



Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources
and Life Sciences, Vienna

Masterarbeit

Hydromorphologische Entwicklung der March seit dem 18. Jahrhundert im Bereich Zwerndorf bis Marchegg

verfasst von

Fiona TÜRK, BSc

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Wien, Oktober 2021

Betreut von:

Ao.Univ.Prof. DI Dr. Susanne Muhar

DI Dr. Severin Hohensinner

Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (IHG)

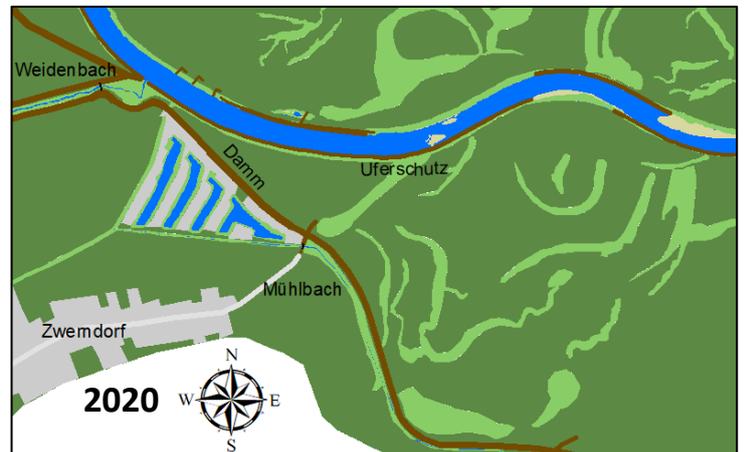
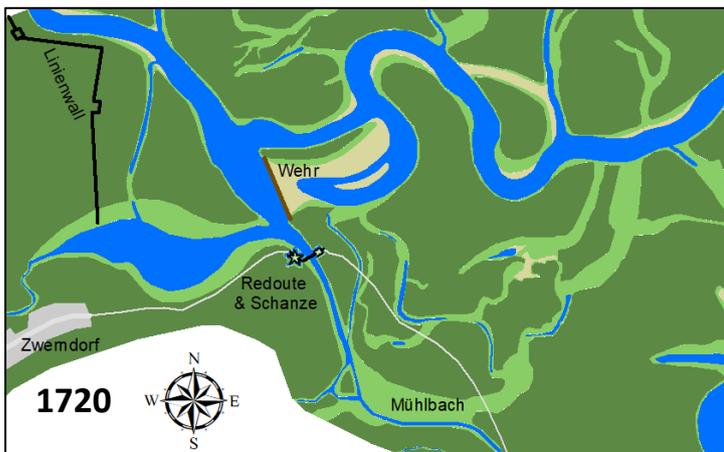
Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt (WAU)

Masterarbeit

Hydromorphologische Entwicklung der March seit dem 18. Jahrhundert im Bereich Zwerndorf bis Marchegg

verfasst von Fiona Türk, BSc.

zur Erlangung des akademischen Grades
Diplom-Ingenieurin



Betreut von:

Ao.Univ.Prof. DI Dr. Susanne Muhar

DI Dr. Severin Hohensinner

Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (IHG)

Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt (WAU)

Titelbild: Ausschnitt Zwerndorfer Wehr. Links: Ausschnitt aus Rekonstruktion 1720, Rechts: Ausschnitt aus Rekonstruktion 2020

Eidesstattliche 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.

Die in der Abschlussarbeit gewählte männliche Form bezieht sich immer zugleich auf Männer und Frauen.

Wien, 04. 10. 2021

Fiona TÜRK (eigenhändig)

*Diese Arbeit ist meinem Vater Johannes Türk
gewidmet, der meinen Abschluss leider nicht mehr
miterleben kann.*



Abbildung 1 Drohnenaufnahme March im Bereich Marchegg mit Blick nach Norden

Die großen Flüsse brauchen die kleinen Wasser.

Albert Schweitzer, 1875-1965

Vorwort

Im Rahmen eines Forschungsprojektes des Institutes für Hydrobiologie und Gewässermanagement wurden zwei Masterarbeiten zum Thema der historischen Veränderung der Fluss-Auenlandschaft March zwischen Zwerndorf und Marchegg vergeben. Das erste Thema bezüglich der flussmorphologischen Veränderung wird in der vorliegenden Arbeit behandelt. Die zweite Arbeit befasst sich mit der Veränderung der Landbedeckung sowie der Landnutzung und wird von Gerald Sauer erarbeitet.

Die vorliegende Arbeit wurde am Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement an der Universität für Bodenkultur Wien unter Betreuung von DI Dr. Severin Hohensinner und Ao.Univ.Prof. DI Dr. Susanne Muhar im Zeitraum Februar 2021 bis Oktober 2021 verfasst.

Zahlreiche Kartenwerke wurden im Vorfeld bereits von Severin Hohensinner in verschiedensten Archiven ausgeforscht und für diese Arbeit zur Verfügung gestellt. Ebenfalls wurden historische Karten und technische Berichte durch die viadonau bereitgestellt. DI Gerald Benz (TB TRIGON plan) stellte verschiedene Daten bezüglich der Marchregulierung zur Seite. Für etwaige Fragen betreffend das WWF-Auenreservat konnte DI Michael Stelzhammer vom WWF mit verfügbaren Daten und Informationen weiterhelfen.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlichst bei allen bedanken, die mich während meiner gesamten Studienzeit unterstützt und gefördert haben. Jeder hat in einer anderen Art und Weise zum Gelingen meines Masterstudiums beigetragen.

Bei Severin Hohensinner möchte ich mich für seine enthusiastische und äußerst fachkundige Betreuung bedanken. Ob spät abends oder früh morgens, bei Fragen konnte ich mich zu jeder Uhrzeit an ihn wenden. Dank seiner weitreichenden Unterstützung beginnend bei der Interpretation der Kartenwerke bis zur wissenschaftlichen Hilfestellung bei der Auswertung der Ergebnisse, war es mir möglich, die Rekonstruktionen in jenem vorliegenden hohen Detailgrad zu erstellen.

Ganz besonderer Dank gebührt meinen Eltern Maria und Johannes Türk, die mich bereits seit meiner frühen Kindheit in meinen naturwissenschaftlichen Interessen unterstützt haben. Auch nach dem Tod meines Vaters unterstützte mich meine Mutter weiterhin finanziell, was bei fünf weiteren Geschwistern keine Selbstverständlichkeit ist und ermöglichte mir so das erfolgreiche Beenden meines Studiums.

Danke auch an Melanie Lette und Alexandra Stagl, die mir bei der Gestaltung der vorliegenden Arbeit in Hinblick auf Rechtschreibung, Grammatik und Layout behilflich waren.

Auch bei meinen Studienkollegen und Freunden, vorrangig bei Daniel Küng und Leonard Salhofer, möchte ich mich für die letzten Jahre bedanken, ohne die der Studienalltag nicht so unterhaltsam gewesen wäre.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinem Freund Andreas Schwab bedanken, den ich voller Stolz und Freude bald meinen Ehemann nennen darf. Durch seinen Optimismus in jeder Lebenssituation schaffte er es mich stets zu motivieren, anzutreiben und er stand mir voller Geduld bei allen Schwierigkeiten meines Studentenlebens zur Seite.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung.....	i
Vorwort.....	iv
Danksagung.....	v
Inhaltsverzeichnis.....	vi
Kurzfassung.....	viii
Abstract.....	ix
1. Einleitung und Stand der Forschung.....	1
2. Zielsetzung und Fragestellung.....	7
3. Projektgebiet.....	11
3.1. Die March.....	13
3.1.1. Die Entstehung eines Mäanders.....	15
3.2. Geologische Verhältnisse.....	19
3.3. Klima und Niederschlag.....	21
3.4. Abflusscharakteristik.....	23
3.5. Anthropogener Einfluss im Projektgebiet.....	26
3.5.1. Regulierung der March.....	26
3.5.2. Renaturierung der March und deren Nebenarme.....	28
3.5.3. Aktuelle Situation im Untersuchungsgebiet.....	29
4. Datengrundlagen.....	32
5. Methodik.....	38
5.1. Vom Original zur digitalen Karte.....	38
5.2. Georeferenzieren der digitalen Karten.....	38
5.3. Vektorisierung der Zeitschnitte.....	40
5.3.1. Regressiv-iterative Methode.....	42
5.4. Auswertung der Rekonstruktionen.....	45
5.4.1. Gewässertypen im aktiven Gerinne.....	45
5.4.2. Sinuosität des Hauptarmes.....	47
5.4.3. Mittlere Breite des Hauptarmes.....	48
5.4.4. Anbindung anderer Gewässertypen an den Hauptarm.....	49
5.4.5. Mäandermigration.....	50
5.4.6. Erosions- und Verlandungsrate.....	52
5.4.7. Regulierungsintensität.....	55
6. Ergebnisse.....	56
6.1. Rekonstruktion Zeitschnitt 1720.....	57
6.2. Rekonstruktion Zeitschnitt 1755.....	62
6.3. Rekonstruktion Zeitschnitt 1821.....	67
6.4. Rekonstruktion Zeitschnitt 1896 - vor der Marchregulierung.....	72

6.5.	Rekonstruktion Zeitschnitt 1942 - während der Marchregulierung	78
6.6.	Rekonstruktion Zeitschnitt 2020 - nach der Marchregulierung	83
6.7.	Analyse der Rekonstruktionen	89
6.7.1.	Gewässertypen im aktiven Gerinne	89
6.7.2.	Sinuosität des Hauptarmes	94
6.7.3.	Mittlere Breite des Hauptarmes	96
6.7.4.	Anbindung anderer Gewässertypen an den Hauptarm	97
6.7.5.	Mäandermigration	99
6.7.6.	Erosions- und Verlandungsrate	102
6.7.7.	Regulierungsintensität	104
7.	Diskussion der Ergebnisse	106
7.1.	Forschungsfrage 1	106
7.2.	Forschungsfrage 2	109
7.3.	Forschungsfrage 3	112
8.	Zusammenfassung und Schlussfolgerung	115
9.	Abkürzungsverzeichnis	119
10.	Tabellen- bzw. Abbildungsverzeichnis	120
11.	Literaturverzeichnis	124
12.	Anhang 1	130
13.	Anhang 2	136

Kurzfassung

Auf Basis zahlreicher historischer Quellen wurde ein 15 km langer Abschnitt der March im heutigen „WWF-Auenreservat Marchegg“ auf seine flussmorphologische Entwicklung zwischen 1720 und 2020 untersucht. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Veränderungen des aktiven Gerinnesystemes (Gewässerflächen + unbewachsene Sedimentflächen) der letzten 300 Jahre darzustellen und dabei die natürliche und die anthropogen veränderte Flussdynamik hinsichtlich der aquatischen Habitatzusammensetzung, sowie anderer flussmorphologischer Parameter zu analysieren. So konnte festgestellt werden, dass die Errichtung der Zwerndorfer Wehranlage flussauf Marchegg und die in der Au angelegten Alleen bereits weit vor Beginn der Marchregulierung eine signifikante Veränderung der flussmorphologischen Ausformung und der aquatischen Habitatausstattung bewirkten. Die ehemaligen aquatischen Habitate veränderten sich sowohl in quantitativer als auch qualitativer Hinsicht. So sind heute keine (zumeist) durchströmten Nebenarme und periodisch durchströmten Altarme mehr erkennbar. Dafür ist der Anteil der künstlichen Gewässer seit Beginn der Marchregulierung 1911 rapide angestiegen und stellte im Jahr 2020 den zweitgrößten Gewässertyp mit 32,2 % dar. Vergleichsweise dazu liegt der Anteil des Hauptarmes bei 44,2 %. Zwischen 1720 und 2020 verringerte sich die Fläche des gesamten aktiven Gerinnes um 124 ha (= 38,8 %). Zudem wurden dynamische Prozesse stark reduziert und die Migration (Verlagerung) der Mäander kam vollständig zum Erliegen. Da 82 % der Marchufer nun verbaut sind, wurden Erosionsprozesse großflächig unterbunden. Dadurch ist das einstige annähernde Gleichgewicht zwischen Erosion und Verlandung heute nicht mehr gegeben.

SCHLAGWORTE: Habitate, March, WWF-Auenreservat Marchegg, Marchregulierung, Flusslandschaft, Entwicklung, historisch

Abstract

Based on numerous historical sources, a 15 km long section of the March River in the present “WWF Floodplain Reserve Marchegg” was investigated for its river morphological development between 1720 and 2020. The aim of this master thesis was to present the changes of the active channel system (water bodies and unvegetated sediment areas) over the last 300 years and to analyse the naturally and anthropogenically modified river dynamics in terms of aquatic habitat composition as well as other river morphological parameters. The results show that the weir of Zwerndorf upstream of Marchegg and newly created lanes in the floodplain caused significant changes in fluvial morphology and in aquatic habitat composition long before the beginning of the regulation of the March River. The former aquatic habitats changed quantitatively and qualitatively. Thus, (mostly) flowed through side arms and periodically flowed through abandoned channels are inexistent today. Artificial water bodies have increased rapidly since the beginning of the river regulation in 1911 and represent the second largest water body type with 32.2 % in 2020. Comparatively, the share of the main channel is 44.2 %. Between 1720 and 2020, the area of total active channel system decreased by 124 ha (= 38.8 %). In addition, dynamic fluvial processes were greatly reduced and the lateral migration of meander bends came to a halt. 82 % of the river banks are embanked suppressing overall erosion processes. As a result, the former approximate balance between erosion and sedimentation no longer exists.

KEYWORDS: habitats, March, WWF Floodplain Reserve Marchegg, regulation of the March River, river landscape, development, historical

1. Einleitung und Stand der Forschung

Wasser ist als wichtige Lebensgrundlage eng mit der kulturgeschichtlichen Entwicklung der Menschheit verbunden. Speziell Fließgewässer hatten als Transport- und Produktionsmittel, sowie als Energieträger, entscheidenden Einfluss auf die Siedlungstätigkeit der Menschen (Schnitter 1992; Schumacher 1998).

Ob als Triebkraft von Mühlen, zur Flößerei, Energiegewinnung, Wasserver- und entsorgung, oder zur Bewässerung von Wiesen, wurden Fließgewässer vielfältig genutzt. Jedoch hinterließen anthropogene Eingriffe wie Begradigung, Laufverlegung, Ausleitung oder Aufstauung über Jahrhunderte hinweg ihre Spuren an den Gewässern. Morphologische Eigenschaften, Erosions- und Sedimentationsverhältnisse oder das Abflussverhalten wurden nachhaltig beeinflusst und prägen den heutigen Zustand der Fließgewässer und deren Flusslandschaft (Kern 1994; Konold 1999).

Nach Jahrzehnten intensiver Gewässerverbauung, rückt nun die Frage nach dem ursprünglichen Charakter von Fließgewässern in den Mittelpunkt wissenschaftlicher Diskussionen (Thiem 2006). Nach Inkrafttreten der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) im Dezember 2000, wird auf europäischer Ebene versucht, eine Verbesserung der aquatischen Habitate zu schaffen und so bis 2015 (spätestens bis 2027) sämtliche Oberflächengewässer innerhalb der Europäischen Union in einen guten ökologischen und chemischen Zustand zu bringen und diesen auch zu erhalten (EU 2000; Jungwirth et al. 2005).

Für die Planung und Durchführung von Maßnahmen, zur Verbesserung des Zustandes der Gewässer, wurden bzw. werden Leitbilder erstellt, die einen direkten Vergleich von Referenz- und Istzustand ermöglichen (EU 2000; Thiem 2006; Herrnegger 2007). Historische Rekonstruktionen dienen als wichtige Basis für die Identifizierung hydromorphologischer Leitbilder und ökologischer Defizite. Ebenso ermöglichen sie die Beschreibung von Vorgaben für typenspezifische gewässerökologische Maßnahmen und Monitorings (Haidvogel et al. 2011) .

Zur Beschreibung des Referenzzustandes werden Referenzstrecken benötigt, die den Gewässerzustand ohne anthropogene Eingriffe zeigen. Da heute jedoch kaum mehr

solche Referenzstrecken vorhanden sind, müssen diese unter Berücksichtigung von naturräumlichen Rahmenbedingungen und historischen Quellen rekonstruiert werden (Jungwirth et al. 2003; Muhar et al. 2003). Unter anderem können so einstige morphologische Charakteristika wie die Ausbildung der Uferlinien, Tiefenverteilung und Ausdehnung von Gewässern, vor anthropogenen Eingriffen beschrieben werden (Jungwirth et al. 2003).

Die Verwendung von historischen Grundlagen hat sich in den letzten Jahren in der interdisziplinären, umwelthistorischen Forschung und im Bereich des Gewässermanagements fest etabliert (Jungwirth et al. 2002; SER 2004; Zentrum für Umweltgeschichte 2019). So wurden bereits in einigen wissenschaftlichen Arbeiten Rekonstruktionen von historischen Landnutzungen unter verschiedensten Betrachtungsweisen behandelt. Tasser et al. (2017) fanden heraus, dass in einem Gebiet der Zentralalpen seit 1860 eine bedeutende Veränderung in der Landbewirtschaftung statt fand und dass in Bereichen des ehemaligen Ackerbaus heute hauptsächlich Gewerbeflächen, Siedlungen, Grasflächen oder Wälder auffindbar sind.

Haidvogel (2008) und Haidvogel et al. (2018) zeigen einen Zusammenhang zwischen Überflutungen und Hochwasserschutz mit der Zunahme von Siedlungsflächen und dem veränderten Siedlungsverhalten. So siedelten sich Menschen früher in flussferneren Bereich an und die Flächen im direkten Umland der Flüsse dienten vor allem land- und forstwirtschaftlichen Zwecken. Mit dem Bedarf an leicht nutzbarer Fläche, den technischen Fortschritten im Hochwasserschutz und den längeren Phasen ohne größere Hochwässer im 20. Jahrhundert, stieg die Zahl an Besiedelungen und Nutzung der Flussauen an (Haidvogel 2008; Haidvogel et al. 2018). Daher wurde neben der vorliegenden Masterarbeit auch eine weitere Masterarbeit verfasst, welche sich der historischen Veränderung der Landnutzung im Untersuchungsgebiet der March widmet. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich nun erstmalig mit der hydromorphologischen Entwicklung der March zu verschiedenen Zeitpunkten zwischen 1720 und 2020. Die Analysen beruhen dabei auf der Rekonstruktion des hydromorphologischen Zustandes der March im Bereich zwischen Zwerndorf und Marchegg (Fkm. 28,5 bis 14,0). Dadurch wird einerseits eine detaillierte Aussage zwischen historischer und gegenwärtiger Habitatausstattung ermöglicht, andererseits werden Veränderungen der

Flussmorphologie, anhand verschiedener Parameter, veranschaulicht. Die vorliegende Arbeit trägt daher im weiteren Sinne zur Erreichung der Ziele WRRL bei und bietet einen guten Überblick über die Flussmorphologie der einstigen March.

Solche flussmorphologischen Veränderungen an Flüssen (wie Donau, Traisen, Möll, Lech, Kamp) wurden bereits in einigen wissenschaftlichen Arbeiten behandelt (Haidvogel und Preis 2003; Drexler 2006; Habersack et al. 2007; Hohensinner et al. 2007; Lager 2012; Tanzer 2016). Hinsichtlich Rekonstruktionen von Flüssen und Flusslandschaften kann in Österreich die Donau als der meistforschteste Fluss genannt werden. So konnte Lager (2012) feststellen, dass sich die Wiener Donau zwischen 1817 und 1875 von einem nahezu unregulierten Fluss mit vielen Nebenarmen, zu einem weitgehend kanalisierten Fluss mit nur einem Hauptstrom entwickelte. Ebenfalls deutet er auf die rücklaufenden Anteile der aquatischen und terrestrischen Lebensräume mit Beginn der Regulierungsphase hin (Lager 2012).

Hohensinner et al. (2004) und Hohensinner et al. (2005b) analysierten, mittels Kartengrundlagen des Zeitraumes 1715 bis 1991, natürliche Veränderungen von Gewässerhabitaten am Beispiel der Donau im Machland. Dabei wird gezeigt, dass vor Beginn von lokalen Regulierungsaktivitäten der Anteil der einzelnen aquatischen Habitate zwar schwankte, aber dennoch ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Habitatalterung und -neuentstehung vorhanden war. Erst mit Beginn der Regulierung und dem Bau des Donaukraftwerks Wallsee-Mitterkirchen, veränderte sich die Habitatausstattung maßgeblich im beobachteten Donauabschnitt (Hohensinner et al. 2004; Hohensinner et al. 2005b).

Hohensinner (2008) erwähnt eine Unterbrechung des natürlichen Kreislaufs von Anlandung und Erosion aufgrund von starken anthropogenen Veränderungen. Ein Gleichgewicht zwischen Anlandung und Erosion ist demnach nicht mehr gegeben (Hohensinner et al. 2011; Hohensinner 2008). Insbesondere die durch Dynamik geprägten, durchströmten Nebenarme, temporär durchströmten Altarme und junge Auenstandorte sind von fortschreitender Verlandung gezeichnet.

Es ist zu erwähnen, dass bei solchen langfristigen Störungen des Gleichgewichts der Umlagerungsprozesse (Erosion und Anlandung) ein neuer Flusstyp, zum Beispiel durch Klima- und Abflusswandel, entstehen kann (Hohensinner et al. 2018).

Regulierungsbedingt kam es im Machland ab dem 19. Jahrhundert abschnittsweise zu einer starken Eintiefung der Donausohle von etwa zwei Metern. Durch die zusätzliche kraftwerksbedingte Abdämmung des Stauraumes kam es zu einer lateralen Entkoppelung der Donau und der begleitenden Auenlandschaft (Hohensinner et al. 2007). Eine solche Entwicklung lässt sich auch im Bereich der einstigen Wiener Donau-Auen zwischen 1849 und 2003 nachweisen (Herrnegger 2007; Hohensinner 2008).

Da es keine vergleichbaren Forschungen gibt, auf denen sich Hypothesen zur einstigen flussmorphologischen Charakteristik der March stützen lassen, werden folgend generelle Beschreibungen mäandrierender Flüsse mittels allfällig vorhandener Kennwerte angeführt. Dabei muss darauf hingewiesen werden, dass jeder Fluss in Abhängigkeit von den jeweiligen Einzugsgebietsweiten und lokalen Rahmenbedingungen anders ausgeprägt ist, z.B.: Einfluss der Donau an der March innerhalb des Projektgebiets der vorliegenden Arbeit.

Als einer der größten linksufrigen Zuflüsse der Donau, repräsentiert die March als pannonisch geprägter Tieflandfluss die Grenze zwischen Österreich und der Slowakei (Fink et al. 1999). Die March mündet unmittelbar vor der Hainburger Pforte nach 353 km in die Donau (Wimmer et al. 2012b).

Die einstige Wiener Donau wird anhand historischer Quellen als „anabranching river“ charakterisiert und beschreibt eine Zwischenstufe von Furkation und Mäander (Nanson und Knighton 1996; Muhar et al. 2004; Lager 2012). Dieser Typ besticht durch zahlreiche Nebenarme und Seitengerinne und weist meist ein oder zwei dominante Hauptarme auf. Im Gegensatz dazu wird die March in historischen Literaturen als „määnderartig“ (Resler 1841) oder als „Fluss mit ausgesprochener Mäanderbildung“ (Akademie der Wissenschaften in Wien 1936) beschrieben und kann demnach als mäandrierender Flusstyp beschrieben werden (Muhar et al. 1998). Wenn man unterschiedliche historische Kartenwerke analysiert, ist ebenfalls eine eindeutige mäandrierende Linienführung des Flusses erkennbar.

Durch den typischen Unterlaufcharakter ist der Tieflandfluss durch ein geringes Gefälle, eine geringe Fließgeschwindigkeit und folglich geringe Schleppkräfte geprägt (Fink et al. 1999). Diese Bedingungen ermöglichen Prozesse, die zur Neubildung von Mäanderbögen in mäandrierenden Flüssen, wie der March, führen (Wolman und Leopold 1957; Mangelsdorf und Scheurman 1980; Muhar et al. 1998). Treibende Kraft für Migration von Mäandern ist die Seitenerosion, welche bei Mäanderflüssen größer als die Tiefenerosion ist (Da Silva 2006). Solche Flüsse zeigen steile Prallufer an der Bogenaußenseite und flache, mit Sediment angeladete, Gleitufer an der Bogeninnenseite (Wimmer et al. 2012a). Schielein (2010) beschreibt, entlang der Donau, oberhalb der Lech-Mündung, eine einheitliche Dynamik mit talwärtigem Wandern der Prallhänge und Mäanderdurchbrüchen. Kommt es zu einem Durchbruch der Mäanderschlingen, werden sie vom Hauptarm abgetrennt und Altarme entstehen (Patt et al. 2004). Heutzutage können daher entlang von Fließgewässern flussbegleitende Altarme unterschiedlichster Sukzessionsstadien beobachtet werden (Eberstaller-Fleischanderl und Eberstaller 2014).

Bei Flüssen, an denen „Freies Mäandern“ möglich ist, können sich Mäander sehr groß entwickeln, was mit einem Mäanderdurchbruch endet (Zeller 1967). Die Umformung der Mäanderschlingen nimmt dabei für gewöhnlich viel Zeit in Anspruch. Die Verlagerung der Ufer an Mäanderflüssen (bzw. Migration des Flusslaufes), die sich in weiten Alluvionsebenen fortbewegen, können einige Meter bis mehrere hundert Meter pro Jahr erreichen (Zeller 1967). Zum Beispiel wurden am Seneca River bei Dawsonville/USA Migrationsgeschwindigkeiten von 0,06 m/Jahr, am Laramic River bei Fort Laramic/USA 0,31 m/Jahr und am Yukon River in Alaska/USA Werte von 36,6 m/Jahr ermittelt (Wolman und Leopold 1957). Eine Voraussetzung dafür, dass Mäander ihre Form behalten, sind homogene Alluvionen. Sind diese nicht mehr vorhanden, passt sich die Mäanderschlinge den lokalen Verhältnissen an und wird verzerrt oder gestaucht, wie es etwa am Beispiel von einigen Alluvionen-Mäanderflüssen in Neuseeland ersichtlich ist (Grant 1948).

Ein wichtiger Parameter zur Beschreibung eines Flusstypes stellt die Sinuosität (Verwindungsgrad eines Flusslaufes) dar, welche bei mäandrierenden Flüssen mit Werten größer als 1,5 m Lauflänge/m Tallänge definiert wird (Brice 1964; Dikau et al. 2016; Schäfer 2019). An stark mäandrierenden Strecken kann die Sinuosität auch Werte über 2

m/m erreichen. Aber nicht nur der Wert der Sinuosität unterscheidet den mäandrierenden Flusstyp von anderen Flusstypen, sondern auch die Tatsache, dass Mäanderflüsse gewöhnlich unverzweigt vorkommen und lediglich ein Hauptarm erkennbar ist (Muhar et al. 2004). Flüsse mit höherer Sinuosität, wie mäandrierende Flüsse, weisen deutlich höhere Anteile von Schluff und Ton in den Uferböschungen auf, welche ursprünglich aus der Schwebfracht kommen und sich außerhalb der Ufer ablagerten. Somit wird ihnen eine größere Standfestigkeit zugesprochen und so Verzweigungen erschwert (Ahnert 1996; Geographisches Institut 2002).

Mäandrierende Flüsse können in unterschiedlichsten Dimensionen auftreten. So gibt es sowohl kleine Bäche dieses Typs in alpinen Hochlagen, als auch sehr breite Ströme im Tiefland (Hohensinner et al. 2019). Die March wäre in dieser Hinsicht als mittelgroßer Tieflandfluss einzustufen. Vor der Regulierung der March variierte die Breite des Flusses zwischen 64 und 112 m und beinhaltete einige „wandernde dynamische Elemente“, wie Sedimentbänke oder Totholzstrukturen (Wimmer et al. 2012a; Steiner et al. 2019).

Die hier angeführten Informationen zur generellen Charakteristik mäandrierender Flüsse und zur March im Speziellen, dienen in weiterer Folge als Basis für die Formulierung der Forschungsfragen und Hypothesen im nachfolgenden Kapitel.

Um die Veränderungen zwischen den einzelnen Zeitschnitten grafisch darzustellen, wurde die March-Flusslandschaft in der vorliegenden Arbeit zwischen 1720 und 2020, mittels historischer Kartenwerke und unter Zuhilfenahme der Geoinformations-Software ArcGIS, in hohem Detailgrad rekonstruiert. Wichtige Parameter zur Bestimmung der Morphologie von Fließgewässern wurden anhand der Rekonstruktionen ebenfalls bestimmt, wie etwa: Erosions- und Verlandungsrate, Sinuosität oder aquatischen Habitattypen. Im Anhang 2 finden sich faltbare Pläne der rekonstruierten Zeitschnitte im Format DIN A3.

2. Zielsetzung und Fragestellung

Ziel dieser Arbeit ist es, die flussmorphologische Entwicklung der March seit dem 18. Jahrhundert zwischen Zwerndorf und Marchegg, aufbauend auf historischen Karten und zusätzlichen Informationen, mit Hilfe der Geoinformations-Software ArcGIS, erstmalig zu rekonstruieren. Unter anderem soll damit auch der Wandel der begleitenden Auenlandschaft, sowie die menschlichen Einflüsse und deren Wirken aufgezeigt werden. Der Untersuchungszeitraum erstreckt sich vom Jahr 1720 mit insgesamt sechs Zeitschritten bis 2020, welcher sowohl die Phase der Marchregulierung als auch die beginnende Renaturierung beinhaltet. Durch diese schrittweise Rekonstruktion der einzelnen Zeitschnitte, sollen die anthropogen und natürlich hervorgerufenen Veränderungen in der Flusslandschaft grafisch dargestellt und analysiert werden.

Folgende **Forschungsfragen** sollen im Detail beantwortet werden:

- F1. Welche flussmorphologischen Charakteristika waren typisch für die einstige March?

- F2. Wie unterscheidet sich die aquatische Habitatausstattung (Gewässertypen) der March von jener der Donau vor der Regulierung?

- F3. Wie hat sich die aquatische Habitatausstattung der March als Folge von Regulierung und Hochwasserschutzmaßnahmen verändert?

Gestützt auf der in Kapitel 1 angeführten Literatur und Informationen wurden folgende

Hypothesen formuliert:

H1. Als typische flussmorphologische Charakteristika der einstigen March (Zustand vor der Marchregulierung) können folgende genannt werden:

- Sinuosität liegt bei über 1,5 m/m
- Mittlere Breite zwischen 64 und 112 m
- Wenige vom Hauptarm ausgehende Verzweigungen (Anbindungen von Nebengewässern)
- Mäanderdurchbrüche kommen natürlich vor
- Migrationsraten von mehreren Metern pro Jahr
- Verhältnis von Erosion und Verlandung liegt ungefähr bei 1:1
- Steile Prallhänge und flache Gleitufer mit Anlandung von Sedimenten

H2. Für den Vergleich der aquatischen Habitatausstattung wurde die Wiener Donau gewählt – einerseits, weil die March ein großer Zubringer der Donau ist, andererseits, da sehr genaue Daten diesbezüglich vorhanden sind und sich beide Flüsse morphologisch grundlegend voneinander unterscheiden. Für den Zustand der Donau bis 1817 wurde die Diplomarbeit von Lager (2012) herangezogen.

Bei der March ist aufgrund des mäandrierenden Flusstyps anzunehmen, dass der Hauptarm den flächenmäßig dominantesten Gewässertyp darstellt. Einseitig angebundene und periodisch durchströmte Altarme werden an der March hauptsächlich durch alte Mäanderschleifen gebildet, die noch nicht vollständig vom Hauptarm entkoppelt sind. Die March kann 1821 noch als nahezu unreguliert angesehen werden. Vor der Marchregulierung werden künstliche Gewässer vor allem als große Fischteiche oder Gerberlacken in und um Städte erfasst werden. Die Hauptunterschiede der Habitatzusammensetzungen an Donau und March werden vor allem durch die unterschiedlichen Flusstypen definiert. Dadurch sind Unterschiede innerhalb der Zusammensetzung der Habitate, vor allem bei den beiden Eupotamalen Gewässertypen (Hauptarm und durchströmte Nebenarme) zwischen der Donau und der March, zu erwarten. Abbildung 2 gibt dabei eine Gegenüberstellung der Aufteilung der aquatischen Habitatausstattung der Donau

bis 1817 nach Lager (2012) und der aufgestellten hypothetischen Annahmen zur March im Jahr 1821.

- H3. Im gesamten Projektgebiet zwischen Zwerndorf und Marchegg ist zu erwarten, dass sich folgende Veränderung innerhalb der aquatischen Habitattypen als Folge der Regulierung und Hochwasserschutzmaßnahmen ab 1911 zugetragen haben:

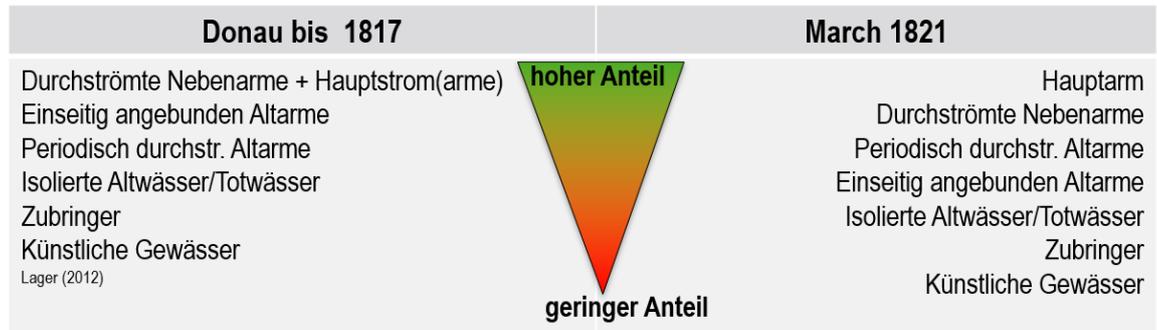


Abbildung 2 Gegenüberstellung Habitattypen Donau bis 1817 (Lager 2012) und hypothetische Annahmen zur March vor 1821

- Vor der Regulierung (vor 1911) war die Zusammensetzung der Gewässertypen (aquatische Habitate) noch weitgehend naturnah ausgeprägt und alle Typen waren im Projektgebiet wie in Abbildung 2 postuliert anzutreffen.
- Die größten „Verlierer“ der Regulierung werden die Gewässertypen „Hauptarm“ und die „zumeist durchströmten Nebenarme“ sein, da aufgrund der Durchstiche und der daraus resultierenden Laufverkürzung, eine neue Verteilung der Gewässertypen erreicht wird.
- Die periodisch bzw. einseitig angebundenen Altarme werden aufgrund der Regulierungsmaßnahmen nicht bzw. nur noch zu einem kleinen Teil im Gebiet vorhanden sein.
- Der Anteil des Gewässertyps „isolierte Altwässer und Totwässer“ wird sich, aufgrund der Entkoppelung der Auengewässer vom Hauptarm, bedingt durch die Regulierung, stark erhöht haben. Vor allem das Auengewässersystem „Maritz“ wird mit seinen vielen Verzweigungen im Augebiet eine große Fläche der isolierten Altwässer/Totarme einnehmen.
- Vor der Regulierung war der Flächenanteil sämtlicher aktiver Gerinne höher als nach der Regulierung.

- Der Flächenanteil der künstlichen Gewässer wird sich im Laufe des 20. Jahrhunderts, hauptsächlich durch angelegte Nassbaggergruben zum Abbau und zur Gewinnung von Schotter für den Bau des Hochwasserschutzdammes entlang der March, deutlich vergrößern.



Abbildung 3 Regulierungsarbeiten nahe Eisenbahnbrücke Marchegg

Um diese Hypothesen überprüfen zu können, erfolgte die Erstellung von sechs Rekonstruktionen, die die hydromorphologische Entwicklung der March, inklusive ihrer Nebengewässer im Untersuchungsgebiet seit dem 18. Jahrhundert, erfassen. Um gemeinsam mit den grafischen Rekonstruktionen die Hypothesen zu überprüfen, wurden folgende Auswertungen durchgeführt:

- Die Gewässertypen im aktiven Gerinne nach der Methode von Hohensinner et al. (2013a) aufbauend auf der Methode von Amoros et al. (1987).
- Die Sinuosität des Gewässertyps „Hauptarm“, welche das Maß für Krümmung eines Flusslaufes definiert (Murawski und Meyer 2010).
- Die mittlere Breite des aktiven Gerinnes des Hauptarmes.
- Der Anteil der Uferlängen der Nebengewässer am Hauptarm.
- Die Mäandermigration am Hauptarm der March im Untersuchungsgebiet.
- Die Erosions- und Verlandungsraten des Hauptarmes.
- Regulierungsintensität als Surrogat für die Intensität der anthropogenen Eingriffe in den Fluss.

3. Projektgebiet

Der zu rekonstruierende Teil der March befindet sich im östlichen Weinviertel, inmitten der Region Marchfeld (siehe Abbildung 4), sowie in der Region Záhorie im Westen der Slowakei. Auf österreichischer Seite erstreckt sich das Gebiet von oberhalb des Weidenbaches bei Zwerndorf (Fkm. 28,5) bis Marchegg (Fkm. 14,0) und umfasst somit den größten Teil des WWF-Auenreservates Marchegg. Der flächenmäßig etwas kleinere Teil des Projektgebietes befindet sich in der Slowakei, ist zum größten Teil durch den Hochwasserschutzdamm begrenzt und liegt vollends im Landschaftsschutzgebiet Záhorie. Das Projektgebiet erstreckt sich in Nord-Süd Richtung mit einer Gesamtlänge von ca. 11,4 km und umschließt eine Fläche von 31,10 km² (siehe Abbildung 5).

Insgesamt befinden sich die drei Zubringer Weidenbach bei Zwerndorf, Mühlbach bei Marchegg und Rudavka bei Vysoká pri Morave innerhalb des Projektgebietes.



Abbildung 4 Regionen in Niederösterreich; 17 = Marchfeld; rote Umrandung = Projektgebiet

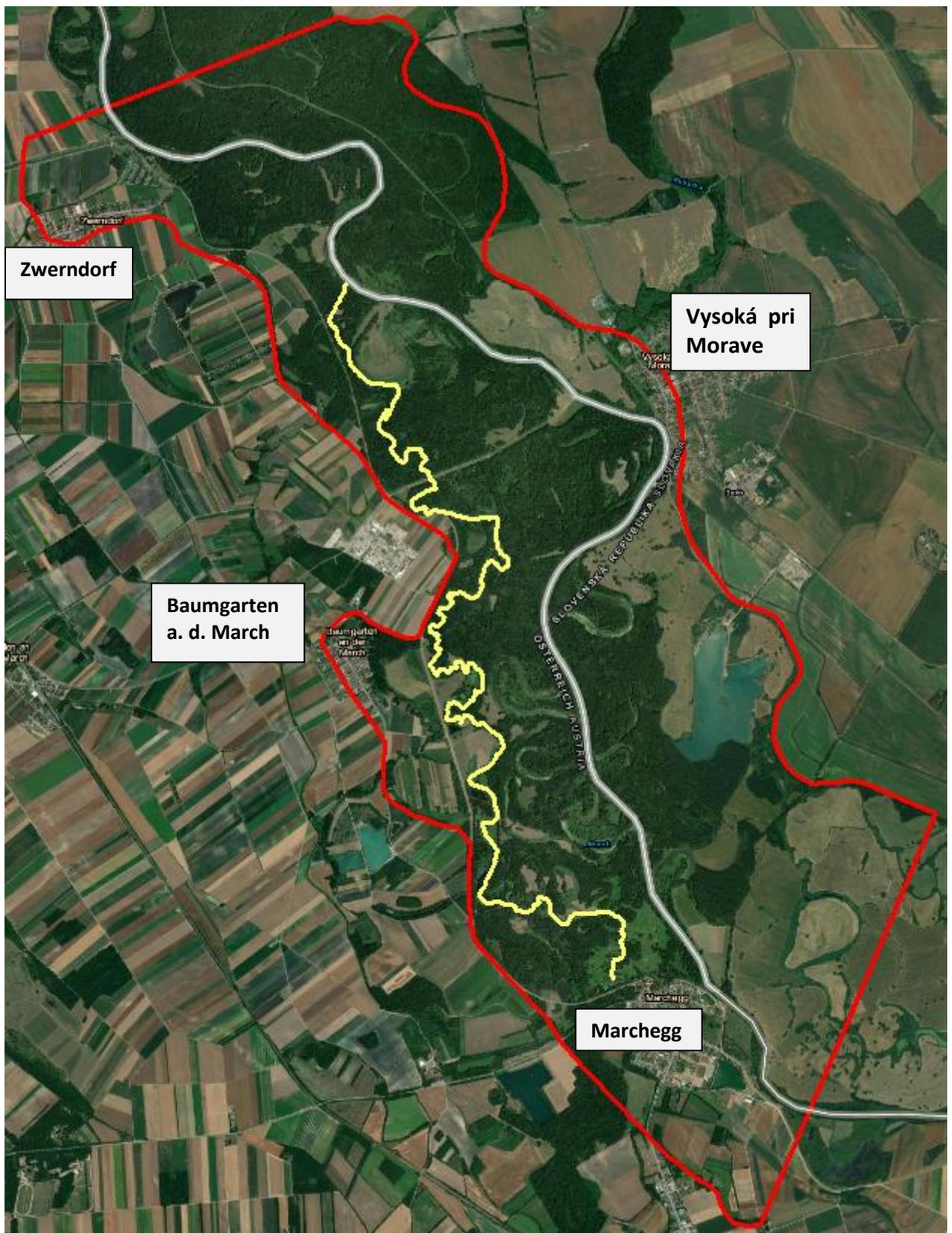


Abbildung 5 Projektgebiet = rot, Auengewässersystem Maritz = gelb

3.1. Die March

Die March ist der einzige große naturnahe Tieflandfluss mit pannonischer Prägung in Österreich und ist mit ihren Auen eine der beachtenswertesten Flusslandschaften in Mitteleuropa (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung 19.06.2019). Sie findet ihren Ursprung im Glatzer Schneegebirge an der Grenze Polens zu Tschechien, auf einer Höhe von 1.194 m, nahe zweier Kalksteinhöhlen namens Quarklöchern (Wimmer et al. 2012b). Dem Klima des Einzugsgebietes (Mittelgebirge) entsprechend, führt die March typische Frühlingshochwässer, wobei der Donaeinfluss bis Baumgarten durch rückgestaute Sommerhochwässer spürbar ist (Forstliche Bundes-Versuchsanstalt Wien 1967).

Entlang der 353 km langen Flussstrecke durchfließt die March einige Schutzgebiete und Naturreservate, wie zum Beispiel das Landschaftsschutzgebiet Litovelské Pomoraví, das Naturschutzgebiet Zástudánčí, die Naturreservate Osypané břehy, Oskovec und Oskovec II. Als Teil des Europaschutzgebietes March-Thaya Auen bildet die March von Hohenau bis zur Donaumündung, bei Hainburg an der Donau und Devin, die Grenze zwischen Österreich und der Slowakei. Das Einzugsgebiet der March hat eine Größe von 26.658 km², wobei sich lediglich 3.670 km² im nordöstlichen Niederösterreich befinden, der restliche Teil befindet sich im Osten Tschechiens, im Landesteil Mähren (Wimmer et al. 2012b).

Das March-Einzugsgebiet liegt in Mitten der kristallinen Mittelgebirgslandschaften der Sudeten und der Böhmisches Maße (Fink et al. 1999).

Die March spielte in der historischen Entwicklung der Siedlungen im Umland eine wesentliche Rolle. Ob als Triebkraft von Mahl- und Gewerbemühlen oder als wichtige Wasserstraße für den Binnenschiffverkehr, die March war seit Beginn des 16. Jahrhunderts eine zentrale Achse im europäischen Fernverkehrsnetz (Benz 2019). Laut Fink et al. (1999) wird die March bei niedrigen Wasserständen als ein unspektakulärer Tieflandfluss mit getrübbten braunen Wasser beschrieben. Es scheint unvorstellbar, dass sich bei Hochwasser das Donau-March-Dreieck zu einer riesigen Wasserfläche ausbilden kann (Fink et al. 1999). Während den Weiß- und Schwarzstörchen, welche in dieser Region angesiedelt sind, heutzutage ein reichhaltiges Nahrungsangebot durch die

Überschwemmungen bereitgestellt wird, bedrohten die verheerenden Hochwässer historisch die Existenz vieler Menschen der Umgebung.



Abbildung 6 Postkarte mit Hochwasser 1899 in Marchegg

Eine hochwasserintensive Zeit, welche auch im Gebiet der Wiener Donau dokumentiert und als die letzte Hochphase der „Kleinen Eiszeit“ bekannt ist, verursachte starke Veränderungen der fluvialen Dynamik an den Fließgewässern (Lamb 1977). Jene Phase wurde für die Wiener Donau zwischen 1768 und 1789 definiert und kann auch für die March anhand dokumentierter Hochwässer in lokalen Chroniken festgelegt werden (Hohensinner 2015).

Pläne zur Regulierung der March mit dem Hintergrund der Schiffbarmachung und einer Verbindung mit der Oder finden sich bereits im 17. Jahrhundert (Benz 2019).

Im 18. Jahrhundert wurden erste Borddämme zur Erhöhung der Ufer errichtet, um Folgen durch Überschwemmungen zu minimieren und um die Schiffbarmachung der March voranzutreiben. Auch Vorhaben einer Mittelwasserregulierung der March, sowie eines Abflussregime adäquaten Hochwasserschutzes, sind aus diesem Jahrhundert bekannt (Benz 2019). Die Mittel- und Hochwasserregulierung zur Verbesserung der Schifffahrt, Förderung der Landeskultur und Verminderung der Hochwässer wurden jedoch erst ab 1911 realisiert, im Untersuchungsgebiet der vorliegenden Arbeit punktuell erst ab 1935. Mit jener Umsetzung wurde der Flusslauf durch 17 Durchstiche um rund 10,85 km gekürzt (Benz und Schwingshandl 2008).

3.1.1. Die Entstehung eines Mäanders

Je nach Gewässerlauf werden Fließgewässer in gestreckt, verzweigt, gewunden (mäandrierend) unterschieden (Zeller 1967; Muhar et al. 1998). Jene Unterteilung ist vor allem visuell bedingt und ist schon seit langem in Gebrauch (Lane 1957; Leopold et al. 1964).

Das Gefälle, der Korndurchmesser des Geschiebes sowie die Geschwindigkeit der Laufverlegung nehmen vom gestreckten Gewässertyp bis hin zum mäandrierenden tendenziell ab (wobei gestreckte Gewässer und Talmäander durch seitliche Talflanken bezüglich der Laufverlagerung eingeschränkt sind) (Wimmer et al. 2012b).

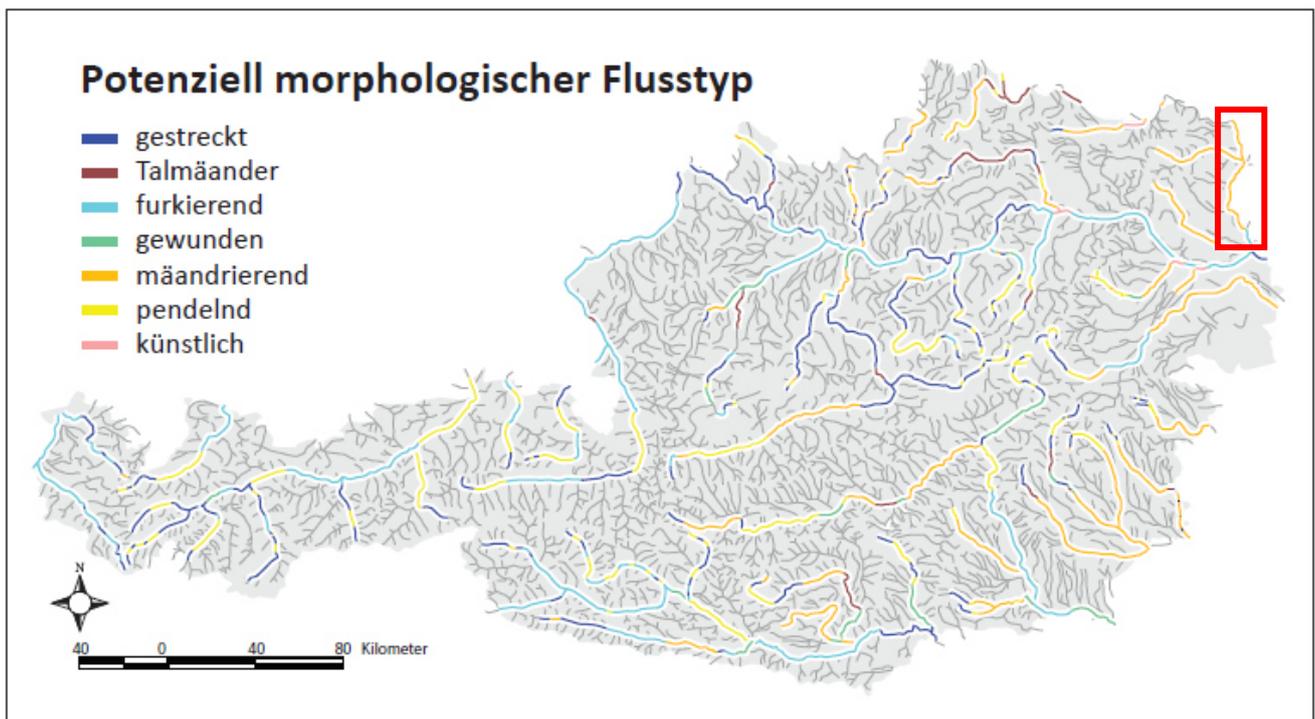


Abbildung 7 Fließgewässer-Abschnitte in Österreich; rotes Rechteck= March

Die March wird nach Muhar et al. (1998) in Österreich als mäandrierend sowie als furkierend im Mündungsbereich eingestuft (Abbildung 7). Im Projektgebiet liegt demnach die March als ein mäandrierendes Fließgewässer vor. Folglich wird auf jenen Flusstypen näher eingegangen.

Mäandrierender Flusstyp:

Charakterisiert ist dieser Typ durch einen stark gewundenen Gewässerlauf und lässt sich einfach durch seine Sinuosität, also die Häufigkeit an Windungen entlang des Flusslaufes, unterscheiden. Mäandrierende Flüsse besitzen dabei eine Sinuosität von mehr als 1,5 m/m (Schäfer 2019).

Man unterscheidet zwischen dem vollständig entwickelten Typ (Freier Mäander, Flussmäander in Alluvionen des Flusses), dem eingeeengten oder auch eingeschränkten Typ (Zeller 1967). Im Falle der March sprechen wir von einem freien Mäander, genauer einem alluvialen Flussmäander. Beim freien Mäandern können Migrationswerte und Uferveränderungen von dutzenden Metern pro Jahr aufgezeichnet werden (Zeller 1967). In Abbildung 8 ist die Entwicklung von Mäanderschleifen abgebildet und zeigt den Zusammenhang zwischen der Größe der Mäanderschleife und dem Zenitwinkel alpha.

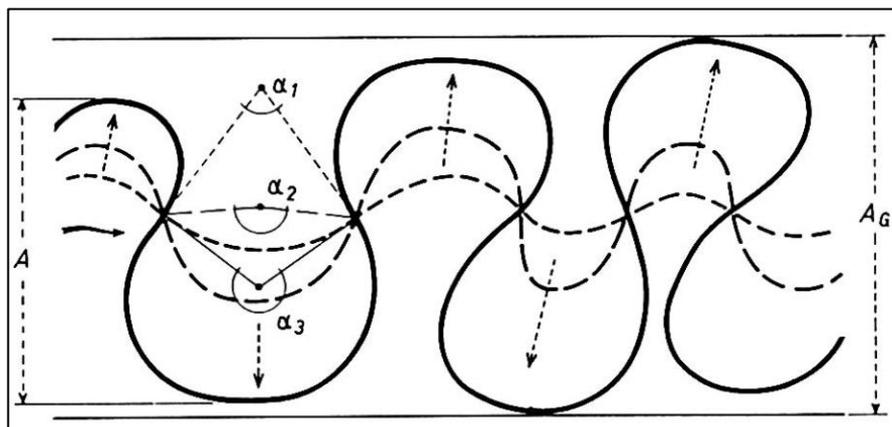


Abbildung 8 Entwicklung von Mäanderschleifen; A = Mäanderamplitude (Breite des Mäandergürtels), alpha = Zenitwinkel (Je größer die Mäanderschleife, desto größer auch der Zenitwinkel), A_G = Mäandergürtelbreite (meist größer als A) (Zeller 1967)

Gewässer mit alluvialen Mäandern (im Gegensatz zu Talmäandern) nehmen, aufgrund des niedrigen Gefälles, einen großen Teil des Talraumes ein. Dieses niedrige Gefälle ist, unter anderem, eine Grundvoraussetzung zur Bildung von Mäandern. Die Mäanderbildung wird zusätzlich durch größere Wassertiefen, geringe Fließgeschwindigkeiten und ein schlecht erodierbares Ufermaterial ermöglicht. Aufgrund der niedrigen Fließgeschwindigkeiten verändert sich der Lauf nur sehr langsam. Diese Veränderungen beruhen auf den Prozessen der Erosion und der Anlandung. Treibende Kraft ist hier die Seitenerosion, welche bei mäandrieren Fließgewässern größer ist als die Tiefenerosion. An der

Außenseite des Mäanders wird Material abgetragen, welches sich an den Bogeninnenseiten wieder ablagert. Diese abgetragenen Sedimente werden dann an den Gleitufeln anwachsend sedimentiert. Aufgrund der hohen Seitenerosion kann es zu Mäanderhalsdurchbrüchen kommen (Zeller 1967; Da Silva 2006; Eberstaller-Fleischanderl und Eberstaller 2014). Diese Durchbrüche, auch Mäandersprünge genannt, entstehen wenn die Mäanderschleifen durch die fortschreitende Erosion immer näher zusammenrücken (Randl 2014). In der entstehenden Enge kann es dann zum Durchbruch kommen, der den Flusslauf verkürzt und einen Altarm entstehen lässt (siehe Abbildung 9). Die Durchbruchsstelle weist in weiterer Folge ein stärkeres Gefälle auf, welches einen erhöhten Sedimenttransport im Einflussbereich verursacht. Das abgetragene Material lagert sich unterhalb der Durchbruchsstelle ab und führt in diesem Bereich erneut zu einer Gefälleverminderung (Randl 2014). Bedingt durch das geringere Gefälle, wiederholt sich der Prozess zur Ausweitung der Mäanderschleife erneut. Der durch den Durchbruch geschaffene Altarm verliert sukzessiv den Anschluss am Abflussgeschehen im Hauptgerinne. Aufgrund der Absenkung des neuen Laufes, bedingt durch regressive Erosion, zusammen mit dem Sedimenttransport, wird der oberwasserseitige Anschluss des entstandenen Altarmes verschlossen. Ein unterwasserseitiger Anschluss wird oft durch Grundwasserfiltrationen oder durch Aufnahme von Zubringergewässer, über eine längere Zeit hinweg, ermöglicht, bis auch jener durch Ablagerungen unwirksam wird (Randl 2014). Ein „natürlicher“ Mäanderdurchbruch anhand einer unregulierten Strecke der March bei Hodonin in Tschechien ist in Abbildung 10 dargestellt.

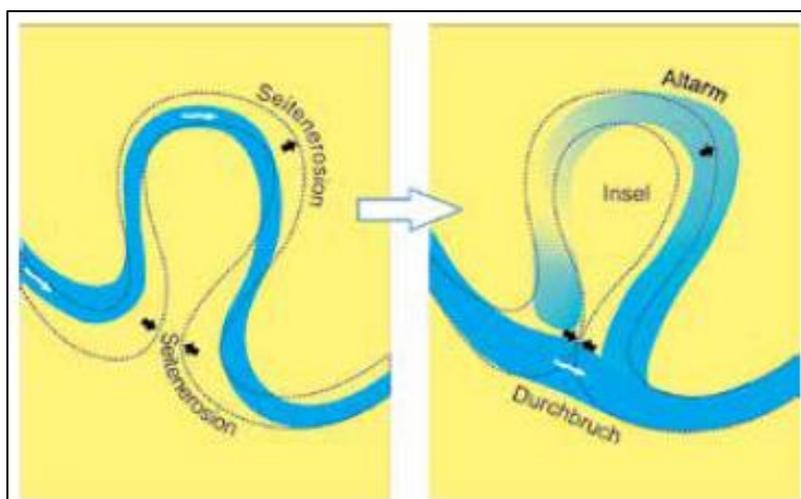


Abbildung 9 Vorgang eines Mäanderdurchbruchs

Diese flussbegleitende Altarme unterschiedlicher Sukzessionsstadien sind ein typisches Merkmal für mäandrierende Flüsse (Eberstaller-Fleischanderl und Eberstaller 2014).

Da es jedoch an vielen mäandrierenden Flüssen in Österreich, wie auch an der March, zu einer Laufverkürzung in Folge künstlicher Durchstiche gekommen ist, hat sich das Gefälle stark erhöht. Das erhöhte Gefälle bewirkte sowohl eine Steigerung der Fließgeschwindigkeit als auch der Schleppekraft (Randl 2014). Dies verursachte den erhöhten Sedimenttransport an der Sohle, der, zusammen mit den flächendeckend eingebauten Ufersicherungen, zur Eintiefung der Gewässersohle führte. Dieser Effekt war nicht unerwünscht, denn so konnte das Abfuhrvermögen bei höheren Wasserständen gesteigert und eine Bodenentwässerung ermöglicht werden. In weiterer Folge sind viele Altarme verlandet, wurden verfüllt und für landwirtschaftliche Zwecke verwendet (Randl 2014).



Abbildung 10 „Natürlicher“ Mäanderdurchbruch der March bei Hodonin in Tschechien

3.2. Geologische Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet gehört aus geographischer Sicht zum östlichen Weinviertel und zum Marchfeld. Geologisch gesehen liegt der Unterlauf der March im Senkungsraum des Wiener Beckens (Fink et al. 1999).

Dieses Gebiet wird auch als „Marchniederungen“ (siehe Abbildung 11) bezeichnet und liegt inmitten der tektonischen Senke zwischen den Alpen und Karpaten. Das breite Flusstal der March wurde im Pliozän geformt und ist aus alluvialen Sanden und Schotter aufgebaut, jene an die March angrenzenden Terrassen sind durch Löß aufgelagert (Redl und Schwingshandl 1997).

Auf slowakischem Gebiet ist die Marchniederung als flugsandbedecktes Terrassenland ausgebildet und erstreckt sich zwischen Flussniederung und den kleinen Karpaten. Diese Niederung trägt in der Slowakei die Bezeichnung „Záhorská nizina“. Aufgrund der geringen Schleppekraft entsprechend dem Unterlaufcharakter der March, führt diese hauptsächlich feinkörniges Geschiebe, vorrangig Sand oder Schluff (Fink et al. 1999).

Stellenweise findet man in Bereichen mit höheren Fließgeschwindigkeiten kiesiges Material (Redl und Schwingshandl 1997).

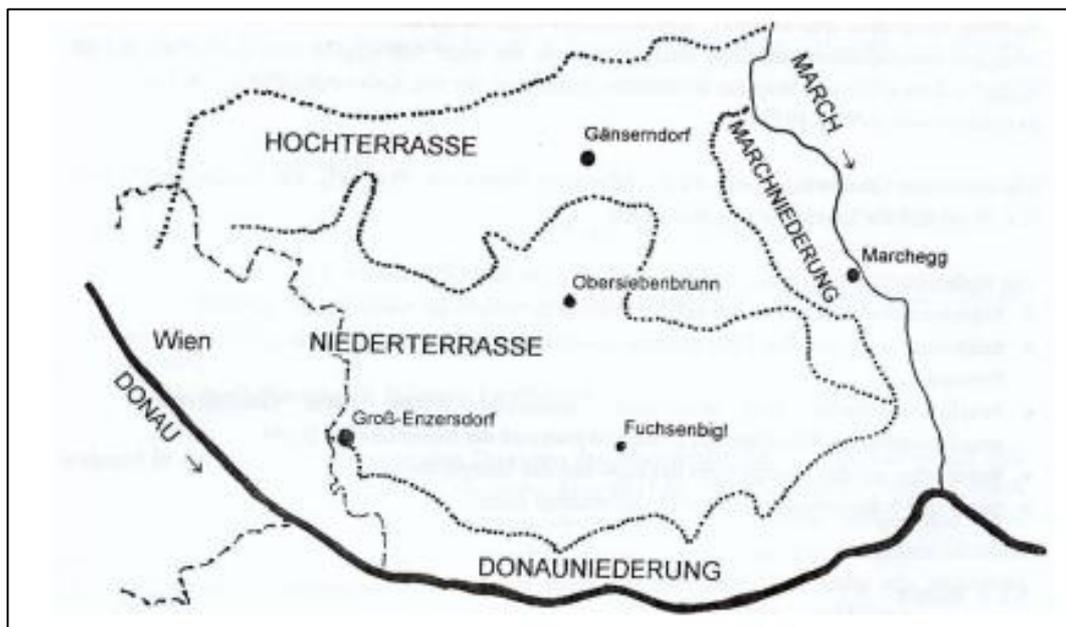


Abbildung 11 Darstellung des Donau-March-Eckes

Geologisch betrachtet zeigen die Marchniederungen vor allem schwere bis schwerste, vergleyte und anmoorige Böden, auch Alluvialböden bezeichnet (Fink 1955).

In diesen Alluvionsebenen (Alluvion (lat.) = angeschwemmtes Land; junge Schwemmböden an Flussufer), mit leicht erodierbarem Ufermaterial, ist das Mäandern des Flusses voll entwicklungsfähig (Zeller 1967). Näheres dazu wird im Kapitel 3.1.1 beschrieben.

Die beiden größten auftretenden Bodentypen im Untersuchungsgebiet werden, anhand der Bodenkarte Gänserndorf, folgend in Kürze erklärt. Die gesamte Bodenkarte ist im Anhang 2 angefügt.

Auboden:



Ausgangsmaterial ist junges Schwemmmaterial der March. Dieses Schwemmmaterial wird hauptsächlich durch die Überschwemmungen transportiert. Die verschiedenen Hochwasserereignisse zeigen sich auch im schichtweisen Aufbau des Bodens. Dieser junge Boden ist geprägt durch die sehr gute Versorgung an Nährstoffen (Wenzel et al. 2016).

Abbildung 12 Bodenprofil Auboden

Gley & Moorboden:



Diese beiden Bodentypen sind stark wasserbeeinflusst. Gleye entstehen durch anhaltend hohe Grundwasserspiegel und weisen eine grau-bläuliche Färbung inkl. Flecken auf. Moorböden hingegen entstehen, wenn durch Wasserüberschuss bereits abgestorbene Pflanzenreste, infolge von Sauerstoffmangel, nicht mehr abgebaut werden können. Beide Bodentypen können in Folge des Wassereinflusses nur eingeschränkt genutzt werden (Wenzel et al. 2016).

Abbildung 13 Bodenprofil Gley & Moorboden

3.3. Klima und Niederschlag

Zur Beschreibung des Abflussregimes sind primär auch Faktoren wie das Einzugsgebiet und die dortigen klimatischen Bedingungen entscheidend. So führt auch die March, entsprechend dem Klima ihres Einzugsgebietes (Mittelgebirge), vorwiegend Frühjahrshochwässer (Forstliche Bundes-Versuchsanstalt Wien 1967). Die mittleren jährlichen Niederschlagshöhen in Mitteleuropa betragen in den Mittelgebirgen 700 bis 1200 mm (Nemitz o.D.). In Abbildung 14 sind die Niederschlags- und Temperaturwerte der Station Olmütz in Tschechien angeführt. Diese Station wurde gewählt, da sie inmitten des Einzugsgebietes der March flussaufwärts des Projektgebietes liegt und einen guten Vergleich zu jener Station in Marchegg (Abbildung 15) gibt.

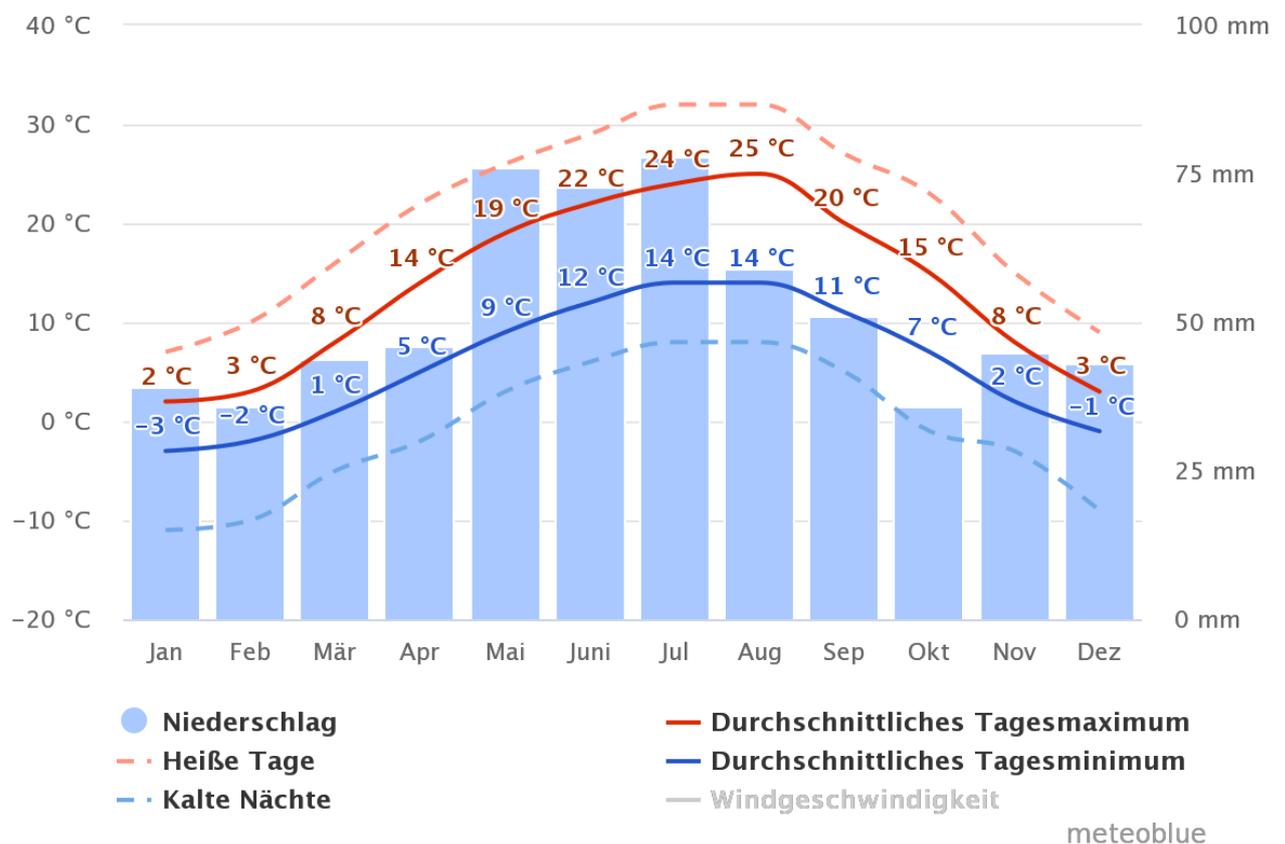


Abbildung 14 Temperatur- und Niederschlagswerte Station Olmütz (Tschechien)

Deutlich sind hier die durchschnittlich höheren Niederschlagsmengen im Vergleich zur Station in Marchegg erkennbar.

Das Untersuchungsgebiet ist ein Teil des March-Thaya-Gebietes und ist somit ein Teil der pannonischen Klimaregion. Diese Provinz zählt zu den trockensten und wärmsten Gebieten Österreichs (Bobek et al.).

Die Jahresniederschläge liegen dementsprechend unter 600 mm, außer im Bereich der Mündung in die Donau, hier wird dieser Wert geringfügig überschritten (Fink et al. 1999).

Abbildung 15 zeigt die durchschnittlichen Temperaturen und Niederschläge anhand einer Station in Marchegg.

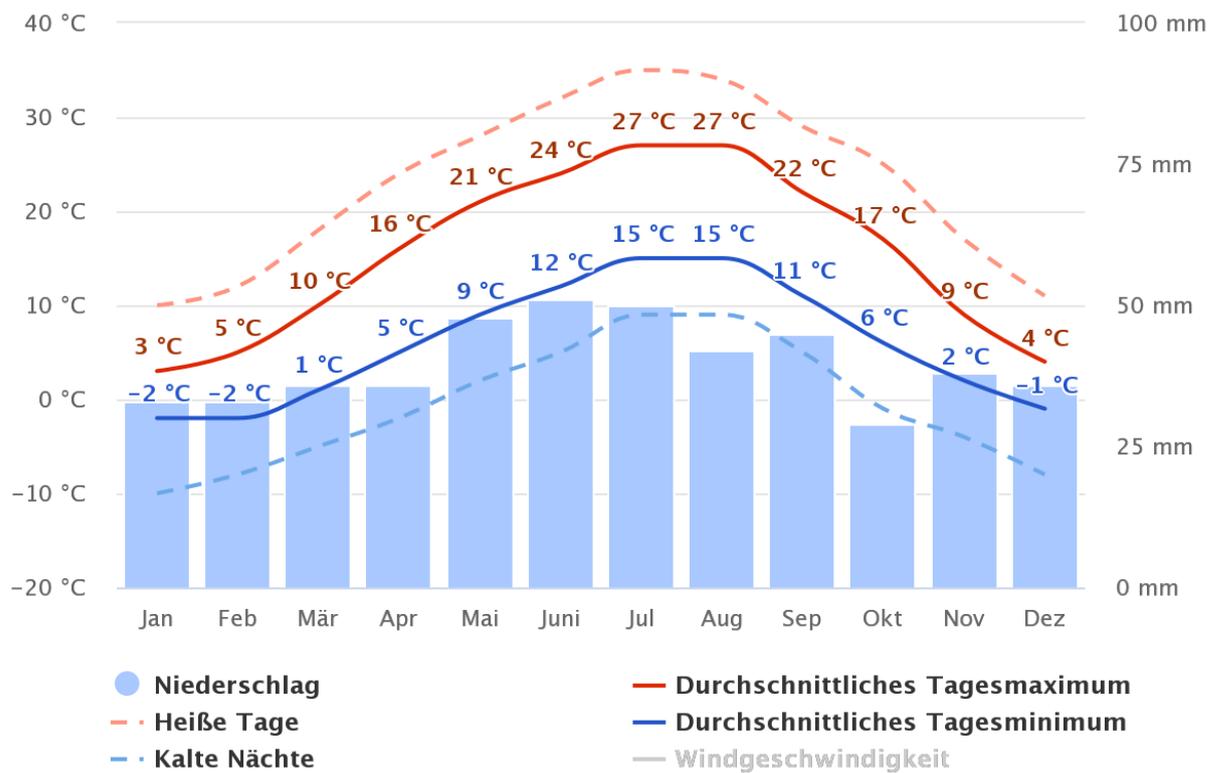


Abbildung 15 Temperatur- und Niederschlagswerte Station Marchegg

3.4. Abflusscharakteristik

Eine typische Eigenschaft von mäandrierenden Flüssen ist das geringe Gefälle. Dies lässt sich auch an der March erkennen. Das geringe Gefälle ist der Grund für die erhöhte Tendenz zu Sedimentationsprozessen, aufgrund der daraus resultierenden geringen Schleppkraft. Zwischen der Marchquelle am Glatzer Schneeberg und der Mündung in die Donau weist die March ein Spiegelgefälle von 3,24 ‰ auf (Fink et al. 1999).

Vor den Regulierungsmaßnahmen zeigte die March einen Höhenunterschied zwischen Thayamündung und Marchmündung von 12 m, mit einem mittleren Gefälle von 0,15 ‰ (Drescher 1979). Das heutige Gefälle der March-Grenzstrecke wird mit 0,19 ‰ festgelegt (Fink et al. 1999).

Mader et al. (1996) bezeichnet das Abflussregime der March als pluviales Übergangsregime (PUE3) mit charakteristischen Monatsabfolgen März > April > Februar/Mai. Die Monate Februar, März, April und Mai weisen somit die größten Abflüsse auf. Auch den Fließgewässern Perschling, Thaya und Stoob wird jenes Abflussregime zugesprochen.

Dieses Abflussregime wird wie folgt charakterisiert: „Eine abflußwirksame Schneedecke bindet einen Teil der Winterniederschläge. Sie verhindert ein Maximum im Winter und bewirkt meist, gemeinsam mit Frühjahrsniederschlägen, ein Abflußmaximum im März und April. Mit dem Ansteigen der Verdunstung und Aufbrauchen des in der Schneedecke gespeicherten Niederschlages, nehmen die Abflüsse bis zum Sommer ab. Das Abflußminimum hat sich vom Winter zum Spätsommer bzw. Frühherbst verlagert. Es wird durch hohe Evapotranspirationsraten bei gleichzeitigem Nachlassen der Niederschläge verursacht.“ (Mader et al. 1996)

Die Donau im Bereich Wien wird hingegen zum größten Teil durch die Schneeschmelze in den Alpen beeinflusst und wird nach Mader et al. (1996) dem nivalen Übergangsregime zugeordnet. Im Gegenteil zur March liegen hier die maximalen Abflüsse im Juni.

Das Zusammentreffen dieser beiden unterschiedlichen Abflussregime bedingt eine erhöhte Hochwasserwahrscheinlichkeit im March-Unterlauf. Die zusätzlichen Sommerhochwasser, welche auch das Projektgebiet betreffen, sind durch das Rückstauwasser der Donau bedingt. Infolge starker Niederschläge im March-

Einzugsgebiet und Rückstau der Donau, kam es bereits vermehrt zu Hochwässern im Bereich der unteren March-Auen (Fink et al. 1999).

Bei hohen Wasserständen der March erstreckt sich der Rückstau der Donau bis Baumgarten, also über Marchegg hinaus (Forstliche Bundes-Versuchsanstalt Wien 1967). Wenn die March jedoch einen niedrigen Wasserstand aufweist, ist der Einfluss der Donau bis über Dürnkrot hinaus spürbar (Weber von Ebenhof 1894).

Die aktuellen kennzeichnenden Wasserstände der March entlang der österreichisch-slowakischen Grenzstrecke sind im KWM 2018 (viadonau 2018) in Tabelle 1 aufgezeigt und lauten wie folgt:

Tabelle 1 Kennzeichnende Wasserstände

Charakteristische Abflüsse March			
Bezeichnung	Durchfluss [m³/s]	Überschreitungsdauer [Tage]	Jahresreihe
NQmin	20,7	355	1969-1980
NQ	27,5	344	1981-2010
MQ	105	122	1981-2010
HSQ	260	25	1957-1996
BQ	320	15	-
HQ2	600	-	-
HQ30	1040	-	-
HQ50	1230	-	-
HQ100	1400/1040 ¹⁾	-	-

1)	HQ100 von Fluss-km 69,341 bis Fluss-km 24,000 beträgt 1400 m ³ /s HQ100 von Fluss-km 24,000 bis Fluss-km 0,000 beträgt 1040 m ³ /s mit Überlagerung eines HQ100 der Donau (Rückstau)
-----------	---

Die Erklärung zu den abgekürzten Bezeichnungen sind im Abkürzungsverzeichnis im Kapitel 9 dargestellt.

Durch den starken Einfluss der Donau im Untersuchungsgebiet, kann auch an der March von einer intensiven Hochwasserphase für das gesamte 18. Jahrhundert ausgegangen werden (Lamb 1977; Hohensinner 2015). Eine tabellarische Auflistung erwähnter Hochwässer von lokalen Chroniken ist im Anhang 1 als Abbildung 82 zu finden.

Die beiden wichtigsten Pegel oberhalb und unterhalb des Untersuchungsgebiet sind die Pegel Angern an der March und Marchegg.

In Abbildung 16 sind die Monatsmittelwerte der letzten 20 Jahre beider Pegel gegenübergestellt.

Es wurde das sommerliche Mittelwasser ermittelt, um festzulegen, ob Mittelwasser oder sommerliches Mittelwasser mit der Begrenzung des aktiven Gerinnes (Wasser- und unbewachsene Sedimentflächen) zusammenfällt. Die zu klärende Frage war also, bei welchem Wasserstand das Gerinne samt Sedimentflächen wasserbedeckt ist. An der österreichischen Donau entspricht das aktive Gerinne jener Gewässerfläche bei sommerlichem Mittelwasser (Hohensinner 2008).

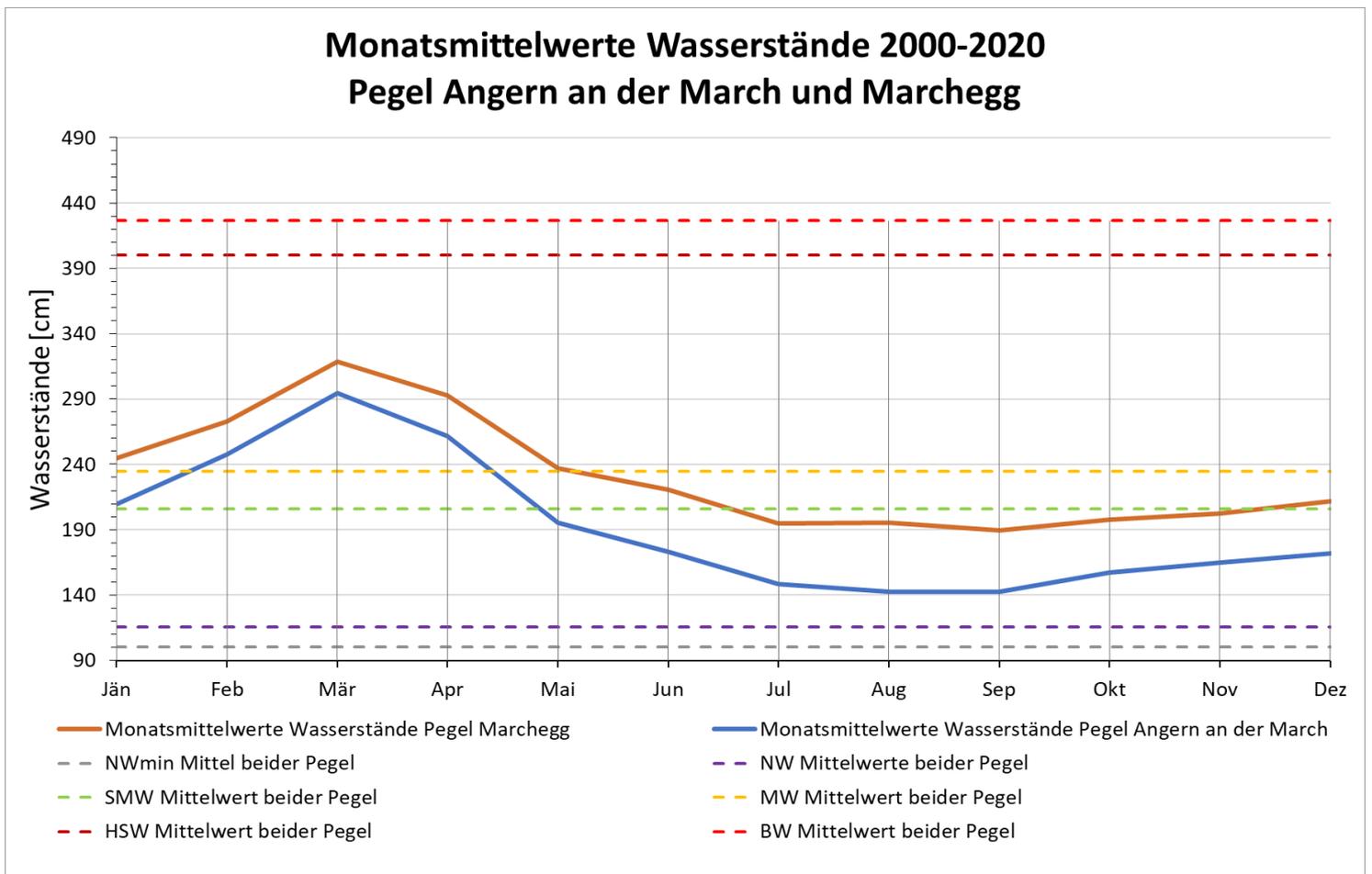


Abbildung 16 Wasserstände Pegel Angern a.d. March und Marchegg zwischen 2000-2020

Da die March ein anderes Abflussregime hat und auch das sommerliche Mittelwasser nachweislich geringer ist als das Mittelwasser, wird das Mittelwasser als Referenzwasserstand für das aktive Gerinne angenommen.

3.5. Anthropogener Einfluss im Projektgebiet

Die ersten Hochkulturen entstanden an Flüssen, denn diese boten aufgrund der durch Hochwässer bedingten Düngung der Böden, sehr nährstoffreiche Standorte. Doch die Kehrseite der Hochwässer war, dass die Menschen schon früh versuchten, durch flussbauliche Maßnahmen die gewaltige Kraft der Hochwässer zu regulieren und den Fluss für ihre Zwecke zu nutzen (Fink et al. 1999). Solche Regulierungsmaßnahmen, die bis ins Mittelalter zurückreichen, haben die March in ihrem Erscheinungsbild und ihrer Morphologie nachhaltig geprägt.

Jene Regulierungsmaßnahmen, die innerhalb des Untersuchungszeitraumes der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurden, sind im folgenden Kapitel näher ausgeführt.

3.5.1. Regulierung der March

Zwischen 1911 und 1967 wurde die March durch den Menschen von einem mäandrierenden Tieflandfluss zu einem regulierten Grenzgewässer geformt (Steiner et al. 2019).

Ziel war die Verbesserung der Landbewirtschaftung, Reduktion der Überflutungen, Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse, sowie die Grenzfestlegung zwischen der damaligen Tschechoslowakei und Österreich nach 1918 (Schwingshandl 2010).

Insgesamt wurden für den heutigen regulierten Zustand der Marchgrenzstrecke drei generelle Projekte konzipiert, welche innerhalb von drei Bauphasen umgesetzt wurden (Benz und Schwingshandl 2008).

1. **Bauphase 1911-1918**

In der ersten Bauphase wurden die Mündungsleitwerke zwischen March-km 0,0 und 4,7 errichtet und mit dem Hochwasserschutzdamm im Bereich der Ostbahnbrücke in Marchegg begonnen. Der geplante Teilaushub des Durchstiches 2, sowie der Bau der Hochwasserschutzdamme, wurden kriegsbedingt eingestellt (Benz und Schwingshandl 2008).

2. Bauphase 1919-1934

In dieser Phase wurden hauptsächlich Holzbauten zur Sicherung von Ufern bzw. Sanierung von Uferanbrüchen ausgeführt. Auch erste Teilaushübe an Durchstichen, zur Gewinnung von Schüttmaterial für den Bau der Hochwasserschutzdämme, wurden ausgeführt (Benz und Schwingshandl 2008).

3. Bauphase 1935-1967

Bis 1967 wurden insgesamt 17 Durchstiche in einer Gesamtlänge von 12,6 km, welche eine Laufverkürzung um rund 10,85 km bewirkte, fertiggestellt. Ebenso wurden zahlreiche Ufersicherungen durch Längs- und Querwerke errichtet. Bis 1982 wurden noch einige Sanierungs- und Ergänzungsarbeiten an bestehenden Bauten durchgeführt. Die Hochwasserschutzdämme wurden auf bestehenden älteren Dämmen zwischen 1915 und 1967 erstellt. Insgesamt wurden 66,1 % des rechten und 74,1 % des linken Ufers, bezogen auf die Gesamtuferlängen, durch Uferschutzbauwerke stabilisiert (Benz und Schwingshandl 2008). Abbildung 17 zeigt den Zustand des Dammes bei der Mühlbachmündung in Marchegg.

Insgesamt wurden 552.200 m³ Material ausgehoben und für den Dammbau verwendet (Sümeecz 2017). Mit Ausnahme von ca. 4 km (Lange Luss, zwischen Marchegg und Schlosshof) wurde sowohl in Österreich als auch in der Slowakei zwischen 1911 und 1967 der Hochwasserschutzdamm, ausgelegt auf ein 100-jährliches Hochwasser (HQ100), errichtet (Benz und Schwingshandl 2008; Stelzhammer 2021).



Abbildung 17 Dammbau bei der Mühlbachmündung in Marchegg nahe dem Überfuhrhaus

3.5.2. Renaturierung der March und deren Nebenarme

Um die negativen Auswirkungen infolge der Regulierung zu reduzieren, wurden seit den 1990er Jahren verschiedene kleinräumige Projekte durchgeführt. Solche Renaturierungsarbeiten werden an Land und im Wasser durchgeführt. Dazu zählen unter anderem (Stelzhammer 2021):

- Anbindung Nebenarme
- Vernetzung Fluss-Au
- Uferrückbau
- Sutzenbaggerungen
- Wiesenrückführung
- Beweidung
- Entfernung invasiver Arten (Neophytenmanagement)

Eines der größten Projekte, welche auch Teile des Projektgebietes der vorliegenden Arbeit betreffen, ist das durch EU, Bund und Land NÖ geförderte Projekt „LIFE+ Untere Marchauen“. Es wurde zwischen 2011 und 2019 von der viadonau durchgeführt und konnte im Bereich zwischen Zwerndorf und Marchmündung einige Fortschritte erzielen (Stelzhammer 2021):

- Insgesamt wurden mehr als 400 m Uferbefestigungen im Bereich der March rückgebaut.
- Durch Verbesserung der Wasserversorgung des Auengewässersystem Maritz konnte eine bessere Gewässervernetzung im Augebiet ermöglicht werden.
- Das Bestehen von 20 ha Sutzen (Geländesenken) konnte durch Bewirtschaftungsvereinbarungen gesichert werden.
- Mehr als 7 km ursprünglicher Nebenarme konnten im Laufe des Projektes wieder an die March angebunden werden.
- Konikpferde wurden für eine Ganzjahresbeweidung auf über 70 ha Weidefläche im WWF-Auenreservat Marchegg etabliert.

Abbildung 18 zeigt die verschiedenen Geländehöhen im Bereich des WWF-Auenreservats. Man kann die natürliche Entwicklung der Mäander anhand der Wachstumslinien deutlich beobachten (Stelzhammer 2021).

Die Flussregulierung hat die Morphologie der March im letzten Jahrhundert hauptsächlich im Längsprofil, in der Querprofilgeometrie und in ihrer Linienführung drastisch verändert. Mit Ende der Bauarbeiten wurden ca. 70 % der Ufer stabilisiert. Auch eine Erhöhung der Abflusskapazität konnte, nach Umgestaltung der Profilgeometrie, verzeichnet werden (Schwingshandl 2010).

Als markanteste Auswirkung der Regulierungsmaßnahmen kann die Entkoppelung des Flusses von seiner begleitenden Auenlandschaft genannt werden. Während Hochwasserereignissen kommt es zu Ablagerungen von Feinsedimenten, diese werden aufgrund der kaum vorhandenen Seitenerosion entlang der regulierten Ufer kaum mehr vom Fluss abtransportiert und die Au wird durch Verlandung zunehmend vom Fluss entkoppelt (Steiner et al. 2019). Die Wasserversorgung der Au ist dadurch sehr stark eingeschränkt. Als eine Ursache der fehlenden Seitenerosion hat sich der Fluss mit der Zeit immer mehr eingegraben, es kam zu einer Eintiefung des Gerinnes mit jährlichen Eintiefungen von 1 bis 2 cm. Die Breite der March variierte vor der Regulierung zwischen 64 und 112 m, nach Normierung des Bordwasserprofils liegt das Bordprofil bei 60 bis 80 m (Steiner et al. 2019).

Insgesamt wurden an der March 17 Mäanderbögen abgetrennt, wodurch sich eine Laufverkürzung von rund 10,9 km ergab (Benz und Schwingshandl 2008).

Neben der bereits erwähnten Eintiefung hatten die gesetzten Maßnahmen auch negative Auswirkungen auf die Gewässerökologie und den generellen Zustand des Ökosystems der Flussauen (Egger et al. 2013). Die March hat nach dem nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan einen „mäßigen ökologischen Zustand“, einen „guten“ chemischen Zustand (ohne ubiquitäre Schadstoffe) und einen „nicht guten“ chemischen Zustand mit ubiquitären Schadstoffen (Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus 2021). Demnach ist das Ziel der WRRL eines „guten“ ökologischen und chemischen Zustandes 2021 noch nicht erreicht.

Durch den Bau der Hochwasserschutzdämme sind natürliche Retentionsflächen der March verloren gegangen, nach Farkas (1995) sind in der Slowakei nur noch 20 % des

ursprünglichen Überschwemmungsgebietes vorhanden. In Marchegg können die Retentionsflächen heutzutage stellenweise Breiten von 360 bis 3000 m aufweisen, vor dem Dammbau konnten jene Fläche sogar 3 – 8 km breit sein (Wasserstrassendirektion 1988; Fink et al. 1999).

Durch diese Einengung kann sich das Wasser nicht ausdehnen und es kommt zu immer höheren Abflusswellen (Fink et al. 1999). Abbildung 19 zeigt drei Aufnahmen des aktuellen Zustandes innerhalb des Auenreservats Marchegg.

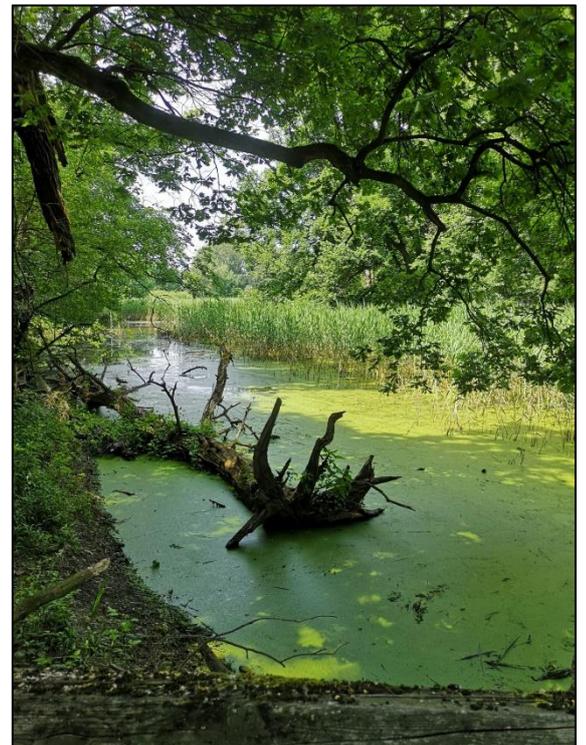


Abbildung 19 Oben: Abgetrennte Mäanderschleife; Rechts: Auengewässer Maritz; Unten: Sutte im Naturreservat Marchegg

4. Datengrundlagen

Um eine exakte Rekonstruktion zu ermöglichen, sind ausreichend und vor allem möglichst genaue Unterlagen notwendig. Primär wurden für die Erstellung der einzelnen Zeitschnitte topografische Karten, Orthofotos, Katasterpläne, militärische Karten, Stadtpläne, digitale Höhenmodelle und Luftbilder verwendet. Um mögliche Ungenauigkeiten in den Karten zu hinterfragen, wurden auch zahlreiche Hilfsquellen verwendet:

- Lokale Chroniken von Marchegg und Baumgarten
- Technische Berichte
- Historische Literatur
- Wasserbautechnische Pläne

Solche zusätzlichen fachspezifischen Unterlagen sind hilfreich, da vor allem die historischen Karten in ihrer Genauigkeit teilweise sehr große Unterschiede aufweisen.

Unter anderem sind das:

- Symbolisierung kartografischer Objekte (Signaturen)
- Karten- oder Bildqualität
- Inhalt welcher sich vom Erstellungszweck stark unterscheiden kann
- Lagegenauigkeit
- Projektion
- Maßstab

Die Recherche und Überprüfung der historischen Karten wurde von Severin Hohensinner bereits im Vorhinein durchgeführt, da dies kein Teil der vorliegenden Arbeit war.

Die jeweiligen Karten wiesen je Zeitschnitt unterschiedliche Signaturen (Darstellungsformen) auf. Vor allem die Gewässerflächen wurden in älteren Karten meist deutlich größer gezeichnet als sie tatsächlich waren. Diese verschiedenen Darstellungen sind nicht nur auf verschiedene Aufnahmewasserstände, sondern auch die unterschiedlichen Erstellungszwecke der jeweiligen Karten zurückzuführen. So waren militärische Karten eher auf die Genauigkeit von Verteidigungsbauten, sowie auf Strukturen zur Beurteilung der Einflüsse auf die Truppenbewegungen ausgelegt. Solche Strukturen waren Flüsse oder größere Bäche die als natürliche Barriere fungierten, wie etwa der Mühlbach in Marchegg der die Stadtmauer im Norden der Stadt ersetzte. Ab Mitte des 18. Jahrhunderts wurden Karten erstellt, die zwar genaue Stadtkerne und Städte zeigen, aber nur wenig genaue Pläne zum unbebauten Umland (Hohensinner et al. 2013b). In Abbildung 20 kann man die unterschiedlichen Bedeutungen der Gräben im Hinterland, anhand verschiedener Kartenwerke gut erkennen.



Abbildung 20 Links oben: 1754-1755, Walter; Rechts oben: 2. Landesaufnahme 1809-1818; Unten: 3. Landesaufnahme 1873

Um auch die kleinsten Strukturen wie Sedimentflächen zu erfassen, muss auch der Darstellungsmaßstab und die Bildqualität im guten Zustand vorliegen. Solche unzureichenden Auflösungen und Lesbarkeiten sind meist durch schlechte Scans verursacht. Dieses Problem tritt oft bei älteren Karten auf, die für die spätere Vektorisierung gescannt und digitalisiert werden mussten.

Im Franziszeischen Kataster (siehe Abbildung 21) wurden zum Beispiel Gewässerflächen sehr breit eingezeichnet, oft wurden ganze Parzellen als Wasser definiert, obwohl nur ein Teil davon tatsächlich wasserbedeckt war.



Abbildung 21 Ausschnitt Franziszeischer Kataster 1821

Für jeden Zeitschnitt wurde ein Hauptkartenwerk ausgewählt, welches das Projektgebiet vollständig abdecken soll und alle wichtigen kartographischen Informationen beinhaltet. Da manche Werke jedoch auch fehlende Bereiche im Untersuchungsgebiet aufweisen, wurden weitere Karten verwendet, um einen bestmöglichen Detaillierungsgrad aus flussmorphologischer und historischer Sicht zu erhalten. Eine exakte Auflistung der verwendeten Kartenwerke sind nachfolgender Tabelle 2 angeführt.

Primär wurden folgende Karten und Orthofotos verwendet (Beschreibungen der Karten aus der Bibliographie von Severin Hohensinner (Hohensinner 02/2021)):

Karte zwischen Rabensburg und Donau inkl. Wallanlagen gegen Kuruzen, 1703 - 1739 (laut Archiv datiert mit 1683, zeigt jedoch am ehesten den Zustand um 1720), N.N., Sign. C-10.275; Bibliothèque nationale de France, Département Cartes et plans, online zu sehen in Gallica	Zeitschnitt 1720
Karte der March von Olmütz bis zur Donau, 1700 (hrsg. 1709 bzw. 1712), Lothar Vogemont, Sign.?, online zu sehen unter http://digitool.is.cuni.cz/R/-?func=dbin-jump-full&object_id=797349	Zeitschnitt 1720
Stadtplan von Marchegg, 1733, N.N., NÖ Landesarchiv, Sign.?, abgebildet in (Temel und Mück 2006)	Zeitschnitt 1720
Karte der March zwischen Rabensburg und Donau inkl. Profilen des Linienwalls, 1738, N.N, Sign. TK 1388, Ungarische Nationalbibliothek, online unter http://maps.hungaricana.hu/en/1383/ (SH: digital low resolution)	Zeitschnitt 1720
Karte der Grenzflüsse March und Leitha zwischen Rabensburg und Katzelsdorf ,1754 - 1755, Walter von Pfeilsberg; Sign. K II 2187 R 1755, NÖLB Kartensammlung	Zeitschnitt 1755
2. Landesaufnahme (Franzische Landesaufnahme) 1809 - 1818, N.N., ÖStA, Kriegsarchiv B IX a 196-6; die Kartenblätter der gesamten Landesaufnahme können auf der Website Mapire unter	Zeitschnitt 1821

http://mapire.eu/de/ georeferenziert und in 3D betrachtet sowie bestellt werden	
Karte der March am östlichen Ufer bei Vysoka pri Morave zwischen Zwerndorf und Marchegg, 1820, Gottwald Franz, Ungarische Nationalbibliothek Kartensammlung, Sign. TK 1873; online zu sehen unter https://maps.hungaricana.hu/en/OSZKTerkeptar/1872/	Zeitschnitt 1821
Franzisceischer Kataster, 1816 – 1821, zeigt nur österreichische Seite, erstellt von verschiedenen Militärvermessern, online einzusehen unter https://mapire.eu/de/map/cadastral/ oder bei den Geoinformationsportalen (Web-GIS-Atlas) der Bundesländer	Zeitschnitt 1821
3. Landesaufnahme (Franzisco-Josephinische Landesaufnahme), 1870-1873, Militärgeographisches Institut, Kriegsarchiv, Sign. KA KS/3. LA	Zeitschnitt 1896
March Reambulierung 1896-1922-1934, Kartengrundlage 1896 mit Aktualisierungen aus 1922 und 1934, March-Thaya-Archiv, Sign. 121 (oder Sign. 477?) im BMVIT, Abteilung IV/W3 – Bundeswasserstraßen; Scans bei der Marchbauleitung Angern	Zeitschnitt 1896 und 1942
HW-Projekt 1923-1928, Kartengrundlage zeigt Situation 1896, Österreichische Expositur der Marchregulierung, NÖLB Kartensammlung, Sign. K II 5573 D 1923/28	Zeitschnitt 1896
Orthofoto Slowakei, 1950, N.N., https://mapy.tuzvo.sk/hofm/	Zeitschnitt 1942
Generelles Projekt Marchregulierung, 1935, Gemeinsame Technische Kommission, March-Thaya-Archiv, Sign. 121-122, im BMVIT, Abteilung IV/W3 – Bundeswasserstraßen; Scans bei der Marchbauleitung Angern	Zeitschnitt 1942

Luftbilder March, 1942, Sonderluftbildabteilung des Reichsluftfahrtministerium Gruppe Wien, Archiv viadonau, March-Thaya-Archiv, Sign. 482	Zeitschnitt 1942
Luftbilder im Bereich geplanter Mäander-Durchstiche, 1942, N.N., Originale im Archiv des BEV, Sign. ?; Scans im March-Thaya-Archiv, Sign. ?	Zeitschnitt 1942
Basemap, Orthofotos, Geländeschummerung, Geoland, 2018, www.data.gv.at	Zeitschnitt 2020
Slowakei Basemap Orthofoto, Topografie, 2018, www.geoportal.sk	Zeitschnitt 2020
Google Earth, 2020, https://www.google.com/intl/de/earth/	Zeitschnitt 2020

Tabelle 2 Verwendete Karten/Unterlagen je Zeitschnitt

5. Methodik

5.1. Vom Original zur digitalen Karte

Bevor mit der Erstellung der Rekonstruktionen begonnen werden konnte, mussten diverse Kartenwerke aus in- und ausländischen Archiven recherchiert und digitalisiert bzw. die Digitalisierung in Auftrag gegeben werden. Das Sichten, die Digitalisierung und die folgende Georeferenzierung (Kapitel 5.2) der Karten wurden von Severin Hohensinner im Vorfeld erledigt.

Folgend nur einige der Standorte der verwendeten Kartenwerke:

- Österreichisches Staatsarchiv
- Österreichische Nationalbibliothek
- Niederösterreichisches Landesarchiv
- Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
- Stadtarchiv von Bratislava
- Geodetic and Cartographic Institute Bratislava
- Archiv der Stiftung Fürst Liechtenstein
- Slowakisches Nationalarchiv
- Bibliothèque nationale de France (Paris)

5.2. Georeferenzieren der digitalen Karten

Da sich die Kartenwerke in ihren Maßstäben und teilweise fehlenden räumlichen Bezügen sehr unterschieden, müssen die digitalen Karten in einem nächsten Bearbeitungsschritt georeferenziert werden. Unter Georeferenzieren versteht man also den Vorgang bereits digital vorhandene Karten in eine geographisch richtige Lage zu bringen. Die digitalen Karten liegen als Rasterdaten vor und werden mittels der Geoinformationssoftware ArcGis der Firma ESRI weiterbearbeitet. Um die Karten in eine richtige geographische Lage bringen zu können, ist ein einheitliches geografisches Referenzsystem notwendig.

In dieser Arbeit handelt es sich dabei um ein Gauß-Krüger-Koordinatensystem, mit dem Bezugsmeridian 34 ° (M34) östlich von Ferro. Ferro befindet sich 17 ° 40 ´ westlich von Greenwich/London (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen 2006).

Tabelle 3 zeigt die Eigenschaften des verwendeten Koordinatensystems.

Projection	Transverse Mercator
False easting	0,000000
False northing	-5000000,000000
Central meridian	16,333333
Scale factor	1,000000
Latitude of origin	0,000000
Linear Unit	Meter (1,0)
Geographic Coordinate System	GCS/MGI
Angular Unit	Degree (0,0174532925199433)
Prime Meridian	Greenwich (0,0)
Datum	D/MGI
Spheroid	Bessel 1841
Semimajor Axis	6377397,155000
Semiminor Axis	6356078,963
Inverse Flattening	299,1528128

Tabelle 3 Parameter des verwendeten Koordinatensystems

Das Georeferenzieren der Rasterdaten wird mit Hilfe von Passpunkten (Referenzpunkten) und einer mathematischen Funktion durchgeführt (Sutter et al. 2011). Es müssen daher mehrere Passpunkte im Untersuchungsgebiet festgelegt werden, deren Lage bekannt ist und eventuell auch in allen Zeitschnitten vorhanden sind. Passpunkte können beispielsweise Höhenrücken oder Straßenecken aber auch historisch besondere Gebäude wie Kirchen oder Schlösser/Burgen sein (esri 2021). Auch beständige Brücken, wie die Eisenbahnbrücke im Süden von Marchegg, können als Passpunkte verwendet werden.

Abhängig von der gewählten Transformation sind unterschiedlich viele Referenzpunkte notwendig. Sind diese gesetzt, erfolgt die Entzerrung, also Anpassung, automatisch durch ArcGIS (esri 2021).

In der vorliegenden Arbeit wurde die Splinetransformation angewendet. Mit dieser Funktion kann zwar die lokale Genauigkeit verbessert werden, jedoch die globale Genauigkeit nicht. Hier werden mindestens zehn Passpunkte für eine genaue

Transformation in Zielpasspunkten benötigt. Tatsächlich wurden aber oft mehr als 100 Passpunkte je Kartenblatt festgelegt.

Je mehr Passpunkte definiert werden, desto gleichmäßiger wird die Transformation. Dennoch können Differenzen zwischen der gesetzten Position der Passpunkte und der Ist-Position auftreten (esri 2021). Dieser Fehler kann über den quadratischen Mittelwert aller Residuen berechnet und als RMS-Fehler beschrieben werden. Dieser zeigt die Gleichmäßigkeit der Transformation zwischen den Passpunkten auf. Mit genauer Eingabe der Lage der Passpunkte kann der Fehler aber möglichst geringgehalten werden (esri 2021).

5.3. Vektorisierung der Zeitschnitte

Als Vektorisierung wird die Darstellung von Vektordaten mit Hilfe von Polygonen und Polylinien verstanden. Dies erfolgte im ArcGIS anhand von Shape-Files, welche jeweils einer Kategorie und Darstellungsform zugeordnet wurden. Dazu wurden Kategorien gewählt, welche alle möglichen Strukturen im Projektgebiet abdecken. Es wurden pro Zeitschnitt folgende Shape-Files erstellt:

- Gewässer: Als Gewässer werden alle Wasserflächen unterschiedlichster Wasserstände gekennzeichnet.
- Sedimentflächen: Sowohl Schotter als auch Sandflächen im Hauptarm und im Auegebiet werden als Polygone dargestellt. Auch größere Inseln, die noch keine bewachsene Vegetation aufweisen, werden als Sedimentflächen ausgewiesen. Als Sedimentflächen wurden auch Schluff- und Schlammflächen in Altarmen definiert. Bei höheren Wasserständen sind diese Flächen meist überströmt.
- VABB (**V**egetated **A**rea **B**elow **B**ankfull): Diese Polygone umfassen alle tieferliegenden bewachsenen Vegetationsflächen und angelandete Grabensysteme, ältere Flussarme, innerhalb des Auegebietes und liegen unterhalb des bordvollen Wasserstandes (Hohensinner et al. 2005a).
- EFA (**E**levated **F**loodplain **A**reas): Ebenfalls als Polygon ausgeführt, zeigt dieses Shape-File das höherliegende Gelände der Au und Umland.

- Landmarks: Darunter werden Gebäude verstanden, die von besonderer historischer Bedeutung sind. In Stadtteil Marchegg sind das unter anderem das Schloss und die Kirche (siehe Abbildung 22).
- Siedlungsflächen: Diese als Polygon ausgeführten Flächen zeigen die bebauten Flächen in den Siedlungsgebieten. Auch einzelne Forstgebäude im Augebiet oder landwirtschaftlich genutzte Scheunen werden als Siedlungsflächen ausgewiesen.
- Wasserbauten: Sämtliche Wasserbauten, welche sich im Projektgebiet befanden, werden als Polylinie unterschiedlicher Abstufungen erfasst. Darunter fallen Buhnen, Wehre, Uferschutzbauten aber auch Dämme. Zu Dämmen werden hier auch Straßendämme (ab einer Höhe von 1m) und Hochwasserschutzdämme gezählt.
- Brücken: In diesem Shape-File wurden Brücken jeglicher Größe mit differenzierten Breiten aufgenommen. Stege über Furten im Augebiet wurden ebenfalls erfasst und stellen innerhalb der Kategorie die schmalsten Strukturen dar.
- Straße und Wege: Es wurden lediglich die wichtigsten Straßen eingetragen.
- Verteidigungsbauten: Als Verteidigungsbauten werden alle Stadtmauern und Schlossmauern, die historisch zur Verteidigung der Städte von Zwecke waren, bezeichnet. Auch Kuruzen- und Pestwälle wurden in dieser Kategorie aufgenommen.

Polygone:

- Gewässer
- VABB
- Sedimentbänke
- EFA
- Landmarks
- Siedlungsflächen

Polylinien:

- Brücken
- Wasserbauten & Dämme
- Straßen & Wege
- Verteidigungsbauten



Abbildung 22 Ausschnitt Vektorisierung inkl. Legende

Die Vektorisierung der einzelnen Situationen pro Zeitschnitt stellen den größten zeitintensiven Arbeitsschritt dar, denn jede noch so kleine Struktur wird erhoben und nachgebildet. Schritt für Schritt ergibt sich für das gesamte Projektgebiet ein lückenloser Verbund an Shape-Files. Wie bereits bei der vorangegangenen Georeferenzierung erfolgt auch während des Vorgangs des Vektorisierens ein lagemäßiger Abgleich der einzelnen Strukturen.

Lücken zwischen den einzelnen Polygonen sollten zwingend vermieden werden. Die vorliegende Arbeit bedient sich zur Vektorisierung der regress-iterativen Methode (siehe 5.3.1). Sind in allen Zeitschnitten sämtliche Strukturen erhoben und vektorisiert, können die erstellten GIS-Karten zur weiteren Auswertung herangezogen werden.

5.3.1. Regressiv-iterative Methode

Für die Erarbeitung der Gis-basierten Rekonstruktionen wurde sich der Methode der „Regressiv-iterativen GIS-Rekonstruktion“ (Abbildung 23) bedient, welche von Hohensinner (2008) entwickelt und 2013 von Hohensinner et al. (2013a) verfeinert wurde. Dabei wurde bei der Rekonstruktion mit dem jüngsten aktuellen Zustand, hier 2020, begonnen und regressiv über fünf weitere Zeitschritte der älteste Zustand Schritt für Schritt erarbeitet.

Beginnend wurden für den aktuellen Zustand Polygone, Polylinien und Punkte vektorisiert und in den nächstälteren Zeitschnitt eingefügt, in diesem Fall 1942. Im Zeitschnitt 1942 wurden dann die einzelnen Objekte, mithilfe der Kartenwerke, für diesen Zeitschnitt auf Übereinstimmung überprüft und gleichzeitig kontrolliert, ob für den älteren Zustand neue Informationen zur Verfügung stehen bzw. Rückschlüsse für den jüngeren Zustand gezogen werden können (Zentrum für Umweltgeschichte 2019). Basierend auf den neu gewonnen Erkenntnissen aus der Erarbeitung des älteren Zeitschnittes werden dann die jüngeren Rekonstruktionen wieder revidiert, es ergibt sich also ein iterativer Arbeitsprozess. Dadurch wird sichergestellt, dass Strukturen, welche sich während des untersuchten Zeitraumes lagemäßig nicht verändert haben, in den Rekonstruktionen immer an gleicher Position vorliegen (Zentrum für Umweltgeschichte 2019).

Denn um Veränderungen der Flusslandschaft zwischen verschiedenen Zeitschnitten deuten zu können, müssen Wasserbauten, Anlagen von Infrastrukturen und Flussbauwerke in der Au in jedem Zeitschnitt genau positioniert werden, um deren Wirkung auf die Flusslandschaft zu eruieren (Hohensinner et al. 2013a).

Mithilfe dieser Methoden wurden Rekonstruktionen von 2020, 1942, 1896, 1821, 1755 und 1720 erstellt. Jedoch handelt es sich bei den gewählten Jahreszahlen nicht um exakte Datierungen, denn einige Kartenwerke sind über einen größeren Zeitraum hinweg erstellt worden. Aufgrund dessen wurde für jeden Zeitschnitt eine Jahreszahl gewählt, die alle Kartenwerke für die jeweilige Rekonstruktion am besten repräsentiert.

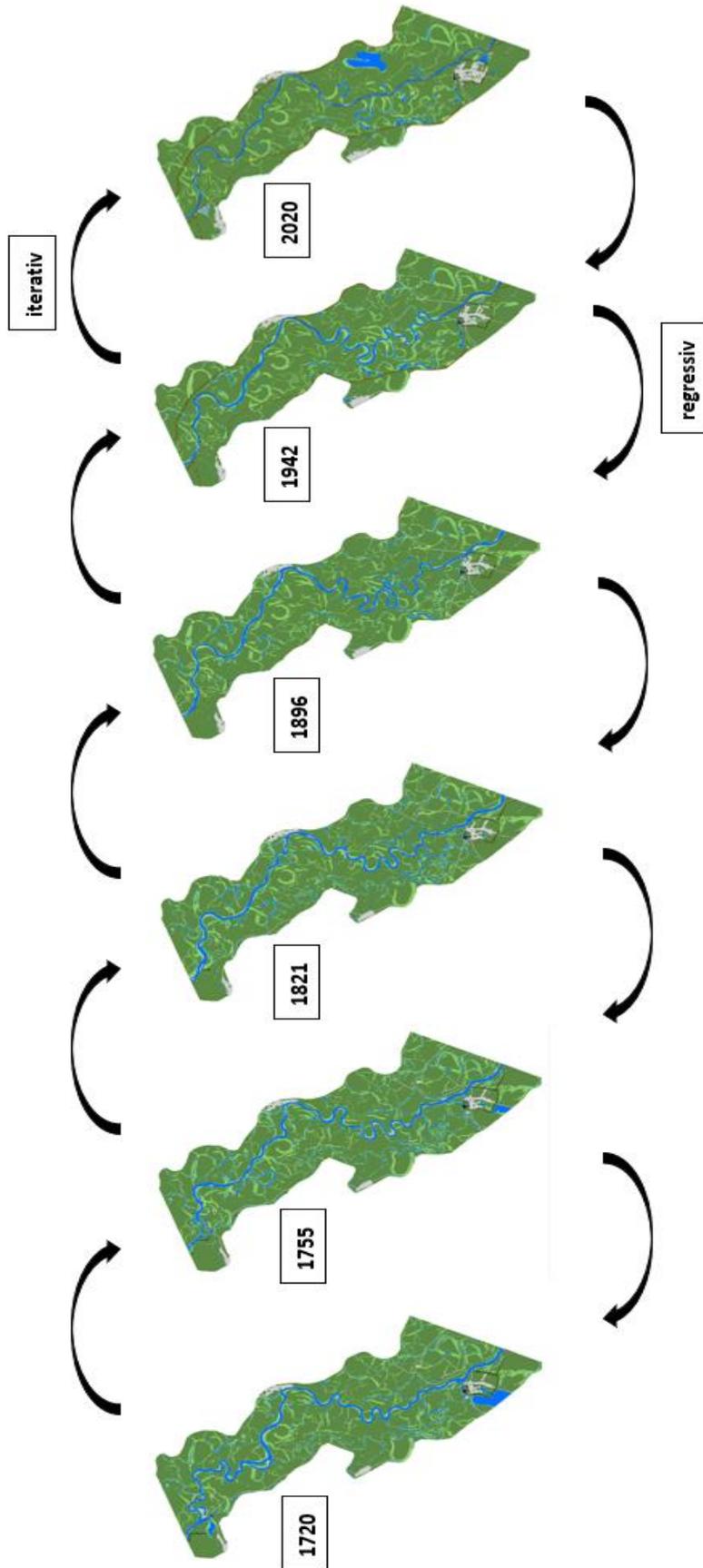


Abbildung 23 Regressive-iterative Rekonstruktionsmethode nach Hohensinner (2008) und Hohensinner et al. (2013a)

5.4. Auswertung der Rekonstruktionen

Nach Fertigstellung der Rekonstruktionen, wurde mit der Auswertung dieser begonnen. Dafür wurde in einem ersten Schritt das aktive Gerinne im Untersuchungsgebiet je Zeitschnitt bestimmt. Als aktives Gerinnen wird die Summe der Gewässerflächen und der Sedimentflächen bezeichnet und zeigt ungefähr jene Fläche bei Wasserständen um Mittelwasser (MW).

5.4.1. Gewässertypen im aktiven Gerinne

Innerhalb des betrachteten Bereichs wurde das aktive Gerinne (Wasser- und unbewachsene Sedimentflächen) nach Gewässertypen klassifiziert. Dafür wurde pro Zeitsituation eine Differenzierung nach verschiedenen aquatischen Habitattypen vorgenommen. Jede Form der hydrologischen Anbindung wurde nun einem Typen zugeordnet. Bedient wurde sich hier der Methode von Hohensinner (2008), aufbauend auf Amoros et al. (1987). Dabei werden die Habitattypen entsprechend ihrer Intensität der hydrologischen Anbindungen, gleichbedeutend den Stadien der hydromorphologischen Habitatentwicklung klassifiziert. Bezeichnungen der Habitattypen wurden von Hohensinner et al. (2011) übernommen.

Nach dieser Methode ergeben sich folgende aquatischen Habitattypen im Projektgebiet:

	→ Eupotamon A (EuA): Hauptarm
	→ Eupotamon B (EuB): zumeist durchströmte Nebenarme
	→ Tributaries: Zubringer
	→ Parapotamon A (ParaA): periodisch durchströmte Altarme
	→ Parapotamon B (ParaB): einseitig angebundene Altarme
	→ Plesio-Paläopotamon (Plesio): isolierte Altwässer/Totwässer
	→ Artificial water bodies (Art): künstliche Gewässer

Als *Eupotamon A* werden die permanent durchströmten Hauptarme in einem Fließgewässer bezeichnet, welche große, fließende aquatische Habite beschreiben. Im Untersuchungsgebiet ist dies auf einen Hauptarm, die March, begrenzt.

Unter dem Habitattyp *Eupotamon B* werden durchströmte Nebenarme verstanden, die sowohl am Ein- als auch am Ausströmbereich an den Eupotamon A angebunden sind und den Großteil des Jahres oder immer durchströmt sind.

Als *Parapotamon A* werden jene Gewässer eingestuft, die nur bei höheren Wasserständen (höher als Mittelwasser) vollständig durchflossen sind. Bei Wasserständen unter Mittelwasser sind die Ein- und/oder Ausströmbereiche durch unbewachsene Sedimentflächen blockiert und sind demzufolge den semi-stagnierenden aquatischen Habitaten zuzuordnen (Hohensinner et al. 2011).

Einseitig angebundene Altarme (*Parapotamon B*) sind wenig dynamische Altarme, deren Einströmbereich bereits durch bewachsene Ablagerungen blockiert und diese Gewässer daher nur bei höheren Wasserständen (Hochwässern) durchströmt werden können. Der Ausströmbereich weist jedoch eine intakte Anbindung an einen eupotamalen Gewässertyp auf. Das Wasser des Hauptarmes staut dementsprechend in den Altarm und bildet so Stauwässer.

Beim Gewässertyp *Plesio-Paläopotamon* handelt es sich um dauerhaft oder temporär stehende Gewässerökosysteme, die zur Gänze von Haupt- und Nebenarmen entkoppelt sind. Dieser Typ kann über das Grundwasser kaum oder sehr stark vom Abfluss des Hauptgerinnes beeinflusst sein (Hohensinner et al. 2011). Gewässer, die keine Anbindung an das Gewässernetz aufweisen, historisch gesehen aber durch den Menschen geschaffen sein könnten, wurden hier nicht eingeordnet, sondern werden zu den Artificial water bodies gezählt. Diese *künstlichen Gewässer* sind in der Regel isolierte Gewässer wie etwa Nassbaggergruben, Fischteiche aber auch historische Teiche zum Waschen von Tierhäuten.

Der letzte wichtige Gewässertyp sind die *Tributaries*. Diese bezeichnen die Zubringer im Projektgebiet, die ein eigenes Einzugsgebiet aufweisen.

5.4.2. Sinuosität des Hauptarmes

Ein wichtiger flussmorphologischer Parameter zur Bestimmung des Flusstyps ist die Sinuosität. Die Sinuosität wird als das Verhältnis der Gerinnelänge zur Tallänge beschrieben und definiert somit das Ausmaß der Verwindungen eines Flusslaufes. Vollkommen geradlinige Flüsse würden eine Sinuosität von 1 m Lauflänge/m Tallänge aufweisen, was aber in der Natur kaum vorkommt. Verzweigte Flüssen weisen einen Wert zwischen 1 m/m und 1,5 m/m auf und mäandrierende Flüssen haben eine Sinuosität von >1,5 m/m (Brice 1964; Dikau et al. 2016; Schäfer 2019).

Dieses Maß für die Intensität des Mäandrierens der March wurde mit dem Programm Microsoft Excel, anhand der ermittelten Werte der Rekonstruktion aus ArcGIS, berechnet. Für die Gewässerlänge wurde die Mittelachse des Gerinnes gemessen (Abbildung 24). Die Tallänge ergibt sich aus der Talachse des Flusstales oder Schwemmlandebene. Die Sinuosität als Maß für die Krümmung eines Flusslaufes wird wie folgt definiert (Murawski und Meyer 2010):

$$\text{Sinuosität } \left[\frac{m}{m} \right] = \frac{\text{Flussbettlänge [m]}}{\text{Tallänge [m]}}$$

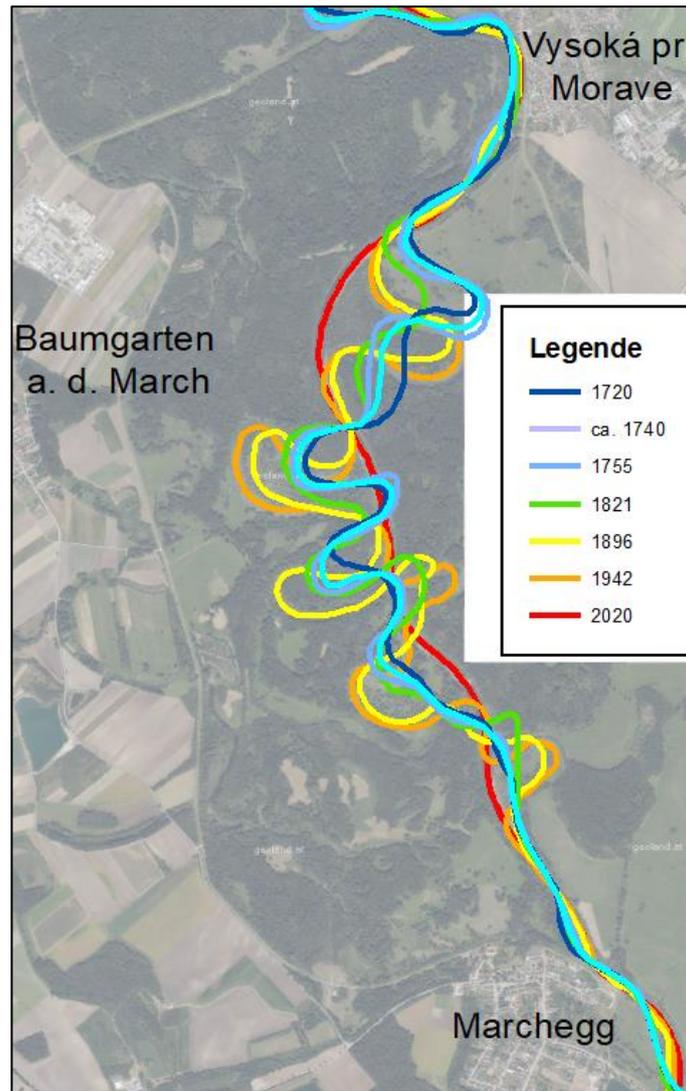


Abbildung 24 Flusslaufachsen der jeweiligen Zeitschnitte

5.4.3. Mittlere Breite des Hauptarmes

Um historische Veränderungen in Bezug auf die Breite der March zu veranschaulichen, wurde die mittlere Breite für den Gewässertyp Eupotamon A im aktiven Gerinne für jede Zeitsituation berechnet. Hierfür wurde folgende Formel angewendet:

$$\text{Mittlere Breite [m]} = \frac{\text{Fläche des aktiven Gerinnes [m}^2\text{]}}{\text{Gewässerlänge Hauptarm [m]}}$$

5.4.4. Anbindung anderer Gewässertypen an den Hauptarm

Da vor allem rheophile B-Arten (strömungsliebende Fischarten) bestimmte Lebensabschnitte in den weniger strömungsreichen Altarmen verbringen, sind Anbindungen von Nebengewässer im Augebiet an den Hauptarm von großer Bedeutung (Bloch et al. 2010). Für viele bedrohte Fischarten wirken die Altarme als Rückzugsgebiet und beweisen deren große Bedeutung für diese sensible Fauna (Spindler 1994). Daher wurde die Intensität der Konnektivität zwischen den Nebengewässer und dem Hauptarm in Form der prozentuellen Anbindung ermittelt. Hierfür wurden alle Anbindungen, die vom Gewässertyp Eupotamon A abzweigen, erfasst und deren Anbindungsbreite berechnet (Abbildung 25). Dabei handelt es sich um die aquatischen Habitattypen EuB, ParaA, ParaB sowie Zubringer, die eine direkte Verbindung an den Hauptarm aufzeigen. Alle Anbindungsbreiten pro Zeitsituation wurden anschließend aufsummiert und auf die Uferlänge des Hauptarmes (EuA) bezogen berechnet.

$$\text{Anteil an Uferlinie EUA [\%]} = \frac{\text{Anbindungslänge [m]} * 100}{\text{Uferlinie [m]}}$$



Abbildung 25 Ausschnitt der Rekonstruktion 1720 mit roten Linien, die die Anbindungsbreiten an andere Habitattypen markieren

5.4.5. Mäandermigration

Um die weitere Entwicklung nach der Entstehung eines Mäanderbogens zu analysieren, wurde die Migrationsrate der Mäander ermittelt. Die Entstehung und Entwicklung eines Mäanderbogens, aufgrund der Seitenerosion an den Ufern, wird im Kapitel 3.1.1 genauer behandelt.

Die Mäandermigration wurde, basierend auf den Verlagerungen der Flussbogen-/Mäanderscheitelpunkte, ermittelt. Dazu wurde für jedes Zeitintervall ein eigenes Linienshapefile erstellt und anschließend Linien von einem Flussbogen-/Mäanderscheitelpunkt zum korrespondierenden Scheitelpunkt im nächstjüngeren Zeitschnitt eingezeichnet. Diese Linien wurden jeweils von der Gerinnemittelachse der älteren Zeitsituation zur Gerinnemittelachse der jüngeren eingezeichnet. Ebenso wäre das Einzeichnen von Prallufer zu Prallufer möglich, das Wichtigste jedoch ist eine konstante, gleichbleibende Methode zu wählen.

Es wurden die Zeitintervalle 1720 - 1740, 1740 - 1755, 1755 - 1821, 1821 - 1896, 1896 - 1942 und 1942 - 2020 ausgewertet. Dabei musste abgewogen werden, ob sich eine Flussbiegung in den jüngeren Zeitschnitten zu Mäandern entwickelte. War dies nicht der Fall, wurden wenig ausgeprägte, also sehr flache Flussbiegungen, die sich nicht weiterentwickelt haben, nicht in die Auswertung aufgenommen. Wenn innerhalb eines Beobachtungszeitraums ein Mäanderdurchbruch stattgefunden hat, wurde auch dieser nicht mehr eingemessen.

In Abbildung 26 kann man die Migration der Mänderschlinge zwischen 1755 und 1821 erkennen.

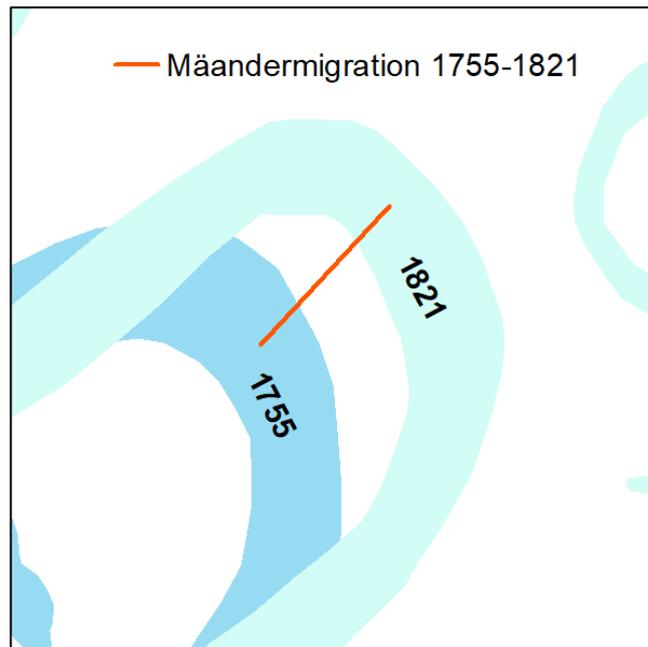


Abbildung 26 Mändermigration an einem Mäander zwischen 1755 und 1821

Anschließend an die grafische Auswertung wurde die Mändermigration für jedes Zeitintervall berechnet. Hier wurde der Mittelwert aus allen gemessenen Stellen gebildet. Die Migrationsrate beschreibt also das „Fortbewegen“ eines Mänders in Metern pro Jahr:

$$\text{Migrationsrate} \left[\frac{m}{\text{Jahr}} \right] = \frac{\text{Verlagerungslänge Mäanderbögen [m]}}{\text{Anzahl dazwischenliegender Jahre [Jahre]}}$$

5.4.6. Erosions- und Verlandungsrate

Sowohl in longitudinaler als auch in lateraler Ausdehnung sind charakteristische Muster innerhalb des Gerinnebettes ersichtlich. Beim mäandrierenden Flusstyp werden die Entstehung und Entwicklung gewundener Flussbögen durch Erosions- und Sedimentationsprozesse geprägt (Jungwirth et al. 2003).



Abbildung 27 Mäanderentwicklung anhand Durchstich 6

In Abbildung 27 kann man die vergangenen Umlagerungsprozesse, anhand des Mäanders bei Durchstich Nr. 6, erkennen. Solche „Jahresringe“ bei Mäandern werden oft erst beim Betrachten des Laserscans sichtbar.

Um diese ständigen morphologischen Änderungen zu analysieren, wurde die Fläche des aktiven Hauptarm-Gerinnes der einzelnen Zeitsituationen miteinander verglichen. Die Erosion- und Verlandungsrate zwischen zwei Zeitsituationen wurde durch Verschneiden beider Rekonstruktionen mithilfe von ArcGIS berechnet.

Folgende Zeitperioden wurden zur Bestimmung der Umlagerungsrate definiert:

- 1720 - 1740: Untersuchungszeitraum 20 Jahre
- 1740 - 1755: Untersuchungszeitraum 15 Jahre
- 1720 - 1755: Untersuchungszeitraum 35 Jahre
- 1755 - 1821: Untersuchungszeitraum 66 Jahre
- 1821 - 1896: Untersuchungszeitraum 75 Jahre
- 1896 - 1942: Untersuchungszeitraum 46 Jahre
- 1942 - 2020: Untersuchungszeitraum 78 Jahre

Je kürzer der Untersuchungszeitraum ist, desto genauer kann die Umlagerungsrate berechnet werden. Bei den erstellten Rekonstruktionen handelt es sich um Momentaufnahmen, welche kurzfristige Veränderungen zwischen den Aufnahmen nicht erfassen können. Als Beispiel dafür dient etwa die Entwicklung eines Mäanderbogens, der sich durch Erosionsprozesse, als auch durch Verlandungsprozesse über Jahre hinweg entwickelt.

Insgesamt wurden bei der Auswertung des Umlagerungsverhalten drei verschiedene Typen unterschieden:

1. Erosionsflächen
2. Anlandungs- und Verlandungsflächen
3. Zwischenzeitlich umgelagerte Flächen (TRA = temporary reworked areas)

Als Erosionsflächen werden jene Flächen bezeichnet, die im älteren Zeitschnitt als Landflächen definiert wurden und durch Erosionsprozesse in der jüngeren Zeitsituation zu Wasserflächen zählen. Umgekehrt ist es bei den Anlandungs- und Verlandungsflächen, die von Wasserflächen in den älteren Zeitschnitten zu Landflächen in der jüngeren Zeitsituation umgewandelt wurden. Diese beiden Typen können im ArcGIS berechnet werden.

Der dritte Flächentyp, TRA, beschreibt jene Flächen, die im Zuge der Entwicklung erodiert und folglich wieder angelandet sind. Diese Umlagerungsprozesse finden zwischen den Rekonstruktionen statt und stellen sowohl Erosionsprozesse als auch An- und Verlandungsprozesse dar. Diese Flächen können im ArcGIS nicht automatisch erstellt werden und müssen in weitere Folge eigens definiert und anschließend manuell eingetragen werden. Aufgrund der Tatsache, dass diese Flächen doppelt gerechnet werden, also sowohl als Erosion als auch als Anlandung, müssen diese Flächen zur Gesamtfläche der anderen beiden Typen addiert werden. Für die rechnerische Auswertung der Erosion und der Verlandung für jede Zeitsituation, wurden die Gerinne-Shapefiles von je zwei benachbarten Zeitsituationen im ArcGIS verschnitten.

In Abbildung 28 wird das aktive Gerinne der jüngeren Zeitsituation 1821 in dunkelblau und jenes der älteren Zeitsituation 1755 in hellblau dargestellt. Dabei lässt sich die Entwicklung des Mäanderbogens gut erkennen. Am Prallufer wurde Landmasse erodiert

und am Gleitufer wieder angelagert. Diese ständig fortschreitenden Prozesse, führten dann zur neuen Lage des Mäanders im Jahr 1821. Die dazwischen liegende TRA-Fläche, gelb, wurde zwischen 1755 und 1821 zuerst erodiert und danach wieder angelagert und verlandet.

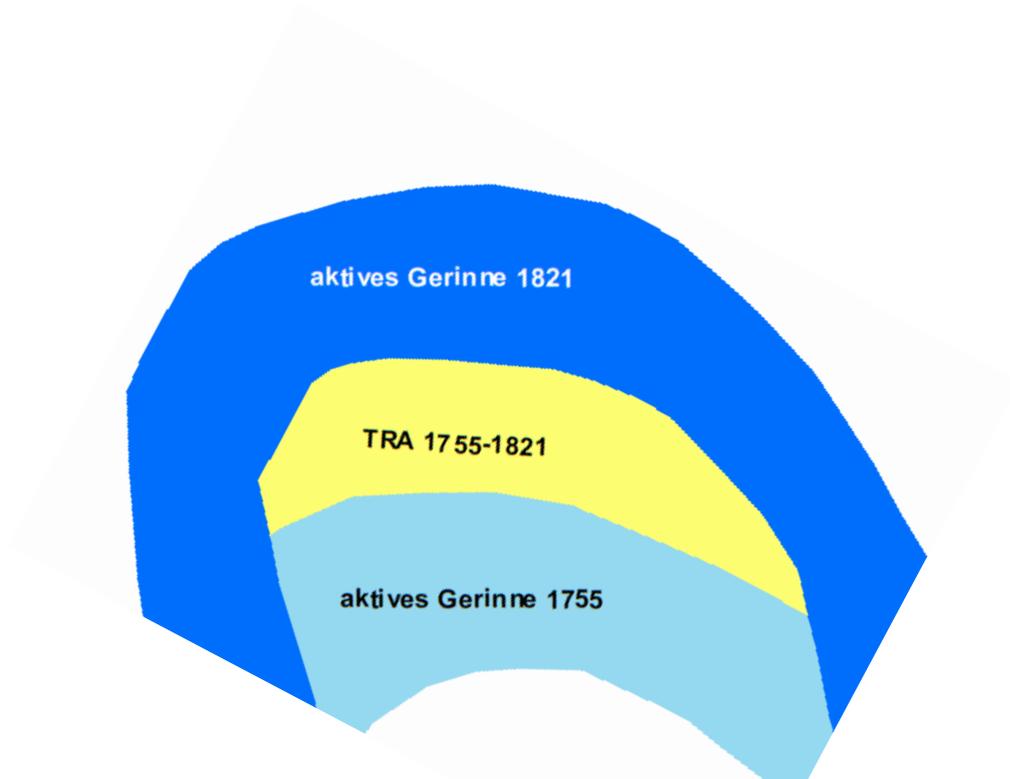


Abbildung 28 Entwicklung eines Mäanderbogens mit eingeschlossener TRA-Fläche

5.4.7. Regulierungsintensität

Um einen Überblick über die Intensität der Regulierung entlang der March im Projektgebiet zu bekommen, wurde die Länge der regulierten Ufer und die damit verbundene Regulierungsintensität des Hauptarmes ermittelt. Die Regulierungsintensität bildet die Intensität des anthropogenen Eingriffes in den Fluss sowie deren Landschaft und Morphologie ab, beschreibt also den Anteil der stabilisierten Ufer durch Wasserbauten entlang des Hauptarmes der March.

Es wurden mittels ArcGIS alle Längen jener Ufer addiert, die Wasserbauwerke aufweisen. Für diese Auswertungen wurden nur jene Wasserbauwerke berücksichtigt, die direkt an den Ufern des Hauptarmes lagen und auch eine dementsprechende regulierende Wirkung auf den Hauptarm zeigten. Dazu zählen unter anderem Ufersicherungen und Buhnen. Wasserbauten, die sich in verlandeten Mäandern oder im Auegebiet befinden, wurden nicht berücksichtigt.

Die Regulierungsintensität wurde wie folgt ermittelt:

$$\text{Regulierungsintensität [\%]} = \frac{\text{Gesamtlänge der regulierten Ufer [m]} * 100}{\text{Gesamtuferlänge Hauptarm [m]}}$$

6. Ergebnisse

In folgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse der Rekonstruktion jedes einzelnen Zeitschnittes in Form der erstellten GIS-Karten dargestellt. Ebenfalls werden die primär verwendeten Kartenwerke für jeden Zeitschnitt angeführt. Um nähere Details zu erkennen, sind die erstellten GIS-Karten im Anhang 2 im Planformat DIN A3 zur besseren Veranschaulichung dargestellt. Folgend sind nun die erstellten Zeitschnitte kurz charakterisiert, die Interpretation bzw. die Auswertung der Ergebnisse sind in Kapitel 7 dargestellt.

Jene Legende in Abbildung 29 ist für alle folgenden Zeitschnitte gültig:



Abbildung 29 Legende zu den erstellten Rekonstruktionen

6.1. Rekonstruktion Zeitschnitt 1720

Abbildung 34 zeigt die erstellte Rekonstruktion der Situation 1720. Für die Zeit um 1720 können, aufgrund der verfügbaren Kartenwerke, nur der Flusslauf der March und des Mühlbaches, sowie das unmittelbare Stadtgebiet von Marchegg ausreichend detailliert dargestellt werden. Da jene historischen Kartenwerke in Bezug auf die Gewässer- und Sedimentflächen im Umland der March sowie auf das tieferliegende Gelände (VABB) keine fundierten Aussagen im Zeitschnitt 1720 liefern können, wurden diese Elemente aus dem jüngeren Zeitschnitt 1755 übernommen.

Im Süden des Untersuchungsgebietes liegt Marchegg und besticht vor allem durch eine große Wasserfläche im Süd-Westen des Ortes. Jenes Gewässer, historisch als Öder Teich bezeichnet, wurde über den Mühlbach, in der Nähe des Salmhofes (westlich von Marchegg), mit Wasser versorgt. Der Mühlbach dürfte bereits vor 1600 existiert haben und wurde vermutlich teils gegraben und teils mit natürlichem Gewässer verbunden. Bis Mitte des 16. Jahrhunderts war der Mühlbach nicht mit der March verbunden, bis Niklas Graf von Salm den Mühlbach bei Zwerndorf an die March anschließen und ein Wehr errichten ließ, um Wasser aus der March über den Mühlbach nach Marchegg zu leiten, um dort Fischteiche sowie die Mühle am Salmhof mit ausreichend Wasser zu versorgen (Sümezc 2017). Eine Karte von Vischer 1697 zeigt den Mühlbach als einen beidseitig angeschlossenen Nebenarm der March (Abbildung 30).



Abbildung 30 Ausschnitt aus der „Große Niederösterreichkarte“ von Vischer Georg M, 1669-1670

Diese riesige Wehranlage bei Zwerndorf, inklusive Damm zum Ablenken des Wassers, hatte nicht nur einen gewaltigen Rückstau, sondern auch eine Sohlaufhöhung direkt

flussaufwärts der Wehr zur Folge. Dies bewirkte einen Rückstausee entlang des Baches bei Zwerndorf der in Kartenwerken von 1720 und 1738 abgebildet ist. In der Karte von 1703 -1739 (vermutlich um 1720) ist jener See mit Punkten eingezeichnet, was auf eine teils überstaute und teils versumpfte Fläche hindeuten würde (Abbildung 32). Abbildung 31 zeigt die Rekonstruktion 1720 mit einem Ausschnitt der Wehranlage und dem zuvor genannten Rückstausee.

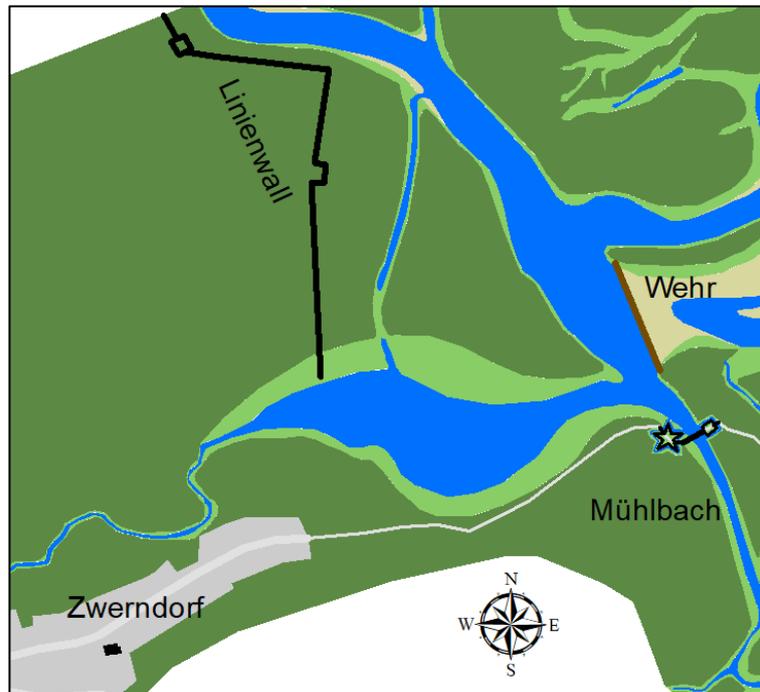


Abbildung 31 Ausschnitt Rekonstruktion um 1720 mit Bereich der Zwerndorfer Wehranlage
Der Rückstau bzw. die Sohlaufhöhung verursachte vermutlich auch ein stärkeres Mäandrieren der March zwischen Angern und Zwerndorf.

Im Norden von Zwerndorf befindet sich der Linienwall (vgl. schwarze Linie in Abbildung 31), die sogenannte „Kuruzenschanze“, welche als militärische Befestigungslinie zur Abwehr der Kuruzen ab Anfang des 18. Jahrhunderts diente. Diese Verteidigungsanlage wurde fast zeitgleich mit dem Wiener Linienwall, dem heutigen Gürtel, errichtet. In den 1730ern wurde der Linienwall auch als Pestwall verwendet, wodurch der Linienwall saniert, umgebaut und erweitert wurde. Ebenfalls sind in der Karte von 1720 eine Redoute sowie eine Schanze beiderseits des Mühlbaches eingetragen. Diese dürften ebenfalls auf den Kuruzenwall zurückgehen. Solche Wälle sind auch um Marchegg, genauer im Osten von Marchegg, zu finden.



Abbildung 32 Ausschnitt Karte 1703-1739 (vermutlich 1720), N.N., March, Zwerndorf bis Marchegg (dunkle Linie links unten: Linienwall zur Kuruzenabwehr; rote Linien: neuer Pestwall)

Ebenfalls im Norden von Marchegg ist ein von der March abzweigender Arm erkennbar, welcher weiter südlich in den Mühlbach mündet. Dieser Arm wurde im 1621 unter Paul Palffy ab Erdöd errichtet, um die Stadt vor Angreifern zu Schützen (Temel und Mück 2006). Denn das Fehlen der Stadtmauer im Norden von Marchegg deutet darauf hin, dass der Mühlbach und die March selbst als Abwehr vor Angreifern dienten. Jener abzweigende Arm wurde als neue March bezeichnet und bildete eine Insel aus, welche im Kartenwerk von 1733 (Abbildung 33) als „Felber Parzel“ bezeichnet wird.

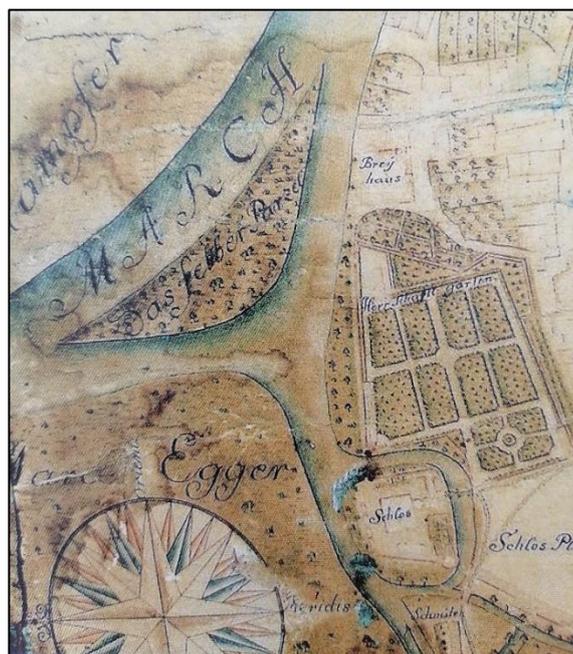


Abbildung 33 Ausschnitt aus dem Stadtplan von Marchegg, 1733, N.N.

Die Stadtmauer um Marchegg wies drei Stadttore auf, im Osten das Ungartor, im Süden das Großenbrunnertor und im Westen das Wienertor. Rund um das Schloss in Marchegg war ein Graben ausgebildet, der mit dem Wasser des Mühlbaches gespeist wurde. Im Osten von Marchegg führte der wassergefüllte Stadtgraben vom Mühlbach bis in den Süden zum Großenbrunnertor. Innerhalb der Stadtmauern befand sich der Stadtteich, welcher oberirdisch über einen Kanal an den Stadtgraben angebunden war. Der Öde Teich, außerhalb von Marchegg, entwässerte in den heutigen Zapfengraben im Süden des Projektgebietes. Innerhalb der Stadtmauern ist im Osten von Marchegg ein Drainagegraben erkennbar, der zum Bewässern der Äcker der Schlossbediensteten angelegt wurde und bis zum Zeitschnitt 1942 bestehen blieb.

Im heutigen Gebiet der Slowakei sind vor allem im Süden einige Straßen bzw. Wege eingezeichnet, die ans gegenüberliegende Ufer von Marchegg führen. Diese dürften die Hauptverkehrswege von und zur Überfuhr nach Marchegg gewesen sein. Bei dieser Überfuhr handelte es sich nach einem Stadtplan von Marchegg um 1733, um ein Boot mit Laufseil.

Das Auengewässersystem Maritz war sowohl im Norden an die March als auch im Süden an den Mühlbach angeschlossen. Wege in der Au, spätere Alleen, konnten in den Karten um 1720 noch nicht erkannt werden. Die Rekonstruktion von 1720 zeigt den Flusslauf der March frei von stabilen Wasserbauten und dürfte daher noch weitgehend unreguliert gewesen sein.

Mögliche anthropogene Eingriffe, zum Beispiel zur Verbesserung der Schifffahrt, könnten bereits erfolgt sein, sind aber in den vorhandenen Kartenwerken nicht aufgenommen.

Rekonstruktion Zeitschnitt 1720

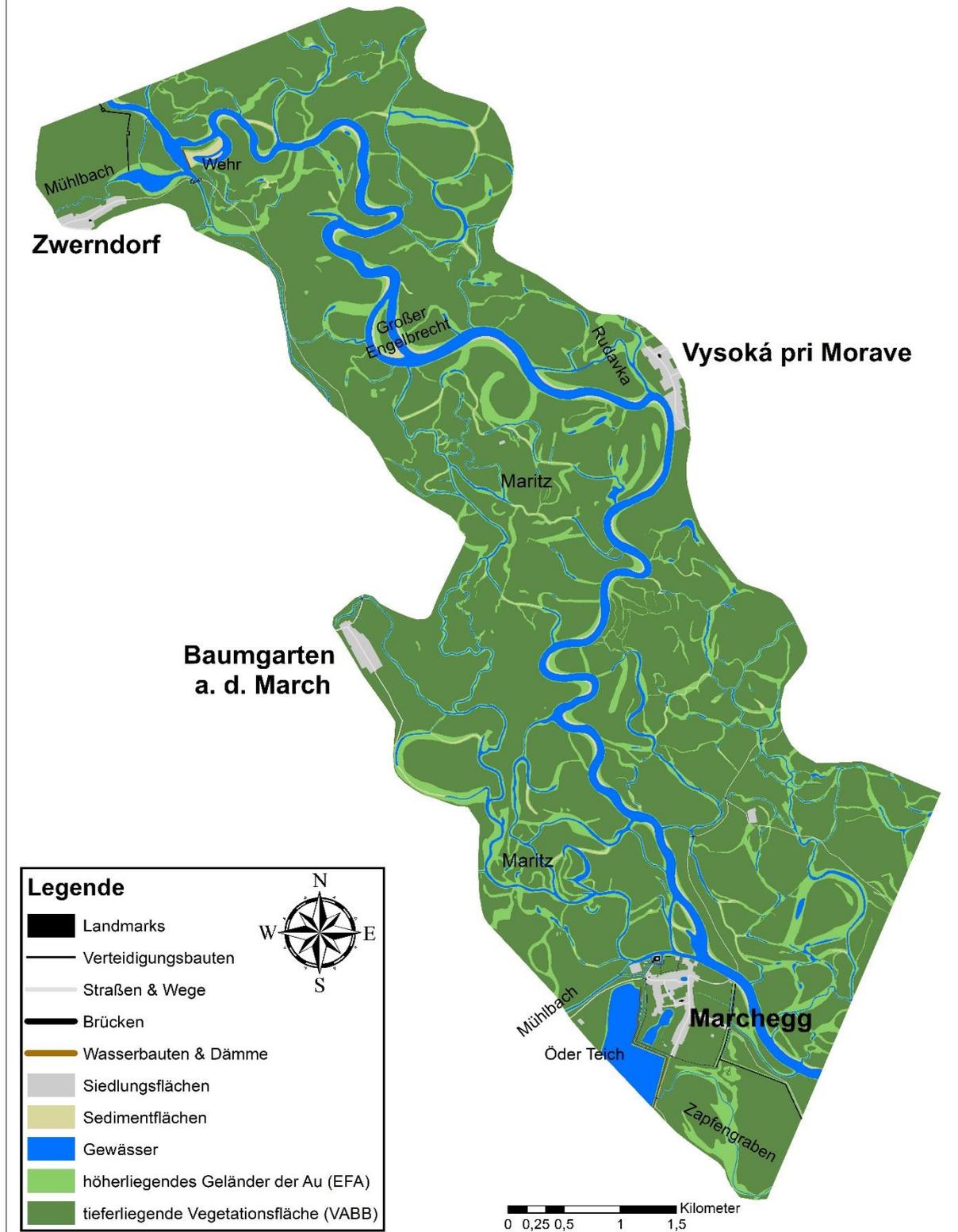


Abbildung 34 Rekonstruktion der Situation um 1720, Karte in Format A3 im Anhang 2

6.2. Rekonstruktion Zeitschnitt 1755

Abbildung 39 zeigt die erstellte Rekonstruktion der Situation 1755. Beim Betrachten der Rekonstruktion von 1755 erkennt man, vor allem im Bereich rund um die Wehranlage bei Zwerndorf, dass diese die Dynamik des Flusses verstärkt hat. Der Rückstausee entlang des Weidenbaches, der im Jahr 1720 noch deutlich ausgebildet war, ist im Zeitschnitt 1755 nur noch minimal vorhanden. Eine mögliche Rolle am Rückgang des Sees können die vorgenommenen Veränderungen am Wehr spielen, wodurch sich der Flusslauf neu ausrichtete und einige neue Nebenarme ausbildete. Erste Brückenbauwerke über Gewässer können in dieser Zeitsituation bereits ausgewiesen werden.

Jene Redoute und Schanze, welche sich 1720 beiderseits des Mühlbaches im Bereich bei Zwerndorf befunden haben, sind in den Kartenwerken für die Rekonstruktion 1755 nicht mehr vorhanden. Stattdessen befindet sich 1755 eine neue Schanze (Abbildung 35) etwas weiter flussabwärts des Mühlbaches, welche vermutlich als Teil des Pestwalls errichtet wurde.

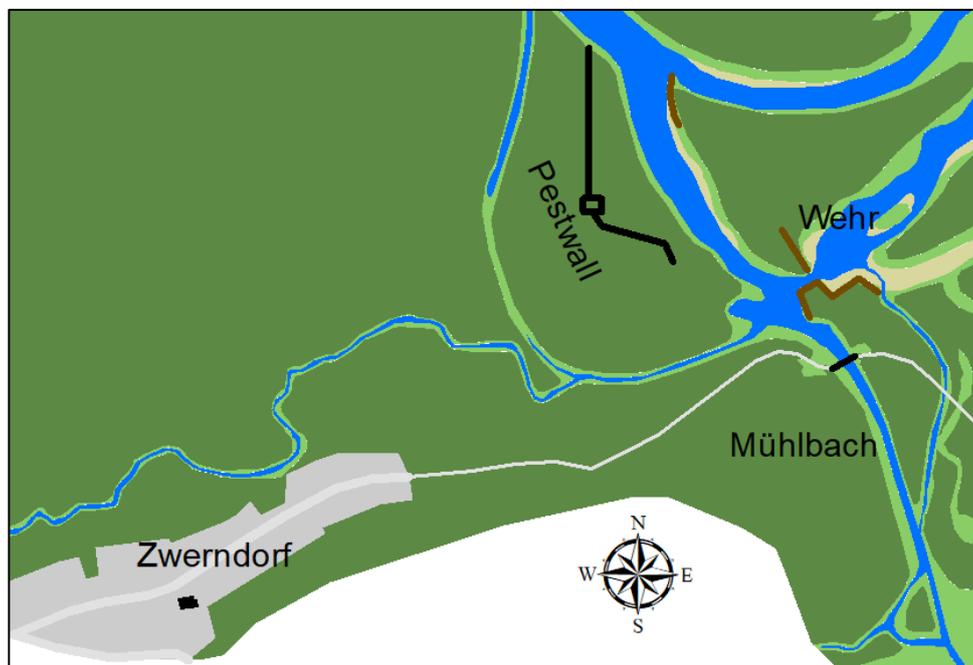


Abbildung 35 Ausschnitt aus der Rekonstruktion 1755 im Bereich der Zwerndorfer Wehranlage

Im Zuge des Umbaus des Schlosses in Marchegg um 1733 wurden der Schlossgraben eingeebnet und große Parkanlagen angelegt. Durch den Verlust des Schlossgrabens hat auch der Stadtgraben die Anbindung an den Mühlbach verloren und zu einer Verlandung geführt.

Die teilweise Verlandung des Öden Teiches (Abbildung 36) dürfte mit der bereits angesprochenen Veränderung an der Zwerndorfer Wehranlage im Einlaufbereich des Mühlbaches zusammenhängen. Durch den Rückgang des zugeführten Wassers gingen mehr als zwei Drittel der Fläche des Fischteiches verloren.

Der Mühlbach bildete in weiterer Folge im Bereich Marchegg einen zweiten, neuen Arm aus, welcher ab 1755 den Hauptlauf des Mühlbaches darstellt.



Abbildung 36 Ausschnitt aus der Rekonstruktion 1755 im Bereich Marchegg-Stadt

Wie in der Abbildung 37 ersichtlich, kann man die Umbildungen im Bereich des Mäanders „Großer Engelbrecht“ betrachten. Der Flusslauf hat sich in diesem Bereich zwischen 1720 und 1755 stark verändert und einige, nur noch einseitig angebundene, Nebenarme geschaffen.

Der „Große Engelbrecht“ Mäander, welcher zu diesem Zeitpunkt noch die Verbindung zwischen Maritz und March im Einlaufbereich (Abbildung 37) darstellte, wird in der Karte 1745 - 1755 von Walter noch als Hauptlauf der March eingezeichnet. Die Durchbruchstelle der March weist jedoch bereits eine größere Breite des Gerinnes auf.



Abbildung 37 Ausschnitt der Rekonstruktion 1755 im Bereich des Mäanders „Großer Engelbrecht“

Darüber hinaus können deutlich mehr neu entstandene Inseln im Fluss, hauptsächlich im Bereich vor Vysoká pri Morave, eruiert werden. Auch die vermehrt auftretenden Hochwässer im 18. Jahrhundert könnten eine wichtige Rolle für Umlagerungen innerhalb der Flusslandschaft der March gespielt haben. Infolge von mächtigen Eisstoßen, die sich von der Donau in das Bett der March schoben, litten zahlreiche Orte im Marchfeld an den schweren Folgen der Überschwemmungen. Im Anhang 1 ist ein kurzer Überblick über die größten aufgezeichnete Hochwässer vom 18. bis 21. Jahrhundert, die in der Flusslandschaft der March zu einigen Umlagerungen führen konnten (Abbildung 82).

In Marchegg befindet sich ein Gedenkstein, der die Wasserstände der Hochwässer im 18. und 19. Jahrhundert anzeigt (Abbildung 38).

Jene verheerenden Hochwässer, samt den vergangenen Belagerungen der Türken und Kuruzen, machten die wirtschaftlich und kulturell auflebende Metropole Marchegg zu einem ärmlichen Städtchen (Temel und Mück 2006).

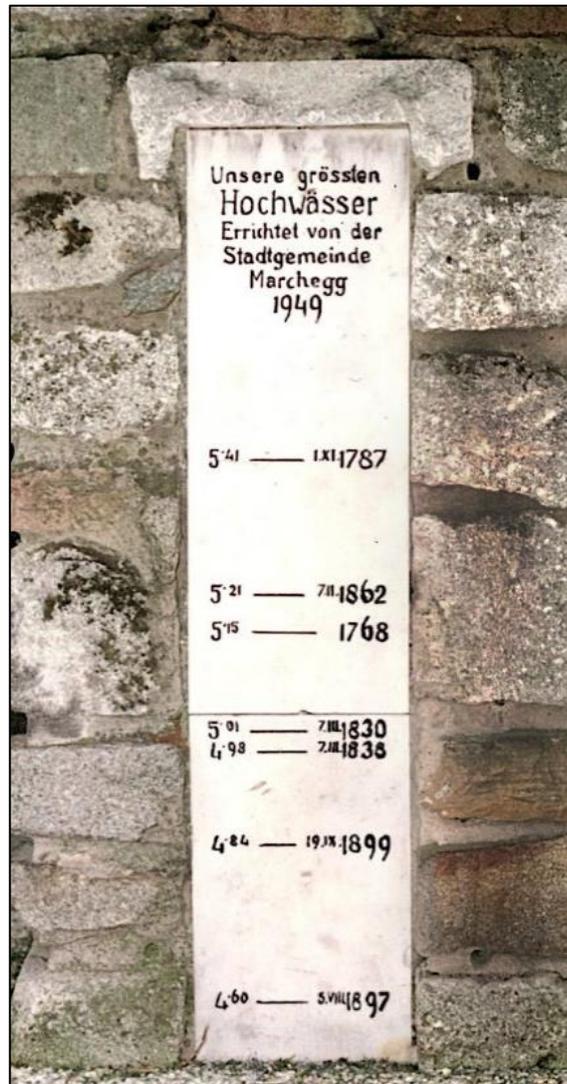


Abbildung 38 Gedenkstein für Hochwässer in Marchegg

Rekonstruktion Zeitschnitt 1755

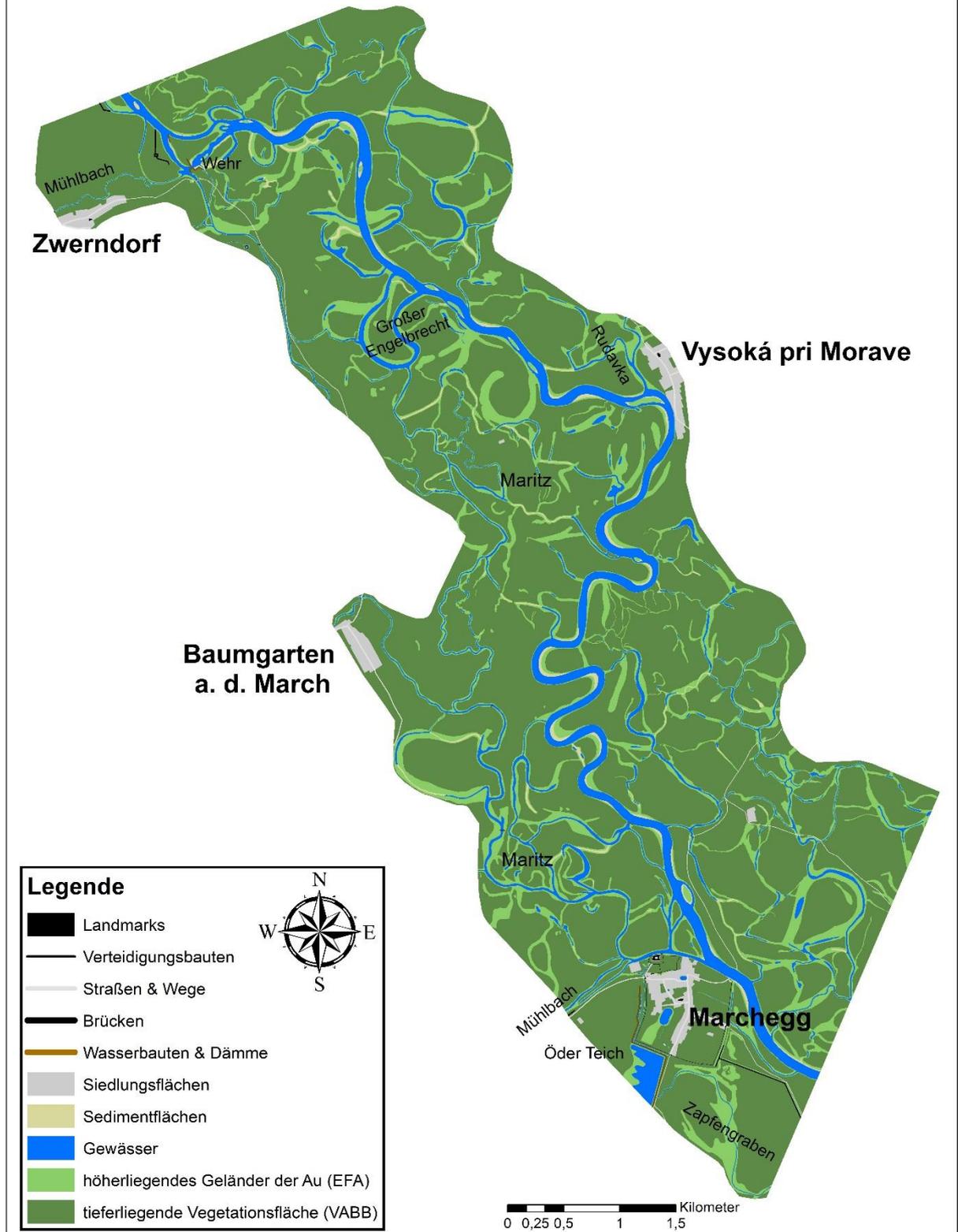


Abbildung 39 Rekonstruktion der Situation 1755, Karte in Format A3 im Anhang 2

6.3. Rekonstruktion Zeitschnitt 1821

Abbildung 44 zeigt die erstellte Rekonstruktion der Situation 1821. Infolge der vermehrten Hochwässer ab 1768 dürfte das Zwerndorfer Wehr nicht mehr standgehalten haben und wurde zwischen 1796 und um 1809 (basierend auf historischen Karten) abgetragen. Auch die Dämme und Leitbauwerke im Bereich des Wehres wurden entfernt. Jener Flussarm, der das Wehr mit Wasser der March versorgte, ist in der Rekonstruktion von 1821 kaum mehr wasserführend. Der Mühlbach hat durch das Wegfallen des Wehres die direkte Anbindung an die March verloren. Durch den natürlich bedingten Durchbruch des Mäanders „Großer Engelbrecht“ hat dieser im Laufe der Zeit den oberirdischen Anschluss an die March verloren (Abbildung 40). Diese Entkoppelung hatte auch Folgen für das Gewässersystem Maritz, denn durch Abtrennung des Mäanders nahm nun auch die Maritz nicht mehr am Abflussgeschehen der March teil.

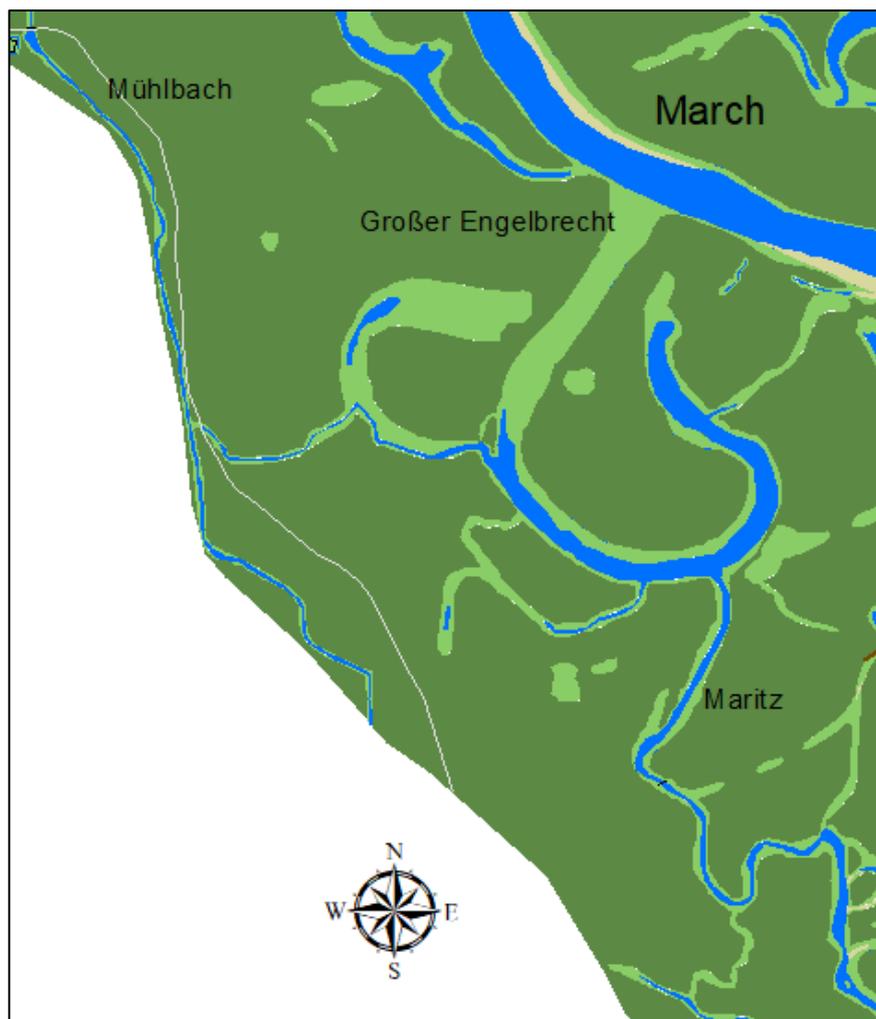


Abbildung 40 Ausschnitt der Rekonstruktion 1821 im Bereich des Mäanders „Großer Engelbrecht“

Weiters wurde zwischen 1755 und 1821 die Baumgartnerallee im Augebiet errichtet, welche eine Verbindung der Orte Marchegg und Baumgarten darstellt (Abbildung 41). Durch den Bau dieser Allee wurden die querenden Gräben der Maritz abgetrennt und bewirkten somit auch noch eine Abtrennung der Verbindung von der Maritz zum Mühlbach.



Abbildung 41 Ausschnitt der Rekonstruktion 1821 mit Baumgartnerallee bei Marchegg

Auf slowakischer Seite, genauer bei Vysoká pri Morave, wurde das Ufer auf etwa 400 m gesichert. Bei diesem Uferschutzbauwerk handelte es sich um einen Steinwurf mit Steinpflasterung als Deckwerk (Weber von Ebenhof 1894). Ansonsten sind dort die Marchufer von anthropogenen Eingriffen noch weitgehend unberührt. Lediglich die Beseitigung der Abflusshindernisse, zwischen Göding (heute Hodonín) und Theben, zur Schiffbarmachung der March wurden von Weber von Ebenhof (1894) erwähnt.

Beim Betrachten der Rekonstruktion von 1821 sind bereits einige punktuelle Wasserbauten in Form von Dämmen im Projektgebiet erkennbar. Dabei handelt es sich um Dämme, die Gräben blockieren, um diese so vom Fluss abzutrennen. Auch zahlreiche Brücken über Gewässer sind in diesem Zeitschnitt bereits zu verzeichnen. Nördlich des

Schlusses in Marchegg überqueren nun drei Brücken den Mühlbach, welche das Erreichen der Felber Parz und der Schlosswiesen ermöglichte. Die westlichste Brücke ist in veränderter Lage auch heute noch erhalten und wird als Maierhofbrücke, nach dem früher angrenzenden Maierhof, bezeichnet.

Die Gestalt des Öden Teiches im Westen von Marchegg hat sich im Laufe der Zeitschnitte grundlegend verändert. Anstelle des einstigen großen Fischteiches ist nun ein Graben, welcher im Norden an den Stadtgraben und südlich an den Zapfengraben anschließt. Jener Damm, der den Öden Teich östlich umgab, ist in der Rekonstruktion 1821 noch vollständig vorhanden und liegt auch heute in einer minimal abgewandelten Lage vor.

Der Lauf des Zapfengrabens wurde offensichtlich begradigt, denn vom früheren gewunden Grabenlauf ist 1821 nichts mehr zu erkennen (Abbildung 42).



Abbildung 42 Ausschnitt der Rekonstruktion 1821 im Bereich Marchegg inkl. Zapfengraben

Auch der Stadtteich im Inneren von Marchegg, sowie der alte Stadtgraben außerhalb der westlichen Stadtmauer, verlandet über die Jahre zusehends. Der Stadtteich wurde im 16. Jahrhundert über den Mühlkanal mit Wasser der March gespeist. Dieser Verließ über die Lacke der Lederer im Norden von Marchegg in Richtung Süden zum Stadtteich (siehe

Abbildung 43). Jener Mühlkanal kann jedoch weder im Jahr 1720, 1755 noch in Kartenwerken von 1821 nachgewiesen werden und dürfte zu diesen Zeitpunkten bereits unterirdisch geführt worden sein. Weitere, früher wasserführende Gräben auf der Gänseweide, östlich der Stadtmauer, waren 1821 bereits trockengefallen und der Drainagegraben im Osten konnte nicht mehr versorgt werden.

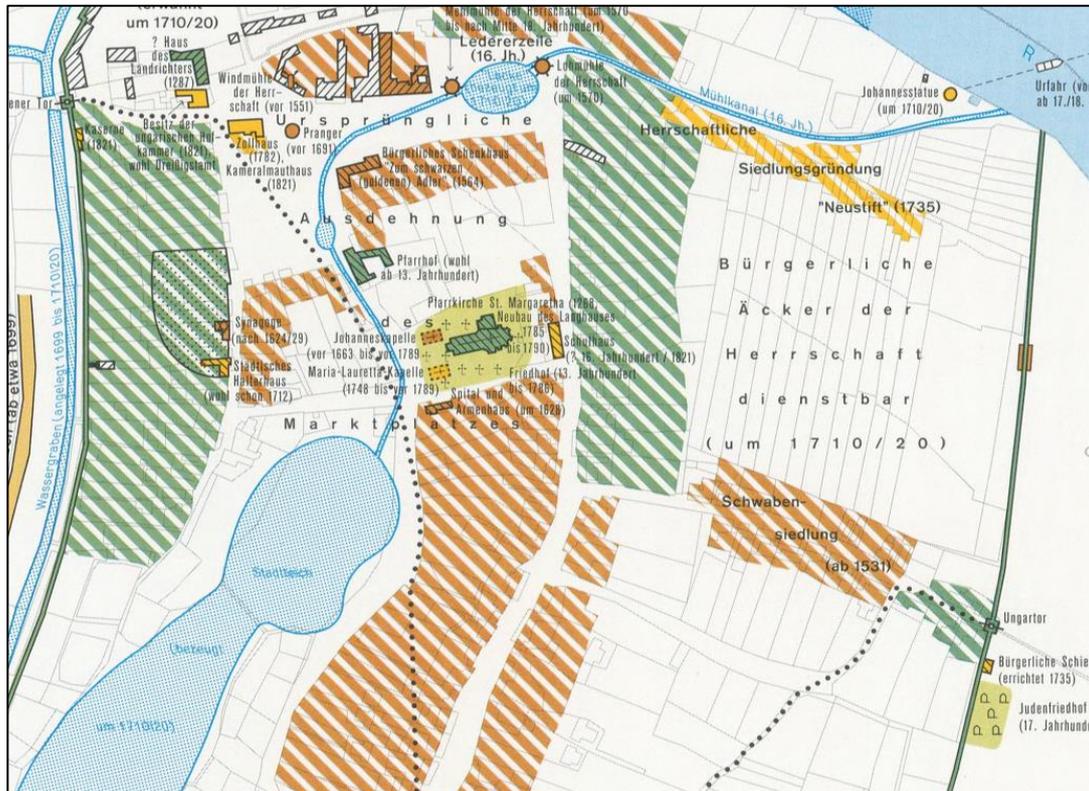


Abbildung 43 Historischer Verlauf des Mühlkanals in Marchegg

Der alte Arm des Mühlbaches ist samt seiner Anschlussgräben an den Stadtgraben in der Rekonstruktion 1821 nicht mehr ersichtlich. Der Zufahrtsweg, welcher auf heutiger slowakischer Seite entlang der March zur Überfuhr nach Marchegg führte, wurde weiter ins Landesinnere verlegt. Jene Linienwälle, die zur Verteidigung der Kuruzen bzw. zur Abwehr der Pest im 18. Jahrhundert errichtet wurden, sind sowohl in Marchegg als auch in Zwerndorf bereits punktuell abgetragen worden. Anfang des 19. Jahrhundert wurden Teile der Stadtmauer abgetragen, um die Steine anderweitig als Baumaterial zu verwenden bzw. wurden sie von der Gemeinde an andere Orte verkauft (Temel und Mück 2006). Dies würde das teilweise Fehlen der Stadtmauer im Süden bis zum Osteck erklären.

Rekonstruktion Zeitschnitt 1821

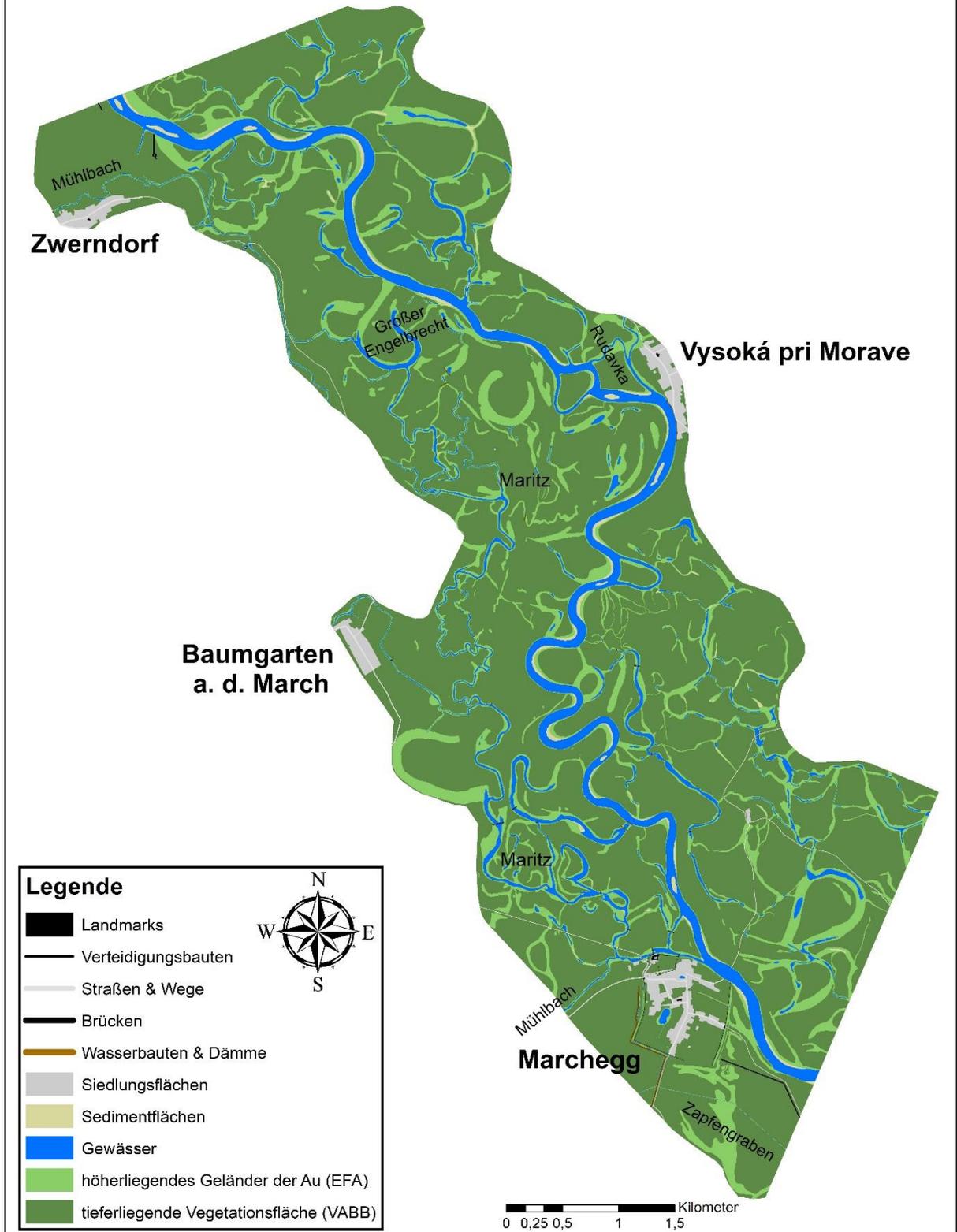


Abbildung 44 Rekonstruktion der Situation 1821, Karte in Format A3 im Anhang 2

6.4. Rekonstruktion Zeitschnitt 1896 - vor der Marchregulierung

Abbildung 50 zeigt die erstellte Rekonstruktion der Situation 1896. Bereits 1868 traten Wünsche der Marchregulierung seitens des niederösterreichischen Landtages auf, damals noch mit dem Hintergrund der Marchschifffahrt (Weber von Ebenhof 1894). Diesen wurde aber nicht nachgegangen, da die Ausführung des Donau-Oder-Kanals von höherer Bedeutung war. 1872 wollte man die Marchregulierung lediglich zur Verhütung der Überschwemmungen im Marchfeld umsetzen, denn aufgrund der Hochwässer versuchten bereits einige Grundbesitzer selbst Dämme zu errichten, um ihre Feldfrüchte zu schützen. 1894 sind jedoch auch bereits einige Dämme nach dem niederösterreichischen Landesgesetz vom 24.06. 1886 erbaut worden, welche deutlich hochwertiger ausgeführt wurden als jene Notdämme der privaten Grundbesitzer (Weber von Ebenhof 1894). Die Rekonstruktion von 1896 weist daher bereits östlich von Marchegg sowie östlich von Zwerndorf Hochwasserschutzdämme auf, welche auf ursprünglichen Kuruzen- bzw. Pestwällen aufgebaut wurden.

Der Mühlbach bei Zwerndorf wurde zwischen 1821 und 1896 im umliegenden Bereich des Ortsgebietes begradigt. Außerdem ist ein Anschluss des Mühlbaches an die March im Bereich des Dammes erkennbar, dieser könnte als Notablass zur March gedient haben, wenn der Mühlbach Hochwasser hatte. Östlich des neuen Dammes sind Strukturen eines vermutlich bereits verfallenen Dammes, als kurze braune Linien in Abbildung 45 erkennbar.

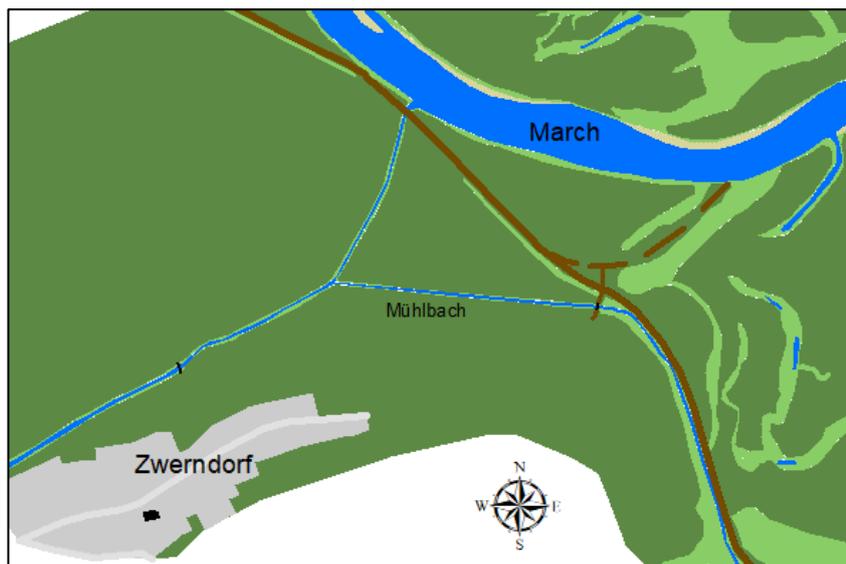


Abbildung 45 Ausschnitt der Rekonstruktion 1896 im Bereich Zwerndorf

Auffallend sind die seit 1821 errichteten Dämme über Gräben innerhalb der Au, welche vor allem zur Überquerung des Gewässersystems Maritz dienten. Im Vergleich zum Zeitschnitt 1821 ist entlang der Maritz ein Rückgang der Gewässerflächen als Mögliche folge der errichteten Dämme zu verzeichnen. Der Uferschutz bei Vysoká pri Morave wurde um etwa 100 m erweitert.

In Abbildung 46 ist ein fortschreitender Mäanderdurchbruch südöstlich von Baumgarten an der March erkennbar.



Abbildung 46 Ausschnitt der Rekonstruktion 1896 im Bereich eines Mäanderdurchbruchs südöstlich von Baumgarten an der March

Diese dort vorliegende Uferform mit sehr schmalen, teils sogar senkrechten Ufern im Anprallbereich und flachen, mit Sediment abgelagerten Gleitufer ist typisch für mäandrierende Tieflandflüsse. Solche Ausbildungen können jedoch an regulierten Mäanderflüssen nicht mehr beobachtet werden, da es ein ständiges Erodieren der Ufer voraussetzt, welches bei stabilisierten Ufern unmöglich ist.

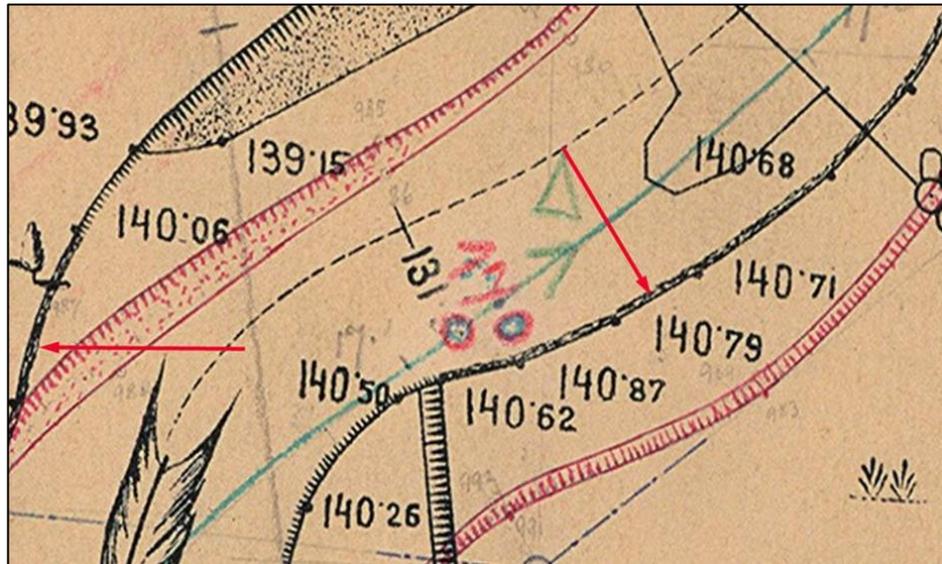


Abbildung 47 Ausschnitt aus Karte 1896-1922-1934 March Reambulierung (schwarz: 1896, rot: 1922)

In Abbildung 47 erkennt man, mit roten Pfeilen markierte, Steilwände an Prallufeln. Ebenfalls zu erkennen sind flachere Uferböschungen am linken oberen Bildrand welche in schmälere Böschungen und dann in Steilwände (senkrechte Uferwände) am direkten Prallufer übergehen. Diese nahezu idealtypische Uferform kann am gesamten Lauf der Rekonstruktion von 1896 dokumentiert werden.

Am unteren, östlichen Rand des Projektgebietes sind beiden Seiten der Zufahrtsstraße zur Überfuhr in der Slowakei mit einem Damm begrenzt. Insgesamt weist dieser eine Länge von etwa 2 km auf und befindet sich am westlichen Rand des Nandinhofs (Abbildung 48), einen größeren Gutshof außerhalb des Projektgebietes, und könnte ein privat angelegter Hochwasserschutzdamm des Hofes gewesen sein.

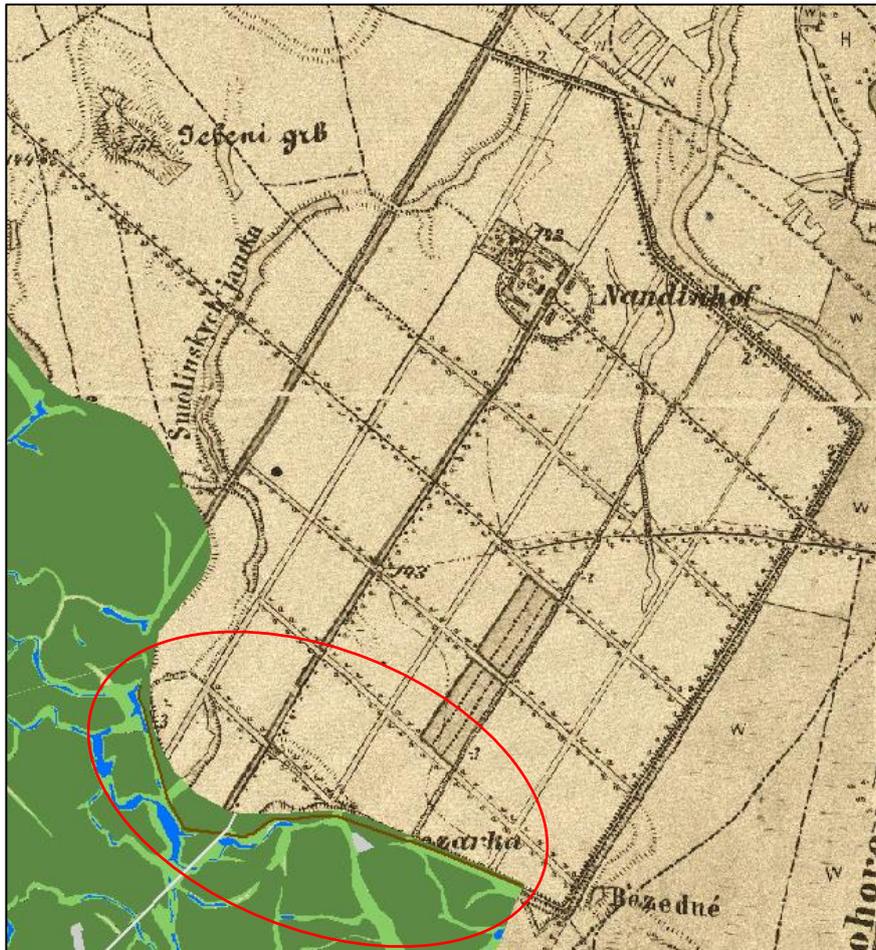


Abbildung 48 Ausschnitt der Rekonstruktion 1896 mit Hintergrund „1873 3. Landesaufnahme“ (braune Linie innerhalb des roten Kreises = Damm)

Im Bereich der Marchüberfuhr bei Marchegg wurde die Uferböschung etwa 150 m mittels Uferschutzbauwerken nebst der Rampe der Fähre gesichert.

Am Südeingang von Marchegg wurde das schmale Groißenbrunnertor Ende 19./Anfang 20. Jahrhundert, aufgrund des zunehmenden Straßenverkehrs, beseitigt. Auch der letzte Rundturm des Tores wurde knapp vor der Jahrhundertwende abgetragen, da dieser bereits eingestürzt war (Temel und Mück 2006).

Der einstige Graben, welcher in der Rekonstruktion 1821 an Stelle des Öden Teiches Platz fand, wurde vermutlich aufgrund des Baus der Straße und den dadurch errichteten Straßendamm eingeebnet. Stattdessen entwässerten der Stadtteich, sowie der Rest des vorhandenen ursprünglichen Stadtgrabens, in einen Graben, der unter einer Brücke im Süden von Marchegg geführt wird. Eine weitere Brücke wurde zum Überqueren des Zapfengrabens errichtet. Der Stadtteich hat in diesem Zeitschnitt erneut an Wasserfläche verloren, der Anschluss an den Stadtgraben bleibt dennoch oberirdisch bestehen.



Abbildung 49 Ausschnitt der Rekonstruktion 1986 im Bereich Marchegg

Beginnend mit dem Dammbau, wurden auch die ersten Schottergruben rund um die Orte ausgehoben (Abbildung 49). Der Schotter wurde, neben dem Dammbau, auch für den Bau von Häusern benötigt, denn der Siedlungszuwuchs ist in allen vier Orten im Projektgebiet deutlich erkennbar. Der Bach, welcher oberhalb des Ortes Baumgarten fließt, wurde begradigt und etwas nach Norden verlegt, um mehr Siedlungsfläche zu schaffen.

Rekonstruktion Zeitschnitt 1896

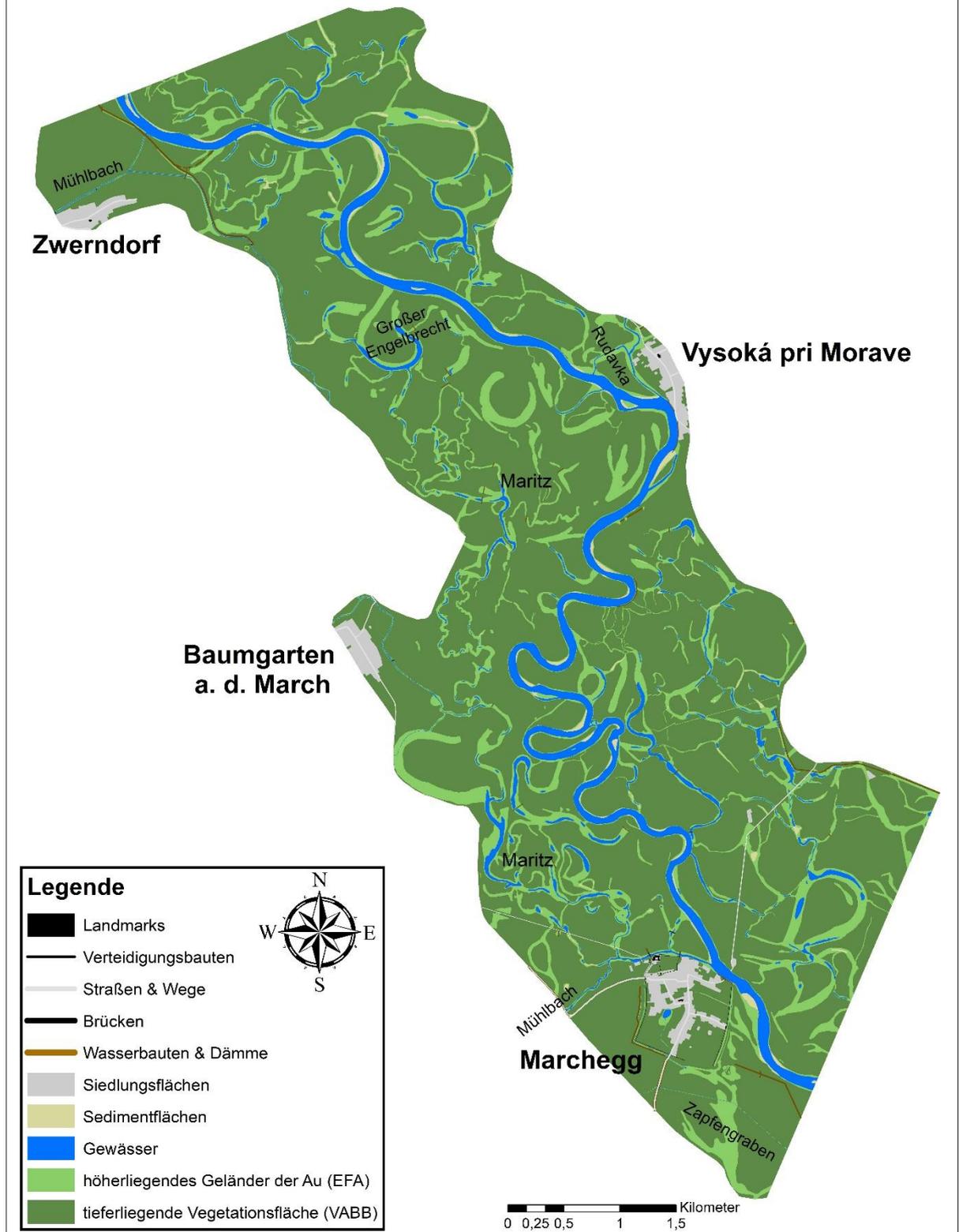


Abbildung 50 Rekonstruktion der Situation 1896, Karte in Format A3 im Anhang 2

6.5. Rekonstruktion Zeitschnitt 1942 - während der Marchregulierung

Abbildung 42 zeigt die erstellte Rekonstruktion der Situation 1942. Die Hochwässer waren auch in den vergangenen Zeitschnitten immer wieder ein Thema. In der Rekonstruktion 1942 sind erstmalig aber durchgängige Hochwasserschutzdämme an den Gemeinden entlang der March erkennbar. Kurz vor dem 1. Weltkrieg wurde das Projekt wasserrechtlich genehmigt und der Baubeginn erfolgte kurz darauf (Sümeecz 2017). Während des 1. Weltkrieges wurden ca. 2 km des Dammes in Marchegg von Kriegsgefangenen des Lagers in Marchegg errichtet. Diese Arbeiten wurden jedoch kriegsbedingt eingestellt. 1921 und 1922 versuchte die Stadt selbst Dämme im Umland zu errichten, welche aber vom Hochwasser von 1923 stark beschädigt oder gar zerstört wurden (Sümeecz 2017). Dieses Hochwasser von 1923 machte auch deutlich, dass die Höhenkote des Dammes nicht ausreicht und ausgebessert werden müsse. Im Jahr 1928 wurde mit dem Bau des Hochwasserschutzdammes zwischen Zwerndorf und Marchegg begonnen. Die Fertigstellung dieses insgesamt 16 km langen Dammschnittes erfolgte bis 1938 (Sümeecz 2017).

Für den Abbau des benötigten Materials für den Dammbau wurden im Gemeindegebiet Weiden an der March und Marchegg einige Schottergruben angelegt. Vor allem in den Jahren 1930 und 1931 wurden im Raum Baumgarten größere Materialgruben ausgehoben (Sümeecz 2017). In Abbildung 51 sind einige dieser Materialgruben in Orange hervorgehoben.

In den Jahren 1956 bis 1960 wurden noch einige Dammschnitte zwischen Marchegg und Zwerndorf ergänzt. Eine grafische Übersicht über das Dammsprojekt und dem Alter der einzelnen Dammschnitte ist in Anhang 2 zu finden.

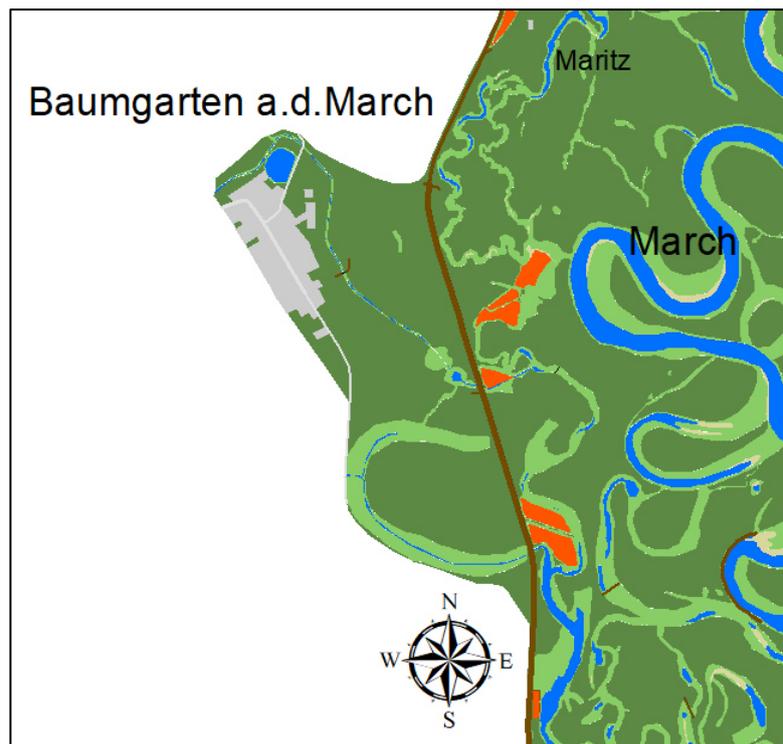


Abbildung 51 Ausschnitt der Rekonstruktion 1942 inklusiver Schottergruben

Beim Anblick der Rekonstruktion 1942 erkennt man, nebst dem Damm auf österreichischer Seite, auch bereits Abschnitte des Dammes auf slowakischer Seite. Im Bereich des Ortes Vysoká pri Morave ist der Damm bereits durchgängig errichtet. Im Norden und Süden des Projektgebietes sind noch stellenweise Gebiete ohne Damm vorhanden.

Mit der Regulierung des mäandrierenden Flusslaufes der March wollte man bezwecken, dass das Hochwasserbett und das Mittelwasserbett in gleicher Richtung verlaufen (Sümeecz 2017).

Im Projektgebiet sind bereits einige Uferschutzbauwerke und Querwerke (Buhnen) durch die Regulierung ab 1911 dargestellt. Ein genauer Ablauf der einzelnen Bauphasen der Marchregulierung ist in Kapitel 3.5.1 ersichtlich.

Im Projektgebiet sind die Regulierungsarbeiten im Jahr 1942 an jenen Flussabschnitten bereits fortgeschritten, die nahe an den Orten Zwerndorf, Vysoká pri Morave und Marchegg liegen. Zu jenem Zeitpunkt war noch keine Mäanderschlinge künstlich durchbrochen worden, die konkaven Ufer einiger Bögen sind jedoch bereits stabilisiert.

Die genauen Bauzustände für die Rekonstruktion der Zeitschnitte 1942 und 2020 wurden von Gerald Benz zur Verfügung gestellt. Abbildung 52 zeigt die geplanten Durchstiche drei bis sieben, nördlich der Stadt Marchegg, auf einem Luftbild von 1942.

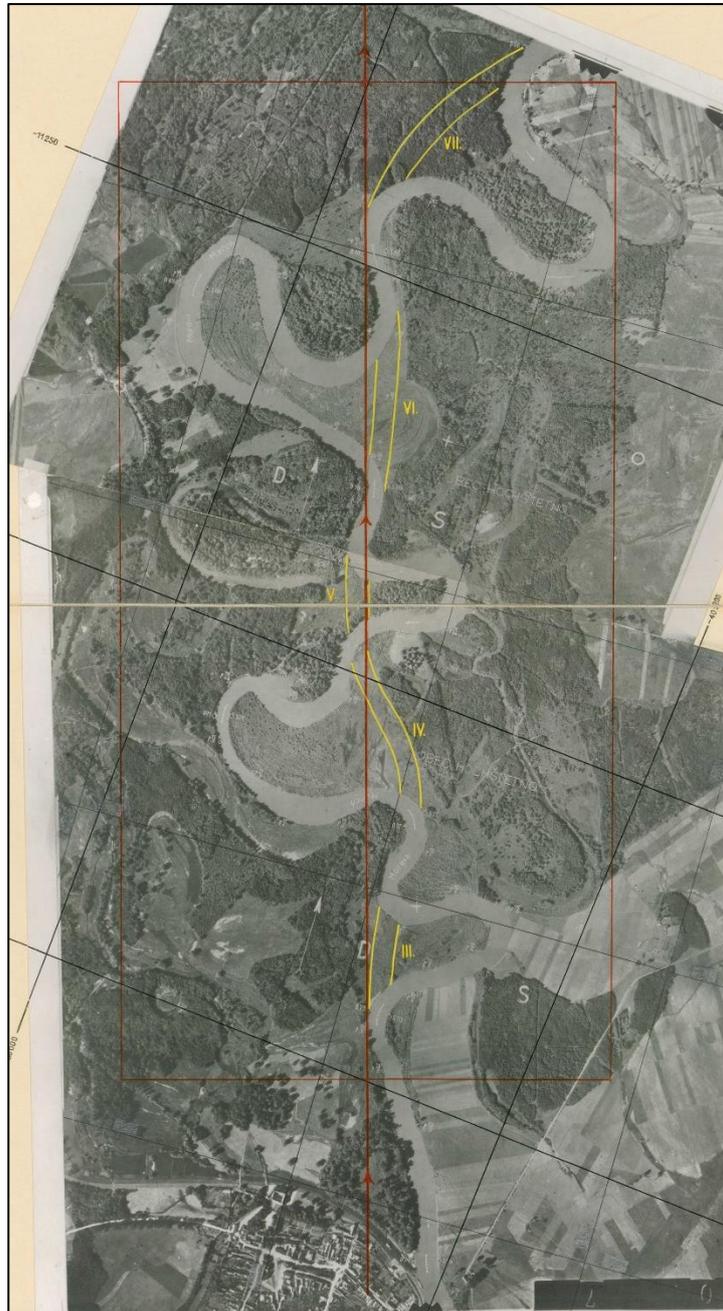


Abbildung 52 Geplante Durchstiche im Projektgebiet nach Luftbildern von 1942

Nahe dem Schloss in Marchegg entstanden entlang des Mühlbaches weitere, zum Schotterabbau genutzte Gruben, welche durch Dämme teilweise getrennt sind. Die östliche Stadtmauer von Marchegg wurde beim Bau des Hochwasserschutzdammes in diesen integriert, sowie teilweise abgetragen. Die Wasserfläche des Stadtteiches

reduzierte sich weiterhin, der Auslass des Teiches wurde verlegt und führt in der Rekonstruktion von 1942 nun annähernd geradlinig durch die Stadtmauer in den ehemaligen Stadtgraben. Der Damm, welcher den Stadtgraben einst vom Öden Teich abgrenzte, wurden stellenweise verlegt. Der Zapfengraben erhielt eine Erweiterung in Richtung Norden, welche aber in dieser Zeitsituation keine Wasserflächen ausweist. Ein neues Gewässer am Rande des südlichen Projektgebietes in Form eines Drainagegrabens entstand.

In den 1920er Jahren wurde der Weidenbach bei Zwerndorf durchgehend reguliert und in ein enges Trapezprofil gezwängt (Chovanec et al. 2012). Dabei wurde der Mündungsbereich des Weidenbaches oberhalb von Zwerndorf neu errichtet und beidseitig durch einen Damm begrenzt.

Innerhalb der Flusslandschaft sind einige Straßen- bzw. Wegdämme, welche Gräben schneiden, erkennbar. Diese wurden durch das Anlegen der Wege unterbrochen und teilweise zugeschüttet. Abbildung 53 zeigt jene Wegdämme als braune kurze Striche innerhalb der Au, welche alle über Gräben der Maritz führen.

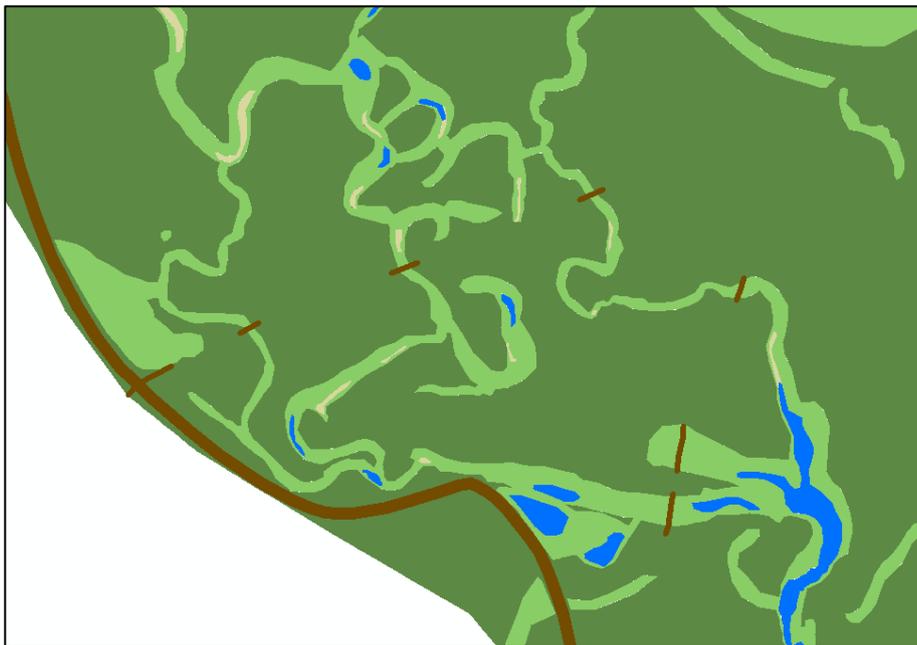


Abbildung 53 Ausschnitt der Rekonstruktion 1942 mit Wegdämmen im Auegebiet zwischen Zwerndorf und Baumgarten an der March

Rekonstruktion Zeitschnitt 1942

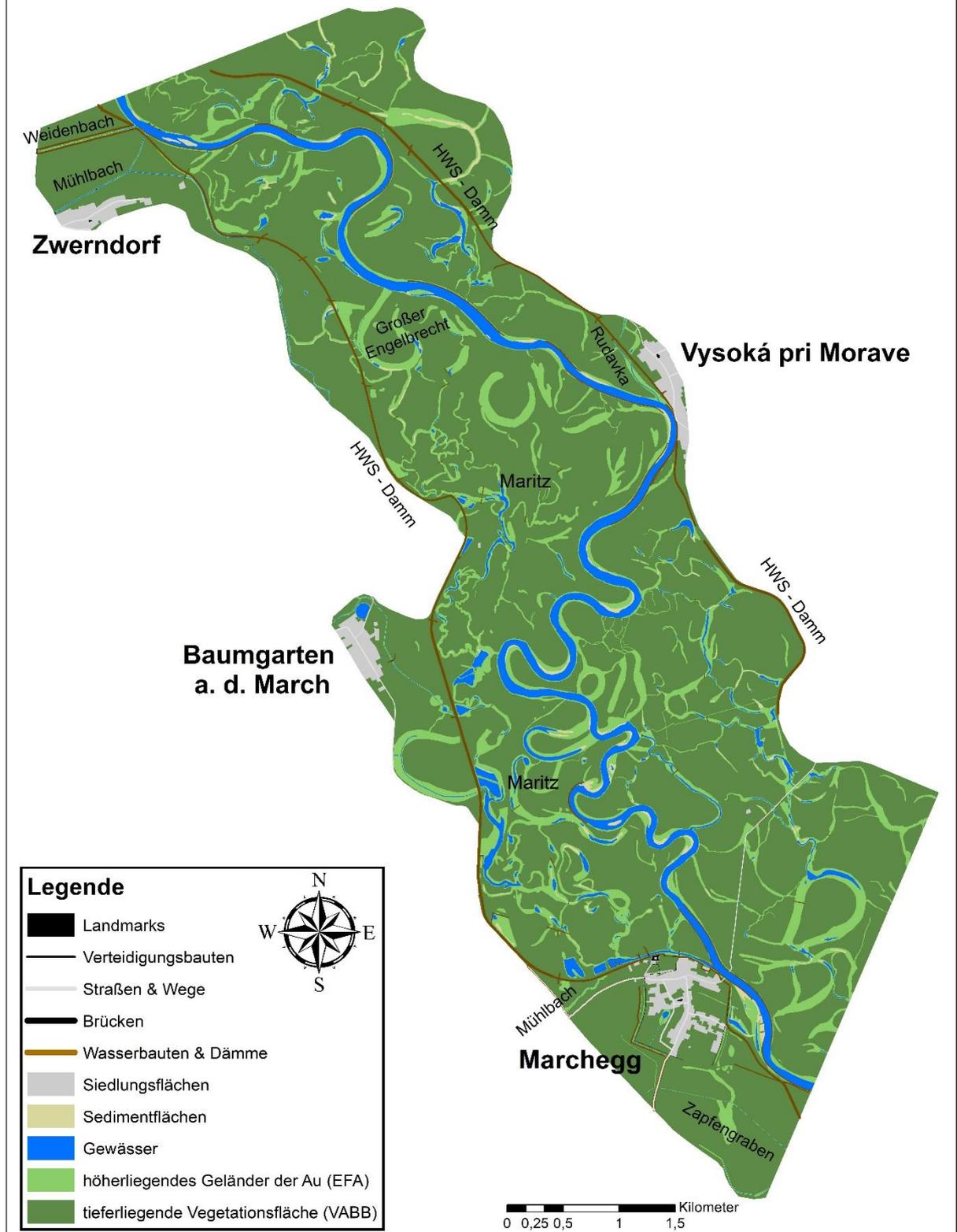


Abbildung 54 Rekonstruktion der Situation 1942, Karte in Format A3 im Anhang 2

6.6. Rekonstruktion Zeitschnitt 2020 - nach der Marchregulierung

Abbildung 60 zeigt die erstellte Rekonstruktion der Situation 2020. Um einen Vergleich der historischen Situationen anhand des aktuellen Zustandes im Projektgebiet zu ermöglichen, wurde das Jahr 2020 ebenfalls vektorisiert und ausgewertet.

Nach dem Katastrophenhochwasser im März 1941 wurden im Jahr 1943 dem generellen Projekt von 1935 neue Werte für das Bemessungshochwasser sowie für Höhen des Projektmittelwassers und der Projektsohle zugrunde gelegt (Benz und Schwingshandl 2008).

Aufgrund der deutlichen Veränderung des Flussbettes wurde in den Jahren 1948 und 1949 eine neuerliche Trassierung der March festgelegt. Auf Basis des Projektes wurde dann bis 1967 die Hauptregulierung der March durchgeführt (Sümeecz 2017). Jenes Material, welches aus den Durchstichen gewonnen wurde, wurde für die Dammerrichtung der abgetrennten Mäanderschlingen verwendet.

Im Projektgebiet wurden insgesamt fünf Durchstiche an Flussmäandern durchgeführt, wobei sich drei abgetrennte Mäander auf heutigem slowakischem Gebiet und zwei auf österreichischem Gebiet befinden. Abbildung 55 zeigt die einzelnen Durchstiche im Projektgebiet.

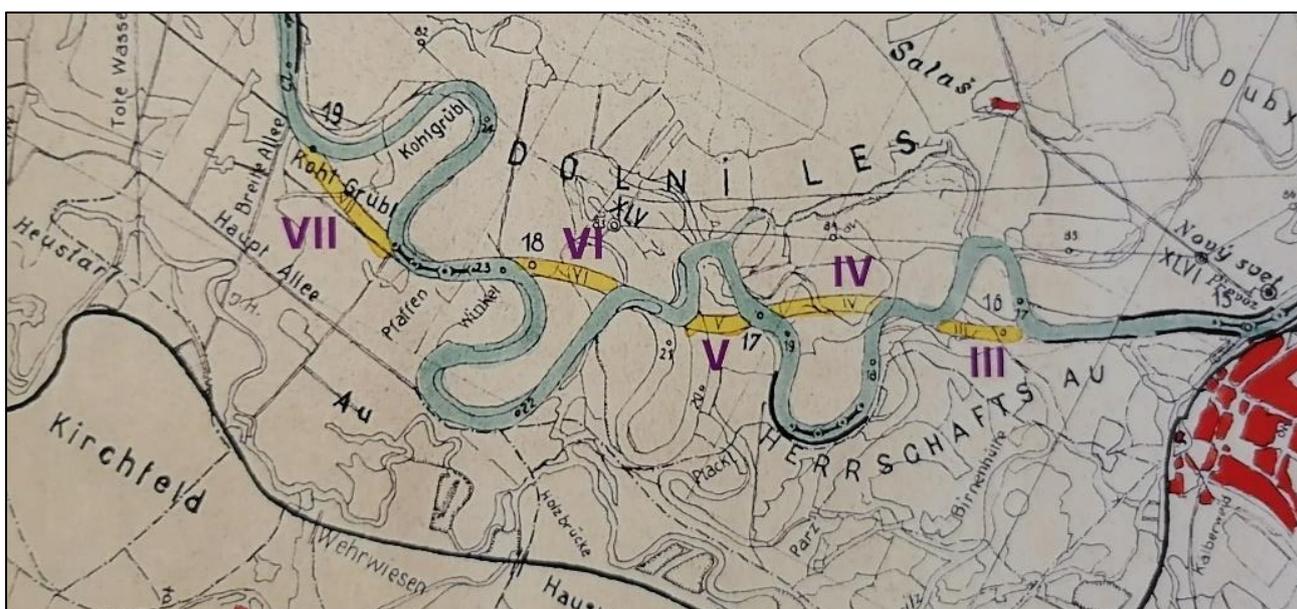


Abbildung 55 Durchstiche im Projektgebiet nach dem generellen Projekt 1935

Die Anzahl der mit Grundwasser gefüllten Gruben zur Schottergewinnung oder zum Zwecke der Fischerei ist in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts stark angewachsen. Eine der größten zusammenhängenden Wasserflächen bildet die Nassbaggergrube südlich von Vysoká pri Morave. Eine weitere, jedoch bereits stillgelegte Schottergrube befindet sich in Marchegg, nebst den Resten der östlichen Stadtmauer. Diese ist im Süden und Westen teilweise von einem Damm umgeben. Ein weiteres Gewässer im Süden von Marchegg-Stadt wird als Fischteich des Fischereivereins Marchegg genutzt. Das einstige Sumpfgebiet rund um den Stadtteich in Marchegg wurde Ende des zweiten Weltkrieges angehoben und trockengelegt (Wintera 2018). Heute erinnern nur noch die Straßenbezeichnungen „Im Teich“ und „Teichgasse“ an das Bestehen des historischen Stadtteiches.

Ende 1982 wurde die Tümpelwiese rund um den Pulverturm (Abbildung 56), südlich der Schottergrube in Marchegg, zum Naturdenkmal für Urzeitkrebse erhoben. Jenes Gebiet ist durch die jährlichen grundwasserbedingten Hochwässer geprägt und beinhaltet, einzigartig in Österreich, die Urzeitkrebse der Art *Chirocephalus shadini* (Naturschutzbund Niederösterreich o.D.).



Abbildung 56 Ausschnitt der Rekonstruktion 2020 im Bereich Marchegg

Der Drainagegraben, welcher einst die Äcker der Dienstbaren im östlichen Teil von Marchegg bewässerte, besteht in seiner ursprünglichen Form nicht mehr. Dieses Gebiet ist aber aufgrund seines sumpfigen Bodens bis 2020 unbebaut.

Von den einstigen drei Brücken über den Mühlbach nördlich des Schlosses ist gegenwärtig nur noch eine Brücke vorhanden. Teile der Brückenköpfe der beiden abgetragenen Brücken sind jedoch bis heute noch zu erkennen.

Im Bereich des Gemeindegebietes Baumgarten, außerhalb des Hochwasserschutzdammes, sind ebenfalls eine Menge Gewässer in den 1970er Jahren angelegt worden. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Grundwasserteiche für Drainagezwecke oder um Fischteiche. Der Bach um Baumgarten führt jedoch nur noch stellenweise Wasser.

Der einstige mehrarmige Zubringer „Rudavka“ bei Vysoká pri Morave ist im Zeitschnitt 2020 (Abbildung 57) allenfalls noch als kleines Rinnsal wahrzunehmen.

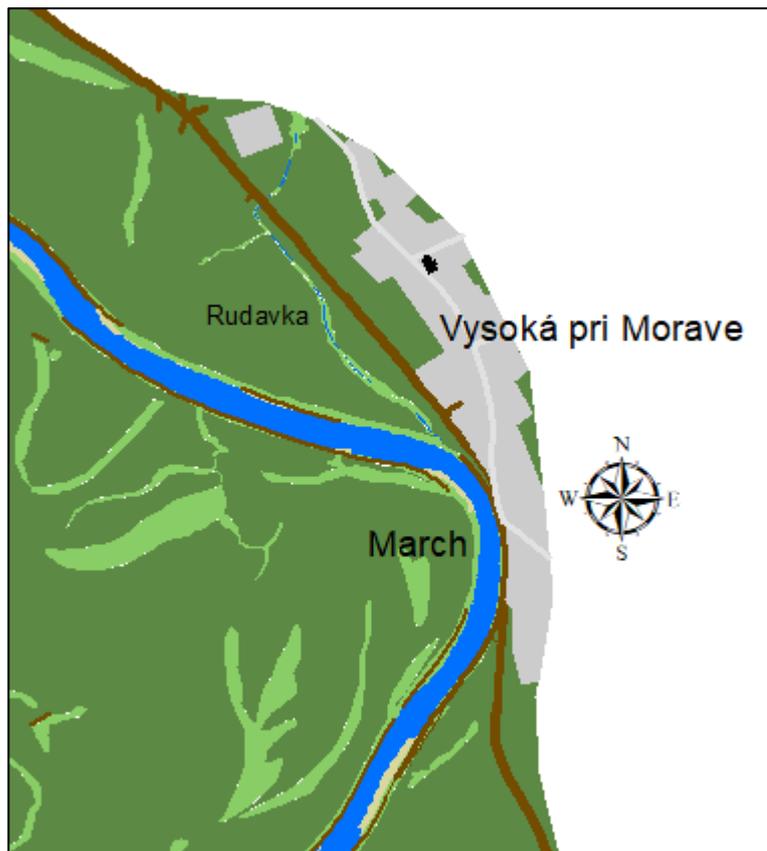


Abbildung 57 Ausschnitt der Rekonstruktion 2020 im Bereich Vysoká pri Morave

Im Zuge der bereits in Kapitel 3.5.2 erwähnten Renaturierungsmaßnahmen hat der „Großer Engelbrecht“ einen direkten Zulauf (Abbildung 58) zur March erhalten. Durch diesen neuen Einlaufbereich erhofft man sich die laterale Konnektivität zwischen Maritz und March zu erhöhen.



Abbildung 58 Ausschnitt der Rekonstruktion 2020 im Bereich des Mäanders „Großer Engelbrecht“

Zudem wurden die Uferschutzbauten an den Durchstichen 4 und 6 unterseitig entfernt und somit einseitig an das Abflussgeschehen der March angeschlossen. Diese beiden und noch weitere punktuelle Maßnahmen betreffend der Ufer- und Profilgestaltung wurden durch das Projekt Muf „March Ufer- und Profilgestaltungsmaßnahmen für den Abschnitt Marchegg“ zwischen 2000 und 2003 durchgeführt (viadonau 2013).

In Abbildung 59 erkennt man einen Uferbereich, bei dem die Ufersicherung entfernt wurde. Im Jahr 2020 kann man hier bereits deutlich eine annähernd natürliche Ausbildung des Ufers erkennen.



Abbildung 59 Rückgebautes Ufer im Projektgebiet

Der Mündungsbereich des Weidenbaches im Norden von Zwerndorf wurde im Zuge eines Projektes angepasst und hat zumindest in diesem Bereich sein kanalartiges Aussehen verloren. In Zwerndorf entstanden bis 2020 vier künstlich angelegte Seen mit angrenzendem Siedlungsgebiet, welche sich oberhalb des Mühlbaches befinden.

Rekonstruktion Zeitschnitt 2020

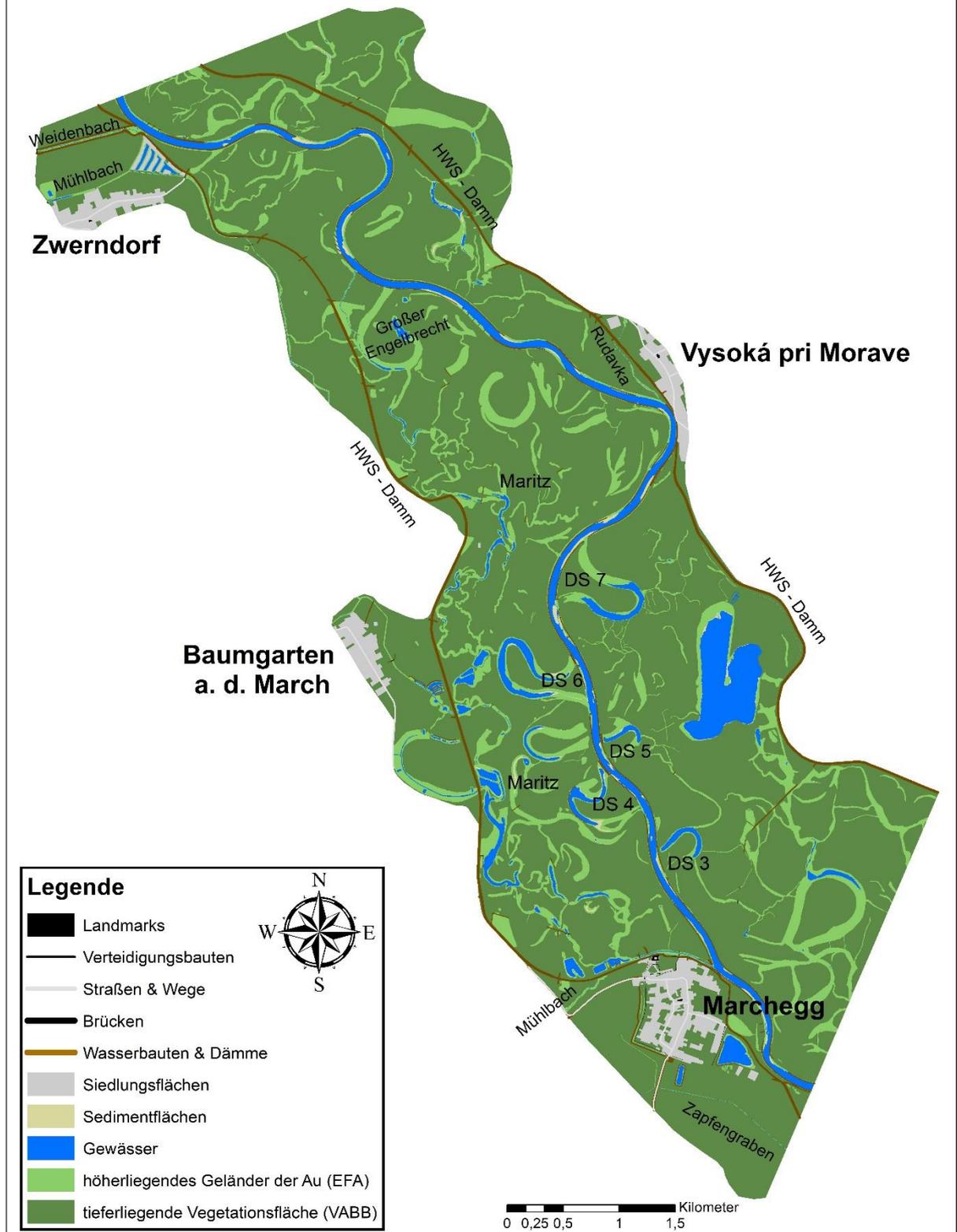


Abbildung 60 Rekonstruktion der Situation 2020, Karte in Format A3 im Anhang 2

6.7. Analyse der Rekonstruktionen

6.7.1. Gewässertypen im aktiven Gerinne

Die jeweiligen ermittelten Absolutwerte der Flächen der aquatischen Habitattypen sind in Tabelle 4 in Hektar zusammengefasst, die prozentuelle Aufteilung in Tabelle 5. In Abbildung 61 und Abbildung 64 sind die Flächenanteile der einzelnen aquatischen Habitattypen pro Zeitschnitt grafisch dargestellt.

Gewässertypen	1720	1755	1821	1896	1942	2020
	Fläche [ha]					
Hauptarm	156,14	137,76	149,60	144,24	134,89	86,55
zumeist durchströmte Nebenarme	38,73	46,47	7,39	2,81	0,00	0,00
Zubringer	10,19	10,38	6,37	6,10	4,75	2,93
periodisch durchströmte Altarme	16,36	15,76	0,00	0,87	0,40	0,00
einseitig angebundene Altarme	48,54	40,94	12,20	6,87	5,89	8,20
isolierte Altwässer/Totwässer	16,65	20,05	83,19	62,59	55,97	35,09
künstliche Gewässer	33,23	10,28	0,99	0,58	11,80	63,00
Gesamtfläche aktives Gerinne [ha]	319,84	281,64	259,74	224,08	213,69	195,76

Tabelle 4 Aquatische Habitatzusammensetzung in Hektar

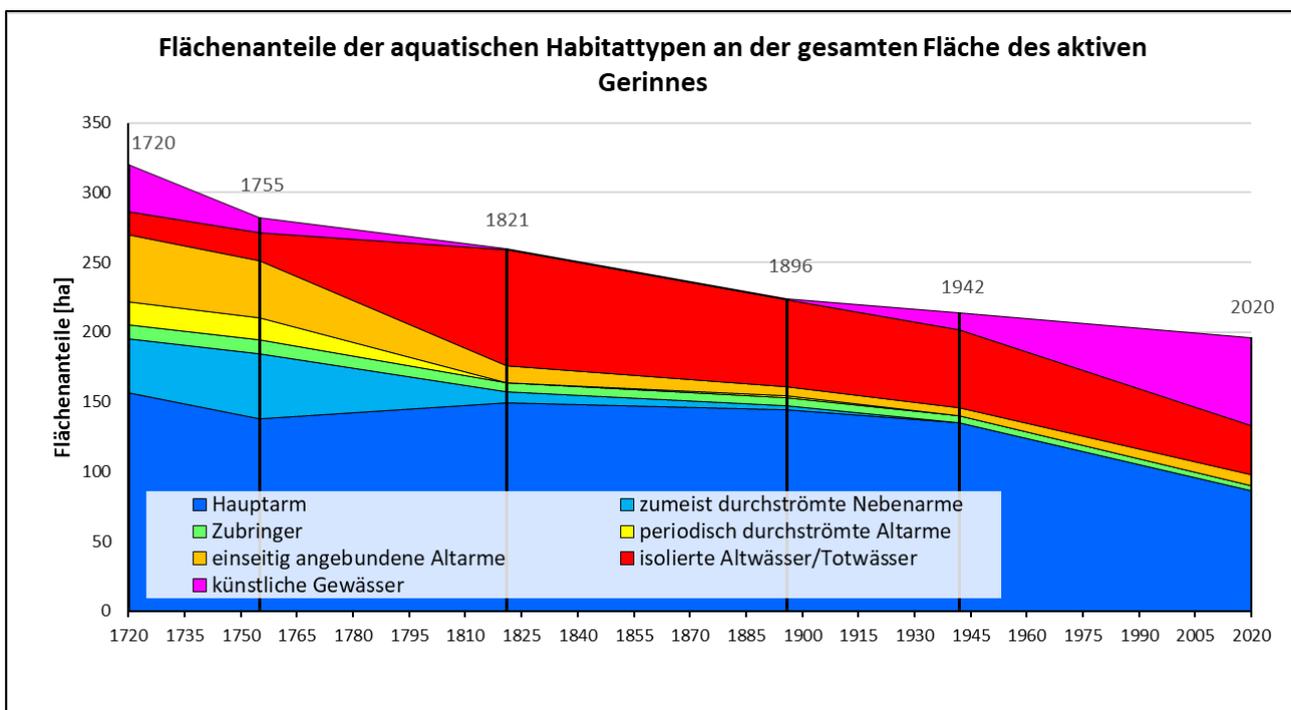


Abbildung 61 Grafische Auswertung aquatischer Habitatzusammensetzung in Hektar

Anhand dieser Grafik können die quantitative Abnahme und qualitative Veränderung der Gewässertypen des aktiven Gerinnes seit 1720 beobachtet werden. Im Zeitschnitt 1720 waren alle aquatischen Habitattypen nachzuweisen, was für eine natürliche Zusammensetzung des Gewässers spricht. Der größere Anteil der künstlichen Gewässer im Jahr 1720 ist durch die historisch sehr großen Fischeiche im Projektgebiet bedingt.

Im Lauf der Zeit veränderte sich die natürliche Zusammensetzung jedoch in eine völlig Unnatürliche. Denn 2020 sind weder Nebenarme noch dynamische Altarme nachzuweisen. Der geringe Flächenanteil von 8,2 ha der einseitig angebundenen Altarme ist auf die unterseitige Öffnung eines Mäanders im Zuge von Renaturierungsmaßnahmen Anfang des 21. Jahrhunderts (2000 - 2003) zurückzuführen. Das Anlegen von Materialgruben für die Gewinnung von Schotter, welche zum Bau des Hochwasserschutzdammes benötigt wurden, sorgte für einen rasanten Anstieg der künstlichen Gewässer im Zeitraum von 1896 bis 2020. Vor allem jene Nassbaggergrube im östlichen Projektgebiet (siehe Abbildung 62) macht einen großen Anteil des Habitattyps der künstlich angelegten Gewässer aus. Mit 32,0 % der gesamten Fläche des aktiven Gerinnes bilden die künstlichen Gewässer im Jahr 2020 den flächenmäßig zweitgrößten Gewässertyp.

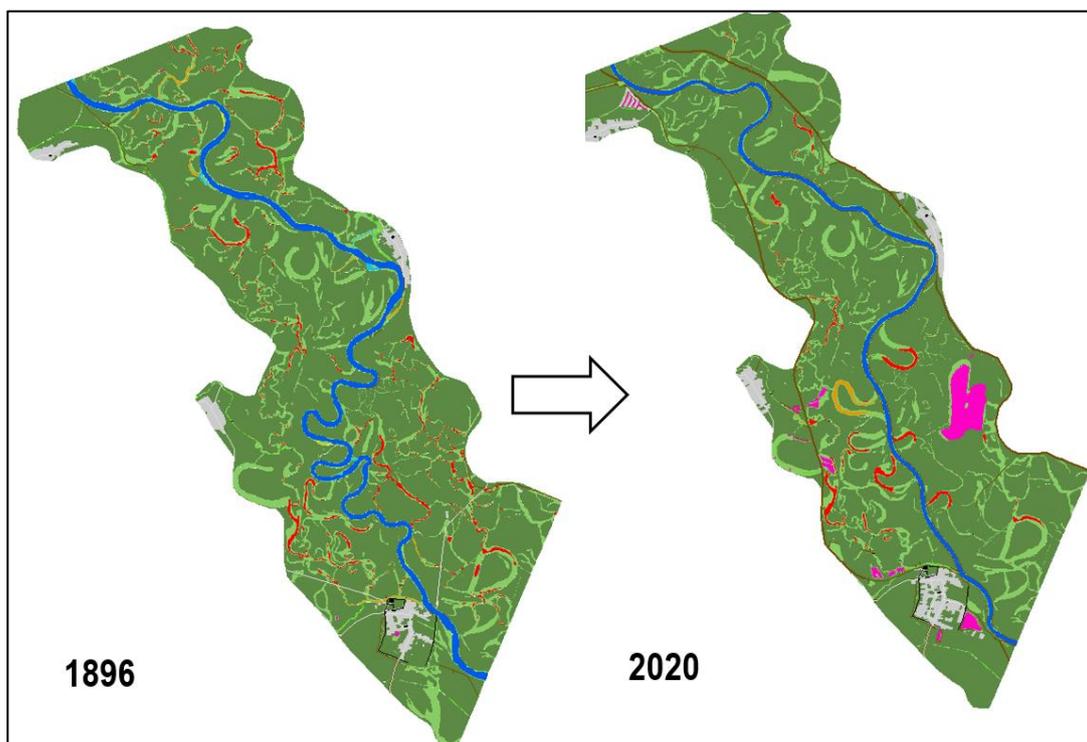


Abbildung 62 Gegenüberstellung Gewässertypen 1896 und 2020, Karten im Format A3 sind im Anhang A2

Ein ebenfalls deutlicher Anstieg an isolierten Altwässern und Totwässern kann zwischen den Zeitschnitten 1755 und 1821, von 7,1 % auf 32,0 %, verzeichnet werden. Es können im Jahr 1821 somit mehr als 60 ha isolierte Altwässer und Totwässer, im Vergleich zur Situation 1755, ausgewertet werden. Dieser markante Sprung lässt sich am besten anhand Abbildung 63 erklären. Zu erkennen ist der Wandel des Gewässersystems Maritz von einem permanent durchströmten Nebenarm (EuB) im Jahr 1755, zu einem isolierten Altwasser/Totwasser (Plesio-/Paläopotamon) im Zeitschnitt 1821. Da das Maritzgewässernetz mit seinen vielen Nebenarmen einiges an Fläche im Augebiet einnimmt, ist auch die Veränderung der Habitattypen in der Auswertung dementsprechend hoch. Diese Veränderung ist jedoch nicht natürlicher bedingt, sondern ist bereits anthropogenen Eingriffen zuzuordnen.

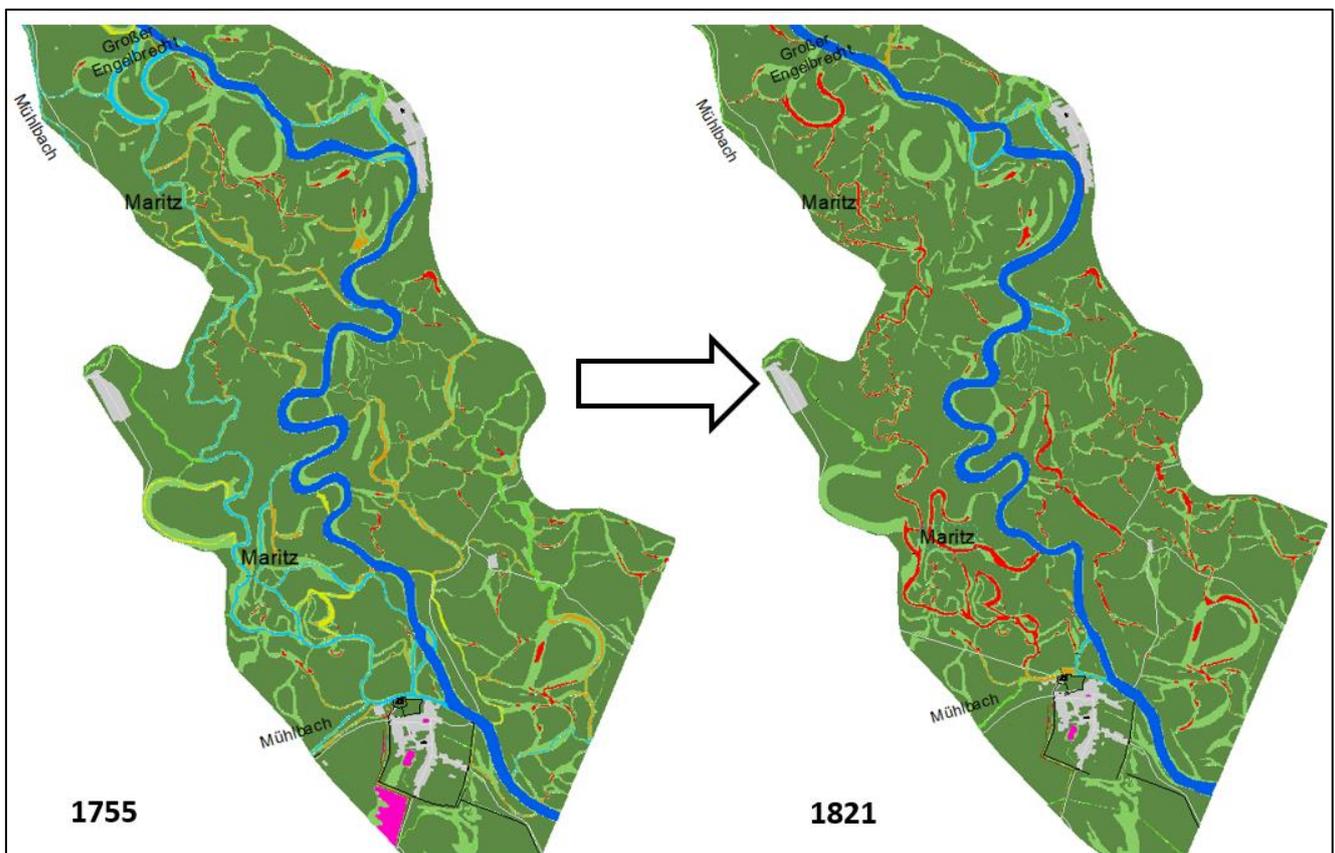


Abbildung 63 Gegenüberstellung Gewässertypen 1755 und 1821, Karten im Format A3 sind im Anhang A2
 Zwischen 1755 und 1821 wurde die Baumgartnerallee zwischen Marchegg und Baumgarten errichtet, welche einen drastischen Einschnitt im Gebiet der heutigen Au bewirkte. Denn dadurch wurden einige Gräben durchgeschnitten und ober- oder unterirdisch von anderen Gewässern abgetrennt. Der Maritz wurde dadurch der

unterseitige Anschluss an den Mühlbach genommen. Oberseitig hat die Maritz seinen Beginn am Mäander „Großer Engelbrecht“. Dieser stellte 1755 noch einen durchströmten Nebenarm der March dar. 1821 war dieser bereits vom Abflussgeschehen der March abgetrennt und auch der Anschluss zum Mühlbach im oberen Bereich war nicht mehr vorhanden. Durch den Verlust der beiden Anschlüsse wurde die Maritz daher dem Habitattyp „isolierte Altwässer und Totwässer“ zugewiesen.

Heute nehmen die isolierten Altarme und Totwässer 17,9 % der Gesamtfläche des aktiven Gerinnes ein und bieten eine große Vielfalt an lenitischer Habitats (Ruhigwasserhabitats) und sind so wertvolle Habitats in der gesamten Au (Hohensinner et al. 2004; Stelzhammer 2021). Die Wehranlage bei Zwerndorf, welche eine direkte Verbindung zwischen Mühlbach und March herstellte, machte den Mühlbach zu einem permanent durchströmten Nebenarm der March. Durch den Abtrag des Wehres zwischen 1796 und um 1809 (basierend auf historischen Karten), wurde der Mühlbach von der March entkoppelt und definiert sich nun als Zubringer der March.

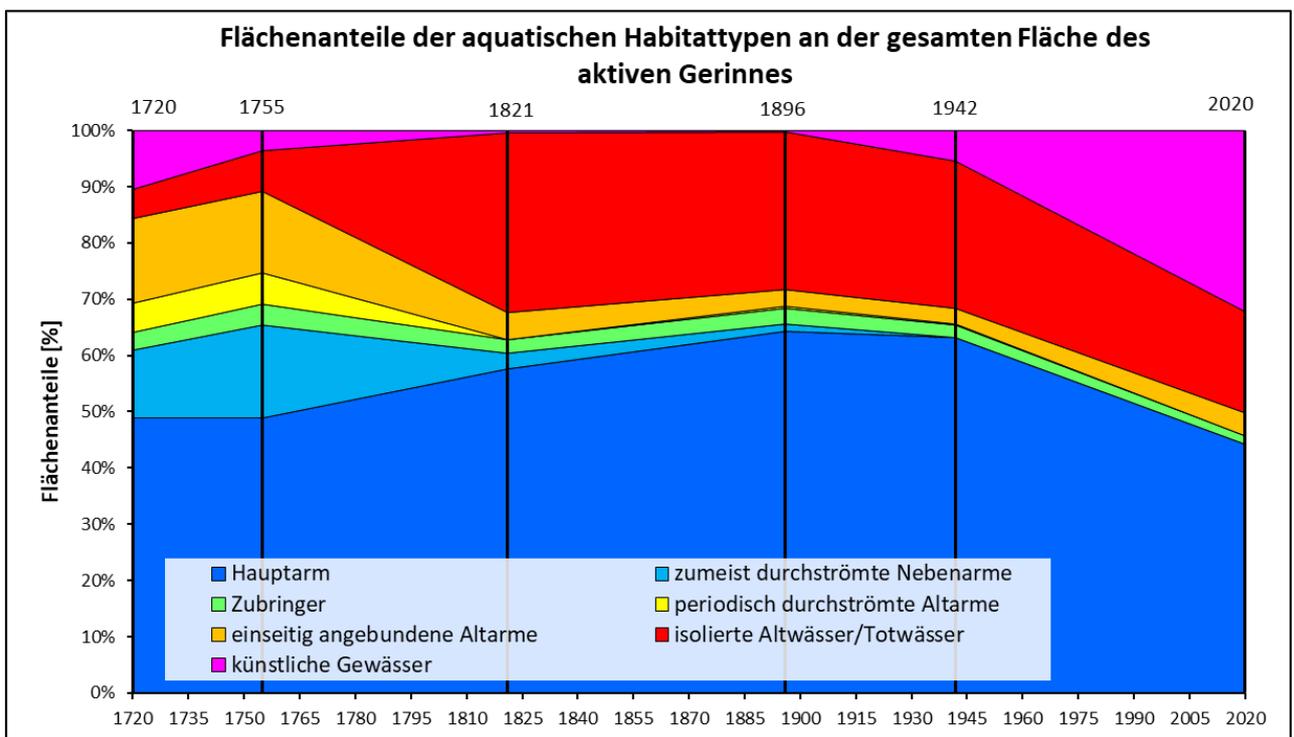


Abbildung 64 Habitatzusammensetzung in %

Auch auf heutigem slowakischem Gebiet sind einseitig angebundene und periodisch durchströmte Altarme in isolierte Altwässer und Totwässer zwischen 1755 und 1821 umgewandelt worden. Dies ist jedoch vermutlich größtenteils auf das natürliche

Mäandrieren des Flusses und dem einhergehenden Abtrennen der Altarme zurückzuführen. Zumindest sind keine direkten menschlichen Eingriffe in dieser Hinsicht erkennbar. Tabelle 5 zeigt die prozentuellen Anteile der Fläche der aquatischen Habitattypen an der gesamten Fläche des aktiven Gerinnes.

Gewässertypen	1720	1755	1821	1896	1942	2020
	Flächenanteil am aktiven Gerinne [%]					
Hauptarm	48,8	48,9	57,6	64,4	63,1	44,2
zumeist durchströmte Nebenarme	12,1	16,5	2,8	1,3	0,0	0,0
Zubringer	3,2	3,7	2,5	2,7	2,2	1,5
periodisch durchströmte Altarme	5,1	5,6	0,0	0,4	0,2	0,0
einseitig angebundene Altarme	15,2	14,5	4,7	3,1	2,8	4,2
isolierte Altwässer/Totwässer	5,2	7,1	32,0	27,9	26,2	17,9
künstliche Gewässer	10,4	3,7	0,4	0,3	5,5	32,2
Gesamtfläche Projektgebiet [ha]	3110,5	3110,5	3110,5	3110,5	3110,5	3110,5
Anteil aktives Gerinne [%]	10,3	9,1	8,4	7,2	6,9	6,3

Tabelle 5 Anteile der Habitattypen am gesamten aktiven Gerinne in %

Anhand Tabelle 5 ist erkennbar, dass der Anteil der Fläche des aktiven Gerinnes im gesamten Projektgebiet zwischen 1720 bis 2020 konstant abgenommen hat. Für die Zeitsituation 1720 wurden 10,3 % an aktiven Gerinnen festgestellt, 2020 lag dieser Anteil nur noch bei 6,3 %. In absoluten Zahlen ist dies eine Reduktion des aktiven Gerinnes um 124 ha (= 38,8 %). Der Flächenanteil der isolierten Altwässer und Totwässer lag im Jahr 1720 bei 5,2 %, wobei hier Unsicherheiten bezüglich der Anbindungen einzelner Gewässer aufgrund ungenauer Kartenwerke berücksichtigt werden müssen. Betrachtet man den Zeitraum 1821 bis 2020, kann ein Verlust der Altwässer von 57,8 % verzeichnet werden, wobei hier bedacht werden muss, dass die Fläche des aktiven Gerinnes 2020 generell kleiner ist als im Jahr 1821. Dieser Rückgang könnte eine Folge der Regulierungsmaßnahmen sein, da viele Flächen isolierter Altwässer innerhalb der Auverlandeten und so einen geringeren Teil am gesamten aktiven Gerinne einnehmen. Zwischen 1720 und 1821 kann jedoch aufgrund menschlicher Eingriffe, wie das Zwerndorfer Wehr oder die neu angelegten Alleen, ein Anstieg um 80 % ermittelt werden. Ein weiterer interessanter Aspekt ist, dass sich das Wachstum der Fläche des Hauptarmes zwischen 1755 und 1821 proportional zum Wachstum der Breite des Hauptarmes verhält (Kapitel 6.7.3). Dies kann durch die verstärkte Hochwasseraktivität ab 1767 im Projektgebiet erklärt werden. In dieser Zeit sind auch markante Katastrophenhochwässer zu vermerken, welche oft durch den Rückstau der Donau geprägt waren. Eine

Zusammenstellung der Hochwässer innerhalb des Untersuchungszeitraums ist im Anhang 1 unter Abbildung 82 ersichtlich. Bis 1896 liegt der Anteil des Hauptarmes bei 64,4 %. Infolge der Marchregulierung ab 1911, sowie dem Rückgang der intensiven Hochwässer, ist der Flächenanteil am aktiven Gerinne rücklaufend. Durch die ausgeführten Durchstiche hat sich der Flusslauf der March verkürzt und somit eine Minimierung des Flächenanteils des Hauptarmes um 40,0 % verursacht.

6.7.2. Sinuosität des Hauptarmes

Diese Auswertung bezieht sich ausschließlich auf den Hauptarm der March. Weiters wurde ein neuer, nicht vektorisierter Zeitschnitt ca. 1740 eingefügt. Da keine Karten von dieser Zeit vorhanden waren, wurde der Flusslauf aus der Karte von Walter 1754 - 1755 entnommen. In jener Karte ist neben den Flusslauf für 1755 auch der Verlauf der March vor 1755 eingezeichnet. Dieser Zwischenschnitt ist für das Verständnis des Flusses relevant und wurde daher auch bei weiteren Auswertungen angewendet.

Betrachtet man die Sinuosität des Hauptarmes in Abbildung 65, fällt auf, dass es zwischen 1740 und 1821 zu einem Abfall der Sinuosität von 1,85 m/m auf 1,59 m/m kam, gefolgt von einem Anstieg im Jahr 1896 auf 1,81 m/m. Eine mögliche Ursache der verkürzten Sinuosität zwischen 1740 und 1821 könnte sowohl eine Folge der Hochwässer jener Zeit sein, oder eine Reaktion des Flusses auf die Auflassung des Zwerndorfer Wehrs, wodurch sich der Fluss oberhalb und unterhalb der Wehranlage neu ausrichten musste. Durch sukzessiven Rückbau bzw. Auflassung des Wehres zwischen 1740 und 1809 wurde das Sohlgefälle und damit auch die Schleppkraft erhöht, wodurch das Potenzial Mäander auszubilden, reduziert wurde.

Die über längere Zeit anhaltende Zunahme des Abflusses in der hochwasserintensiven Zeit ab 1767 kann ebenfalls eine Streckung des Gerinnes und damit eine Verminderung der Sinuosität im Projektgebiet bewirkt haben. Der rapide Anstieg ab 1821 kann nicht final erklärt werden, könnte aber ebenfalls hochwasserbedingt sein.

Eine mögliche Erklärung wäre, dass der Fluss in der Zeit der verstärkt auftretenden Hochwässer, aufgrund des erhöhten Abflusses, auch deutlich erhöhte Fließgeschwindigkeit aufwies. Dies führte zu einer Streckung des Gerinnes und einer

Abnahme der Sinuosität. Mit der Abnahme der Extremereignisse hat sich der Abfluss sowie die Fließgeschwindigkeit wieder normalisiert. Durch diese Anpassung war es dem Fluss möglich seinen Lauf wieder mehr mäandrierend zu gestalten und somit die Sinuosität wieder anzuheben. An der Donau im Machland und in Wien war ebenfalls zu bemerken, dass sich die Sinuosität der Hauptarme, nach dem Abklingen der Hochwasserphase, signifikant erhöht hat (Lager 2012; Hohensinner et al. 2014). Das im Zuge der Hochwässer ausgeweitete und stärker gestreckte Flussbett war in der nachfolgenden Periode reduzierter Hochwasserabflüsse zu breit geworden und die Donau konnte im zu weiten Gerinne leichter Flussbögen ausbilden. Jenes Phänomen kann also auch in der March aufgetreten sein.

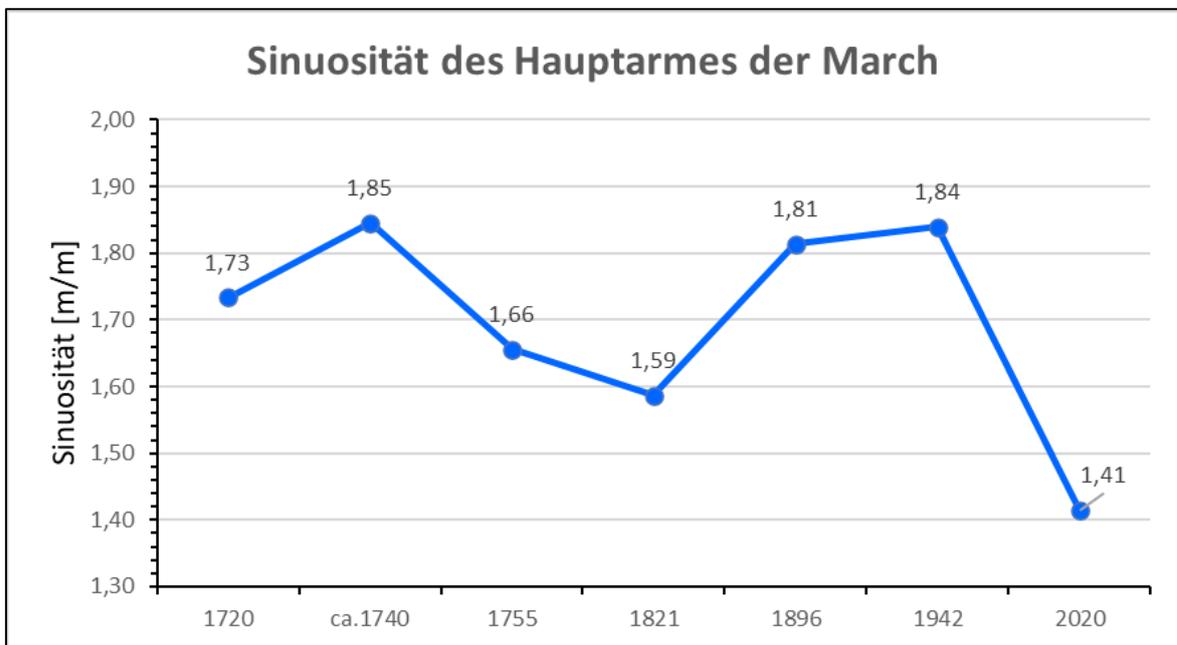


Abbildung 65 Sinuosität des Hauptarmes der March in m Lauflänge pro m Tallänge

Ein radikaler Rückgang ist zwischen dem Zeitschnitt 1942 von 1,84 m/m auf 1,41 m/m im Jahr 2020 zu verzeichnen.

Wie Anfangs erwähnt, werden Flüsse mit einer Sinuosität größer 1,5 m/m dem mäandrierenden Flusstyp zugeteilt. Jener Wert wurde in allen aufgenommenen Zeitschnitten eingehalten. Einzig im Zeitschnitt 2020 kann die definierte Sinuosität eines mäandrierenden Flusses nicht erfüllt werden. Der ausschlaggebende Grund hierfür ist die fortschreitende Regulierung und das Abtrennen der Mäanderschlingen, wodurch eine Begradigung des Flusses und damit auch eine Verkürzung des Flusslaufes bedingt wurden.

6.7.3. Mittlere Breite des Hauptarmes

Als Folge der fortschreitenden Regulierung hat sich neben der Sinuosität auch die mittlere Breite des Hauptarmes verändert. Abbildung 66 zeigt die Werte der berechneten mittleren Breite des aktiven Gerinnes des Hauptarmes je Zeitschnitt.

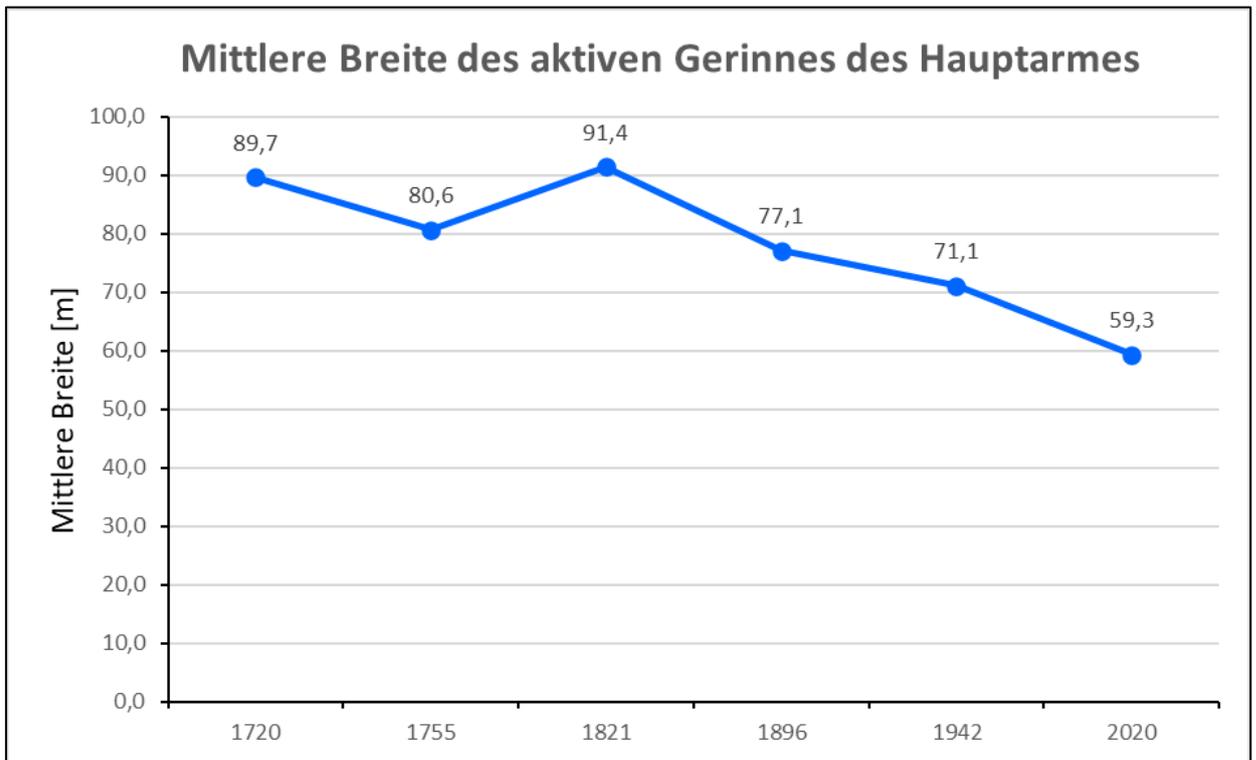


Abbildung 66 Mittlere Breite des aktiven Gerinnes des Hauptarmes in m

Analog zur Sinuosität (Kapitel 6.7.2) können auch bei der mittleren Breite die Folgen der hochwasserintensiven Zeit deutlich gemacht werden. Zwischen 1755 und 1821 ist vermutlich ein durch Hochwasser herbeigeführter, markanter Anstieg der mittleren Breite des Hauptarmes zu verzeichnen. Diese Aufweitung des Gerinnes könnte auf ein periodische erhöhtes Abflussgeschehen zurückzuführen sein. Der folgende Abfall bis 1896 von 91 m auf 77 m könnte mit dem Rückgang der Hochwasserabflüsse erklärt werden. Denn die abklingende Hochwasser-Dynamik führte zu einer Verschmälerung des Hauptarmes. Jenes Phänomen der verstärkten Hochwasserdynamik kann auch an der Donau beobachtet werden (Lamb 1977; Eberstaller-Fleischanderl und Hohensinner 2004; Hohensinner 2015).

Der weitere Abfall, zwischen 1896 und 2020, von 77 m auf 59 m resultiert aus den umfangreichen Regulierungsarbeiten zu dieser Zeit. Die Normierung des

Bordwasserprofils (Steiner et al. 2019) im Zuge der wasserbautechnischen Regulierung führte an der gesamten March zu einer Verschmälerung des Bordprofils von bis zu 30 m, welches also das Profil des Gerinnes inklusive der Uferböschung (hier VABB) beschreibt. In vorliegender Arbeit wurde das aktive Gerinne (Wasserflächen und unbewachsene Sedimentflächen) zur Bestimmung der mittleren Breite herangezogen, welches einen Wasserstand bei Mittelwasser zeigt.

6.7.4. Anbindung anderer Gewässertypen an den Hauptarm

Abbildung 67 zeigt die grafische Auswertung der Anbindung anderer Gewässertypen an den Hauptarm. Sie zeigt eine hydrologische Vernetzung der Flusslandschaft mit dem Hauptarm von konstant unter 10 %. Anders ausgedrückt: Unter 10 % der Hauptarmufer waren durch abzweigende Gewässer geprägt. Der Höchststand dieses Parameters ist mit 6,2 % in der Rekonstruktion von 1755 erreicht, was größtenteils auf Auswirkungen des Wehres bei Zwerndorf zurückgeführt werden kann. Durch die Errichtung des Wehres sind viele kleinere Nebengewässer rund um dieses entstanden, welche einen großen Teil der Anbindungen an den Hauptarm einnehmen. Auch einige Ausläufer des Maritz-Gewässernetzes hatten zu dieser Zeit noch einige Anbindungen an das Hauptgerinne der March.

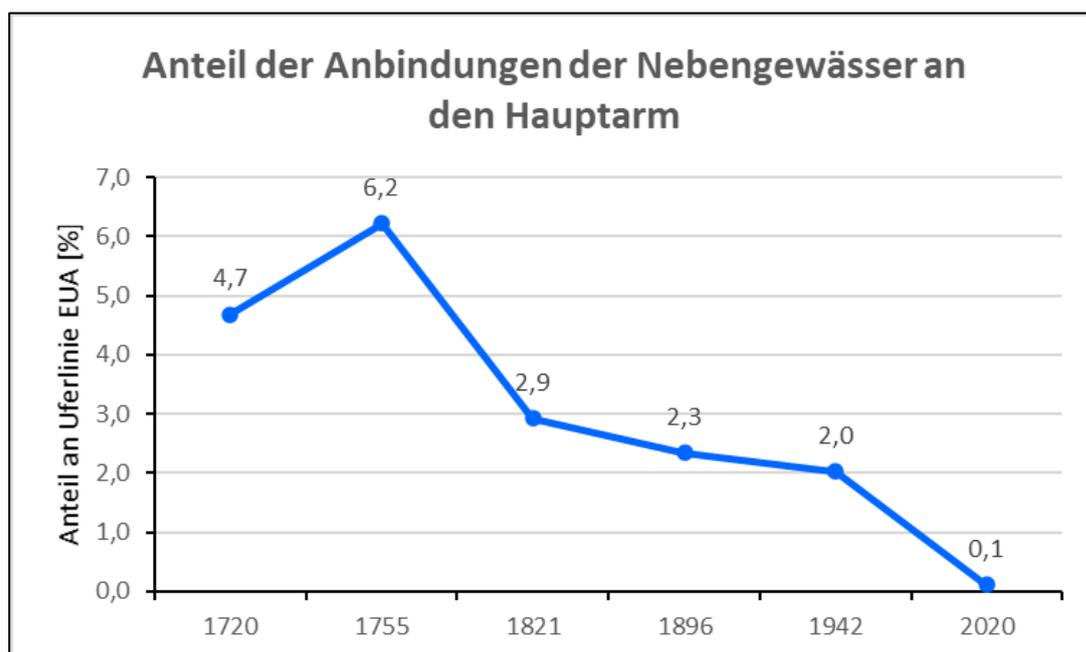


Abbildung 67 Summierte Breiten von Nebengewässeranbindungen an den Hauptarm in Prozent der summierten Hauptarm-Uferlängen

Mit dem Wegfall der Wehranlage bei Zwerndorf hat sich der Fluss neu ausgerichtet und einige Anbindungen verlandeten. Vor allem im umliegenden Bereich der ehemaligen Wehranlage sind 1821 nur noch vier der ehemals 16 Anbindungsstellen aus 1755 vorhanden. Neben diesen Anbindungen sind einige weitere im Projektgebiet zwischen 1755 und 1821 nicht mehr nachweisbar. Insgesamt hat sich der Anteil der Anbindungen an die Uferlinien des EuA um mehr als 3 % reduziert. 1896 ist jener Anteil auf 2,3 % gefallen und 2020 konnten nur noch 0,1 % Nebengewässeranbindungen festgestellt werden. Als Folge der erstellten Durchstiche wurden alle Anbindungen unterbrochen und verlandeten somit teilweise.

Den kleinen Anteil von 0,1 % im Zeitschnitt 2020 bilden größtenteils die Anbindungen der Zubringer, sowie kleinerer Altarmbereiche, welche im Zuge der Renaturierungsmaßnahmen seit 2000 wieder angebunden wurden.

6.7.5. Mäandermigration

In fünf Zeitintervallen (bis 1942) konnten durchschnittlich jeweils 14 Fälle von Mäandermigrationen nachgewiesen werden. In Abbildung 69 sind die gesamt ausgewerteten Mäandermigrationen aller Zeitintervalle grafisch dargestellt, ebenso werden in dieser Abbildung die kleinste, mittlere und maximale Migrationsrate des Zeitraumes 1720 bis 1942 abgebildet. In Abbildung 70 werden die Minimumwerte, Mittelwerte und Maximalwerte der einzelne Zeitsituationen mittels Balkendiagramm dargestellt. Insgesamt konnten zwischen 1720 und 1942 71 Fälle von Mäandermigrationen eruiert werden. Der höchste Wert wurde zwischen 1720 und 1740 mit 11,8 m/Jahr und der kleinste Werte mit 0,4 m/Jahr zwischen 1755 und 1821 nachgewiesen.

Die Auswertung des Zeitintervalls 1720 - 1740 zeigt, mit 17 gemessenen Fällen, eine mittlere Migrationsrate von 3,8 m/Jahr. Jener Wert liegt weit über dem gesamten Mittelwert aller gemessenen Fälle (2,5 m/Jahr) zwischen 1720 und 1942. Da die Zeitsituation 1740 lediglich auf einen in der Karte von Walter 1754 - 1755 angedeuteten früheren Flusslauf basiert und daher Unsicherheiten bezüglich der zeitlichen Einstufung des Hauptarmes bestehen, wurden für den längeren Zeitraum 1720 bis 1755 ebenfalls die minimale, mittlere und maximale Migrationsrate ermittelt (siehe strichlierte Linie in Abbildung 70). Für das Zeitintervall 1720 bis 1755 ergeben sich ein Minimumwert von 1,7 m/Jahr, ein Mittelwert von 3,7 m/Jahr und ein Maximumwert von 11,8 m/Jahr. Der hohe Maximalwert von 11,8 m/Jahr ist aufgrund der starken Migration des Mäanders „Großer Engelbrecht“ zwischen 1720 und 1740 zurückzuführen. Sowohl der Minimumwert als auch der Mittelwert sind zwischen 1720 und 1755 deutlich höher als die vergleichbaren Werte zwischen 1755 und 1942. Eine mögliche Erklärung für den starken Rückgang der Migration ab 1755 wäre, dass zwischen 1755 und 1821, durch die natürliche flussmorphologische Dynamik, Mäanderschlingen vom Hauptarm abgetrennt wurden und daher nicht mehr zur Berechnung der Mäandermigration am Hauptarm herangezogen worden sind. Der Anstieg der Mäandermigration im Zeitintervall 1821 bis 1896 könnte indirekt durch die starken Hochwässer im späten 18. Jahrhundert erklärbar sein. Nach Abklingen der verstärkten Hochwässer neigte zum Beispiel auch die Donau im

Machland und bei Wien zu einer stärkeren Verlagerung von Flussbögen (Jungwirth et al. 2014).

Im Zeitintervall 1942 - 2020 konnte keine Migration von Mäanderschlingen des Hauptarmes im Projektgebiet erfasst werden. Durch die harten Uferverbauungen (siehe Abbildung 68) wurde dem Fluss das freie Mäandrieren genommen und das Umlagern von Mäanderschleifen ist unmöglich geworden.



Abbildung 68 Uferverbauung an der March auf slowakischer Uferseite

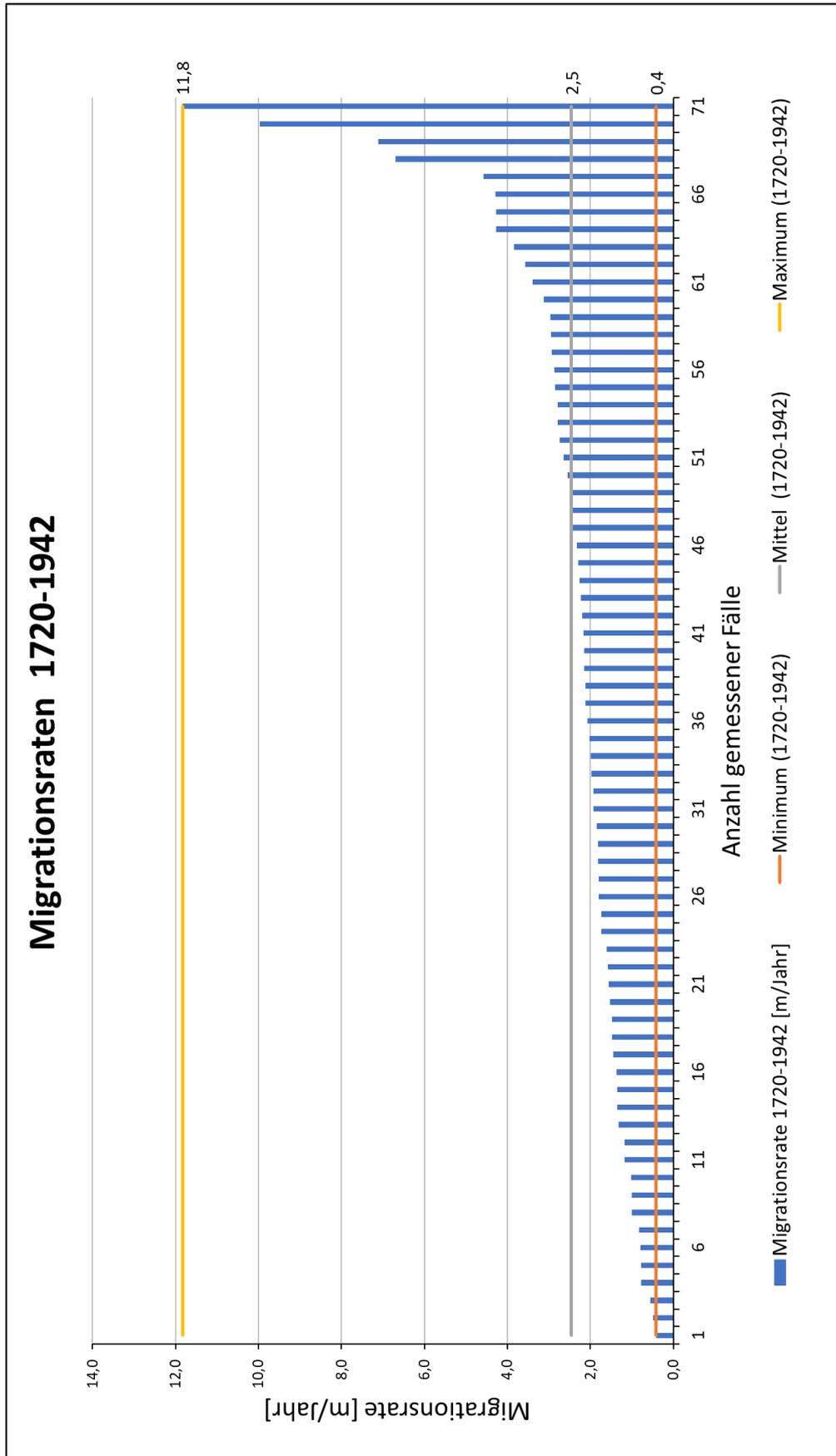


Abbildung 69 Migrationsraten aller gemessener Fälle zwischen 1720 und 1942 inkl. Minimumwert, Mittelwert und Maximalwert für 1720 bis 1942

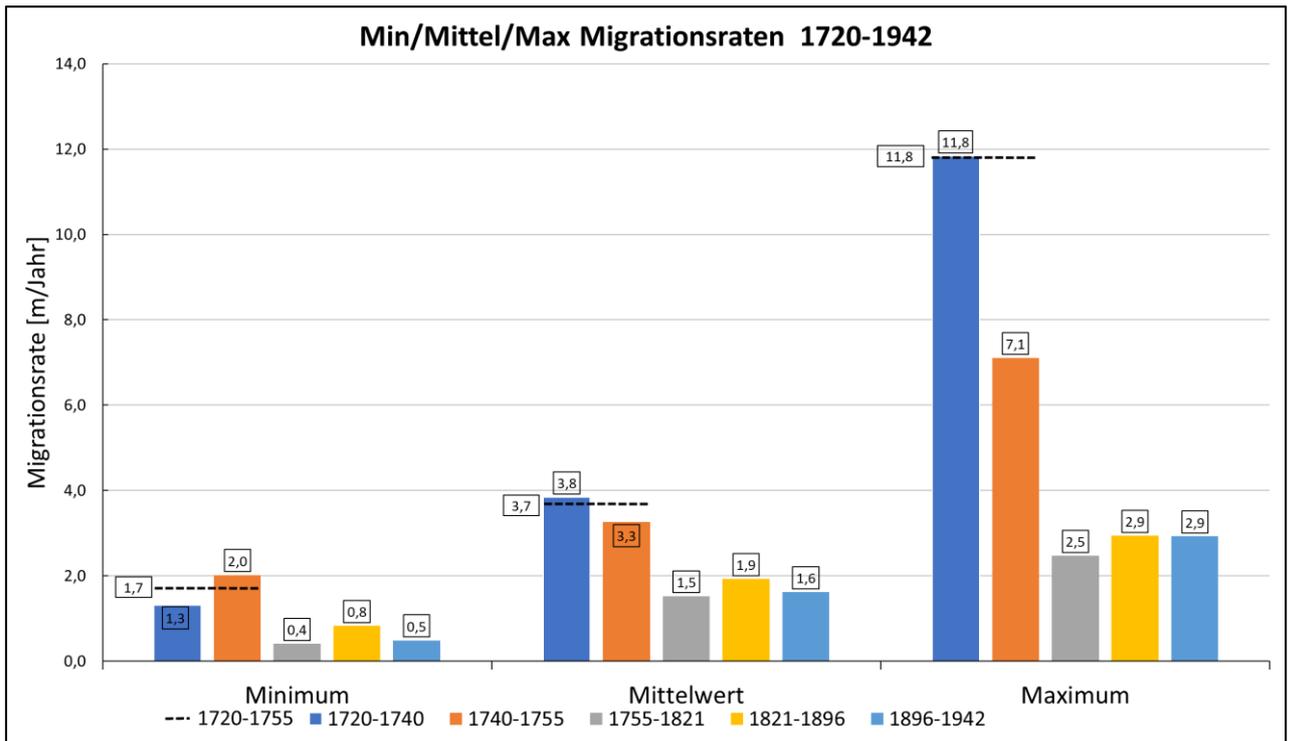


Abbildung 70 Migrationsraten (Laufverlagerung) des Hauptarmes anhand Min/Mittel/Max-Werte zwischen 1720 und 1942; strichlierte Linie = Minimumwert, Mittelwert und Maximalwert der Migrationsraten für das Zeitintervall 1720 bis 1755

6.7.6. Erosions- und Verlandungsrate

Abbildung 71 stellt die Umlagerungsvorgänge des Hauptarmes in ha/Jahr der jeweiligen Zeitintervalle dar. Da auch hier die Zeitintervalle 1720 - 1740 und 1740 - 1755 deutlich höhere Werte aufweisen, wurde auch hier, wie in Kapitel 6.7.5 bereits erwähnt, ein zusätzlicher kumulativer Wert für das Zeitintervall 1720 - 1755 erstellt. Dies ist durch die unklare Datierung des Zwischenzeitschnittes 1740 begründet. Durch diese Methode wurde der Peak beim Zeitintervall 1740 - 1755 dezent minimiert. Die dennoch höheren Umlagerungsraten zwischen 1720 und 1755, im Vergleich zu den anderen Zeitintervallen, kann vermutlich durch das Bestehen der Zwerndorfer Wehranlage erklärt werden. Durch die starke Dynamik, welche rund um das Wehr herrschte, wurden deutlich mehr Ufer erodiert und Laufverlagerungen begünstigt als nach dem teilweisen Rückbau des Wehres nach 1755. Weiters macht der Mäander „Großer Engelbrecht“ einen großen Anteil der Umlagerungsrate aus, da er sich zwischen 1720 und 1755 stark in Form und Lage veränderte (siehe Rekonstruktionen 1720 und 1755 im Anhang 2).

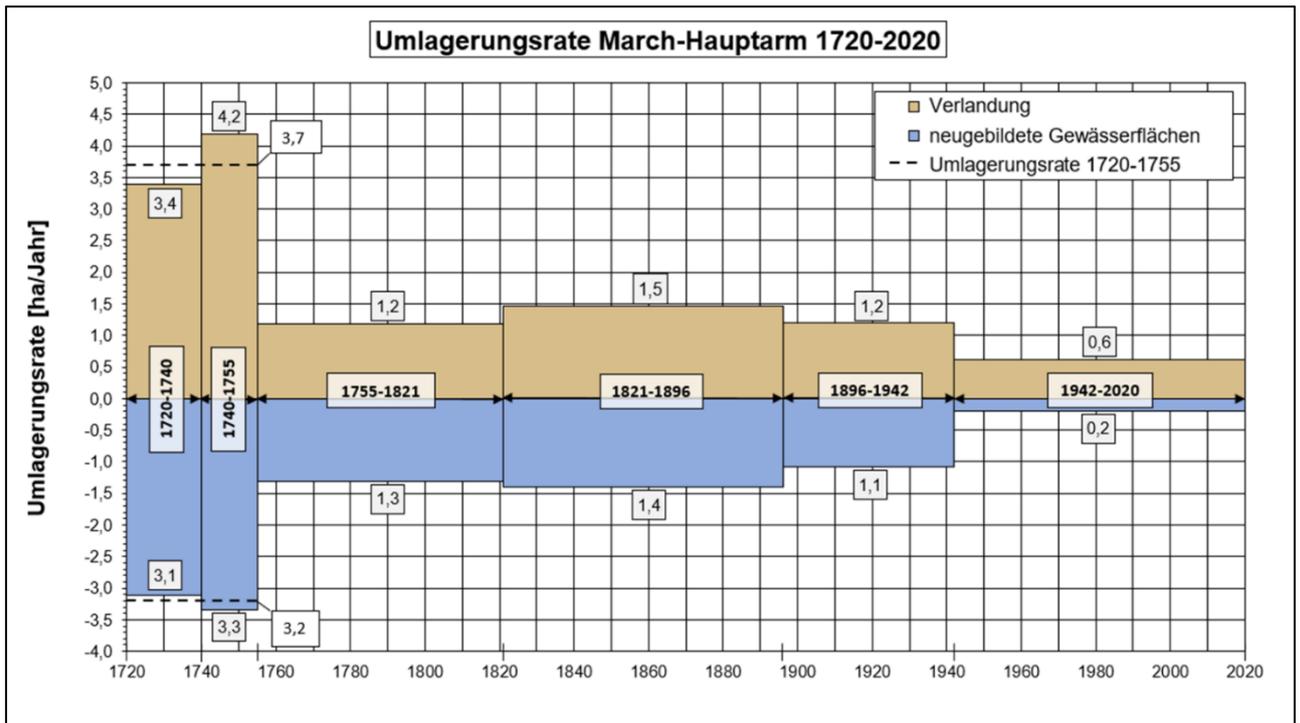


Abbildung 71 Umlagerungsraten des March-Hauptarmes von 1720 bis 2020

Bis zum Beginn der Marchregulierung herrschte ein halbwegs ausgewogenes Verhältnis zwischen Erosion und Verlandung. Es konnten zwischen 1720 und 1755 Anlandungen von 3,7 ha/Jahr und Erosionen von 3,2 ha/Jahr ermittelt werden, wohingegen sich die Werte ab 1755 bis 1942 zwischen 1,1 und 1,5 ha/Jahr eingependelt haben.

Die starke Einschränkung der Eigendynamik des Flusses durch die Regulierung spiegelt die nun größere Verlandungstendenz des Zeitintervalls 1942 bis 2020 deutlich wider. Der Wert der Verlandung liegt, zwischen 1942 und 2020, bei 0,6 ha/Jahr und jener der Erosion bei nur mehr 0,2 ha/Jahr. Die restliche Erosion ist aber ebenfalls auf flussbauliche Maßnahmen bis zum Jahr 1967 zurückzuführen und ist nicht als Ergebnis natürlicher Erosionsprozesse einzustufen.

Das Verhältnis von Anlandung und Erosion beträgt bei Flüssen, die sich in einem natürlichen Gleichgewichtszustand befinden, ungefähr 1:1 (Hohensinner et al. 2011), es herrscht also ein Gleichgewicht zwischen Erosion und Anlandung. Wenn nun jedoch über längeren Zeitraum kein Gleichgewicht der beiden Umlagerungsprozesse herrscht, kann ein neuer Flusstyp zum Beispiel durch Klima- und Abflusswandel entstehen (Hohensinner et al. 2018).

6.7.7. Regulierungsintensität

Die Regulierungsbauwerke wurden großteils am Hauptarm, also Eupotamon A (EU A), errichtet. Um diese nun grafisch darzustellen, wurde die Regulierungsintensität berechnet.

In Abbildung 72 ist die Intensität der Regulierungsmaßnahmen des Hauptarmes dargestellt. 1896 waren lediglich 2 % der gesamten Uferlänge des Hauptarmes reguliert.

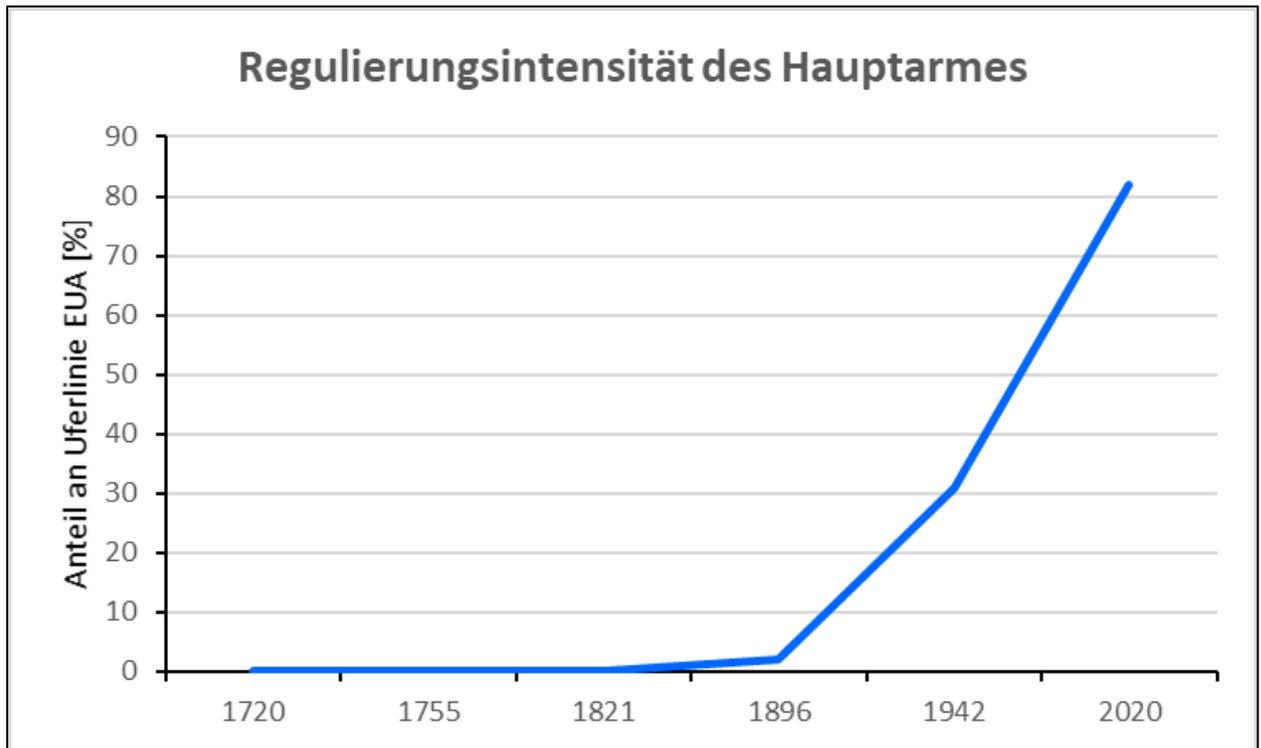


Abbildung 72 Regulierungsintensität (Prozentsatz der regulierten Uferabschnitte) am Hauptarm 1720-2020

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts stieg jener Anteil bis zum Jahr 1942 auf 31 % an. Wobei zu diesem Zeitpunkt die Regulierung noch nicht finalisiert wurde. Mit Vollendung der Regulierung im Jahre 1967 sind die Ufer der March im Projektgebiet zu 82 % reguliert und hart verbaut. Mit Beginn der Renaturierungs- und Uferrückbaumaßnahmen konnten Ufer punktuell bereits rückgebaut werden. Ansonsten wäre der Anteil der regulierten Ufer am Hauptarm im Jahr 2020 noch etwas größer. Die Ufer des Hauptarmes im Projektgebiet haben sich durch die Regulierung um knapp 8 km verkürzt. Dieses Ergebnis ist in Abbildung 73 dargestellt. Zu erkennen ist hier die Entwicklung der Uferlinien des Hauptarmes, der aufgrund des natürlichen mäandrieren des Flusses in seiner Länge zwischen den Zeitschnitten variiert. Die gelbe Linie markiert die Länge der regulierten

Ufer in km und zeigt, dass lediglich 5 km der gesamten Ufer des Hauptarmes im Untersuchungsgebiet nicht verbaut sind.

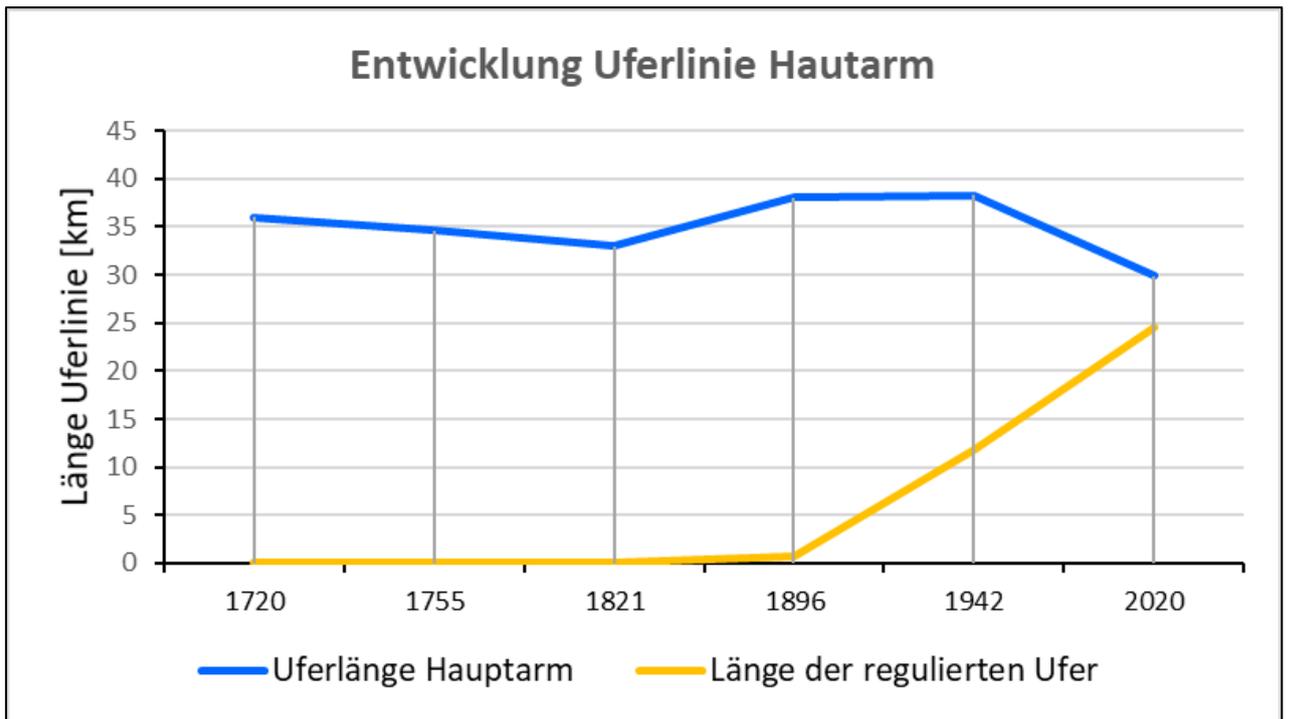


Abbildung 73 Entwicklung der Uferlinie des Hauptarmes in Gegenüberstellung der regulierten Ufer

7. Diskussion der Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die vorab definierten Forschungsfragen F1, F2 und F3 mit den dazugehörigen Hypothesen H1, H2 und H3 (siehe Kapitel 2) aufbauend auf den Ergebnissen aus Kapitel 6 diskutiert.

7.1. Forschungsfrage 1

Welche flussmorphologischen Charakteristika waren typisch für die einstige March?

Um diese Forschungsfrage zu beantworten, muss anfänglich geklärt werden, zu welchem Zeitschnitt die March als „einstig“ bezeichnet werden kann. Da bereits seit 1720 menschliches Eingreifen im Projektgebiet (z.B. Zwerndorfer Wehr, Jagdschneisen wie die Baumgartnerallee, etc.) beobachtet werden kann, wurde der Zeitraum 1720 bis 1896 gewählt, da hier noch kaum Regulierungsbauwerke an der March festgestellt wurden. Der Fluss galt also als noch nahezu unreguliert.

Alle Hypothesen, die auf Basis der in Kapitel 1 erwähnten Literatur postuliert wurden, können vollständig belegt werden. Die Sinuosität, als Maß für die Krümmung eines Flusslaufes (Murawski und Meyer 2010), liegt in den Zeitschnitten bis 1896 zwischen 1,59 und 1,85 m/m. Es kann also die definierte Sinuosität von über 1,5 m/m, welche mäandrierenden Flüssen zugesprochen wird, an der einstigen March bestätigt werden (Brice 1964; Dikau et al. 2016; Schäfer 2019). Die möglichen Gründe für die starke Schwankungsbreite der Sinuosität ist Kapitel 6.7.2 zu entnehmen.

Nach Steiner et al. (2019) zeigte die einstige March vor Regulierung entlang ihrer Grenzstrecke zwischen Österreich und der Slowakei eine Gerinnebreite von 64 bis 112 m. Die Unterschiede zu den Breitenangaben von Steiner et al. (2019) ergeben sich vermutlich aus den unterschiedlich langen untersuchten Flussabschnitten der March. Anhand der Auswertung können mittlere Breiten von 77 bis 91 m des aktiven Gerinnes des Hauptarmes ermittelt werden.

Ein Gleichgewicht zwischen An-/Verlandung und Erosion, wie es bereits an der Donau dokumentiert wurde (Hohensinner et al. 2011), kann auch an der March vor Regulierungsbeginn weitgehend nachgewiesen werden, wenn auch die An-/Verlandung

etwas überwiegt. Die Umlagerungsraten zwischen 1720 und 1755 wurden mit 3,7 ha/Jahr Verlandung und 3,2 ha/Jahr Erosion bestimmt. Diese hohen Werte sind auf die hohe Dynamik zurückzuführen, die durch die Wehranlage bei Zwerndorf verursacht wurde (siehe Kapitel 6.1). In den beobachteten Zeitintervallen bis 1896 kann jeweils ein Verhältnis der Erosion zu Verlandung von beinahe 1:1 festgestellt werden.

Zwischen 1720 und 1896 konnten Migrationsraten von minimal 0,4 m/Jahr und maximal 11,8 m/Jahr nachgewiesen werden. Der Mittelwert aller gemessenen Fälle zwischen 1720 und 1942 liegt bei 2,5 m/Jahr, wohingegen die Mittelwerte der einzelnen Zeitintervalle zwischen 1,5 und 3,8 m/Jahr liegen. Diese starken Schwankungen der Mittelwerte könnten verschiedener Natur sein. Innerhalb des Untersuchungszeitraums wurden durch die natürliche flussmorphologische Dynamik einige Mäanderschlingen vom Hauptarm abgetrennt und daher zur Berechnung der Mäandermigration am Hauptarm nicht mehr herangezogen. Aber auch größere Mäander wie der „Große Engelbrecht“ verursachten große Migrationswerte, wie etwa im Zeitintervall 1720 bis 1740, mit 11,8 m/Jahr. Ebenfalls bewirkten die Abflüsse der starken Hochwässer ab 1767 höhere Migrationsraten innerhalb des Untersuchungsgebietes. Die nach Wolman und Leopold (1957) und Zeller (1967) angegebenen Migrationsraten von mehreren Metern pro Jahr an Mäanderflüssen in Alluvialböden können daher an der einstigen March nachgewiesen werden.

Die Beobachtungen von Schielein (2010), wonach die mäandrierende Donau oberhalb der Lech-Mündung durch talwärtiges Wandern der Prallufer und durch Mäanderdurchbrüche geprägt war, können auch im Projektgebiet an der früheren unregulierten March beobachtet werden. Ein fortschreitender Mäanderdurchbruch wird in Abbildung 46 im Zeitschnitt 1896 dargestellt. In dieser Abbildung, sowie in Abbildung 47, sind auch flusstypische steile Prallufer und flache Gleitufer mit Anlandung von Sedimenten ersichtlich (Wimmer et al. 2012a).

Durch die auftretenden Umlagerungsprozesse sind unterschiedliche flussmorphologische Strukturen im Gerinne der March gebildet worden, wie etwa Sandbänke oder bewachsene Inseln (Wimmer et al. 2012a). Jene Strukturen können in unterschiedlichen Formen und Größen auch an der einstigen March in allen Zeitschnitten nachgewiesen werden.

Die Verzweigungsintensität der March vor Regulierung wird anhand der Anbindungsbreiten der Nebengewässer an den Hauptarm dargestellt. Es konnte festgestellt werden dass weniger als 10 % der Hauptarmufer durch abzweigende Gewässer im gesamten Untersuchungsgebiet geprägt waren. Der größte Anteil an Anbindungen zum Hauptarm ist in der Rekonstruktion von 1755 mit 6,2 % erreicht. Durch die Errichtung der Zwerndorfer Wehranlage sind viele kleinere Nebengewässer rund um dieses entstanden und bildeten daher einen großen Anteil der Anbindungen an den Hauptarm.

Mit dem Wegfall der Wehranlage bei Zwerndorf hat sich der Fluss neu ausgerichtet und einige Anbindungen verlandeten. Insgesamt hat sich der Anteil der Anbindungen an den Hauptarm bis 1896 auf 2,3 %, bezogen auf die Uferlinienlänge des Hauptarmes, reduziert. In Kapitel 6.7.4 werden die Ergebnisse des gesamten Untersuchungszeitraumes behandelt.

Forschungsfrage F1 kann zusammengefasst wie folgt beantwortet werden:

Die einstige March wies Gerinnebreiten zwischen 77 und 91 m bei einer Sinuosität zwischen 1,59 und 1,85 m/m auf. Vor Beginn der Regulierungsarbeiten schwankte die Mäandermigrationen zwischen einem Minimum von 0,4 m/Jahr und einem Maximum von 11,8 m/Jahr. Das Gleichgewicht zwischen Erosion und Verlandung war weitgehend gegeben, auch natürliche Durchbrüche an Mäanderschlingen können in den Rekonstruktionen beobachtet werden. Die Anbindungsbreiten der Nebengewässer an den Hauptarm machten zwischen 1720 und 1896 lediglich 2,0 bis 6,2 % aus. Für den Flusstyp charakteristische steile Prallufer und flache Gleitufer sowie Sandbänke prägten den Flusslauf der March vor Regulierungsbeginn.

7.2. Forschungsfrage 2

Wie unterscheidet sich die aquatische Habitatausstattung (Gewässertypen) der March von jener der Donau vor der Regulierung?

Da sich die Donau und die March morphologisch sehr voneinander unterscheiden und zudem für die Donau sehr genaue Daten bezüglich der Habitatausstattung bestehen, wurde die Donau zum Vergleich herangezogen. Zum Beantworten dieser Forschungsfrage, vor allem in Hinsicht auf die aquatischen Habitatausstattung vor Regulierung der Donau, wurden die Ergebnisse der Diplomarbeit von Lager (2012) herangezogen.

Zu Beginn muss erwähnt werden, dass an der Donau bereits um 1817 mit der Regulierung des Flusses im Bereich von Wien begonnen wurde - daher beziehen sich die Vergleichswerte der March auf die erstellte Rekonstruktion 1821. Eine direkte grafische Gegenüberstellung bieten Abbildung 74 und Abbildung 75.

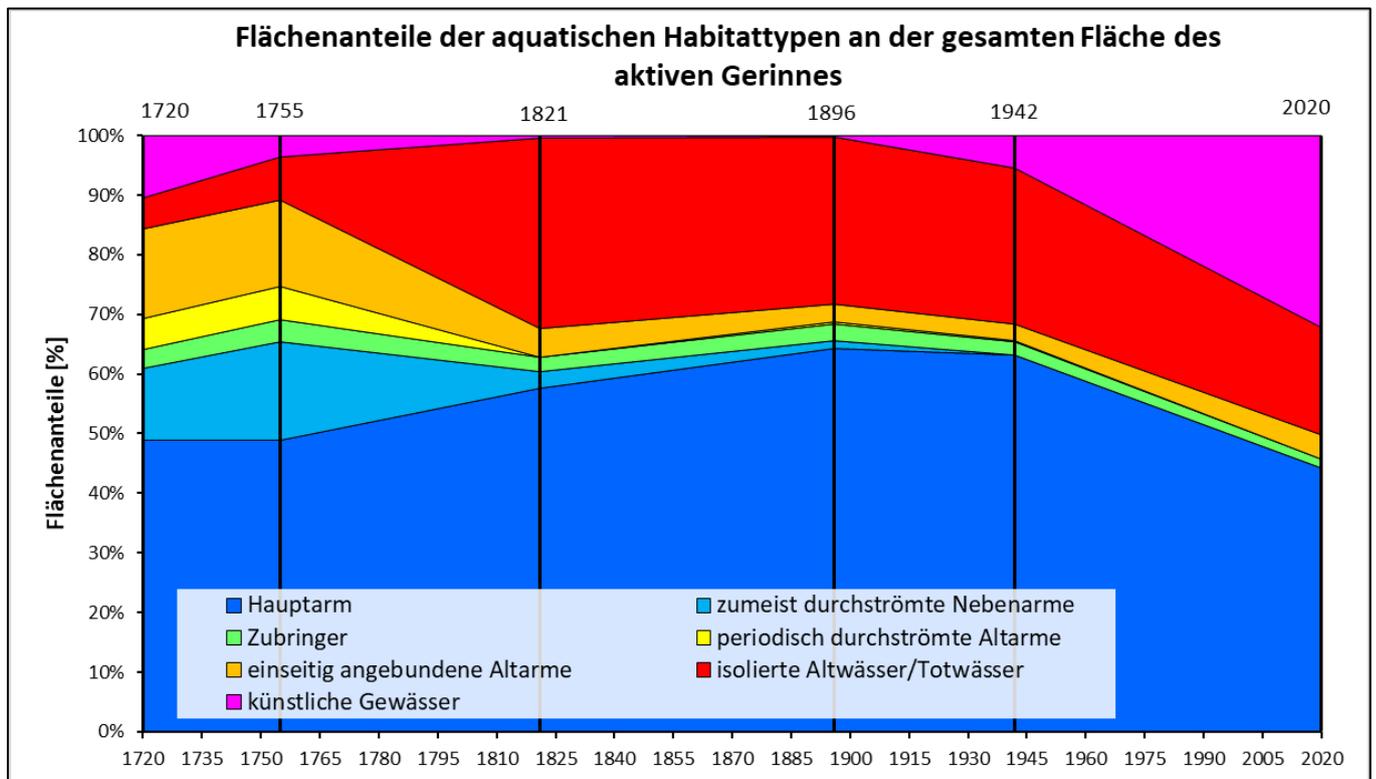


Abbildung 74 Aquatische Habitatzusammensetzung der March 1720-2020

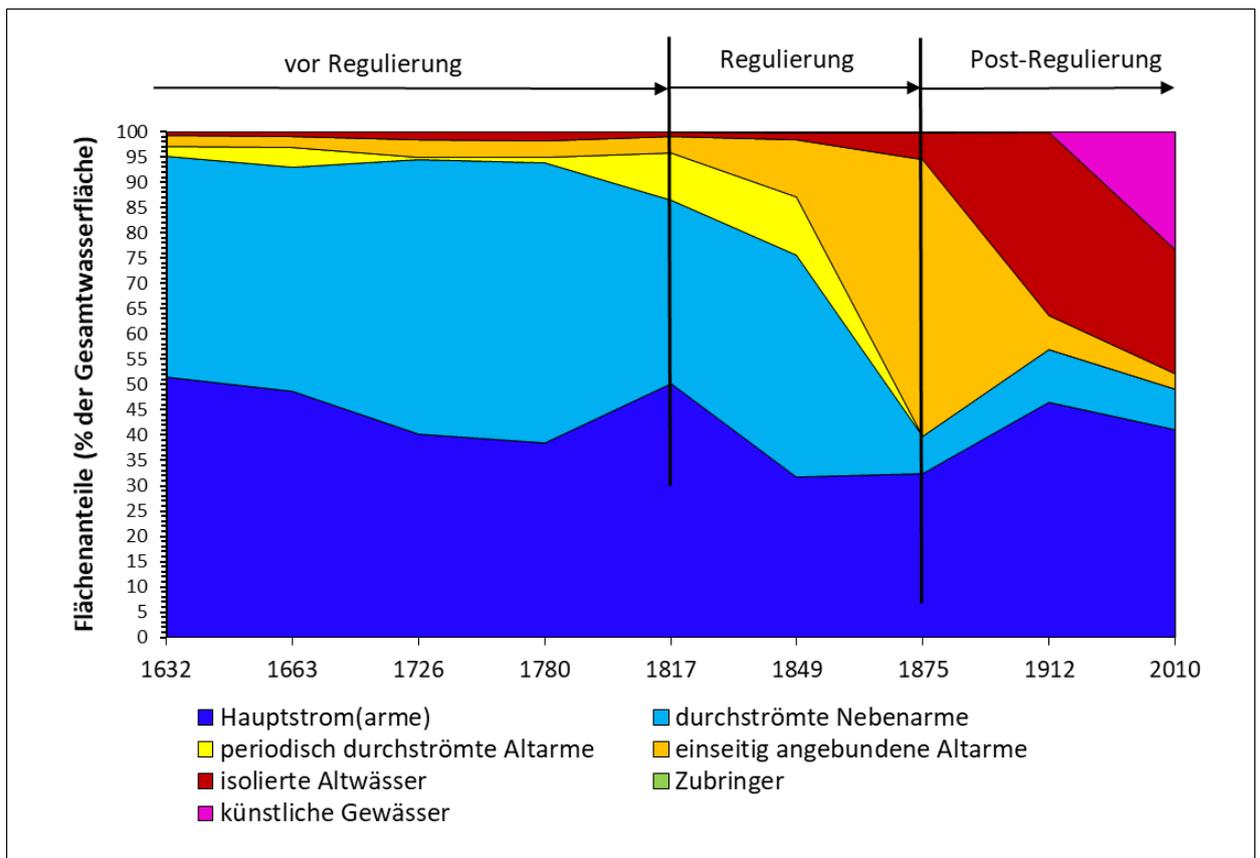


Abbildung 75 Aquatische Habitatzusammensetzung der Wiener Donau 1632-2010

Es sind im gesamten Projektgebiet der March 1821 nur ein Hauptarm und kaum durchströmte Nebenarme an der March nachweisbar. Anders ist die Situation an der Donau, bei der der Hauptarm aufgrund zahlreicher großer Nebenarme vor der Regulierung weniger klar abgrenzbar ist (Fink et al. 1999; Muhar et al. 2004; Lager 2012). Dieses Ergebnis unterstreicht auch die Aussagen von Ahnert (1996) und Geographisches Institut (2002), dass Mäanderflüsse gewöhnlich unverzweigt vorkommen. Der Anteil der (zumeist) durchströmten Nebenarme (EuB) der March im Jahr 1821 machte lediglich 2,8 % der gesamten Fläche des aktiven Gerinnes aus, der Anteil des Hauptarmes (EuA) lag im Vergleich dazu bei 57,6 %. An der Wiener Donau wurden im Vergleich dazu 50,2 % der Gesamtwasserfläche den Hauptstromarmen zugewiesen und ganze 36,1 % den durchströmten Nebenarmen. Periodisch durchströmte Altarme (ParaA) konnten im Zeitschnitt 1821 an der March nicht eruiert werden, an der Donau lag der Anteil dieses Gewässertyps immerhin bei 9,3 %. Ein Flächenanteil von 4,7 % einseitig angebundener Altarme (ParaB) konnte an der March und 3,4 % an der Donau ermittelt werden. Die Zubringer und vor allem die isolierten Altwässer/Totwässer konnten an der March ebenfalls öfters klassifiziert werden als an der Wiener Donau.

Die Hypothese, dass an der March aufgrund des mäandrierenden Flusstyps der Hauptarm flächenmäßig den größten Anteil aller Gewässertypen einnimmt, kann belegt werden.

Das menschliche Eingreifen in die Flusslandschaft spielte jedoch schon weit früher eine Rolle als bei der Formulierung der Hypothesen noch angenommen wurde. Vor allem das Bestehen der Wehranlage bei Zwerndorf oder das Errichten der Alleen (Jagdschneisen) innerhalb der Auenlandschaft, veränderte die Zusammensetzung der aquatischen Habitate/Gewässertypen markant. So wurde das im 18. Jahrhundert teilweise noch durchströmte Gewässersystem „Maritz“ (gelbe Linie in Abbildung 5) bereits 1821 dem aquatischen Habittyp „isolierte Altwässer und Totwässer“ zugeteilt (vgl. Karte 9 im Anhang 2). Dies bewirkte einen starken Anstieg jenes Gewässertypen innerhalb des Flusssystem. Vor 1821 war der Anteil der isolierten Altwässer und Totwässer daher deutlich geringer (1720 = 5,2 % und 1755 = 7,1 %) als im Zeitschnitt 1821 mit 32,0 %. Hierbei muss jedoch auch erwähnt werden, dass zwischen 1720 und 1821 bereits ein Rückgang der Gesamtfläche des aktiven Gerinnes von 18,8 % (60 ha) zu verzeichnen ist.

Der Gewässertyp der künstlichen Gewässer war an der March vor 1821 hauptsächlich durch sehr große Fischteiche vertreten, wie etwa vom Öden Teich bei Marchegg. So waren 1720 10,4 % an künstlichen Gewässern dokumentiert. Nachdem der Öde Teich zwischen 1755 und 1821 trockengefallen ist, weisen die künstlich angelegten Gewässer im Jahr 1821 lediglich rund 0,4 % auf.

Die Forschungsfrage F2 kann zusammengefasst wie folgt beantwortet werden:

Die Hauptunterschiede innerhalb der Habitatausstattung zwischen der Donau und der March vor Regulierung liegen hauptsächlich am Anteil der durchströmten Nebenarme und Hauptarme. An der Donau war der Flächenanteil der durchströmten Nebenarme an der Gesamtwasserfläche deutlich höher als jener des Gewässertyps „Hauptarm“. Das Gegenteil wiederum war an der March anzutreffen, hier war der Hauptarm flächenmäßig größer vertreten als die permanent durchströmten Nebenarme. Dieser Unterschied ist hauptsächlich durch die verschiedenen morphologischen Flusstypen bedingt. Die Gewässertypen „einseitig angebunden Altarme“, „periodisch durchströmte Altarme“ und vor allem „isolierte Altwässer“ kamen bis 1821 an der March im Vergleich zur Donau häufiger vor. Künstliche Gewässer waren an der Donau vor Regulierung kaum

anzutreffen, wohingegen an der March vor 1821 diesen Gewässertypen große Fischteiche prägten.

7.3. Forschungsfrage 3

Wie hat sich die aquatische Habitatausstattung der March als Folge von Regulierung und Hochwasserschutzmaßnahmen verändert?

Die aquatische Habitatausstattung hat sich im Projektgebiet aufgrund anthropogener Einflüsse stark verändert. Aber nicht nur Regulierung sowie der Bau des Marchhochwasserschutzdammes spielten eine bedeutende Rolle für Veränderungen der aquatischen Habitatausstattung, sondern auch die neu angelegten Alleen im Auengebiet oder das Zwerndorfer Wehr.

Gumpinger et al. (2018) stellte an Fließgewässern von Oberösterreich fest, dass anthropogene Eingriffe nicht nur die qualitativen Änderungen der aquatischen Habitatausstattung, sondern auch den quantitativen Verlust an Fließgewässern verursachen. Diese Beobachtung untermauert die eingangs formulierte Hypothese einer Änderung der Flächenanteile innerhalb der Habitate als Folge der Regulierungsmaßnahmen. Jedoch kann eine solche Veränderung der Habitatausstattung – wie bereits in Forschungsfrage 2 genannt – nicht nur allein durch die Regulierung der March beobachtet werden, sondern auch schon weit früher. Die laterale Entkoppelung der March und der flussbegleitenden Auenlandschaft kann ebenfalls mit dem Rückgang der Fläche des aktiven Gerinnes in Verbindung gebracht werden (Herrnegger 2007; Hohensinner et al. 2007; Hohensinner 2008). Insgesamt kann aufgrund der Zwerndorfer Wehranlage, dem Anlegen der Alleen innerhalb der Au und der Flussregulierung ein Rückgang der Fläche des gesamten aktiven Gerinnes von 38,8 % (124 ha) innerhalb des Zeitraumes 1720 bis 2020 verzeichnet werden. Für das Jahr 1720 wurden 319,84 ha aktives Gerinne ermittelt, für 1896, vor Beginn der Regulierungsarbeiten, 224,08 ha und nach der Regulierung, im Zeitschnitt 2020, waren es nur noch 195,80 ha.

Der Hauptarm wies im Jahr 2020 einen Flächenanteil von 44,2 % auf. Dieser Wert ist im Vergleich zum Jahr 1896 (vor Regulierung) mit 64,4 % deutlich geringer, was durch die Laufverkürzung aufgrund der Durchstiche bewirkt wurde.

Die Gewässertypen „zumeist durchströmte Nebenarme“, „periodisch durchströmte Altarme“ und „einseitig angebundene Altarme“ sind von den fortschreitenden Verlandungen betroffen, was auch bereits an der Donau im Machland beobachtet werden konnte (Hohensinner et al. 2011). Der in der Hypothese formulierte Rückgang jener Gewässertypen kann belegt werden, da im Zeitschnitt 2020 nur noch der Habitattyp „einseitig angebundene Altarme“ mit 4,2 % Anteil am gesamten aktiven Gerinne vorhanden war. Die beiden anderen Gewässertypen konnten in der gegenwärtigen Situation 2020 nicht mehr nachgewiesen werden.

Die Hypothese, dass der Gewässertyp „isolierte Altwässer/Totwässer“ aufgrund der Regulierung stark zugenommen hat, kann abhängig vom historischen Referenzzeitpunkt, nur bedingt bestätigt werden. Die Flächenanteile der „isolierten Altwässer/Totwässer“ im aktiven Gerinne lagen, im Zeitraum 1720 bis 1896, zwischen 5,2 % und 32,0 %. Jedoch muss hier beachtet werden, dass sich in diesem Zeitraum die Gesamtfläche des Gewässersystems bereits um etwa 30 % verringert hat. Bezogen auf das Referenzjahr 1821, sind bis 2020 viele isolierte Altwässer und Totwässer verlandet (-57,8 %), wobei der Referenzzeitschnitt 1821, aufgrund der neu angelegten Alleen und dem Wehr bei Zwerndorf, bereits eine stark anthropogen veränderte Situation darstellt. Dadurch kam es auch zwischen 1720 und 1821 zu einer anthropogen bedingten Fragmentierung (= Zunahme isolierter Altwässer von 80 %) des Habitattyps „isolierte Altwässer/Totwässer“. Die im Jahr 1821 sehr zahlreichen, bei Mittelwasser oder sogar höheren Wasserständen, vom Hauptarm abgetrennten Augewässer verlandeten später nach der 1911 beginnenden Regulierung bis 2020 in weiten Bereichen (siehe Abbildung 64 und Tabelle 5).

Neben isolierten Altwässern, die aus einstmals durchströmten Mäanderbögen oder Nebengewässern hervorgingen, trat im Zuge der Hochwasserschutzprojekte ein neuer Gewässertypus auf: Künstliche Gewässer in Form von Nassbaggergruben, die zur Gewinnung von Schotter entlang der March angelegt wurden, nehmen nun größere Flächenanteile ein. Im Jahr 1720 waren künstliche Gewässer hauptsächlich Fischteiche und hatten einen Anteil von 10,4 % an der Fläche des gesamten aktiven Gerinnes. Durch das Anlegen der Nassbaggergruben während des Dammbaus erhöhte sich der Anteil der

künstlichen Gewässer im Jahr 2020 auf 32,2 % und bildet in der gegenwärtigen Zeitsituation den zweitgrößten Gewässertypen.

Die Hypothese, dass viele Auenwässer durch die Regulierung vom Hauptarm entkoppelt wurden, kann belegt werden. Es muss aber ergänzt werden, dass die Ursache nicht vollständig der Regulierung und der natürlichen flussmorphologischen Dynamik (Abtrennung von Mäanderschlingen) zugesprochen werden kann, sondern die bereits erwähnten neu angelegten Alleen und das Wehr bei Zwerndorf einen wesentlichen Teil zur Veränderung der Habitatausstattung beitrugen.

Die Forschungsfrage F3 kann zusammengefasst wie folgt beantwortet werden:

Generell kann an der March seit Regulierungsbeginn ein quantitativer Rückgang und eine qualitative Veränderung der Habitattypen verzeichnet werden. Insgesamt kann seit 1896 (vor Regulierung der March) ein Rückgang der Flächen aktiver Gerinne von 12,6 % verzeichnet werden. Der Hauptarm wies im Jahr 2020 einen Flächenanteil von 44,2 % des gesamten Gerinnesystems auf und ist in diesem Zeitschnitt der flächenmäßig größte Habitattyp. Dieser Wert ist im Vergleich zum Jahr 1896 mit 64,4 % deutlich geringer, was durch die Laufverkürzung aufgrund der Durchstiche erklärbar ist. Die zumeist durchströmten Nebenarme und periodisch durchströmten Altarme haben seit 1896 so weit abgenommen, dass sie im Jahr 2020 nicht mehr klassifizierbar sind. Die einseitig angebundenen Altarme haben aufgrund kleinerer Renaturierungsmaßnahmen im Projektgebiet zwischen 1896 und 2020 an Fläche gewonnen (+19,2 % relative Zunahme). Die Zubringer (-51,9 %) sowie die isolierten Altwässer/Totwässer (-43,9 %) haben seit 1896 bis heute stark abgenommen. Die isolierten Altwässer stellen im Jahr 2020 dennoch den drittgrößten Gewässertypen dar. Der flächenmäßig zweitgrößte Habitattyp in gegenwärtiger Situation 2020 ist der Gewässertyp „künstliche Gewässer“, welcher seit 1896 seinen Flächenanteil um mehr als das Hundertfache steigern konnte.

8. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Im Zuge der vorliegenden Arbeit wurde ein Abschnitt der March zwischen Marchegg und Zwerndorf und die umliegende Flusslandschaft in flussmorphologischer Hinsicht untersucht. Insgesamt wurde ein 31,10 km² großes Projektgebiet anhand von sechs Zeitschnitten in regressiv-iterativer Arbeitsweise vektorisiert. Die in ArcGIS erstellten rekonstruierten Zeitschnitte (1720 – 2020) wurden anschließend anhand unterschiedlicher Parameter ausgewertet, um Veränderungen in flussmorphologischer Hinsicht aufzuzeigen. Der March wurde im Laufe des 20. Jahrhunderts radikal durch Regulierung und harte Uferverbauungen jegliche Eigendynamik genommen (Benz und Schwingshandl 2008; Gumpinger et al. 2018; Benz 2019). Diesem Problem versucht man seit dem 21. Jahrhundert durch unterschiedliche Renaturierungsmaßnahmen entgegenzuwirken (Steiner et al. 2019; Stelzhammer 2021).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Veränderungen der Flussmorphologie im aktiven Gerinne der letzten 300 Jahre im Projektgebiet darzustellen und aufzuzeigen, wie anthropogene Eingriffe die gesamte Flusslandschaft hinsichtlich der aquatischen Habitatzusammensetzung beeinflusst haben. Bereits anhand der Rekonstruktionen können die unterschiedlichen Nutzungsinteressen an der Landschaft betrachtet werden. Wo sich einst noch Fischteiche zur Verpflegung der Bevölkerung befanden, sind in gegenwärtiger Situation Siedlungen anzutreffen. Aber nicht nur siedlungsnaher Bereiche wurden anthropogen geformt, auch das gesamte Gewässersystem wurde im Laufe der Zeit durch den Menschen geprägt. Im Zuge der GIS-Auswertungen wurde das gesamte aktive Gerinnesystem im Projektgebiet (Wasser- und Sedimentflächen), je Zeitschnitt, im Hinblick auf unterschiedliche aquatische Habitattypen untersucht (Amoros et al. 1987; Hohensinner et al. 2013a)

Überraschend ist, dass es bereits im 18. Jahrhundert, lange vor Beginn der Marchregulierung, durch den Bau von Alleen (Jagdschneisen) im Augebiet zu einem Wandel von einer weitgehend natürlichen zu einer stark veränderten Zusammensetzung der aquatischen Habitate kam. Durch das Anlegen von Alleen/Jagdschneisen innerhalb der Au wurden vermutlich mehrere Gewässer und Gräben unterbrochen oder zugeschüttet, wodurch das wichtigste Au-Gewässersystem „Maritz“ von der March

größtenteils entkoppelt wurde. Dies führte zu einem markanten Anstieg der isolierten Altwässer (Totwässer) in Bezug auf die Gesamtfläche des aktiven Gerinnes von 1720 (5,2 %) bis 1821 (32,0 %). Als Folge der Regulierungsmaßnahmen verlandeten jedoch viele Flächen der isolierten Altwässer und wurden seit 1896 (vor Regulierung) bis 2020 auf 17,9 % des Gerinnesystemes reduziert. Während der Anteil der einseitig angebundenen Altarme (ParaB) im Zeitschnitt 2020 noch bei 4,2 % lag, wurden die durchströmten Nebenarme (EuB) und periodisch durchströmten Altarme (ParaA) so stark reduziert, dass sie 2020 nicht mehr im aktiven Gerinnesystem vertreten waren. Im Gegenzug hat sich der Anteil der künstlichen Gewässer (größtenteils Schottergruben) seit 1896 ausgehend von 0,3 % stark erhöht und lag 2020 bereits bei 32,2 %, gemessen am Anteil an der Gesamtfläche des aktiven Gerinnes. Zum Vergleich: Der eupotamale Gewässertyp (EuA), der den Hauptarm der March definiert, wies im Zeitschnitt 2020 44,2 % auf. Die Folgen und Auswirkungen durch die Regulierung und die frühen menschlichen Eingriffe zeigen sich aber nicht nur in der Zusammensetzung der Gewässertypen. Auch das aktuell gestörte Gleichgewicht zwischen Erosion (0,2 ha/Jahr) und Verlandung (0,6 ha/Jahr), die verminderte Sinuosität (1,41 m/m) oder die nicht mehr vorhandene Mäandermigration in der gegenwärtigen Zeitsituation, sind auf menschliche Eingriffe zurückzuführen. Vor der Marchregulierung, im Beobachtungszeitraum von 1720 bis 1896, betrug die mittlere Migrationsrate der einzelnen Zeitintervalle immerhin noch 2,7 m pro Jahr.

Um Umlagerungsprozesse zwischen den Zeitschnitten zu untersuchen, wurde die Erosions- und Verlandungsrate in Hektar pro Jahr ermittelt. Bis zum Beginn der Marchregulierung bestand ein annäherndes Gleichgewicht zwischen Verlandung und Erosion, aber von 1942 bis heute neigt der Marchhauptarm stärker zu Verlanden. Dieses Phänomen konnte auch am Beispiel der Donau eruiert werden (Hohensinner et al. 2011). Insgesamt kann aufgrund der Zwerndorfer Wehranlage, dem Anlegen der Alleen innerhalb der Au und der Flussregulierung ein Rückgang der Fläche des aktiven Gerinnes von 124 ha innerhalb des Zeitraumes 1720 bis 2020 verzeichnet werden. Seit 1896 sind 12,6 % aller Gewässer im Projektgebiet verlandet - innerhalb des gesamten Betrachtungszeitraumes liegt dieser Wert sogar bei 38,8 %.

2020 machten die Anbindungen von Nebengewässern an den Hauptstrom nur mehr 0,1 % der gesamten Uferlinienlänge des Hauptstromes aus, während diese vor der Regulierung noch zwischen 6,2 und 2,3 % lagen.

Aber selbst im ältesten untersuchten Zeitschnitt 1720 war die Flusslandschaft der March keineswegs mehr von wasserbaulichen Maßnahmen unberührt. Das Zwerndorfer Wehr, welches Wasser aus der March über den Mühlbach in Fischteiche bei Marchegg beförderte, verursachte eine starke Dynamik ober- und unterhalb der Wehranlage. Vermutlich konnte es den intensiven Hochwässern Ende des 18. Jahrhunderts (Lamb 1977; Hohensinner 2015) nicht standhalten und wurde nach 1740 zuerst rückgebaut und zwischen 1796 und um 1809 (basierend auf historischen Karten) gänzlich abgetragen. Die Bedeutung dieses Wehres ist vor allem in den Zeitschnitten 1720 und 1755 ersichtlich. Rund um das Wehr können Neubildungen von Nebenarmen beobachtet werden. Die Anbindungen von Nebengewässern an den Hauptarm machten dadurch 1755 6,2 % aus und die Umlagerungsprozesse (Erosion 3,2 ha/Jahr, Verlandung 3,7 ha/Jahr) waren im Vergleich zu jüngeren Zeitschnitten deutlich höher. Durch die Wehr und den Mühlbach gelangte zugleich auch mehr Wasser in das Auegebiet und in das Nebengewässersystem der Maritz. Daher ist es möglich, dass die 1720 und 1755 im Vergleich zu 1821 hohen Flächenanteile durchströmter Nebenarme und periodisch durchströmter Altarme zum Teil ebenfalls bereits anthropogen bedingt waren.

Von 1720 bis 2020 hat sich das Gerinne des Hauptarmes durch die Regulierung im Mittel von 90 m auf 59 m verschmälert. Die Einengung des Flussbettes hat jedoch auch Folgen betreffend des Hochwasserschutzes, denn ein breites Flussbett bildet, zusammen mit den begleitenden Auwäldern, eine wichtige Retentionsfläche für die flussab liegenden Gebiete (Steiner et al. 2019). Durch die Regulierung sind jedoch viele dieser Flächen im Hochwasserabflussbereich verlandet und bewirken somit eine Reduktion des wirksamen Abflussquerschnittes. Über längere Sicht wird das Schutzniveau dadurch minimiert. Durch die monotone Ausformung des regulierten Flussbettes ist das Angebot an adäquaten Lebensräumen für die aquatische Fauna stark eingeschränkt (Jungwirth et al. 2003). Aber auch die Anreicherung und Interaktion zwischen Grundwasser und Flusswasser ist durch den harten Uferverbau einhergehend mit kolmatiertem Substrat eingeschränkt. Dieser Effekt ist vor allem hinsichtlich des steigenden Bedarfs an Bewässerungsmaßnahmen

aufgrund der gegenwärtigen Klimaänderungen ein wichtiges Thema (Gumpinger et al. 2018; Steiner et al. 2019).

Zusammenfassend können für den Wandel von einer weitgehend natürlichen zu einer quantitativ und qualitativ stark veränderten aquatischen Habitatausstattung drei Hauptursachen genannt werden: Erstens das Bestehen der Zwerndorfer Wehranlage bis Ende des 18. Jahrhunderts, welche starke Umlagerungen im Projektgebiet bewirkte. Zweitens das Anlegen von Alleen im Auegebiet im Laufe des 18. Jahrhunderts (eventuell bereits auch früher), bei welcher bereits Auengewässer zugschüttet und so von anderen Gewässern entkoppelt wurden. Drittens die Marchregulierung, bei der der Fluss durch Uferverbauungen den Anschluss zu vielen Neben- und Altarmen nachhaltig verloren hat. Ebenfalls spielten die Hochwasserschutzdämme eine wichtige Rolle, denn dadurch wurden Verbindungen zu Gewässern im Hinterland unterbrochen.

Um eine vollständig menschlich unbeeinflusste Rekonstruktion der March-Flusslandschaft erstellen zu können, wären noch weitere, frühere Zeitschnitte notwendig, da der anthropogene Einfluss bereits im Zeitschnitt 1720 durch das Wehr für das gesamte flussmorphologische System prägend war.

Abschließend ist zu erwähnen, dass anhand der erstellten Rekonstruktionen ein guter Überblick über die historische Flussmorphologie gegeben ist und sich die verwendete Methode zur Vektorisierung der historischen Karte bewährt hat. Die detaillierten Rekonstruktionen bieten somit eine wertvolle Datengrundlage zur Planung weiterer Maßnahmen, um den guten ökologischen Zustand der March erreichen zu können.

9. Abkürzungsverzeichnis

Art	Artificial water bodies (künstliche Gewässer)
BQ	Abfluss bei Bordwasserstand
DS	Durchstich
EuA	Eupotamon A (Hauptarm)
EuB	Eupotamon B (zumeist durchströmte Nebenarme)
EFA	Elevated Floodplain Areas
GIS	Geoinformationssystem
HQ	Hochwasserabfluss
HQ2	Abfluss bei 2-jährlichem Hochwasser
HQ30	Abfluss bei 30-jährlichem Hochwasser
HQ50	Abfluss bei 50-jährlichem Hochwasser
HQ100	Abfluss bei 100-jährlichem Hochwasser
HSQ	Abfluss beim höchsten Schifffahrtswasserstand
HW	Hochwasser
MQ	Mittelwasserabfluss
MW	Mittelwasser
NQ	Niederwasserabfluss
NQmin	kleinster Niederwasserabfluss des Betrachtungsraumes
NW	Niederwasser
ParaA	Parapotamon A (periodisch durchströmte Altarme)
ParaB	Parapotamon B (einseitig angebundene Altarme)
Plesio	Plesio-Paläopotamon (isolierte Altwässer/Totwässer)
SMW	sommerliches Mittelwasser
VABB	Vegetated Area Below Bankfull
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

10. Tabellen- bzw. Abbildungsverzeichnis

	Bezeichnung	Bildquelle	Seite
Tabelle 1	Kennzeichnende Wasserstände	viadonau (2018)	24
Tabelle 2	Verwendete Karten/Unterlagen je Zeitschnitt	Eigene Grafik	37
Tabelle 3	Parameter des verwendeten Koordinatensystems	Eigene Grafik	39
Tabelle 4	Aquatische Habitatzusammensetzung in Hektar	Eigene Grafik	89
Tabelle 5	Anteile der Habitattypen am gesamten aktiven Gerinne in %	Eigene Grafik	93
Tabelle 6	Lauflänge und Sinuosität des Hauptarmes pro Zeitschnitt	Eigene Grafik	130
Tabelle 7	Lauflänge, Fläche und mittlere Breite des Hauptarmes pro Zeitschnitt	Eigene Grafik	130
Tabelle 8	Gesamtuferlänge, Anbindungslänge und Anteil Nebengewässer an Uferlinie des Hauptarmes	Eigene Grafik	131
Abbildung 1	Drohnenaufnahme March im Bereich Marchegg mit Blick nach Norden	Eigene Aufnahme	iii
Abbildung 2	Gegenüberstellung Habitattypen Donau bis 1817 (Lager 2012) und hypothetische Annahmen zur March VOR 1821	Eigene Grafik	9
Abbildung 3	Regulierungsarbeiten nahe Eisenbahnbrücke Marchegg Regulierungsarbeiten nahe Eisenbahnbrücke Marchegg	Wintera (2018)	10
Abbildung 4	Regionen in Niederösterreich; 17 = Marchfeld; rote Umrandung = Projektgebiet	https://www.noe.gv.at/noe/LaendlicheEntwicklung/Foerd_LEADER_in_der_Programmperiode_2014__2020.html#heading__Das_LEADER_Gebiet;2 2.08.2021,08:17	11
Abbildung 5	Projektgebiet = rot	Grundkarte ArcGIS- Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community	12
Abbildung 6	Postkarte mit Hochwasser 1899 in Marchegg	Wintera (2018)	14
Abbildung 7	Fließgewässer-Abschnitte in Österreich	Muhar et al. (1998)	15
Abbildung 8	Entwicklung von Mäanderschleifen; A = Mäanderamplitude (Breite des Mäandergürtels), alpha = Zenitwinkel (Je größer die Mäanderschleife, desto größer auch der Zenitwinkel), Ag = Mäandergürtelbreite (meist größer als A) (Zeller 1967)	Zeller (1967)	16
Abbildung 9	Vorgang eines Mäanderdurchbruchs	Randl (2014)	17
Abbildung 10	„Natürlicher“ Mäanderdurchbruch der March bei Hodonin in Tschechien	Google Earth, https://earth.google.com/web/)	18
Abbildung 11	Darstellung des Donau-March-Eckes	Niemann (1998)	19
Abbildung 12	Bodenprofil Auboden	Wenzel et al. (2016)	20
Abbildung 13	Bodenprofil Gley & Moorboden	Wenzel et al. (2016)	20
Abbildung 14	Temperatur- und Niederschlagswerte Station Olmütz (Tschechien)	https://www.meteoblue.com/de/wetter/historyclimate/climatemodell/olm	21

		%c3%bctz_tschechien_3069011; 22.08.2021	
Abbildung 15	Temperatur- und Niederschlagswerte Station Marchegg	https://www.meteoblue.com/de/wetter/historyclimate/climatemodelled/marchegg_%C3%96sterreich_2771970 ; 06.08.2021	22
Abbildung 16	Wasserstände Pegel Angern a.d. March und Marchegg zwischen 2000-2020	Eigene Grafik	25
Abbildung 17	Dammbau bei der Mühlbachmündung in Marchegg nahe dem Überfuhrhaus	Wintera (2018)	27
Abbildung 18	Laserscanauswertung im Bereich des WWF-Auenreservats	Stelzhammer (2021)	29
Abbildung 19	Oben: Abgetrennte Mäanderschliefe; Rechts: Auengewässer Maritz; Unten: Sutte im Naturreservat Marchegg	Eigene Aufnahme	31
Abbildung 20	Links oben: 1754-1755, Walter; Rechts oben: 2. Landesaufnahme 1809-1818; Unten: 3. Landesaufnahme 1873	Links oben: NÖLB Kartensammlung, Sign. K II 2187 R 1755 Rechts oben: ÖStA, Kriegsarchiv B IX a 196-6 Unten: Kriegsarchiv, Sign.: KA KS/3. LA	33
Abbildung 21	Ausschnitt Franziszeischer Kataster 1821	https://mapire.eu/de/map/cadastral/ oder bei den Geoinformationsportalen (Web-GIS-Atlas) der Bundesländer	34
Abbildung 22	Ausschnitt Vektorisierung inkl. Legende	Eigene Grafik	41
Abbildung 23	Regressive-iterative Rekonstruktionsmethode nach Hohensinner (2008) und Hohensinner et al. (2013a)	Eigene Grafik	44
Abbildung 24	Flusslaufachsen der jeweiligen Zeitschnitte	Geoland, www.data.gv.at	48
Abbildung 25	Ausschnitt der Rekonstruktion 1720 mit roten Linien, die die Anbindungsbreiten an andere Habitattypen markieren	Eigene Grafik	49
Abbildung 26	Mäandermigration an einem Mäander zwischen 1755 und 1821	Eigene Grafik	51
Abbildung 27	Mäanderentwicklung anhand Durchstich 6	Geoland, www.data.gv.at	52
Abbildung 28	Entwicklung eines Mäanderbogens mit eingeschlossener TRA-Fläche	Eigene Grafik	54
Abbildung 29	Legende zu den erstellten Rekonstruktionen	Eigene Grafik	56
Abbildung 30	Ausschnitt aus der „Große Niederösterreichkarte“ von Vischer Georg M, 1669-1670	NÖLB, Topografische Sammlung, digital von Severin Hohensinner	57
Abbildung 31	Ausschnitt Rekonstruktion um 1720 mit Bereich der Zwerndorfer Wehranlage	Eigene Grafik	58
Abbildung 32	Ausschnitt Karte 1703-1739 (vermutlich 1720), N.N., March, Zwerndorf bis Marchegg (dunkle Linie links unten: Linienwall zur Kuruzenabwehr; rote Linien: neuer Pestwall)	Bibliothèque nationale de France, Département Cartes et plans, Sign. C-10.275	59
Abbildung 33	Ausschnitt aus dem Stadtplan von Marchegg, 1733, N.N.	Temel und Mück (2006)	59
Abbildung 34	Rekonstruktion der Situation um 1720, Karte in Format A3 im Anhang 2	Eigene Grafik	61

Abbildung 35	Ausschnitt aus der Rekonstruktion 1755 im Bereich der Zwerndorfer Wehranlage	Eigene Grafik	62
Abbildung 36	Ausschnitt aus der Rekonstruktion 1755 im Bereich Marchegg-Stadt	Eigene Grafik	63
Abbildung 37	Ausschnitt der Rekonstruktion 1755 im Bereich des Mäanders „Großer Engelbrecht“	Eigene Grafik	64
Abbildung 38	Gedenkstein für Hochwässer in Marchegg	Eigene Aufnahme	65
Abbildung 39	Rekonstruktion der Situation 1755, Karte in Format A3 im Anhang 2	Eigene Grafik	66
Abbildung 40	Ausschnitt der Rekonstruktion 1821 im Bereich des Mäanders „Großer Engelbrecht“	Eigene Grafik	67
Abbildung 41	Ausschnitt der Rekonstruktion 1821 mit Baumgartnerallee bei Marchegg	Eigene Grafik	68
Abbildung 42	Ausschnitt der Rekonstruktion 1821 im Bereich Marchegg inkl. Zapfengraben	Eigene Grafik	69
Abbildung 43	Historischer Verlauf des Mühlkanals in Marchegg	Ferdinand et al. (1985)	70
Abbildung 44	Rekonstruktion der Situation 1821, Karte in Format A3 im Anhang 2	Eigene Grafik	71
Abbildung 45	Ausschnitt der Rekonstruktion 1896 im Bereich Zwerndorf	Eigene Grafik	72
Abbildung 46	Ausschnitt der Rekonstruktion 1896 im Bereich eines Mäanderdurchbruchs südöstlich von Baumgarten an der March	Eigene Grafik	73
Abbildung 47	Ausschnitt aus Karte 1896-1922-1934 March Reambulierung (schwarz: 1896, rot: 1922)	Thaya-Archiv, Sign. 121	74
Abbildung 48	Ausschnitt der Rekonstruktion 1896 mit Hintergrund „1873 3. Landesaufnahme“ (braune Linie innerhalb des roten Kreises = Damm)	Kriegsarchiv, Sign.: KA KS/3. LA	75
Abbildung 49	Ausschnitt der Rekonstruktion 1986 im Bereich Marchegg	Eigene Grafik	76
Abbildung 50	Rekonstruktion der Situation 1896, Karte in Format A3 im Anhang 2	Eigene Grafik	77
Abbildung 51	Ausschnitt der Rekonstruktion 1942 inklusiver Schottergruben	Eigene Grafik	79
Abbildung 52	Geplante Durchstiche im Projektgebiet nach Luftbildern von 1942	March-Thaya-Archiv, Sign. 482	80
Abbildung 53	Ausschnitt der Rekonstruktion 1942 mit Wegdämmen im Augebiet zwischen Zwerndorf und Baumgarten an der March	Eigene Grafik	81
Abbildung 54	Rekonstruktion der Situation 1942, Karte in Format A3 im Anhang 2	Eigene Grafik	82
Abbildung 55	Durchstiche im Projektgebiet nach dem generellen Projekt 1935	Súmeecz (2017)	83
Abbildung 56	Ausschnitt der Rekonstruktion 2020 im Bereich Marchegg	Eigene Grafik	84
Abbildung 57	Ausschnitt der Rekonstruktion 2020 im Bereich Vysoká pri Morave	Eigene Grafik	85
Abbildung 58	Ausschnitt der Rekonstruktion 2020 im Bereich des Mäanders „Großer Engelbrecht“	Eigene Grafik	86
Abbildung 59	Rückgebautes Ufer im Projektgebiet	Eigene Aufnahme	87
Abbildung 60	Rekonstruktion der Situation 2020, Karte in Format A3 im Anhang 2	Eigene Grafik	88
Abbildung 61	Grafische Auswertung aquatischer Habitatzusammensetzung in Hektar	Eigene Grafik	89
Abbildung 62	Gegenüberstellung Gewässertypen 1896 und 2020, Karten im Format A3 sind im Anhang A2	Eigene Grafik	90
Abbildung 63	Gegenüberstellung Gewässertypen 1755 und 1821, Karten im Format A3 sind im Anhang A2	Eigene Grafik	91
Abbildung 64	Habitatzusammensetzung in %	Eigene Grafik	92
Abbildung 65	Sinuosität des Hauptarmes der March in m Lauflänge pro m Tallänge	Eigene Grafik	95
Abbildung 66	Mittlere Breite des aktiven Gerinnes des Hauptarmes in m	Eigene Grafik	96

Abbildung 67	Summierte Breiten von Nebengewässeranbindungen an den Hauptarm in Prozent der summierten Hauptarm-Uferlängen	Eigene Grafik	97
Abbildung 68	Uferverbauung an der March auf slowakischer Uferseite	Eigene Aufnahme	100
Abbildung 69	Migrationsraten aller gemessenen Fälle zwischen 1720 und 1942	Eigene Grafik	101
Abbildung 70	Migrationsraten (Laufverlagerung) des Hauptarmes anhand Min/Mittel/Max-Werte zwischen 1720 und 1942; strichlierte Linie = Minimumwert, Mittelwert und Maximalwert der Migrationsraten für das Zeitintervall 1720 bis 1755	Eigene Grafik	102
Abbildung 71	Umlagerungsraten des March-Hauptarmes von 1720 bis 2020	Eigene Grafik	103
Abbildung 72	Regulierungsintensität (Prozentsatz der regulierten Uferabschnitte) am Hauptarm 1720-2020	Eigene Grafik	104
Abbildung 73	Entwicklung der Uferlinie des Hauptarmes in Gegenüberstellung der regulierten Ufer	Eigene Grafik	105
Abbildung 74	Aquatische Habitatzusammensetzung der March	Eigene Grafik	109
Abbildung 75	Aquatische Habitatzusammensetzung der Wiener Donau	Lager (2012); grafisch bearbeitet von Fiona Türk	110
Abbildung 76	Migrationsrate 1720 - 1740	Eigene Grafik	131
Abbildung 77	Migrationsrate 1720 - 1755	Eigene Grafik	132
Abbildung 78	Migrationsrate 1740 - 1755	Eigene Grafik	132
Abbildung 79	Migrationsrate 1755 - 1821	Eigene Grafik	133
Abbildung 80	Migrationsrate 1821 - 1896	Eigene Grafik	133
Abbildung 81	Migrationsrate 1896 - 1942	Eigene Grafik	134
Abbildung 82	erwähnte Hochwässer aus lokalen Chroniken innerhalb des Untersuchungszeitraumes; Fett markierte Werte = starke Hochwässer und Katastrophenhochwässer	Eigene Grafik	135

11. Literaturverzeichnis

- Ahnert, F. (1996): Einführung in die Geomorphologie. 1. Aufl. Stuttgart: Ulmer.
- Akademie der Wissenschaften in Wien (1936): Almanach für das Jahr 1935. Band 85. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky.
- 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: Research and Management (1), S. 17–36.
- Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (19.06.2019): Wiederbelebung eines Naturjuwels: Renaturierung der March-Auen abgeschlossen. Pernkopf: Meilenstein für Gewässerschutz und Artenvielfalt. St.Pölten. Klingenbrunner, F. Online verfügbar unter https://www.noe.gv.at/pdf/Wiederbelebung_eines_Naturjuwels__Renaturierung_der_March_97032_1560930017.pdf, zuletzt geprüft am 23.07.2021.
- Benz, G.; Schwingshandl, A. (2008): Erstellung von wasserwirtschaftlichen Planungsgrundlagen für die Österreichisch-Slowakische Marchgrenzstrecke. Beiträge zur flussmorphologischen Entwicklung der March zwischen Hohenau und Devin (Theben). Endbericht. Wien: Riocom.
- Benz, G. (2019): Die Regulierung der österreichischen March-Grenzstrecke im Spiegel der wirtschaftsgeschichtlichen Entwicklung einer Grenzregion. In: Vermessung & Geoinformation 2019, S. 230–241.
- Bloch, A.; Graf, W.; Huber, T.; Lahnsteiner R.; Lazowsky, W.; Leitner, P. et al. (2010): Zusammenfassende ökologische Bewertung der flussbaulichen Massnahmen an der March. Vergleich von Ufer- und Profilgestaltungsmaßnahmen auf Basis ausgewählter Bioindikatoren. Wien: Umweltbundesamt.
- Bobek, H.; Kurz, W.; Zwittkovits, F.: Österreich-Atlas. Klimattypen 1:1.000.000. Blatt III/9. In: Kommission f. Raumforschung d. Österr. Akad. Wiss (Hrsg). 1960-1980. Atlas der Republik Österreich. Wien. 5. Lieferung.
- Brice, J. (1964): Channel patterns and terraces of the Loup Rivers in Nebraska. Geological survey professional paper 422-D. Washington: United states government printing office.
- Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (2006): Koordinatensysteme. Hg. v. Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen. Online verfügbar unter https://www.bev.gv.at/pls/portal/docs/PAGE/BEV_PORTAL_CONTENT_ALLGEMEIN/0200_PROD UKTE/PDF/KOORD-SYS.PDF, zuletzt aktualisiert am 24.08.2021.
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (2021): OBERFLÄCHENWASSERKÖRPER - DATENBLATT 2021. Entwurf 3. Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan gemäß § 55h WRG 1959. Wien: Wasser Informationssystem Austria.
- Chovanec, A.; Wimmer, R.; Rubey, W.; Schindler, M.; Waringer J. (2012): Hydromorphologische Leitbilder als Grundlage für die Ableitung gewässertyp-spezifischer Libellengemeinschaften (Insecta: Odonata), dargestellt am Beispiel der Bewertung der restrukturierten Weidenbach-Mündungsstrecke (Marchfeld, Niederösterreich). In: Wiss. Mitt. Niederösterr. Landesmuseum 2012 (23), S. 83–112.
- Da Silva, A. (2006): On the initiation of meandering and the subsequent plan-development of meander loops. Proceedings of the 7th International Conference on HydroScience and Engineering. Drexel University College of Engineering. Philadelphia, 2006.
- Dikau, R.; Eibisch, K.; Eichel, J.; Meßenzehl, K.; Schlummer-Held, M. (2016): Geomorphologie. 1. Aufl. Deutschland: Springer Spektrum.

- Drescher, A. (1979): Ökologische Verhältnisse in Tieflandauen am Beispiel der March. In: Wolking, F.; Gepp, J. (Hrsg.): Moore, Auen und Bruchwälder in pflanzen- und tierökologischer Sicht. Monografien Landschaften und Ökologie 4: 47-57.
- Drexler, S. (2006): Entwicklung der Lech-Flusslandschaft von 1856 bis 2002. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur, Wien. Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt (WAU).
- Eberstaller-Fleischanderl, D.; Hohensinner, S. (2004): Donau 1726-2001. Flussmorphologische Entwicklung der Donau im Wiener Teil des Nationalparks Donau-Auen 1726 - 2001 (Bereich Lobau, Strom-km 1924,4 - 1907,6). Endbericht im Auftrag des MA 49 Forstamt und Landwirtschaftsbetrieb der Stadt Wien. Hg. v. Universität für Bodenkultur Wien. Inst. für Hydrobiologie und Gewässermanagement. Wien.
- Eberstaller-Fleischanderl, D.; Eberstaller, J. (2014): Flussbau und Ökologie. Flussbauliche Maßnahmen zur Erreichung des gewässerökologischen Zielzustandes. Hg. v. Bundesministerium LFUW, Bundeswasserbauverwaltung NÖ. Wien.
- Egger, G.; Gumpinger, C.; Schwingshandl, A.; Stelzhammer, M.; Zuna-Kratky, T. (2013): Renaturierung Untere March-Auen. Indikatoren Teil 1: Wasserbauliche Maßnahmen im Mündungslauf (FKM 0-11). Hg. v. Umweltverband WWF Österreich. Wien.
- esri (Hg.) (2021): Überblick über Georeferenzierung. Online verfügbar unter <https://pro.arcgis.com/de/pro-app/latest/help/data/imagery/overview-of-georeferencing.htm>, zuletzt geprüft am 12.07.2021.
- EU (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Luxemburg: The European Parliament.
- Farkas, J. (1995): Die Geschichte der Flußregulierung. In: Trilaterale Konferenz- Revitalisierung der March-Thaya-Auen. Nikolsburg: Veronica Eigenverlag, 1995.
- Ferdinand, O.; Swoboda, M.; Kopecky, E. (1985): Wachstumsphase von Marchegg. Wien: Franz Deuticke Verlagsgesellschaft m.b.H.
- Fink, J. (1955): Das Marchfeld. Beiträge zur Pleistozänforschung in Österreich. In: Verh. Geol. B.A., Sonderheft D, 88–116. Wien.
- Fink, M. H.; Lazowski, W.; Zulka, K. P. (1999): Fließende Grenzen. Lebensraum March-Thaya-Auen. Wien: Umweltbundesamt.
- Forstliche Bundes-Versuchsanstalt Wien (1967): Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien. Ausgaben 110-115. Wien: Forstliche Bundesversuchsanstalt.
- Geographisches Institut (2002): Zur Flussgeschichte der Dahme. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin.
- Grant, A.P (1948): Channel improvements in alluvial streams. In: N.Z. Instn Engrs, (34), S. 231–304.
- Gumpinger, C.; Höfler, S.; Pichler-Scheder, C. (2018): Ökologische Aufwertungsmaßnahmen in oberösterreichischen Gewässern. Planung, Umsetzung, Erfolge, Probleme. Im Auftrag des Amtes der Oö. Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Wasserwirtschaft. Hg. v. Blattfisch e.U. Wels.
- Habersack, H.; Hauer, C.; Hofbauer, S.; Muhar, S.; Pohl, G.; Preis, S. (2007): Nachhaltige Entwicklung der Flusslandschaft Kamp: Integratives Leitbild – Szenarien – Managementplan. Teil II Übergeordneter Managementplan: NÖ Landesakademie.

- 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. Wien: Universität Wien.
- Haidvogel, G.; Preis, S. (2003): Anthropogene Nutzungen und Eingriffe in und an der Möll um 1830 am Beispiel von zwei ausgewählten Abschnitten. Unveröffentlichter Projektendbericht. Flusslandschaftstypen Österreichs - Leitbilder für eine nachhaltige. Wien.
- Haidvogel, G.; Hohensinner, S.; Preis, S. (2011): Rekonstruktion historischer Flusslandschaften als Grundlage im Gewässermanagement - Potential und Limits. In: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (Hrsg.): Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft (63), S. 174–182.
- Haidvogel, G.; Eberstaller-Fleischanderl, D.; Fraiß, B.; Gabriel, H.; Hohensinner, S. (2018): Historische Landnutzung und Siedlungsentwicklung in Flussauen und Hochwasserschutz: Das Beispiel der Traisen und St. Pöltens 1870–2000. In: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (Hrsg.): Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft (70), S. 303–315.
- Herrnegger, M. (2007): Historische Hydromorphologie und Geländetopografie der Wiener Donau-Auen. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur, Wien. Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement.
- Hohensinner, S. (2008): Rekonstruktion ursprünglicher Lebensraumverhältnisse der Fluss-Auen-Biozönose der Donau im Machland auf Basis der morphologischen Entwicklung von 1715 – 1991. Dissertation. Universität für Bodenkultur, Wien. Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement.
- Hohensinner, S. (2015): Historische Hochwässer der Wiener Donau und ihrer Zubringer. Materialien zur Umweltgeschichte Österreichs Nr. 1. Wien: Zentrum für Umweltgeschichte.
- Hohensinner, S. (02/2021): Bibliografie historischer Karten und Literatur zu österreichischen Flusslandschaften. Dritte erweiterte Ausgabe. Wien.
- Hohensinner, S.; Habersack, H.; Jungwirth, M.; Zauner, G. (2004): Reconstruction of the characteristics of a natural alluvial river-floodplain system and hydromorphological changes following human modifications: The Danube River (1812-1991). In: River research and applications. (20), S. 25–41.
- Hohensinner, S.; Habersack, H.; Jungwirth, M.; Zauner, G. (2005a): Natürliche Charakteristik der Donau-Auen im Machland und hydromorphologische Veränderungen durch menschliche Eingriffe (1812 -1991). In: Wiss. Mitt. Niederösterreich. Landesmuseum 2005 (17), S. 275–308.
- Hohensinner, S.; Jungwirth, M.; Muhar, S.; Habersack, H. (2005b): Historical analyses: a foundation for developing and evaluating river-type specific restoration programs. In: International Journal of River Basin Management (3), S. 87–96.
- Hohensinner, S.; Egger, G.; Haidvogel, G.; Jungwirth, M.; Muhar, S.; Schmutz, S. (2007): Hydrological connectivity of a Danube river-floodplain system in the Austrian Machland: changes between 1812 and 1991. In: Trémolières, M.; Schnitzler, A.; Silan, P. (Eds.) Floodplain Protection, Restoration, Management. Why and how? Paris: Editions Lavoisier 2007, 2007, S. 53–69.
- Hohensinner, S.; Jungwirth, M.; Muhar, S.; Schutz, S. (2011): spatio-temporal habitat dynamics in a changing danube river landscape 1812-2006. In: River research and applications, 2011 (27), S. 939–955.
- Hohensinner, S.; Lager, B.; Sonnlechner, C.; Schmid, M. (2013a): 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.; Lager, B.; Sonnlechner, C., Haidvogel, G. (2013b): Changes in water and land: the reconstructed Viennese riverscape from 1500 to the present. In: Water History (5), S. 145–172.

- Hohensinner, S.; Jungwirth, M.; Muhar, S.; Schmutz, S. (2014): Importance of multi-dimensional morphodynamics for habitat evolution: Danube River 1715–2006. In: *Geomorphology* (215), S. 3–19.
- Hohensinner, S.; Hauer, C.; Muhar, S. (2018): River Morphology, Channelization and Habitat Restoration. Science for Governing Towards a Sustainable Future. In: *Riverine Ecosystem Management*, S. 41–65.
- Hohensinner, S.; Becsi, R.; Egger, G.; Fiebig, M.; Knopper, F.; Muhar, S.; Piegay, H. (2019): Morphologie - Die vielfältige Gestalt der Alpenflüsse. In: Muhar, S.; Muhar, A.; Egger, G.; Sigrist, D. (Hrsg.): *Flüsse der Alpen - Vielfalt in Natur und Kultur*, Haupt Verlag, Bern, S. 86–111.
- Jungwirth, M.; Muhar, S.; Schmutz, S. (2002): Re-establishing and assessing ecological integrity in riverine landscapes. In: *Freshwater Biology* (47(4)), S. 867–887.
- Jungwirth, M.; Haidvogel, G.; Moog, O.; Muhar, S.; Schmutz, S. (2003): *Angewandte Fischökologie an Fließgewässern*. Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG.
- Jungwirth, M.; Haidvogel, G.; Hohensinner, S.; Muhar, S.; Schmutz, S.; Waidbacher H. (2005): Leitbildspezifische measures for the rehabilitation of the heavily modified Austrian Danube River. *Archiv für Hydrobiologie. Supplementband 155, Large River 15*.
- Jungwirth, M.; Haidvogel, G.; Hohensinner, S.; Waidbacher H.; Zauner, G. (2014): *Österreichs Donau. Landschaft - Fisch - Geschichte*: Boku Wien.
- Kern, K. (1994): *Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung. Geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern*. Berlin: Springer.
- Konold, W. (Hg.) (1999): *Fließgewässer in der Kulturlandschaft oder die „Natur“ von Fließgewässern und ihre Bewertung. Eine kritische Betrachtung. Fließgewässer in der Kulturlandschaft. 8. Fachtagung. Jülich, 24.-25. September 1999*: Landschaftsverband Rheinland.
- Lager, B. (2012): *Historische morphologische Veränderungen der Wiener Donau-Flusslandschaft 1529-2010*. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur, Wien. Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement.
- Lamb, H. H. (1977): *Climate, Present, Past and Future. Volume 2: Climatic History and the future*. London: Routledge Revivals.
- Lane, E. W. (1957): *A study of the shape of Channels formed by natural streams flowing in erodible material*. Omaha/Nebraska: U.S. Army Engineer Division, Missouri River, Corps of Engineers (9).
- Leopold, L. B.; Wolman, M. G.; Miller, L. P. (1964): *Fluvial processes in geomorphology*. San Francisco/London: W. M. Freeman & Co.
- Mader, H.; Steidl, T.; Wimmer, R. (1996): *Abflussregime Österreichischer Fließgewässer. Beitrag zu einer bundesweiten Fließgewässertypologie*. Wien: Umweltbundesamt (82).
- Mangelsdorf, J.; Scheurman, K. (1980): *Flußmorphologie- Ein Leitfaden für Naturwissenschaftler und Ingenieure*. München, Wien: Oldenburg Verlag.
- Muhar, S.; Kainz, M.; Schwarz, M. (1998): *Ausweisung flußtypspezifisch erhaltener Fließgewässerabschnitte in Österreich – Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet > 500 km² ohne Bundesflüsse*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.
- Muhar, S.; Preis, S.; Schmutz, S.; Jungwirth, M.; Haidvogel, G.; Egger, G. (2003): *Integrativ-ökologisches Management von Flussgebieten*. In: *Österreichische Wasser 2003*, S. 213–220.
- Muhar, S.; Poppe, M.; Egger, G.; Schmutz, S.; Melcher, A. (2004): *Flusslandschaften Österreichs. Ausweisung von Flusslandschaftstypen anhand des Naturraums, der Fischfauna und der Auenv egetation*. Wien: bm:bwk, Forschungsprogramm Kulturlandschaft.

- Murawski, H.; Meyer, W. (2010): Geologisches Wörterbuch. 12. Aufl. Deutschland: Springer Spektrum.
- Nanson, G. C.; Knighton, A. D. (1996): Anabranching rivers: their cause, character and classification. In: Earth Surface Processes and Landforms (21), S. 217–239.
- Naturschutzbund Niederösterreich (o.D.): Tümpelwiese bei Marchegg - Pulverturm. Hg. v. Naturschutzbund Niederösterreich. Online verfügbar unter <https://www.noee-naturschutzbund.at/tuempe/wiese-bei-marchegg-pulverturm-1327.html>, zuletzt geprüft am 28.07.2021.
- Nemitz, R. (o.D.): Klima Europa: Wetter, beste Reisezeit & Klimatabelle. Online verfügbar unter https://www.wetter-atlas.de/klima/europa.php#Mitteleuropa_Klima, zuletzt geprüft am 25.08.2021.
- Niemann, M. (1998): Nietratproblematik im Grundwasser des Marchfeldes und die Möglichkeiten einer Sanierung mit Hilfe des Ökologischen Landbaus. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur, Wien. Ökologischen Landbau.
- Patt, H.; Jürging, P.; Kraus, W. (2004): Naturnaher Wasserbau. Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern. 2. Aufl. Berlin: Springer Verlag.
- Randl, F. (2014): Fließgewässer erhalten und entwickeln. Praxisfibel zur Pflege und Instandhaltung. 2. Aufl. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband.
- Redl, G.; Schwingshandl, A. (1997): MART HA 95 – Generelles flussbaulich- gewässerökologisches Gesamtkonzept für March und Thaya. Im Auftrag der Wasserstraßendirektion. Wien: TBW GMBH.
- Resler, J. K. (Hg.) (1841): Amts- Bericht des Vorstandes. Versammlung der deutschen Land und Forstwirtschaft. Brünn, 20. bis 28. September 1840. Olmütz.
- Schäfer, A. (2019): Klastische Sedimente. Fazies und Sequenzstratigraphie. 2. Aufl. Bonn: Springer Verlag.
- Schielein, P. (2010): Neuzeitliche Flusslaufverlagerungen des Lechs und der Donau im Lechmündungsgebiet – qualitative und quantitative Analysen historischer Karten. In: Bamberger Geographische Schriften (24), S. 215–241.
- Schnitter, N. (1992): Die Geschichte des Wasserbaus in der Schweiz. Oberbözing: Olynthus Verlag.
- Schumacher, H. (1998): Stadtgewässer. In: H. Sukopp und R. Wittig (Hg.): Stadtökologie. Ein Fachbuch für Studium und Praxis, S. 201–217.
- Schwingshandl, A. (2010): Morphologische Randbedingungen für die Überflutungsdynamik der March. March-Thaya-AUen Symposium. Fakultätszentrum Wien. Wien, 27.05.2010.
- SER (Hg.) (2004): The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. Online verfügbar unter URL: http://www.ser.org/content/ecological_, zuletzt geprüft am 18.07.2011.
- Spindler, T. (1994): Status der Fischfauna der March. In: Wiss. Mitt. Niederösterr. Landesmuseum (8), S. 177–189.
- Steiner, F.; Schattauer, G.; Kusebauch, G. (2019): Wasserbauliche Zielsetzung an March und Thaya. In: Vermessung & Geoinformation 2019, S. 242–256.
- Stelzhammer, M. (2021): March-Auen. Lebensräume, landschaftliche Entwicklung, Tier- und Pflanzenwelt, Schutzstatus. Wasser, Landschaftsentwicklung, Schutz. Naturvermittler*innen & Nationalpark-Ranger*innen. WWF. WWF, 05.2021.

- Sümeecz, F. (2017): Baumgarten an der March. 1067-2017. Heimatbuch anlässlich des 950 jährigen Jubiläums der ersten urkundlichen Nennung. 1. Aufl. Oberweiden: Gemeinde Weiden an der March.
- Sutter, J.; Deppen, V.; Bruggger S.; Dolci, C. (2011): Gebrauchs- und System-Anleitung zum Übungsbetrieb in GIS 1, GIS 2, ZLG RIS. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich. Zürich. Online verfügbar unter http://www.ika.ethz.ch/teaching/Anleitung_ArcGIS9.3.pdf, zuletzt aktualisiert am 20.08.2021.
- Tanzer, J. (2016): HISTORISCHE MORPHOLOGISCHE VERÄNDERUNG DER SÜDLICHEN WIENER DONAUZUBRINGER 1755 – 2010. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur, Wien. Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement.
- Tasser, E.; Leitinger, G.; Tappeiner, U. (2017): Climate change versus land-use change—What affects the mountain landscapes more? In: Land use policy (60), S. 60–72.
- Temel, R.; Mück, E. (2006): Die Geschichte von Marchegg. Marchegg: Stadtgemeinde Marchegg.
- Thiem, K. (2006): Die Historische Landschaftsanalyse als Methode für die Fließgewässerbewertung am Beispiel des Münstertals im Schwarzwald. Culterra: Schriftenreihe des Instituts für Landespflege der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Freiburg im Breisgau: Verlag des Instituts für Landespflege der Universität Freiburg (46).
- viadonau (Hg.) (2013): Grenzüberschreitende Exkursion an der March. Online verfügbar unter <http://www.life-march.at/news-2013.html>, zuletzt geprüft am 28.07.2021.
- viadonau (2018): KWM 2018. Die kennzeichnenden Wasserstände der March in der österreichischslowakischen Grenzstrecke. Wien: via donau - Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH.
- Wasserstrassendirektion (1988): Einige Angaben über Donau, March und Thava in Österreich. Zusammengestellt von der Wasserstraßendirektion. Manuskript.
- Weber von Ebenhof, A. (1894): Projekt der K.K. Österr. Regierung für die Regulierung der March in der Reichsgrenzstrecke gegen Ungarn. von der Morowka-Mündung bei Rohatetz bis zur Einmündung in die Donau bei Theben. Wien: Spielhagen & Schurich.
- Wenzel, W.; Strauss, P.; Hösl, R.; Leitgeb, E.; Aust, G.; Englisch, M. (2016): Bodentypen Gänserndorf. Hg. v. Land NÖ. Online verfügbar unter http://www.unserboden.at/files/soilmap_gaenserndorf.pdf, zuletzt geprüft am 19.07.2021.
- Wimmer, R.; Wintersberger H.; Parthl, G. A. (2012a): Hydromorphologische Leitbilder. Fließgewässertypisierung in Österreich. Band 1. Wien (1).
- Wimmer, R.; Wintersberger H.; Parthl, G. A. (2012b): Hydromorphologische Leitbilder. Fließgewässertypisierung in Österreich. Band 3. Wien (3).
- Wintera, E. (2018): Marchegg. Marchegg.
- Wolman, M. G.; Leopold, L. B. (1957): River flood plains: some observations on their formation. In: U.S. Geological Survey, Prof. Paper, 282-C.
- Zeller, J. (1967): Flussmorphologische Studie zum Mäanderproblem. In: Geographica Helvetica 22 (2).
- Zentrum für Umweltgeschichte (Hg.) (2019): Wasser Stadt Wien. Eine Umweltgeschichte. Unter Mitarbeit von S. Hohensinner, G. Haidvogel, F. Hauer und V. Winiwarter. Universität für Bodenkultur Wien, Technische Universität Wien. Wien.

12. Anhang 1

In folgendem Anhang sind sämtliche erstellte Ergebnistabellen und -diagramme, welche nicht bereits in vorherigen Kapiteln gezeigt wurden.

Zeitschnitt	Lauflänge [m]	Sinuosität [m/m]
1720	17 884	1,73
ca.1740	19 038	1,85
1755	17 083	1,66
1821	16 368	1,59
1896	18 715	1,81
1942	18 975	1,84
2020	14 595	1,41

Tabelle 6 Lauflänge und Sinuosität des Hauptarmes pro Zeitschnitt; Werte zu Abbildung 65

Zeitschnitt	Lauflänge [m]	Fläche [m²]	Mittlere Breite [m]
1720	17 884	1 603 530	89,7
1755	17 083	1 377 630	80,6
1821	16 368	1 496 030	91,4
1896	18 715	1 442 420	77,1
1942	18 975	1 348 920	71,1
2020	14 595	865 546	59,3

Tabelle 7 Lauflänge, Fläche und mittlere Breite des Hauptarmes pro Zeitschnitt; Werte zu Abbildung 66

Zeitschnitt	Uferlinie [m]	Anbindungslänge [m]	Anteil an Uferlinie EUA [%]
1720	36037	1686	4,7
1755	34611	2153	6,2
1821	32977	965	2,9
1896	38026	892	2,3
1942	38291	776	2,0
2020	29936	34	0,1

Tabelle 8 Gesamtuferlänge, Anbindungslänge und Anteil Nebengewässer an Uferlinie des Hauptarmes; Werte zu Abbildung 67

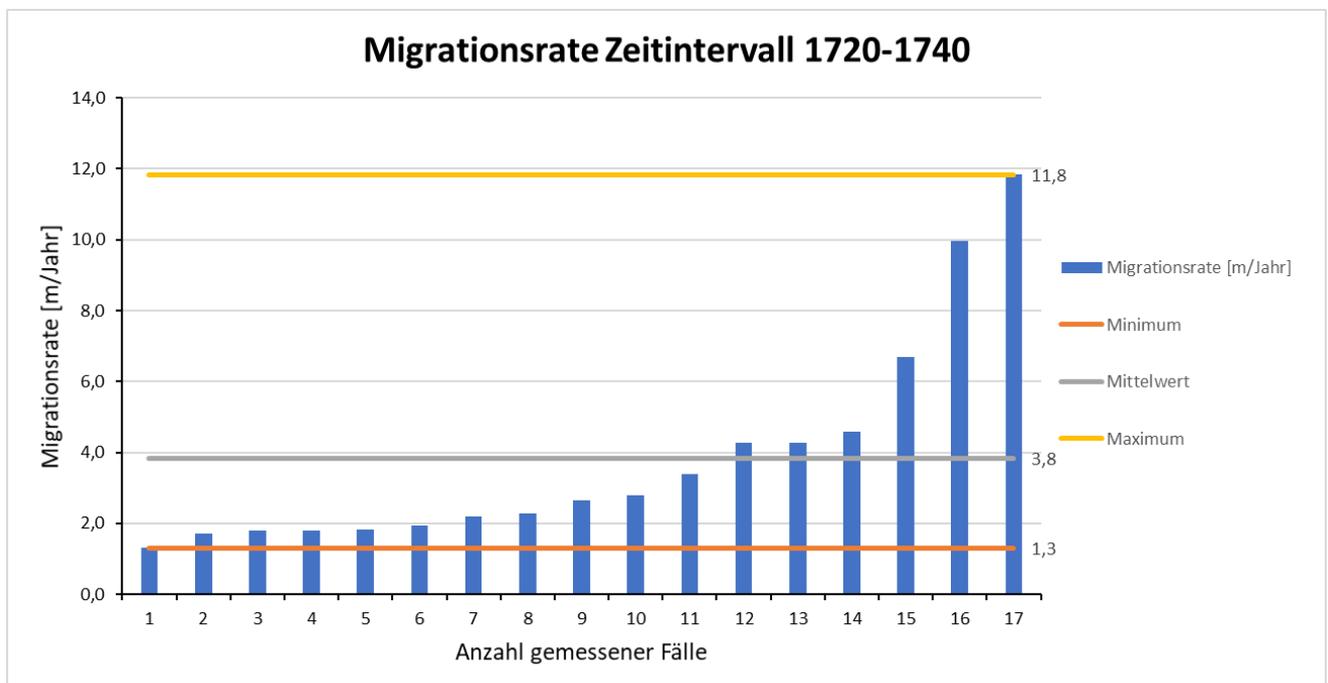


Abbildung 76 Migrationsrate 1720 - 1740

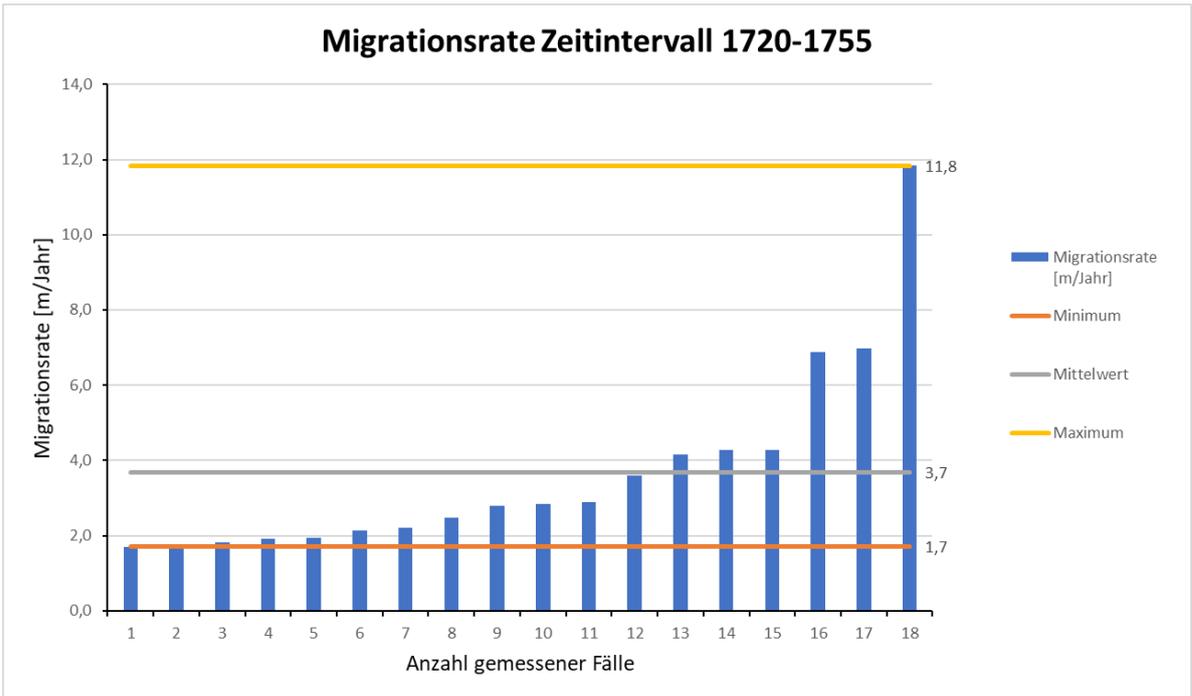


Abbildung 77 Migrationsrate 1720 - 1755

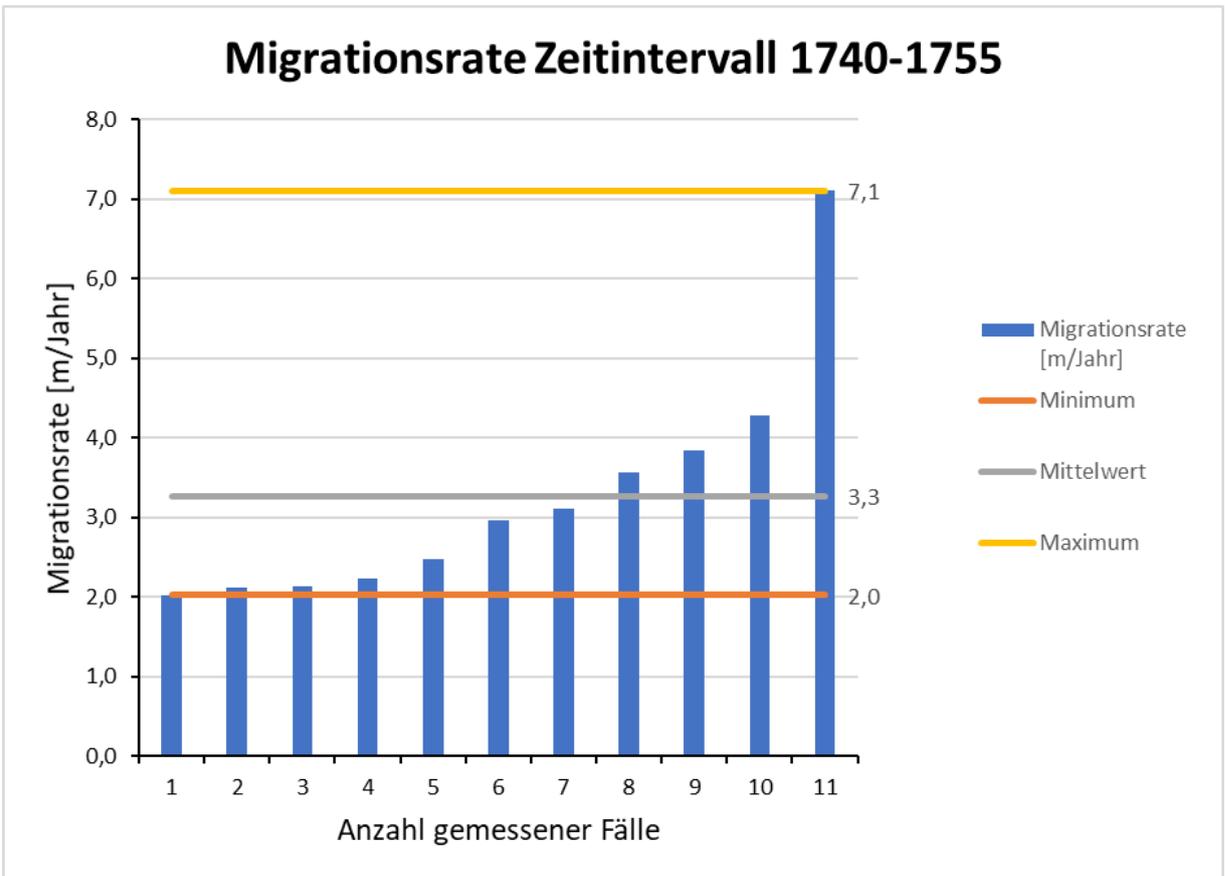


Abbildung 78 Migrationsrate 1740 - 1755

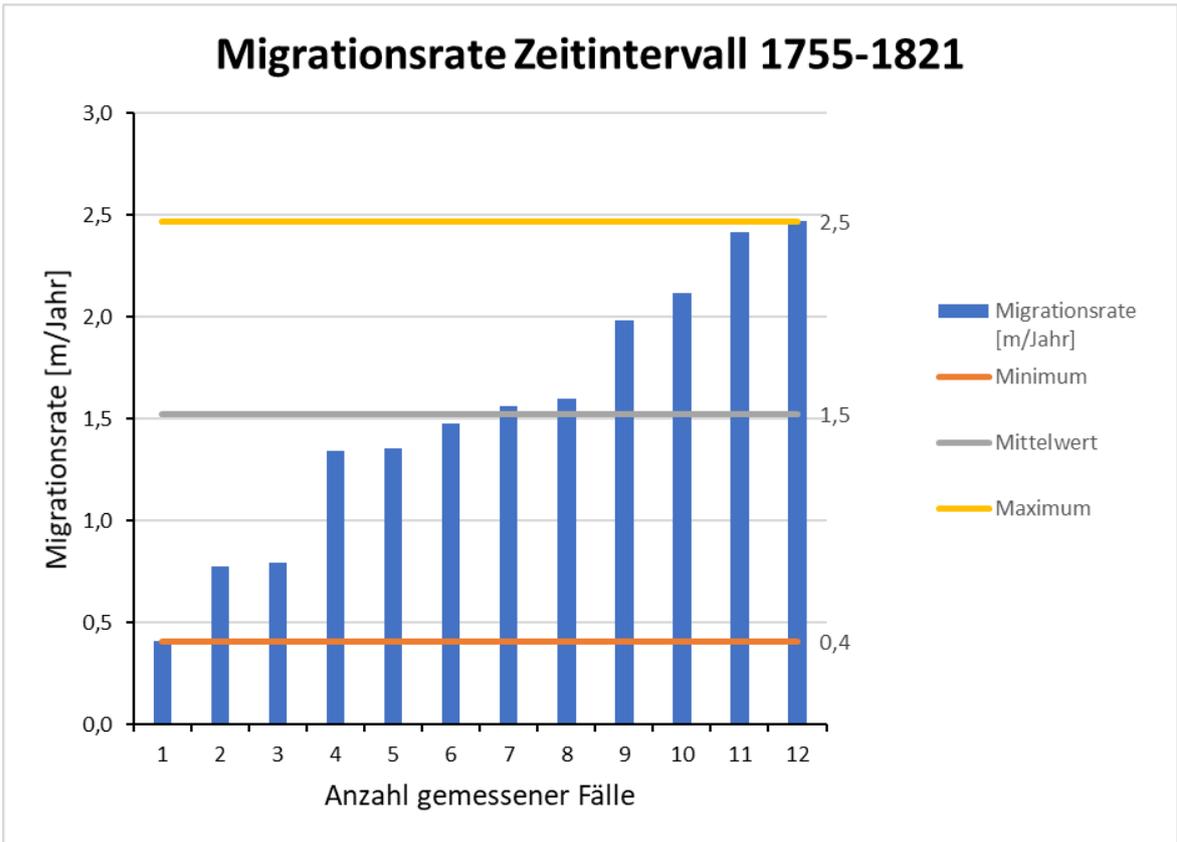


Abbildung 79 Migrationsrate 1755 - 1821

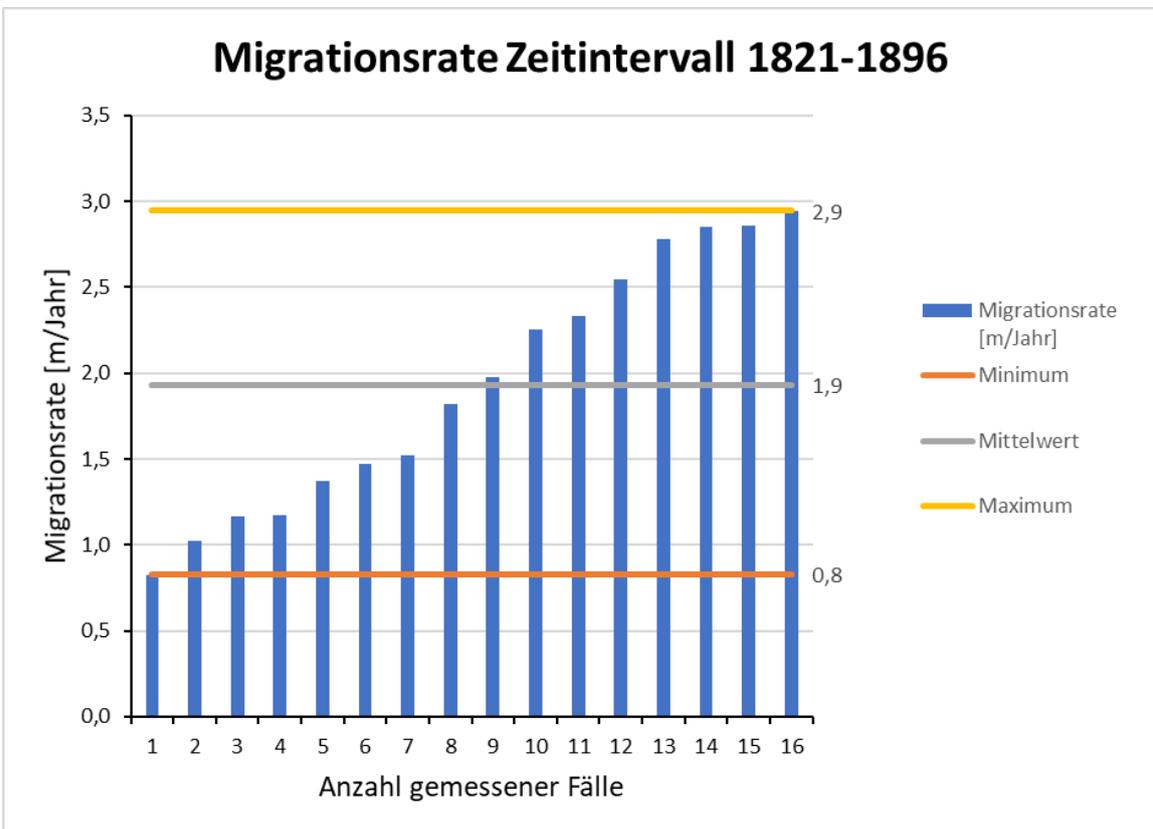


Abbildung 80 Migrationsrate 1821 - 1896

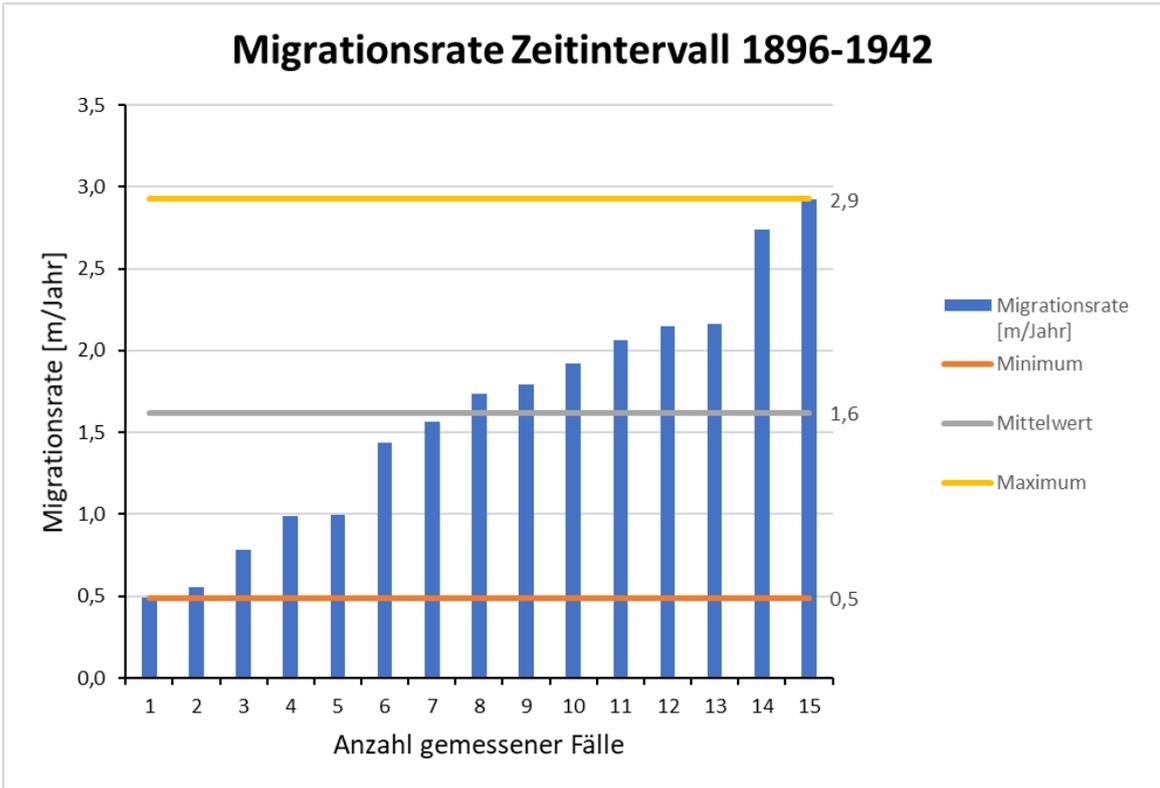


Abbildung 81 Migrationsrate 1896 - 1942

18.Jh.	19.Jh.	20.Jh.	21.Jh.
1705	1809	1903	2002
1737	1830	1907	2006
1740	1837	1909	2013
1767	1838	1923	
1768	1845	1926	
1787	1853	1954	
	1862		
	1875		
	1876		
	1879		
	1880		
	1883		
	1888		
	1890		
	1892		
	1897		
	1899		

Abbildung 82 erwähnte Hochwässer aus lokalen Chroniken innerhalb des Untersuchungszeitraumes; Fett markierte Werte = starke Hochwässer und Katastrophenhochwässer

13. Anhang 2

- 1) Rekonstruktion Zeitschnitt 1720, Format A3
- 2) Rekonstruktion Zeitschnitt 1755, Format A3
- 3) Rekonstruktion Zeitschnitt 1821, Format A3
- 4) Rekonstruktion Zeitschnitt 1896, Format A3
- 5) Rekonstruktion Zeitschnitt 1942, Format A3
- 6) Rekonstruktion Zeitschnitt 2020, Format A3
- 7) Gewässertypen Zeitschnitt 1720, Format A3
- 8) Gewässertypen Zeitschnitt 1755, Format A3
- 9) Gewässertypen Zeitschnitt 1821, Format A3
- 10) Gewässertypen Zeitschnitt 1896, Format A3
- 11) Gewässertypen Zeitschnitt 1942, Format A3
- 12) Gewässertypen Zeitschnitt 2020, Format A3
- 13) Bodenkarten vom Bezirk Gänserndorf, Format A3
- 14) Übersichtsplan Dammbau Benz, Format A3

Rekonstruktion Zeitschnitt 1720



Rekonstruktion Zeitschnitt 1755



Rekonstruktion Zeitschnitt 1821



Rekonstruktion Zeitschnitt 1896



Rekonstruktion Zeitschnitt 1942



Rekonstruktion Zeitschnitt 2020



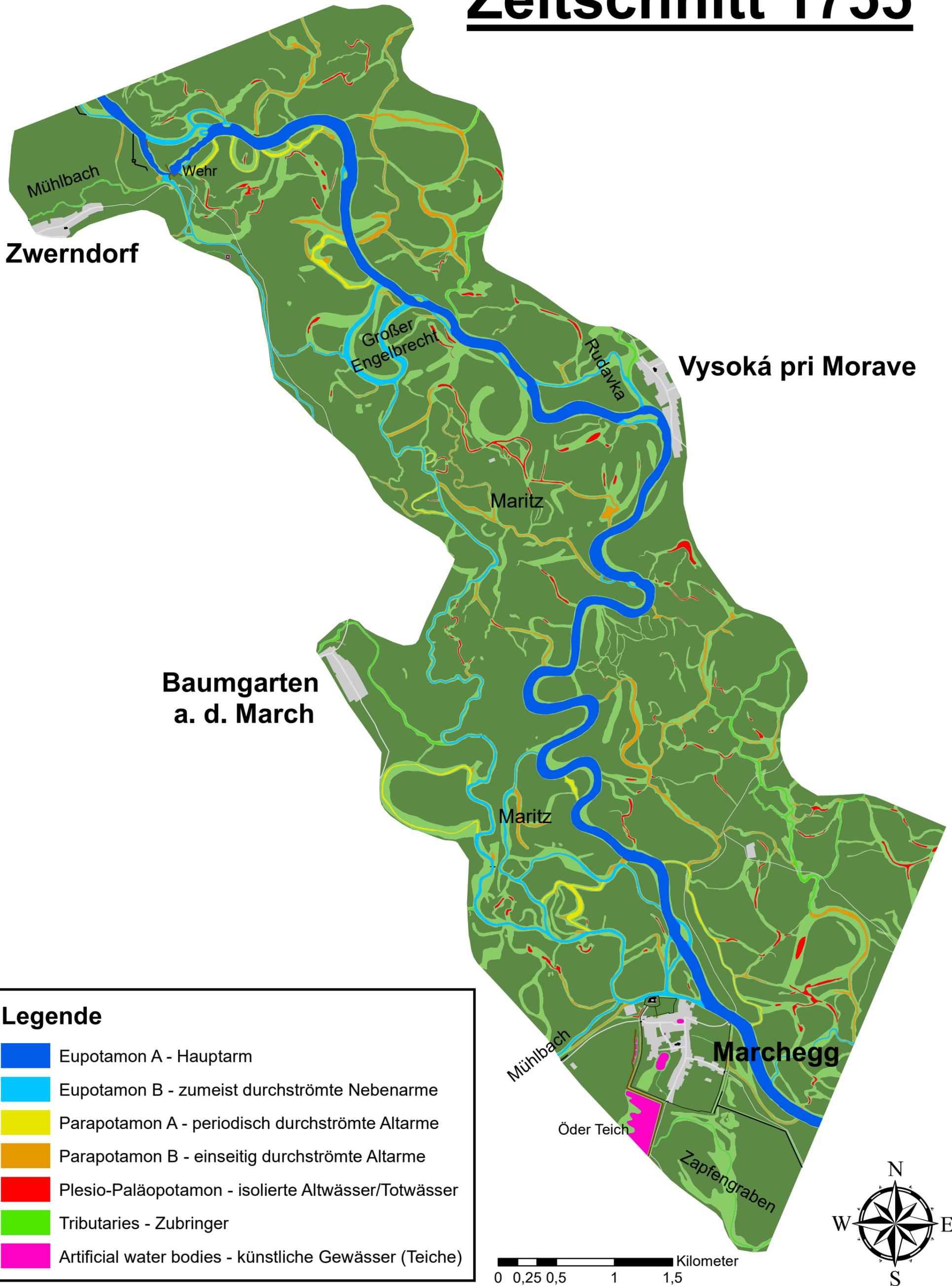
Gewässertypen aktives Gerinne

Zeitschnitt 1720



Gewässertypen aktives Gerinne

Zeitschnitt 1755



Gewässertypen aktives Gerinne

Zeitschnitt 1821



Gewässertypen aktives Gerinne Zeitschnitt 1896



Legende

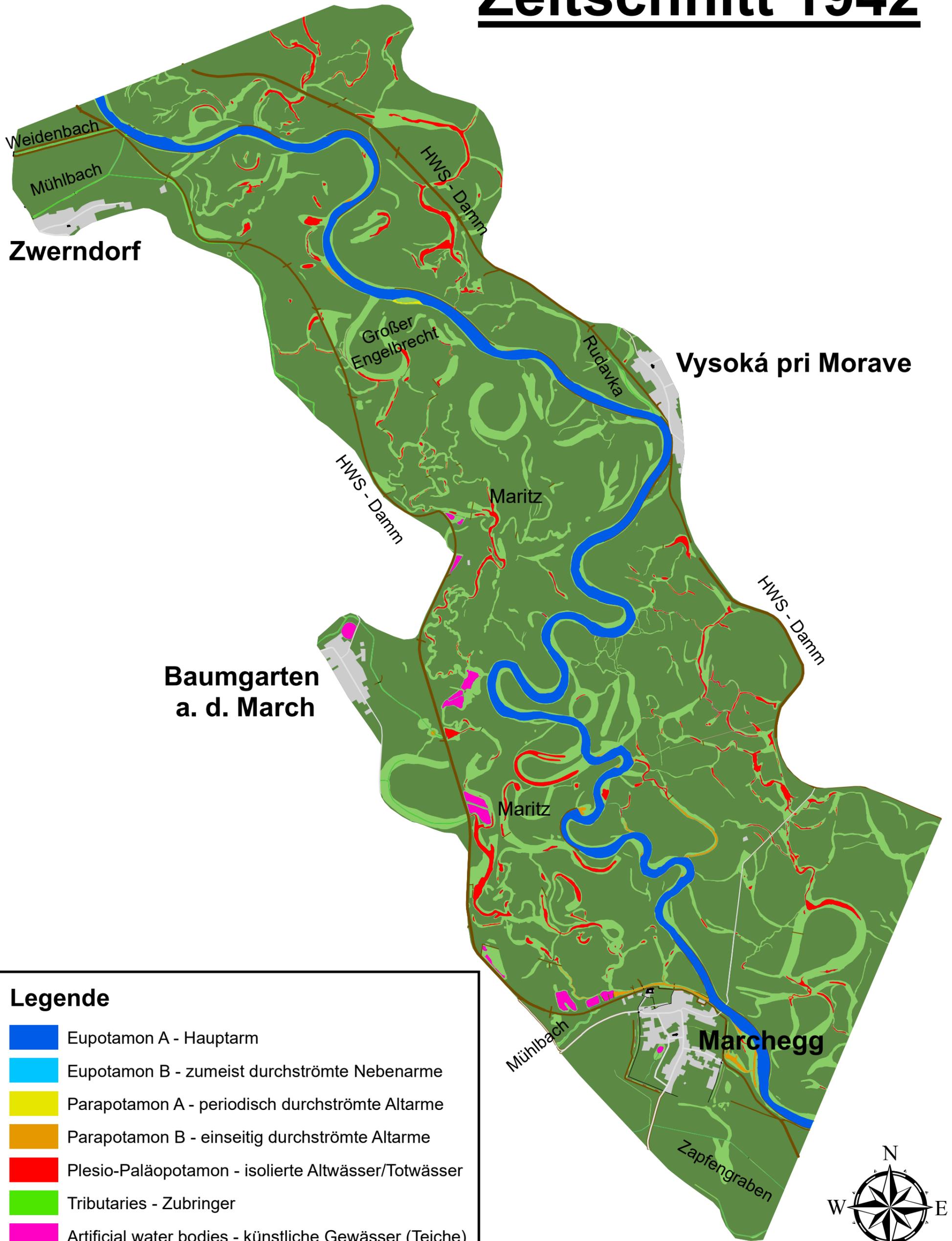
- Eupotamon A - Hauptarm
- Eupotamon B - zumeist durchströmte Nebenarme
- Parapotamon A - periodisch durchströmte Altarme
- Parapotamon B - einseitig durchströmte Altarme
- Plesio-Paläopotamon - isolierte Altwässer/Totwässer
- Tributaries - Zubringer
- Artificial water bodies - künstliche Gewässer (Teiche)

0 0,25 0,5 1 1,5 Kilometer



Gewässertypen aktives Gerinne

Zeitschnitt 1942

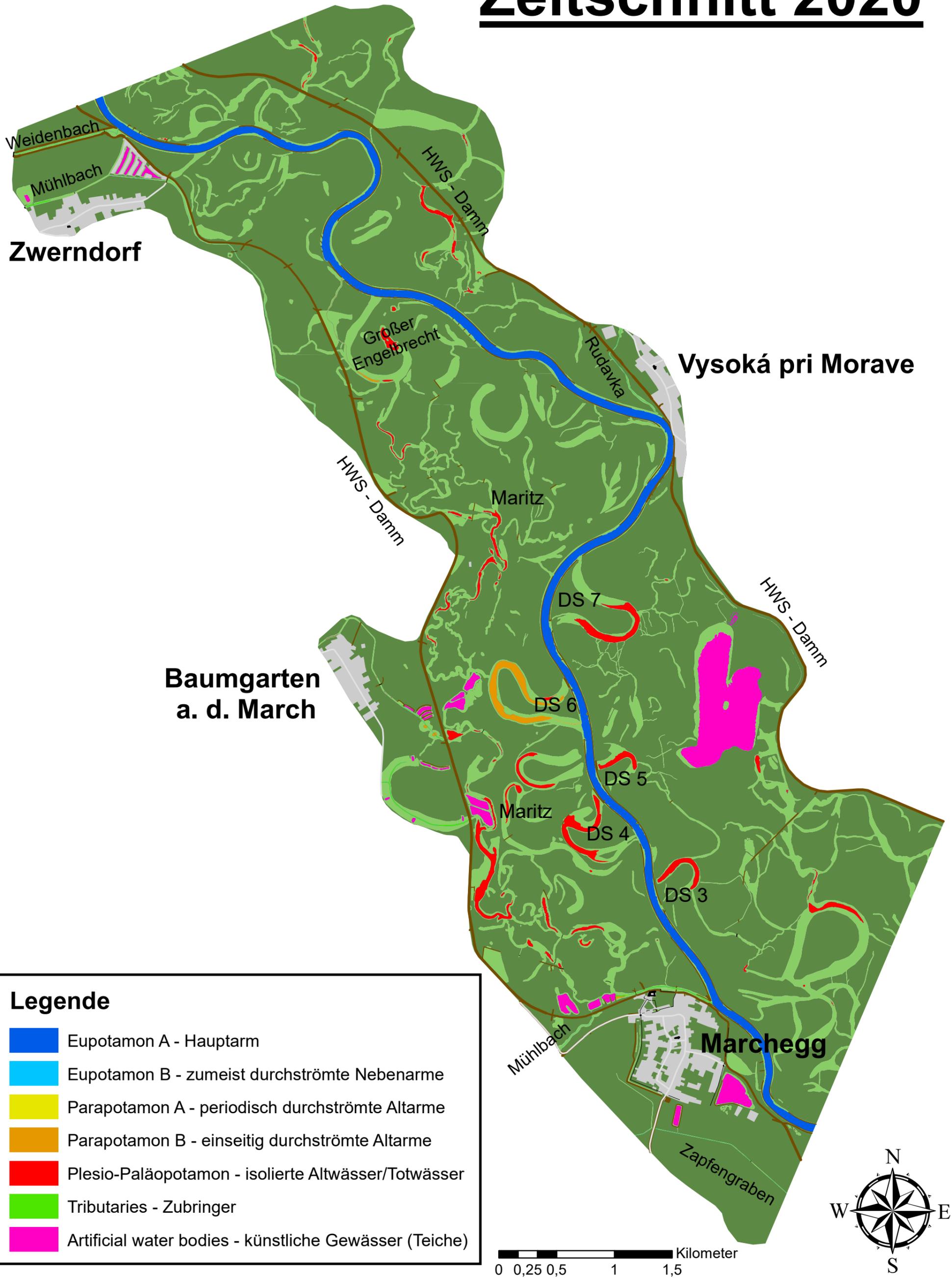


Legende

- Eupotamon A - Hauptarm
- Eupotamon B - zumeist durchströmte Nebenarme
- Parapotamon A - periodisch durchströmte Altarme
- Parapotamon B - einseitig durchströmte Altarme
- Plesio-Paläopotamon - isolierte Altwässer/Totwässer
- Tributaries - Zubringer
- Artificial water bodies - künstliche Gewässer (Teiche)



Gewässertypen aktives Gerinne Zeitschnitt 2020



Legende

- Eupotamon A - Hauptarm
- Eupotamon B - zumeist durchströmte Nebenarme
- Parapotamon A - periodisch durchströmte Altarme
- Parapotamon B - einseitig durchströmte Altarme
- Plesio-Paläopotamon - isolierte Altwässer/Totwässer
- Tributaries - Zubringer
- Artificial water bodies - künstliche Gewässer (Teiche)

0 0,25 0,5 1 1,5 Kilometer



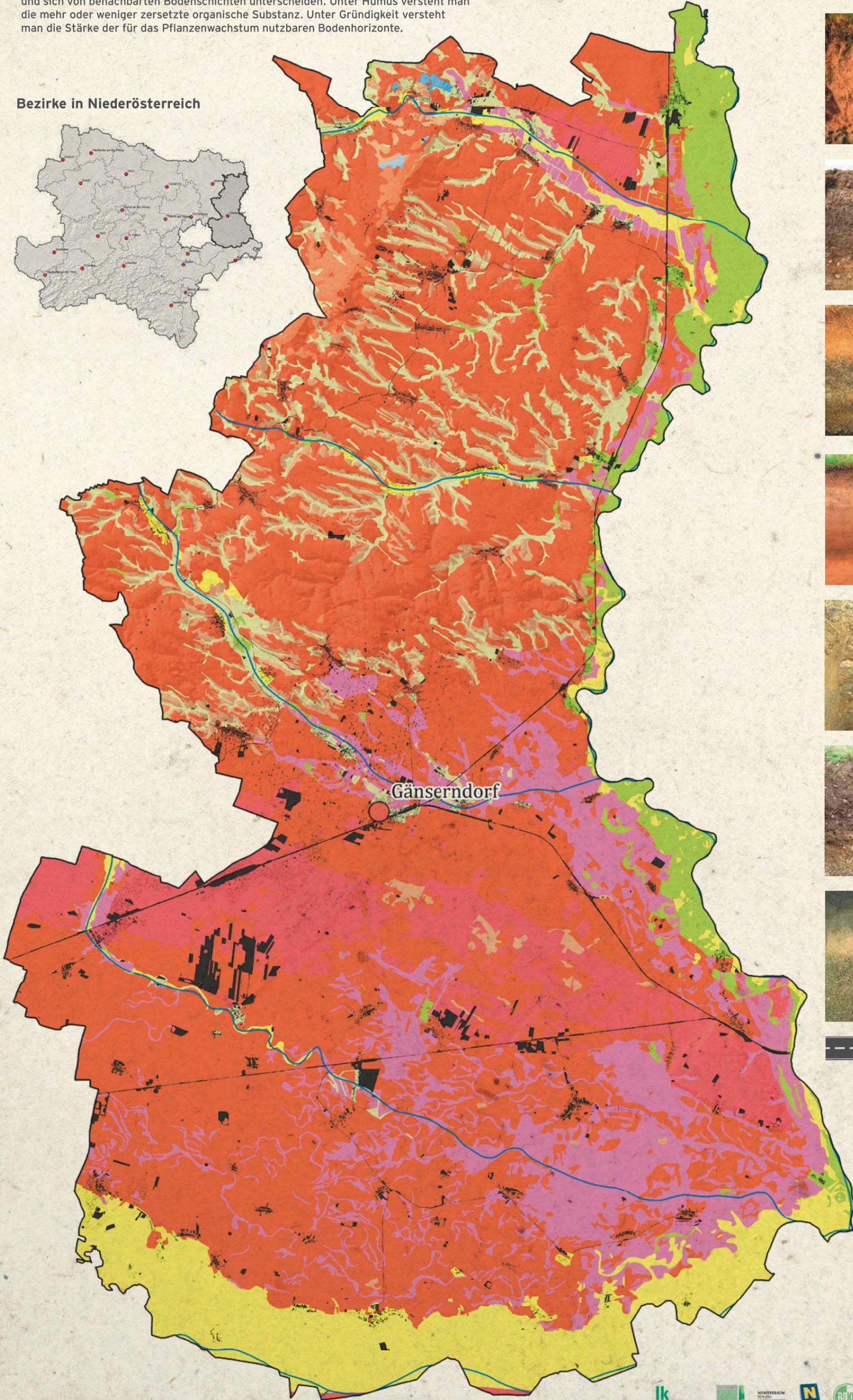
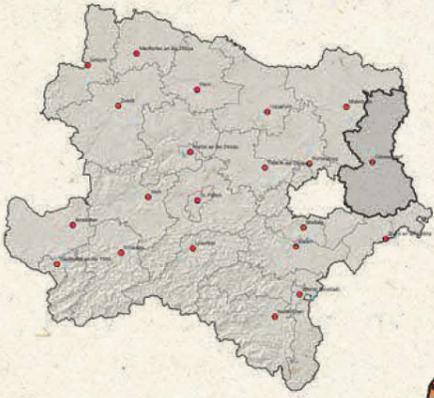


Bodentypen Gänserndorf

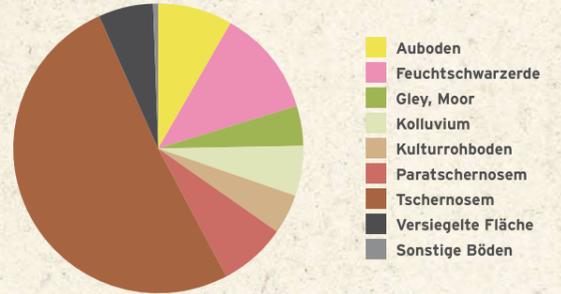
Die Bodentypenkarte Niederösterreichs soll Bewusstsein für die Bedeutung unserer Böden schaffen, aber auch dazu beitragen, die Vielfalt der Böden in Niederösterreich – von den Böden der Gebirge bis zu jenen des trockenen, sommerwarmen Ostens – die durch unterschiedliches Klima und unterschiedliche Gesteine geschaffen wird, darzustellen.

Zum Verständnis der Bodenarten und Bodentypbeschreibung vorweg ein wenig Bodenkunde: Als Bodentyp werden Böden mit ähnlichen charakteristischen Eigenschaften und Horizontabfolgen bezeichnet. Als Horizonte bezeichnet man Bodenschichten, die annähernd gleiche Eigenschaften – z.B. Farbe, Bodenart oder Bodengefüge – aufweisen und sich von benachbarten Bodenschichten unterscheiden. Unter Humus versteht man die mehr oder weniger zersetzte organische Substanz. Unter Gründigkeit versteht man die Stärke der für das Pflanzenwachstum nutzbaren Bodenhorizonte.

Bezirke in Niederösterreich



Verteilung der Bodentypen in Gänserndorf



Auboden

Die als Auland bezeichnete Landschaft ist durch wiederkehrende Überschwemmungen und damit einhergehende Ablagerungen und Abschwemmungen sowie von stark schwankenden Grundwasserständen beeinflusst. Dadurch werden auch die Auböden geprägt. Ausgangsmaterial der Auböden ist junges Schwemmmaterial des jeweiligen Gewässers. Typisch für diese Böden ist ein schichtweiser Aufbau, der durch die Ablagerungen der verschiedenen Überschwemmungen hervorgerufen wurde. Es handelt sich hier meist um junge Böden, die meist sehr gut mit Nährstoffen versorgt sind.



Feuchtschwarzerde

Feuchtschwarzerden entwickeln sich zumeist aus moorähnlichen Böden mit mächtigen Horizonten aus organischer Substanz. Durch Änderungen der Grundwasserhältnisse oder durch menschliche Einflüsse v.a. Trockenlegung entwickelten sich daraus im Laufe der Zeit Feuchtschwarzerden. Die aktuellen Feuchtigkeitsverhältnisse reichen von trocken bis feucht. Der tiefschwarze Oberboden ist meist mächtig, ihre Nutzbarkeit in der Landwirtschaft hängt vom aktuellen Grundwasserspiegel ab. Die Feuchtschwarzerden sind oft sehr fruchtbare Böden und werden meist als Ackerland genutzt.



Gley, Moor

Bei beiden Böden handelt es sich um stark wasserbeeinflusste Bodentypen. Gleye sind Böden, die bei dauerhaft hohem Grundwasser entstehen und eine typische gräulich und bläuliche Färbung und Fleckung aufweisen. Moore entstehen, wenn große Mengen abgestorbener Pflanzenreste durch Sauerstoffmangel aufgrund von Wasserüberschuss nicht abgebaut werden können. Es entsteht Torf, je nach Bildungsbedingungen unterscheidet man Niedermoores und Hochmoore. Diese Böden sind aufgrund ihrer Wasserhältnisse nur mit Einschränkungen nutzbar, sind aber ein schützenswertes Biotop für Fauna und Flora.



Kolluvium

Bodenmaterial, das sich aufgrund der Schwerkraft hangabwärts bewegt bzw. in Mulden abgelagert wird, bezeichnet man als Kolluvium. Es handelt sich dabei um Schüttungsböden, die durch natürliche Verlagerung entstanden sind. Dieses Bodenmaterial kann einerseits das Ausgangsmaterial für weitere Bodenbildung darstellen oder in geringeren Mengen bereits vorhandene Böden überlagern.



Kulturröhboden

Kulturröhböden entstehen zumeist aus Tschernosemen, die durch langanhaltende menschliche Bearbeitung und/oder Erosion Humus verloren haben. Im Vergleich zu Rohböden (also Böden, die erst am Beginn der Bodenbildung stehen) sind Kulturröhböden allerdings tiefergründiger, sie bieten gute Voraussetzungen für den Weinbau und sind mittel- bis geringwertige Acker- und Grünlandstandorte.



Paratschernosem

Paratschernoseme zählen zur Bodengruppe der Schwarzerden. Sein Aufbau gleicht jenem eines Tschernosems, allerdings ist das Ausgangsmaterial kalkfreies, feines Lockermaterial, beispielsweise silikatisches, feines Schwemmmaterial oder Flugsand. Diese Böden sind meist locker oder lose gelagert und im Allgemeinen eher trockene Standorte. Es handelt sich um sehr fruchtbare Böden, die aber je nach Hangneigung und -länge sehr erosionsanfällig sein können.

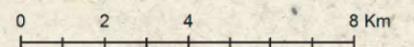


Tschernosem

Tschernoseme sind typische Böden des Steppenklimas. Durch die nach der Eiszeit herrschenden Klimabedingungen mit ausgeprägter Trockenheit im Sommer und kalten Wintern wurde das Pflanzenmaterial der steppenartigen Vegetation nur unzureichend abgebaut. Es lagerte sich an der Oberfläche ab und entwickelte den für Tschernoseme typischen, mächtigen Humushorizont. Die Bezeichnung Tschernosem kommt aus dem Russischen und bedeutet Schwarzerde, deswegen werden diese Böden auch bei uns als Schwarzerde bezeichnet. Tiefgründige Tschernoseme zählen zu den fruchtbarsten Böden in Österreich.



Versiegelte Fläche



Datengrundlage: BFW, Till 1937, Land NÖ, Projekt Hydrobod Land NÖ; Bodenprofile Bildler: wpa, H. Eder, Inhaltliche Gestaltung: R. Hölzl, P. Strauss, W. W. Wenzel, E. Leitgeb, G. Aust, M. Englisch, KOMUNITAS OG, 2016; Im Auftrag der NÖ Agrarbezirksbehörde; Projektleitung: E. Szlezak



Technisches Büro für Landschaftsplanung und Landschaftspflege
DI. Gerald BENZ
A-1120, Münchenstraße 14/11
tel: 01/804 88 92
email: gbenz@via.at



Technisches Büro für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft
DI. Albert SCHWINGSHANDL
A-1160, Hasnerstraße 98/1-2
tel: 01/494 16 87
fax: 01/494 18 87
email: office@riocom.at
web: www.riocom.at