



UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN

# Masterarbeit

## Hydromorphologische Entwicklung der March zwischen Marchegg und Donau seit dem 18. Jahrhundert

verfasst von

Oliver REHBERGER, MSc

im Rahmen des Masterstudiums

Landschaftsplanung und Landschaftsarchitektur

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Wien, September 2022

Betreut von:

Priv.-Doz. Mag. Dr.phil. Gertrud Haidvogel  
Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (IHG)  
Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt (WAU)

---

---

---

## **Eidstattliche Erklärung**

Ich versichere an Eides statt, dass ich diese Masterarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Gedanken, die im Wortlaut oder in grundlegenden Inhalten aus unveröffentlichten Texten oder aus veröffentlichter Literatur übernommen wurden, sind ordnungsgemäß gekennzeichnet, zitiert und mit genauer Quellenangabe versehen.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher weder ganz noch teilweise in gleicher oder ähnlicher Form an einer Bildungseinrichtung als Voraussetzung für den Erwerb eines akademischen Grades eingereicht. Sie entspricht vollumfänglich den Leitlinien der Wissenschaftlichen Integrität und den Richtlinien der Guten Wissenschaftlichen Praxis.

Wien, 21.09.2022

Oliver REHBERGER

---

---

## Danksagung

Recht herzlich bedanken möchte ich mich bei Gertrud Haidvogel und Severin Hohensinner vom Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement für die Betreuung. Severin Hohensinner möchte ich für den regen Austausch während der praktischen Aufarbeitung bedanken. Vor allem der Kontakt zu Urlaubszeiten und an Wochenenden ist alles andere als selbstverständlich. Gertrud Haidvogel danke ich für die konstruktive Betreuung im Zuge der Korrekturarbeiten und der Übernahme der Hauptbetreuung meiner Abschlussarbeit.

Und natürlich danke ich meiner Partnerin Nicole, die sich gemeinsam mit meiner Mutter, erneut bereit erklärt hat, mir bei Korrekturarbeiten zur Seite zu stehen. Und ich entschuldige mich dabei auch für das andauernde Belegen unseres Arbeitsraumes.

---

---

---

# Inhalt

<b>EIDESTATTLICHE ERKLÄRUNG</b>	<b>II</b>
<b>DANKSAGUNG</b>	<b>IV</b>
<b>KURZFASSUNG</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XII</b>
<b>1 EINLEITUNG UND STAND DER FORSCHUNG</b>	<b>1</b>
<b>2 ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNGEN</b>	<b>5</b>
<b>3 ANWENDUNGEN AUS AKTUELLEN PUBLIKATIONSBEISPIELEN</b>	<b>9</b>
<b>4 EINBLICK IN DIE THEMATIK</b>	<b>11</b>
4.1 HYDROMORPHOLOGIE UND FLIEßGEWÄSSERFORSCHUNG	11
4.2 GEOINFORMATIK	15
<b>5 UNTERSUCHUNGSGBIET</b>	<b>17</b>
5.1 GEOLOGISCHE RAHMENBEDINGUNGEN	20
5.2 DIE MARCH	21
5.2.1 <i>Abflussregime</i>	21
5.2.2 <i>Flussmorphologie</i>	23
5.2.3 <i>Anthropogene Eingriffe</i>	24
<b>6 DATENGRUNDLAGEN</b>	<b>27</b>
<b>7 METHODIK</b>	<b>39</b>
7.1 ARBEITEN MIT HISTORISCHEN KARTEN	39
7.2 KARTIERUNG	41
7.3 AUSWERTUNG	43
7.3.1 <i>Sinuositätsgrad</i>	44
7.3.2 <i>Mittlere Breite des aktiven Gerinnes</i>	45
7.3.3 <i>Anbindung anderer Gewässertypen</i>	45
7.3.4 <i>Mäandermigration</i>	46
7.3.5 <i>Erosions- und Verlandungsrate</i>	46

---

---

---

7.3.6	<i>Regulierungsintensität</i>	47
<b>8</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>49</b>
8.1	REKONSTRUKTIONEN	49
8.1.1	<i>Rekonstruktion 1703</i>	49
8.1.2	<i>Rekonstruktion 1755</i>	52
8.1.3	<i>Rekonstruktion 1821</i>	53
8.1.4	<i>Rekonstruktion 1896</i>	56
8.1.5	<i>Rekonstruktion 1942</i>	60
8.1.6	<i>Rekonstruktion 2020</i>	63
8.2	GEWÄSSERTYPEN IM AKTIVEN GERINNE	66
8.3	ENTWICKLUNG DER SINUOSITÄT	71
8.4	MITTLERE BREITE DES HAUPTARMES	72
8.5	ANBINDUNGEN AN DEN HAUPTARM	74
8.6	MÄÄNDERMIGRATION	75
8.7	EROSIONS- UND VERLANDUNGSRATE	77
8.8	REGULIERUNGSINTENSITÄT	78
<b>9</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>81</b>
9.1	WIE UNTERSCHIEDET SICH DER UNTERE ABSCHNITT DER MARCH ZWISCHEN MARCHEGG UND DER DONAUMÜNDUNG VON DEM FLUSSAUFWÄRTS GELEGENEN ABSCHNITT IM WWF-AUENRESERVAT?	82
9.2	WELCHE FLUSSMORPHOLOGISCHEN VERÄNDERUNGEN AN DER MARCH LASSEN SICH ZWISCHEN 1703 UND HEUTE BEOBACHTEN?	85
9.3	WIE HABEN MENSCHLICHE EINGRIFFE DIE FLUSSMORPHOLOGIE UND DIE ANTEILE UNTERSCHIEDLICHER GEWÄSSERTYPEN VERÄNDERT?	87
<b>10</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>91</b>
<b>11</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>95</b>
	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>99</b>
	<b>TABELLENVERZEICHNIS</b>	<b>101</b>
	<b>APPENDIX</b>	<b>104</b>

---

---

---

## Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit geht der Frage nach, inwiefern sich das untersuchte Augebiet der March zwischen Marchegg und der Donau vom nördlich angrenzenden Gebiet im WWF-Auenreservat unterscheidet. Dafür wird die Flusslandschaft mit einer regressiv-iterativen GIS-Methode auf Basis historischer Karten und aktueller Geodaten für die Jahre 1703, 1755, 1821, 1896, 1942 und 2020 rekonstruiert. Natürliche und anthropogen verursachte hydromorphologische Veränderungen werden dadurch sichtbar und können anhand verschiedener flussmorphologischer Parameter analysiert werden.

Die Auswertungen zeigen, dass die March im Projektgebiet vor allem im 20. Jahrhundert stark anthropogen beeinflusst wurde. Bis 1896 zeichnete sich das Gewässersystem durch graduelle Veränderungen der Gewässertypen (aquatische Makrohabitate) und der untersuchten flussmorphologischen Parameter aus. Darauffolgende Regulierungsarbeiten führten zu einer wesentlichen Veränderung der Flächenverteilung der Gewässertypen und manifestierten sich in der Abnahme der mittleren Gerinnebreite um 72 %, der Verringerung der Anbindungen zwischen Hauptarm und Nebengewässern von 6 % auf 3,5 %, einer Erhöhung des Anteils an regulierter Uferlänge auf 87 % und zu einer Minimierung der Erosions- und Verlandungsraten. Der Sinuositätsgrad blieb über den Untersuchungszeitraum bestehen, was auf den Einfluss der Donau im Mündungsbereich zurückzuführen ist. Bei einem erhöhten Abfluss der Donau kam es zu einem Rückstau der March, wodurch die Ablagerungs- und anschließenden Umlagerungsprozesse begünstigt wurden. Dadurch unterscheidet sich dieser Abschnitt der March flussmorphologisch vom weiter flussaufwärts gelegenen, welcher durch Mäander charakterisiert ist. Durch die vorliegende Masterarbeit konnte belegt werden, dass menschliche Eingriffe nicht nur den Gewässer- und Auenlebensraum dieses Flussabschnittes stark verändert haben, sondern diesem auch die Möglichkeit einer eigendynamischen Entwicklung genommen wurde.

---

---

## Abstract

The present study addresses the question, how the studied floodplain of the March between Marchegg and the Danube differs from the northern adjacent area in the WWF floodplain reserve. For this purpose, the river landscape will be reconstructed with a regressive-iterative GIS method on the basis of historical maps and current geodata for the years 1703, 1755, 1821, 1896, 1942 and 2020. In this way natural and anthropogenic hydromorphological changes become visible and can be analysed on the basis of various river morphological parameters.

The results show that in the project area the river March was strongly influenced by anthropogenic impacts, especially in the 20th century. Until 1896, the fluvial system was characterised by gradual changes in the water types (aquatic macrohabitats) and the examined river morphological parameters. Subsequent regulation work led to a significant change in the area distribution of the water body types and occur in the decrease of the mean channel width by 72 %, the reduction of the connectivity between the main channel and tributaries from 6 % to 3.5 %, an increase in the proportion of regulated bank length to 87 % and a limitation of erosion and sedimentation rates. The degree of sinuosity remained over the study period, which can be attributed to the influence of the Danube in the estuary area. Increased discharge of the Danube led to a backwater of the March, which enhanced the processes of sedimentation and subsequent relocation. Thus, this section of the March differs in river morphology from the section further upstream, which is characterized by meanders. This thesis has shown that human intervention has not only altered the aquatic and floodplain habitat of this river section, it has also deprived the possibility of self-dynamic development.

---

---

# 1 Einleitung und Stand der Forschung

Flüsse sind wesentliche Formgeber jener Flächen, die wir als Mensch besiedeln. Sie sind keineswegs statische Wasserkörper, die wir mit einer konstanten Form betrachten können. Flüsse verändern ihre Form lateral in tiefliegenden Gegenden, schaffen vielseitige Lebensräume und Topographien und stehen mit ihrem Umland stets im Austausch (Wohl 2014, 1).

Betrachtet man die menschliche Geschichte und ihre Siedlungsgewohnheiten, so kann eine bestimmte Abhängigkeit von Flüssen beobachtet werden. Das Wasser der Flüsse diente zur Wasserversorgung, als Transportweg, zur Bewässerung von Ackerflächen, als Nahrungsquelle oder Abwasserbeseitigung (Haidvogel 2018, 19-20 und Wohl 2014, 1). Diese Rollen, die ein Fluss einnimmt, können in diversen Ökosystemen in unterschiedlichem Maße zum Tragen kommen. Die Rolle und deren Intensität variieren hier je nach Lage in der Landschaft und den vorherrschenden geologischen und klimatologischen Bedingungen (Sponseller et al. 2013, 2). Da wir nach wie vor in vielerlei Hinsicht von Flüssen abhängig sind und sich der Großteil menschlicher Siedlungsaktivitäten an Gewässern orientiert, ist es von großer Bedeutung deren Einfluss auf das Umland zu kennen und die zeitliche und räumliche Ausprägung eines Flusses zu verstehen.

Die starke Nachfrage nach der Ressource Wasser, unter anderem zur Energiegewinnung oder Bewässerung der Ackerflächen, haben dafür gesorgt, dass wir Flüsse immer weiter verändert und eingeschränkt haben. Zahlreiche Eingriffe in das System führten dazu, dass sich die zeitliche Variabilität, das Abflussverhalten oder das Erosionsvermögen verändert haben und dadurch ein Fluss in sich selbst beschränkt wird. Um die vielfältigen morphologischen und biotischen Strukturen zu erhalten oder gegebenenfalls zurückzugewinnen ist der Rückbau von anthropogenen Strukturen eine Grundvoraussetzung (Patt 2018, 309). Die zeitliche Abfolge von unterschiedlichen Merkmalen ist ein wesentliches Charakteristikum eines natürlichen Fließgewässers. Um ein Fließgewässer künftig nachhaltiger zu planen ist es von Bedeutung diese

---

Charakteristika zu bestimmen, womit Randbedingungen definiert werden können, die dem Fluss eine dynamische Entwicklung gewähren. Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) stellt dabei ein rechtliches Instrument zum Schutz von Gewässern und deren Gestaltung und Planung von Flusslandschaften dar (Carter 2007, 330). Sie bestimmt grundlegende Ziele für einen chemisch und ökologisch guten Zustand und formuliert daraus naturschutzrelevante Ziele (Sendzimir und Schmutz 2018, 5).

In der Fließgewässerforschung ist es notwendig, Kenntnisse über die historische Morphologie von Fließgewässern zu gewinnen. Rückschlüsse können dabei unter Verwendung historischer Quellen getroffen werden und geben uns gleichzeitig ein Bild davon, wie sich die Form und Ausstattung eines Flusses vor den großen und systematischen Eingriffen der Industrialisierung dargestellt haben (Haidvogel et al. 2011, 174).

Historische Karten sind wichtige Dokumente mit flächendeckenden Informationen, welche zur Digitalisierung herangezogen werden können. Dabei ist es notwendig analoge Karten für die Weiterverarbeitung aufzubereiten, indem diese nach dem Einscannen georeferenziert werden. Hier bedient man sich bekannter Punkte und verknüpft diese mit bereits geokodierten Kartenwerken wie Orthophotos, wobei eine bekannte Lage im gegebenen Koordinatensystem auf denselben Punkt im analogen Scan übertragen wird (Walz und Berger 2003, 2014). Sofern dies mit ausreichend Punkten erfolgt, können gescannte Kartenwerke in einem Geoinformationssystem über weitere Layer gelegt werden.

Eine Arbeit von Hohensinner (2013) zeigt auf, welchen kartographischen Ansätzen zur historischen Rekonstruktion von Flusslandschaften gefolgt werden muss. Dabei wurde mit einem GIS-basierten Ansatz die Wiener Donau bis ins 17. Jahrhundert zurück rekonstruiert. Der hier eingesetzten Methode eines regressiv-iterativen Ansatzes soll auch in dieser Arbeit gefolgt werden. Stäubli et al. (2008) beschäftigen sich in ihrer Arbeit mit der historischen Rekonstruktion der Rhone im Schweizer Kanton Wallis zur Untersuchung der Veränderung des Schwemmland und der Weinbaulandschaft in den Ebenen des Flusses. Aus Werken die bis ins Jahr 1802 zurück reichen, wurden Veränderungen von Landschaftsmustern beobachtet, welche später in 2- und 3-

---

dimensionaler Form aufbereitet wurden. HaidvoGl et al. (2011) beschreiben in ihrer Arbeit den wichtigen Beitrag einer historischen Aufarbeitung für die Erstellung von Leitbildern oder die Planung von Maßnahmen für ein ökologisches Monitoring. An Beispielen der Flüsse Möll, Tiroler Lech, Kamp und Donau werden die Morphologie und unterschiedliche Gewässerhabitate aus historischen Kartenwerken rekonstruiert. Zu berücksichtigen ist in diesem Zusammenhang allerdings, dass Karten immer nur Momentaufnahmen darstellen, unregulierte Flüsse jedoch dynamische Systeme sind.

Bisherige Rekonstruktionen standen mit der Verfügbarkeit relevanter historischer Kartenwerke stets vor derselben ersten Herausforderung. Viele Werke gingen über die Zeit verloren oder sofern diese noch zur Verfügung stehen, mangelt es oft am Zugriff auf Karten in nicht öffentlichen Archiven. Ein weiterer Punkt ist der Inhalt jener Karten, welche die festgehaltene Topographie betrifft. Ältere historische Kartenwerke weisen ebenso noch eine mangelnde Lagegenauigkeit aufgrund fehlender oder ungenauer Vermessungen auf. Sofern dies aber bereits möglich war, können trotzdem genauere Informationen zurückgehalten worden sein, da Karten unter Umständen auch militärisch genutzt wurden (Tippach 2014).

Mit dieser Arbeit können die genannten Probleme kaum umgangen werden. Mit Hilfe zugrundeliegender internationaler Beispiele zu Rekonstruktionen historischer Flusslandschaften soll aber aufgezeigt werden, wie solchen Herausforderungen historischer Analysen entgegengewirkt werden kann und welche Ergebnisse mit der ausgewählten Methode erzielt werden können.

---

---

## 2 Zielsetzung und Fragestellungen

Um den Anforderungen einer historischen Aufarbeitung gerecht zu werden, ist es notwendig verfügbare Kartenmaterialien zu sichten und relevante Quellen über die verschiedenen Zeitschritte aufzubereiten. Ziel der Arbeit ist es nun, flussmorphologische Veränderungen der March im Mündungsbereich zur Donau zwischen den Jahren 1703, 1755, 1821, 1896, 1942 und heute zu erfassen. Der Ist-Zustand wird aus topographischen- und Landnutzungskarten sowie aus Orthophotos der beiden Länder Österreich und Slowakei kartiert. Nach der Bestimmung des aktuellen Zustandes wird eine regressiv-iterative Rekonstruktion mit selektiertem Kartenmaterial schrittweise durchgeführt, um den Zustand zu den sechs definierten Zeitpunkten zu rekonstruieren. Zusätzlich werden für jeden Zeitschnitt die vorherrschenden Gewässertypen und andere flussmorphologische Parameter bestimmt und deren Veränderung über die zeitliche Entwicklung dargestellt.

Um die genannten Problemstellungen und Aufgaben bewältigen zu können, soll folgende Forschungsfrage verfolgt werden:

*Wie unterscheidet sich der untere Abschnitt der March zwischen Marchegg und der Donaumündung von dem flussaufwärts gelegenen Abschnitt im WWF-Auenreservat?*

Aus der genannten Forschungsfrage lassen sich weitere Fragestellungen ableiten, welche ebenfalls im Zuge der Arbeit beantwortet werden sollen:

*Welche flussmorphologischen Veränderungen an der March lassen sich generell zwischen 1703 und heute beobachten?*

*Wie haben menschliche Eingriffe die Anteile unterschiedlicher Gewässertypen verändert?*

In Bezug auf die Forschungsfragen wurden drei Hypothesen formuliert, die mit der gewählten Methode überprüft werden sollen. Es wird davon ausgegangen, dass der untere Abschnitt, bzw. der Mündungsbereich, weniger Strukturen eines mäandrierenden Flusses, wie zB. abgeschnittene Mäander, und generell weniger

---

Augewässer als im flussaufwärts gelegenen WWF-Auenreservat aufweist. Wie Benz und Schwingshandl (2008, 58-59) bereits festhalten, wird der untere Abschnitt der March bei höheren Donauwasserständen erheblich durch den Rückstau der Donau beeinflusst, was die Fließcharakteristika im Vergleich zu flussaufwärts liegenden Fließstrecken verändert. Dadurch kommt es zur Ausbildung von größeren Sedimentflächen im aktiven Gerinne, welche auch als Umlagerungen verstanden werden können. Hier tritt auch eine rückschreitende Erosion auf, was durch die voranschreitende Eintiefung des Flussbettes der Donau verursacht wird.

Eine weitere Hypothese zu flussmorphologischen Veränderungen über den Untersuchungszeitraum ist auch, dass gewässermorphologische Parameter wie die Sinuosität, die Anzahl an Nebengewässern und die mittlere Breite abgenommen haben. Hohensinner et al. (2018, 52-53) und Sipos et al. (2007, 241) gehen in ihren Untersuchungen auf die Auswirkungen einer Regulierung auf den Auenbereich ein. Bei vermehrter Verbauung eines Gewässers, aufgrund der Hochwasserkontrolle und Schiffbarkeitsmachung, werden Mäander und weitere Nebenarme vom Hauptgerinne abgeschnitten und verlieren dadurch den kontinuierlichen Wasser- und Nährstoffaustausch.

Auf diese Veränderungen hin baut die dritte Hypothese auf und nimmt an, dass einer quantitativen Abnahme der Gewässertypen auch eine qualitative Veränderung derer Zusammensetzung folgt. Wie Hohensinner et al. (2011, 945-947) ausführen, kommt es bei Verbauungen und Begradigungen nicht nur zu einer quantitativen Reduktion der Gewässertypen, sondern ebenfalls zu einer Veränderung der flusstyp-spezifischen Anteile unterschiedlicher Gewässertypen (in der Hydrobiologie auch als aquatische Makrohabitate bezeichnet).

Um die genannte Forschungsfrage und die begleitenden Arbeitsfragen zu beantworten und die Hypothesen zu überprüfen, ist es wichtig, Geländeoberflächen und fluviale Strukturen kartographisch zu erfassen. Dazu gehören anthropogen geprägte Flächen und Bauwerke wie Siedlungen, Straßen, Brücken und Eisenbahnen sowie Wasserbauwerke und zusätzlich Gewässer, Sedimentflächen, bewachsene Flächen unterhalb des Hochwasserstandes und die höher gelegenen Auengebiete. Zusätzlich

---

werden Landmarks kartiert, welche keine direkten wasserbaulichen Funktionen aufweisen, aber dennoch zur besseren Orientierung lokalisiert werden. Sobald die Kartierung abgeschlossen ist, können die Flächenbilanzen der aquatischen Lebensräume und weiters die flussmorphologischen Parameter berechnet werden. Aus all den verschiedenen Aufgaben werden Schlussfolgerungen gezogen, historische Zustände verglichen und die Ergebnisse diskutiert.

Bevor in dieser Arbeit auf die praktische Auswertung der historischen Rekonstruktion eingegangen wird, ist es notwendig, einen Einblick in die beiden zugrundeliegenden Thematiken zu schaffen. Im Bereich der Hydromorphologie und Fließgewässerforschung sollen grundlegende Formungsprozesse und ebenso hydrologische Randbedingungen beschrieben werden. Hier sollen des Weiteren unterschiedliche Flussläufe nach ihren Charakteristika unterschieden und auf Habitattypen eingegangen werden, die in darauffolgenden Kapiteln das Untersuchungsgebiet und den betreffenden Flusslauf der March beschreiben sollen. Ebenso ist es notwendig, die Geoinformation und die digitale Verarbeitung zu verstehen. Dabei wird ebenfalls auf einzelne Schritte zur Verarbeitung von historischen Kartenwerken näher eingegangen.

Diese Masterarbeit ist Teil des Projekts „Historische Entwicklung der March-Thaya-Auen entlang der österreichischen Staatsgrenze“ im Auftrag der Via Donau - Österreichische Wasserstraßen - Gesellschaft mbH. Dabei werden insgesamt fünf Masterarbeiten von Studierenden der Universität für Bodenkultur betreut.

---

---

### 3 Anwendungen aus aktuellen Publikationsbeispielen

Das folgende Kapitel soll Beispiele verschiedenster Publikationen über Rekonstruktionen historischer Verhältnisse mit einem Geoinformationssystem aufzeigen und dabei deren Anwendungen und ihre Ziele beleuchten. Grundlage aller Arbeiten ist der Zugang zu digitalen Daten und Kartenwerken. Wie Lafreniere (2014, 6) in seiner Arbeit anmerkt, ist das Feld der Geoinformation in historisch-geographischen Fragestellungen noch immer stark auf die Visualisierung und Analyse von Mustern begrenzt, obwohl die Geoinformation selbst immer mehr genutzt wird.

Ein erstes Beispiel für eine Rekonstruktion historischer Verhältnisse stellt eine Arbeit zur Rekonstruktion der amerikanischen Stadt Denver dar. Städte unterliegen weniger einer natürlichen Veränderung, sondern viel mehr Neugestaltungen oder anthropogen verursachter Zerstörungen. Viele amerikanischen Städte wurden in der Nachkriegszeit bewusst zerstört- und eine Neuentwicklung vorangetrieben. Dokumentationen vergangener Zustände fehlen häufig und so wird heutzutage versucht, mit GIS und historischer Karten verlorene (Stadt-) Landschaften zu rekonstruieren. Am Beispiel der Stadt Denver soll die Struktur der Landnutzung, räumliche Konnektivität und die Baustruktur in Kartenmaterialien untersucht werden, die bis ins Jahr 1903 zurückreichen (Page und Ross 2015, 1, 5).

In der Arbeit von Perko et al. (2019, 213-227) wurde die Entwicklung der natürlichen Flussgrenzen zwischen Slowenien und Kroatien untersucht. Große mäandrierende Flüsse stellen die Administration von Ländergrenzen vor großen Schwierigkeiten. Im Normalfall folgt der Grenzverlauf der Mittelachse eines Flusses, was aber bei stetigen Verlagerungen von Flussläufen zu Problemen führt. Um die Verlagerung dieser Grenzflüsse zu untersuchen, wurden historische Materialien aus den letzten 200 Jahren zurück bis 1784 untersucht. Dabei folgten sie ähnlich der folgenden praktischen Ausführung drei grundlegenden Schritten, der Umwandlung kartographischen Materials in eine digitale Form, deren Georeferenzierung und der Vektorisierung. Ziel dieser Arbeit war es, die Verlagerung des Flusslaufes zu erkennen und so den

---

Landgewinn bzw. -verlust der beiden Länder, bei gleichbleibendem Grenzverlauf, zu ermitteln.

Eine weitere Arbeit im Bereich der historischen Flusslandschaftsrekonstruktion stellt die Dissertation von Hohensinner (2008, 19-21) dar. In dieser Arbeit wurde der historische Verlauf der Donau im östlichen Machland untersucht, wofür ca. 120 Kartenwerke gesichtet wurden. Für 41 Werke, die für eine weitere Ausarbeitung in Frage kamen, wurde eine Georeferenzierung mittels Passpunkten vorgenommen, wodurch eine Vektorisierung der eingescannten Karten ermöglicht wurde. Durch bekannte Höhenpunkte in den Karten war es möglich, ein Höhenmodell für das Jahr 1812 abzuleiten und daraus Überflutungsszenarien bei bestimmten Wasserständen zu berechnen. Dies ermöglichte es, Habitattypen auszuweisen, die sich je nach Konnektivität zum Hauptarm bestimmen lassen.

Einen Konnex zwischen der Veränderung der Flusslandschaft und der Siedlungsentwicklung hat Haidvogel (2018, 96-97) in ihrer Arbeit am Fluss Traisen untersucht. Dabei wurde speziell die Landnutzungs- und Siedlungsentwicklung zwischen 1870 und 2000 analysiert und jeweils die Entwicklung in den Jahren 1930, 1960 und 1980 kartiert. Es wurde dabei denselben Arbeitsschritten gefolgt, indem Luftbilder und historische Katasterblätter georeferenziert und die jeweiligen Jahre in einem Geoinformationssystem erfasst wurden. Die beleuchteten Beispiele zeigen, dass auch der Zugang der zugrundeliegenden Arbeit dem State of the Art der historischen Konstruktion von Flusslandschaften folgt.

---

## 4 Einblick in die Thematik

Dieser Masterarbeit unterliegen zwei dominante Disziplinen, die Fluss- oder Hydromorphologie zum einen und zum anderen die Geoinformation. Um flussmorphologische Veränderungen erkennen und kartieren zu können, ist ein Vorwissen über Formungsprozesse notwendig und dabei die Hydrologie und die Hydrogeographie miteinzubeziehen. Die Hydrologie versteht sich dabei als übergeordnete Disziplin, die physikalische, chemische und biologische Charakteristika des Wassers beschreibt und speziell auf deren zeitlichen und räumlichen Ausprägungen über, auf und unter der Erdoberfläche eingeht. Die Hydrogeographie spricht vor allem räumliche und zeitliche Veränderungen des Wasserhaushalts an, ebenso wie Speichervorgänge und das Abflussverhalten (Glaser et al. 2010, 134).

Die Geoinformation sieht sich als eigenständige Disziplin, welche als interdisziplinäres Fachgebiet raumbezogene Informationen anderer Domänen verarbeitet (deLange 2013, 1-2). Somit kann diese Disziplin als solche verstanden werden, welche Daten zur Flussmorphologie nicht nur aufnehmen, sondern ebenfalls verarbeiten kann. Auf beide soll in weiterer Folge thematisch eingegangen und für diese Arbeit wichtige Inhalte ausgearbeitet werden.

### 4.1 Hydromorphologie und Fließgewässerforschung

Betrachtet man die Geschichte der Menschheit, so wurde dem Fluss immer schon eine wichtige Rolle zuteil. Sie sind und waren eine wertvolle Wasserquelle, dienen als Nahrungsquelle, transportieren Nährstoffe für den Ackerbau und bewässern landwirtschaftliche Flächen. Zusätzlich dienen sie als wertvolle Handelswege, an denen sich bedeutende Siedlungen gegründet haben, die später oft zu Städten heranwuchsen. Seit jeher ist es also von Bedeutung, das Verhalten und die Entwicklung des Flusses zu beobachten, diese zu analysieren und daraus zu lernen.

Hydromorphologische Erkenntnisse, die aus empirischem Beobachten gewonnen werden, sind für den Wasserbau und den Maßnahmen vor Ort von großer Bedeutung.

---

Der Wasserbau setzte vor allem seit dem 19. Jahrhundert zunehmend auf rein technische Lösungen, z.B. für Lauffixierungen, Ausbau von Schifffahrtsrinnen oder für den Hochwasserschutz. Ein Paradigmenwandel in den 1980er Jahren hat dazu geführt, dass eine gewisse Ökologisierung stattgefunden hat und seither ein Fluss nicht mehr isoliert, sondern viel mehr mit seinen Wechselwirkungen zu seinem Umland betrachtet wird. Aktuelle Arbeitsschwerpunkte sind durch die Entwicklung, die die Flusslandschaftsplanung und der Gewässerbau genommen haben, unter anderen eine naturraumtypische Gestaltung, sowie die (Wieder-)Herstellung der Durchlässigkeit oder ein ökologischer und nachhaltiger Gewässerunterhalt (Patt und Gonsowski 2011, 1-3).

Im Längsprofil hat ein Fluss im Allgemeinen ein konkaves Auftreten, was bedeutet, dass mit größerer Distanz zur Quelle, der Gradient immer kleiner wird. Im Oberlauf weist der Fluss ein steiles Profil auf, hier wird grobes Material ab- und mittransportiert, im Zuge des Transports mechanisch zerkleinert und allmählich abgelagert. Eine Sedimentation erfolgt im Mittel- und Unterlauf, wo durch geringere Neigungen ebenfalls die Strömungsgeschwindigkeit abgeschwächt wird (Goudie 2007, 386). Ein Fluss unterliegt auch lateral immer einer gewissen Dynamik, in dem Material an den Ufern erodiert, in flachen Bereichen Sediment abgelagert wird und somit aquatische und terrestrische Flächen stets neu geschaffen werden.

In tiefliegenden Bereichen weisen Flüsse eine geringere Geschiebe-Transportkapazität auf und führen im Allgemeinen mehrheitlich Schwebstoffe mit sich. Das Gerinne kann lateral wandern und verlagert somit langsam sein Flussbett. Die Geschwindigkeit dieser Veränderung ist stark vom Typ des mäandrierenden Flusses und dem Material im Flussbett und an den Hängen abhängig (Brierley und Fryirs 2008, 125-126). Eine vereinfachte Erklärung zur Entstehung von Mäandern sind Unregelmäßigkeiten im Gerinne. Die Strömung im Gerinne wird durch diese zur Seite hin verlagert und führt zu Erosion an der Außenseite, wo die Strömung am stärksten ist. Das Material wird somit von der Außenseite mit dem Fluss mittransportiert und sedimentiert an der Innenseite, wo die Strömung am schwächsten ist. Die Mäandern fangen an seit- und flussabwärts zu wandern und es kommt ebenso zu einer Wanderung der Ablagerungen am Gleithang und bilden in diesem Bereich Akkumulationen an Sedimenten (Goudie 2007, 389). Freimäandrierende Flüsse befinden sich in Talebenen und nehmen eine sehr große Fläche

---

ein. Das Querprofil des Flusses ist dabei stark asymmetrisch, ist am Prallhang tiefer und am Gleithang seichter. Durch die fortschreitende Erosion am Prallhang kommt es nach einer gewissen Zeit zu einem Durchbruch am Mäanderhals, was dazu führt, dass es zur Bildung eines Altarmes kommt und dieser durch weitere Akkumulation vom Hauptarm abgetrennt wird (Glaser et al. 2010, 32).

Für die Fließgewässerplanung ist es von Bedeutung, Kennwerte im Einzugsgebiet eines Flusses zu kennen, wie zB. die Größe des Einzugsgebietes und die Menge und deren Verteilung des Niederschlags. Durch eine Vergrößerung des Einzugsgebietes ändert sich nicht nur der Sedimenthaushalt, sondern auch die Menge des Abflusses (Goudie 2007, 386). Die am wenigsten konstante Variable über Raum und Zeit ist dabei der Niederschlag. Durch diesen variieren Abflüsse über das Jahr verteilt und führen so zu stärkeren Fließgeschwindigkeiten und fördern somit die Erosion, wodurch sich Gewässerlandschaften laufend verändern (Glaser et al. 2010, 137). Durch bekannte Faktoren wie das Klima, Relief oder die Geologie usw., die den Abfluss beeinflussen, lassen sich Flüsse durch ihre Abflussganglinie in unterschiedliche Abflussregime einteilen. Einfache Regime werden durch einen saisonal variablen Faktor, wie zB. Niederschlag, gesteuert und weisen eine einfache Abflussspitze im Jahresverlauf auf. An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass Flusssysteme durch Gletscherschmelze (glazial), Schneeschmelze (nival) oder Regenniederschlag (pluvial) gesteuert werden können. Flüsse werden aber nicht selten von zwei abflusswirkenden Prozessen beeinflusst oder verfügen im Jahresverlauf über mehr als eine Abflussspitze. Diese werden als komplexe Regime bezeichnet. Bei komplexen Regimen 1. Grades folgen zwei Abflussfaktoren über das Jahr verteilt aufeinander, welche zwei unterschiedliche Abflussspitzen hervorrufen. Bei komplexen Regimen 2. Grades ist dies ebenso der Fall, diese wechseln aber den Regimetyp im Längsverlauf des Flusses (ebd. 139-141).

Um verschiedene Formen von Fließgewässern zu beschreiben, haben sich im Laufe der Zeit bereits einige WissenschaftlerInnen an einer Klassifikation versucht. Nach einer ersten Kategorisierung von Leopold und Wolman (1957) treten je nach Feststoffhaushalt gestreckte, gewundene/mäandrierende, verzweigte oder anabranched Flussläufe auf. Letztere charakterisieren sich durch die Anwesenheit kleinerer oder größerer Schotterbänke oder bewachsenen Inseln innerhalb des

---

Flusslaufs (Jain 2003, 147). Diese erste grobe Unterscheidung von Flussläufen kann durch unterschiedliche Faktoren, wie der Fließgeschwindigkeit, der Art des Feststofftransport und der Korngrößenverteilung, in weitere Unterkategorien von Flusssystemen unterteilt werden. Heutzutage wird jedoch ein solches System als eine idealtypische Abfolge von unterschiedlichen morphologischen Formen mit dem Flusslauf verstanden, die jedoch in der Natur kaum in dieser Form anzutreffen ist. Die abwechselnden Querschnittsgeometrien und unterschiedlichen Formen und Muster deuten auf einen schwankenden Abfluss hin, der formgebender Prozess ist und ebenfalls das Verhältnis von Erosions- und Ablagerungsprozessen laufend verändert (Hohensinner 2018, 43).

Zusätzlich zu der Charakterisierung eines Flusslaufs kommt die räumliche Unterscheidung im Querschnitt hinzu. Unter einem aktiven Gerinne werden hierbei sämtliche Flächen verstanden, die häufig bei bestimmten Abflussereignissen überspült und somit direkt vom Wasser bedeckt werden (Simon et al. 2016, 238). Dabei werden alle Wasserflächen bei ungefähr mittlerer Wasserführung und von Sedimenten bedeckten Flächen ohne Gehölzvegetation miteingeschlossen.

Um Gewässer neben und außerhalb des Hauptgerinnes bestimmen zu können, werden diese nach deren Anbindung an das Hauptgerinne bei ca. Mittelwasser als unterschiedliche aquatische Makrohabitatypen unterschieden. Dabei werden im Zuge einer Flusslandschaftsplanung sämtliche Flächen berücksichtigt, die zumindest einmal innerhalb einer definierten Periode im Austausch mit dem Fluss selbst stehen. Unter dieser Definition wird ebenso ein Überschwemmungsgebiet bzw. ein Hochwasserbett verstanden, welches dem Fluss selbst direkt benachbart ist (Nanson und Croke 1992, 3). Ein Fließgewässer steht mit seinem Umland über eine zeitliche Dimension in unterschiedlicher Intensität und räumlich dreidimensional im Austausch. Eine Konnektivität besteht zum einen längsgerichtet von der Quelle in Richtung Mündung, lateral vom aktiven Gerinne hin zum Überschwemmungsgebiet und vertikal über das Grundwasser und dem so genannten hyporheischen Interstitial, welches den Lebensraum zwischen Fluss und Grundwasser darstellt (Seliger und Zeiringer 2018, 171). Aufgrund der Anbindung können diese Flusshabitate als Eupotamon, Parapotamon oder Plesiopotamon/Paläopotamon beschrieben werden (Hohensinner et al. 2011, 943).

---

Die Hydromorphologie selbst als Beschreibung der Form eines Gerinnes und deren Zusammensetzung einzelner biotischer und abiotischer Faktoren wird in der WRRL dezidiert als eigene Qualitätskomponente angeführt (Azlak et al. 2017, 2). Sie ist ein Indikator dafür, die Lebensraumqualität zu beschreiben und sollte somit bei einer Beurteilung des Lebensraumes stets inkludiert und Teil eines nachhaltigen Flussgebietsmanagements sein (Meier et al. 2013, 14). Nur mit der Integration einer hydromorphologischen Beurteilung ist es möglich, Defizite bzw. Abweichungen von natürlichen Verhältnissen zu beschreiben.

## **4.2 Geoinformatik**

Sämtliche Veränderungen einer Landschaft oder eines Gewässers, die für mehrere Zeitpunkte aufgenommen werden, werden in einem Geoinformationssystem (GIS) erfasst. Ein GIS versteht sich dabei als ein System, welches sämtliche Arten von Geodaten erstellen, verarbeiten, analysieren und darstellen kann. Es zielt darauf ab, verwertbare Erkenntnisse zu gewinnen und das Wissen des Nutzers/der Nutzerin in jede Art von Karten einfließen zu lassen (Esri 2021). Die Geoinformatik als Disziplin liefert dazu rechnergestützte Methoden, um die Daten zu verarbeiten (Hochschule München 2021). Es werden dabei aber nicht nur einfache Geometrien erstellt, es wird ebenso eine räumliche Information angehängt, womit ein Raumbezug erhalten wird und Daten auf einer Oberfläche verortet werden können.

Mit Hilfe der zu erfassenden Geodaten ist es möglich, raumbezogene Fragestellungen zu beantworten. Den Geodaten werden dabei Informationen über die Form, Lage und Ausdehnung angehängt und ebenso mit Attributen ergänzt, welche die Frage nach der Art des Objekts beantworten (Hennermann und Woltering 2014, 36). Geodaten werden als Raster- oder Vektorinformation dargestellt und repräsentieren jeweils ein eigenes Datenformat. Vektoren werden aus einzelnen Knoten und Kanten gebildet und stellen Punkte, Linien oder Flächen dar. Diese werden in der zugrundeliegenden Arbeit aus Rasterinformationen extrahiert bzw. digitalisiert, indem unterschiedliche Grundlagen wie Orthophotos oder Höhenmodelle ausgearbeitet werden. Diese genannten Daten stellen Rasterdaten dar, welche eine kontinuierliche Oberfläche repräsentieren und aus

---

einzelnen Pixeln mit bestimmten Werten aufgebaut sind. Arbeitet man mit historischen Daten, so werden historische Materialien einem GIS als Scans zugeführt und entsprechend mit einem Koordinatensystem versehen.

---

## 5 Untersuchungsgebiet

Das Projektgebiet befindet sich im östlichsten Teil Österreichs und umfasst den Unterlauf bzw. Mündungsbereich der March in die Donau. Die March durchfließt hier die beiden Gemeinden Marchegg und Engelhartstetten, welche beide politisch dem Bezirk Gänserndorf angehören. Das zu rekonstruierende Gebiet weist eine Fläche von beinahe 3.000 ha auf und erstreckt sich von der Donau 13,65 km flussaufwärts. Vom Nordwesten her fließt die March in das Projektgebiet ein und wird bei Flusskilometer 8,3 vom Marchviadukt der Marchegger Ostbahn überquert. Im Nordosten des Untersuchungsgebietes fließt die Malina, mit einer sehr anthropogen beeinflussten linearen Richtung, zur March.

Im südlicheren Teil des Untersuchungsgebietes liegt das Marchfeldschloss Schloss Hof, welches aus dem frühen 17. Jahrhundert stammt, 1725 von Prinz Eugen von Savoyen erworben und dreißig Jahre später als Landsitz von Maria Theresia genutzt wurde (Schloss Hof 2021). Südlich davon befindet sich die Ortschaft Markthof mit ihren 138 Einwohnern (Statistik Austria 2021). An der Mündung zur Donau überblickt die Burg Theben (slowakisch Devín) auf einer Anhöhe das Mündungsgebiet. Die Burg aus dem 8. Jahrhundert war mit ihrer Ansiedlung ein wichtiges Zentrum der Westslawen. In der Festung befindet sich ebenfalls die Ruine einer Kirche aus dem 9. Jahrhundert (Hauptstadt der Slowakei – Bratislava 2021).





Abbildung 2: Orthophoto des Untersuchungsgebietes mit wichtigen Orientierungspunkten, Siedlungen und Zubringern der March (Datenquelle: Maxar 2021, Esri World Imagery)

---

## 5.1 Geologische Rahmenbedingungen

Das Untersuchungsgebiet, welches ein Teileinzugsgebiet der March darstellt, liegt in den Marchniederungen und ist somit Teil des Wiener Beckens. Dieses befindet sich in einer tektonischen Senke, welche im Westen an das Hügelland des Weinviertels und im Osten an den Karpatenbogen bzw. das Karpatenvorland grenzt (Wimmer et al. 2012, 17). Während des Quartärs entstanden in den Tallagen der March terrassenförmige Flussablagerungen, welche von äolischen Sedimenten bedeckt wurden. Reste dieser Terrassen findet man zB. nahe Marchegg mit der Schlossofer Platte (Fink et al. 2000, 82). Fluviale Gerölle, welche im Untersuchungsgebiet vorzufinden sind, wurden von der stetigen Wanderung der Mäanderbögen aus dem Unterboden ausgespült. Durch dieses Verlagern des Flusslaufes blieb zudem die Oberfläche vielerorts vegetationslos (Hofmann et al. 2011, 15).

In den Auen der March finden sich klassische alluviale Ablagerungen, die auch als Schwemmböden bezeichnet werden. Diese Böden sind klassische Auböden mit lehmig bis schluffig-lehmiger Textur, welche bis in eine Tiefe von ca. 1,5 m reichen (Bauer et al. 1998, 14). An relevanten Profilstellen des Untersuchungsgebiets lassen sich aus der digitalen Bodenkarte (Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft 2021) die vorzufindenden Böden näher beschreiben.

Generell lassen sich im Untersuchungsgebiet Böden der Feuchtschwarzerde und des Paratschernosems finden. Feuchtschwarzerden gehören der Klasse der Moore und Anmoore an und lassen sich an ehemaligen hydromorphen Standorten wiederfinden. Das Profil dieser Böden stellt sich als A-C Profil dar, deren Humus im Oberboden eine Mächtigkeit von mindestens 30 cm aufweist und auf einem Lockermaterial des ehemaligen Schwemmgebietes liegt. Zu finden sind diese Böden in Bereichen mit starkem Grundwassereinfluss in unmittelbarer Gewässernähe, welche später durch natürliche oder anthropogene Eingriffe trockengelegt wurden (Nestroy et al. 2011, 91-92). In den Bodenprofilen nördlich von Schlossohof nahe der Eisenbahnbrücke oder direkt nördlich angrenzend dessen lässt sich dieser Bodentyp nachweisen.

---

Der Paratschernosem gehört den terrestrischen Humusböden an und weist ebenfalls ein typisches A-C Profil wie die Feuchtschwarzerde auf, welches oft direkt auf Schottern aufliegt. Im Vergleich zur Feuchtschwarzerde ist er trockener, bei ähnlicher Mächtigkeit der Oberschicht. Er befindet sich allerdings nicht direkt in Gewässernähe, sondern findet seine Verbreitung eher an höhergelegenen Schotterterrassen (Nestroy et al. 2011, 52-53). Einen Standort im Untersuchungsgebiet findet man östlich von Marchegg-Bahnhof außerhalb des angelegten Dammes.

## **5.2 Die March**

Die March, welche ihren Ursprung in den Sudeten im Norden Mährens hat, fließt über 344 km durch Tschechien, die Slowakei und Österreich, wobei sie teilweise auch als Grenzfluss zwischen Tschechien-Slowakei und Slowakei-Österreich fungiert. In ihrem gesamten Einzugsgebiet von über 26.000 km<sup>2</sup> ist sie im Norden von den Sudeten begrenzt, der größere Teil jedoch liegt in Ebenen und ist so von Wasserscheiden mit nur geringen Höhen bis zu 500 m umgeben. Die untere March im March-Thaya Gebiet charakterisiert sich durch seine Lage, Fließdynamik und Morphologie als pannonischer Tieflandfluss. Sie weist über ihren gesamten Lauf stark ausgeprägte Mäanderstrukturen auf und verfügt als Tieflandfluss über eine nur relativ geringe Fließgeschwindigkeit (Fink 1999, 15). Die Thaya, welche in der böhmisch-mährischen Höhe, sowie im Waldviertel entspringt, ist der wichtigste Nebenfluss, welche bei Hohenau an der March, nahe dem Dreiländereck Tschechien, Slowakei und Österreich, in die March mündet. (Zulka und Lazowski 1999, 25)

### *5.2.1 Abflussregime*

Eine Zuordnung zu einem Abflussregime kann durch Milieufaktoren wie Klima, Relief, Vegetation und Geologie getroffen werden, welche den jährlichen Abflussgang charakterisieren. (Glaser et al. 2010, 139-140) Die March besitzt demnach ein pluviales Abflussregime, welches ein durch Regen beeinflusstes Abflusssystem bedeutet (Stelzhammer 2021, 4). Mader et al. (1996) treffen hierfür noch eine feinere

Unterscheidung und weisen demnach die March als ein pluviales Übergangsregime aus. Durch das Zurückhalten des Winterniederschlags in Schneedecken tritt von März bis April ein Abflussmaximum mit der Schneeschmelze auf. Mit dem Aufbrauchen der Schneedecke und fortschreitender Verdunstung nehmen Abflüsse bis zum Sommer hin ab und erreichen hier ihr Minimum.

Bezogen auf den Pegel Angern an der March, welcher sich in etwa 18 km flussaufwärts vom Untersuchungsgebiet befindet, beträgt der jährliche durchschnittliche Abfluss ca.  $105 \text{ m}^3/\text{s}$  (Baumgartner et al. 1999, 7). Abflussspitzen werden, wie bereits erwähnt, im Frühjahr zwischen März und April erreicht. Aus den Messdaten des Pegels Angern lassen sich Abflussmaxima der letzten 10 Jahre mit  $380 \text{ m}^3/\text{s}$  im März 2012 und  $430 \text{ m}^3/\text{s}$  im April 2013 ablesen. Starkregeneignisse sorgen zudem für Hochwasserstände über das ganze Jahr verteilt. Abweichend vom erhöhten Abfluss im Frühjahr werden die höchsten Werte im Juni 2013 mit  $380 \text{ m}^3/\text{s}$  und dem absoluten Maximalwert mit  $760 \text{ m}^3/\text{s}$  im Oktober 2020 registriert (Amt der nö. Landesregierung 2021).

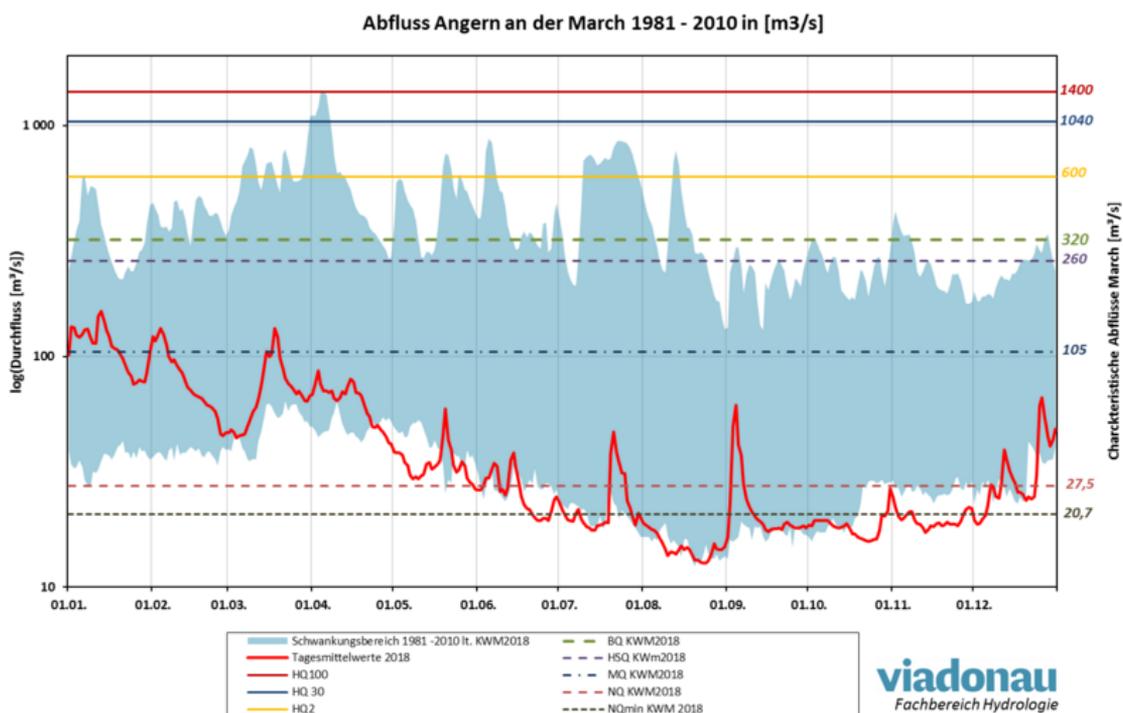


Abbildung 3: Mittlere Abflusswerte am Pegel Angern zwischen 1981 und 2010 (Quelle: viadonau 2020)  
 KWM = Kennzeichnende Wasserstände March  
 HQ<sub>n</sub> = Abfluss Hochwasser mit n Jährlichkeit  
 BQ = Hochwasserabfluss mit n Jährlichkeit  
 HSQ = Abfluss Schifffahrtswasserstand  
 MQ = Abfluss Mittelwasser  
 NQ = Abfluss Niederwasser (94 % Überschreitungsdauer)  
 NQmin = Abfluss minimales Niederwasser (97,3% Überschreitungsdauer)

---

Aus Abbildung 3 können die einzelnen Hochwasserabflüsse, sowie die Abflusswerte des Mittelwassers bzw. Niederwassers abgelesen werden. Der geringste Abfluss zwischen den Jahren 1981 und 2010 wurde Mitte August erreicht, wo in mindestens einem untersuchten Jahr die gesamte Abflussmenge von 15 m<sup>3</sup>/s unterschritten wurde.

Der Schwankungsbereich in der Grafik gibt Aufschluss über tägliche Spitzen und Minima. Hieraus kann abgelesen werden, dass obwohl die Mittelwerte an den jeweiligen Tagen kein Hochwasserereignis auslösen, dennoch an einzelnen Tagen Spitzenwerte erreicht werden können. So wurden ebenfalls in den Sommermonaten einzelne Abflusswerte über dem 2-jährlichen Hochwasserereignis gemessen. Abflüsse über dem 30-jährlichen Hochwasserereignis wurden in den Jahren nach 1981 demnach nur Anfang April registriert.

### *5.2.2 Flussmorphologie*

Das geringe Längsgefälle der March, welches von einem breiten Talboden umgeben wird, führt größtenteils feinkörniges Material, wie Schluff und Ton aus den Auen und Ablagerungen mit sich. Das geringe Gefälle resultiert in einer geringen Schleppkraft, welches dem Fluss eine höhere Tendenz zur Sedimentation verleiht. In den Ebenen des Beckens ist die Seitenerosion an den Ufern die dominante Größe und führt weiters zur Mäanderbildung und darüber hinaus zu einer stetigen lateralen Verlagerung des Flusslaufes (Wimmer et al. 2012, 17).

Die March selbst wird im Tiefland als mäandrierender Flusstyp ausgewiesen. Das Gebiet flussabwärts von Marchegg weist jedoch unterschiedlichere Strukturen aufgrund des Einflusses der Donau auf. Im Flussabschnitt bis Fkm 10,4 kommt es durch den zeitweiligen Rückstau aus der Donau zu einem relativen Anstieg des Wasserspiegels verglichen mit oberliegenden Flussabschnitten. Dadurch kommt es zu einer Änderung der hydrologischen Eigenschaften, was zu einer erhöhten Sedimentation entlang der Flussufer führt (Benz und Schwingshandl 2008, 58-59). Die verringerte Erosionskraft führt im Untersuchungsgebiet weiters zu einem Furkationssystem mit einem aufzweigenden Gerinne (Muhar 1998, 83).

---

### 5.2.3 Anthropogene Eingriffe

Durch wasserbauliche Maßnahmen wurde seit dem 18. Jahrhundert versucht Änderungen der Flusssohle und an den Ufern der March entgegenzuwirken. Dies führte dazu, dass eine Dynamik in der Landschaftsformung verloren ging und im letzten Jahrhundert die Vielfalt an Lebensräumen reduziert wurde. Regulierungen an der March hatten zum Ziel, die gesamte heute österreichisch-slowakische Grenzstrecke für die Schifffahrt zu verbessern, so wie es auch im Generellen Projekt aus dem Jahr 1935 definiert wurde. Dies war aber nicht das erste Mal, dass ein solches Projekt entwickelt werden sollte. Bereits 1702 entstand der erste konkrete Plan zur Regulierung der March, um diese für die Ausweitung des Donau- Ostseehandels und den Gütertransport durch eine Verbindung mit der Oder auszubauen (Benz 2019, 234-234). Gleichzeitig sind über

die letzten Jahrhunderte hinweg vereinzelt auch kleine wasserbauliche Eingriffe nachzuweisen, die dem Schutz der Ufergrundstücke dienten. Ab 1911 fanden dann erste größere bauliche Eingriffe statt, die sich auf die letzten Kilometer im Mündungsbereich konzentrierten. Mündungsleitwerke wurden hier errichtet und erste Aushubarbeiten für die geplanten Durchstiche vorgenommen. Obwohl seit 1925 seitens der Tschechoslowakei neue Pläne zur Regulierung vorgelegt wurden, wurden in den nächsten 10 Jahren vorrangig Ziele festgelegt und weitere Vorhaben nur geplant. Technische Arbeiten konzentrierten sich bis 1935 auf die Gewinnung von

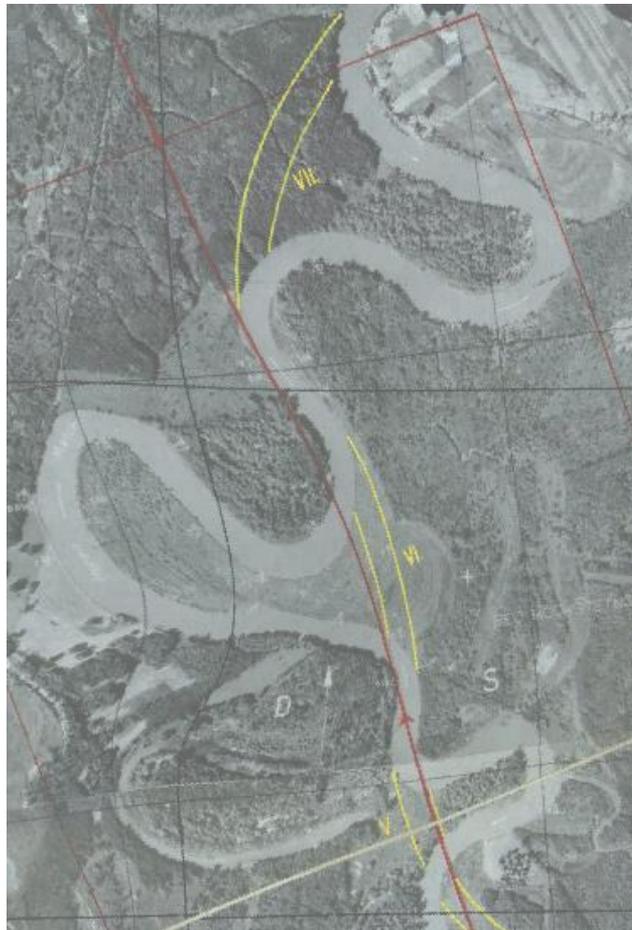


Abbildung 4: Darstellung der geplanten Durchstiche VI. und VII. bei Baumgarten (Datenquelle: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen 1942)

---

Schüttmaterial für die Errichtung der Hochwasserdämme (Benz und Schwingshandl 2008, 7).

Neben der Förderung der Schifffahrt wollte man gleichzeitig auch eine „lebende“ Staatsgrenze beseitigen (Steiner et al. 2019, 242). Diese Ziele sollten durch eine Kanalisierung erreicht werden, indem insgesamt 18 Seitenarme und Mäander mittels Durchstiche an der March-Grenzstrecke zwischen Hohenau an der March und der Mündung in die Donau abgetrennt und so der Flusslauf begradigt wurde. Die Projektierung sah Durchstiche vor, die flussaufwärts mit Nummern versehen wurden, wovon sich Durchstich II im Projektgebiet befindet. Zu diesen Maßnahmen wurden zusätzlich insgesamt 75 % der Uferabschnitte verbaut (Stelzhammer 2021; Kuselbach et al. o.J., 7). Im Retentionsraum kam es durch die Errichtung eines Hochwasserdamms ebenfalls zu einem Eingriff. Große Flächen wurden dabei abgetrennt und wertvolle ökologische Lebensräume gingen verloren (Stelzhammer 2021).

Die Gesamtlänge des Flusslaufs wurde durch die aufgezählten Maßnahmen bei dem bis 1967 andauernden Projekt von ursprünglich ca. 80 km auf 62,4 km reduziert. Durch Regulierungen sollten Uferabbrüche verhindert und so das Bachbett stabilisiert werden. Eine Eintiefung des Gerinnes und die damit verbundene Senkung des Grundwasserspiegels hatten zur Folge, dass der Fluss von seiner Auenlandschaft entkoppelt wurde. Nicht nur die Auflösung der Fluss-Umland-Beziehung stellte sich als Problem dar. Insgesamt gingen 80 % der Auwiesen verloren, Retentionsräume für den Rückhalt erhöhten Abflusses wurden minimiert, Erholungsraum für Mensch und Tier wurden monotonisiert oder auch direkt begrenzt und der Grundwasserspiegel abgesenkt, was hinsichtlich der Bewässerung und des fortschreitenden Klimawandels weitere Probleme hervorrufen wird (Steiner et al. 2019, 243-244; Kuselbach et al. o.J., 7).

Durch die genannten Veränderungen im Verlauf der letzten 100 Jahre wurde ein neues Leitbild zur Entwicklung der March erstellt. Die viadonau hat darin definiert, dass das Flusssystem wieder an den historischen Charakter als Tieflandfluss angenähert werden soll. Dynamische Prozesse sollten sich selbst regulieren und dadurch vielfältige Lebensräume und eine ökologische Funktionsfähigkeit, bei gleichzeitiger Sicherstellung

---

des Hochwasserschutzes, garantiert werden (Steiner et al. 2019, 244). Empfehlungen sahen vor, dass die Wiederherstellung eines dynamischen Systems vor allem einer Verbesserung der Überflutungsdynamik bedarf, welche durch Absenkungen der Ufer ermöglicht werden soll. Ebenso sollten Mäander wieder an das System angebunden und morphologische Rahmenbedingungen zur Weiterentwicklung geschaffen werden (Schwingshandl 2010, 29). Im Zuge des EU Life+ Projekts „Untere Marchauen“ konnten bis 2019 Uferbefestigungen und Regulierungsbauwerke entfernt und dadurch 7,3 km an Nebenarmen wieder an das Flusssystem angebunden werden (Stelzhammer 2021).

---

## 6 Datengrundlagen

Für die jeweiligen Zeitschnitte werden zeitlich relevante kartographische Werke herangezogen, die für eine Beobachtung des damaligen Zustandes geeignet sind. Die Basis bildet eine Kartierung des heutigen Zustandes durch Geoland Basemaps, seinem slowakischen Pendant, einem Laserscan der March und einem hochaufgelösten Orthophoto resultierend aus einer aktuellen Befliegung der viadonau aus dem Jahr 2020.

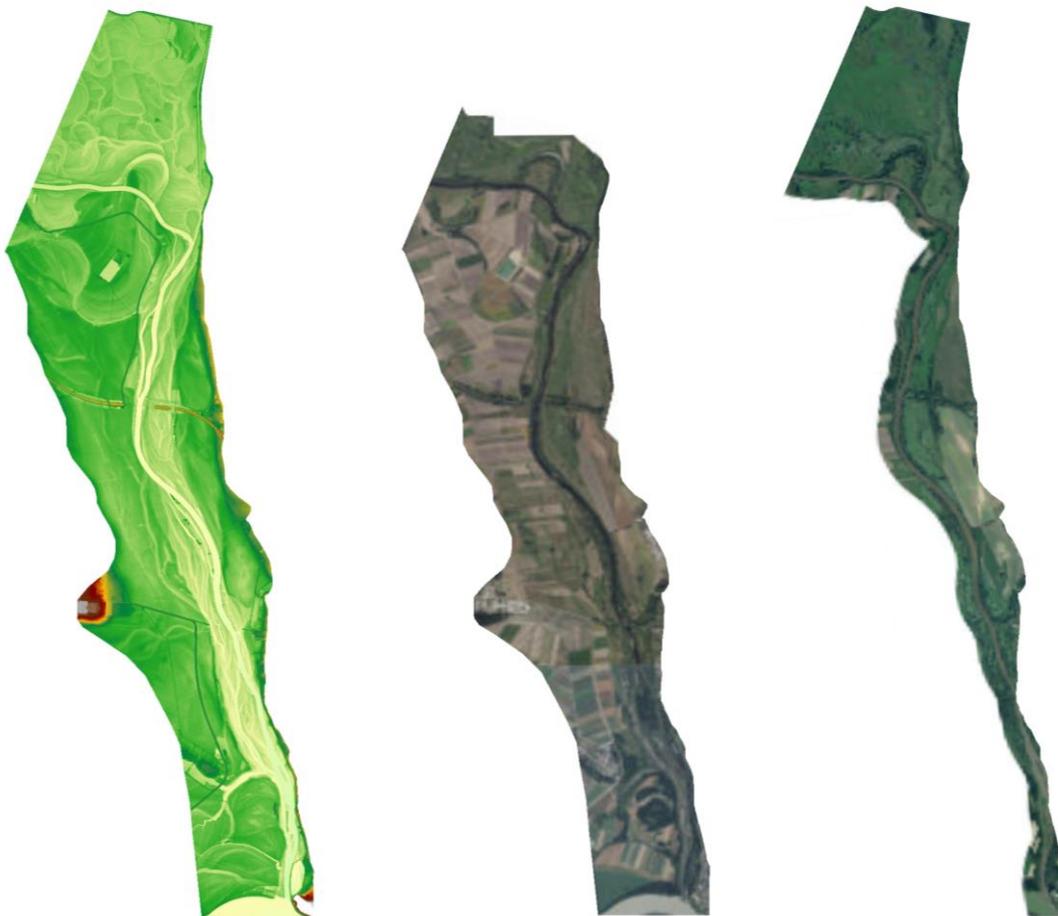


Abbildung 5: Datengrundlage für heutigen Zustand (v.l.n.r. viadonau Laserscan der March 2020, Geoland Orthophoto, Orthophoto Slovakia)

Die unterschiedliche zeitliche Erfassung der Orthophotos macht es notwendig, eine Priorisierung vorzunehmen. Dieser Unterschied äußert sich durch deutlich abweichende Pegelstände und auch das Vorhandensein unterschiedlich groß ausgedehnter

---

Wasserflächen im Augebiet. Eine dunkle Färbung auf Wiesenflächen und der hohe Pegelstand im slowakischen Orthophoto lassen darauf schließen, dass dieses kurze Zeit nach einem Starkregenereignis aufgenommen wurde. Somit wird nach einer Sichtung der jeweiligen Flächen und einem Abgleich mit dem vom Laserscan abgeleiteten Geländemodell, Grenzen der unterschiedlichen Oberflächen nach dem Orthophoto der viadonau und dem österreichischen Basemap Orthophoto von Geoland gezogen. Sobald nun sämtliche Geo-Objekte erfasst sind, auf welche in Kapitel 7.2 näher eingegangen wird, werden Veränderungen weiters durch Abgleiche mit bestimmten historischen Kartenwerken vorgenommen. Für die Jahre 1942, 1896, 1821, 1755 und 1703 werden in Tabelle 1 sämtliche Werke nach dem Erscheinungsjahr und dem Autor aufgelistet und ihrem herangezogenen Zeitschnitt zugeordnet, welche allesamt der digitalen Sammlung von Severin Hohensinner (2021) entstammen.

Tabelle 1: Übersicht verwendeter historischer Kartengrundlagen (Quelle: Hohensinner 2021)

<b>Zeitschnitt</b>	<b>Jahr</b>	<b>Werk</b>
1942	1943	<b>Schiffahrtskarte der Donau (Blatt 236)</b> , hrsg. 1943, Reichsamt für Landesaufnahme, Maßstab 1 : 5.000.
	1942	<b>Luftbilder Mäander-Durchstiche</b> , N.N.; Originale im Archiv des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen, Scans aus dem March-Thaya-Archiv der viadonau.
	1942	<b>Luftbilder der March-Thaya-Grenzstrecke</b> , Sonderluftbildabteilung des Reichsluftfahrtministeriums Gruppe Wien; aus dem Archiv des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen, Sign. 482.
1896	1896	<b>Hochwasserschutzdamm Marchegg-Zwerndorf: Projektierter Hochwasserschutz</b> , hrsg. 1923-1928, Österreichische Expositur der Marchregulierung, Maßstab 1 : 25.000; aus der Kartensammlung der niederösterreichischen Landesbibliothek, Sign. K II 5573 D 1923/28.
	1896	<b>Reambulierte March-Pläne</b> , akt. 1922 und 1934, Königliche Ungarische Expositur der Marchregulierung, Maßstab 1 : 2.500; aus dem March-Thaya Archiv im BMVIT, Sign. 121.
1821	1821	<b>Franziseischer Kataster (Urmappe)</b> , Maßstab 1 : 2.880; aus dem Archiv des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen, online abrufbar unter: <a href="https://mapire.eu/de/map/cadastral/">https://mapire.eu/de/map/cadastral/</a> .

	1814	<b>Plan von einem Theil des March Fluszes von Neudorf bis zu seiner Ausmündung in die Donau</b> , Johann M. Milanés; Maßstab 1 : 7.200; Ungarische Nationalbibliothek, Sign. S12 Div. XIII. No. 422.
	1809-1839	<b>Abrosza Morva és Duna vizek folyásának torkolatánál Kraetzel liget közelében, úgy amint az 1809. s 1839. évben találtatott</b> , hrsg. 1841, Karoly Seydl, Maßstab 1 : 10.800; aus der Kartensammlung des Nationalarchives von Ungarn, Sign. S12, Div. XIII., No. 662.
	1809-1819	<b>Franziseische Landesaufnahme (Zweite Landesaufnahme)</b> , Topographisch-lithographische Anstalt des k. u. k. Generalquartiermeisterstabs, Maßstab 1 : 28.800; aus dem ÖStA. Kriegsarchiv, Sign. B IX a 196-6.
1755	1754-1755	<b>Die Grenzkarte Ungarn-Niederösterreich</b> , „Walter-Karte“, Walter von Pfeilsberg und Konstantin Johann Georg, Maßstab 1 : 2.000 Klafter; aus der Kartensammlung der niederösterreichischen Landesbibliothek, Sign. K II 2187 R 1755.
	1726	<b>Mappa der Hochfürstlich Printz Eugenischen Herrschafften Hof an der March / und Vesten Stopfenreuth</b> , Abraham Maass, Maßstab 1 : 4.500; Ausschnitt im Online-Katalog der ÖNB verfügbar, Sign. 106.909-D.
1703	1703	<b>Carte du cours de la Morava depuis le confluent de la Thaya jusqu'au Danube</b> , zwischen 1703 und 1720, lt. Gallica datiert mit 1683, N.N., Maßstab 1 : 47.000; Bibliothèque nationale de France, Département Cartes et plan, Sign. C-10.275, online zu sehen in Gallica.

---

Die erste historische Rekonstruktion wird für das Jahr 1942 vorgenommen. Zu diesem Zeitpunkt wurden bereits Befliegungen durchgeführt und vor allem für militärische Zwecke Luftbilder aufgenommen. Aus dieser Zeit stehen für das Gebiet der March Luftbilder aus dem Archiv des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen (BEV) und dem March-Thaya-Archiv der viadonau aus selbigem Jahr zur Verfügung. Zusätzlich wird eine „Schiffahrtskarte der Donau“ für den Mündungsbereich herangezogen, welche eine sehr detaillierte Grundlage darstellt. In nachfolgender Abbildung 6 wird eine Überlagerung beider Datengrundlagen gezeigt, welche die Situation im Jahr 1942 an der Donaumündung sichtbar macht.

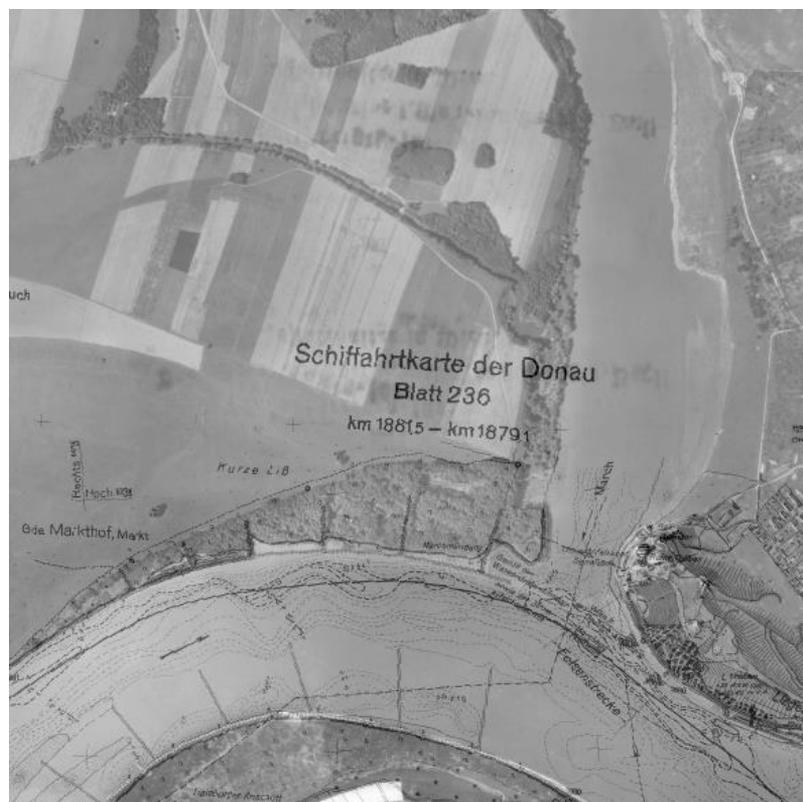


Abbildung 6: Ausschnitt historischer Datengrundlagen für 1942 im Bereich der Donaumündung (Datenquelle: Reichsamt für Landesaufnahme 1943)

---

Ab der Rekonstruktion des Jahres 1896 wird die GIS-Rekonstruktion nur mehr aufgrund gescannter analoger Karten vorgenommen. Hauptgrundlage für das Jahr 1896 ist ein Werk der March-Reambulierung, welche in den Jahren 1922 und 1934 aktualisiert wurde. Ein Ausschnitt dieser Karte wird in Abbildung 7 dargestellt und zeigt Markthof mit dem Stempfelbach und der March im Osten. Als weitere Grundlage zur Erkennung von Veränderungen dient eine Kartierung des Hochwasserschutzes an der March, welche 1896 aufgenommen wurde.



Abbildung 7: Ausschnitt der March-Reambulierung östlich von Markthof aus dem Jahr 1896 (Datenquelle: March-Thaya Archiv im BMVIT)

Die Situation für den Zeitschnitt 1821 muss auf Basis mehrerer verschiedener Quellen erarbeitet werden. Zum einen bietet der Franziszeische Kataster aus dem Jahr 1821 eine erste Grundlage zur Verortung der Landformen und Objekte. Da aber dieser nur begrenzt die tatsächliche Lage und Ausdehnung einzelner Geo-Objekte widerspiegelt, und zusätzlich Sedimentflächen, tiefliegende Vegetationsbereiche und ebenfalls kleinere Inseln gänzlich fehlen, muss der Kataster mit Kartenwerken der Franziszeischen Landesaufnahme (1809-1819) und zwei weiteren Karten, die nur für einen kleinen Ausschnitt des Untersuchungsgebietes zur Verfügung stehen, abgeglichen werden. Nachstehend wird erneut ein Ausschnitt östlich von Markthof dargestellt, der die Problematik fehlender Information im Franziszeischen Kataster aufzeigen soll.



Abbildung 8: Ausschnitt des Franziszeischen Katasters östlich von Markthof aus dem Jahr 1821 (Datenquelle: Bundesamt des Eich- und Vermessungswesen)

---

Die sogenannte „Walter Karte“ stellt für die Rekonstruktion des Zeitschnitts 1755 ein grundlegendes Werk dar und deckt dafür bereits das gesamte Gebiet des Untersuchungsraumes ab. Charakteristisch für diese Karte ist die Kennzeichnung sämtlicher Gräben als wasserführend, welches bei der Digitalisierung berücksichtigt werden muss. Ab Schloss Hof bis zum Mündungsbereich steht ebenfalls eine gut ausgearbeitete Karte von Abraham Maass (1726) zur Verfügung, welche die Ufer der March sehr detailliert zeigt. Ab diesem Zeitpunkt ist zum ersten Mal der vollständige Bau des Kuruzzenwalls kartiert, wofür deren Lage iterativ für nachfolgende Zeitschnitte gegebenenfalls korrigiert werden kann. Eine Überlagerung der genannten Karten soll mittels eines Beispiels östlich von Schloss Hof gezeigt werden, in dem die Genauigkeitsunterschiede sichtbar werden.



Abbildung 9: Ausschnitt der Kartengrundlagen für 1755 östlich von Schloss Hof (Datenquelle: Kartensammlung der niederösterreichischen Landesbibliothek)

---

Das wichtigste zugrundeliegende Kartenwerk für die Rekonstruktion 1703 entstammt vermutlich aus dem selbigen Jahr und ist unbekanntes Ursprungs. Verglichen mit den Kartengrundlagen der späteren Zeitschnitte zeigt diese Karte einen wesentlich geringeren Karteninhalt und beschränkt sich auf die Darstellung des Kuruzzenwalls und der March. Siedlungen und wichtige Bauten dieser Zeit werden mit einfachen Punktsignaturen dargestellt und mussten somit aus den nachfolgenden Jahren übernommen werden. Auch wenn die Karte angedeutet auf slowakischer Seite ein Relief und Vegetation darstellt, so kann diese Information aufgrund mangelnder Genauigkeit ebenfalls nicht genutzt werden. Die Lage und Ausdehnung der March für das Jahr 1703 wird aus einer Kombination der Darstellung in dieser Karte von 1703, der natürlichen Entwicklung und der Kartierungen späterer Kartenwerke abgeleitet.



Abbildung 10: Ausschnitt der Kartengrundlage für 1703 zwischen der Mláka und Markthof (Datenquelle: Bibliothèque nationale de France, Département Cartes et plans)

---

Historische Kartenwerke können aufgrund ihrer Genauigkeit nur bedingt mit heutigen Karten verglichen werden. Diese weisen oft abweichende Längen- oder Winkeltreue auf, was bedeutet, dass die Nachbarschaft von Geo-Objekten nicht der Wahrheit entsprechen kann. Aufgrund dessen müssen Karten entzerrt werden und ihre Lagegenauigkeit verbessert werden. Wie dies erfolgt, wird im nachfolgenden Kapitel näher beschrieben.

Auch wenn bereits eine Vermessung vorgenommen werden konnte, so haben sich Kartographen historischer Karten oftmals visueller Abgrenzungen bedient. Dadurch können wahre Breiten und Längen von Geo-Objekten nur vage abgeleitet werden. Ebenso verfügen Siedlungen in unterschiedlichen Kartenwerken oftmals nur über eine einfache Punktsignatur und in anderen wiederum eine tatsächliche Umrandung. Kartografen haben sich je nach Zweck einer Vermessung oder Geländeaufnahme auf bestimmte Geo-Objekte fokussiert und andere nicht oder weniger exakt erfasst.

Ein Vergleich der Kartenwerke von Walter aus den Jahren 1754 und 1755 und einem älteren Beispiel von unbekannter Quelle von ca. 1703 zeigt die unterschiedliche Erfassung in der Kartographie. Während in der Karte von Walter landwirtschaftlich genutzte Flächen, Wälder und Gewässer erfasst wurden, so wurden im älteren Beispiel nur der Flusslauf und angrenzende (Au-)Wälder kartiert. Ebenso unterscheiden sich diese bei der Lokalisierung von Ortschaften voneinander, in dem im älteren Werk eine einfache Punktsignatur für eine Ortschaft repräsentativ ist und in der „Walter-Karte“ Ortschaften mit ihrem tatsächlichen Umriss erfasst wurden.



Abbildung 11: Ausschnitt nahe Vysoká pri Morave von N.N. 1703 und Walter 1754-1755 (Datenquelle: Bibliothèque nationale de France, Département Cartes et plans; Kartensammlung der niederösterreichischen Landesbibliothek)

---

Neuere Kartenwerke stellen nicht nur mehr Objekte oder Oberflächen dar, sondern zeigen diese auch ansprechender und verfügen zudem auch über eine höhere Lagegenauigkeit. Die österreichische Kartographie nahm vor allem im 18. Jahrhundert dank der Wiener Ingenieursakademie ihren Aufschwung. Trotzdem enthalten einige der überlieferten kartographischen Darstellungen starke Abweichungen von der Realität, was jedoch nicht zur Gänze auf die individuellen Fähigkeiten und die technisch-ökonomischen Möglichkeiten zurückzuführen ist, sondern „durchaus auch Ausdruck politisch-sozialer Bedingungen“ und der gesellschaftlichen Interessen war (Mokre 2004, 90-92).

Verbesserungen in den untersuchten Kartenwerken konnten erneut ab der 2. Landesaufnahme in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts beobachtet werden. Nicht nur die künstlerischen Darstellungen von Oberflächen durch gezielte Signaturen oder Schraffuren über gefärbten Flächen, welche diese wesentlich naturnaher erscheinen lassen, sondern ebenso die Vielfalt der abgebildeten Geo-Objekte und auch die Genauigkeit konnte erheblich verbessert werden. Die 2. Landesaufnahme stellt ebenso jenes Werk dar, bei welchem von den zur Verfügung stehenden Unterlagen als erstes das Gelände mitberücksichtigt wurde. Erhebungen, Senken oder Brüche werden hier erstmals mit Schraffuren dargestellt, welche durch angeordnete Striche eine Neigung veranschaulichen. Dies ist für die nachfolgende Kartierung von großem Wert, da Altarme und ebenso potentielle Überflutungsflächen bei Hochwasser besser abgegrenzt werden können.

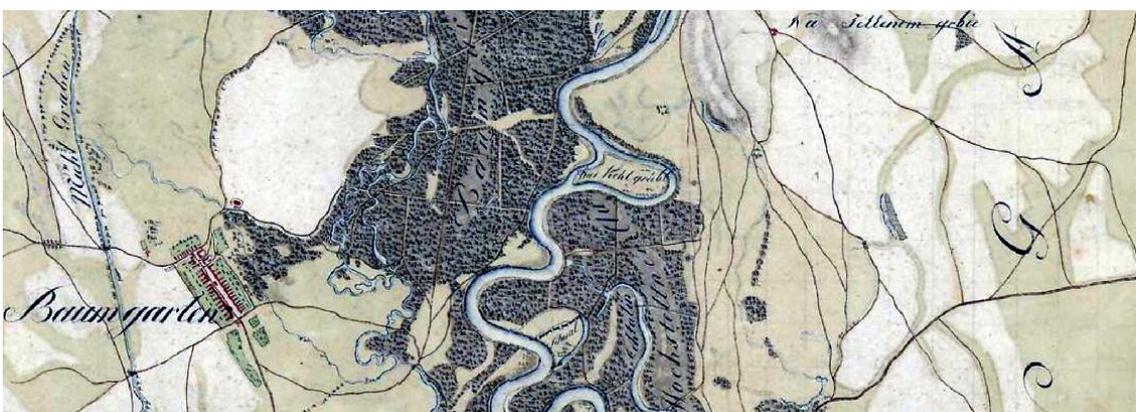


Abbildung 12: Ausschnitt der 2. Landesaufnahme von 1809-1819 (Datenquelle: ÖStA. Kriegsarchiv)

---

In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts war aber nicht nur eine Aufwertung der Kartengrundlagen zu beobachten, ebenfalls lassen sich diesem Zeitraum auch die ersten „Spezialkarten“ zur Auswertung der Hydromorphologie zuweisen. Der Franziszeische Kataster aus dem Jahr 1821 stellt die damalige Situation der Flurstücke und Grundstücksrechte dar, welcher zur Versteuerung des Eigentums herangezogen wurde. In diesem Kartenwerk ist zu beobachten, dass hinsichtlich einer hydromorphologischen Kartierung eine Abgrenzung der tatsächlichen Gewässergrenzen nur sehr schwer nachzuvollziehen ist. Niedrig gelegene Gebiete, die häufiger überschwemmt werden, werden hier dem Gewässer selbst zugeordnet und können daraus als Flächen nicht getrennt erfasst werden. In darauffolgenden Kartenwerken ist weiterhin auf deren Spezifika zu achten, jedoch sind durch genauere Vermessungen Abgrenzungen einzelner Oberflächen besser vorzunehmen und sämtliche aufzunehmende Objekte und Oberflächen in den Kartenwerken berücksichtigt und enthalten.

---

## 7 Methodik

Ausgehend von einer Kartierung des derzeitigen Zustands soll rückwirkend eine Rekonstruktion der flussmorphologischen Veränderungen der March zwischen Marchegg und der Mündung in die Donau vorgenommen werden. Hierbei werden keine Feldbegehungen vorgenommen, sondern es wird auf Auswertungen zugrundeliegender Daten mittels eines GIS zurückgegriffen. Satellitenbilder, Geländemodelle oder Luftbilder können dazu beitragen, eine umfassende und relativ schnelle Auswertung morphologischer Parameter in einem gesamten Einzugsgebiet voranzutreiben (Simon et al. 216, 238). Mit den zur Verfügung stehenden Daten müssen bestimmte Merkmale und Formen des Flusslaufs und in dessen Auengebiet aufgenommen werden, um später eine morphologische Beschreibung des Abschnitts mit hydromorphologischen Indizes vornehmen zu können.

Zur Bewertung der hydromorphologischen Veränderungen bis 1703 wird eine regressiv-iterative Methode gewählt. Dabei wird eine Kartierung der aktuellen Situation im Untersuchungsgebiet als Ausgangssituation herangezogen und schrittweise die Veränderungen über einzelne Zeitschritte zurück erarbeitet. Sobald ein bestimmter Zeitpunkt bearbeitet wurde, wird dieser als neue Ausgangsbasis für die Rekonstruktion des nächsten Zeitschnitts herangezogen. Sofern Änderungen beobachtet werden, ist zu hinterfragen, ob diese auf natürliche Prozesse oder menschliche Eingriffe zurückzuführen sind (Hohensinner 2020, 257). Sollten Veränderungen die räumliche Ausstattung beeinflusst haben, so müssen diese für die nachfolgenden Zeitschnitte in einem iterativen Prozess verändert werden. Diese schrittweise historische Rekonstruktion wird im Folgenden für die Jahre 1942, 1896, 1821, 1755 und 1703 vorgenommen.

### 7.1 Arbeiten mit historischen Karten

Um eine historische Entwicklung von Landschaften oder auch Landnutzungen zu rekonstruieren, sind graphische Karten wichtige Dokumente, die flächendeckende

---

Informationen durch Erhebungen zu einem bestimmten Zeitpunkt aufzeigen. Analoge Karten müssen aber für eine digitale Weiterverarbeitung zuvor bearbeitet werden. Ein typischer Workflow einer solchen Aufarbeitung setzt sich aus dem Scannen, Georeferenzierung und Mosaikieren einzelner Kartenblätter zusammen (Walz und Berger 2003, 2014). Die Georeferenzierung einzelner Kartenblätter stellt sich dabei als ein sehr aufwändiger und sich wiederholender Prozess dar.

Während des Prozesses der Georeferenzierung steht im Normalfall bereits eine eingescannte Karte zur Verfügung. Ziel ist es diese Karten in einen bekannten räumlichen Kontext zu überführen und somit einem einfachen Scan eine geographische Information zuzuweisen. Dabei werden markante Punkte in historischen Kartenwerken gesucht und diese Punkte ebenso in aktuellen Kartengrundlagen, zumeist topographische Werke mit bestehender geographischer Information, verortet. Solche Punkte werden Passpunkte genannt und können zB. markante Infrastrukturen oder historische Gebäude sein (Universität Heidelberg o.J.). Je nach zeitlicher Differenz ist dabei auf Veränderungen zu achten, wodurch natürliche Oberflächen und Merkmale nur bedingt zu verwenden sind. Diese Passpunkte gilt es über das gesamte Kartenblatt gleichmäßig zu verteilen. Eine bestimmte Anzahl kann dabei nicht festgelegt werden, diese ist je nach Verzerrung des Kartenblattes unterschiedlich.

Sobald ausreichend Passpunkte gesetzt sind erfolgt eine so genannte Transformation, die das gescannte Kartenblatt in die wahre Natur entzerren soll. Ein solches Vorgehen kann mit gängigen Geoinformationssystemen vorgenommen werden. Sind jedoch bestimmte Entzerrungsmethoden notwendig, wird die Anwendung einer Bildverarbeitungssoftware wie ERDAS-Imagine empfohlen (Walz und Berger 2003, 2015).

Anschließend können die einzelnen georeferenzierten Kartenblätter mosaikiert werden. Mit diesem abschließenden Prozess werden die einzelnen Blätter nicht nur jeweils zu bereits referenzierten Kartenwerken lagerichtig positioniert und entzerrt, sondern werden auch zu einem Gesamtbild zusammengefügt. Im vorliegenden Projekt wurden sämtliche Arbeiten bereits von Severin Hohensinner durchgeführt. Für die

---

eigentliche Bearbeitung standen somit georeferenzierte, entzerrte und mosaikierte historische Kartenwerke zur Verfügung.



Abbildung 13: Georeferenziertes Kartenblatt der 2. Landesaufnahme bei Marchegg, dargestellt mit der ÖK50 (Datenquelle: Kriegsarchiv)

## 7.2 Kartierung

Durch eine Bearbeitung des aktuellen Zustandes sollen bestimmte Merkmale zur Bewertung der flussmorphologischen Entwicklung aufgenommen werden, welche mit der Software Esri ArcMap berechnet werden. In erster Linie können durch Orthophotos und dem digitalen Geländemodell unterschiedliche Oberflächen voneinander unterschieden werden, welche durch eine digitale Erfassung die räumliche Struktur wiedergeben sollen.

---

Folgende Oberflächen und Objekte werden erfasst:

- Wasserflächen, die bei ungefähr mittlerem Wasserstand überflutet sind und in Orthophotos als bedeckt erfasst werden.
- Sedimentflächen sind offene Flächen, die sich durch Ablagerungen des Flusses gebildet haben. Diese können direkt an den Ufern oder als Inseln im Hauptgerinne auftreten, vereinzelt auch im Überschwemmungsgebiet, als noch nicht bewachsene Oberflächen.
- Niedriggelegene Vegetationsflächen („vegetated areas below bankfull“ = (VABB) sind Flächen, welche bei bordvollem Wasserstand überflutet werden. Diese sind durch ihre niedrigen Höhenlagen in Geländemodellen zu erkennen und repräsentieren historische Flusssysteme und deren Auen.
- Höherliegende Vegetationsflächen im Überschwemmungsgebiet („elevated floodplain areas“ = EFA) sind ebenfalls im Höhenmodell zu erkennen und sind als jene auszuweisen, die oberhalb des bordvollen Niveaus liegen.
- Wasserbauten sind Teil der anthropogenen Eingriffe in der Flusslandschaft. Da sie eine dynamische Entwicklung unterbinden, können sie Rückschluss auf die historische Entwicklung des Flusslaufes geben. Zu diesen können Buhnen, Dämme, Wehre oder Uferschutzbauten gezählt werden.
- Siedlungsflächen sind sämtliche bebaute Flächen, zu denen auch das künstlich angelegte Grünland im Siedlungsgebiet hinzugezählt wird.
- Als Straßen werden nur höherrangige und wichtige Verkehrszüge erfasst und werden in ihrer tatsächlichen Breite im Maßstab 1:1.000 als Polylinie kartiert.
- Brücken werden ebenso im Maßstab 1:1.000 in ihrer tatsächlichen Breite als Polylinie eingezeichnet.
- Verteidigungsbauten werden ebenfalls als Polylinien kartiert und zeigen historische (Stadt-)Mauern und Wälle.
- „Landmarks“ stellen wichtige historische Gebäude dar, die nicht nur weithin sichtbar, sondern auch von größerer historischer Bedeutung sind.

Eine zusätzliche Unterscheidung wird bei den Wasserflächen vorgenommen. Diese werden nach deren ökologischen Gesichtspunkten innerhalb des Überschwemmungsgebietes klassifiziert. Durch die Intensität der Anbindung an das

---

Hauptgewässer werden sämtliche Wasserflächen folgend nach Hohensinner et al. (2011, 943) und Amoros et al. (1987, 28) eingeteilt.

- Das Eupotamon entspricht dem lotischen, aktiven Gerinne, welchem sämtliche fließende Gewässerabschnitte zugerechnet werden. Dabei wird das Eupotamon A (EuA) als Hauptarm, welcher größere Wasserflächen darstellt, vom Eupotamon B (EuB) als Nebenarmen, die an beiden Seiten mit dem Hauptgerinne verbunden sind, unterschieden.
- Das Parapotamon umfasst halb stagnierende Gewässer wie Seitenarme, welche flussabwärts noch mit dem Hauptgerinne verbunden sind, flussaufwärts aber verlandet sind. Dieses wird ebenso in ein Parapotamon A (ParaA) und ein Parapotamon B (ParaB) eingeteilt. Dem Parapotamon A gehören dynamische Altarme an, die flussaufwärts durch Kies- oder Sandablagerungen vom Hauptgerinne abgetrennt, aber bei ca. Mittelwasser nach wie vor durchflossen werden. Das Parapotamon B unterscheidet sich davon durch die geringere Dynamik, die abgetrennten Bereiche sind bereits mit Vegetation bewachsen, flussabwärts sind diese Wasserläufe aber ebenso mit dem Hauptgerinne verbunden.
- Das Plesiopotamon ist ein permanent oder temporär stillstehendes Gewässer, ohne Konnektivität zum Hauptgerinne, aber in direkter Nähe dazu. Das Paläopotamon unterscheidet sich davon durch die größere Distanz zum Hauptgerinne und der niedrigeren Möglichkeit eines Austauschs über das Grundwasser.

Zusätzlich werden noch Zubringer und künstliche Gewässer (zu denen Baggerteiche und Fischteiche gehören) unterschieden, die mit dem Flusssystem in direktem Kontakt stehen und ein eigenes Ökosystem repräsentieren.

### **7.3 Auswertung**

Flächenhafte Kartierungen eines abgegrenzten Raumes können bereits quantitativ ausgewertet und so auch Ergebnissen weiterer Zeitschnitte gegenübergestellt werden.

---

So kann eine Entwicklung einer Landschaft und deren Wandel über die Zeit belegt und durch erste Zahlen und Interpretationen aussagekräftig begründet werden. Über die Analyse einzelner Oberflächen hinausgehend sollen flussmorphologische Parameter die untersuchten Zeitschnitte näher beleuchten.

### 7.3.1 Sinuositätsgrad

Als erster hydromorphologischer Parameter wird der Sinuositätsgrad (Laufentwicklung) des Hauptarmes als das Verhältnis zwischen der Länge der Mittelachse des Gerinnes und der Tallänge berechnet (Brierley und Fryirs 2008, 120). Die Tallänge wird hierbei als leicht kurvige Verbindung zwischen dem Eintrittspunkt der March in das Untersuchungsgebiet und der Mündung in die Donau angegeben. Die Mittelachse des Hauptarmes wird mittels *Collapse Dual Line to Centerline* in ArcMap erstellt. Zeigen sich im Eupotamon A zwei ungefähr gleich breite Gerinne um eine Insel, so wird der längere Abschnitt herangezogen.

$$\text{Sinuosity} = \frac{\text{Mittelachse Hauptarm (m)}}{\text{Tallänge (m)}}$$

Das Ergebnis beschreibt den Grad der Sinuosität eines Gewässers oder eines bestimmten Abschnittes. Demnach beschreibt ein Wert < 1.1 einen Flusslauf als gestreckt und ein Wert < 1.5 einen Flusslauf als gewunden. Ein Sinuositätsgrad > 1.5 beschreibt Flüsse als sinuos bzw. mäandrierend (Schäfer 2019, 115).

---

### 7.3.2 Mittlere Breite des aktiven Gerinnes

Ein weiterer Parameter zur Beschreibung der Morphologie des Flusslaufs ist die mittlere Breite des Hauptarmes. Dieser soll die Entwicklung der Breite des Eupotamon A in seiner Evolution über die zu untersuchenden Zeitschnitte angeben. Hierfür bedient man sich der Fläche des aktiven Gerinnes und der Mittelachse des Hauptarmes.

$$\text{Mittlere Breite} = \frac{\text{Fläche des Hauptarmes (m}^2\text{)}}{\text{Mittelachse Hauptarm (m)}}$$

### 7.3.3 Anbindung anderer Gewässertypen

Die hydrologische Konnektivität ermöglicht nicht nur den Austausch an Nährstoffen und die Regulierung der Wassertemperatur, sie schafft durch diese Faktoren ebenso unterschiedliche Habitate. Diese werden aber ebenso durch unterschiedliche Strömungsverhältnisse geschaffen, welche für die Vielfalt der Fauna von großer Bedeutung sind. Unterschiedliche Strömungsverhältnisse bestimmen zB. die Zusammensetzung der Fischgemeinschaft eines bestimmten Gewässerabschnittes und das Vorhandensein intakter Fischpopulationen mit unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Die Ausdehnung der Anbindung wird durch den Vergleich der Anbindungslänge und der gesamten Uferlinie des Hauptgewässers quantifiziert. Anbindungslinien sind dabei jene Linien, die das Hauptgewässer von Nebengewässern an deren Einfluss als direkte Linie trennt. Diese Linie verbindet die beiden Uferseiten und wird für den jeweiligen Zeitschnitt aufsummiert.

$$\text{Anbindungsanteil} = \frac{\text{Anbindungslänge (m)} * 100}{\text{Uferlinie (m)}}$$

---

### 7.3.4 Mäandermigration

Die Raten der Mäandermigration werden zwischen aufeinanderfolgenden Zeitschnitten ermittelt. So kann die Evolution der Mäandermigration quantifiziert werden. Der Fokus dieser Auswertung liegt auf den Verlagerungen des Mäanderbogens bei Flusskilometer 12, welcher südlich von Marchegg zu finden ist und der den einzigen Mäander im Untersuchungsgebiet darstellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass dieser mit dem Zeitschnitt 1942 als abgetrennt gilt und somit nur bis 1896 berechnet werden kann. Daraus resultierend kann die Migration des Mäanders zwischen den Zeitintervallen 1703 - 1755, 1755 - 1821, 1821 - 1896 ermittelt werden.

Die Migration selbst kann aus der Verlagerung des Scheitelpunktes der zentralen Linie zwischen den einzelnen Zeitpunkten ermittelt werden. Dabei wird der Mäanderbogen extrahiert und eine Centerline des Bogens berechnet. Der höchstgelegene Punkt dieser Linie dient dabei als Referenzwert, der mit der Lage der anderen Zeitpunkte abgeglichen wird. Eine einfache Distanzberechnung dieser zwei Punkte kann in weiterer Folge als Migrationsdistanz verstanden werden.

Um die Migrationsrate zu bestimmen wird diese Distanz der Anzahl der Jahre zwischen den beiden Zeitschnitten gegenübergestellt. Um die Rate über den Gesamttraum zu bestimmen, kann dieser zwischen dem frühesten und spätesten Zeitpunkt ermittelt werden.

$$\text{Migrationsrate} \left( \frac{m}{\text{Jahr}} \right) = \frac{\text{Verlagerungslänge (m)}}{\text{Zeitintervall (Jahre)}}$$

### 7.3.5 Erosions- und Verlandungsrate

Erosions- und Verlandungsraten geben demnach Auskunft über das Ausmaß an abgetragenen und verlandeten Flächen des Hauptarmes im Untersuchungsgebiet.

---

Durch eine räumliche Überlagerung des aktiven Gerinnes der jeweiligen Zeitpunkte ist es möglich, erodierte Flächen zu lokalisieren und ebenso verlandete Flächen auszuweisen. Symmetrische Differenzen können hierbei helfen, die veränderten Gebiete direkt darzustellen und deren Flächen anschließend zu berechnen.

Erosionsflächen stellen sich dabei als jene Flächen dar, die bei einem Vergleich zweier Zeitpunkte als Wasserfläche des aktiven Gerinnes dazugewonnen wurden. Analog dazu kann eine Verlandungsfläche als solche angesehen werden, die zum Zeitpunkt 1 als Wasserfläche ausgewiesen wurde und zum Zeitpunkt 2 verlandet ist. Betrachtet man ein größeres Zeitintervall, so ist es möglich, dass bestimmte Flächen nur zwischenzeitlich umgelagert wurden. Solche werden in der Analyse zusätzlich als „zwischenzeitlich umgelagerte Flächen“ gekennzeichnet. Diese werden in beiden Zeitpunkten nicht als Wasserflächen dargestellt und werden aus der „logischen“ Migration des aktiven Bereichs abgewandelt. Somit stellen diese Flächen Lücken dar, die sich zwischen den Wasserflächen beider Zeitpunkte bilden. Bis zu diesem Schritt müssen jene Flächen noch als scheinbare Veränderungen verstanden werden.

Ableitend daraus müssen die eigentlichen Raten bestimmt werden, welche ebenso die Existenz anderer Gewässertypen berücksichtigen. Dabei ist es notwendig, alle anderen bekannten Gewässertypen des älteren Zeitpunkts aus der scheinbaren Erosion zu eliminieren, da diese bereits Gewässerflächen darstellten und somit nicht als neu gebildete Gewässer gelten können. Analog dazu müssen für die tatsächliche Verlandung sämtliche Flächen anderer Gewässertypen des neuen Zeitpunkts entfernt werden, da hier noch Gewässerflächen bestehen und somit keine Verlandung stattgefunden hat.

Die Erosions- und Verlandungsraten werden als Summe zwischen den kartierten Zeitintervallen 1703-1755, 1755-1821, 1821-1896, 1896-1942, 1942-2020 und als Gesamtraten zwischen 1703-2020 berechnet.

### *7.3.6 Regulierungsintensität*

Eine quantitative Abschätzung der Regulierung kann aus einem Vergleich der Gesamtlänge der Ufer und der Summe der verbauten Uferlängen für einen bestimmten

---

Zeitschnitt getroffen werden. Die Regulierungsintensität gibt auch die Stabilität der Ufer im gesamten Untersuchungsgebiet wieder und somit indirekt Aufschluss über den Anteil der natürlichen, potentiell erodierbaren Ufer.

Durch die direkte Nachbarschaft der Wasserbauwerke zu den Ufern können diese aus dem gesamten Umfang des Hauptgerinnes herausgeschnitten werden. Dabei werden Wasserbauten wie Ufersicherungen oder Buhnen berücksichtigt. Zur Berechnung wurde entlang verbauter Ufer eine neue Polylinie erstellt und anschließend der Gesamtlänge der beiden Uferseiten gegenübergestellt.

$$\text{Regulierungsintensität in \%} = \frac{\text{Länge regulierter Ufer (m)} * 100}{\text{Gesamtlänge (m)}}$$

---

## 8 Ergebnisse

### 8.1 Rekonstruktionen

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus der Kartierung dargestellt und in einzelnen Ausschnitten näher auf diese eingegangen. Diese Kartierungen umfassen noch keine nähere Evaluierung der Veränderungen und sollen in den jeweiligen Unterkapiteln nur den Zustand zum bestimmten Zeitpunkt näher beschreiben. Chronologisch werden die Rekonstruktionen beginnend mit dem ältesten Zeitschnitt behandelt und folgen somit nicht dem Ablauf der Bearbeitung. Die Ergebnisse der einzelnen Rekonstruktionen werden in den jeweiligen Karten im Anhang dieser Arbeit dargestellt. Um die Ortsangaben graphisch zu unterstützen wird dem Anhang ebenfalls eine Karte mit den Angaben der Flusskilometer beigelegt.

#### *8.1.1 Rekonstruktion 1703*

Die Rekonstruktion des Jahres 1703 konnte aufgrund der fehlenden Genauigkeit der Karten und ebenso der generellen Verfügbarkeit in einzelnen Abschnitten nur bedingt aus den Kartenwerken abgeleitet werden. Vielmehr wurden hier Ergebnisse des Jahres 1755 übernommen und entsprechend einer möglichen morphologischen Veränderung, kombiniert mit einzelnen Kartierungen in den historischen Materialien, abgeleitet. Anthropogene Strukturen waren in den Karten im und vor dem 18. Jahrhundert kaum kartiert und mussten ebenfalls aus späteren Kartenwerken übernommen werden. Anfang des 18. Jahrhunderts konnten Siedlungen als sehr statisch angesehen werden und wurden demnach nur wenig verändert. Brücken wurden aufgrund der hohen Kosten nur wenige gebaut und Furten als Flussdurchquerungen genutzt (Haidvogel 2022, 63). Straßen wurden im Projektgebiet vor allem als Verbindung der Ortschaft Marchegg mit dem Schloss Hof und anschließend bis weiter in den Süden, als Verbindung mit Markthof errichtet. Entlang des östlichen Ufers konnte ebenfalls eine Straße zwischen der Mündung der Malina bis hin zur Burg Theben rekonstruiert werden.

---

Die March selbst stellte sich als unregulierter, großteils mäandrierender Fluss mit einer Vielzahl an Umlagerungsflächen und im Mündungsbereich als verzweigter Flusslauf dar. Am gesamten Westufer bis zur Einmündung des Stempfelbachs wurde der Kuruzzenwall errichtet, welcher von Redouten ca. alle 300 m unterstützt wurde (Mayer 1889, 216). Hinter der Wallanlage befinden sich das zu dieser Zeit bereits bestehende Schloss Hof mit seinen landwirtschaftlichen Flächen und das Dorf Markthof mit dessen bereits bestehender Pfarrkirche.

Im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes, flussab von Marchegg und vor Einmündung der Malina, zeigte sich eine weit verzweigte Auenlandschaft mit einer Vielzahl an Nebengerinnen, welche weiter flussab in die Malina einmündeten. Die March selbst umfloss hier drei Inseln, laut historischer Kartengrundlage u.a. die Wolfsee Insel, und verfügte bereits

zu dieser Zeit über einen abgetrennten Mäander, welcher ca. 550 m ins Hinterland (siehe Abbildung 14).



Abbildung 14: Ausschnitt der Rekonstruktion 1703 nördlich des Kuruzzenwalls (links unten in schwarzer Linie)

Der Kuruzzenwall erstreckte sich beinahe über das

gesamte Projektgebiet, wurde nur durch den Zapfengraben getrennt und endete östlich von Markthof beim Stempfelbach. An dieser Stelle mündete ein abgetrennter Nebenarm der March in den Stempfelbach bevor dieser selbst in die March einmündete. Obwohl zu dieser Zeit im gesamten Gebiet noch einige Nebengerinne wasserführend waren, zeugten alte tiefliegende Vegetationsflächen von einem noch größer verzweigten Flusssystem. Nördlich des Stempfelbachs bis hin zu Schloss Hof war das Gebiet von höherliegenden Vegetationsflächen geprägt und zeigte nur vereinzelt stillstehende Gewässer ohne Konnektivität.

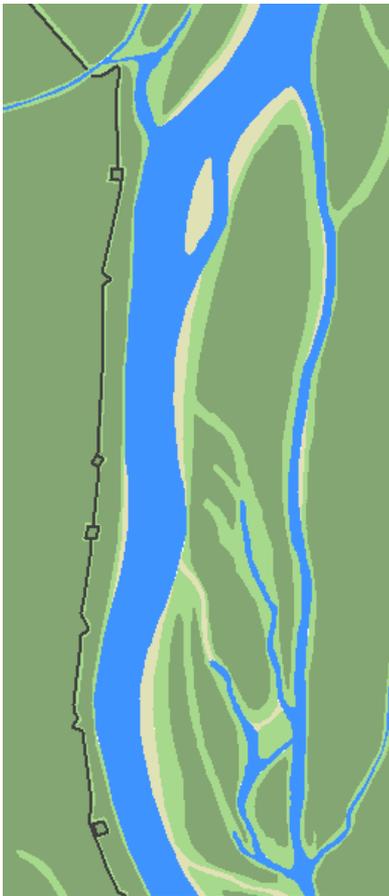


Abbildung 15: Ausschnitt der Rekonstruktion 1703 südlich der Einmündung der Malina mit dem nördlichen Teil der s.g. Salib-Insel

Südlich der Einmündung der Malina trennte sich ein Nebengerinne ab, welches über 3 km parallel der March auf slowakischer Seite floss. Der in Abbildung 15 gezeigte Abschnitt zwischen dem Nebenarm und der March zeigt wasserführende Gewässerarme und tiefliegende Vegetationsflächen, die auf weitere historische Nebenarme der March hindeuteten. Diese entstandene Insel, mit vereinzelt einseitig angeschlossenen Gewässerarmen, bildete zu dieser Zeit laut „Walter-Karte“ die so genannte Salib Insel.

Ab diesem Zusammenfluss wurde der Einfluss der Donau bemerkbar, indem vermehrt Umlagerungsflächen zu beobachten waren und sich der Flusslauf wesentlich verarbeitete. Zusätzlich waren größere

Sedimentationsflächen zu beobachten (siehe Abbildung 16). Diese lagerten sich nicht

nur auf den Inseln, sondern auch vermehrt entlang der Ufer ab. Diese Inseln, die sich vor der Einmündung der Mláka gebildet hatten, werden in den Kartengrundlagen kleine Siget und Jaglaro Insel genannt.

Im Bereich der Einmündung des Rußbachs wies das Untersuchungsgebiet nochmals große Ablagerungsflächen auf, welche durch den Rückstau der Donau und daraus resultierenden veränderten Strömungseigenschaften entstanden. Diese werden zwar nicht in den Karten dargestellt, lassen sich aber aus den darauffolgenden Zeiten ableiten.



Abbildung 16: Ausschnitt der Rekonstruktion 1703 flussab von Markthof im Mündungsbereich zur Donau mit der Burg Theben am südwestlichen Ufer

---

Die Burg Theben auf der Anhöhe eines Felsmassives verschmälert den Mündungsbereich deutlich und prägt das östliche Ufer in seiner Beständigkeit bis heute.

### 8.1.2 Rekonstruktion 1755



Abbildung 17: Ausschnitt des Mündungsbereichs der Mlýnský náhon aus der "Walter-Karte" von 1754-1755

Für das Jahr 1755 ließ sich auf den ersten Blick beobachten, dass das Flusssystem verzweigter auftrat, siehe Abbildung 17. In der Zeit seit 1703 sind Inseln weiter verlandet und Sedimentationsprozesse entlang der Ufer bewirkten, dass die March an Breite verlor. Dieser Prozess ist aber keineswegs als gegeben anzunehmen, sondern auch auf die unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkte der Kartenwerke zurückzuführen. Der Kuruzzenwall wurde nicht mehr als durchgehende Struktur in den Kartenwerken festgehalten und stellt somit einen Verfall oder eine Zerstörung dar. Nach den Kuruzzenüberfällen in den Anfangsjahren des 18. Jahrhunderts folgte der Ausbruch der Pest. Es traten nun häufiger Grenzkontrollen auf, womit Übergänge verhindert wurden. Hierfür wurde ebenfalls der bestehende Kuruzzenwall genutzt, der ab dieser Zeit auch Pestwall oder Linienwall genannt wurde (Mayer 1889, 216).

Im Bereich des Zapfengrabens, entlang des nördlichen Abschnitts des Kuruzzenwalls, wurden in dieser Zeit auch erste Dammkonstruktionen errichtet, welche an den Schanzen des Walls anschlossen. In diesem Bereich bildeten sich ebenfalls bis zur Einmündung der Malina neue Inseln. Nebengerinne der March verlandeten zunehmend und zeigten sich von nun an als tiefliegende Gräben ohne permanente Wasserführung. Südlich des Zapfengrabens, auf slowakischer Seite, blieb der Nebenarm erhalten, welcher auch von einem kleinen Zubringer gespeist wurde.

---

Östlich von Schloss Hof war wieder verstärkt der Einfluss der Donau bemerkbar. Es kam hier erneut zu Ablagerungen entlang der Ufer und zu einer Ausweitung des Flussbettes. Die hier liegenden Inseln in der March sind weiter verlandet und waren nun auch zum Teil mit Vegetation bedeckt, welche in nebenstehender Abbildung gezeigt werden. Bis hin zur Einmündung des Stempfelbachs waren Sedimentationsflächen prägend für diesen Abschnitt und erstreckten sich bis zur Mündung in die Donau. Aufgrund der fehlenden Kartengrundlage für das Jahr 1703 konnten nur wenige Veränderungen der Oberfläche bis zu dieser Zeit festgehalten werden. Das aktive Gerinne wurde in seiner Größe und Form nur wenig verändert und zeigte im Vergleich zu 1703 auch nur angedeutete Unterschiede im Auftreten von Sedimentflächen. Größere Veränderungen der Morphologie werden erst in den folgenden Kartierungen zu beobachten sein, da die Genauigkeit der Kartenmaterialien für die folgenden Zeitschnitte stark zunahm.



Abbildung 18: Ausschnitt der Rekonstruktion 1755 östlich des Schloss Hof

### 8.1.3 Rekonstruktion 1821

Wie Hohensinner (2022, 21) festhält, kam es aufgrund von Klimaverschlechterungen und kühlen Temperaturen zu zeitweisen vermehrten Niederschlägen in Mitteleuropa und führte ab 1768/69 zu einer erhöhten Hochwassergefahr, welche auch durch geringe Uferhöhen zu großen Überschwemmungen führten. Diese Häufung sehr großer Hochwasser fand 1787 seinen Höhepunkt und stellte im Donaauraum abschnittsweise ein größeres Ereignis als jenes von 2013 dar (Hohensinner 2015, 10). Die auftretenden Hochwasserereignisse führten dazu, dass sich Mäanderschlingen immer weiter ausbreiteten und gleichzeitig auch natürliche Mäanderdurchbrüche begünstigt wurden (Hohensinner 2022, 24). Diese Ereignisse hatten im Untersuchungsgebiet ebenfalls

---

große Auswirkungen im Mündungsbereich der March und lösten hier auch ein Vordringen der Donau aus. Nachfolgende Abbildung 19 zeigt diese Verlagerung des Ufers der Donau nordwärts und eine daraus resultierende Erosionsfläche von 14,5 ha. Die Uferlinie für 1755 wird dabei in blauer Signatur dargestellt, jene Uferlinie für 1821 in Rot.

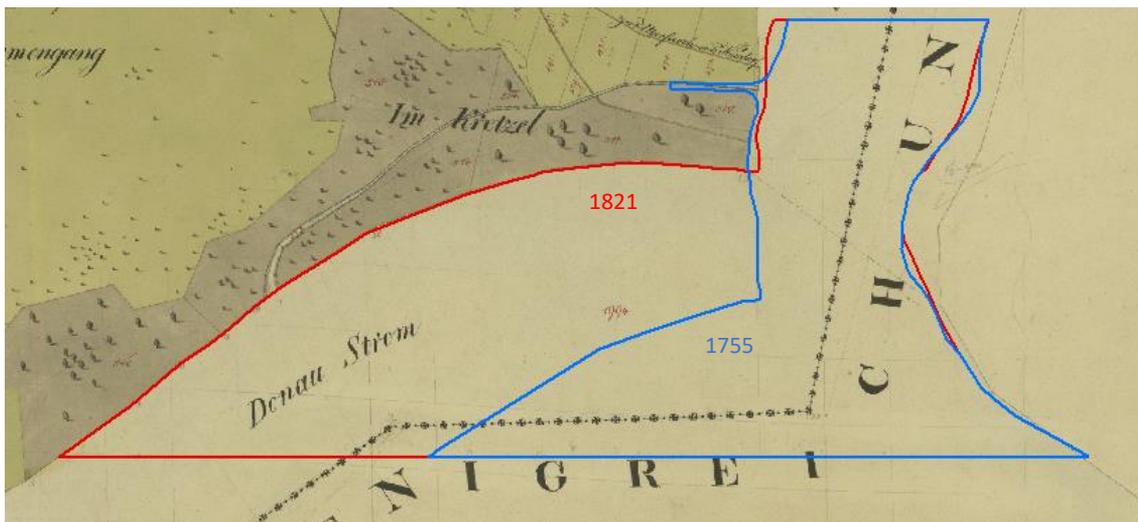


Abbildung 19: Verlagerung der Uferlinie der Donau mit Franziszeischen Kataster als Basiskarte (Datenquelle: Archiv des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen)

Im 18. Jahrhundert kam es zu einem Ausbau von Schloss Hof mit prunkvollen Gartenanlagen und das Areal entwickelte sich zu einem herrschaftlichen Landsitz. 1771 entstand mit der Errichtung einer Holzbrücke östlich des Schlosses der erste Übergang über die March im Untersuchungsgebiet (Hofer 2018, 19). Die Straße, die Schloss Hof mit der slowakischen Seite und dem Ort Nová Ves verband, wurde unterstützend auf einer Dammanlage errichtet.



Abbildung 20: Ausschnitt der Rekonstruktion 1821 östlich des Schloss Hof mit Marchüberquerung

---

Im nördlichsten Abschnitt des Projektgebiets, welches nachfolgend in Abbildung 21 dargestellt wird, kam es auf slowakischer Seite zu einer Ausweitung des Mäanders, welcher in späterer Folge für einen Durchstich definiert wurde. Ein weiterer Bogen bildete sich bei der Mündung der Malina, welcher bei der Rekonstruktion von 1821 von zwei Nebengerinnen begleitet wurde. Der ältere, sich bereits im Umland an der Südseite befindende Mäanderbogen nahe dem nördlichen Ende des Untersuchungsgebietes ist weiter verlandet und zeigte von nun an nur mehr abgetrennte kleinere Gewässer. Nahe der Mündung der Malina wurde ein Nebenarm am oberen Ende abgetrennt und charakterisiert sich seither nur mehr als ein abgetrennter Nebenarm, in dessen ehemaligem Gerinne sich bereits Vegetation bildete.

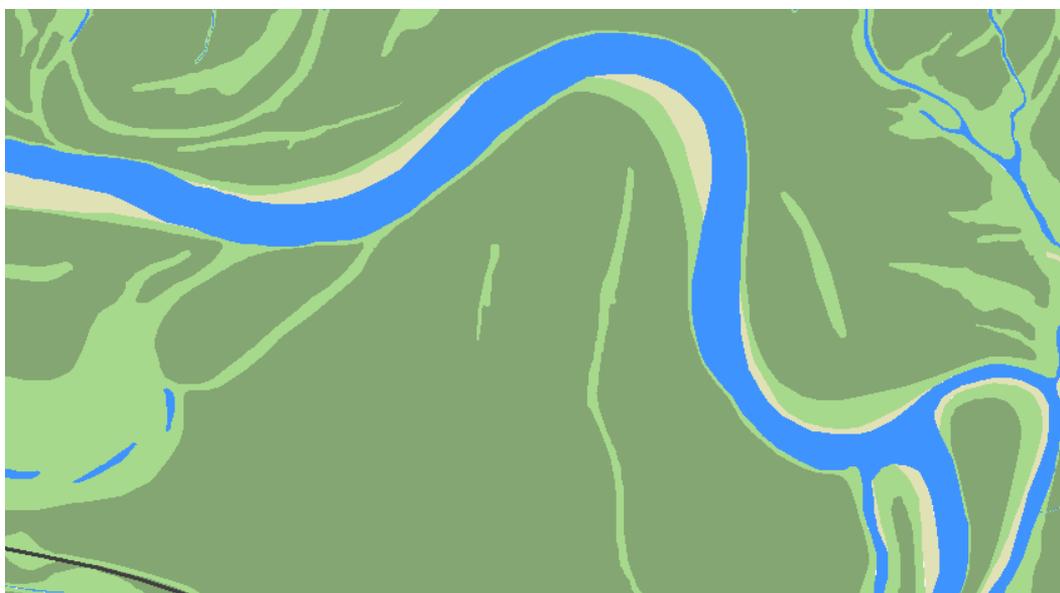


Abbildung 21: Ausschnitt der Rekonstruktion 1821 mit dem Einfluss der March in das Projektgebiet und der Malina im Osten

Südlich des Zapfengrabens zeigte sich nun ein Flusssystem aus mehreren Nebenarmen, welches neu gebildet wurde. Gleichzeitig kam es auf der slowakischen Seite vermehrt zu Verlandungsprozessen in den Nebenarmen, wodurch weiter im Hinterland gelegene Arme vom Flusssystem abgetrennt wurden. So kam es auch zur Abtrennung des begleitenden Nebenarmes zwischen dem Zapfengraben und der Mláka. Dieses System wurde nicht nur vom Fluss entkoppelt. Es zerfiel in mehrere Abschnitte und bildete von nun an ein ehemaliges Auensystem, welches 1821 nur mehr ein nicht zusammenhängendes Gewässergebiet zeigte. Bis zur Einmündung des Stempfelbachs

---

wurden sämtliche Inseln neu gebildet und davor bestehende durch die Hochwasser vollständig abgetragen. So kam es nördlich der Brücke auch zu einer Neubildung von zwei größeren Inseln, welche in den Kartenwerken unbenannt bleiben. Bei Erosions- und Verlandungsprozessen kam es hier auch zu einer Neubildung eines Hauptarmes, welcher die beiden Inseln voneinander trennt.

Zusätzlich zur Errichtung eines Dammes für den Bau einer Straßenquerung wurden weitere kleinere Wasserbauten entlang der March errichtet. So wurde 800 m südlich der Überquerung ein Uferschutz auf slowakischer Seite gebaut und ebenso ein Uferschutz bei der Burg Theben zur Verhinderung fortschreitender Erosion.

Durch die Verlagerung des Donaufers sind alte Nebengerinne zwischen Rußbach und der Donau zum einen durch die fortschreitende Erosion verschwunden, zum anderen sind aber auch Gräben durch die eingetretenen Hochwasser und einhergehenden Ablagerungen bei dessen Rückzug verlandet.

#### *8.1.4 Rekonstruktion 1896*

1896 stellt den Zeitpunkt vor den ersten großen Eingriffen in den Flusslauf innerhalb des Untersuchungsgebietes dar. Obwohl bereits vereinzelt Wasserbauwerke im Untersuchungsgebiet zu finden waren, waren diese weniger auf die Verbauung der March konzentriert, sondern handelte sich eher um Dammstrukturen im Hinterland.

Die beiden Hauptstrukturen zu dieser Zeit waren der bereits bestehende Bahnübergang der Marchegger Ostbahn und jene Brücke östlich von Schloss Hof. Letztgenannte wurde im Laufe der Zeit mehrmals zerstört. Dies war auch im Zeitraum um 1896 zu beobachten, da historische Karten nach 1880 an dieser Stelle keinen Übergang mehr zeigen. Diese Umstände waren auf eine Zerstörung um 1880 zurückzuführen, als ein Eisblock die Brücke zum Einsturz brachte. Erst 2010 wurde an dieser Stelle eine neue Brücke errichtet, die heute ausschließlich dem Fuß- und Radverkehr dient. (Hofer 2018, 19).



Abbildung 22: Ausschnitt der Rekonstruktion 1896 mit dem Teilstück der Marchegger Ostbahn

Die Marchegger Ostbahn durchzieht das Untersuchungsgebiet nördlich von Schloss Hof und wurde, wie die Straßenüberquerung, auf Dammstrukturen errichtet. Auf slowakischer Seite trennt sich die Bahn heute noch in eine weiterführende Strecke in den Norden und eine weiter südöstlich verlaufende Verbindung in Richtung Bratislava auf. Charakteristisch für diese Zeit war ebenfalls das Verschwinden einzelner Wallkonstruktionen, was dem natürlichen Verfall geschuldet war. 1896 waren nur noch wenige vereinzelte Strukturen und keine größeren zusammenhängenden Anlagen mehr vorhanden.

Obwohl für 1821 mit dem Franziszeischen Kataster bereits eine sehr genaue Kartengrundlage zur Verfügung stand, war 1896 der erste Zeitschnitt, wo mit der March-Reambulierung ein erstes detailliertes Kartenwerk vorhanden war, welches nicht nur die March lagegenau darstellt, sondern ebenfalls Höheninformationen enthalten sind. Dadurch konnten höher- und tieferliegende Vegetationsflächen genauestens abgeleitet werden.



Abbildung 233: Ausschnitt des Mündungsbereichs der Malina mit dem im Osten liegenden abgetrennten Nebenarm 1896

Im Norden war bis 1896 ein weiteres Vorrücken des Mäanders zu beobachten, welcher sich bereits nahe zu den im Hinterland liegenden älteren Nebengewässern hinbewegte. Westlich davon kam es zu einer Neubildung einer Insel, welche von zwei ähnlich breiten Armen umflossen wurde. Ohne anthropogene Eingriffe kam es im Mündungsbereich der Malina, welcher in Abbildung 23 zu sehen ist, zu einer Ausprägung eines einzelnen Hauptarmes, welcher sich nun linearer Richtung Süden ausrichtete. Ältere Arme wurden abgetrennt und dessen Gräben im Umland verlandeten sehr stark. Der hier auf slowakischer Seite bisher bestehende Nebenarm wurde auch

stromabwärts von der March abgetrennt und zeigte sich nur mehr als eine Fläche mit einzelnen abgetrennten Gewässern, welches ebenso in Abbildung 23 zu sehen ist.

Zwischen der Malina und dem Zapfengraben kam es mit diesem Zeitschnitt zu einem ersten größeren Eingriff an den Ufern der March. Der in Abbildung dargestellte Uferschutz wurde errichtet, welcher eine weitere Erosion am Prallhang verhindern sollte. Wie auch in anderen Abschnitten dieses Zeitschnittes kam es zu Neubildungen von Inseln und gleichzeitig zur Reduzierung von Seitenarmen.

Südlich der Bahnüberquerung war ein deutlicher Rückgang an Wasserflächen zu beobachten. Hier bildete sich ein Hauptarm über eine längere Strecke aus, welcher ab dieser Zeit nicht mehr von Nebengerinnen begleitet wurde. Überreste der ehemals



Abbildung 24: Ausschnitt erster größerer wasserbaulicher Eingriffe an der March nördlich des Zapfengrabens 1896

---

angeschlossenen Nebenarme waren noch auf österreichischer Seite zu beobachten, welche durch Sediment- oder Umlagerungsflächen vom Hauptgerinne abgetrennt wurden. Flussabwärts der ehemaligen Holzbrücke war ein deutlicher Rückgang der Breite des Flussbettes im Vergleich zu 1821 zu beobachten. Verglichen mit flussaufwärts liegenden Gebieten im gleichen Zeitschnitt war auch erneut eine Aufweitung der March zu erkennen, was wiederholt auf den Einfluss der Donau und dessen Rückstau zurückzuführen war.

Veränderungen waren auch bei sämtlichen Zubringern zu beobachten. Die Malina wurde im Untersuchungsgebiet bis 1896 begradigt und mit einem künstlich geschaffenen Nebengerinne erweitert. Der Zapfengraben war in seiner Mündung zunehmend verlandet und war zeitweise bei geringem Abfluss von der March abgetrennt. Die Mláka und der Stempfelbach verloren deutlich an Breite und letzterer lies im Zuge seiner Versmälerung größere Sedimentflächen zurück. Südlich von Markthof, entlang des Stempfelbachs, wurde ebenfalls ein Damm errichtet, um die Siedlung bei größeren Abflussmengen zu schützen. Ein weiterer Eingriff fand sich am Nordufer der Donau. Zum einen sollte das von der Donau erodierte Ufer geschützt werden, zum anderen wurde auf der Höhe des früheren Donauufers ein zusätzliches Leitwerk installiert, wodurch es in den abgetrennten Flächen zu Verlandungen kommen und die Fahrtrinne der Donau für den Schiffsverkehr zentriert und stabiler werden sollte.

Abbildung 24: Ausschnitt wasserbaulicher Maßnahmen an der Donau 1896 mit der Burg Theben am östlichen Ufer in schwarz dargestellt



---

### 8.1.5 Rekonstruktion 1942

Die in der Regulierung der March festgelegten Mäanderdurchstiche betrafen im untersuchten Gebiet nur den Durchstich D II, welcher in etwa ab Flusskilometer 12,5 vorgenommen wurde und nördlich angrenzend der Mündung der Malina lag. Hier wurde bereits zwischen 1914 und 1916 mit ersten Aushubarbeiten begonnen, wobei das gewonnene Material für die Dammerrichtung verwendet wurde. Verorteten ließen sich weitere Aushubarbeiten nördlich und südlich des Zapfengrabens, wo hinterlassene Becken von den Arbeiten zeugten. Aufgrund der instabilen politischen und wirtschaftlichen Lage in Europa konnte dieser Abschnitt jedoch erst zwischen 1940 und 1943 fortgeführt und vollendet werden (Benz und Schwingshandl 2008, 75). Weitere Eingriffe erfolgten vor allem mit der Regulierung des Mündungsbereiches bis Fkm 3,6 und der Errichtung des Hochwasserschutzdammes flussauf der Ostbahnbrücke zwischen 1915 und 1918 (Benz 2019, 238).



Abbildung 25: Ausschnitt der Rekonstruktion 1942 bei Mäanderdurchstich D II flussab von Marchegg

In nebenstehender Abbildung 25 wird der angeführte Mäanderdurchstich D II dargestellt. Deutlich erkennbar sind die Verlagerung des Gerinnes und die Abtrennung des Mäanders. Wie im Mündungsbereich und an der Überquerung der Ostbahn wurden Ufer befestigt und an der Stelle des Durchstichs ebenfalls ein Damm mit einer ungefähren Breite von 10 m errichtet.

Die Malina, welche im Projektgebiet als erster Zubringer in die March mündet, wurde bis 1942 im unteren Abschnitt reguliert und begradigt. Wie in Abbildung 26 dargestellt wurde begleitend ein Damm errichtet, welcher bis zum Zusammenfluss mit ihrem



Abbildung 26: Ausschnitt der Malina der Rekonstruktion 1942

Begleitgerinne nahe der Einmündung in die March konstruiert wurde. Zusätzlich zu den Begradigungen und Uferbefestigungen der March und ihrer Zubringer, wurde bis zum Jahr 1942 im Projektgebiet ebenso die Fertigstellung des Hochwasserdammes beobachtet. Bis zu diesem Zeitschnitt wurde die March fast vollständig verbaut und nur letzte Überreste an der Mündung in die Donau auf slowakischer Seite und Abschnitte vor und nach dem Durchstich II zeigten noch natürliche Uferentwicklungen im Hauptgerinne. Flussab der Einmündung der Malina wurden zahlreiche Buhnen eingebaut, welche eine Vertiefung der Fahrrinne und ebenfalls eine Verlandung am Ufer bewirken sollen.

Solche Buhnen wurden im Untersuchungsgebiet ebenfalls eingesetzt, um Nebenarme vollständig verlanden zu lassen. 17 solcher Konstruktionen wurden bei dem in nebenstehender

Abbildung 27 gezeigten historischen Seitenarm installiert, welcher bereits vollständig vom Hauptarm abgetrennt wurde. Auf Höhe der Eisenbahnbrücke, auf slowakischer Seite, verschwand auch ein etwas kleinerer Zubringer, was womöglich auch dazu führte, dass abgetrennte Gewässer in diesem Bereich nochmals an Fläche verloren.



Abbildung 27: Ausschnitt der Rekonstruktion 1942 nördlich der Eisenbahnbrücke

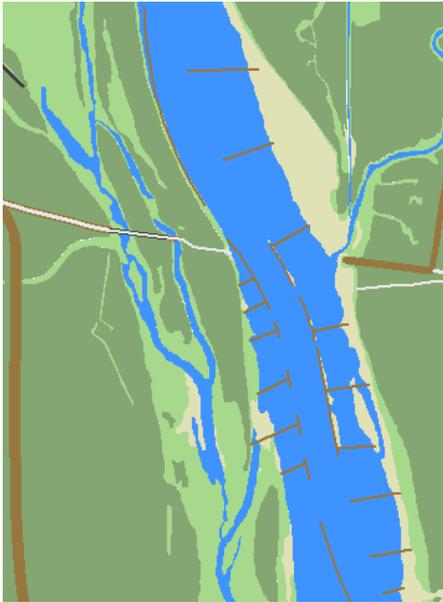


Abbildung 28: Ausschnitt der Rekonstruktion 1942 östlich von Schloss Hof mit der Mlaka im Osten als Zubringer

Im Bereich der ehemaligen Holzbrücke, östlich Schloss Hof, fanden sich noch historische Zeugen des alten Flusssystemes (siehe Abbildung 28). Hier gab es noch einseitig angeschlossene Altarme, welche auch einzelne Verzweigungen aufwiesen, aber dennoch an Fläche verloren.

An den bis 1942 ausgebildeten Inseln südlich der Mlaka wurden nun Leitwerke und Uferschutz-Vorrichtungen installiert, um den Abfluss in den verschmälerten Hauptarm östlich davon zu lenken. Ein großer Teil des ehemaligen Systems wurde hier abgetrennt und war in den darauffolgenden Jahren massiv verlandet. Durch weitere Konstruktionen von Querbauten und Leitwerken nahe des

Mündungsbereichs wurde der Fluss erneut verschmälert, was durch eine fortschreitende Verlandung zusätzlich unterstützt wurde.

Die bis zum Jahr 1896 am Nordufer weit vorgedrungene Donau war bis 1942 fast vollständig verlandet. Hier wurden ebenfalls Bühnen und Leitwerke errichtet, welche den Prozess beschleunigten. Ein landeinwärts errichteter größerer Damm repräsentiert sich heute noch als Grenze der vorgerückten Donau und trennt höher- und tieferliegende Vegetationsflächen.



Abbildung 29: Ausschnitt der Rekonstruktion 1942 im Mündungsbereich

---

### 8.1.6 Rekonstruktion 2020

Wie im einführenden Kapitel 5.2.3 bereits beschrieben, wurde die March zwischen den Jahren 1936 und 1964 stark reguliert, was dazu führte, dass der Austausch mit den Augewässern eingeschränkt und somit Wasserflächen aufgrund der Verlandung stark reduziert wurden (Strohmaier et al. 2011, 45).

Somit war die Zeit bis 2020 von starken Verlandungsprozessen geprägt. Der Anteil der Gewässerflächen im Untersuchungsgebiet reduzierte sich von ca. 280 ha auf 160 ha und gleichzeitig ging auch der Anteil von offenen Sedimentflächen oder unbewachsenen Überflutungsflächen um fast 80 % zurück. Durch die Verschmälerung des Gerinnebettes bei gleichbleibendem Abfluss kam es gleichzeitig zu einer Sohleintiefung und einem Rückgang an Sedimentflächen entlang der Ufer. Bis 1965 erfolgte eine komplette Regulierung der March und somit auch die Abschottung der March von ihrem Umland und der Möglichkeit für Austauschprozesse zwischen Fluss und Au (Benz 2019, 240). Im unteren Drittel des Projektgebietes kam es durch die Integration von Leitwerken verstärkt zu einer Verschmälerung der Flussbreite um bis zu mehr als 50 %. Durch Verlandungsbauten wurde nach dem 2. Weltkrieg ein Seitenarm nördlich der Ostbahnbrücke trockengelegt. Mit dem Abtrennen des Mäanders (sogenannter Durchstich II) wurde dieser weiteren Verlandungsprozessen ausgesetzt, wodurch Wasserflächen verloren gingen und mehr als die Hälfte der ursprünglichen Fläche bereits von Vegetation überdeckt ist.

Der alte Nebenkanal der bereits vor 1942 verbauten Malina, welche südlich des Mäanders in die March mündet, verlandete durch die Umlenkung ebenfalls nahe des Mündungsbereichs und wird nun bereits 1,5 km flussaufwärts in die Malina gelenkt.



Abbildung 30: Ausschnitt der Rekonstruktion 2020 bei Mündung der Mláka

Im Bereich der Fahrradbrücke der Freiheit, welche nun an der Stelle der ehemaligen Holzbrücke neu errichtet wurde und seit 2010 Schloss Hof und den Norden Bratislavas bzw. Devínska Nová Ves verbindet, mündet die Mláka als naturbelassener Zubringer in die March ein (siehe Abbildung 31). Die Mláka selbst wurde in den letzten Jahrzehnten, im Vergleich zu oberhalb gelegener Abschnitte, im Mündungsbereich nicht reguliert

und konnte sich weitgehend naturnah entwickeln. Die bis 1942 angebrachten Uferschutzbauten sorgten dafür, dass die March an dieser Stelle nochmals stärker eingengt wurde.

Südlich angrenzend wurde die March ostwärts abgelenkt und die bestehende Insel wesentlich vergrößert. Der nach 1896 und bis in die 1960er Jahre bestehende Seitenarm östlich Markthof verlandete daraufhin immer mehr, durch die Entfernung der Uferbauten beim Einfluss der March wurde dieser aber nun dauerhaft an diese angebunden und mündet im Mündungsbereich des Stempfelbachs ein.

In den 1990er Jahren wurde dem Gedanken zur Regulierung zum ersten Mal



Abbildung 31: Ausschnitt der Rekonstruktion 2020 östlich von Markthof mit wieder angebotenen Nebengerinnen an die March

---

entgegengewirkt und erste Ideen zur Revitalisierung der March eingebracht, welche bis 2020 auch vermehrt in Renaturierungsmaßnahmen umgesetzt wurden (Stelzhammer 2022, 118). Zwischen km 0,5 und 2 kam es zum Rückbau von Uferbefestigungen und somit zu Neuanschlüssen von Nebengerinnen (siehe Abbildung 31). Renaturierungsmaßnahmen, die im Zuge des LIFE+ Projekts definiert wurden, sehen eine Öffnung von Regulierungsbauwerken und die Entfernung von Querbauwerken vor, die eine erneute Vernetzung des Überschwemmungsgebietes mit der March bewirken sollen (Egger et al. 2013, 24). Oberhalb der Mündung des Stempfelbachs kam es durch das Abschneiden der Nebenarme zum stärksten Rückgang an Wasserflächen. Hier wurden in den vergangenen Jahren alte Gewässersysteme neu rekonstruiert und ein bereits abgetrennter Seitenarm bis 2020 wieder an die March angeschlossen.

Südlich des Stempfelbachs wurde ein neuer Seitenarm angelegt, welcher einen Teil des einmündenden Wassers weiter flussabwärts in die March einbringt, welcher ebenfalls in Abbildung 31 zu sehen ist. Im Bereich zwischen dem Stempfelbach und dem Rußbach wurde ein neues Gewässersystem geschaffen. Bis zur kompletten Regulierung war dieser Bereich von einem einzelnen Hauptgerinne geprägt und wies durch den Einfluss der Donau große Sedimentflächen auf.

Durch die Anlage von Leitwerken, welche in Abbildung 32 in brauner Linie zu sehen sind, und der einhergehenden Verschmälerung der March wurde generell eine schleichende Verlandung tiefliegender Bereiche herbeigeführt

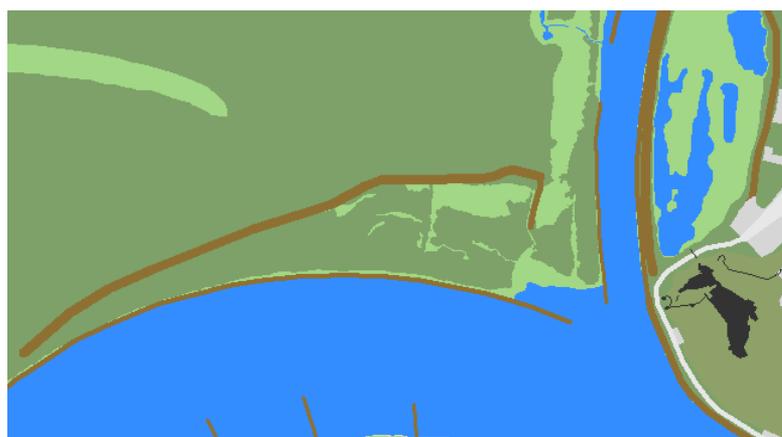


Abbildung 32: Ausschnitt der Rekonstruktion 2020 im Mündungsbereich zur Donau

(Egger et al. 2013, 18). Das Gewässersystem, welches in diesem Bereich bis 2020 auch renaturiert wurde, weist nun mehrere Seitenarme und Inseln auf. Bestehende Buhnen wurden komplett entfernt und Seitenarme können nun barrierefrei abfließen. Im Mündungsbereich der Donau, an der slowakischen Seite nahe der Burg Theben, wurden

die Ufer weiter verstärkt. Die ehemaligen Sedimentbänke in der Bucht direkt nördlich der Ruine Theben wurden durch die Einengung der March und einhergehenden Uferbefestigungen vollkommen abgetrennt. Auf österreichischer Seite wurden die Bühnen im Hinterland entfernt, wo ebenfalls ein Rückgang der Sedimentflächen und des VABBs zu beobachten war.

## 8.2 Gewässertypen im aktiven Gerinne

Die Gewässertypen (aquatische Makrohabitate) werden für sämtliche Sediment- und Gewässerflächen im Untersuchungsgebiet bestimmt. Dabei unterscheiden sich die einzelnen Typen je nach Konnektivität zum Hauptgerinne und zeigen folgende Flächenanteile im Projektgebiet über den gesamten Untersuchungszeitraum.

Tabelle 2: Flächenverteilung der Gewässertypen (nach Definition der Gewässertypen in Kapitel 7.2)

Gewässertypen	1703	1755	1821	1896	1942	2020
	Fläche (ha)					
Eupotamon A	337,8	319,8	287,9	250,7	114,0	92,3
Eupotamon B	33,1	43,5	45,3	16,9	0,0	23,9
Parapotamon A	17,9	15,2	6,4	11,4	0,0	0,0
Parapotamon B	21,3	23,3	24,9	15,9	126,5	5,5
Plesio-Paläopotamon	7,0	6,8	7,2	9,8	25,8	16,8
Künstliche Gewässer	0,02	0,5	0,8	0,7	3,3	14,5
Zubringer	17,8	17,1	15,0	13,8	7,2	6,4
Gesamt	<b>435,0</b>	<b>426,2</b>	<b>387,5</b>	<b>319,1</b>	<b>276,8</b>	<b>159,3</b>

Allgemein kann festgehalten werden, dass eine fortschreitende Regulierung die Anteile unterschiedlicher Gewässertypen deutlich beeinflusst. Eine Abtrennung von Nebenarmen führt dazu, dass eine ganzjährige Anbindung an das Hauptgerinne und somit ein Austausch an Wasser und Nährstoffen unterbunden wird. Dies manifestiert sich in der Abnahme von Eupotamon B und Parapotamon A Flächen, welche beide über mindestens eine direkte Anbindung an das Hauptgerinne verfügen. Eine solche Abtrennung dieser Typen führt im Normalfall zu einer Zunahme von Parapotamon B, welche im Unterschied zu einem Parapotamon A, nur mehr einseitig an den Hauptarm angebunden sind. Weitere Verbauungsmaßnahmen und fortschreitende Verlandung

zeigt sich in weiterer Folge dann auch in der Zunahme von isolierten Gewässern, wie dem Plesio- oder Paläopotamon.

All diese Entwicklungen sind im Projektgebiet zu beobachten. So kam es zum einen zu einem deutlichen Rückgang an Gewässerflächen des Hauptgerinnes und durch vermehrte menschliche Eingriffe ab dem Zeitschnitt 1942 zum anderen zu einem dramatischen Rückgang an ParaA und B Flächen, welches bis 2020 auch zu einem vollkommenen Verlust an ParaA führte. Dies kann auch in nachfolgender Abbildung 33, gemeinsam mit einem flächenhaften Rückgang sämtlicher Gewässertypen, abgelesen werden.

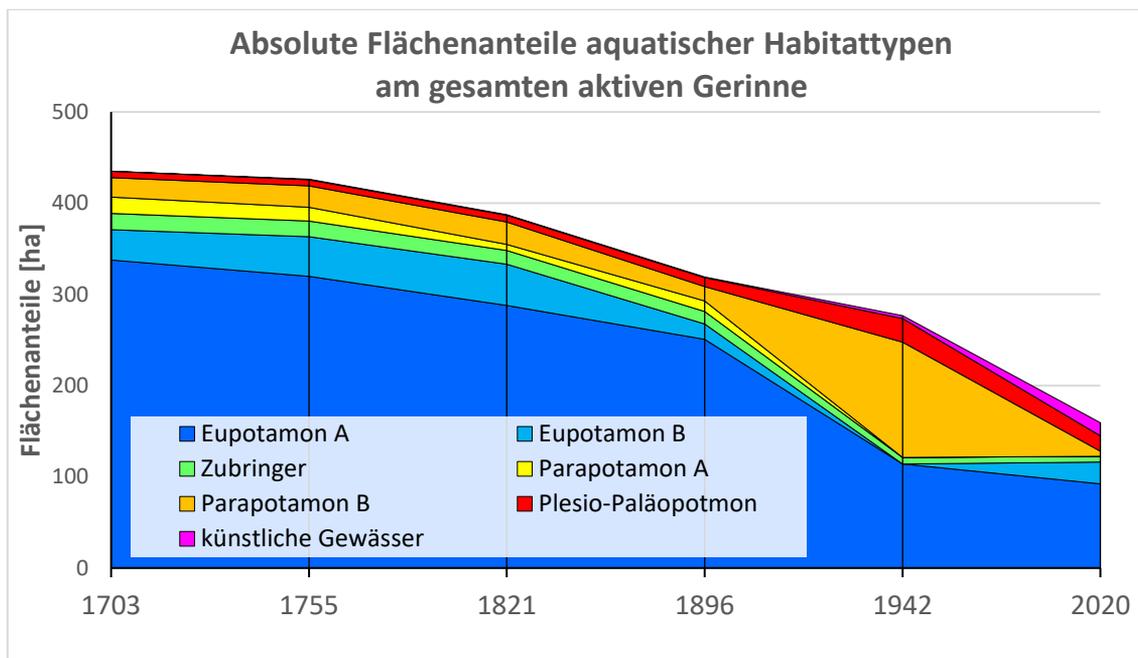


Abbildung 33: Flächenanteile der Gewässertypen in ha

Sieht man sich die Entwicklungen etwas genauer an, so kann für 1703 festgehalten werden, dass die flächenhafte Zusammensetzung aller natürlichen Gewässertypen, außer dem Hauptarm (EuA), in etwa ähnlich gewesen ist. Diese Zusammensetzung wurde mit den Jahren immer weiter verändert. Vor den großen Interventionen ab 1910 nahm die Fläche sämtlicher Gewässertypen in gleichbleibender Tendenz ab. Mit dem Jahr 1942 stellt das Projektgebiet dann aber ein ganz anderes Bild an Gewässertypen dar. Einen nennenswerten Anteil nahmen mit diesem Zeitschnitt nur mehr das EuA, das ParaB und die vollständig isolierten Gewässer ein. Mit diesem Zeitschnitt konnte

ebenfalls auch ein erster größerer Anteil an künstlichen Gewässern mit über 3 % der Gesamtfläche beobachtet werden, welcher bis 2020 noch einmal signifikant auf beinahe 15 % ansteigt.

Die Abtrennung von Alt- oder Nebenarmen im Projektgebiet ist auch an den angestiegenen Anteilen von ParaB und Plesio-/Paläopotamon Flächen zu erkennen. Eine starke Präsenz im Zeitschnitt 1942 wurde aber aufgrund der jüngst vorgenommenen Renaturierungen noch einmal verändert und führte im Gesamtbild aller Gewässertypenanteile erneut zu einem Trendwechsel. Es zeigt sich zwischen 1942 und 2020 wieder eine Zunahme von beidseitig angeschlossenen Nebenarmen und gleichzeitig ein starker Rückgang der einseitig abgetrennten Altarme. Obwohl nach wie vor keine ParaA Flächen im Untersuchungsgebiet vorgefunden werden, so konnten zumindest wieder EuB rekonstruiert werden, die einen permanenten Durchfluss aufweisen.

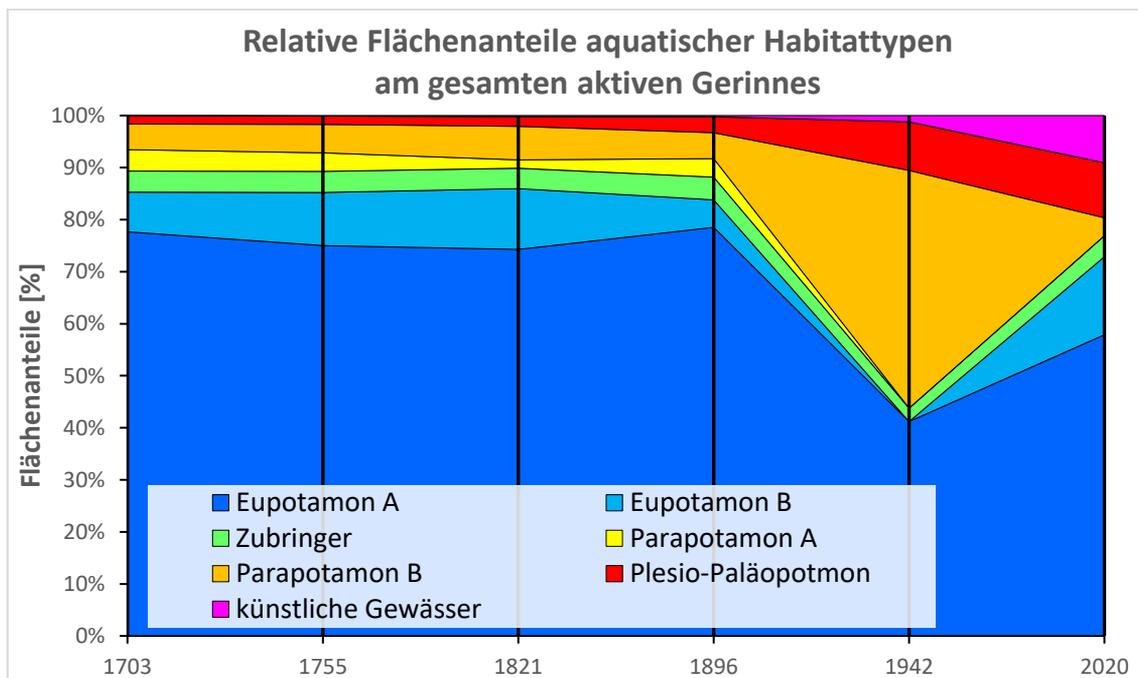


Abbildung 34: Relative Anteile der Gewässertypen an der jeweiligen Gesamtfläche

Wie Abbildung 34 verdeutlicht, ist der Anteil sämtlicher Gewässertypen an der Gesamtfläche zwischen 1703 und 1896 in etwa gleichbleibend. Erst anthropogene Eingriffe veränderten dieses Gefüge und konnte auch durch erste Renaturierungen bis 2020 nicht mehr wiederhergestellt werden.

Tabelle 3: Veränderung der Flächenanteile der Gewässertypen zwischen 1703 und 2020

Gewässertypen	1703	2020
	Flächenanteile (%)	
Eupotamon A	77,7	57,9
Eupotamon B	7,6	15,0
Parapotamon A	4,1	-
Parapotamon B	4,9	3,4
Plesio-Paläopotamon	1,6	10,6
Künstliche Gewässer	-	9,1
Zubringer	4,1	4,0

durch relative Flächenzunahmen an künstlichen und isolierten Gewässern und ebenso der EuB Flächen ausgeglichen. Auch wenn die absolute Fläche des EuB zwischen 1703 und 2020 zurückgegangen ist, so nimmt sie dennoch einen größeren Anteil an der Gesamtfläche der Gewässertypen ein, welcher Umstand in Tabelle 3 verdeutlicht wird. Somit kann abschließend festgehalten werden, dass durch die Errichtung von Wasserbauten die Gewässertypen eine unterschiedliche Zusammensetzung gezeigt haben und auch die permanent durchflossenen Gewässer einen dramatischen Rückgang aufweisen. Dieser Entwicklung konnte nur in einem kleinen Rahmen durch Renaturierungsmaßnahmen entgegengewirkt werden.

Ergänzend zur Darstellung in Abbildung 34 kann die Entwicklung zwischen 1703 und 2020 noch einmal zusammenfassend betrachtet werden. So zeigen die Flächenanteile des Hauptarmes einen Rückgang von beinahe 20 % bezogen auf sämtliche Gewässer 1703 bzw. 2020. Diese Entwicklung geht mit der Einengung des Hauptarmes und somit der verlorenen Breite einher. Dieser starke Rückgang wird anteilig

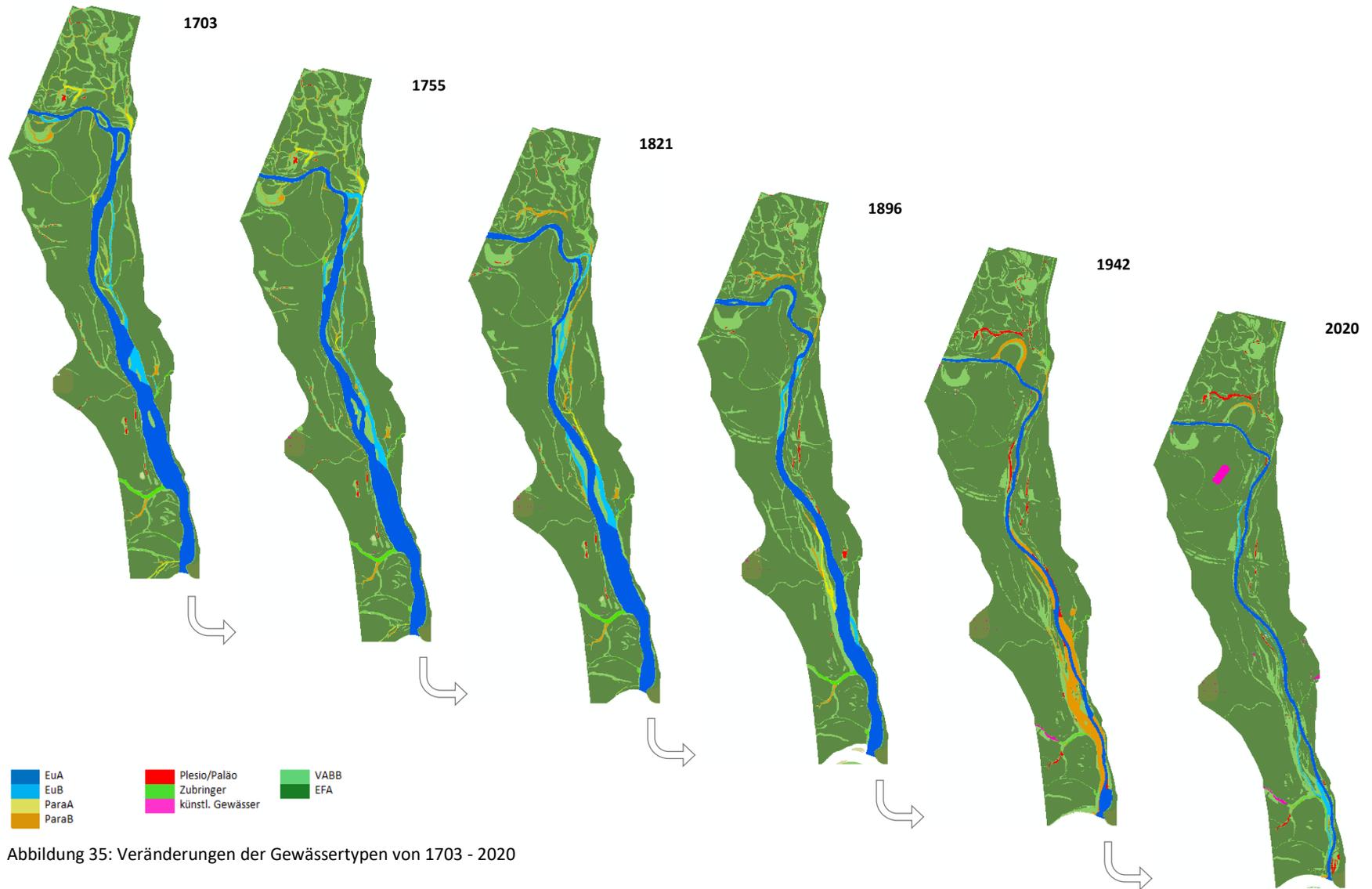


Abbildung 35: Veränderungen der Gewässertypen von 1703 - 2020

---

### 8.3 Entwicklung der Sinuosität

Der Grad der Sinuosität (Laufentwicklung) sagt aus, wie stark gewunden das Hauptgewässer eines Flusssystemes ist. Dabei muss die Talachse berücksichtigt werden, welche sich im Untersuchungsgebiet durch das Vorrücken der Donau am Nordufer leicht verändert hat und dementsprechend angepasst werden muss. Die Ufererosion durch die Donau verkürzte die Talachse dabei um ca. 250 m und war letztlich durch Wasserbaumaßnahmen entlang der Donau ab 1896 konstant 12.134 m lang.

Die Sinuosität wird stark durch sich ausweitende Mäander oder durch Begradigungen, die natürlich oder künstlich hervorgerufen werden können, verändert. Da die March in der unteren Hälfte des Projektgebiets stark durch einen Rückstau der Donau und dadurch sinkenden Abflussgeschwindigkeiten beeinflusst wird, kommt es hier zu geringeren Erosionsvorgängen an den Ufern als in oberen Abschnitten. Aus diesem Grund kommt es durch Erosions- oder Sedimentationsprozesse an Umlagerungsflächen auch zu laufenden Veränderungen im Flusslauf, welche sich aber nicht maßgebend auf die Sinuosität auswirken.

Bis 1755 kam es nahe der Einmündung der Malina zu einer natürlichen Begradigung des Hauptarmes. Danach folgte die Phase einer stärkeren Ausweitung des Mäanders und somit zu einer Verlängerung der Lauflänge in diesem Abschnitt, womit 1896 die Lauflänge mit 14.377 m am längsten war. Der bis 1942 durchgeführte Durchstich beeinflusste die Laufentwicklung erneut in höherem Maße und begradigte den Flusslauf.

Durch die genannten Faktoren, welche eine einander ausgleichende Wirkung aufweisen, kam es im Untersuchungsgebiet nur zu sehr geringen Schwankungen der Sinuosität. Mit einem Sinuositätsgrad von generell unter 1,2 kann der Flusslauf als gering gewunden beschrieben werden. Mit einem Wert von 1,18 wurde 1896 der höchste Wert und 1755 mit 1,12 der geringste Wert erreicht, welche auch in nachfolgender Abbildung 36 dargestellt werden. Zusätzlich werden die Mittelachsen der verschiedenen Jahre in einer separaten Karte gezeigt, die dem Anhang beigelegt ist.

Sofern die Sinuosität als alleiniges Merkmal zur Beschreibung der Entwicklung herangezogen werden würde, hätte eine Regulierung keine grundlegenden Veränderungen am Flusstyp hervorgerufen.

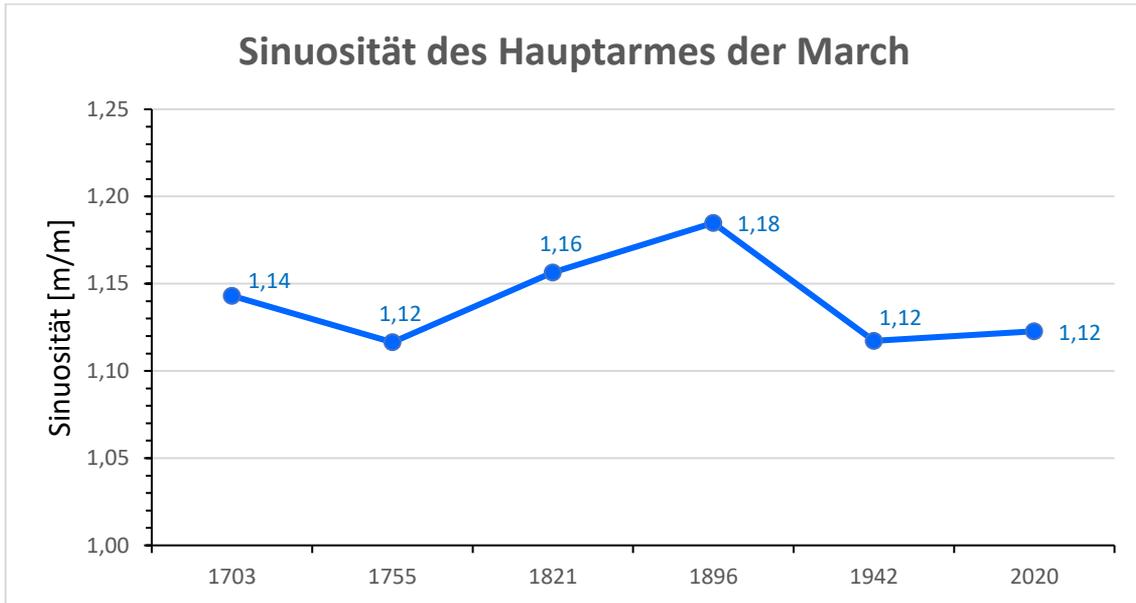


Abbildung 36: Veränderung der Sinuosität des Hauptarmes

#### 8.4 Mittlere Breite des Hauptarmes

Die vielen Interventionen in das Flusssystem der March lassen sich auch in der Entwicklung der mittleren Breite des Hauptarmes (Eupotamon A) ablesen. Zur quantitativen Ermittlung wurde die Mittelachse des Hauptarmes extrahiert und dessen Fläche gegenübergestellt. Die Ergebnisse der Berechnungen werden in nachstehender Tabelle 4 gezeigt und in Abbildung 37 graphisch dargestellt.

Tabelle 4: Entwicklung der mittleren Breite des Hauptarmes

	1703	1755	1821	1896	1942	2020
<b>Lauflänge (m)</b>	14.062	13.684	13.952	14.377	13.556	13.623
<b>Fläche (m<sup>2</sup>)</b>	3.378.035	3.198.257	2.879.353	2.506.571	1.140.278	922.609
<b>Mittlere Breite (m)</b>	<b>240</b>	<b>234</b>	<b>206</b>	<b>174</b>	<b>84</b>	<b>68</b>

Ein erster überblicksmäßiger Vergleich zeigt, dass die Entwicklung der Lauflänge keinen Einfluss auf die mittlere Breite hat. Vielmehr wurde diese Kennzahl durch den

---

dramatischen Rückgang an Wasserflächen geprägt, welcher durch Verlandungsprozesse nach den Errichtungen von Wasserbauten hervorgerufen wurde.

Zwischen den Jahren 1703 und 1755 belegen die Zahlen keine großen Veränderungen. Aufgrund der Unschärfen durch fehlende Kartierungsgrundlagen zur Rekonstruktion kann diese Veränderung aber nicht als gegeben betrachtet werden und zeigt nur einen Richtwert der damaligen Situation. Vielmehr kann die Entwicklung von 1703 bis 1821 bzw. 1896 erklärt werden, indem hier bereits ein erster großer Rückgang an Wasserflächen in einer Höhe von 50 ha bzw. 80 ha zu beobachten war. Bis 1942 führten die vielen Verbauungen zu den bereits erwähnten Verlandungen und somit zu einem weiteren starken Rückgang der Wasserflächen. Dies zeigt sich auch mit dem starken Abfall der mittleren Breite, welcher in der dazugehörigen Abbildung verdeutlicht wird.

Die geringe Veränderung der Lauflänge kann in den unteren 4 Fkm des Marchflusses, welcher stark durch den Rückstau der Donau beeinflusst wird, auch durch dessen Stetigkeit in diesem Bereich erklärt werden. So führt der erfolgte Mäanderdurchstich im Untersuchungsgebiet zu den größten Veränderungen in der Lauflänge und verkürzte diesen Abschnitt allein um ca. 900 m. Eine Verringerung der mittleren Breite von 240 m auf 68 m und somit um 72 % im Untersuchungszeitraum zeigt eine dramatische Veränderung resultierend aus den vorgenommenen Eingriffen in das Flusssystem. Zwischen 1942 und 2020 gab es erneut nur einen geringen Rückgang der mittleren Breite, da bereits sämtliche Eingriffe vollzogen waren und der Hauptarm somit als statisch galt.

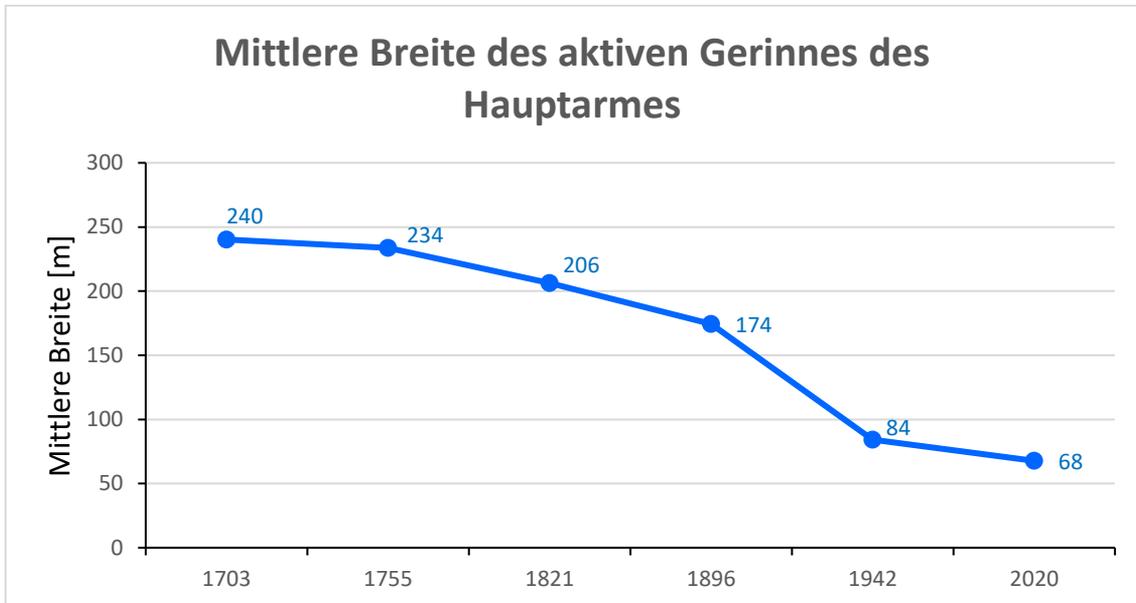


Abbildung 37: Mittlere Breite des aktiven Gerinnes des Hauptarmes

## 8.5 Anbindungen an den Hauptarm

Die Auswertung der Anbindung anderer Gewässertypen an den Hauptarm ist vor allem aus ökologischer Sicht von großer Bedeutung. Durch die Verbindung zu Augewässern werden unterschiedliche aquatische Habitate geschaffen, die zB. für Fische in bestimmten Stadien bedeutend sind. In dieser Studie gilt eine Anbindung als gegeben, wenn ausgehend vom Hauptarm keine Barrieren, wie zB. Uferschutzanlagen, vorhanden sind und somit eine Migration möglich ist. So zeigt Abbildung 38 den prozentualen Anteil dieser Anbindungen an der gesamten Uferlinie. Diese ist von 1703, dem frühesten Zeitschnitt der Rekonstruktion, bis 1896, vor den großen Eingriffen zur Regulierung, von 6 % auf 8,9 % angestiegen.

Für 1942 ist dabei ein großer Sprung zu beobachten, welcher aber nicht unbedingt positiv zu beurteilen ist. Dieser wurde dadurch hervorgerufen, dass zwischen 1896 und 1942 breite Bereiche der Hauptarme abgetrennt und regulierungsbedingt neue Nebengewässer geschaffen wurden. Anbindungsanteile zwischen 6 und 9 %, gemessen an der gesamten untersuchten Uferlänge des EuA, vor der großen Regulierung zeigen einen bedeutenden Anteil unterschiedlicher Gewässertypen mit Konnektivität an den

---

Hauptarm. Der Verlust von angebundenen Nebengewässern an das Hauptgerinne in den letzten 100 Jahren zeigt sich auch in den Anbindungsanteilen.

Durch Maßnahmen zur Renaturierung und den Wiederanschluss historischer Nebengerinne konnte zumindest ein Anteil von 3,5 % der Anbindungen erhalten oder wiedergeschaffen werden.

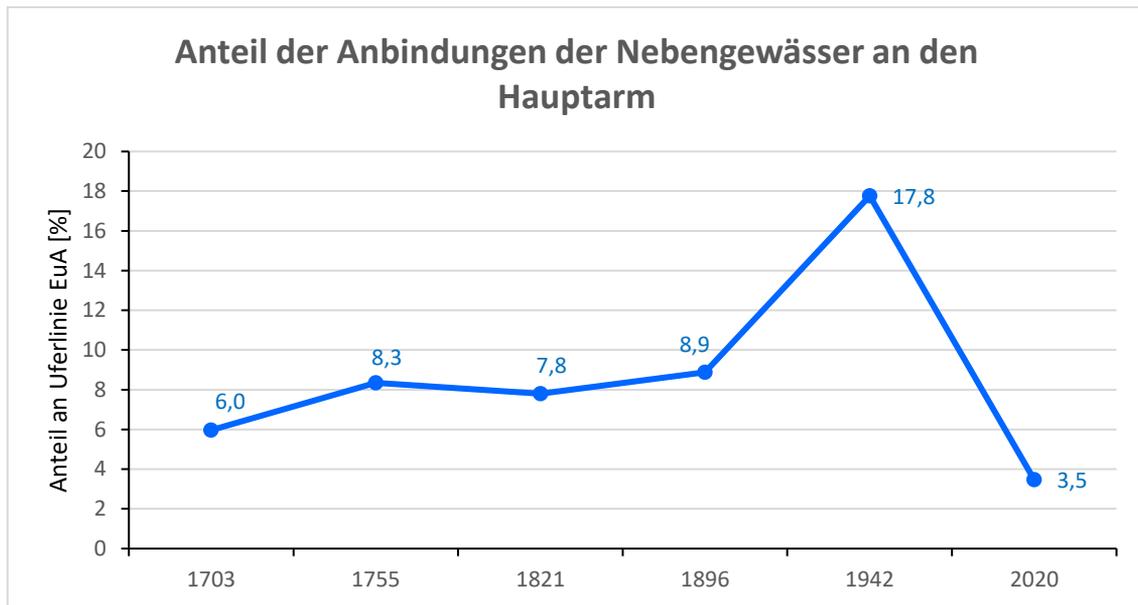


Abbildung 38: Anteil der Anbindungen der Nebengewässer an den Hauptarm

## 8.6 Mäandermigration

Der Mäandermigrationsrate kommt in diesem Untersuchungsgebiet nur wenig Bedeutung zu. Aufgrund nur eines ehemals bestehenden Mäanders können Bewegungen nur wenig aussagekräftig quantifiziert werden. Die Migration des Mäanders nördlich der Malina wurde zwischen den Jahren 1703 – 1755, 1755 – 1821, 1821 – 1896 und 1896 – 1942 untersucht. Da der Durchstich des Mäanders erst ab 1940

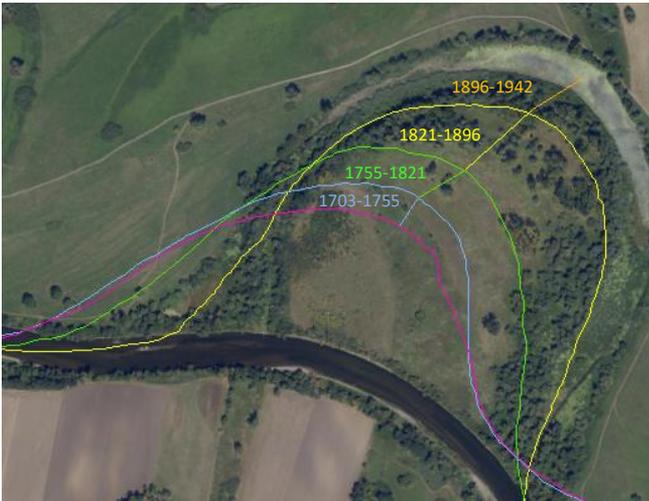


Abbildung 39: Migration des Mäanders von 1703 - 1942

abgeschlossen werden konnte, schnitt sich der Mäander bis zu diesem Zeitpunkt weiter ein und zeigte im Jahr 1942 somit die am weitesten vorgerückte Lage (siehe Abbildung 39). Die Linien zwischen den Mittelachsen der jeweiligen Jahre werden als Verbindungen derer Scheitelpunkte angesehen, mit denen die Länge der Migration bestimmt wird. Die

durchschnittliche Verlagerung pro Jahr kann anschließend mit der Jahresdifferenz berechnet werden. Daraus ergeben sich Migrationsraten für die untersuchten Zeitintervalle, welche in Tabelle 5 dargestellt werden.

Tabelle 5: Mäandermigrationsraten für untersuchte Zeitintervalle

	Zeitintervall in Jahren	Migrationslänge (m)	Migrationsrate (m/Jahr)
1703 - 1755	52	59	1,1
1755 - 1821	66	91	1,4
1821 - 1896	75	153	2,0
1896 - 1942	46	99	2,2

Die mittlere Migrationsrate über den gesamten Untersuchungszeitraum beträgt bei 239 Jahren und einer Gesamtdistanz von 402 m 1,7 m pro Jahr. Die niedrigste Rate lässt sich zwischen 1703 und 1755 mit 1,1 m/Jahr und die aktivste Zeit zwischen 1896 und 1942 mit 2,2 m/Jahr ableiten. Demnach hat die Geschwindigkeit der Mäandermigration mit fortschreitender Dauer zugenommen.

## 8.7 Erosions- und Verlandungsrate

Jene in Kapitel 4.1 angeführten Formgebungsprozesse können auch mit Erosions- und Verlandungsprozessen beschrieben werden. Nach diesen Berechnungen wurden folgende Umlagerungsraten ermittelt, welche in Abbildung 40 graphisch nach deren Veränderungen pro Jahr und Hektar dargestellt werden.

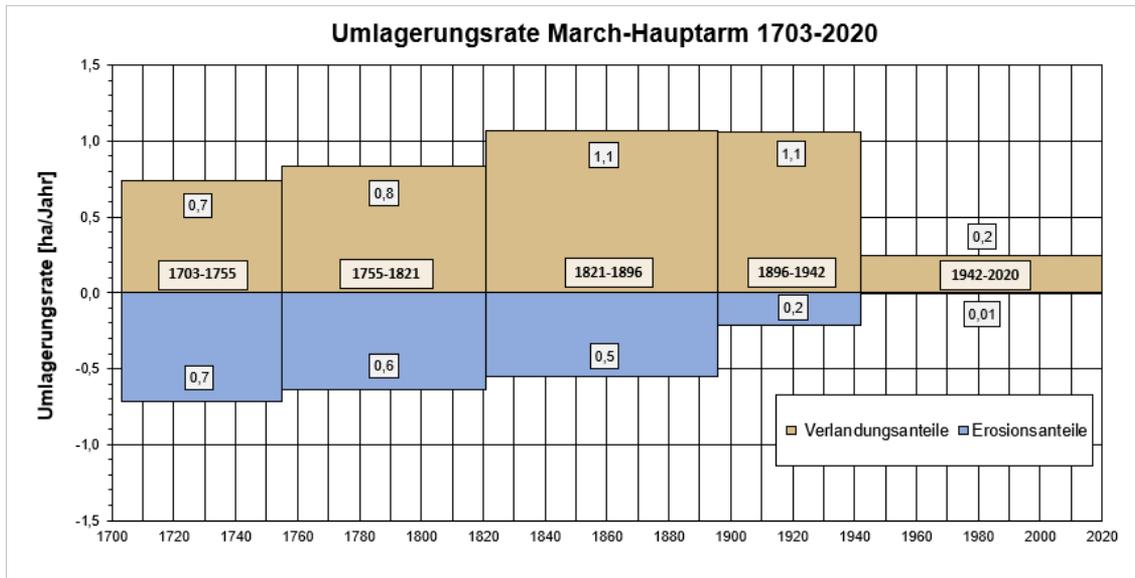


Abbildung 40: Umlagerungsrate des Hauptarmes

Von 1703 bis 1896, dem Zeitschnitt vor der großen Regulierung, kann ein anhaltender Trend zur steigenden Verlandung in den berechneten Intervallen beobachtet werden. Dabei stieg die jährliche Verlandungsrate zwischen 1703 und 1755 mit 0,7 ha auf 1,1 ha im Intervall von 1821 - 1896 an. Diesem Trend folgt gleichzeitig eine Abnahme der Erosionsrate von 0,7 ha/Jahr auf nur mehr 0,5 ha/Jahr in selbigen Zeiträumen.

Diese mehr oder weniger großen Veränderungen in den Flächenberechnungen ergaben sich durch zwei unterschiedliche Vorgänge. Zum einen kam es im oberen Flussabschnitt nahe dem abgetrennten Mäander und der Einmündung der Malina bis 1942 zu laufenden Verlagerungen des Hauptarmes, welche große Erosions- und Verlandungsflächen zurückließen. Im unteren, von der Donau geprägten Abschnitt, kam es zu einer sehr deutlichen Einengung des Hauptgerinnes, welches in jedem Zeitintervall zu großen Verlandungsflächen führte.

Mit einer jährlichen Verlandungsrate von 1,1 ha entstanden zwischen 1821 und 1896 die größten Landflächen. Dem gegenübergestellt, wurde zwischen 1703 und 1755 die größte jährliche Erosionsrate von 0,7 ha ermittelt. Durch die Einengung des Hauptgerinnes und das Trockenlegen von Seitenarmen überwogen allmählich Sedimentations- bzw. Verlandungsprozesse im Untersuchungsgebiet. Größere Flächen an neu geschaffenen Wasserflächen konnten ab 1942 nur dann beobachtet werden, wenn Nebenarme renaturiert und wieder vollständig an den Hauptarm angeschlossen wurden.

## 8.8 Regulierungsintensität

Regulierungen, wie sie in Kapitel 5.2.3 bereits beschrieben wurden, werden mit ihrer Intensität in nachstehender Tabelle 6 aufgezeigt. Dabei gilt ein Ufer als reguliert, wenn dieses direkt verbaut wurde, oder das Ufer indirekt von Verbauungen beeinflusst wird, wie dies bei Buhnen der Fall ist.

Bis inklusive 1821 war noch kein anthropogener Eingriff vorhanden und die Ufer der March somit noch nicht reguliert. 1896 war es ein einzelner Eingriff zur Uferbefestigung zwischen Malina und Zapfengraben auf österreichischer Seite, der die Gesamtregulierung das erste Mal auf 2 % ansteigen ließ. 1942 stieg die gesamte Regulierung dann auf 82 % an, was bedeutet, dass nur mehr weniger als 20 m pro 100 m gesamter Uferlänge als nicht verbaut galten. Obwohl es bis 2020 zu einem Rückbau der Uferbefestigungen kam, gelten heute dennoch nur mehr 13 % der gesamten Uferlänge als nicht reguliert. Dies liegt vor allem daran, dass es in den Jahren nach 1942 zu massiven Verlandungen kam und Ufer wesentlich begradigt wurden, welches die Gesamtlänge der Ufer wesentlich verkürzte.

Tabelle 6: Anteile der regulierten Uferlängen

	1703	1755	1821	1896	1942	2020
<b>Anteil der regulierten Uferlänge (%)</b>	-	-	-	2 %	82 %	87 %

---

Die Längen der regulierten Ufer werden in Abbildung 41 graphisch der gesamten Uferlänge gegenübergestellt. Dabei ist erneut der signifikante Anstieg bis 1942 und die geringe Differenz der beiden Uferlängen in den Jahren 1942 und 2020 abzulesen.

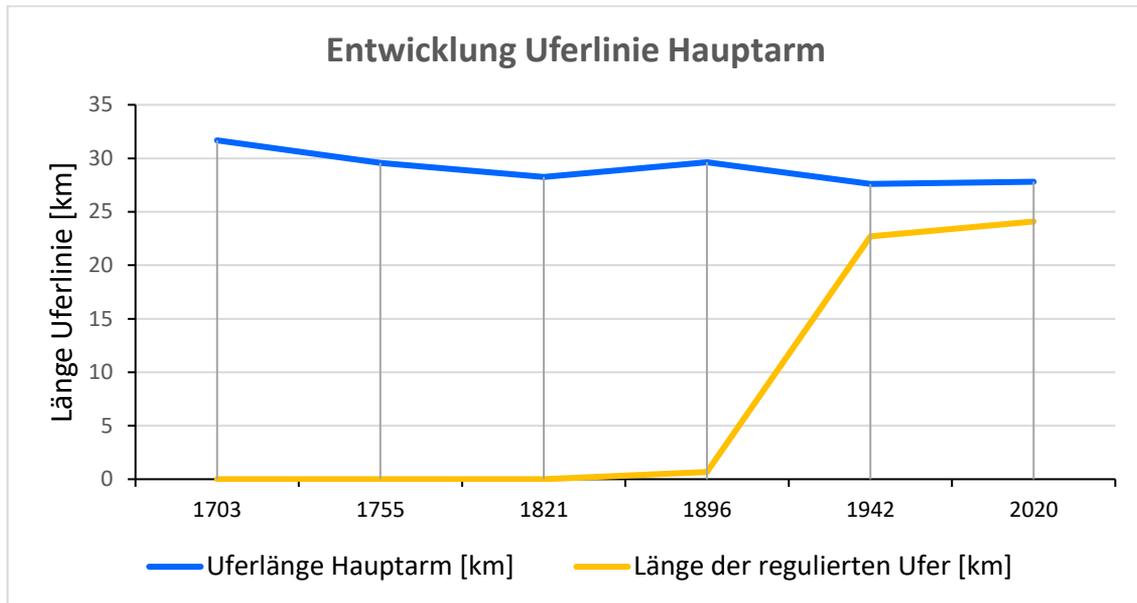


Abbildung 41: Entwicklung der Uferlinie des Hauptarmes (Eupotamon A)

---

---

## 9 Diskussion

Erste flächenhafte Entwicklungen der Gewässer- und Landflächen lassen sich bereits aus der Flächenbilanz, welche in nachfolgender Tabelle 7 dargestellt wird, ablesen. So nahmen zwischen 1703 und 2020 Gewässerflächen um etwa 50 % ab, Sedimentflächen nehmen 2020 nur mehr einen geringen Teil ein und höherliegende Vegetationsflächen haben an Fläche dazugewonnen. Zusätzlich wird hier die Kategorie Umland angeführt, unter welchem Flächen mit erhöhtem Terrain verstanden werden und somit nicht Teil des Überflutungsbereichs sind. Da Bereiche um das Schloss Hof und der Burg Theben Teil dieser Flächen sind, werden diese aus Orientierungsgründen in der Untersuchung mitbearbeitet.

Tabelle 7: Flächenbilanzen der Rekonstruktionen  
(VABB = vegetated areas below bankfull, EFA = elevated floodplain areas)

<i>Flächen (ha)</i>	<b>1703</b>	<b>1755</b>	<b>1821</b>	<b>1896</b>	<b>1942</b>	<b>2020</b>
<b>Wasserflächen</b>	367	329	314	283	267	181
<b>Sedimentflächen</b>	75	107	99	78	43	10
<b>VABB</b>	360	371	367	373	339	325
<b>EFA</b>	2145	2141	2168	2213	2296	2429
<b>Umland</b>	34	33	33	34	36	36
Gesamt	2981	2981	2981	2981	2981	2981

Auch wenn bereits aus der Flächenbilanz ein Trend des Rückgangs an Flächen im aktiven Gerinne ableitbar ist, so sind es die flussmorphologischen Parameter, die eine Entwicklung eines Fließgewässers quantitativ beschreiben können. Hinsichtlich der untersuchten Veränderungen der Gewässertypen, kann die March im Untersuchungsgebiet bis inklusive 1821 als natürlich dynamisch beschrieben werden.

Der dramatische Rückgang aller Wasserflächen wird auch durch die Verschmälerung des Hauptarmes dokumentiert. Die vielen Einengungen, die durch Leitwerke, Uferbefestigungen und Dammstrukturen erreicht wurden, führten dazu, dass die mittlere Breite sehr stark reduziert wurde.

Der Sinuositätsgrad kann im Untersuchungsgebiet kaum zum Verständnis der Entwicklung der March beitragen. Durch den bereits bekannten Einfluss der Donau

---

kommt es im unteren Abschnitt zu einem Fehlen von Mäandern und ist deshalb als gering gewunden zu klassifizieren. Aus diesem Grund ist es auch schwierig Migrationsraten der Mäandern darzustellen, da keine repräsentative Anzahl untersucht werden konnte.

Vielmehr ist es möglich, die Morphologie mit Hilfe der Erosions- und Verlandungsraten zu beschreiben. Ein aktives und dynamisches Flusssystem kann durch hohe Verlandungs- und Erosionsraten charakterisiert werden. Bei gleichbleibenden externen Faktoren ist anzunehmen, dass diese Prozesse über einen längeren Zeitraum hinweg ungefähr gleich wirksam sind und dieses Gleichgewicht erst durch anthropogene Eingriffe zugunsten der Verlandungsprozesse verändert wird. So ist es auch die Regulierung der Ufer, die sich stark in den fehlenden Verlandungs- und Erosionsraten äußert. Dadurch wurden Verlandungs- und Erosionsvorgänge unterbunden und eine Neubildung von aquatischen und terrestrischen Habitaten stark eingeschränkt.

Eine qualitative gewässerökologische Verschlechterung kann mit Hilfe des Anbindungsanteils von Nebengerinnen an den Hauptarm belegt werden. Eine Minderung eines Anbindungsanteils zeigt eine nur geringe Möglichkeit eines Austauschs an Nährstoffen und auch eine fehlende Vielfalt an aquatischen Habitaten im Ökosystem. Obwohl 1942 der größte Anteil ausgewiesen wurde, kann dieser keineswegs als positiv interpretiert werden, da dies lediglich ein Produkt der Regulierung in Form von abgetrennten Teilen des Hauptarmes oder großen Bühnenfeldern ist.

Abschließend sollen die Ergebnisse der vorgenommenen Arbeit in Hinsicht auf die Forschungsfragen und jeweiligen Hypothesen diskutiert werden.

### **9.1 Wie unterscheidet sich der untere Abschnitt der March zwischen Marchegg und der Donaumündung von dem flussaufwärts gelegenen Abschnitt im WWF-Auenreservat?**

Um die Forschungsfrage zu beantworten, bedarf es eines Vergleichs mit den Ergebnissen einer Masterarbeit, die sich mit der hydromorphologischen Entwicklung der March seit dem 18. Jahrhundert im Bereich Zwerndorf bis Marchegg auseinandersetzt (Türk 2021). Eine Gegenüberstellung des Abschnitts zwischen

---

Marchegg und der Donaumündung mit jenem flussaufwärts gelegenen Gebiet im WWF-Auenresevat zeigt zwei Abschnitte mit unterschiedlichen Charakteristika.

Bereits die Anteile der untersuchten Gewässertypen lassen einen Unterschied der beiden Untersuchungsgebiete erkennen. Die zahlreichen Flussbögen bzw. Mäander im flussaufwärts gelegenen Abschnitt ermöglichten es, dass sich vermehrt größere isolierte Gewässer aufgrund natürlich hervorgerufener Mäanderdurchbrüche bildeten. Hier im Gebiet südlich von Zwerndorf dominierten bereits im Jahr 1755 Flächen des ParaB mit Anteilen um 40 % und isolierte Gewässertypen mit ca. 20 % (Türk 2021, 89). Ein Vergleich dazu zeigt im untersuchten Projektgebiet Anteile des ParaB mit nur 23 % und isolierte Gewässerkörper mit einem Anteil von nicht einmal 7 % an allen Gewässertypen. Ebenso zeigt sich im WWF-Auenbereich ein weiter verzweigtes System an Nebengerinnen, wie es im gegenständlichen Untersuchungsgebiet nur südlich von Marchegg der Fall ist. Verzweigte Umlagerungsstrecken, wie sie nahe des Mündungsbereichs zur Donau zu finden sind, lassen sich im nördlich angrenzenden Vergleichsraum nicht finden.

Bis zur Einmündung der Malina zeigt die March als Tieflandfluss eine sehr gewundene Prägung, welche auch im nördlichen angrenzenden Gebiet typisch ist. Dabei charakterisiert sich die Sinuosität im Vergleichsraum im Vergleich zum hier untersuchten Projektgebiet über den gesamten Zeitraum als gewunden mit Sinuositätsgraden stets über 1,4. Der Einfluss der Regulierung war hinsichtlich der Sinuosität im Gebiet oberhalb von Marchegg wesentlich größer und begradigte den Abschnitt von einem Sinuositätsgrad mit 1,8 im Jahr 1942 bis 2020 auf 1,4.

Bereits diese beiden Parameter lassen die Aussage zu, dass sich die beiden Gebiete vor allem durch jenen Bereich stark unterscheiden, welcher bei etwas erhöhtem Abfluss der Donau maßgeblich beeinflusst wird. Dieser Rückstau lässt vermehrt Gewässertypen des EuB entstehen und ist eine Erklärung dafür, dass hier weniger Mäander vorzufinden sind. In diesem stark vom Abflussniveau der Donau beeinflussten Mündungsbereich kommt es zu einer erneuten Mobilisierung des abgelagerten Materials, sobald der Wasserspiegel der Donau abfällt. Die Sohleintiefung der Donau führt somit auch zu einer

---

niedrigeren Erosionsbasis der March und entwickelte sich dadurch verstärkt in die Richtung eines gestreckten Flusslaufes (Hohensinner 2022, 20).

Der zeitweise durch die Donau rückgestaute Streckenabschnitt ist es vermutlich auch, der die mittlere Breite sehr stark erhöht. Mit einer mittleren Breite von 234 m im Jahr 1755 unterscheidet sich das südlich gelegene Gebiet sehr stark vom nördlichen Vergleichsgebiet, welches im Schnitt nur über eine Breite von 81 m verfügte. Durch die Regulierung und Einengung wurde der Mündungsbereich am stärksten verschmälert und die beiden Werte näherten sich im Jahr 2020 mit 68 m bzw. 59 m für das nördliche Gebiet an.

Ein Vergleich der Migrationsrate des ehemals bestehenden Mäanders zeigt, dass sich die Raten der Bewegung seit 1755 mit 1.4, 2.0 und 2.2 m/Jahr im Bereich der Migrationsraten der Mäander im nördlich gelegenen Vergleichsraum bewegen. So liegt zB. der maximale Migrationswert von 2.2 m/Jahr zwischen 1896 und 1942 leicht unterhalb des Maximalwerts des nördlich angrenzenden Referenzgebietes. Die Migrationsraten zwischen 1755 und 1821 bzw. 1821 und 1896 sind in etwa ident mit jenen Mittelwerten.

Hinsichtlich der Dynamik bei mäandrierenden Flüssen lassen sich auch Verlandungs- und Erosionsraten beschreiben. Wie Benz und Schwingshandl (2008, 58-59) beschreiben, kommt es im Mündungsbereich vermehrt zu Sedimentablagerungen, welche in den Umlagerungsraten deutlich erkennbar sind. Obwohl im nördlich gelegenen Vergleichsgebiet stets höhere Raten verzeichnet werden, so sind diese auf die Bewegung der Mäander zurückzuführen, wobei Material am Prallhang erodiert und sich Sedimente an den Innenseiten, dem so genannten Gleithang, ablagern. Vergleichend wird der höchste ermittelte Wert im Untersuchungsgebiet von 1,1 ha/Jahr, zwischen 1821 und 1896, im nördlich angrenzenden Vergleichsraum nur im Post-Regulierungs-Zeitraum zwischen 1942 und 2020 unterschritten. Fortschreitende Erosion kann zu natürlichen Durchbrüchen führen, welche Altarme entstehen lassen und die bei weiterer Verlandung der alten Ufer vom Hauptarm abgeschnitten werden können.

---

Damit lässt sich belegen, dass die von Benz und Schwingshandl (ebd.) genannten Einflüsse der Donau großen Einfluss auf flussmorphologische Parameter im Untersuchungsgebiet haben und bereits vor der erfolgten Regulierung zwischen den beiden Vergleichsräumen große Unterschiede bestanden.

## **9.2 Welche flussmorphologischen Veränderungen an der March lassen sich generell zwischen 1703 und heute beobachten?**

Zusammenfassend aus den in Kapitel 8 angeführten Veränderungen kann die March zwischen Marchegg und Donaumündung als ein Flusstyp mit veränderten flussmorphologischen Charakteristika beschrieben werden.

Der am wenigsten veränderte Parameter über den gesamten Zeitraum betrifft die Sinuosität des Hauptarmes. In der oberen Hälfte noch deutlich als mäandrierender Flusstyp zu erkennen, weitet sich die March ab Flusskilometer 10 immer mehr auf und zeigt sich über die Zeit in diesem Abschnitt vermehrt als ein gestreckter, aber leicht verzweigter Flusstyp. Dieses Beispiel zeigt, dass die Sinuosität alleine oft sehr wenig über den flussmorphologischen oder gewässerökologischen Zustand eines Fließgewässers aussagt.

Die vielen Eingriffe in das System der March manifestieren sich aber in den weiteren Parametern sehr deutlich. Durch die Einengung des Hauptarmes kam es ab 1942 zu einer Verschmälerung auf fast 1/3 bezogen auf die Situation im Jahr 1703. Dieser dramatische Einschnitt wurde bis 2020 verstärkt, zu welcher Zeit die March an den Ufern weiter verlandete und nur mehr eine mittlere Breite von 68 m aufweist. Zwischen 1703 und 1821 war nur eine geringfügige Veränderung der mittleren Breite zu erkennen, die zum Teil auch aus der unsicheren Quellenlage resultieren kann.

Die durch die Regulierung ausgelöste Entwicklung kann auch anhand der Regulierungsintensität abgelesen werden. Je größer der Anteil regulierten Ufer war, desto geringer die mittlere Breite des Hauptarmes. Bis 1896, in dem Jahr wo die erste Verbauung direkt an der March sichtbar wird, kam es seit 1821 zu einem ersten stärkeren Rückgang der aktiven Breite um 32 m. Bis 1942 wurde der Anteil regulierter

---

Ufer weiter auf 82 % erhöht, wo sich gleichzeitig auch die mittlere Breite um weitere 90 m verkleinerte. Bis 2020 waren 87 % der Ufer verbaut und zu dieser Zeit erreichte auch die mittlere Breite mit nur mehr 68 m den geringsten Wert des gesamten Untersuchungszeitraums.

Diese Zusammenhang zwischen dem Anteil der verbauten Ufer und der mittleren Breite lässt sich auch im Vergleich mit den Erosions- und Verlandungsraten finden. Vor allem die Verlandungsraten waren bis 1942 stets auf einem hohen Niveau, wobei bis 1942 größere Sedimentationsflächen im von der Donau besonders stark beeinflussten Bereich kartiert werden konnten. Für einen hohen Anteil der Erosionsraten waren die stetige Verlagerung des mäandrierenden Abschnitts nördlich des Zapfengrabens und die „wandernden Inseln“ im südlichen Abschnitt verantwortlich. Sofern sich flussmorphologische Rahmenbedingung nicht oder nur wenig ändern, sollten diese beiden Raten auch ähnliche Werte aufweisen.

Durch die Befestigungen und Verbauungen der Ufer konnte aber kein Material mehr erodieren und dem Fluss zugeführt werden, wodurch sich auch der Hauptarm zunehmend stabilisierte. Durch die Einengung des Gerinnes konnte sich kein Material mehr an den weniger stark angeströmten Ufern weiter flussabwärts ablagern. 1942, dem Höhepunkt des Eingriffes, waren die Verlandungs- und Erosionsraten im Vergleich zu 2020 noch sehr hoch, was darauf zurück zu führen war, dass die Prozesse der Verlandung durch den Verbau der Ufer noch einmal beschleunigt wurden und durch die fehlende Konnektivität (siehe Abbildung 41), Erosion in weiterer Folge kaum mehr möglich war.

Durch Trockenlegen und Abtrennen von Nebenarmen fielen die Anbindungen an Zubringer und Nebengewässern bis 2020 auf 3,5 % der gesamten Uferlinie. Stellt man die Veränderungen der Flächen der Auengewässer den Anbindungsanteilen gegenüber, so ist auch bemerkbar, dass einer Erhöhung der Anbindung nicht unbedingt eine Vergrößerung der Anteile von Nebengewässern am Gesamtgefüge folgt. Wo die Anbindungsanteile der Nebengewässer an den Hauptarm von 6 % im Jahr 1703 auf beinahe 9 % im Jahr 1896 angestiegen sind, verloren Auengewässer zwischen 1703 und 1896 beinahe um 32 % an Fläche.

---

Diese genannten Veränderungen wurden auch von Hohensinner et al. (2018, 53-54) bereits beobachtet, wobei veränderte Flusscharakteristika und fluviale Dynamiken als Ergebnis menschlicher Interventionen im aktiven Gerinne als Hauptursache identifiziert wurden.

Ebenso führen Sipas et al. (2007, 241-243) an, dass Verbauungen an den Tieflandflüssen Ungarns Veränderungen der Morphologie des Flusses verursachten. Die Untersuchungen der March zeigen eine ähnliche Entwicklung auf, wie jene, die Sipas et al. (2007) für den Fluss Maros beschreiben. Auch dort kam es seit 1829 zu einer Verschmälerung des Gerinnes und einem Rückgang der Erosion.

Wie Hohensinner et al. (2018, 52-54) und Sipos et al. (2007, 239-243) in ihren Arbeiten bereits belegen, kann auch für den untersuchten Flussabschnitt die Hypothese bestätigt werden, dass anthropogenen Eingriffen in das Flusssystem eine deutliche Veränderung der gewässermorphologischen Parameter folgt.

### **9.3 Wie haben menschliche Eingriffe die Anteile unterschiedlicher Gewässertypen verändert?**

Für die Beantwortung dieser Frage ist zuerst festzulegen, ab welchem Zeitschnitt der Fluss als reguliert gilt und somit auch der Zeitpunkt bestimmt wird, ab wann menschliche Eingriffe die March deutlich verändert haben. Abbildung 33 auf Seite 67 veranschaulicht einen Zustand für das Jahr 1942, welcher sich deutlich von den bisherigen Zeitschnitten und deren Entwicklung unterscheidet. Der anthropogene Eingriff zwischen 1896 und 1942 bestätigt sich auch mit dem Durchstich des Mäanders im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes und dem Vorhandensein zahlreicher Wasserbauten auf über 80 % der Uferlänge.

Der Bestand der Gewässertypen hat sich zwischen 1703 und 1896 konstant verkleinert, obwohl der Rückgang des EuB etwas deutlicher ausfällt als bei anderen Gewässertypen. Die Entwicklung der Gewässertypen zeigt bei EuA, ParaB und bei den Zubringern einen gleichmäßigen Rückgang von etwa 75 % zwischen 1703 und 1896. Künstliche Gewässer und Plesio-/Paläopotamon Flächen weisen zwar einen starken Anstieg auf, allerdings

---

bei sehr niedrigen Flächenanteilen. Aufgrund der starken Hochwasser sollte die Gesamtwasserfläche bis 1821 zugenommen haben, was hier aber nicht bestätigt werden kann und womöglich auf verlandungsfördernde Maßnahmen zurückzuführen sind, welche in historischen Kartengrundlagen nicht festgehalten wurden. Somit können zur Beantwortung der oben genannten Frage, das Zeitintervall zwischen 1703 und 1896 dem Zustand der Gewässertypen ab 1942 gegenübergestellt werden.

Wie bereits in den Kapiteln 5.2.3 beschrieben, kam es bis 2020 erneut zu Renaturierungen einzelner Nebenarme und wird daher von der Betrachtung ausgeschlossen.

Quantitativ betrachtet kam es durch anthropogene Eingriffe im Untersuchungsgebiet zu einem Verschwinden zweier Gewässertypen. Das EuB und das ParaA, welche beide 1703 noch ca. 50 ha der Gewässerfläche einnahmen, sind mit 1942 nicht mehr vorhanden. Die Veränderungen der weiteren Gewässertypen zeigen im Vergleich seit 1703 bis 1896 ebenfalls andere Muster. So kam es in den weiteren 46 Jahren seit 1896 zu einem Verlust von mehr 60 % der gesamten Fläche des Hauptarmes und ebenfalls zu einem starken Rückgang der Gewässerflächen der Zubringer, welche auch von Verbauungen betroffen waren. Bei Flächen des ParaB zeigt sich eine Trendumkehr. Nach einem vorangegangenen Rückgang kam es 1942 zu einem Anstieg um mehr als das Fünffache. Dies wird vor allem dadurch begründet, dass Nebenarme an zumindest einem Ende komplett vom Hauptarm abgetrennt wurden und sich folgend der stetigen Verlandung auch Vegetation gebildet hat.

Auch die isolierten Gewässer des Plesio- und Paläopotamon verzeichneten einen stärkeren Zuwachs bis 1942 als bis 1896. Hier tragen erneut Verbauungen an den Ufern dazu bei, dass ehemalige Nebengerinne komplett isoliert wurden, und obwohl die Gesamtfläche der Gewässer stetig abnahm, diese Gewässertypen an Fläche dazu gewonnen haben.

Sieht man sich nun die qualitative Zusammensetzung der Gewässertypen vor 1942 an, so kann ebenso beobachtet werden, dass die Zusammensetzung bis 1896 ähnlich geblieben ist. Ein Vergleich zeigt allerdings, dass die Errichtung von Wasserbauten im Gewässer und entlang der Ufer, die Komposition der Gewässertypen massiv

---

beeinträchtigte. Bis 1896 war stets das EuA mit seinem breiten Hauptarm die dominierende Größe im Untersuchungsgebiet. Dies ändert sich mit 1942 durch Einengungen und das Abtrennen von Nebenarmen sehr schnell und zeigt nun, dass der größte Anteil der Gewässerfläche vom ParaB eingenommen wird. Da es sich bei Flächen des Parapotamon um Nebenarme mit einseitiger Abtrennung durch Sedimentflächen, oder jener mit bereits einseitiger Vegetationsbedeckung handelt, kann von einer Abnahme der gewässerökologischen Diversität im Untersuchungsgebiet ausgegangen werden. Dies alleine begründet aber noch keineswegs eine Verschlechterung des qualitativen Zustandes. Verbunden mit dem Fehlen zweier Gewässertypen und der Dominanz von EuA und ParaB kann bestätigt werden, dass einem Rückgang der Gewässertypen durch menschliche Eingriffe, ebenso eine Veränderung des Habitatsspektrums im Untersuchungsgebiet folgte.

Somit wird auch die dritte Hypothese, dass einer Veränderung der generellen flussmorphologischen Parameter, eine quantitative Abnahme und auch eine qualitative Veränderung der Zusammensetzung der Gewässertypen folgt, bestätigt. Dieses Ergebnis stimmt damit ebenfalls mit den Erkenntnissen von Hohensinner et al. (2011, 945-947) überein, wonach es bei Verbauungen und Begradigungen nicht nur zu einer quantitativen Reduktion der Gewässertypen, sondern ebenfalls zu einer Veränderung der Anteile unterschiedlicher Typen kommt.

---

---

## 10 Zusammenfassung

Die March wird von Fink (1999, 15) als mäandrierender Tieflandfluss typisiert und zeigt im Untersuchungsgebiet einen dafür ebenfalls typischen Mäander. Auffallend ist aber, dass das Untersuchungsgebiet in den unteren 7 Fkm einen anderen, gestreckten Flusstyp mit geringer Verzweigungsintensität zeigt. Wie in Kapitel 5.2.2 beschrieben, verweisen Benz und Schwingshandl (2008, 58-59) darauf, dass erhöhte Abflüsse der Donau wesentlichen Einfluss auf die March im Mündungsbereich ausüben. Dieser Rückstau lässt sich je nach Intensität der Donauhochwasser und dem Marchwasserstand noch weiter flussaufwärts beobachten und erreichte bei historischen Ereignissen sogar den Ort Dürnkrot, welcher 15 km nördlich von Marchegg liegt (Hohensinner 2022, 24). Bereits ein leicht erhöhter Abfluss der Donau führt dazu, dass es bei Normalwasser der March zu einem Rückstau bis Flusskilometer 10 kommt. Dadurch wird die Abflussgeschwindigkeit verringert und es kommt vermehrt zu einer Ablagerung von Sedimenten.

Um in diesen dynamischen Gewässern ein stabiles Gerinne zu schaffen und Ufer zu sichern, wurden seit Beginn des 20. Jahrhunderts Eingriffe in das Flusssystem vorgenommen. Da die March auch ein Grenzfluss ist, war es auch ein Ziel, eine „lebende“ Staatsgrenze zu beseitigen (Steiner et al. 2019, 242).

Den größten Eingriff im Untersuchungsgebiet stellt der bis 1943 fertiggestellte Mäanderdurchstich oberhalb der Einmündung der Malina dar. Das dafür ausgehobene Material wurde einerseits für die Uferbefestigungen verwendet, andererseits aber auch zur Fertigstellung und Erweiterung von weiteren Damm- und Uferbefestigungen. Eine bis 1942 durchgeführte Befestigung der Ufer führte dazu, dass nur mehr 18 % der Ufer Erosionsprozesse zuließen und somit auch der Austausch mit Nebengewässern dramatisch verringert wurde. Um das dadurch verlorene dynamische System wiederherzustellen, wurden bis 2020 erste Renaturierungsmaßnahmen umgesetzt, indem Uferbefestigungen entfernt und alte Nebenarme wieder an das Gerinne angeschlossen wurden (Schwingshandl 2010, 29; Stelzhammer 2021).

---

Mit dieser Masterarbeit wurde nun festgestellt, in welchem Maße diese Eingriffe die Morphologie des Flusses veränderten. Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurden flussmorphologische Parameter verglichen und Veränderungen quantitativ beschrieben. Diese untersuchten Entwicklungen wurden zusätzlich mit den nördlich angrenzenden Flussabschnitten im WWF-Auenreservat Marchegg verglichen. Ebenso wurden die Auswirkungen der menschlichen Interaktionen auf die naturräumliche Ausstattung der Gewässertypen untersucht.

Für das Untersuchungsgebiet mit einer Größe von 2981 ha wurden sechs Zeitschnitte ausgehend von 2020 zurück bis 1703 rekonstruiert. Hierfür wurden unterschiedliche, die Entwicklung beschreibende, Oberflächen und Objekte kartiert. Diese Kartierungen ermöglichten mittels ArcMap von ESRI weitere Features wie das aktive Gerinne, die Mittelachsen oder die Ufer abzuleiten und daraus in weiterer Folge flussmorphologischen Parameter zu berechnen.

Durch einen Vergleich der ausgearbeiteten Parameter lässt sich ableiten, dass bereits vor den großen Eingriffen in die March flussmorphologische Unterschiede zwischen dem Untersuchungsgebiet und dem nördlich angrenzenden Flussabschnitt im WWF-Auengebiet vorherrschten. So waren große Unterschiede vor der Regulierung vor allem in der mittleren Breite und der Sinuosität zu erkennen. Ebenso kann belegt werden, dass durch erfolgte anthropogene Eingriffe sämtliche Parameter, ausgenommen der Sinuosität, verändert wurden. Durch erfolgte Eingriffe kam es auch zu einer Veränderung der Gewässertypen, wobei die Zustände vor und nach 1896 verglichen wurden. Bis 1896 verkleinerten sich die vorherrschenden Gewässertypen von 1703 konstant. Neue Gewässertypen wie isolierte und künstliche Gewässer wurden dominanter und neben einer weiter stetigen Verkleinerung der Gewässerflächen änderten sich bis 2020 auch die Anteile der Gewässertypen am Gesamtspektrum.

Aus methodischer Sicht zeigte sich eine Schwierigkeit in der Erstellung der Rekonstruktionen, die vor allem in der fehlenden Detailliertheit historischer Karten begründet ist. Zustände bestimmter historischer Zeitpunkte hätten sich bei ausschließlicher Verwendung der Karteninhalte oft entgegen einer logischen hydromorphologischen Entwicklung dargestellt, weshalb vereinzelt Mittelwege

---

gefunden werden mussten. Ebenso war es schwierig, einzelne Landschaftsstrukturen aus historischen Karten abzuleiten, wenn diese in historischen Werken gar nicht erfasst wurden.

Dennoch kann mit Hilfe der regressiv-iterativen GIS-Rekonstruktionsmethode ein Überblick über die Entwicklung der March geschaffen werden, welche uns ein Bild davon zeigt, wie sich die March nahe der Mündung in den letzten 300 Jahren entwickelt hat und welche natürlichen und anthropogen verursachten Veränderungen des Flusslaufs stattgefunden haben.

Um dem Fluss eine Eigendynamik und somit eine Neubildung von Habitaten zu ermöglichen, welche für eine Vielfalt an terrestrischen und aquatischen Lebewesen von Bedeutung sind, ist es notwendig, weitere Renaturierungen vorzunehmen. Ohne die Entfernung stabilisierender Befestigungen können Ufer nicht erodieren und somit keine dynamischen Umlagerungsprozesse erfolgen.

---

---

## 11 Literaturverzeichnis

- Amoros, C.; Roux, A. L.; Reygrobellet, J. L.; Bravard, J. P.; Pautou, G. (1987): A method for applied ecological studies of fluvial hydrosystems. In: *Regulated Rivers* (1), S. 17–36.
- Amt der nö. Landesregierung (2021): Wasserstandsnachrichten und Hochwasserprognosen. Messstellendaten Angern an der March. Online verfügbar unter <https://www.noel.gv.at/wasserstand/#/de/Messstellen/Details/207324/Durchfluss/Jahr>, zuletzt geprüft am 18.11.2021.
- Azlak, M.; Yildirim, E.; Faydaoglu, E.; Anul, N.; Diken, B. (2017): An Approach for Monitoring and Assessment of Hydromorphological Water Quality at Different Waterbody Types by Using Standard Method. In: XVI World Water Congress.
- Benz, G. (2019): Die Regulierung der österreichischen March-Grenzstrecke im Spiegel der wirtschaftsgeschichtlichen Entwicklung einer Grenzregion. In: *Vermessung & Geoinformation* (4/2019), S. 230–241.
- Brierley, G. J.; Fryirs, K. A. (2008): Geomorphology and river management. Applications of the River Styles framework. Malden, Massachusetts.
- Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (2021): Digitale Bodenkarte. Online verfügbar unter <https://bodenkarte.at/>, zuletzt geprüft am 30.12.2021.
- Carter, J. G. (2007): Spatial planning, water and the Water Framework Directive: insights from theory and practice. In: *Critical Perspectives on Integrated Water Management* (173/4), S. 330–342.
- Egger, G.; Gumpinger, C.; Schwingshandl, A.; Stelzhammer, M.; Zuna-Kratky, T. (2013): Renaturierung Untere March-Auen. INDIKATOREN Teil I: Wasserbauliche Maßnahmen im Mündungslauf (Fkm 0-11).
- Esri (o.J.): What is GIS? Online verfügbar unter <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>, zuletzt geprüft am 13.01.2022.
- Fink, M. H. (1999): Zur Geographie des unteren March-Thaya-Gebietes. In: Umweltbundesamt (Hg.): *Fließende Grenzen. Lebensraum March-Thaya-Auen*. Wien, S. 15–24.
- Fink, M. H.; Moog, O.; Wimmer, R. (2000): *Fließgewässer-Naturräume Österreichs*. Wien (Monographien des Umweltbundesamtes, 128).
- Glaser, R.; Hauter, C.; Faust, D.; Glawion, R.; Saurer, H.; Schulte, A.; Sudhaus, D. (2010): *Physische Geographie kompakt*. Berlin.
- Goudie, A. (2007): *Physische Geographie. Eine Einführung*. Unter Mitarbeit von Lorenz King und Elisabeth Schmitt (Hrsg.). 4. Auflage, Sonderausgabe. Heidelberg.
- Haidvogel, G. (2008): *Von der Flusslandschaft zum Fließgewässer. Die Entwicklung ausgewählter österreichischer Flüsse im 19. und 20. Jahrhundert mit besonderer Berücksichtigung der Kolonisierung des Überflutungsraums*. Dissertation: Universität Wien.
- Haidvogel, G.; Hohensinner, S.; Preis, S. (2011): Rekonstruktion historischer Flusslandschaften als Grundlage im Gewässermanagement – Potential und Limits. In: *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* (63 (9-10)), S. 174–182. DOI: 10.1007/s00506-011-0335-1.
- Haidvogel, G. (2022): Der Mensch als Gestalter der March. In: WWF (Hrsg.): *Die Marchauen. Eine Flusslandschaft im Wandel der Zeit*. WWF, Wien. S. 58–69.
- Hauptstadt der Slowakei - Bratislava (2021): Burg von Devín. Online verfügbar unter <https://www.visitbratislava.com/de/setzt/burg-devin/>, zuletzt geprüft am 30.12.2021.

- 
- Hennermann, K.; Woltering, M. (2014): Kartographie und GIS. Eine Einführung. 2. Auflage. Darmstadt.
- Hochschule München (o.J.): Geoinformation - Die wichtigsten Fachbegriffe. Online verfügbar unter <https://www.geo.hm.edu/studieninteressierte/begriffsbestimmung.de.html>, zuletzt geprüft am 13.01.2022.
- Hofer A. (2018): Marchübergänge vor 1938. In: *Schriftenreihe "Unser Matzen"* 44.
- Hohensinner, S. (2008): Rekonstruktion ursprünglicher Lebensraumverhältnisse der Fluss-Auen-Biozönose der Donau im Machland auf Basis der morphologischen Entwicklung von 1715 - 1991. Dissertation. Wien: Universität für Bodenkultur.
- Hohensinner, S.; Jungwirth, M.; Muhar, S.; Schmutz, S. (2011): Spatio-temporal habitat dynamics in a changing Danube River landscape 1812-2006. In: *River Research and Applications* 27 (8), S. 939-955. DOI: 10.1002/rra.1407.
- Hohensinner, S. (2013): Two steps back, one step forward: reconstructing the dynamic Danube riverscape under human influence in Vienna. In: *Water History* 5, S. 121-143.
- Hohensinner, S. (2015): Historische Hochwässer der Wiener Donau und ihrer Zubringer. In: *Materialien zur Umweltgeschichte Österreichs*, Bd.01.
- Hohensinner S.; Hauer C.; Muhar, S. (2018): River Morphology, Channelization, and Habitat Restoration. In: *Riverine Ecosystem Management*, S. 41-65.
- Hohensinner, S. (2020): Wien und die Donau - Landschaftswandel und Wasserbaumaßnahmen seit dem frühen 16. Jahrhundert. In: *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Archäologie des* 33, S. 254-264.
- Hohensinner S. (2022): Bibliografie historischer Karten und Literatur zu österreichischen Flusslandschaften. 4. erweiterte Ausgabe.
- Hohensinner, S. (2022): Historische Veränderungen der Marchauen vor der Regulierung. In: *WWF (Hrsg): Die Marchauen. Eine Flusslandschaft im Wandel der Zeit*. WWF, Wien. S. 20-28.
- Jain, V.; Sinha, R. (2003): Fluvial dynamics of an anabranching river system in Himalayan foreland basin, Bagmati river, north Bihar plains, India. In: *Geomorphology* 60 (2004), S. 147-170.
- Kusebauch, G.; Schattauer, G.; Stelzhammer, M.; Steiner, F. (o.J.): Die Wiederbelebung eines Naturjuwels. Life+ Projekt Renaturierung der Unteren March-Auen. Hg. v. viadonau. Wien.
- Lafreniere, D. (2014): Reconstructing the Spatial and Temporal Patterns of Daily Life in the 19th Century City: A Historical GIS Approach. Dissertation: Western University.
- Lange, N. de (2013): Geoinformatik. Berlin, Heidelberg.
- Mader, H.; Steidl, T.; Wimmer, R. (1996): Abflussregime österreichischer Fließgewässer. Beitrag zu einer bundesweiten Fließgewässertypologie. Wien.
- Mayer, A. (1889): Geschichte des k. k. Lustschlosses Schlosshof und des Marktes Hof an der March. In: *Blätter des Vereines für Landeskunde von Niederösterreich*, S. 56-467.
- Meir, G.; Zumbroich, T.; Roehrig, J. (2011): Hydromorphological Assessment as a tool for river basin management. The German field survey method. In: *Journal of Natural Resources and Development* (03), S. 14-26. DOI: 10.5027/jnrd.v3i0.02.
- Mokre, J. (2004): Geheimhaltung, Spionage und Kartenverfälschung. Aspekte des Verhältnisses zwischen Militär und Kartographie zur Zeit Maria Theresias. In: W. Kainz, K. Kriz und A. Riedl (Hg.): *Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie*. Band 16. Wien: Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien (Aspekte der Kartographie im Wandel der Zeit), S. 86-92.

- 
- Muhar, S. (1998): Ausweisung flußtypspezifisch erhaltener Fließgewässerabschnitte in Österreich. Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet > 500 km<sup>2</sup> ohne Bundesflüsse. Wien: Bundesministerium für Land- u. Forstwirtschaft, Wasserwirtschaftskataster.
- Nestroy, O.; Aust, G.; Blum, W.; Englisch, M.; Hager, H.; Herberger, E. et al. (2011): Systematische Gliederung der Böden Österreichs. Österreichische Bodensystematik 2000 in der revidierten Fassung von 2011. Wien (Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft, 79).
- Page, B.; Ross, E. (2015): Envisioning the Urban Past: GIS Reconstruction of a Lost Denver District. In: *Front. Digit. Humanit.* 2. DOI: 10.3389/fdigh.2015.00003.
- Patt, H. (2018): Naturnaher Wasserbau. Wiesbaden.
- Patt, H.; Gonsowski, P. (2011): Wasserbau. Berlin, Heidelberg.
- Perko, D.; Zorn, M.; Ciglic, R.; Valjavec, M. B. (2019): Changing River Courses and Border Determination Challenges: The Case of the Slovenian-Croatian Border. In: K. Koutsopoulos und R. González de Miguel (Hg.): *Geospatial Challenges in the 21st Century*. Cham, S. 213–230.
- Petts, G. E. (Hg.) (1996): *Fluvial hydrosystems*. 1. Auflage. London.
- Türk, F. (2021): Hydromorphologische Entwicklung der March seit dem 18. Jahrhundert im Bereich Zwerndorf bis Marchegg. Masterarbeit. Universität für Bodenkultur, Wien.
- Schäfer, A. (2019): *Klastische Sedimente. Fazies und Sequenzstratigraphie*. – Bonn, 2. Auflage.
- Schloss Hof (2021): Über Schloss Hof. Online verfügbar unter <https://www.schlosshof.at/ueber-schloss-hof/schloss-hof>, zuletzt geprüft am 15.11.2021.
- Schwingshandl, A. (2010): Morphologische Randbedingungen für die Überflutungsdynamik der March. Vortrag am „MARCH-THAYA-AUEN“-SYMPOSIUM.
- Sendzimir, J.; Schmutz, S. (2018): Challenges in Riverine Ecosystem Management. In: S. Schmutz und J. Sendzimir (Hg.): *Riverine Ecosystem Management*. Wien, S. 5–17.
- Simon, A.; Castro, J.; Rinaldi, M. (2016): Channel form and adjustment: characterization, measurement, interpretation and analysis. In: M. G. Kondolf und H. Piégay (Hg.): *Tools in Fluvial Geomorphology*: Wiley, S. 235–259.
- Sipos, G.; Kiss, T.; Fiala, K. (2007): Morphological alterations due to channelization along the lower Tisza and Maros rivers. In: *Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 30 (2), S. 239–247.
- Sponseller, R. A.; Heffernan, J. B.; Fisher, S. G. (2013): On the multiple ecological roles of water in river networks. In: *Ecosphere* 4 (2). DOI: 10.1890/ES12-00225.1.
- Statistik Austria (2021): Einwohnerzahl nach Ortschaften. Online verfügbar unter [https://www.statistik.at/web\\_de/klassifikationen/regionale\\_gliederungen/ortschaften/index.html](https://www.statistik.at/web_de/klassifikationen/regionale_gliederungen/ortschaften/index.html), zuletzt geprüft am 15.11.2021.
- Stäuble, S.; Martin, S.; Reynard, E. (2008): Historical Mapping for Landscape Reconstruction. Examples from the Canton of Valais (Switzerland). In: *6th ICA Mountain Cartography Workshop*, S. 211–217.
- Steiner, F.; Schattauer, G.; Kusebauch, G.: Wasserbauliche Zielsetzungen an March und Thaya. In: *Vermessung & Geoinformation* (4/2019), S. 242–256.
- Stelzhammer, M. (2021): March-Auen. Lebensräume, landschaftliche Entwicklung, Tier- und Pflanzenwelt, Schutzstatus. Hg. v. WWF Österreich.
- Stelzhammer, M. (2022): Gewässer- und Auenrevitalisierung. In: WWF (Hrsg): *Die Marchauen. Eine Flusslandschaft im Wandel der Zeit*. WWF, Wien. S. 118–125.

- 
- Strohmaier, B.; Zuna-Kratky, T.; Schulze, C. H. (2011): Untersuchung zu Effekten der Flussregulierung auf die Wasser- und Schilfvogelgemeinschaften der österreichischen March-Auen. In: *Wissenschaftliche Mitteilungen des niederösterreichischen Landesmuseum* (22), S. 45–62.
- Tippach, T. (2014): Historische Karten. Universität Münster. Online verfügbar unter <http://www.staedtegeschichte.de/einfuehrung/karten/historischekarten.html>, zuletzt geprüft am 29.12.2021.
- Universität Heidelberg (o.J.): Georeferenzierung einer historischen Karte. Online verfügbar unter [https://heimap.uni-heidelberg.de/de/tutorial\\_georeferenzierung](https://heimap.uni-heidelberg.de/de/tutorial_georeferenzierung), zuletzt geprüft am 19.11.2021.
- Viadonau - Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH (2020): Neues von der March – Kennzeichnende Wasserstände des Grenzflusses in Neuauflage. Online verfügbar unter <https://www.viadonau.org/newsroom/news/detail/neues-von-der-march-kennzeichnende-wasserstaende-des-grenzflusses-in-neuauflage>, zuletzt geprüft am 03.01.2022.
- Walz, U.; Berger, A. (2003): Georeferenzierung und Mosaikerstellung historischer Kartenwerke - Grundlage für digitale Zeitreihen zur Landschaftsanalyse. In: *Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation* 2003 (3).
- Wimmer, R.; Wintersberger, H.; Parthl, G. A. (2012): Hydromorphologische Leitbilder - Fließgewässertypisierung in Österreich. Band 3: Große Flüsse. Wien.
- Wohl, E. E. (2014): Rivers in the landscape. Science and management. 1. Auflage. Chichester.
- Zulka, K. P.; Lazowski, W. (1999): Hydrologie. In: Umweltbundesamt (Hg.): Fließende Grenzen. Lebensraum March-Thaya-Auen. Wien, S. 24–50.

---

## Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: LAGE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES IN NIEDERÖSTERREICH (QUELLE: FIRMENDB 2021) .....	18
ABBILDUNG 2: ORTHOPHOTO DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES MIT WICHTIGEN ORIENTIERUNGSPUNKTEN, SIEDLUNGEN UND ZUBRINGERN DER MARCH (DATENQUELLE: MAXAR 2021, ESRI WORLD IMAGERY) .....	19
ABBILDUNG 3: MITTLERE ABFLUSSWERTE AM PEGEL ANGERN ZWISCHEN 1981 UND 2010 (QUELLE: VIADONAU 2020) ...	22
ABBILDUNG 4: DARSTELLUNG DER GEPLANTEN DURCHSTICHE VI. UND VII. BEI BAUMGARTEN (DATENQUELLE: BUNDESAMT FÜR EICH- UND VERMESSUNGSWESEN 1942).....	24
ABBILDUNG 5: DATENGRUNDLAGE FÜR HEUTIGEN ZUSTAND (V.L.N.R. VIADONAU LASERSCAN DER MARCH 2020, GEOLAND ORTHOPHOTO, ORTHOPHOTO SLOVAKIA).....	27
ABBILDUNG 6: AUSSCHNITT HISTORISCHER DATENGRUNDLAGEN FÜR 1942 IM BEREICH DER DONAUMÜNDUNG (DATENQUELLE: REICHSAMT FÜR LANDESAUFNAHME 1943).....	31
ABBILDUNG 7: AUSSCHNITT DER MARCH-REAMBULIERUNG ÖSTLICH VON MARKTHOF AUS DEM JAHR 1896 (DATENQUELLE: MARCH-THAYA ARCHIV IM BMVIT) .....	32
ABBILDUNG 8: AUSSCHNITT DES FRANZISZEISCHEN KATASTERS ÖSTLICH VON MARKTHOF AUS DEM JAHR 1821 (DATENQUELLE: BUNDESAMT DES EICH- UND VERMESSUNGSWESEN) .....	33
ABBILDUNG 9: AUSSCHNITT DER KARTENGRUNDLAGEN FÜR 1755 ÖSTLICH VON SCHLOSS HOF (DATENQUELLE: KARTENSAMMLUNG DER NIEDERÖSTERREICHISCHEN LANDESBIBLIOTHEK).....	34
ABBILDUNG 10: AUSSCHNITT DER KARTENGRUNDLAGE FÜR 1703 ZWISCHEN DER MLÁKA UND MARKTHOF (DATENQUELLE: BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DE FRANCE, DÉPARTEMENT CARTES ET PLANS) .....	35
ABBILDUNG 11: AUSSCHNITT NAHE VYSOKÁ PRI MORAVE VON N.N. 1703 UND WALTER 1754-1755 (DATENQUELLE: BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DE FRANCE, DÉPARTEMENT CARTES ET PLANS; KARTENSAMMLUNG DER NIEDERÖSTERREICHISCHEN LANDESBIBLIOTHEK) .....	36
ABBILDUNG 12: AUSSCHNITT DER 2. LANDESAUFNAHME VON 1809-1819 (DATENQUELLE: ÖStA. KRIEGSARCHIV).....	37
ABBILDUNG 13: GEOREFERENZIIERTES KARTENBLATT DER 2. LANDESAUFNAHME BEI MARCHEGG, DARGESTELLT MIT DER ÖK50 (DATENQUELLE: KRIEGSARCHIV).....	41
ABBILDUNG 14: AUSSCHNITT DER REKONSTRUKTION 1703 NÖRDLICH DES KURUZZENWALLS (LINKS UNTEN IN SCHWARZER LINIE) .....	50
ABBILDUNG 15: AUSSCHNITT DER REKONSTRUKTION 1703 SÜDLICH DER EINMÜNDUNG DER MALINA MIT DEM NÖRDLICHEN TEIL DER S.G. SALIB-INSEL.....	51
ABBILDUNG 16: AUSSCHNITT DER REKONSTRUKTION 1703 FLUSSAB VON MARKTHOF IM MÜNDUNGSBEREICH ZUR DONAU MIT DER BURG THEBEN AM SÜDWESTLICHEN UFER.....	51
ABBILDUNG 17: AUSSCHNITT DES MÜNDUNGSBEREICHS DER MLÁKA AUS DER "WALTER-KARTE" VON 1754-1755.....	52
ABBILDUNG 18: AUSSCHNITT DER REKONSTRUKTION 1755 ÖSTLICH DES SCHLOSS HOF.....	53
ABBILDUNG 19: VERLAGERUNG DER UFERLINIE DER DONAU MIT FRANZISZEISCHEN KATASTER ALS BASISKARTE (DATENQUELLE: ARCHIV DES BUNDESAMTS FÜR EICH- UND VERMESSUNGSWESEN).....	54
ABBILDUNG 20: AUSSCHNITT DER REKONSTRUKTION 1821 ÖSTLICH DES SCHLOSS HOF MIT MARCHÜBERQUERUNG .....	54
ABBILDUNG 21: AUSSCHNITT DER REKONSTRUKTION 1821 MIT DEM EINFLUSS DER MARCH IN DAS PROJEKTGEBIET UND DER MALINA IM OSTEN.....	55
ABBILDUNG 22: AUSSCHNITT DER REKONSTRUKTION 1896 MIT DEM TEILSTÜCK DER MARCHEGGER OSTBAHN .....	57
ABBILDUNG 233: AUSSCHNITT DES MÜNDUNGSBEREICHS DER MALINA MIT DEM IM OSTEN LIEGENDEN ABGETRENNTEN NEBENARM 1896.....	58
ABBILDUNG 24: AUSSCHNITT WASSERBAULICHER MAßNAHMEN AN DER DONAU 1896 MIT DER BURG THEBEN AM ÖSTLICHEN UFER IN SCHWARZ DARGESTELLT .....	59
ABBILDUNG 25: AUSSCHNITT DER REKONSTRUKTION 1942 BEI MÄÄNDERDURCHSTICH D II FLUSSAB VON MARCHEGG .....	60
ABBILDUNG 26: AUSSCHNITT DER MALINA DER REKONSTRUKTION 1942.....	61
ABBILDUNG 27: AUSSCHNITT DER REKONSTRUKTION 1942 NÖRDLICH DER EISENBAHNBRÜCKE.....	61
ABBILDUNG 28: AUSSCHNITT DER REKONSTRUKTION 1942 ÖSTLICH VON SCHLOSS HOF MIT DER MLÁKA IM OSTEN ALS ZUBRINGER.....	62
ABBILDUNG 29: AUSSCHNITT DER REKONSTRUKTION 1942 IM MÜNDUNGSBEREICH.....	62

---

ABBILDUNG 30: AUSSCHNITT DER REKONSTRUKTION 2020 BEI MÜNDUNG DER MLÁKA.....	64
ABBILDUNG 31: AUSSCHNITT DER REKONSTRUKTION 2020 ÖSTLICH VON MARKTHOF MIT WIEDER ANGEBUNDENEN NEBENGERINNEN AN DIE MARCH .....	64
ABBILDUNG 32: AUSSCHNITT DER REKONSTRUKTION 2020 IM MÜNDUNGSBEREICH ZUR DONAU .....	65
ABBILDUNG 33: FLÄCHENANTEILE DER GEWÄSSERTYPEN IN HA .....	67
ABBILDUNG 34: RELATIVE ANTEILE DER GEWÄSSERTYPEN AN DER JEWEILIGEN GESAMTFLÄCHE .....	68
ABBILDUNG 35: VERÄNDERUNGEN DER GEWÄSSERTYPEN VON 1703 - 2020 .....	70
ABBILDUNG 36: VERÄNDERUNG DER SINUOSITÄT DES HAUPTARMES.....	72
ABBILDUNG 37: MITTLERE BREITE DES AKTIVEN GERINNES DES HAUPTARMES.....	74
ABBILDUNG 38: ANTEIL DER ANBINDUNGEN DER NEBENGWÄSSER AN DEN HAUPTARM.....	75
ABBILDUNG 39: MIGRATION DES MÄANDERS VON 1703 - 1942 .....	76
ABBILDUNG 40: UMLAGERUNGSRATEN DES HAUPTARMES .....	77
ABBILDUNG 41: ENTWICKLUNG DER UFERLINIE DES HAUPTARMES (EUPOTAMON A).....	79

---

## Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: ÜBERSICHT VERWENDETER HISTORISCHER KARTENGRUNDLAGEN (QUELLE: HOHENSINNER 2021) .....	29
TABELLE 2: FLÄCHENVERTEILUNG DER GEWÄSSERTYPEN (NACH DEFINITION DER GEWÄSSERTYPEN IN KAPITEL 7.2).....	66
TABELLE 3: VERÄNDERUNG DER FLÄCHENANTEILE DER GEWÄSSERTYPEN ZWISCHEN 1703 UND 2020 .....	69
TABELLE 4: ENTWICKLUNG DER MITTLEREN BREITE DES HAUPTARMES .....	72
TABELLE 5: MÄANDERMIGRATIONS RATEN FÜR UNTERSUCHTE ZEITINTERVALLE .....	76
TABELLE 6: ANTEILE DER REGULIERTEN UFERLÄNGEN .....	78
TABELLE 7: FLÄCHENBILANZEN DER REKONSTRUKTIONEN .....	81

---

---

## Appendix

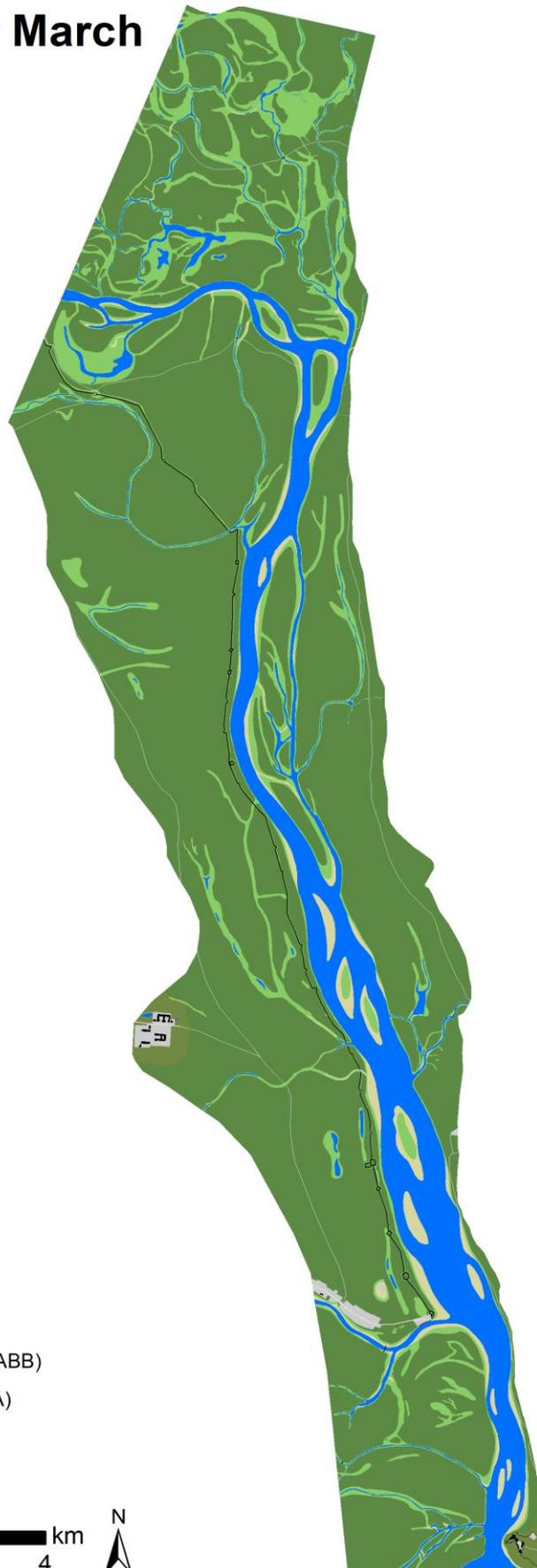
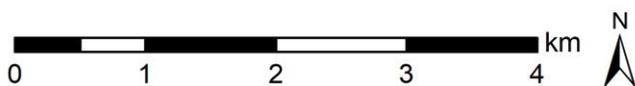
# Flusslandschaft der March 1703

zwischen Marchegg  
und Donaumündung

1:50.000

### Legende

-  Landmarks
-  Verteidigungsbauten
-  Straßen
-  Wasserbauten
-  Siedlungen
-  Gewässer
-  Sedimentflächen
-  Niedriggelegene Vegetationsflächen (VABB)
-  Höherliegende Vegetationsflächen (EFA)
-  Umland



# Flusslandschaft der March 1755

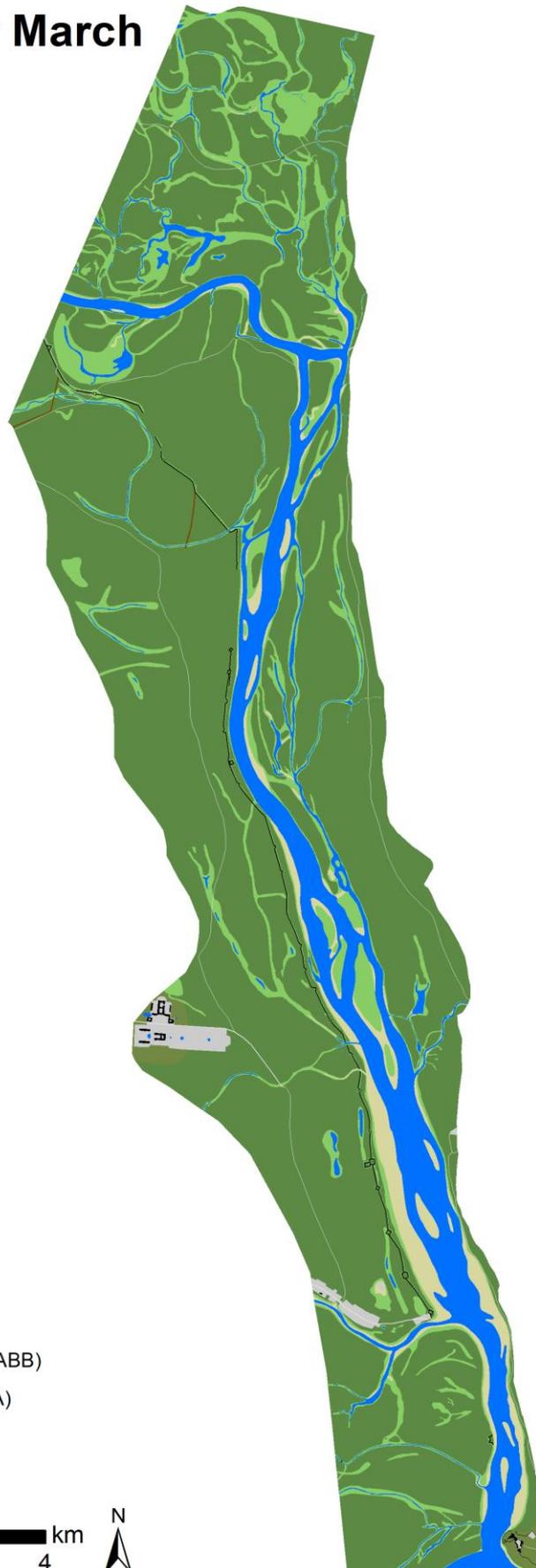
zwischen Marchegg  
und Donaumündung

1:50.000

## Legende

-  Landmarks
-  Verteidigungsbauten
-  Straßen
-  Wasserbauten
-  Siedlungen
-  Gewässer
-  Sedimentflächen
-  Niedriggelegene Vegetationsflächen (VABB)
-  Höherliegende Vegetationsflächen (EFA)
-  Umland

0 1 2 3 4 km



# Flusslandschaft der March 1821

zwischen Marchegg  
und Donaumündung

1:50.000

## Legende

-  Landmarks
-  Verteidigungsbauten
-  Straßen
-  Wasserbauten
-  Siedlungen
-  Gewässer
-  Sedimentflächen
-  Niedriggelegene Vegetationsflächen (VABB)
-  Höherliegende Vegetationsflächen (EFA)
-  Umland

0 1 2 3 4 km



# Flusslandschaft der March 1896

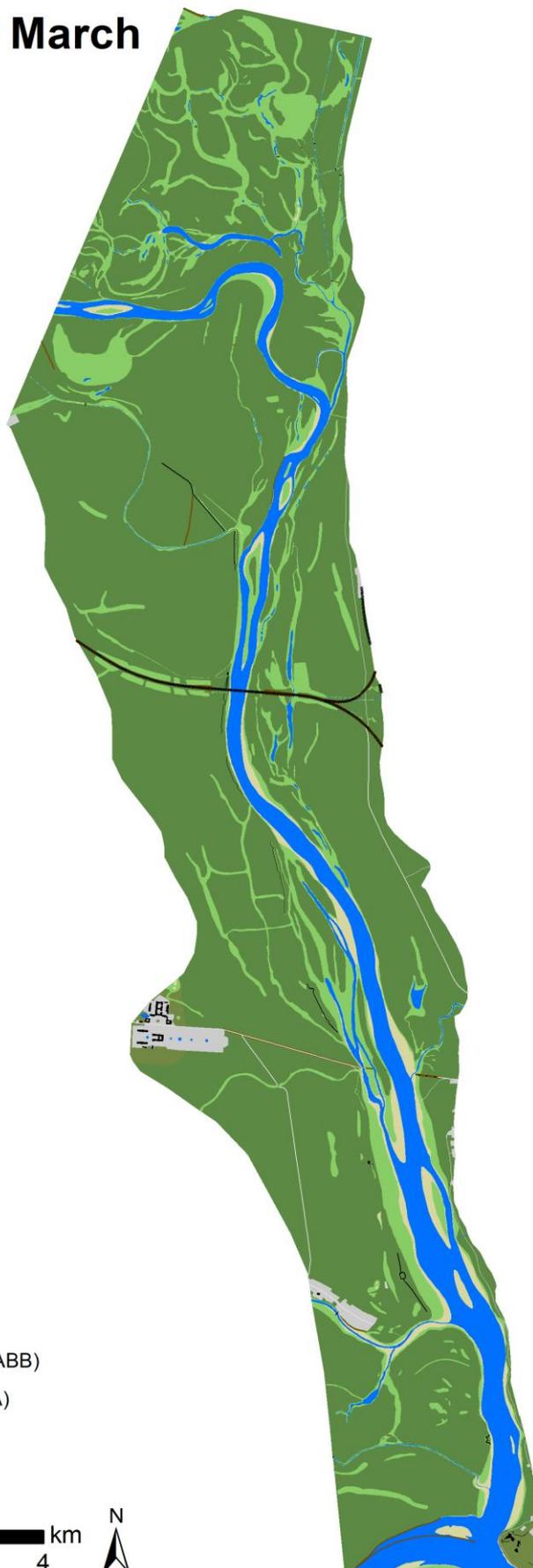
zwischen Marchegg  
und Donaumündung

1:50.000

## Legende

-  Landmarks
-  Verteidigungsbauten
-  Bahnlinien
-  Straßen
-  Wasserbauten
-  Siedlungen
-  Gewässer
-  Sedimentflächen
-  Niedriggelegene Vegetationsflächen (VABB)
-  Höherliegende Vegetationsflächen (EFA)
-  Umland

0 1 2 3 4 km



# Flusslandschaft der March 1942

zwischen Marchegg  
und Donaumündung

1:50.000

## Legende

-  Landmarks
-  Verteidigungsbauten
-  Bahnlinien
-  Straßen
-  Wasserbauten
-  Siedlungen
-  Gewässer
-  Sedimentflächen
-  Niedriggelegene Vegetationsflächen (VABB)
-  Höherliegende Vegetationsflächen (EFA)
-  Umland

0 1 2 3 4 km



# Flusslandschaft der March 2020

zwischen Marchegg  
und Donaumündung

1:50.000

## Legende

-  Landmarks
-  Verteidigungsbauten
-  Bahnlinien
-  Straßen
-  Wasserbauten
-  Siedlungen
-  Gewässer
-  Sedimentflächen
-  Niedriggelegene Vegetationsflächen (VABB)
-  Höherliegende Vegetationsflächen (EFA)
-  Umland

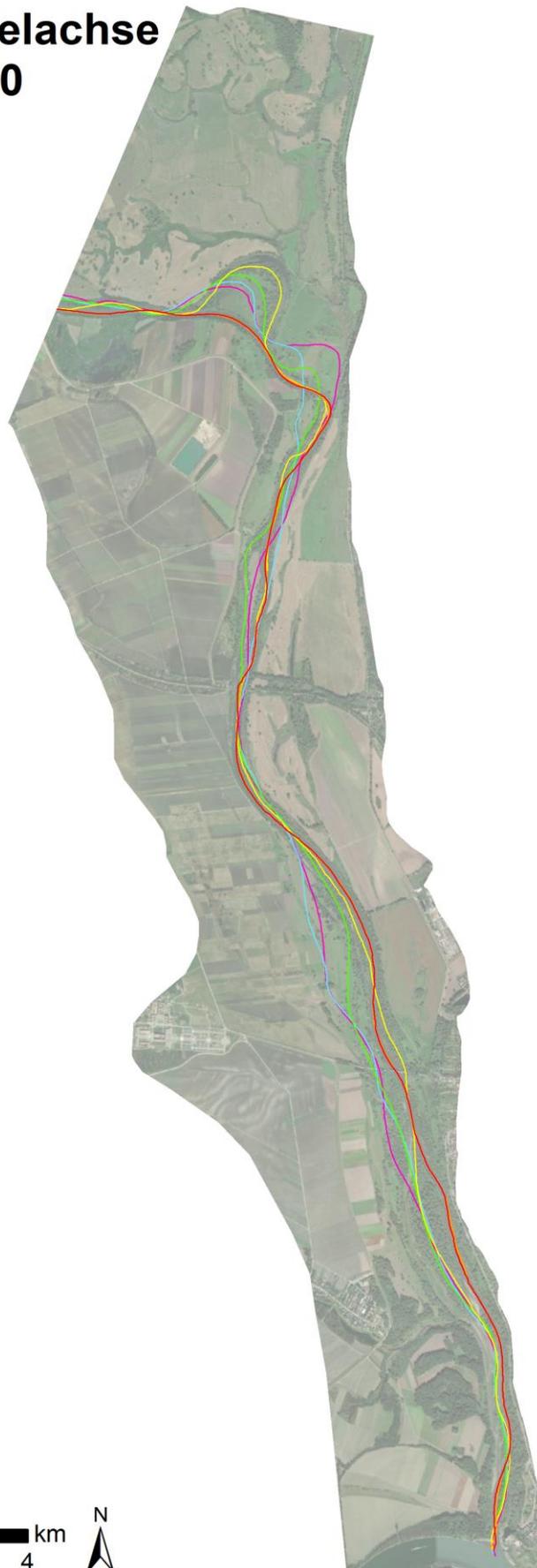
0 1 2 3 4 km



# Entwicklung der Mittelachse der March 1703 - 2020

zwischen Marchegg  
und Donaumündung

1:50.000

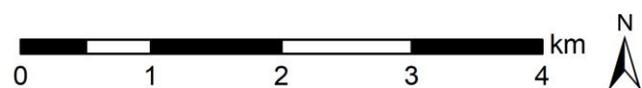


## Legende

### Mittelachsen

- 2020
- 1942
- 1896
- 1821
- 1755
- 1703

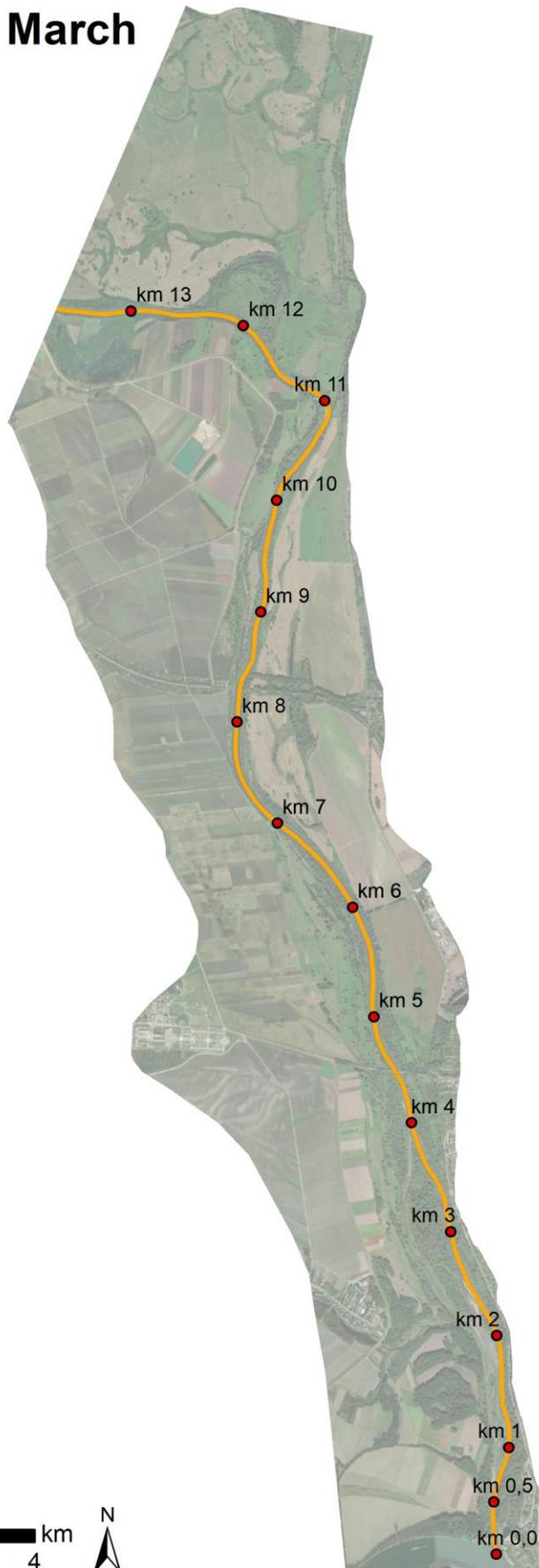
Kartengrundlage: Maxar 2021, ESRI World Imagery



# Flusskilometrierung March 2020

zwischen Marchegg  
und Donaumündung

1:50.000



## Legende

- Flusskilometrierung
- Flussachse March

Datenquelle: viadonau 2021  
Datengrundlage: Maxar 2021, ESRI World Imagery

