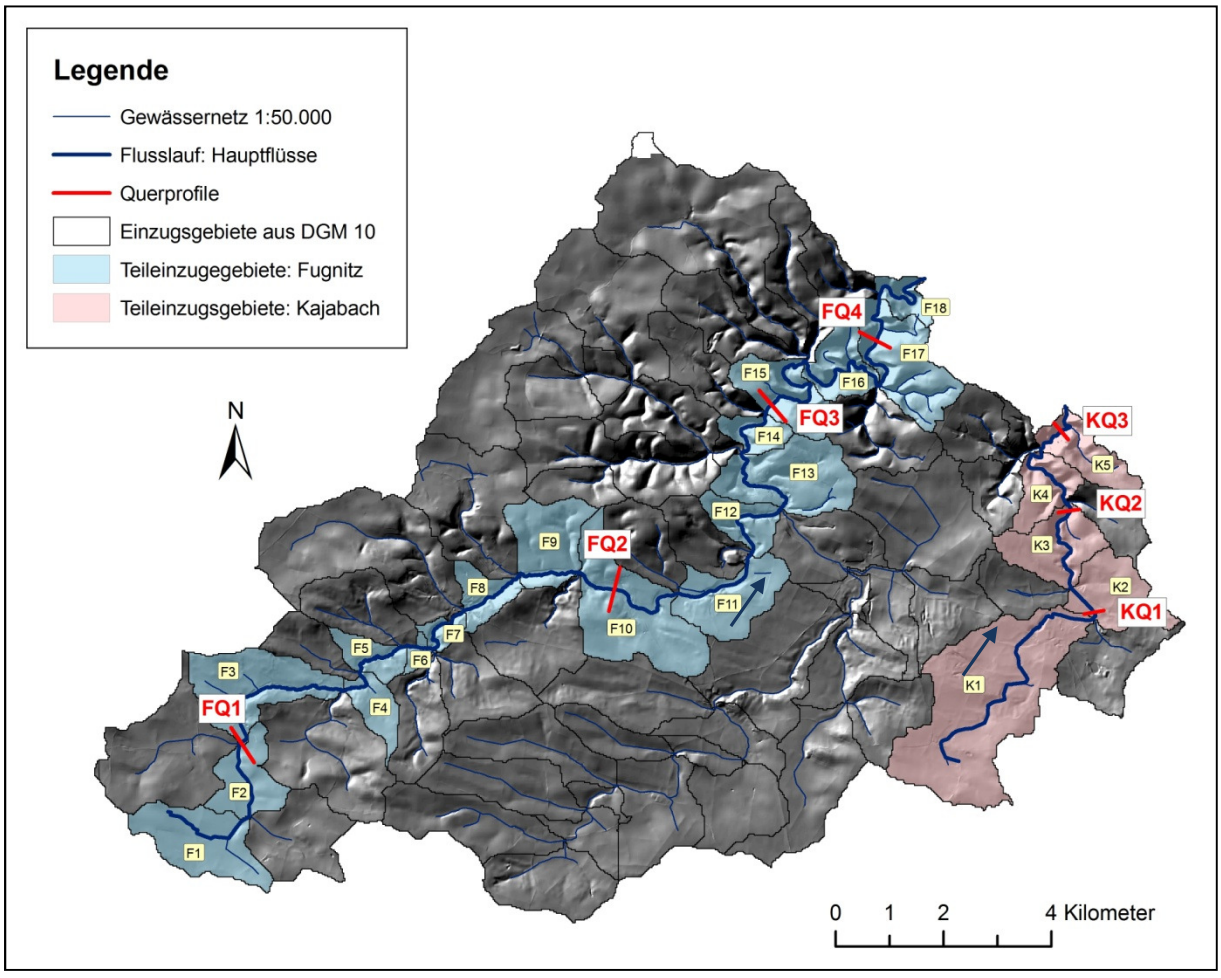

Abb. 18: Verortung der Tal-Querprofile entlang der Hauptflüsse

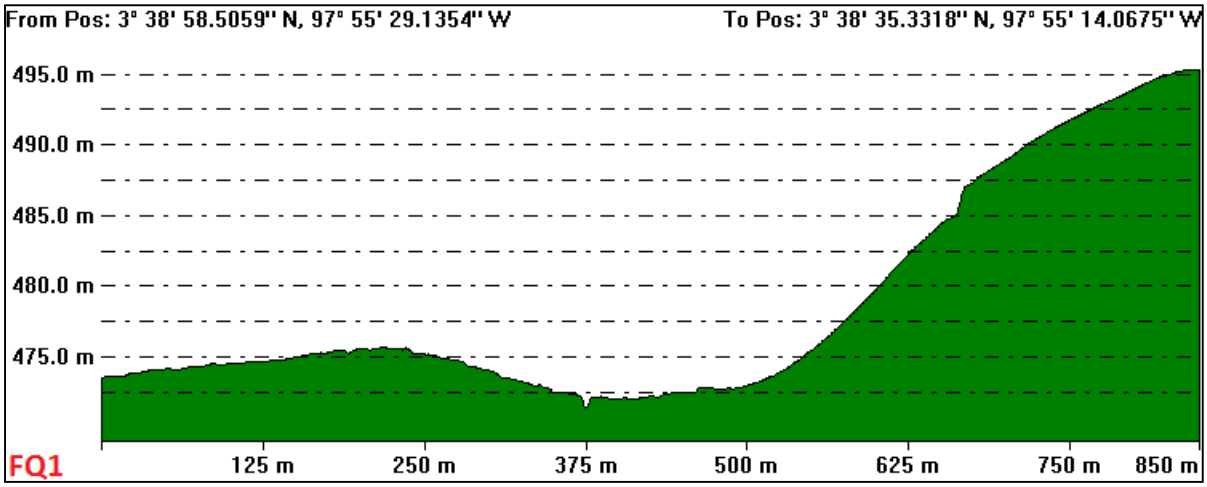

Abb. 19: Tal-Querprofil FQ 1 (Überhöhungsfaktor = 1:12,5)

FQ1 (Abb. 19) zeigt ein asymmetrisches Tal mit Muldentalcharakter, charakteristisch für den Hochflächencharakter im Oberlaufbereich des Einzugsgebietes im Untersuchungsgebiet.

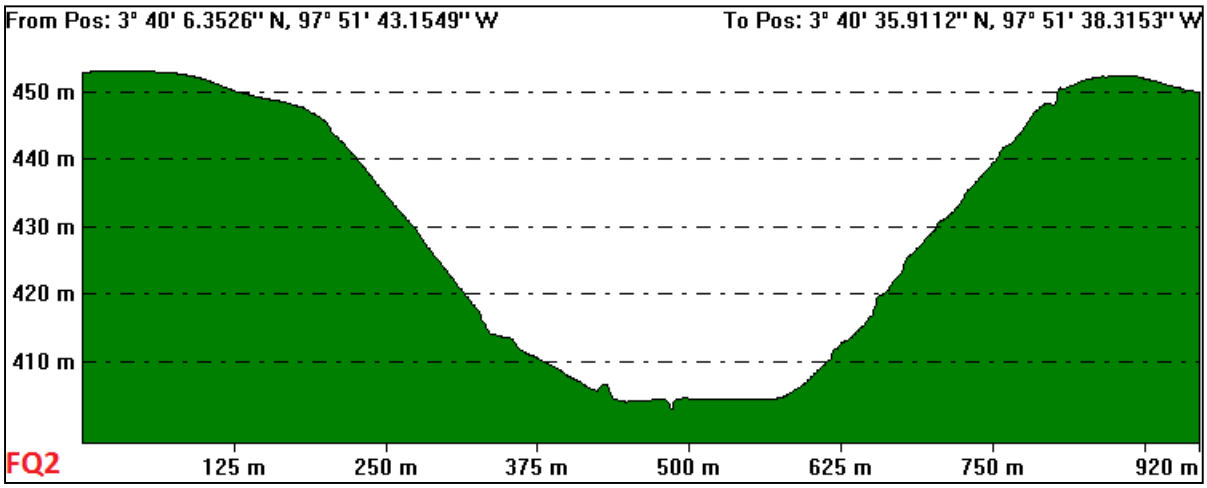

Abb. 20: Tal-Querprofil FQ 2 (Überhöhungsfaktor = 1:6,25)

In FQ2 (Abb. 20) ist im Vergleich zu FQ1 (Abb. 19) eine bereits tiefere Talform zu erkennen, was auf eine vergleichsweise größere Erosionsleistung des Flusses im Mittellaufbereich des Einzugsgebietes hindeutet. Hier beginnt sich die Fugnitz bereits in das Kristallin der Böhmischen Masse einzutiefen. Ein ähnliches Szenario ist auch Abb. 21 (FQ3) zu

erkennen, hier jedoch bereits mit verstärkter Tiefenerosion, erkennbar in einer Tendenz hin zu einem asymmetrischen Tal.

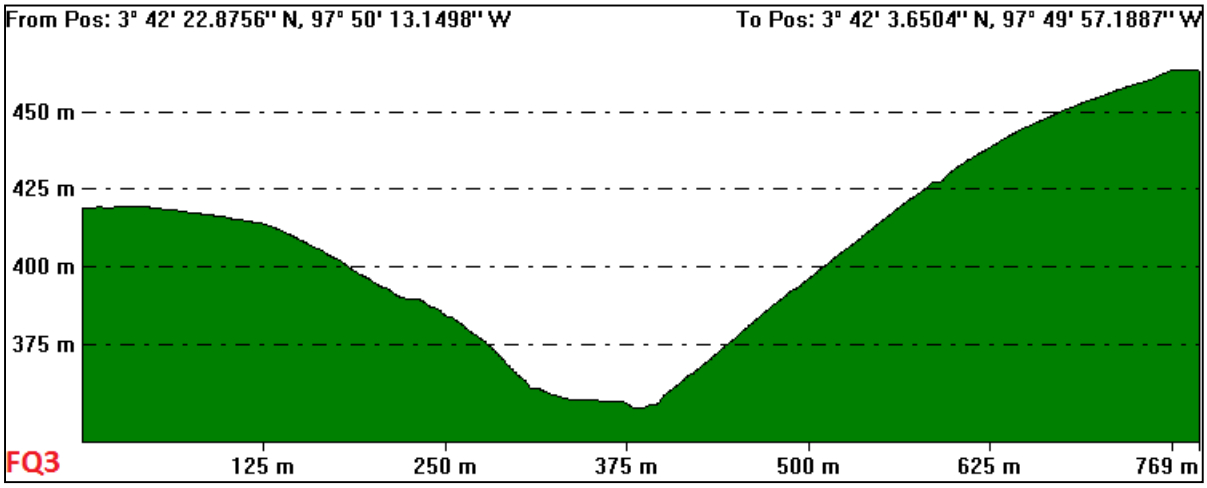

Abb. 21: Tal-Querprofil FQ 3 (Überhöhungsfaktor = 1:2,5)

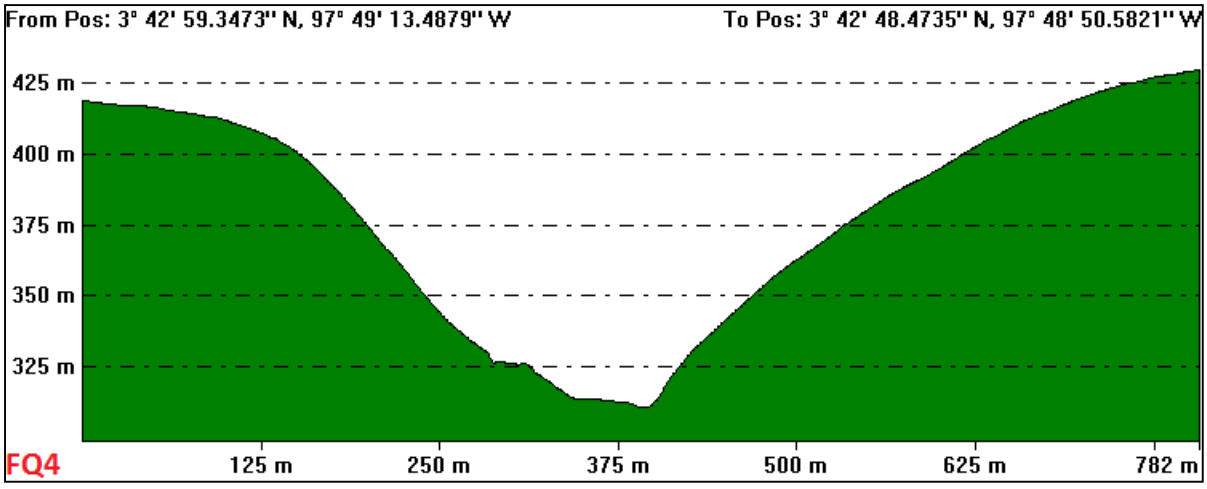

Abb. 22: Tal-Querprofil FQ 4 (Überhöhungsfaktor = 1:2,5)

FQ4 (Abb. 22) zeigt das Querprofil eines asymmetrischen Tales, charakteristisch für mäandrierende Flüsse. Die Fugnitz bildet im Unterlaufbereich des Einzugsgebietes deutlich ausgeprägte Talmäander.

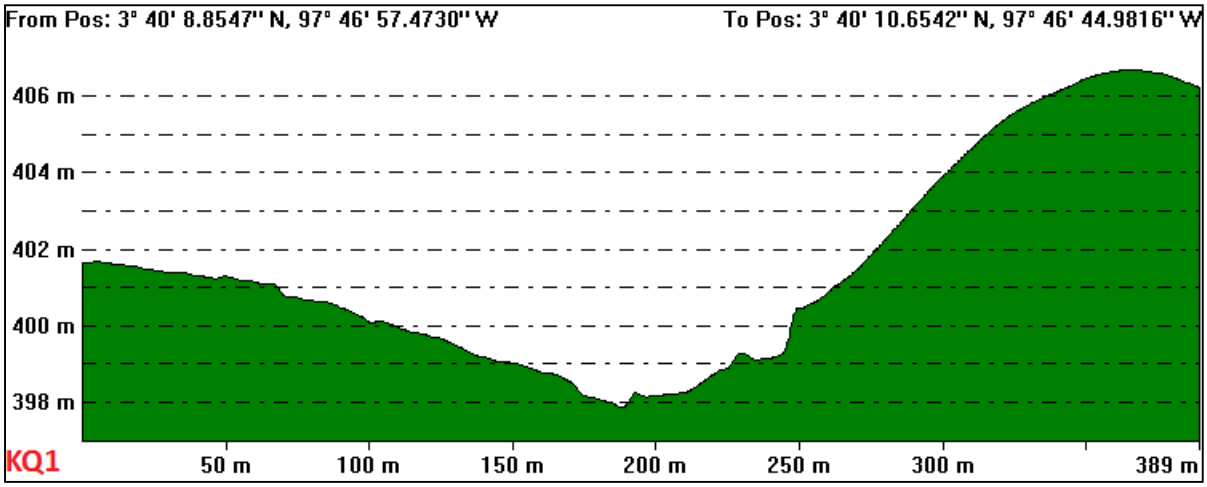

Abb. 23: Tal-Querprofil KQ 1 (Überhöhungsfaktor = 1:12,5)

KQ1 (Abb. 23) zeigt ähnlich wie FQ1 (Abb. 19) ein asymmetrisches Tal mit Muldental-charakter, wiederum charakteristisch für den Hochflächencharakter im Oberlauf- bzw. Mittellaufbereich des Einzugsgebietes im Untersuchungsgebiet. Selbiges gilt für KQ2 (Abb. 24). Hier ist wiederum im Vergleich zu KQ1 (vgl. Abb. 23) eine bereits tiefere Tal-form zu erkennen, was auch hier auf eine vergleichsweise größere Erosionsleistung des Flusses im Mittellaufbereich des Einzugsgebietes hindeutet. Hier beginnt sich der Kaja-bach in das Kristallin der Böhmischen Masse einzutiefen.

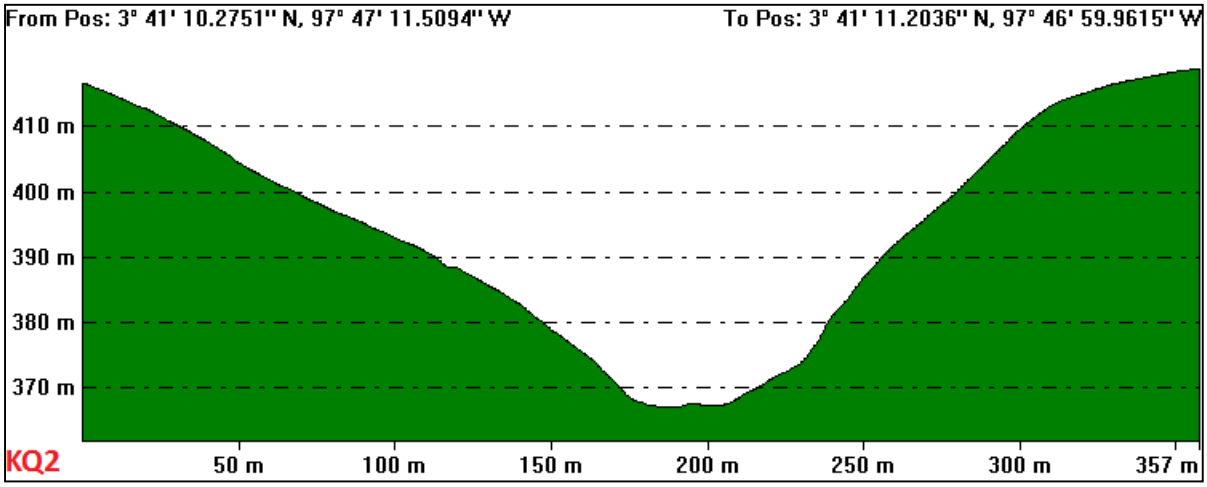

Abb. 24: Tal-Querprofil KQ 2 (Überhöhungsfaktor = 1:2,5)

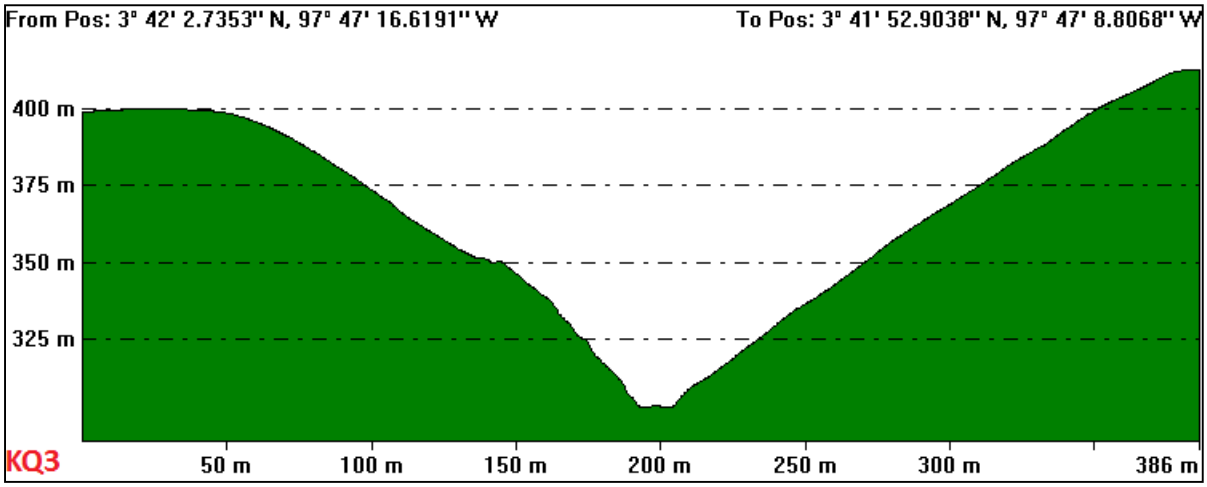

Abb. 25: Tal-Querprofil KQ 3 (Überhöhungsfaktor = 1:1,5)

KQ 3 (Abb. 25) zeigt ein typisches Kerbtal-Querprofil. Hier, im Unterlaufbereich des Einzugsgebietes, bricht der Kajabach steil hinab zum Vorfluter (Thaya). Hier ist vor allem Tiefenerosion dominierend.

Flussbettformen

In den Abbildungen 27 – 42 werden exemplarisch Flussbettquerprofile entlang der Fugnitz (FFQ) bzw. des Kajabaches (KFQ) präsentiert. Diese Auswahl soll hauptsächlich einen Überblick über anthropogene Effekte auf die Beschaffenheit der Flussbettquerprofile geben, die Aufschluss über potentielle anthropogene geomorphologische Effekte geben können. Aufgrund der Heterogenität der Flussbettformen mussten unterschiedliche Überhöhungen angenommen werden, um die jeweiligen Flussbettquerprofilformen anschaulich abbilden zu können. Die jeweiligen Überhöhungsfaktoren sind den Beschriftungen zu entnehmen.

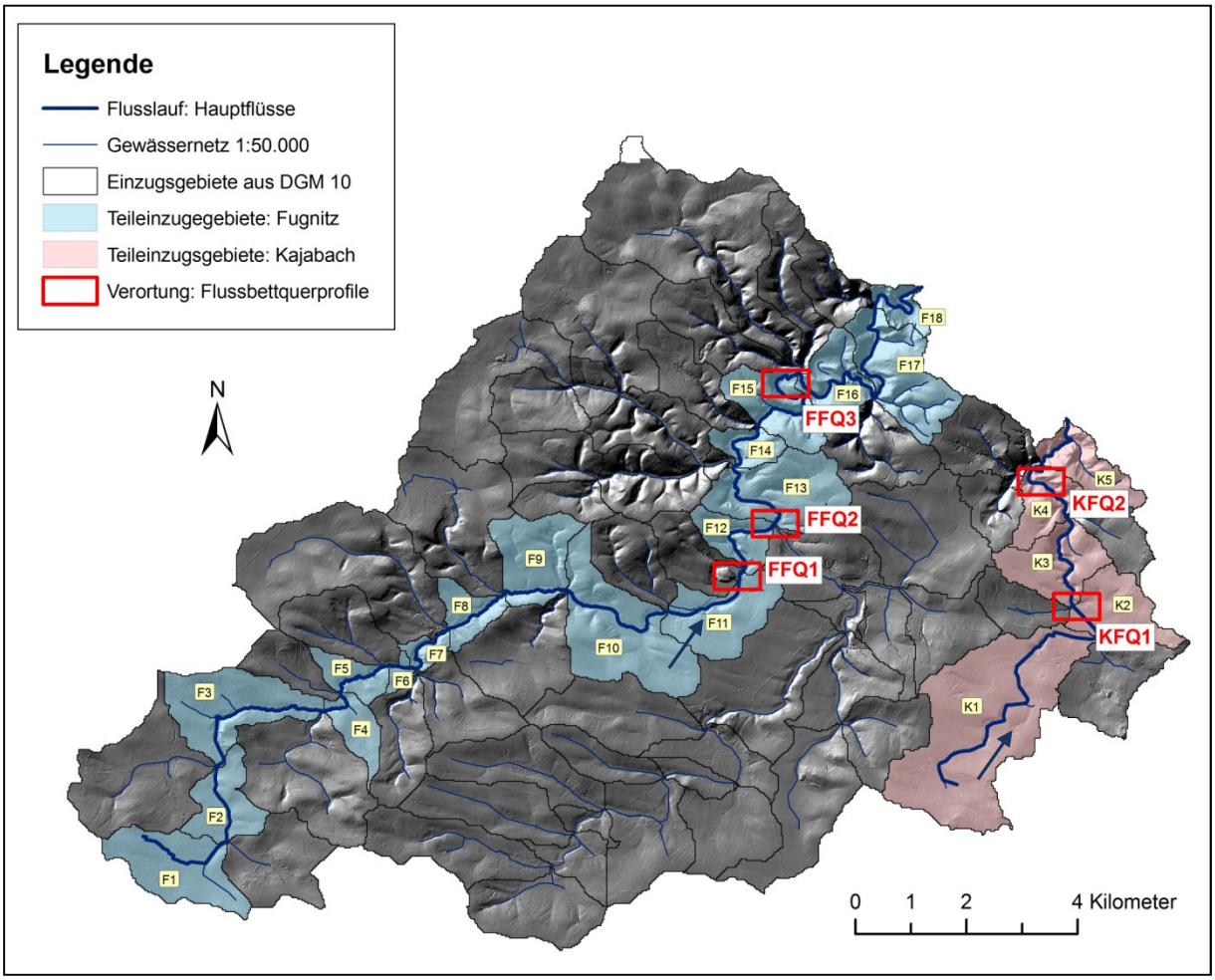

Abb. 26: Verortung der Flussbettquerprofile entlang der Hauptflüsse

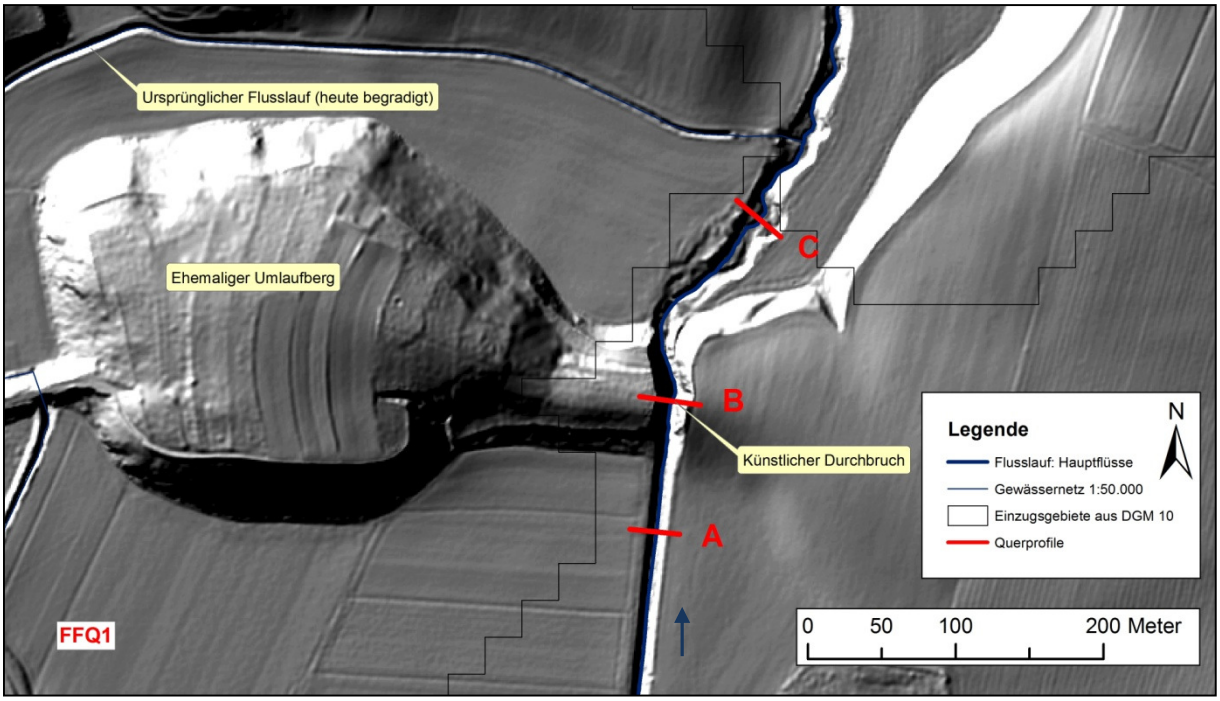

Abb. 27: Verortung – Flussbettquerprofile: FFQ1

In Abb. 27 (FFQ1) ist ein anthropogener Durchbruch eines Umlaufberges (mittels Sprengungen) zu erkennen. Flussaufwärts des Durchbruches wurden, um rückschreitende Erosion zu vermeiden, Uferbefestigungen entlang der Fugnitz errichtet, was sich auch in einer deutlich erkennbaren, symmetrischen Form des Flusbbettquerprofils in Abb. 28 (FFQ 1A) widerspiegelt.

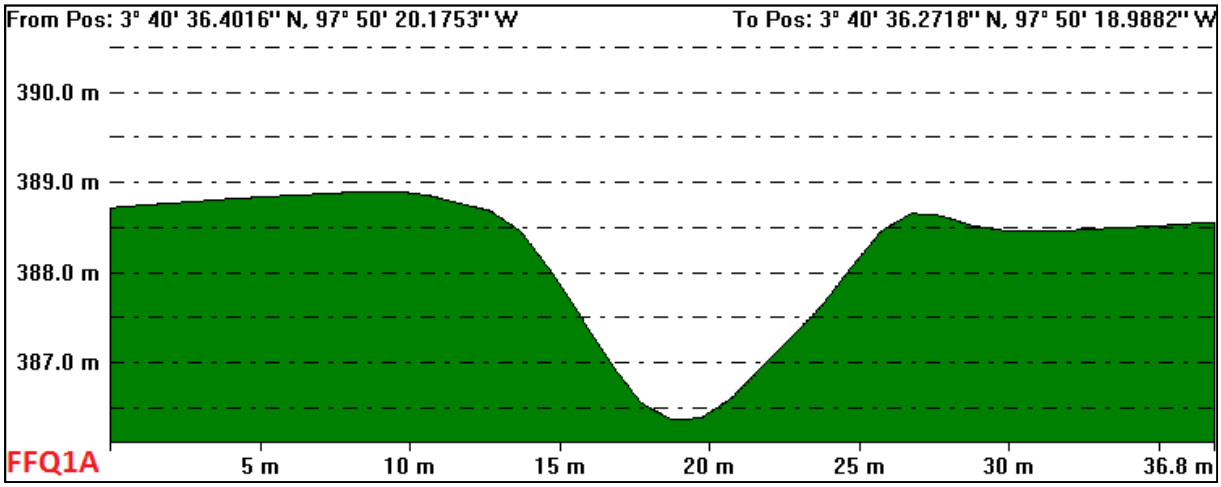

Abb. 28: Flussbettquerprofil - FFQ 1A (Überhöhungsfaktor = 1:3,5)

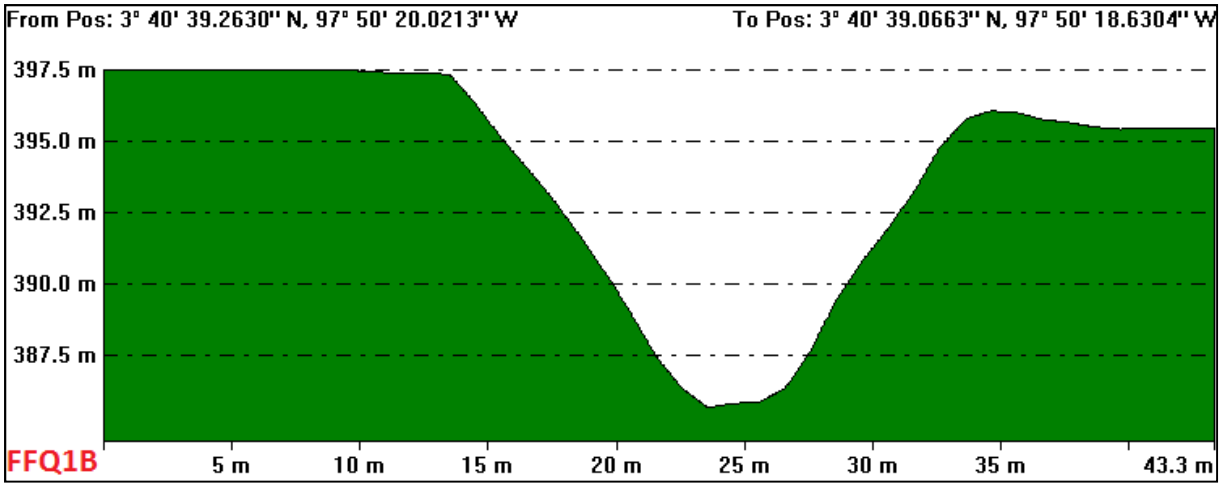

Abb. 29: Flussbettquerprofil - FFQ1B (Überhöhungsfaktor = 1:1,5)

In Abb. 30 (FFQ1C) sind anhand der starken Eintiefung verstärkte Erosionsprozesse, flussabwärts des anthropogenen Durchbruchs, zu erkennen. Diese sind auf erhöhte Fließgeschwindigkeiten in diesem Flussabschnitt sowie auf Flutwellen, verursacht durch Dammbrüche (Verklausungen im Bereich von FFQ1B) während periodisch auftretender Hochwässer, zurückzuführen.

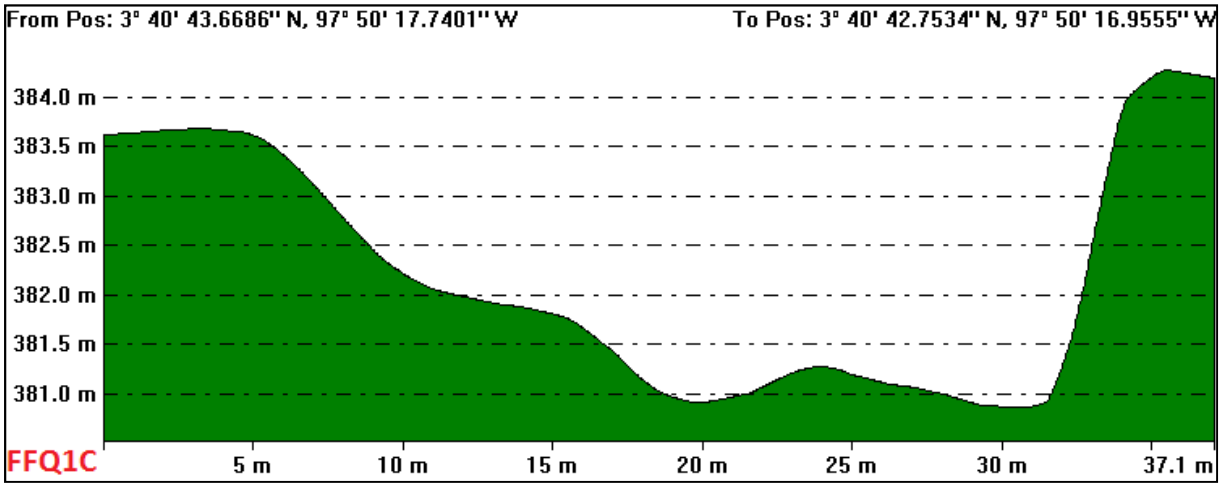

Abb. 30: Flussbettquerprofil - FFQ1C (Überhöhungsfaktor = 1:3,5)

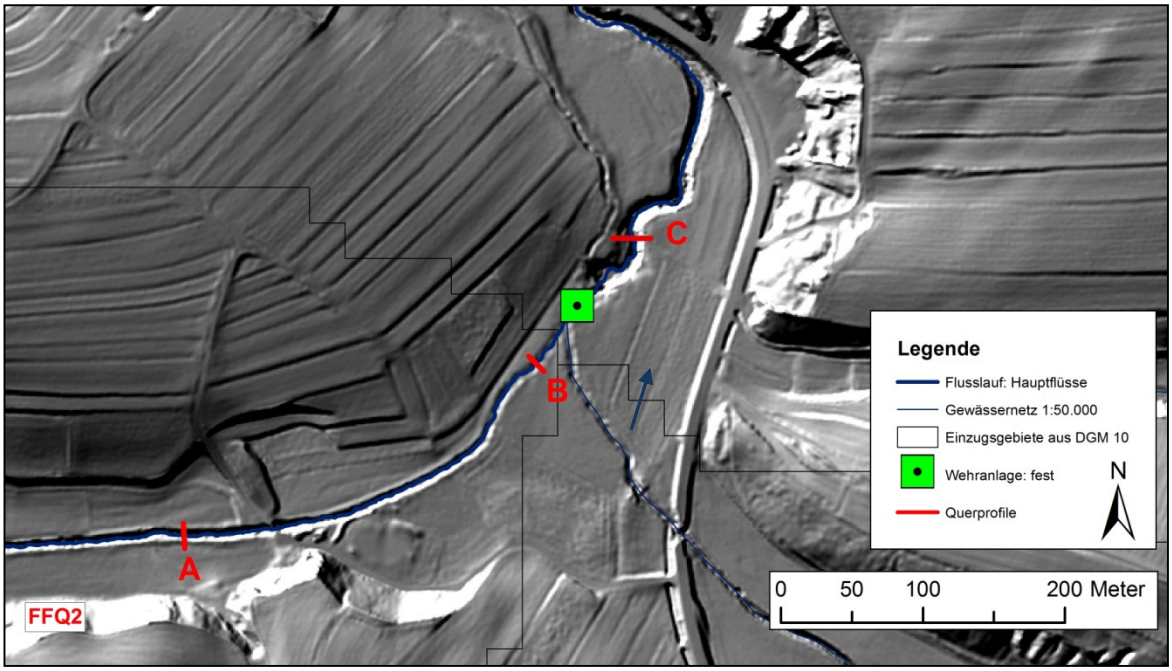

Abb. 31: Verortung – Flussbettquerprofile: FFQ2

Ein ähnliches Szenario wie in FFQ1 ist ebenfalls in FFQ2 (Abb. 31) zu erkennen: verstärkte Erosionsprozesse flussabwärts einer Wehranlage (FFQ2C, vgl. Abb. 34) im Vergleich zu FFQ2A (vgl. Abb. 32) bzw. FFQ2B (vgl. Abb. 33).

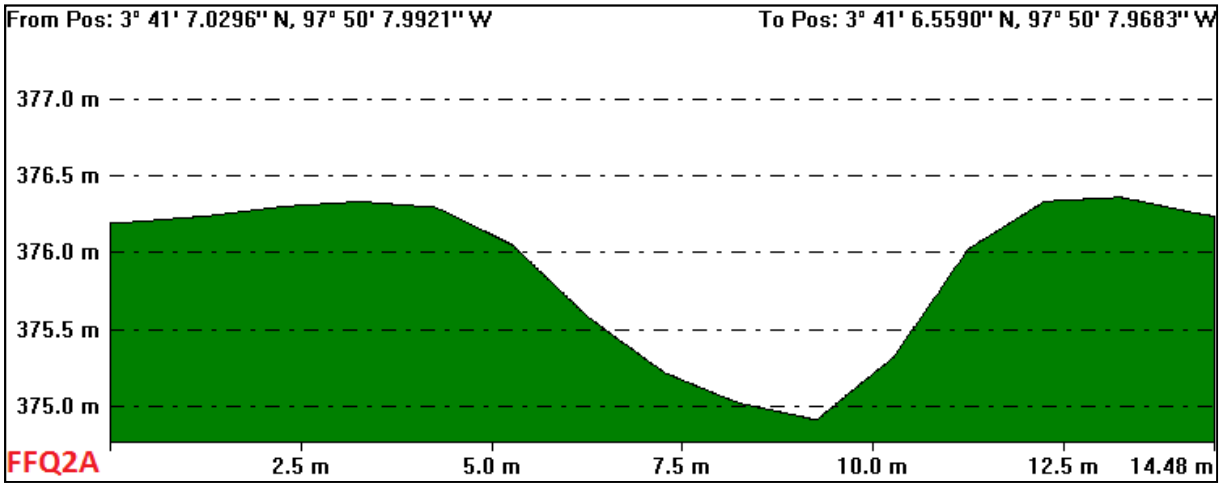

Abb. 32: Flussbettquerprofil - FFQ2A (Überhöhungsfaktor = 1:2,5)

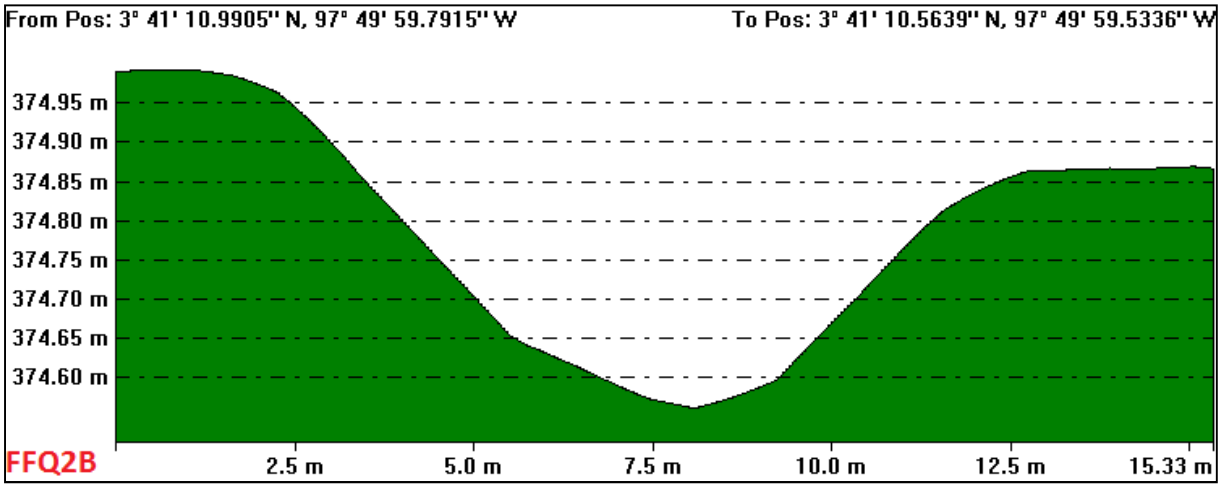

Abb. 33: Flussbettquerprofil - FFQ2B (Überhöhungsfaktor = 1:12,5)

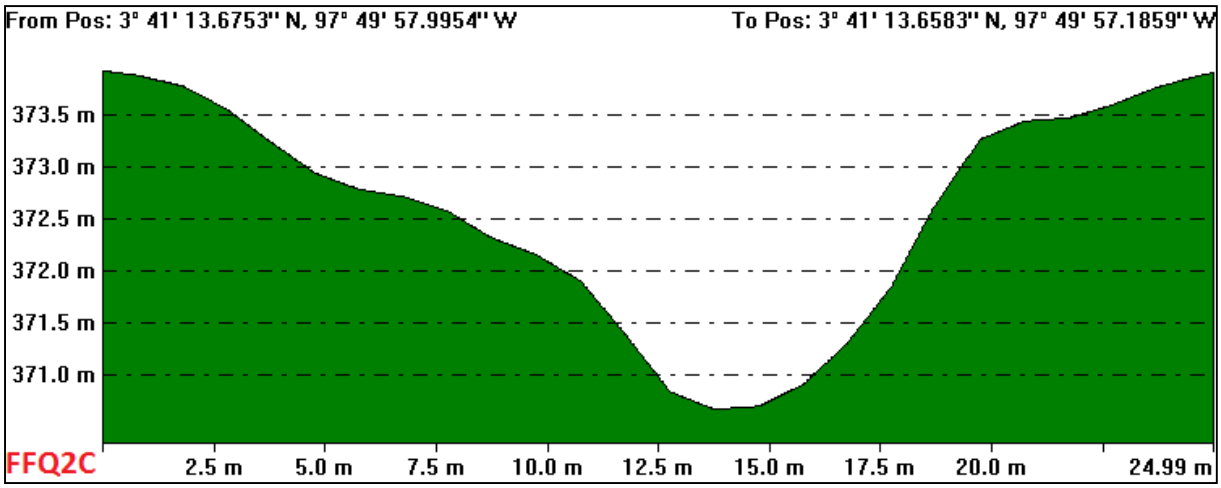

Abb. 34: Flussbettquerprofil - FFQ2C (Überhöhungsfaktor = 1:2,5)

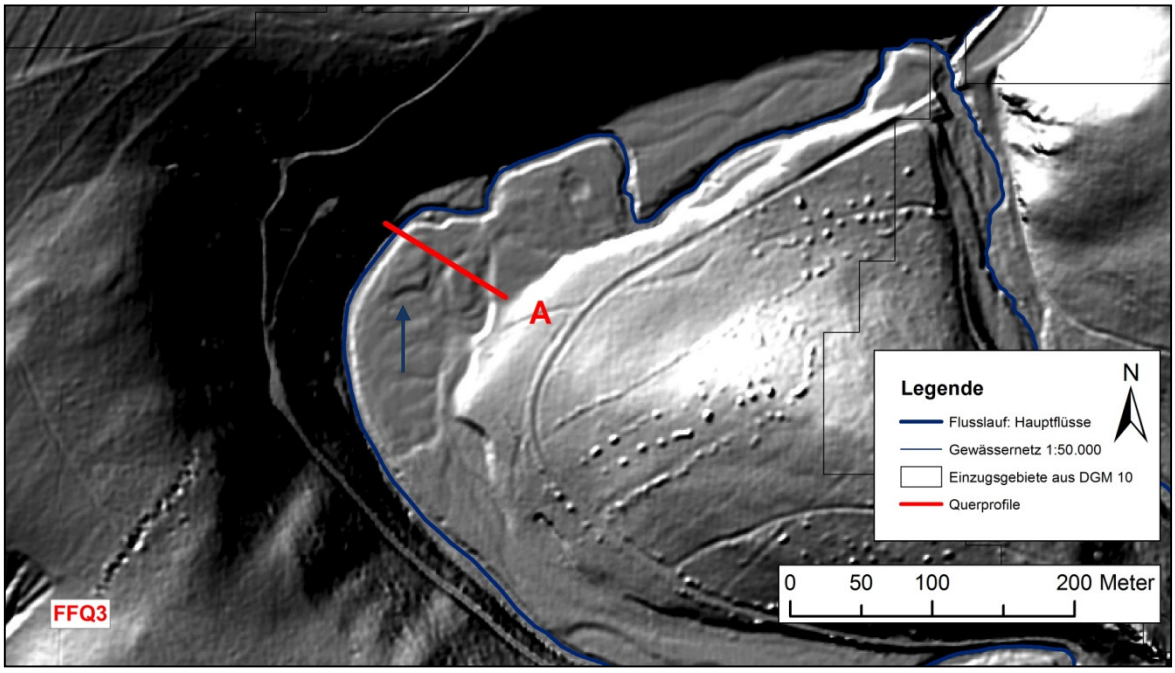

Abb. 35: Verortung – Flussbettquerprofile: FFQ3

Abb. 35 (FFQ3) und Abb. 36 (FFQ3A) zeigen deutlich ausgeprägte freie Mäander („Wiesenmäander“) innerhalb eines Talmäanderbereiches entlang des Unterlaufes der Fugnitz, welche während Hochwasserereignissen durchflossen werden (= Altarme) und somit als Retentionsraum fungieren (vgl. auch Abb. 52 und 53).

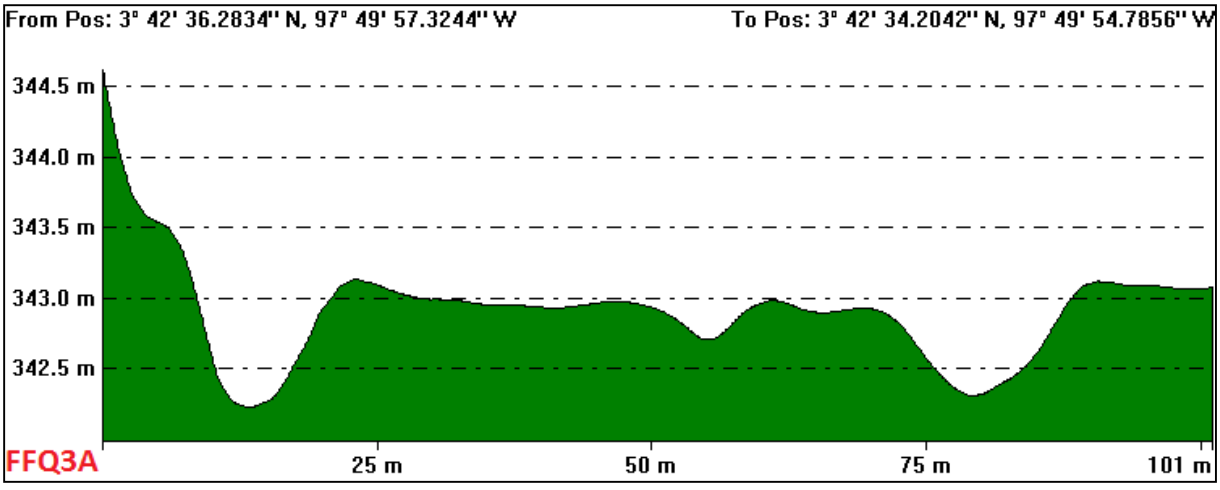

Abb. 36: Flussbettquerprofil - FFQ3A (Überhöhungsfaktor = 1:15)

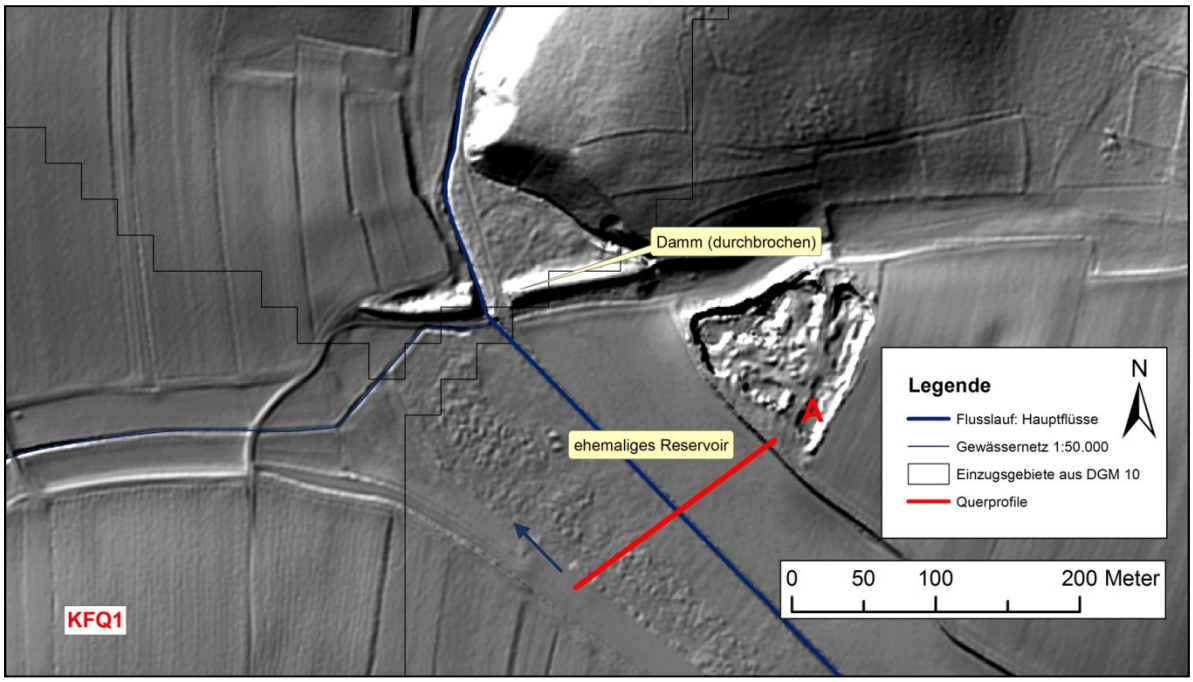

Abb. 37: Verortung – Flussbettquerprofile: KFQ1

Abb. 37 bzw. Abb. 38 zeigen ein Flussbettquerprofil in einer ehemaligen Teichanlage (Dammdurchbruch). Hier entstand am ehemaligen Teichboden ein flaches Feuchtgebiet, welches in diesem Bereich die heutige Aue des Kajabaches darstellt.

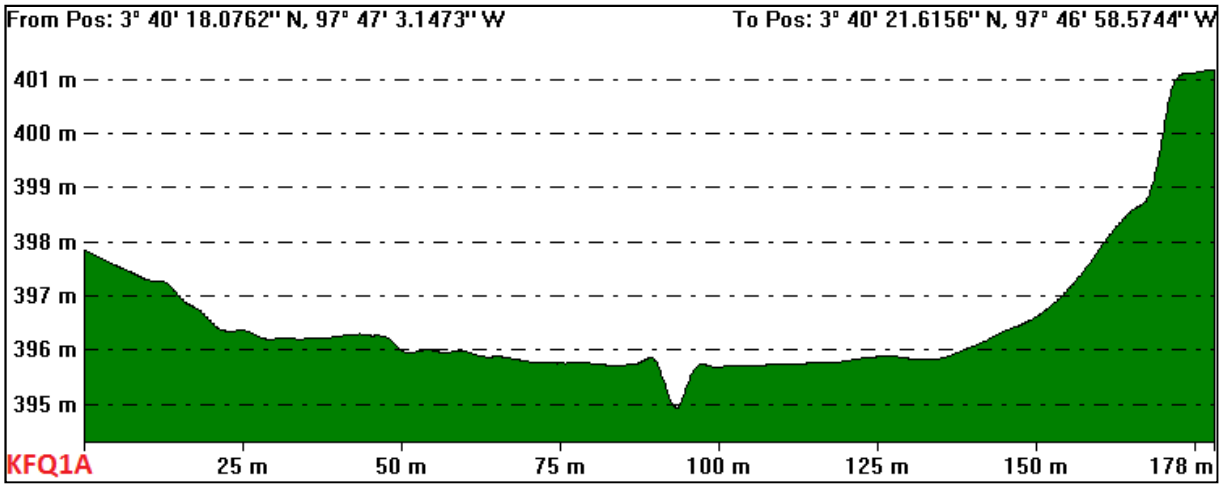

Abb. 38: Flussbettquerprofil - KFQ1A (Überhöhungsfaktor = 1:10)

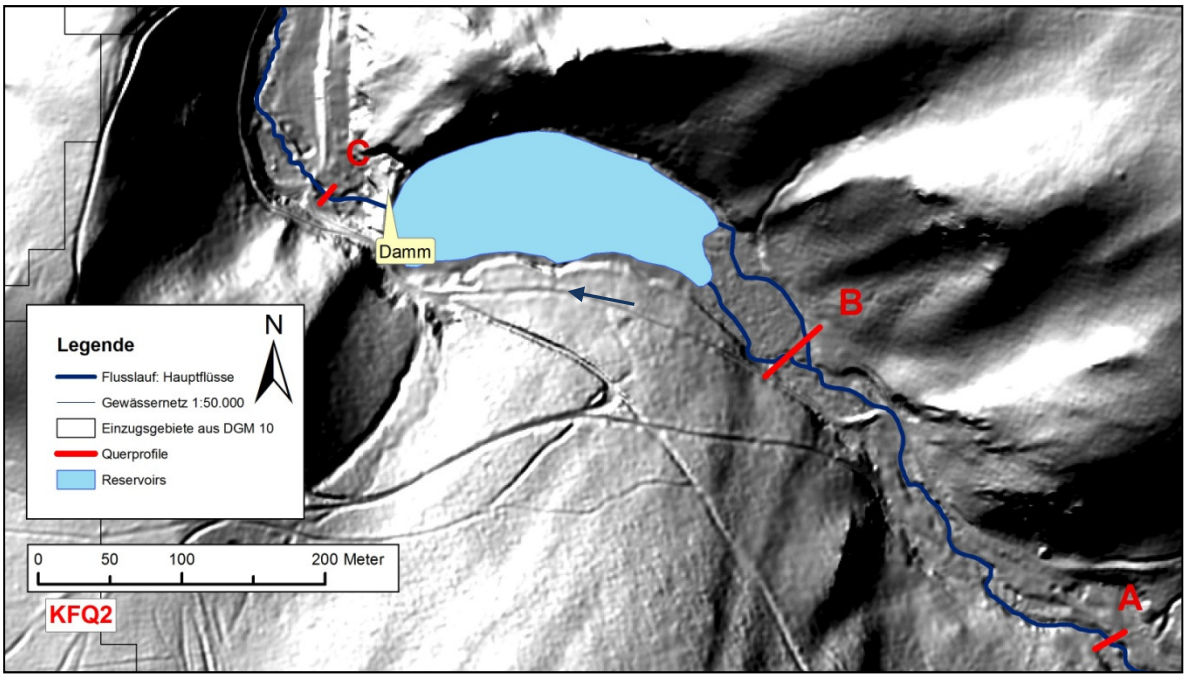

Abb. 39: Verortung – Flussbettquerprofile: KFQ2

Die Abb. 40 – 42 zeigen Flussbettquerprofile nahe dem „Sagteich“, einer rezent aktiven Teichanlage entlang des Kajabaches.

Hier kommt es aufgrund der Errichtung eines Dammes zur Veränderung der lokalen Erosionsbasis (vgl. Diagramm 2 /KK3) sowie zum Sedimentrückhalt in der Teichanlage. Dies führt hier zu dammaufwärtigen Akkumulationsprozessen (vgl. Abb. 41) bzw. dammabwärtigen Erosionsprozessen (vgl. Abb. 42 – Flussbetteintiefung im Vergleich zu Abb. 40), was durch eine Veränderung des Verhältnisses von Abfluss : Sedimentfracht hervorgerufen wird.

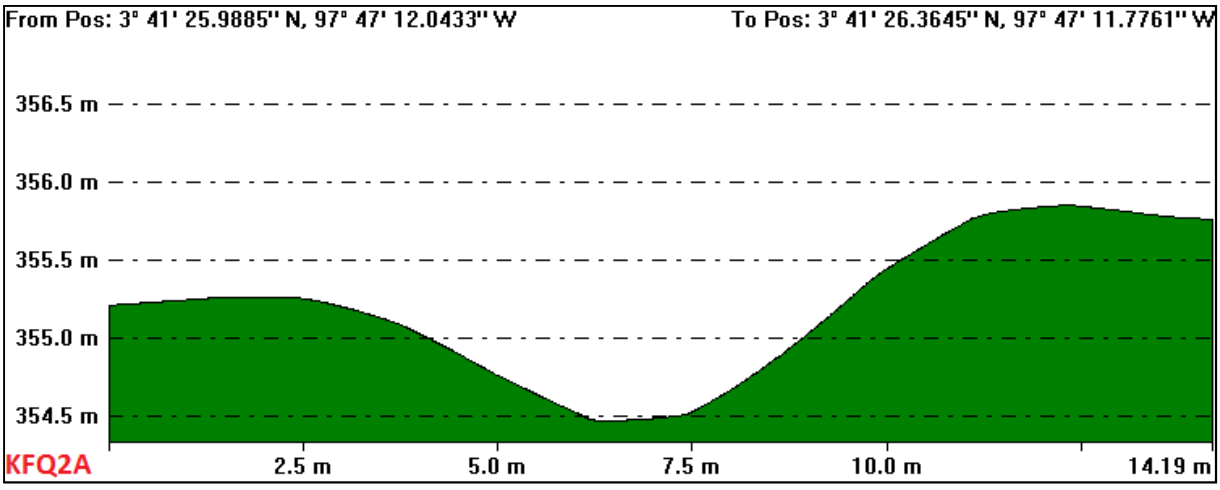

Abb. 40: Flussbettquerprofil - KFQ2A (Überhöhungsfaktor = 1:2,5)

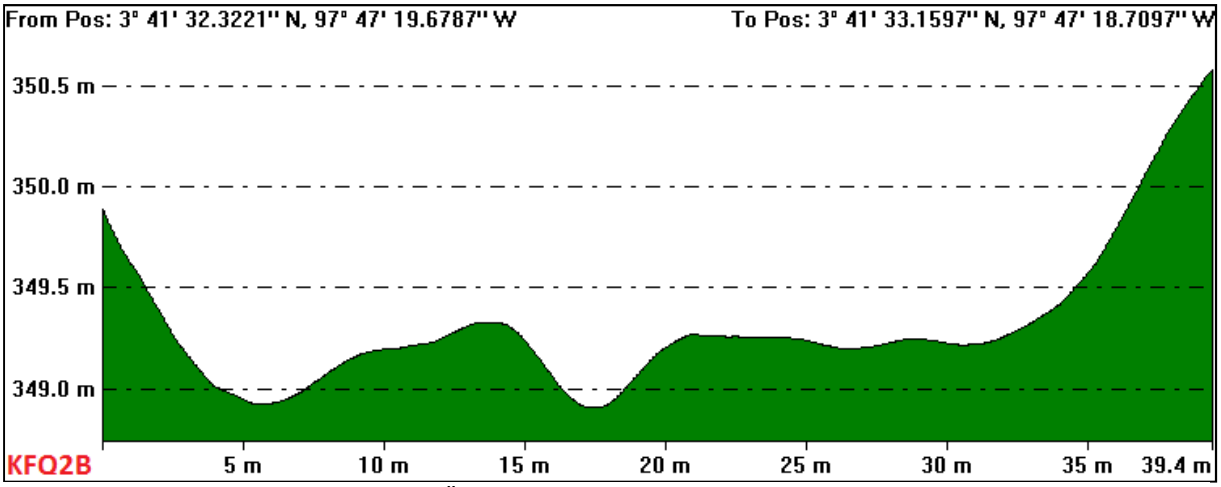

Abb. 41: Flussbettquerprofil - KFQ2B (Überhöhungsfaktor = 1:8)

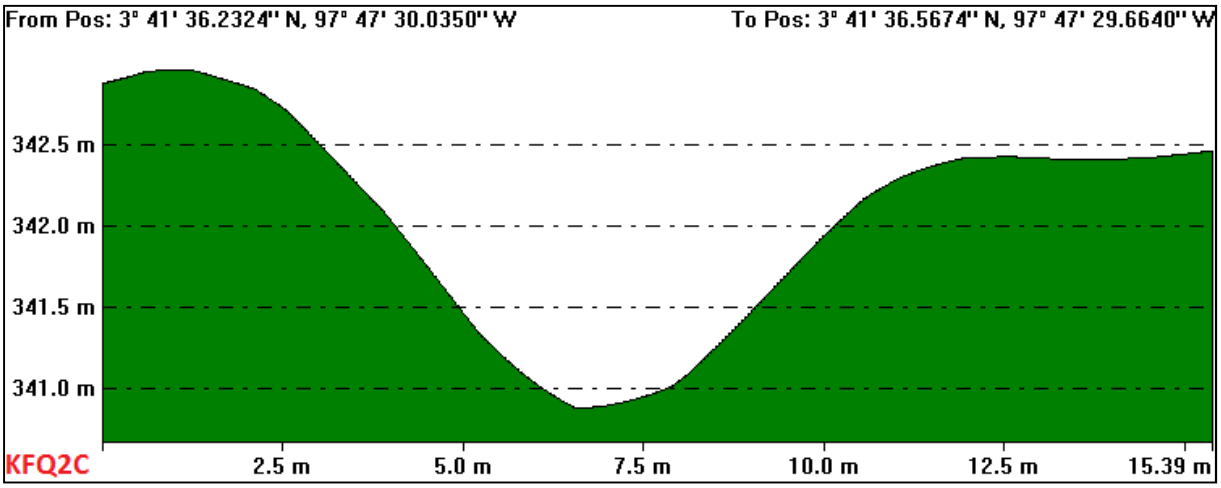

Abb. 42: Flussbettquerprofil - KFQ2C (Überhöhungsfaktor = 1:2,5)

4.3 Untersuchungen zum fluvialen Sedimenthaushalt

4.3.1 Erosionsmodellierung

Erosionsszenario: DGM 10 (dient als Übersichtskarte und zur Ausweisung von Hot Spots)

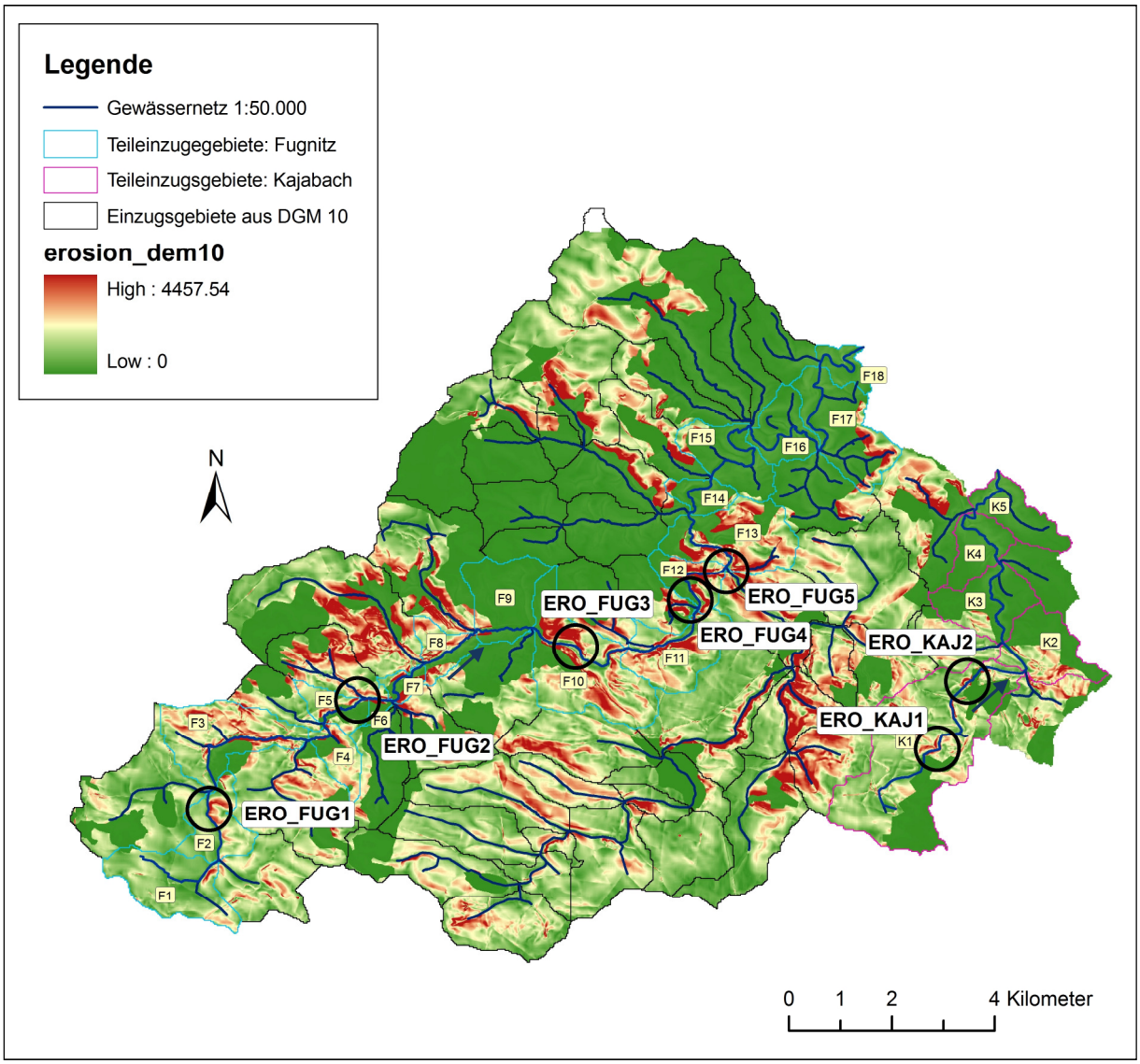

Abb. 43: Erosionsmodellierung – Szenario DGM 10 inkl. Verortung von Hot Spots (ERO_FUG, ERO_KAJ)

Szenario: DGM 1

Zugrundeliegende Hypothesen:

1) Mittlere und hohe bzw. sehr hohe Erosionsraten (ERO_MW > 1,21) in ufernahen Bereichen des Gerinnes bewirken einen hohen Anteil an Feinsedimenten in den oberflächigen Flussbettsedimenten (FACIES = 4 – 6).

Tab. 27: Ergebnisse der Datenauswertung – Hypothese 1); GRÜN: Übereinstimmung; ROT: keine Übereinstimmung; HELLROT: ERO_FUG; BLAU: ERO_KAJ

	FlussID	ERO_MW	FACIES
	8	1.46377	6
	10	1.44136	5
	12	1.14798	5
	14	1.26853	6
	19	1.63314	4
	31	1.34438	6
	52	1.37047	6
	53	1.45094	4
	54	1.48233	5
	67	1.59102	4
	73	1.77354	4
	74	2.42244	5
	75	1.44458	6
	77	1.21327	5
	78	1.32036	6
	79	1.39261	5
	80	1.49218	4
	83	1.40689	5
	84	1.34222	4
	88	1.25600	6
	Anzahl: gesamt	**Übereinstimmung**	**keine Übereinstimmung**
absolut	20	20	0
in %	10	100	0

Die in Tab. 27 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass mittlere bis sehr hohe Erosionsraten in ufernahen Bereichen der Gerinne einen hohen Anteil an Feinsedimenten in den oberflächigen Flussbettsedimenten bewirken. Hier kommt es zu verstärktem Sedimenteintrag durch Bodenerosion in ackerbaulich genutzten Gebieten, welche vergleichsweise

große Hangneigung (= Modellannahme) aufweisen. Die Ausschnitte in den Abbildungen 42 bis 48 zeigen eine Auswahl der Erosions- Hot Spots entlang der beiden Hauptflüsse:

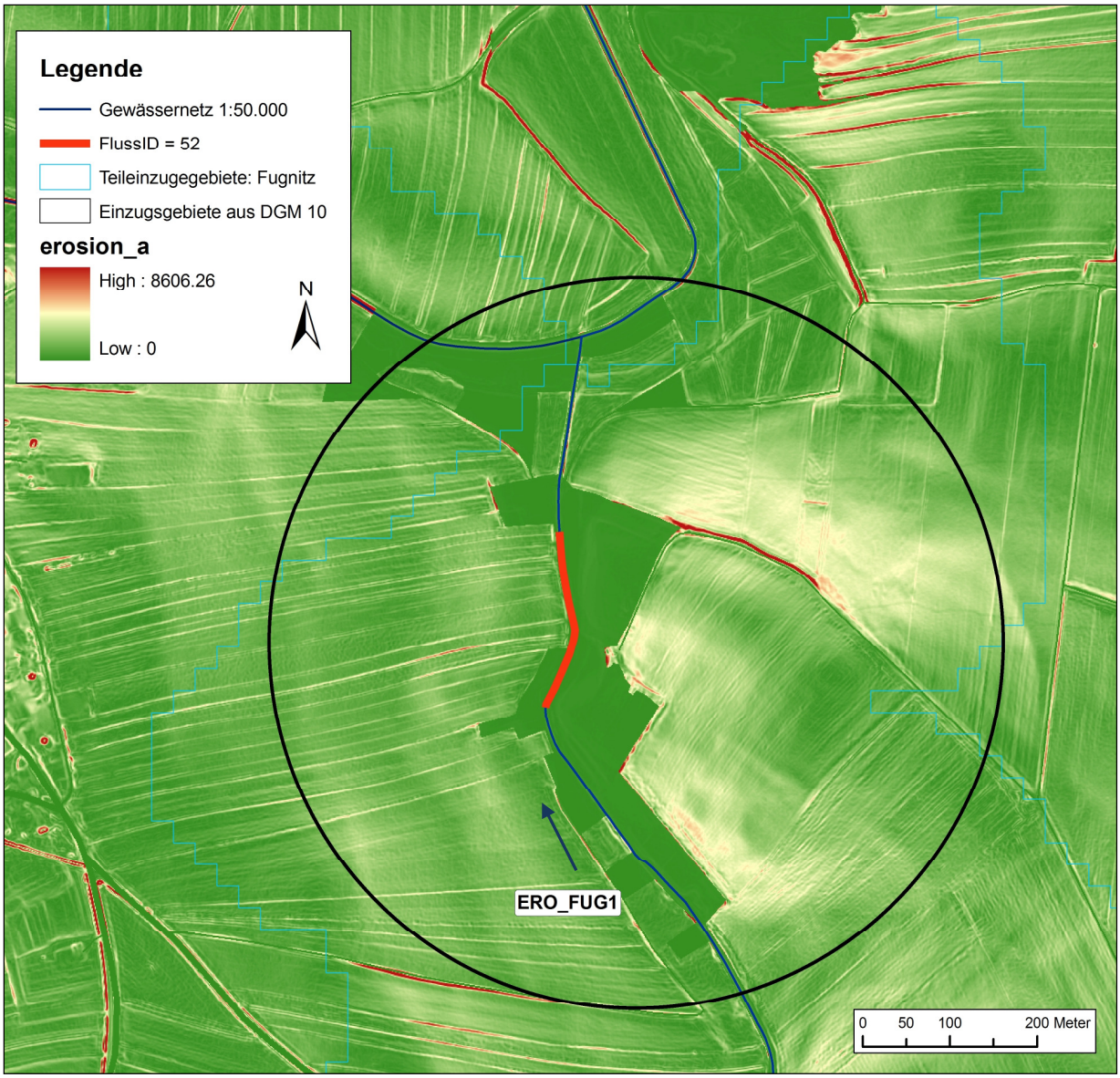

Abb. 44 Erosionsmodellierung – ERO_FUG1

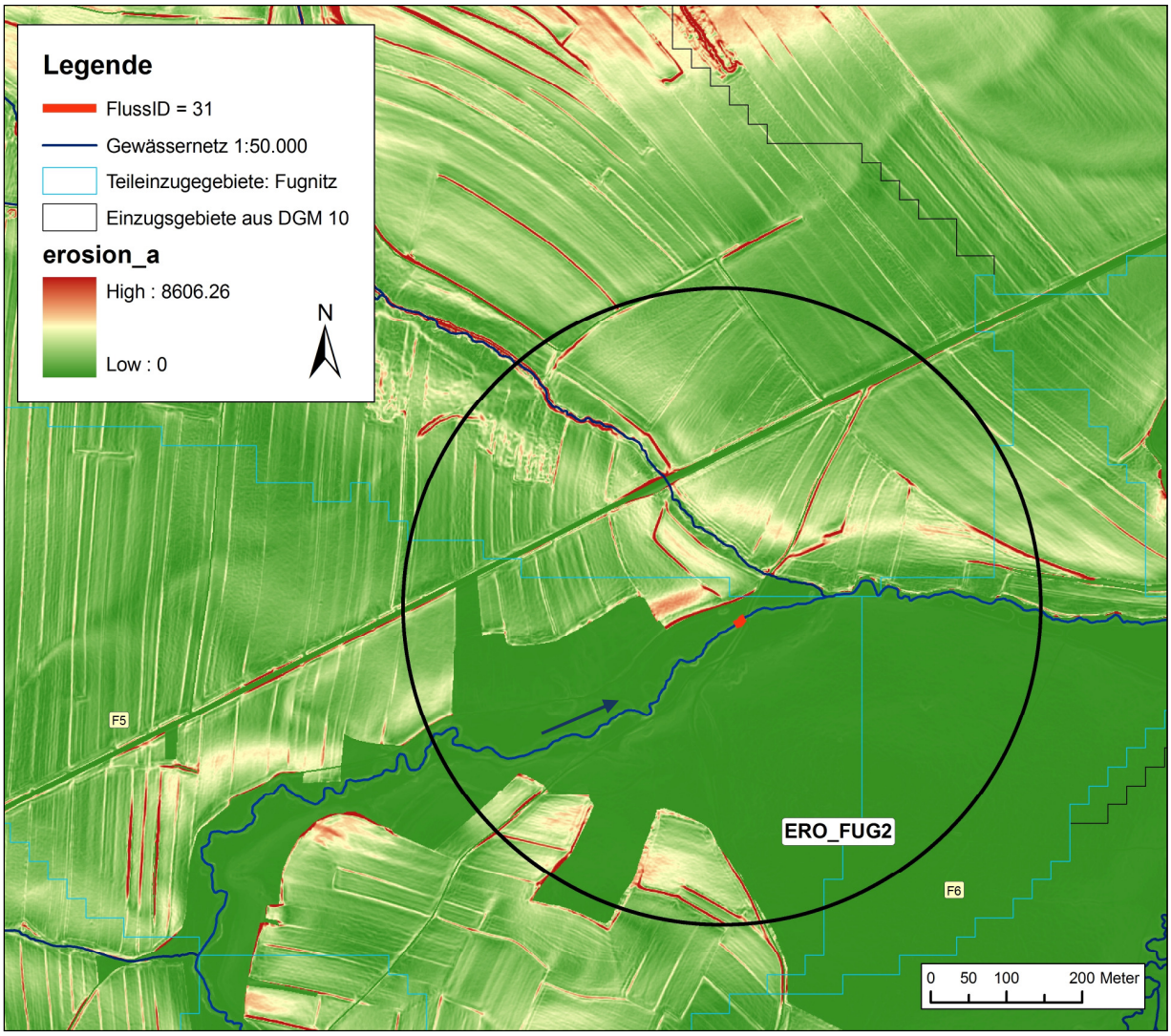

Abb. 45 Erosionsmodellierung – ERO_FUG2

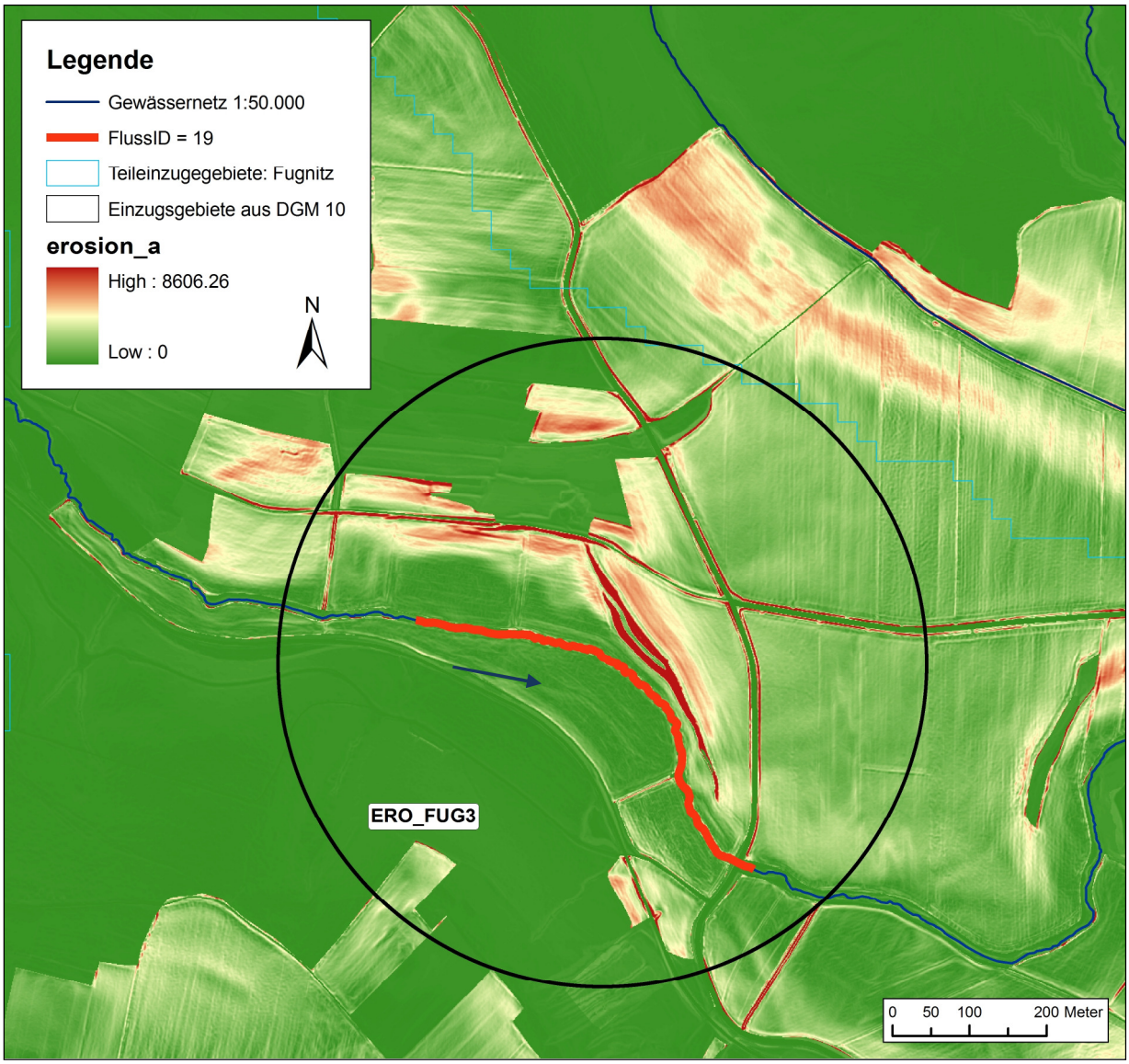

Abb. 46 Erosionsmodellierung – ERO_FUG3

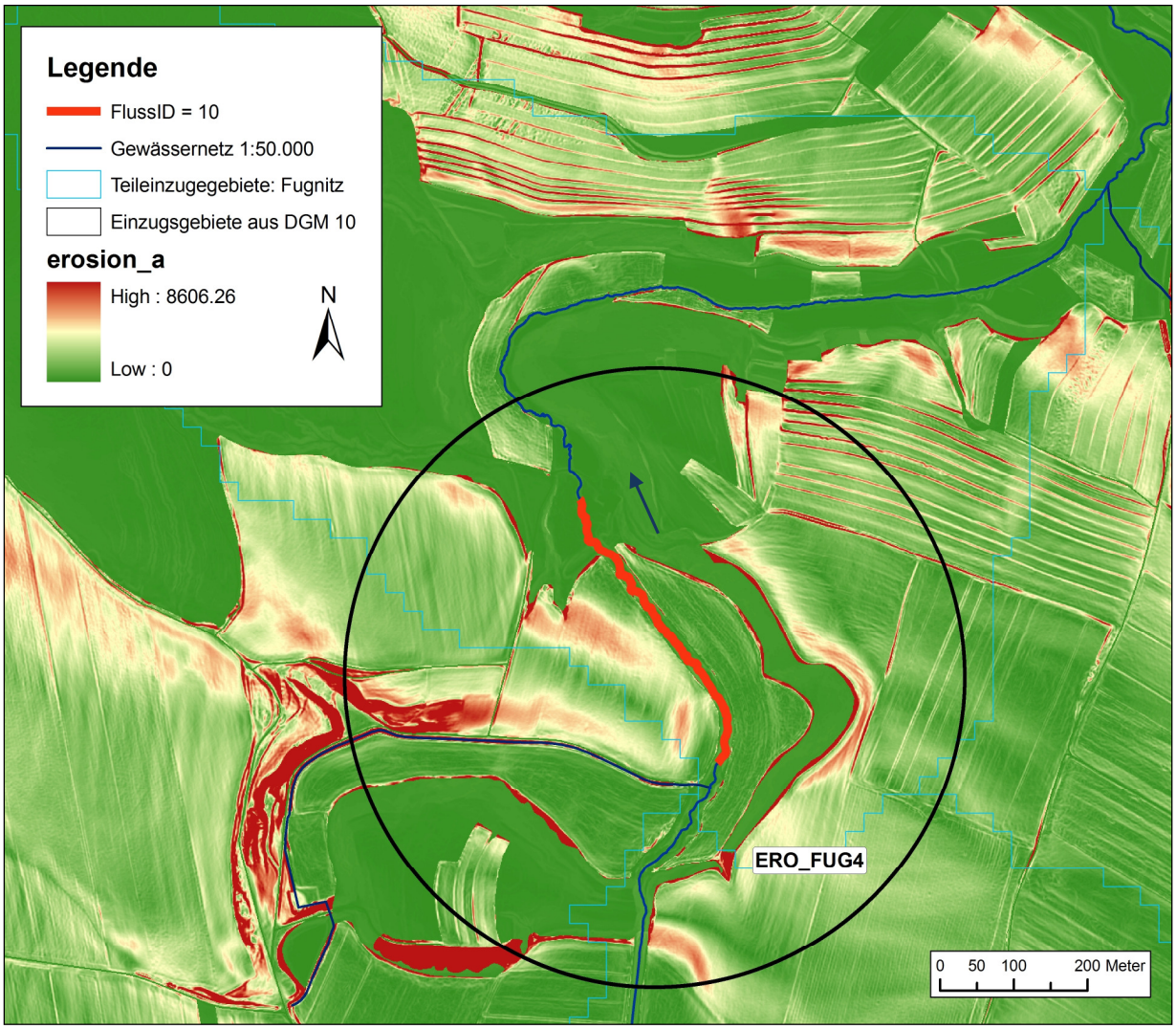

Abb. 47 Erosionsmodellierung – ERO_FUG4

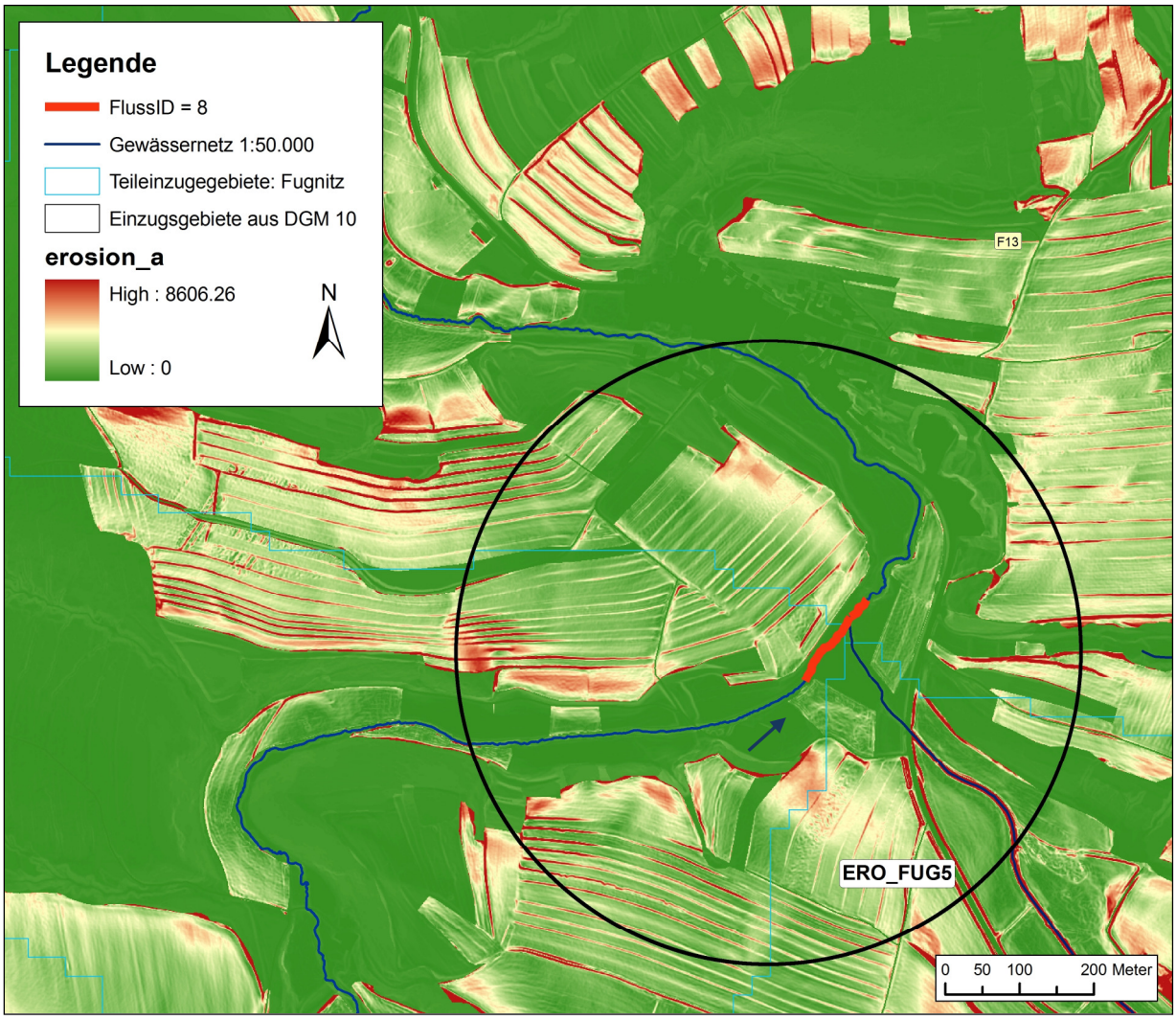

Abb. 48 Erosionsmodellierung – ERO_FUG5

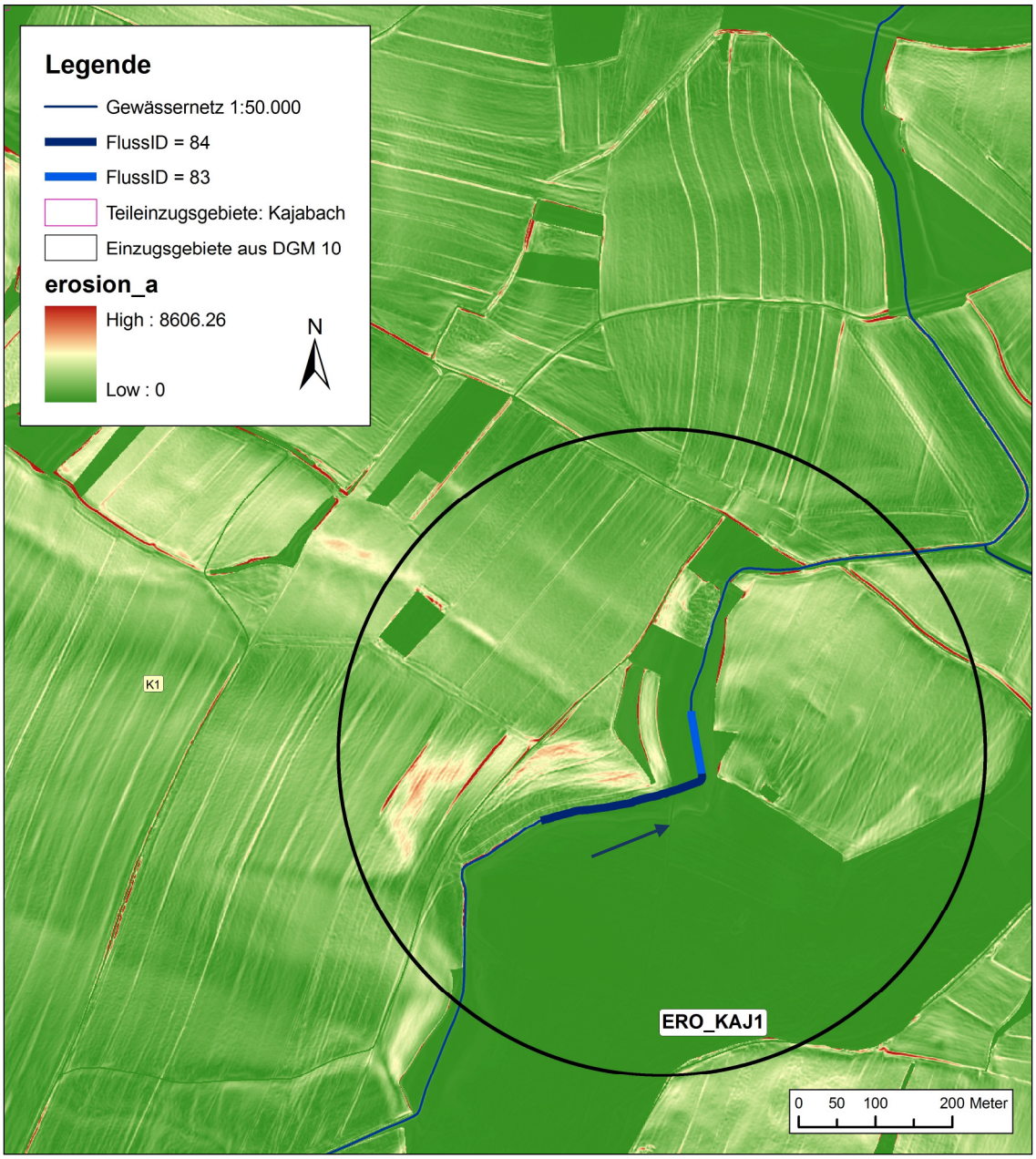

Abb. 49 Erosionsmodellierung – ERO_KAJ1

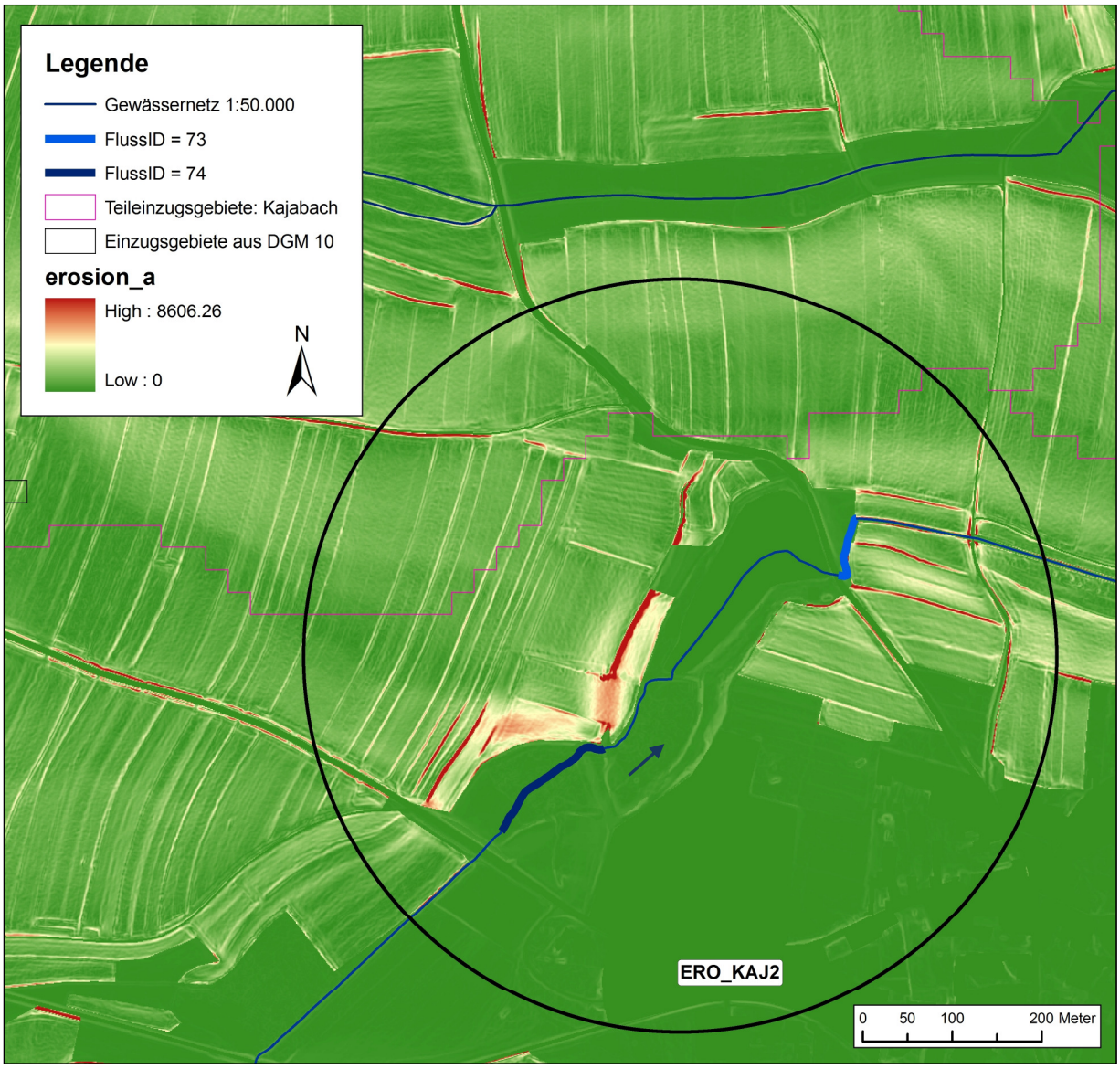

Abb. 50 Erosionsmodellierung – ERO_KAJ2

4.3.2 Hochwassermodellierung und potentielle Sedimentablagerungsbereiche

Zugrundeliegende Hypothesen:

1) Gewässer-Altarme werden bei Hochwasser erneut durchflossen bzw. überflutet und fungieren somit als potentielle Retentionsräume für Fließgewässer.
2) In Flussabschnitten mit hoher Konnektivität zwischen Gerinne und ufernahen Bereichen (= Auenbereiche bzw. Überflutungsbereiche) befinden sich vermehrt potentielle Sedimentablagerungsbereiche (SINKS).
3) Flussaufwärts von Reservoirs aktiver Dämme treten bei Hochwässern Staueffekte auf. Durchbrochene Dämme bewirken bei Hochwasser flussaufwärts ebenfalls Staueffekte.

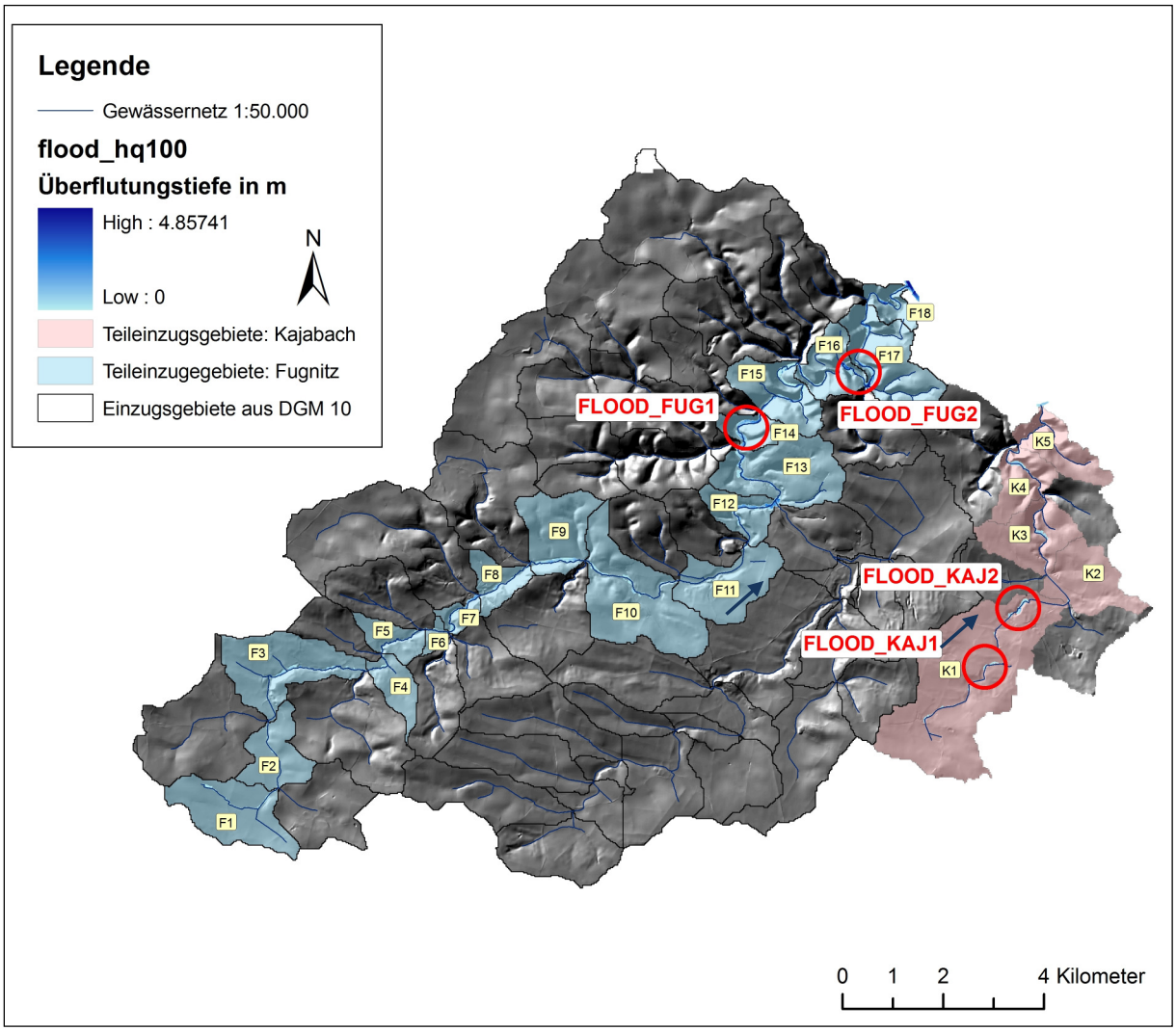

Abb. 51 Hochwassermodellierung – Szenario 1 (HQ100) inkl. Verortung von Hot Spots (FLOOD_FUG, FLOOD_KAJ)

In den Bereichen FLOOD_FUG1 bzw. FLOOD_FUG2 (vgl. Abb. 50 bzw. Abb. 51) kommt es in den Talweitungen zu großflächigen Überschwemmungen, im Rahmen welcher die Altarme der Hauptflüsse wiederum durchflossen werden (= Bereiche mit hoher Konnektivität zwischen Alluvien und Gerinne). Diese Alluvien bzw. die Auenbereiche entlang der Flüsse fungieren als Retentionsräume bei Hochwasserereignissen. Die Überflutungsbereiche, insbesondere die Altarme, sind des Weiteren bevorzugte Standorte potentieller Sedimentablagerungen.

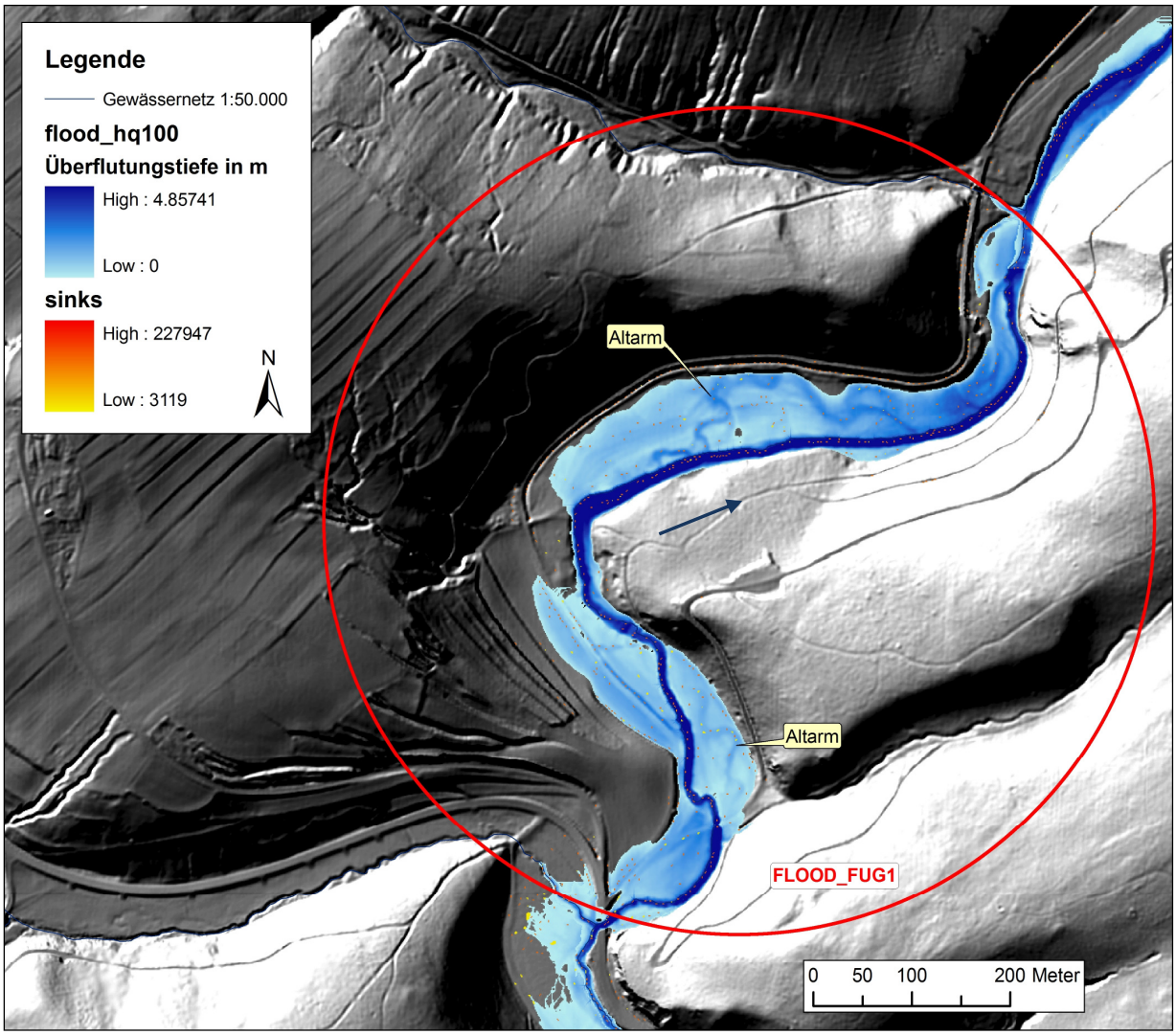

Abb. 52 Hochwassermodellierung – FLOOD_FUG1

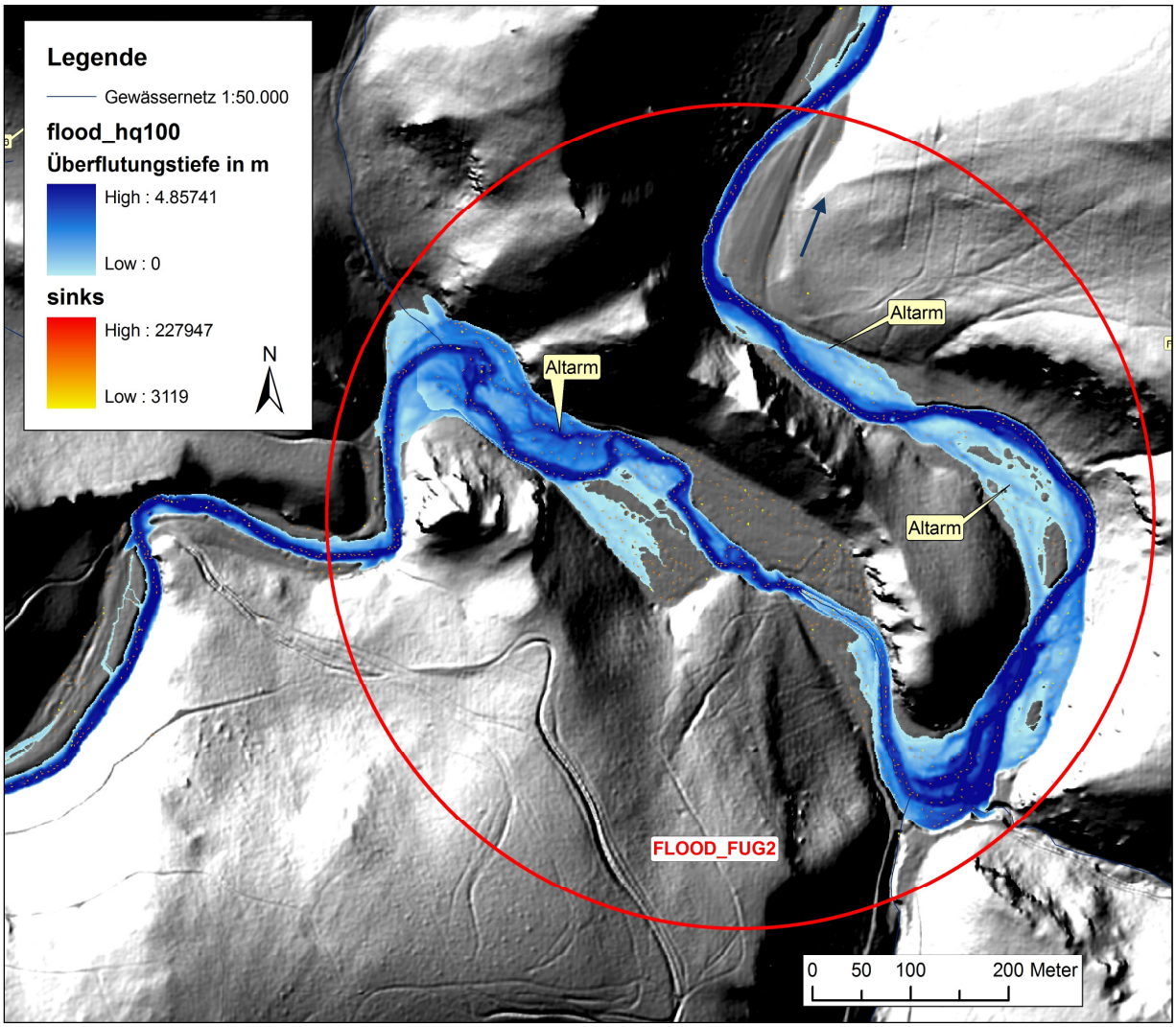

Abb. 53 Hochwassermodellierung – FLOOD_FUG2

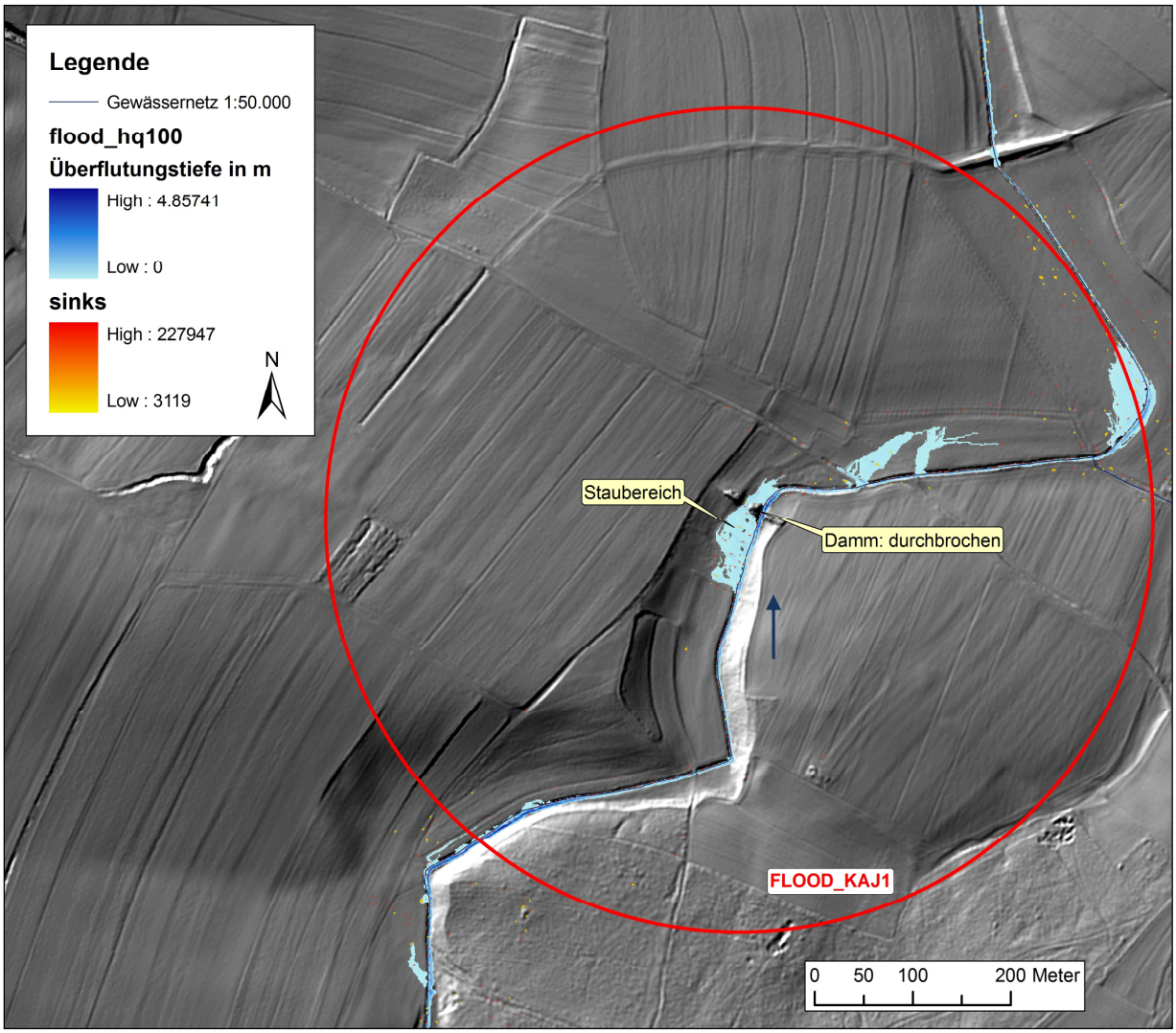

Abb. 54 Hochwassermodellierung – FLOOD_KAJ1

In Abb. 52 (FLOOD_KAJ1) wird deutlich, dass bereits durchbrochene Dämme während Hochwasserereignissen auch heute noch wasser- und sedimentstauende Effekte aufweisen.

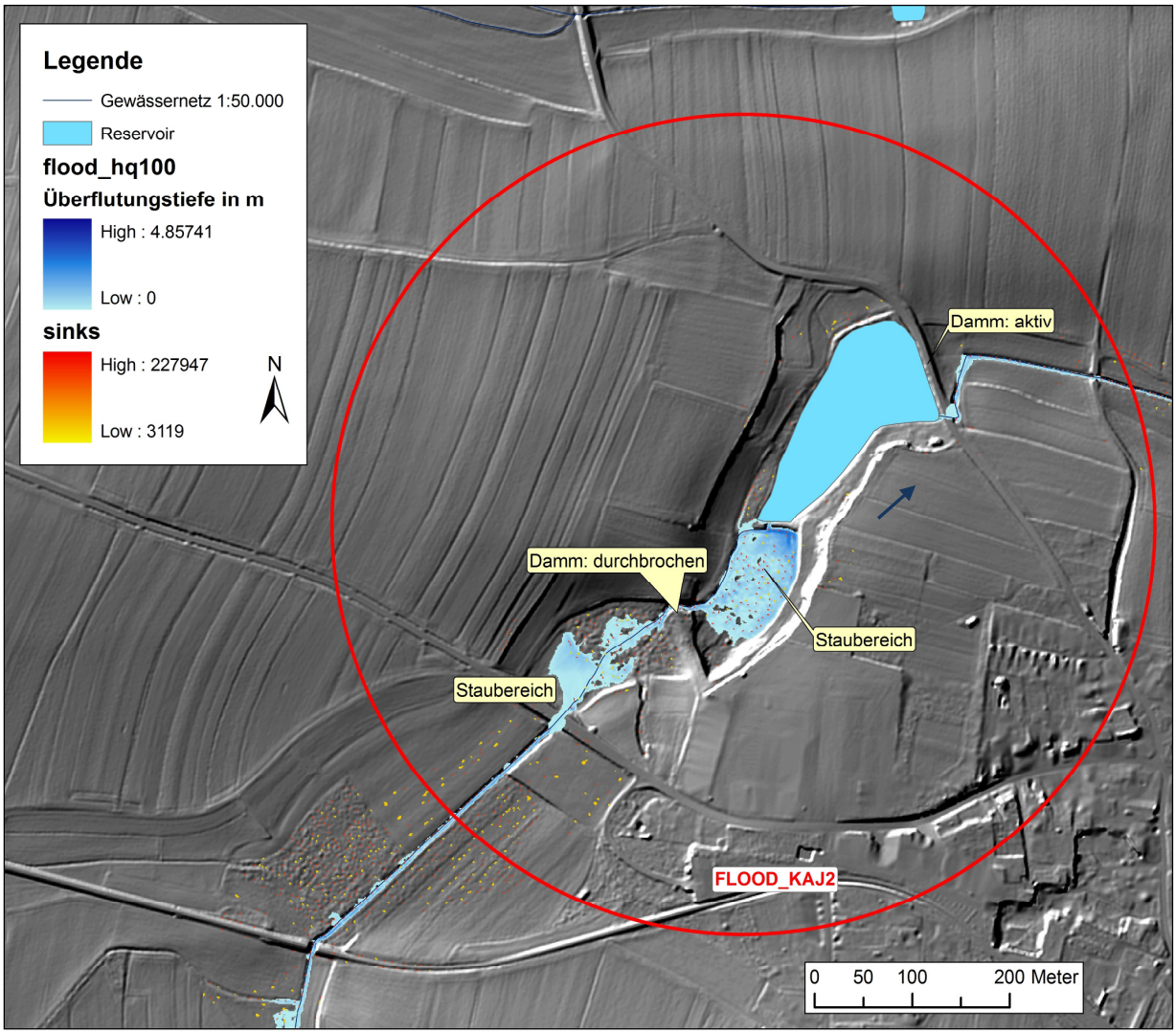

Abb. 55 Hochwassermodellierung – FLOOD_KAJ2

Der Ausschnitt FLOOD_KAJ2 zeigt die Staueffekte des aktiven Staudammes „Fiedlerteich“ in den dammaufwärtigen Bereichen des Flusssystems. Des Weiteren sind wasser- und sedimentstauende eines durchbrochenen Dammes flussaufwärts des Reservoirs zu erkennen.

4.3.3 Kombination: Erosionsmodellierung – Hochwassermodellierung

Zugrundeliegende Annahme:

1) Gewässerabschnitte, die innerhalb ihrer Überflutungsbereiche hohe Erosionsraten aufweisen, sind potentiell am anfälligsten für Bodenverlust bzw. Verlust von landwirtschaftlichen Nutzflächen.

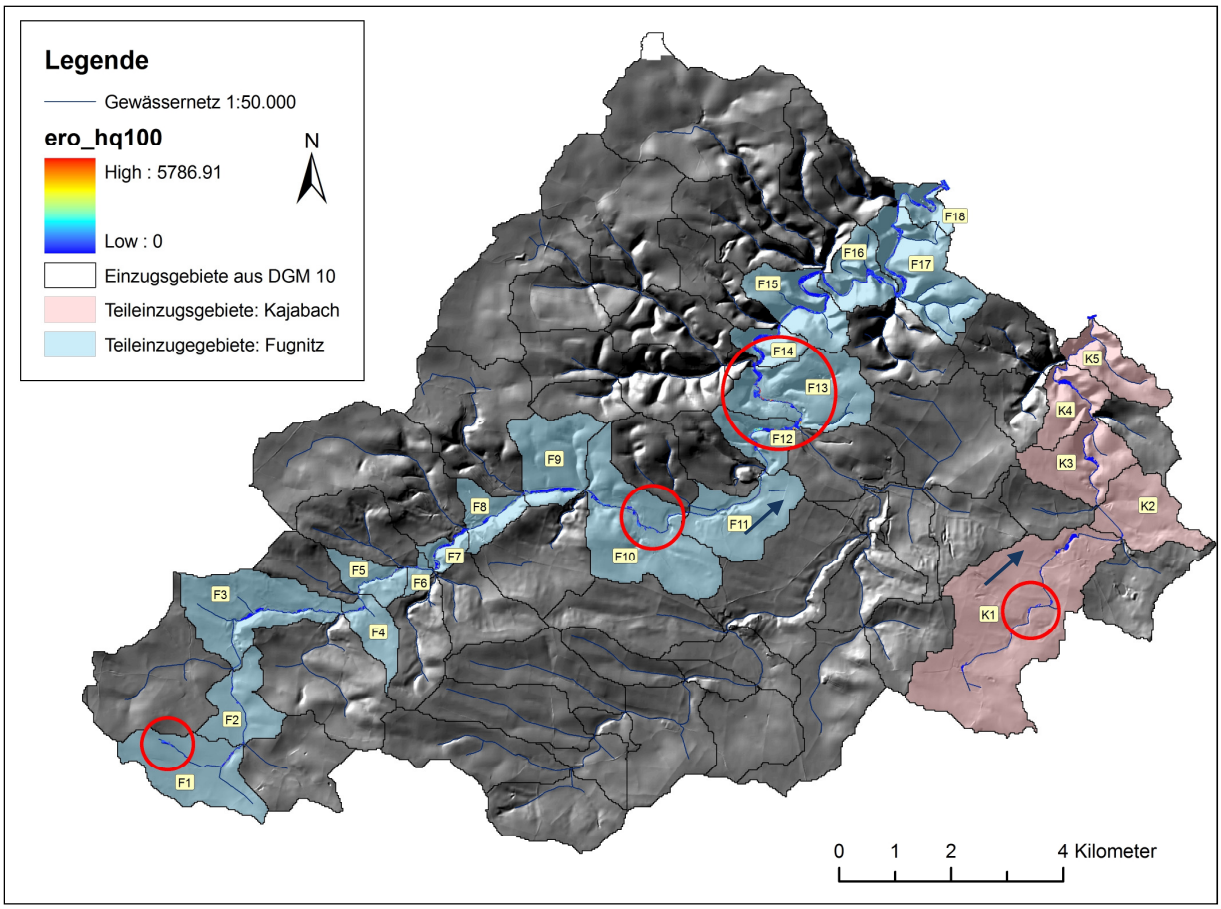

Abb. 56 Kombination: Erosionsmodellierung - Hochwassermodellierung inkl. Verortung von Hot Spots (ROT)

4.3.4 Korngrößenanalysen von Flussbettsedimenten (Auswahl)

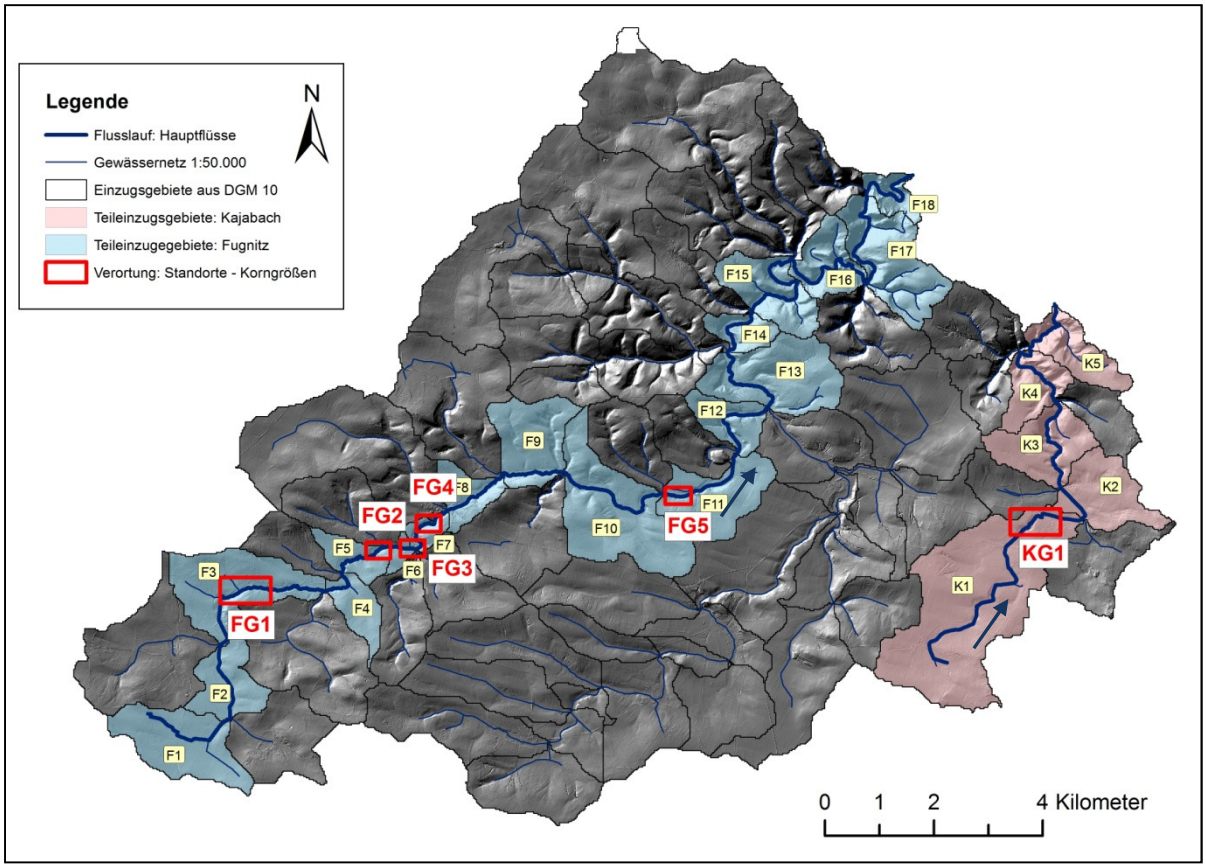

Abb. 57: Verortung der Probenentnahmestandorte – Korngrößenanalysen von Flussbettsedimenten

Tab. 28: Eingliederung der Maschenweiten in das Korngrößenklassenspektrum nach WENTWORTH

Korngrößendurchmesser in mm	*Bezeichnung*
> 31,5	Grobkies
16 – 31,5	Mittel- bis Grobkies
8 - 16	Mittelkies
4 - 8	Fein- bis Mittelkies
2 - 4	Feinkies
0,63 - 2	Grobsand
0,2 – 0,63	Mittelsand
0,063 – 0,2	Feinsand
< 0,063	Schluffe und Tone

Sämtliche folgende Ergebnisse (Diagramme 3 – 9) zeigen ein einheitliches Bild, was die Veränderung der Beschaffenheit der oberflächennahen Flussbettsedimente durch die Errichtung von Staudämmen und Wehranlagen entlang der Flüsse betrifft. Ein Großteil der von den Gerinnen mitgeführten Geschiebefracht (Grobkies bis Feinsand), überlagert von feinen Sedimenten der Schwebstofffracht (Schluffe und Tone), wird in den Staubereichen bzw. in den Rückstaubereichen der Dämme und der Wehranlagen zurückgehalten, was zu einem Geschiebemangel, hauptsächlich in den mittleren Korngrößenfraktionen (Fein- bis Mittelkies bis Grobsand) des jeweiligen Korngrößenspektrums, flussabwärts des flussbaulichen Objektes, führt. Die beinahe unverminderten Anteile von Feinmaterial (Feinsand bis Schluffe und Tone) weisen auf einen überwiegenden Durchtransport dieser Korngrößen über die flussbaulichen Strukturen hinweg, hin. Der Rückhalt von gröberem Geschiebe (Grobkies bis Mittel- bis Grobkies) scheint, aufgrund von lediglich episodischem Transport während Hochwasserereignissen, durch lateralen Eintrag flussabwärts der Strukturen kompensiert zu werden.

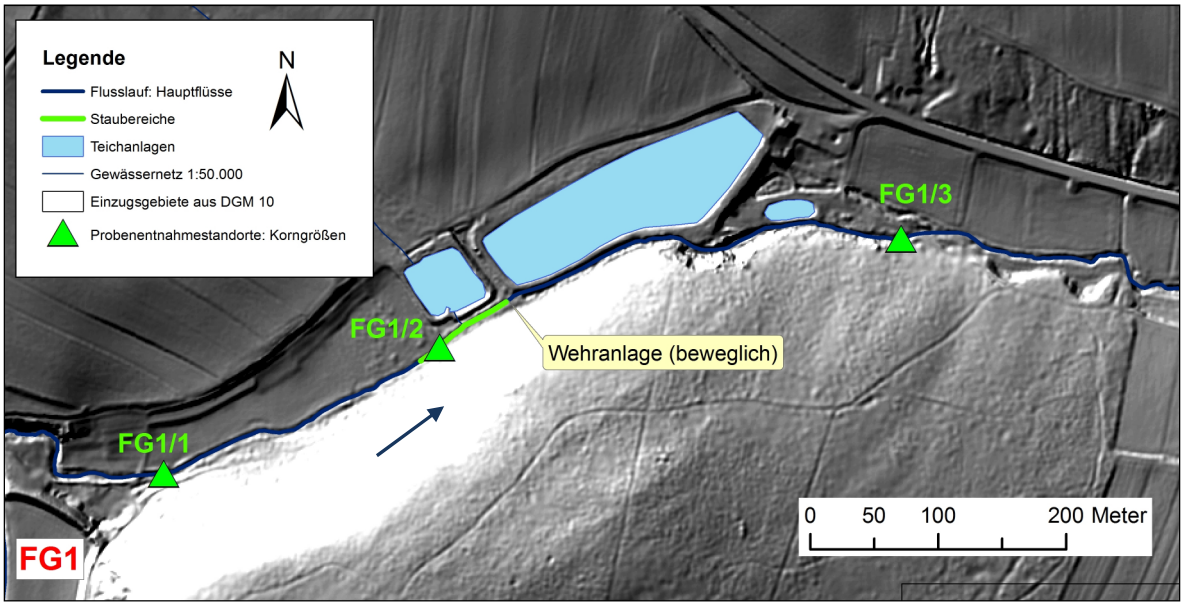

Abb. 58: Verortung - Probenentnahmestandorte FG1

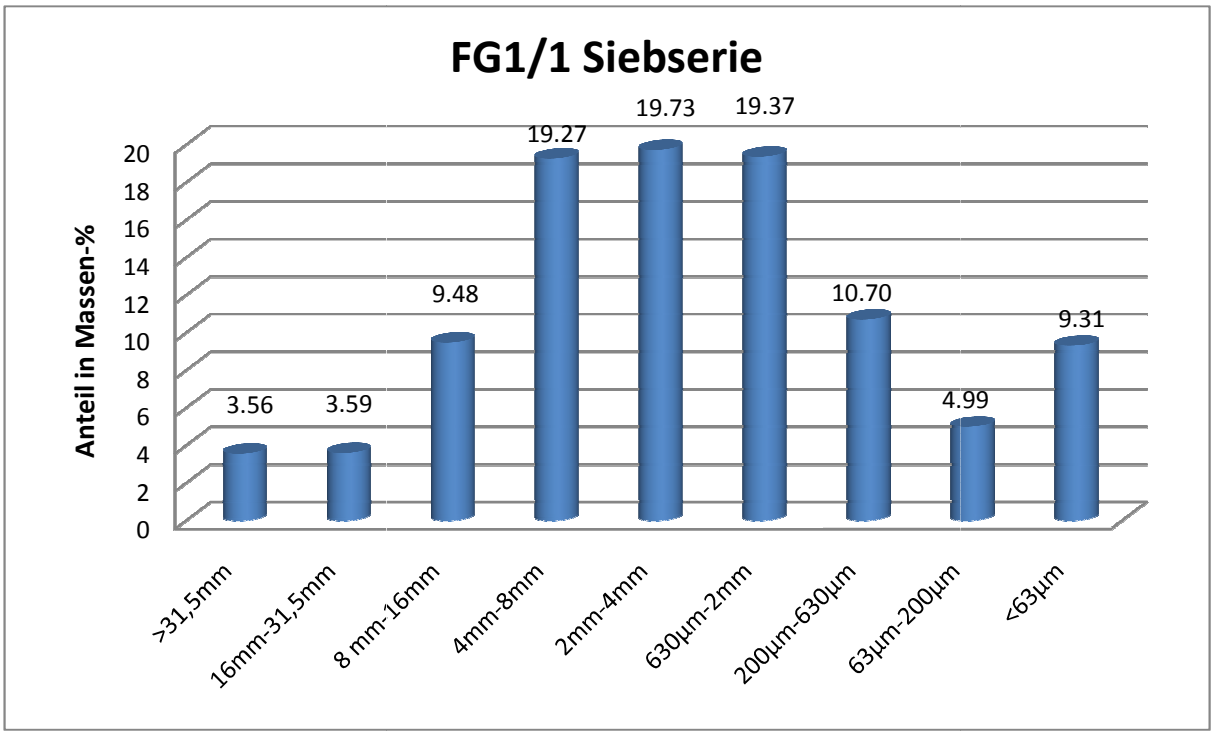

Diagramm 3: Korngrößenanalyse - FG1/1

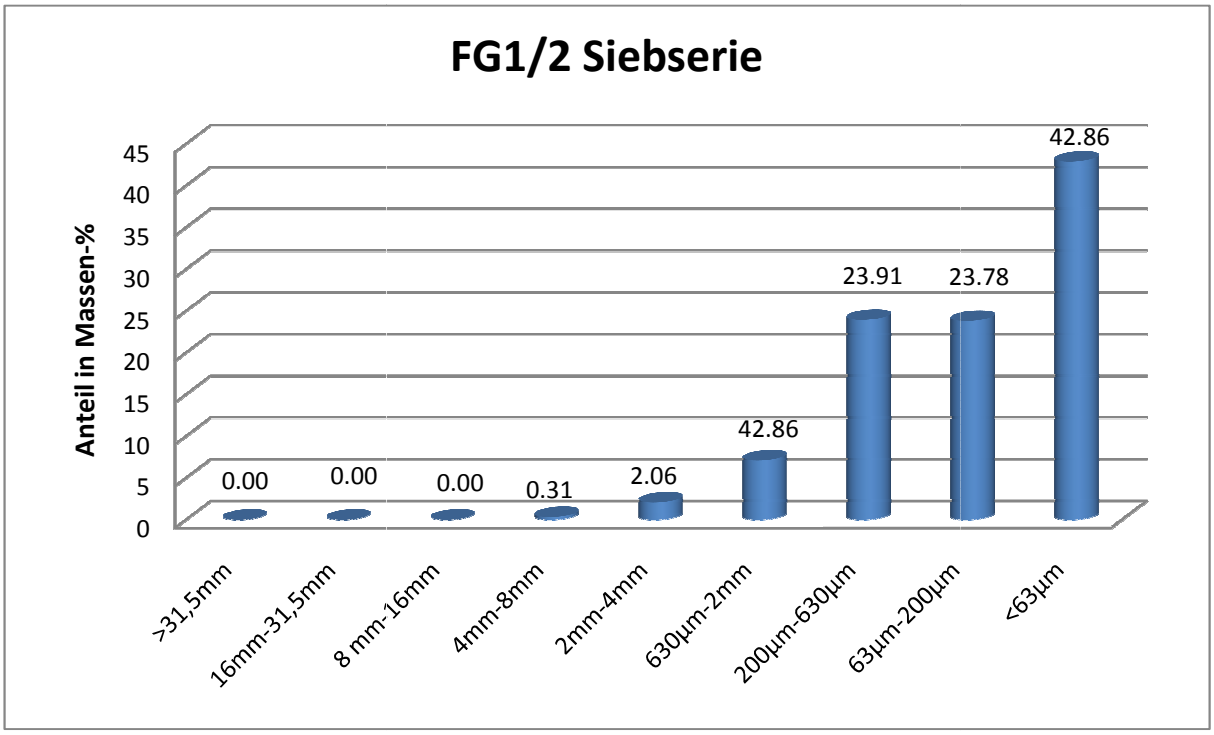

Diagramm 4: Korngrößenanalyse - FG1/2

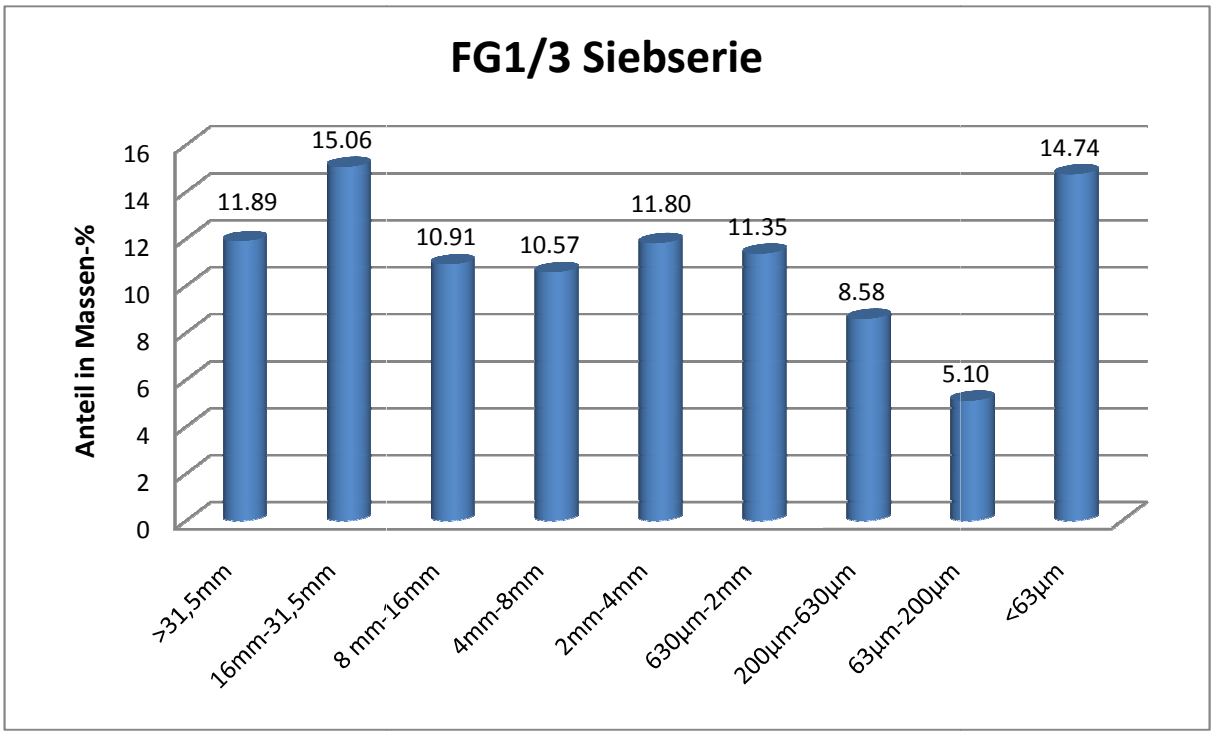

Diagramm 5: Korngrößenanalyse - FG1/3

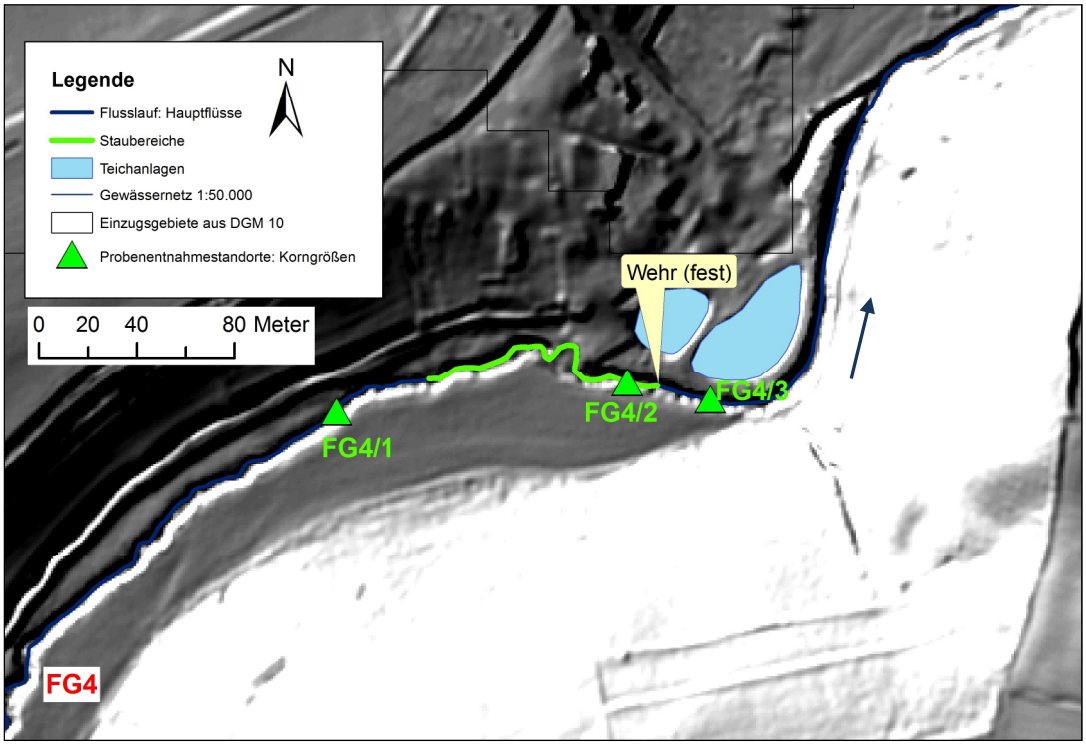

Abb. 59: Verortung – Probenentnahmestandorte FG4

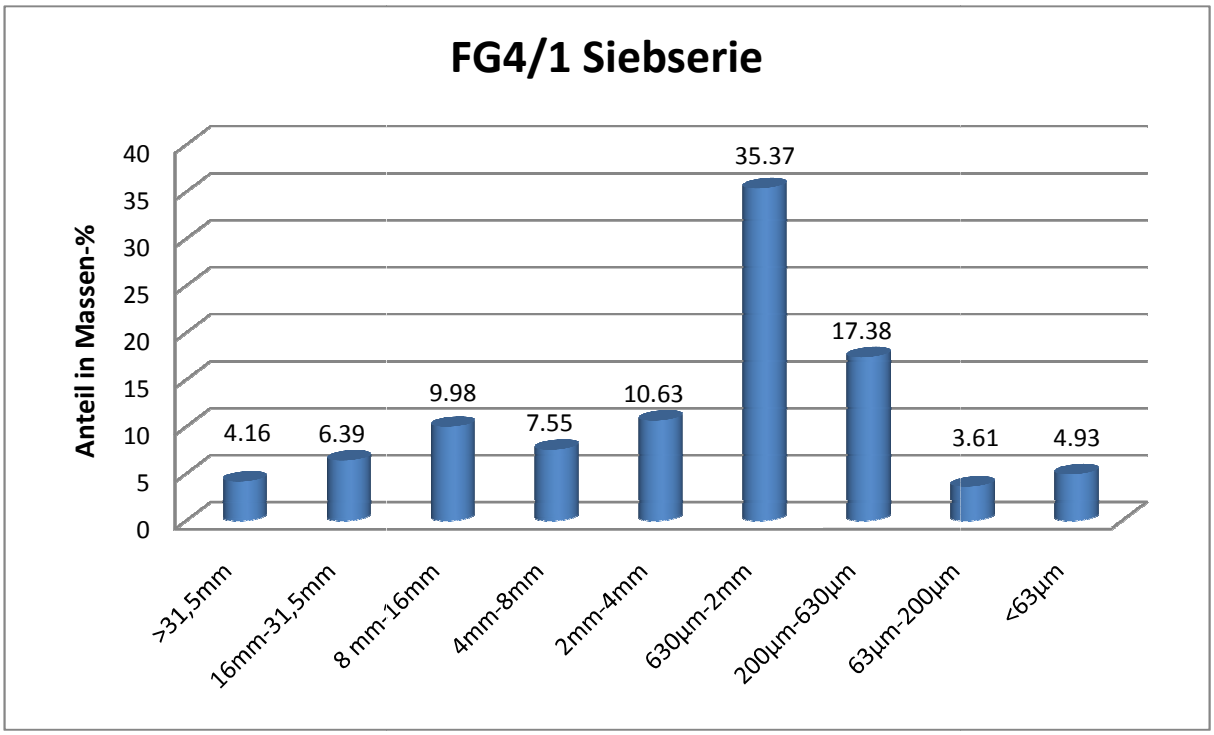

Diagramm 6: Korngrößenanalyse - FG4/1

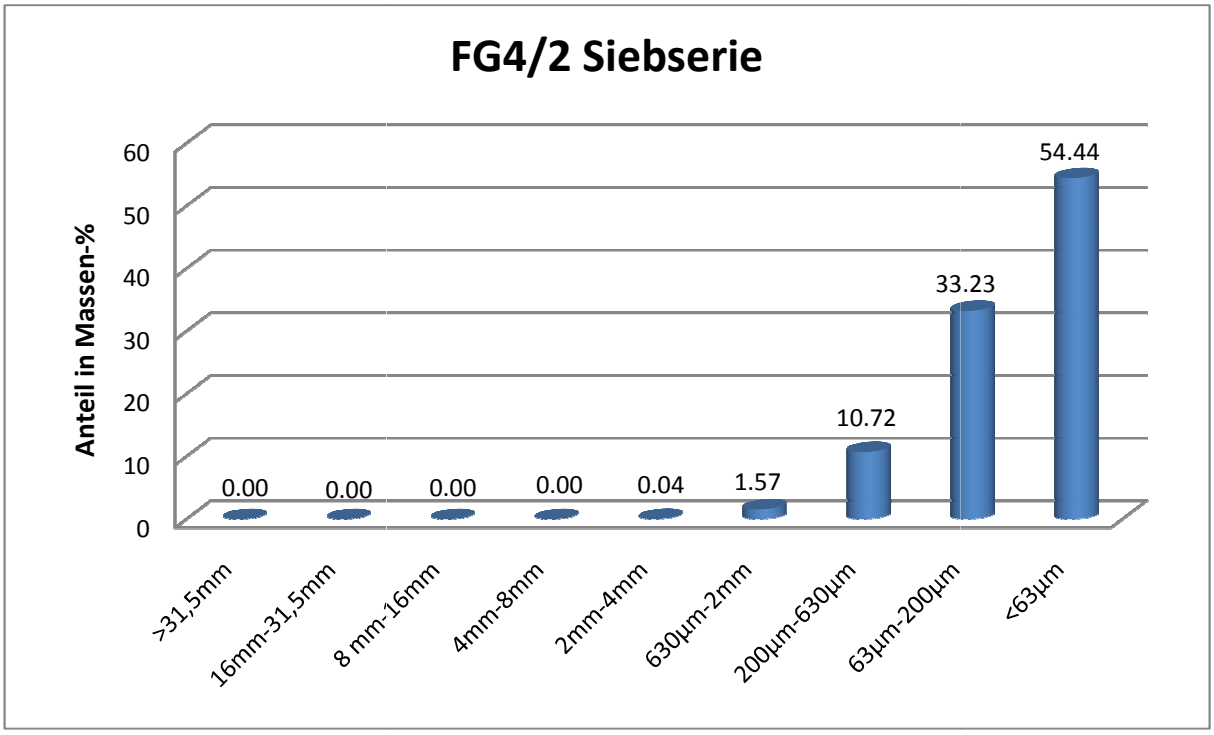

Diagramm 7: Korngrößenanalyse - FG4/2

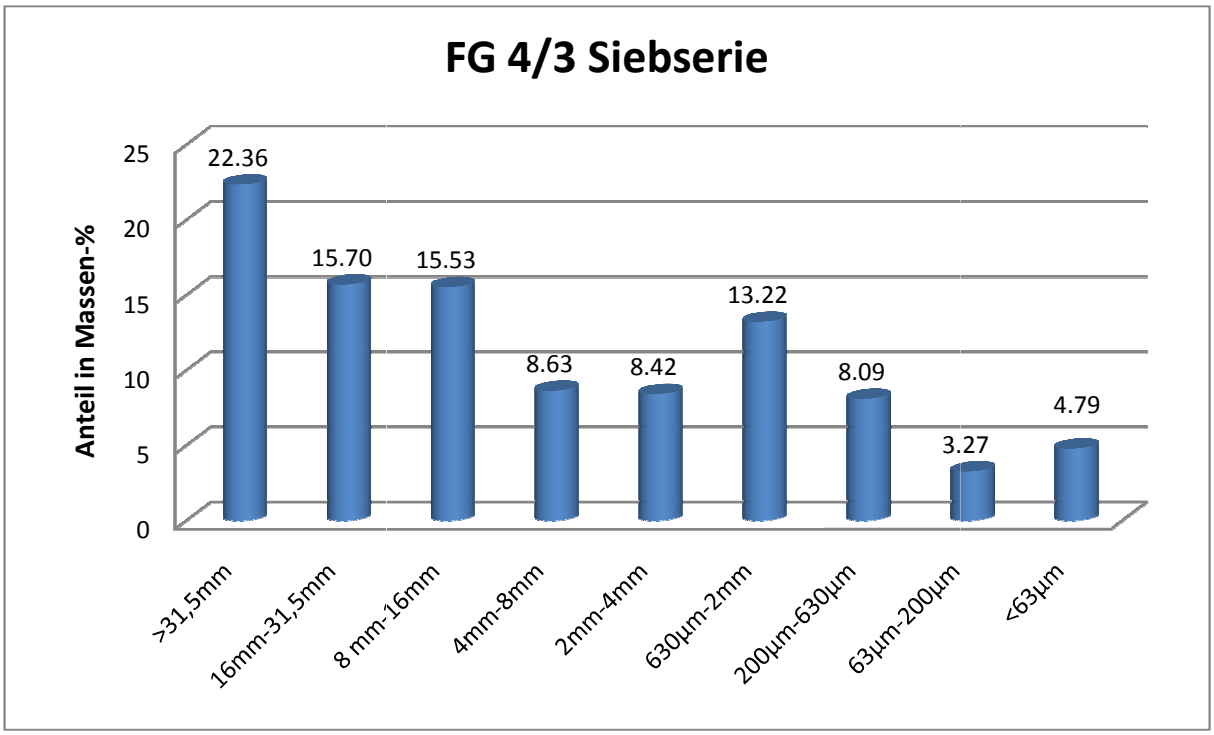

Diagramm 8: Korngrößenanalyse - FG4/3

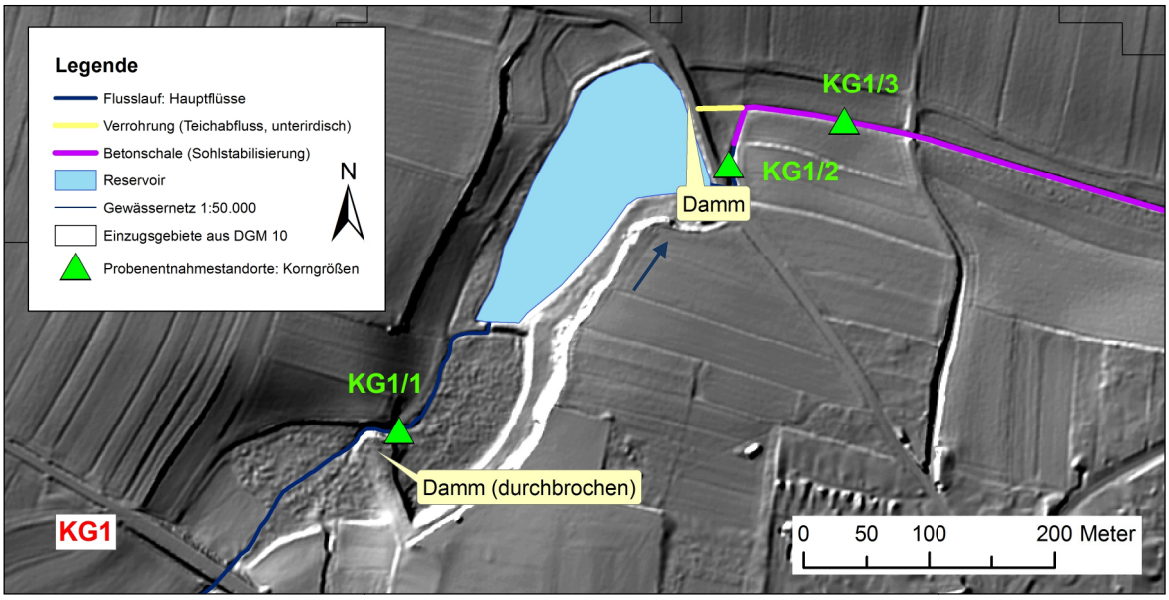

Abb. 60: Verortung - Probenentnahmestandorte KG1

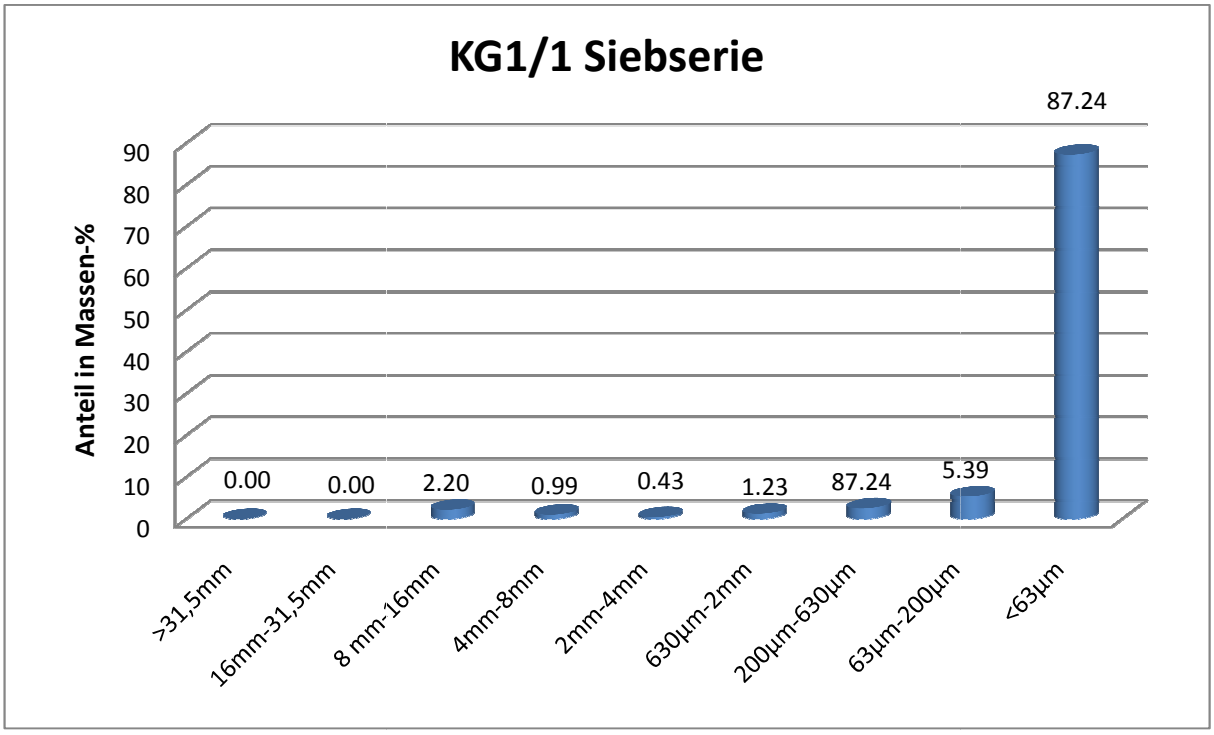

Diagramm 9: Korngrößenanalyse - KG1/1

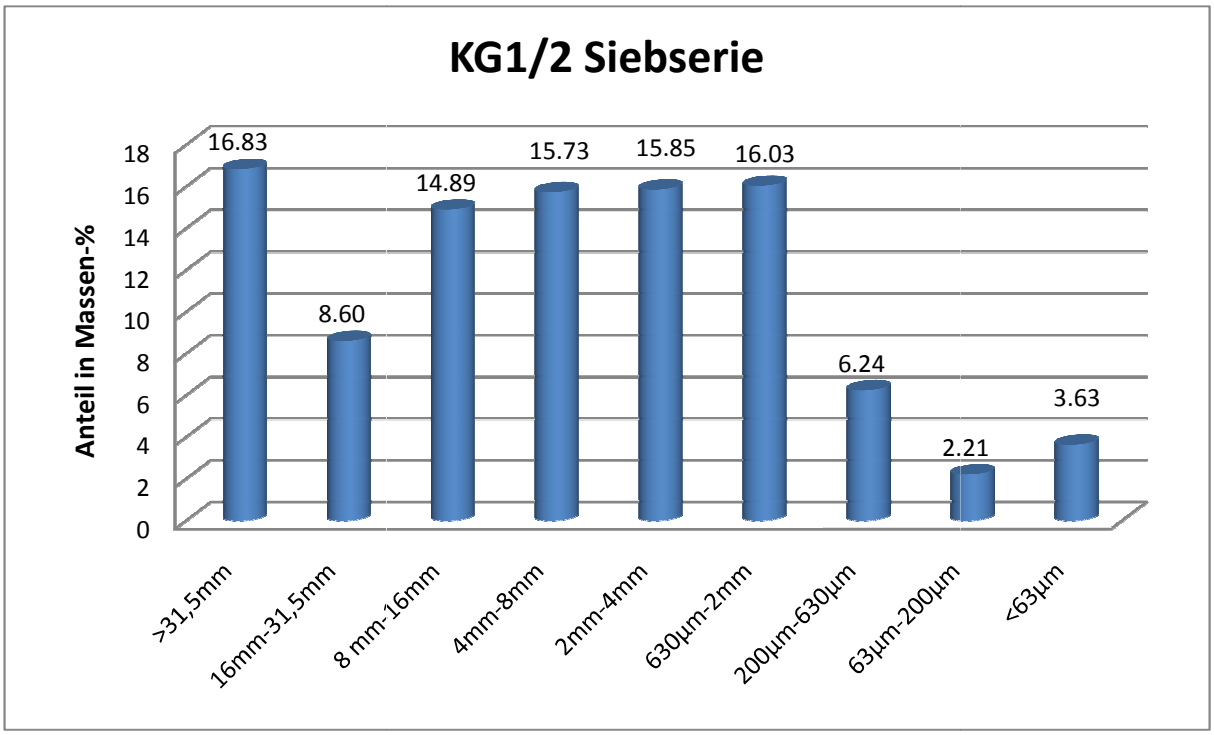

Diagramm 10: Korngrößenanalyse - KG1/2

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit deuten darauf hin, dass die fluvialen Systeme im Untersuchungsgebiet in erster Linie Selbstorganisation aufweisen, d.h. sie sind selbstreferenziell und operational geschlossen. Nichtsdestoweniger stehen diese Systeme in Verbindung mit ihrer Umwelt (= offene Systeme) und anthropogene Eingriffe können strukturelle Veränderungen bzw. geomorphologische und sedimentologische Adaptionen (geomorphic and sedimentological responses) in diesen Systemen bewirken. Diese Responses konnten im Rahmen dieser Studie auf lokalräumlicher Ebene beobachtet werden.

Die bereits genannten strukturellen, lokalräumlichen systemischen Adaptionen treten im Untersuchungsgebiet größtenteils an Standorten auf, an welchen hohe Konnektivität zwischen einzelnen Systemkomponenten des Flusssystems vorherrschen, und bzw. oder an denen ein hohes Maß an Koppelung bzw. Interaktion zwischen Fluss- und Humansystem besteht. Hierbei handelt es sich um Standorte, an denen es durch menschliche Eingriffe in Form von landwirtschaftlicher Flächennutzung in Ufernähe sowie die Errichtung flussbaulicher Strukturen zu einem veränderten Verhältnis zwischen Sedimentfracht und Abfluss bzw. Fließverhalten in den fluvialen Systemen kommt. Diese Veränderung führt wiederum zu lokalräumlichen Akkumulations- bzw. Erosionsprozessen im Gerinnebett bzw. in ufernahen Bereichen.

Das verwendete Methodenspektrum hat sich im Rahmen der Umsetzung der vereinbarten Ziele und zur Prüfung der formulierten Hypothesen als viabel erwiesen und ist dazu geeignet für weitere Untersuchungen dieser Art herangezogen zu werden. Das im Zuge dieser Studie produzierte Datenmaterial stellt des Weiteren eine gute Datengrundlage für weiterführende Arbeiten in geowissenschaftlichen und fachverwandten Disziplinen dar.

Da es sich bei Flusssystemen um offene Systeme handelt und da sich die Mündungsbereiche der Fugnitz und des Kajabaches innerhalb der Grenzen des Nationalparks Thayatal befinden, stellen die hier gewonnenen Erkenntnisse wichtiges Grundlagenwissen im Sinne einer gesamtsystemischen Umsetzung der Managementziele der Nationalpark Thayatal GmbH bereit.

DANKSAGUNG

An dieser Stelle sei folgenden Personen, welche mich inhaltlich bzw. finanziell beim Verfassen dieser Forschungsarbeit unterstützt haben, ein herzliches Dankeschön ausgesprochen: Nationalpark Thayatal GmbH, Niederösterreichische Landesregierung, Geologische Bundesanstalt (Reinhard Roetzel), Erwin Pöppl, Thomas Glade, Margreth Keiler, Berthold Bauer, Astrid Pöppl, Nicolas Fedrigotti, Thomas Höchtl, Christoph Hochstöger, Kirsten von Elverfeldt, Maria Pesau, Bertram Priemayr, Melanie Kappes, Helene Petschko, Rainer Bell, Robert Peticzka, Christa Herrmann, Marion Nasswetter, Berthold Bauer, geomer GmbH, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt (Peter Strauss), Matthias Waldstein und insbesondere Eva Müller.

ZUSAMMENFASSUNG / KURZBERICHT

Im November 2008 wurde von der Nationalpark Thayatal GmbH der Entschluss gefasst, eine fluvialmorphologische Studie unter besonderer Berücksichtigung anthropogener Effekte in den Einzugsgebieten der Fugnitz und des Kajabaches durchzuführen. Zielsetzungen dieser Arbeit sind eine allgemeine und vergleichende fluvialmorphologische Analyse und Charakterisierung des Untersuchungsgebietes hinsichtlich der Gerinnegeometrie, die Ermittlung potentieller Einflussfaktoren auf das Flusssystem sowie Untersuchungen zum fluvialen Sedimenthaushalt.

Bei den beiden Flüssen Fugnitz und Kajabach handelt es sich um Zubringer der Thaya, welche ihre Mündungsbereiche sowie Teile ihrer Einzugsgebiete innerhalb der Grenzen des Nationalparks Thayatal haben. Am Ostrand des Böhmischen Massivs gelegen, ist das Untersuchungsgebiet lithologisch dem Moravikum zuzuordnen. Hier dominieren als Gesteinsfazies Gneise, im Gegensatz zu den Graniten im westlich angrenzenden Moldanubikum. Des Weiteren wird im Untersuchungsgebiet das Kristallin der Böhmischen Masse von tertiären und quartären Sedimenten überlagert. Diese Sedimentauflagen sind vor allem auf den Hochflächen der Einzugsgebiete verbreitet. Das Untersuchungsgebiet befindet sich im größtenteils in einer flachwelligen Rumpfgebirgslandschaft mit geringen Hangneigungen. Dieses flachwellige Landschaftsbild wird jedoch durch die Talbildung der Gerinne unterbrochen. Die Hochflächen der Einzugsgebiete werden von agrarischen Nutzflächen dominiert, wohingegen sich in steileren Hang- bzw. Tallagen der Ober- und Mittelläufe hauptsächlich Nadelforste finden. In den Einzugsgebieten der Unterläufe gehen Laubmischwälder in naturnahe Laubwälder über. Verbaute bzw. versiegelte Gebiete beschränken sich auf wenige kleine Ortschaften bzw. auf das sie verbindende Verkehrsnetz. Zusätzlich befinden sich im Untersuchungsgebiet vereinzelt extensiv genutzte Wiesenflächen.

Zur Ermittlung potentieller Einflussfaktoren auf das Flusssystem wurden im Zuge von Geländebegehungen so genannte Facies Maps (vgl. KONDOLF & PIÉGAY 2003, S. 355-356) angefertigt, um einen Eindruck vom geomorphologischen, sedimentologischen sowie vom ökomorphologischen Zustand der Hauptflüsse zu erlangen. Anhand einer Auswertung von Orthofotos sowie eines digitalen Oberflächenmodells (1mx1m) wurde in

Hinblick auf eine nachfolgende Erosionsmodellierung eine detaillierte Landnutzungskarte des Untersuchungsgebietes erstellt. Die allgemeine und vergleichende fluvialmorphologische Analyse und Charakterisierung des Untersuchungsgebietes hinsichtlich der Gerinnegeometrie erfolgte auf drei unterschiedlichen räumlichen Ebenen: Grundriss, Längsschnitt und Querschnitt. Mit Hilfe der Verhältniszahlen der Flussentwicklung (eF) sowie des Sinuositätsindex (P) nach SCHUMM (2005) wurden Beziehungen zwischen Flusslauf und Einzugsgebiet beschrieben, welche wiederum Rückschlüsse auf den Gewässergrundriss zulassen. Anschließend wurden Längsprofile und Gefälleberechnungen für die gesamten Flussläufe bzw. für einzelne Subabschnitte erstellt. Tal- und Flussbettquerprofile wurden mit Hilfe der GIS-Software Global Mapper 10 erstellt. Die hierfür notwendigen Höheninformationen wurden einem digitalen Geländemodell (1mx1m) entnommen. Im Rahmen der Untersuchungen zum fluvialen Sedimenthaushalt wurden Erosionsmodellierungen, Hochwassermodellierungen sowie Korngrößenanalysen von Flussbettsedimenten durchgeführt. Ziel der Erosionsmodellierung war es, die räumliche Variabilität von Bodenerosion durch Wasser in den Einzugsgebieten zu eruieren. Die Berechnung von Erosion durch Wasser selbst basiert auf einer adaptierten Version der RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation). Zur Ausweisung von fluvialen Retentionsräumen sowie von potentiellen Sedimentquellen, die im Zuge von Hochwasserereignissen vom Fluss akquiriert werden können, wurde die Hochwasser-Modellierungssoftware FLOODAREA (geomer GmbH), wiederum auf Basis eines Digitalen Geländemodells (1m x 1m), verwendet. Die Software wurde hierbei zur Berechnung von Überflutungsflächen und Überflutungstiefen herangezogen. An Standorten, die flussbaulichem Einfluss unterliegen, wurden oberflächennahe Flussbettsedimente aus Bankbildungen entnommen und anschließend hinsichtlich ihrer Korngrößenverteilung analysiert, mit dem Ziel den potentiellen Einfluss von flussbaulichen Strukturen auf den Sedimenthaushalt der Gerinne zu ermitteln.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit deuten darauf hin, dass die fluvialen Systeme im Untersuchungsgebiet in erster Linie Selbstorganisation aufweisen, d.h. sie sind selbstreferenziell und operational geschlossen. Nichtsdestoweniger stehen diese Systeme in Verbindung mit ihrer Umwelt (= offene Systeme) und anthropogene Eingriffe können strukturelle Veränderungen bzw. geomorphologische und sedimentologische Adaptio-

nen (geomorphic and sedimentological responses) in diesen Systemen bewirken. Solche Responses konnten im Rahmen dieser Studie auf lokalräumlicher Ebene beobachtet werden. Die genannten strukturellen, lokalräumlichen systemischen Adaptionen treten im Untersuchungsgebiet größtenteils an Standorten auf, an welchen hohe Konnektivität zwischen einzelnen Systemkomponenten des Flusssystems vorherrschen, und bzw. oder an denen ein hohes Maß an Koppelung bzw. Interaktion zwischen Fluss- und Humansystem besteht. Hierbei handelt es sich um Standorte, an denen es durch menschliche Eingriffe in Form von landwirtschaftlicher Flächennutzung in Ufernähe sowie die Errichtung flussbaulicher Strukturen zu einem veränderten Verhältnis zwischen Sedimentfracht und Abfluss bzw. Fließverhalten in den fluvialen Systemen kommt. Diese Veränderung führt wiederum zu lokalräumlichen Akkumulations- bzw. Erosionsprozessen im Gerinnebett bzw. in ufernahen Bereichen.

ABSTRACT

In November 2008 the National Park Thayatal decided to compile a fluvio-geomorphological study of the Fugnitz and the Kaja River with special consideration of human induced effects. The major aims were to create a general comparative analysis of fluvio-geomorphological features of the study area in order to investigate potential influencing factors affecting the fluvial system, as well as to examine the sediment budget.

The study area-watersheds of the Rivers 'Fugnitz' (~140 km^2) and 'Kaja' (~20 km^2) are located in the Eastern part of the Bohemian Massif in Austria (Europe) and drain into the 'Thaya' River which is the border river to the Czech Republic in the north of 'Lower Austria', eponymous for the local National Park.

In order to investigate the channel geometry features, GIS-based techniques have been applied. Aerial photograph and airborne laserscan- interpretations have been used to create detailed land use and river maps. The land use data has been integrated to a spatial soil erosion model to get an impression of the variability of sediment input rates to the river system. To survey river the bed sediment composition and river engineering structures, facies mapping- techniques have been applied in the field. A flood model was used to delineate riverine retention areas. Finally, river bed sites affected by river engineering structures have been probed and grain size distributions have been analyzed.

The results of this study indicate that the fluvial systems of the study area are primarily self-organized. Nevertheless, the observed systems are connected with their environment, even with the human system, leading to geomorphic and sedimentological system responses. Such responses could be observed on a local spatial scale within the study area, especially on locations with a high connectivity between the system components and/or on locations with a high degree of connectivity between the human and the fluvial system. Latter locations are affected by human activities due to arable landuse in the riparian zones or because of river engineering structures, changing sediment load : discharge ratios and flow conditions, respectively which leads to local accumulation and erosion processes in the channels and the riparian zones.

LITERATURVERZEICHNIS

DESMET, P.J.J., GOVERS, G. (1996): Comparison of Routing Algorithms for Digital Elevation Models and their Implications for Predicting ephemeral Gullies. International Journal of GIS, 10: 311-331.

FISCHER, I., PAAR, M. (1992): Landschaftserhebung Thayatal – Geplanter Nationalpark und Umland unter besonderer Berücksichtigung der Wiesen und Trockenrasen. Bundesministerium für Umwelt, Wien.

FOSTER, G.R., WISCHMEIER, W.H. (1974): Evaluating irregular Slopes for Soil Loss Prediction. Transactions of the ASAE, 17: 305-309.

GOVERS, G. (1991): Rill Erosion on arable land in Central Belgium: rates, controls and predictability. Catena, 18: 133-155.

KONDOLF, G.M. & PIÉGAY, H. (2003): Tools in Fluvial Geomorphology. John Wiley & Sons, Chichester, England.

PÖPPL, R. E., Bauer, B., Keiler, M. & Glade, T. (in press, 2010): Die Thaya – Eine flussmorphologische Betrachtung. Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Niederösterreichischen Landesmuseum 19 (Nationalpark Thayatal), 10 pp.

ROETZEL, R. et al. (2005): Geologie im Fluss. Erläuterungen zur geologischen Karte des Nationalparks Thayatal und Podyji. Geologische Bundesanstalt, Wien.

MANGELSDORF, J., SCHEURMANN, K. (1980): Flussmorphologie – ein Leitfaden für Naturwissenschaftler und Ingenieure. R. Oldenbourg Verlag, München Wien.

MCCOOL, D.K., BROWN, L.C., FOSTER, G.R., MUTCHLER, C.K., MEYER, L.D. (1987): Revised Slope Steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. Trans. ASAE, 30, 1387-1396.

MCCOOL, D.K., FOSTER, G.R., MUTCHLER, C.K., MEYER, L.D. (1989): Revised Slope Length Factor for the Universal Soil Loss Equation. Transactions of the ASAE, 32(5), 1571-1576.

NEARING, M. A. (1997): A single, continuous Function for Slope Steepness on Soil Loss. - Soil Sci. Soc. Am. J. 61, 917-919.

ÖNORM (2002a): ÖNORM L 1061-1. Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodens. Teil 1: Grobboden. Österreichisches Normungsinstitut.

ÖNORM (2002b): ÖNORM L 1061-2. Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodens. Teil 2: Feinboden. Österreichisches Normungsinstitut.

SCHUMM, S.A. (2005): River Variability and Complexity. Cambridge University Press.

SHREVE, R. (1966): Statistical law of stream numbers. In: Journal of Geology 74/1966, S. 17–37.

STRAUSS, P. (2007): Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser. Der Hydrologische Atlas Österreichs, BMLFUW, 3. Lieferung, 8.2.

WENTWORTH, C.K. (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediments, *J. Geology* 30:377–392 (1922).

WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D. (1978): Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning. USDA Agr. Handbook 537.