

Historische Hydromorphologie und Geländetopografie der Wiener Donau-Auen

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplomingenieur

Am Departement für Wasser, Atmosphäre und Umwelt,
Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement

Verfasst und eingereicht von:

Mathew Herrnegger

Betreuer: Ao. Univ. Prof. DI Dr. Susanne Muhar und
DI Severin Hohensinner

9916125

Wien 31.05.2007

Abstract

Historical Hydromorphology and Terrain Topography of the alluvial Danube River landscape of Vienna

Based on a Digital Terrain Model (DTM) the historical and near-natural alluvial Danube River and its floodplains around 1849 are studied. The area analysed is located within the borders of Vienna City and covers an 18 km long stretch of the course of the Danube.

The aim is to derive hydromorphological parameters at different water levels of the Danube in order to describe the characteristic historical terrain topography and river ecosystem prior to its channelisation in 1870 - 1875. The data obtained is used to compare the situation with the Austrian Machland in the border region between Upper- and Lower Austria around the year 1812, in order to highlight the natural differences or similarities of both Danube landscapes before the river straightening measures. In addition, the historical situation is compared to the present state, in order to show the hydromorphological deficits due to the effects of human activities and interferences during past centuries. The results show that a comparison can be drawn between the historical river landscapes of the Machland and Vienna. Nevertheless, some of the analysed parameters vary substantially due to the differing basic natural conditions. As a consequence of the extensive developments the area of the historical Viennese floodplain forests is marked by significant, artificial mass movements and topographic change. The comparison with the current data shows that there are considerable deficits regarding the level of the groundwater table in the nearby Lobau floodplain, the missing of gravel bars and an intensive reduction of the hydrological connectivity. Furthermore the water level fluctuations ("flow pulse") are negligible and show the absence of fluvial dynamics due to the various human impacts.

Kurzfassung

Historische Hydromorphologie und Geländetopografie der Wiener Donau- Auen

Auf Grundlage eines digitalen Geländemodells (DGM) wird die historische, weitgehend natürliche Donau und ihre Flusslandschaft im Jahr 1849 untersucht. Das bearbeitete Gebiet liegt im Stadtgebiet Wiens und umfasst einen 18 km langen Donauabschnitt. Ziel der Arbeit ist die Ermittlung hydromorphologischer Parameter, um die ehemals flusstypische Ausprägung und Geländetopografie des Gewässerlebensraumes bei unterschiedlichen charakteristischen Wasserständen der Donau vor der Regulierung 1870 – 1875 zu beschreiben. Mit den gewonnenen Daten für die Situation bei Wien 1849 wird ein Vergleich mit dem Machland 1812 im Grenzgebiet zwischen Ober- und Niederösterreich angestellt, um auf natürliche Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der beiden Donau-Flusslandschaften vor der Regulierung schließen zu können. Weiters wird der historische Zustand mit dem Ist-Zustand im Untersuchungsgebiet verglichen, um Defizite bezüglich der hydromorphologischen Verhältnisse aufgrund menschlicher Eingriffe aufzuzeigen. Die Ergebnisse zeigen, dass die historischen Flusslandschaften im Machland und in Wien durchaus vergleichbar sind. Einige der untersuchten Parameter unterscheiden sich jedoch aufgrund der unterschiedlichen naturräumlichen Rahmenbedingungen erheblich. Als Folge der intensiven städtebaulichen Entwicklung ist der Bereich des ehemaligen Wiener Auegebietes durch wesentlich größere, künstlich verursachte Massenbewegungen und somit topografischen Veränderungen gekennzeichnet. Der Vergleich mit der aktuellen Situation zeigt erhebliche Defizite betreffend den Grundwasserspiegel im angrenzenden Auegebiet der Lobau, das Fehlen von Sedimentflächen und eine intensive Reduktion der Gewässervernetzung. Weiters ist heute die Ausdehnung der Wasserfläche bei steigendem Wasserstand („Flow pulse“) vernachlässigbar und verdeutlicht das Fehlen einer hydrologischen Dynamik aufgrund der zahlreichen anthropogenen Eingriffe.

Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen des vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (BMWF) finanzierten proVISION-Forschungsprojektes „*Optima Lobau*“ durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Arbeit liefern einen wesentlichen Beitrag zum Arbeitspaket „*Interdisciplinary analyses of pre-regulation dynamics, landscape features and human interferences*“ mit besonderem Schwerpunkt hinsichtlich der natürlichen bzw. naturnahen Geländetopografie der Donau-Auen im Wiener Raum. Zusätzliche Verwendung findet diese Arbeit in der Forschungs-Bildungs-Kooperation – einem integralen Bestandteil des Projektes Optima Lobau – mit der MA 49 (Forstamt und Landwirtschaftsbetrieb der Stadt Wien). Die ausgearbeiteten analogen und digitalen Daten dieser Diplomarbeit (Karten, digitales Geländemodell, Animationen und Informationen) stehen der MA 49 für die anschauliche Darstellung der Wiener Donau-Auen im Zustand vor der Regulierung 1870 – 1875 im Nationalparkhaus Wien-Lobau zur Verfügung.

Für die Finanzierung dieser Arbeit durch das BMWF sei an dieser Stelle herzlich gedankt, ebenso den zahlreichen Institutionen, die dafür umfangreiche digitale Grundlagen zur Verfügung gestellt haben: MA 29 – Brückenbau und Grundbau, MA 41 – Stadtvermessung, MA – 45 Wasserbau, MA 49 – Forstamt und Landwirtschaftsbetrieb der Stadt Wien sowie via donau (Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH).

An dieser Stelle möchte ich auch all jenen danken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Ganz besonderen Dank gebührt DI Severin Hohensinner, der durch seine hilfreiche Betreuung, seinen Ideen und Bemühungen stets zur Verbesserung der Arbeit beitragen hat.

Weiters bedanke ich mich bei
meiner Freundin Ramona Jäger, die mir durch ihre liebevolle Art immer
Kraft geben konnte,
meinen Eltern, auf deren Unterstützung ich immer vertrauen kann,
meinen Freunden und Kollegen, durch die meine Studienzeit erst so
schön geworden ist, wie sie war, und schließlich
Ekira, durch die ich die Donau als etwas Besonderes kennen gelernt
habe.

Mathew Herrnegger,
Wien im Juni 2007

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Zielsetzung und Aufgabenstellung	3
3	Untersuchungsgebiet	5
4	Regulierungsgeschichte der Donau im Wiener Raum bis 1875	11
5	Grundlagen	18
5.1	Kartenwerke	18
5.1.1	Erklärung zum „Lage- und Schichtenplan des Donaugeländes bei Wien 1849“	20
5.2	Hydrologische Grundlagen	25
5.2.1	Pegelnullpunkte	25
5.2.2	Charakteristischen Wasserstände	30
6	Methodik	37
6.1	Erstellung des Digitalen Geländemodells	37
6.1.1	Georeferenzierung der historischen Kartenwerke	37
6.1.2	Modellierung der Geländeoberfläche	42
6.1.3	Modellierung der Sohle	45
6.1.4	Modellierung der charakteristischen Wasserstände	48
6.1.5	Auswertungen auf Basis des DGMS	55
7	Ergebnisse	63
7.1	Wasserflächen	64
7.2	Sedimentflächen	66
7.3	Aktive Gerinne (active channels)	67
7.4	Uferlinien	68
7.5	Flurabstände	71
7.6	Überflutungshöhen	81
7.7	Massenumlagerung	87
7.8	Wasserspiegel- und Sohlgefälle	92

7.9	Wasserbauten	94
8	Diskussion der Ergebnisse	95
8.1	Vergleich mit dem Machland 1812 und mit dem aktuellen Zustand	97
8.1.1	Wasserflächen	100
8.1.2	Sedimentflächen	106
8.1.3	Aktive Gerinne (active channels)	109
8.1.4	Uferlinien	111
8.1.5	Flurabstände	113
8.1.6	Überflutungshöhen	117
8.1.7	Massenumlagerung	120
8.2	Aktuelle Defizite	123
9	Zusammenfassung	125
10	Verzeichnisse	129
10.1	Tabellenverzeichnis	129
10.2	Abbildungsverzeichnis	131
10.3	Literaturverzeichnis	135
10.4	Kartenverzeichnis	140
10.4.1	Historische Referenzen	140
10.4.2	Aktuelle Referenzen	141
11	Anhang	142

1 Einleitung

In den Jahren 1870 bis 1875 wurde die erste große systematische Donauregulierung bei Wien durchgeführt. Im Zuge dieser umfangreichen Bauarbeiten wurde intensiv in die Flusslandschaft der Donau eingegriffen und dessen weitgehend natürlicher Charakter erheblich beeinträchtigt. Vor der Regulierung war die Donau bei Wien durch unzählige Flussarme, zahlreiche Schotterbänke und Inseln gekennzeichnet und wies somit eine große Vielfalt aquatischer, semi-aquatischer und terrestrischer Habitate auf.

Nicht nur bei Wien, sondern beinahe im gesamten Lauf wurde die Donau in den folgenden Jahrzehnten für die Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse, zur Energiegewinnung und aus Gründen des Hochwasserschutzes in ihrer lateralen Ausdehnung und im Längsverlauf wesentlich eingeengt bzw. verändert.

Als Folge dieser menschlichen Eingriffe sind heute kaum mehr natürliche oder zumindest naturnahe Donauabschnitte vorhanden, welche als Referenzstrecken für Rückbaumaßnahmen herangezogen werden können. Neue gesetzliche Vorgaben verlangen allerdings als Grundlage für die Planung derartiger Maßnahmen ein Leitbild, das als Zielvorgabe für deren Durchführung und anschließendem Monitoring dient (vgl. EU Wasserrahmenrichtlinie; EU 2000). Durch das Fehlen natürlicher Referenzabschnitte ist man somit u. A. auf die Analyse von historischen Quellen angewiesen, um morphologische Charakteristika, wie z.B. die Ausdehnung, Ausbildung der Uferlinien oder Tiefenverteilungen von naturnahen Gewässern vor den großen systematischen Eingriffen durch den Menschen zu beschreiben (JUNGWIRTH et al. 2003).

Der großen Wiener Donauregulierung ging eine Bestandsaufnahme des Stromes von Klosterneuburg bis Schwechat voraus, die 1849 von der ersten Donau-Regulierungs-Kommission in Auftrag gegeben wurde. Ergebnisse dieser hydrotechnischen Vermessung dienten bei der

vorliegenden Arbeit als wichtigste Grundlage für die Erstellung eines Digitalen Geländemodells (DGM), das für die anschließenden Analysen und Berechnungen verwendet wurde. Die Ergebnisse ermöglichen Rückschlüsse hinsichtlich flussmorphologischer, topografischer und gewässerökologischer Charakteristika der naturnahen Donau, und stellen daher wertvolle Grundlagendaten für heute nicht mehr vorhandene aquatische und semi-aquatische Lebensräume eines österreichischen Donau-Augebietes dar.

Durch die Verwendung eines Digitalen Geländemodells als Grundlage für die Analysen ist es zudem möglich die Auswertungen und Analysen für verschiedene charakteristische Wasserstände durchzuführen und geht daher weit über die Möglichkeiten einer rein zweidimensionalen Rekonstruktion hinaus.

Neben den flussmorphologischen Analysen wurden auch eine Reihe von Karten und einige Animationen der ehemaligen Flusslandschaft erstellt, um die Situation bei unterschiedlichen Wasserständen darzustellen und die damaligen Geländebeziehungen ansprechend zu visualisieren.

2 Zielsetzung und Aufgabenstellung

Derzeit bestehen an der österreichischen Donau nur mehr zwei freie Fließstrecken, jene in der Durchbruchsstrecke der Wachau (ca. 40 km Länge) und jene im Bereich des Nationalparks Donau-Auen östlich von Wien (ca. 50 km Länge). Die übrigen Donauabschnitte werden in Österreich energiewirtschaftlich genutzt (JUNGWIRTH et al. 2003). Aber auch die beiden verbliebenen Fließstrecken wurden bereits im 19. Jhd. reguliert, wobei die Nebengewässer der Donau im Nationalpark Donau-Auen größtenteils vom Hauptstrom abgetrennt wurden.

Die systematische Regulierung der Donau seit dem 19. Jahrhundert hat zur Folge, dass heute das Wissen hinsichtlich der natürlichen flussmorphologischen und gewässerökologischen Ausprägung der Donau-Aulandschaften begrenzt ist.

Während es mittlerweile mehrere detaillierte Studien bzgl. der natürlichen morphologischen Ausprägung von Donau-Augebieten basierend auf der zweidimensionalen Auswertung historischer Kartenwerke gibt, liegen hinsichtlich der ehemaligen Höhenverhältnisse (Höhe des Augeländes relativ zum Wasserspiegel, Wasserstände, Überflutungstiefen, Grundwasserspiegellagen, Flurabstände, ...) weitaus weniger zuverlässige Informationen vor (HOHENSINNER et al. 2004, 2005a, EBERSTALLER-FLEISCHANDERL & HOHENSINNER 2004, PISÚT 2002). Bisher existieren nur vom östlichen Machland (Wallsee – Ardagger) genauere Auswertungen der vertikalen Ausprägung einer Donau-Flusslandschaft (Hohensinner et al. in press).

Um dieses Wissensdefizit zu vermindern besteht die primäre Aufgabe dieser Arbeit in der Rekonstruktion einer alluvialen Donaulandschaft vor der systematischen Regulierung als Digitales Geländemodell (DGM). Auf Basis der verfügbaren historischen Aufzeichnungen wurden für diese Arbeit die Donau-Auen bei Wien im Jahr 1849 ausgewählt. Zudem wurden mehrere hydrologische Situationen bei charakteristischen Wasserständen

rekonstruiert um Aussagen über die ehemaligen hydromorphologischen Bedingungen in diesem Lebensraum bei unterschiedlicher Donauwasserführung treffen zu können.

Die Ergebnisse dieser Arbeit dienen dazu, den aktuellen Wissenstand über die natürliche bzw. naturnahe Geländetopografie, Gewässervernetzung, prägende flussmorphologische Strukturen und Gewässerlebensräume, aufgezeigt am Beispiel der Donau bei Wien, zu verbessern. Außerdem bieten sie wertvolle Grundlagen für die Beurteilung der aktuellen Situation in ähnlichen Auegebieten der österreichischen Donau und zur vergleichenden Analyse mit historischen Referenzdaten aus anderen Donauabschnitten. Daher werden die Ergebnisse mit aktuellen Daten aus demselben Gebiet bzw. der Wiener Lobau verglichen um so den tiefgreifenden Wandel der naturräumlichen Verhältnisse zu dokumentieren. Ebenso wird ein Vergleich mit historischen Auswertungen vom öö./nö. Machland bezogen auf das Jahr 1812 durchgeführt, um darüber Aufschluss zu erhalten, inwiefern sich diese beiden Auegebiete in ihrem weitgehend naturnahen Zustand voneinander unterscheiden.

3 Untersuchungsgebiet

Der gesamte bearbeitete Donauabschnitt liegt im Stadtgebiet von Wien und reicht vom heutigen Kuchelauer Hafen bei Klosterneuburg bis zur Einmündung des Alberner Hafens (Strom-km 1937 – 1919). Er ist somit 18 Kilometer lang und weist eine Fläche von 99,5 km² auf. Der höchste Punkt des Bearbeitungsgebiets liegt auf 208 müA und die tiefste Stelle auf 145,2 müA.

Die Ausdehnung des DGMs/Bearbeitungsgebietes und in weiterer Folge die Größe des Untersuchungsgebietes war durch die Ausdehnung des „Lage- und Schichtenplanes der Donau bei Wien 1849“ bestimmt.

Geologisch gesehen wird das Untersuchungsgebiet und somit auch die Zone der rezenten Mäander (entspricht dem gesamten Augebiet) im Nordosten (linksufrig) von der Praterterasse und im Südwesten (rechtusufrig) großteils von der Stadterrasse begrenzt. Im Nordwesten (Bereich der „Wiener Pforte“ bei Nußdorf und Kahlenberger Dorf) wird das untersuchte Gebiet vom Tertiär des Wiener Beckens und der Flyschzone begrenzt (GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT 2003).

Der untersuchte Donauabschnitt ist stark vom hydrologischen Regime der großen alpinen Zubringern Inn, Traun, Enns und Ybbs, welche ursprünglich hohe Geschiebe- und Schwebstofffrachten aufwiesen, geprägt (SCHIMPF & HARREITER 2001, SCHMAUTZ et al. 2000).

Die Abflussmaxima treten generell im Frühjahr/Sommer aufgrund der Schneeschmelze auf. Historisch (1829-1848) entsprachen die hydrologischen Verhältnisse einem komplexen winternivalen Regime mit ausgeglichenem Charakter im Jahresverlauf. Durch anthropogene und auch klimatische Einflüsse haben sich die hydrologischen Rahmenbedingungen verändert, und die Donau bei Wien weist nunmehr ein komplexes winternivales Regime mit deutlichem Charakter im Jahresverlauf auf (MADER et al. 1996, HOHENSINNER unveröffentlichtes Manuskript).

Tabelle 1 zeigt charakteristische Kenngrößen bzgl. der Hydrologie und des Feststoffhaushaltes für die Donau bei Wien.

Einzugsgebietsgröße	km ²	102.000
Flussordnungszahl		9
Regulierungsniederwasser RNQ (1961-1990)	m ³ /sec	910
Mittelwasser MQ (in m ³ /s) (1961-1990)	m ³ /sec	1.915
sommerliches Mittelwasser SMQ (1949-1999)	m ³ /sec	2.270
1-jährliches-Hochwasser HQ ₁ (Stand 2000)	m ³ /sec	5.290
mittleres jährliches Hochwasser MJHQ (Stand 2000)	m ³ /sec	5.820
10-jährliches Hochwasser HQ ₁₀ (Stand 2000)	m ³ /sec	7.300
100-jährliches Hochwasser HQ ₁₀₀ (Stand 2000)	m ³ /sec	10.400
Historische mittlere jährliche Geschiebefracht (vor 1850)	m ³ /Jahr	>500.000
Aktuelle mittlere jährliche Geschiebefracht (Stand 2001)	m ³ /Jahr	0
Historische mittlere jährliche Schwebstofffracht (1878-1884)	t/Jahr	5.600.000
Aktuelle mittlere jährliche Schwebstofffracht (1982-1991)	t/Jahr	3.200.000

Tabelle 1 Charakteristische Kenngrößen der Donau bei Wien (Quellen: via Donau (WSD), Digitaler hydrologischer Atlas Österreichs, Hydrographisches Zentralbüro, Schimpf & Harreiter 2001, Schmutz et al. 2000, Nachtnebel et al 1998, Penk 1890, unveröffentlichte Zusammenstellung Hohensinner)

Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Gebieten zu gewährleisten (z.B. Machland 1812 und Lobau aktuell) wurde innerhalb des gesamten Bearbeitungsgebietes (Grenzen DGM) zusätzlich der Hauptstrom, die aktive Zone und das gesamte Auegebiet unterschieden (siehe Abbildung 1)

Die kleinste Abgrenzung ist die des Hauptstromes. Sie umfasst das aktive Gerinne (= Wasser- und Sedimentflächen) jenes Flussarmes in dem der Stromstrich (= historische Naufahrts-/Talfahrtslinie) verläuft.

Die aktive Zone beinhaltet das aktive Flussarmsystem (Gewässer und unbewachsene Schotter-/Sandflächen, bewachsene Inseln und das angrenzende morphologisch junge Augebiet). Es entspricht somit dem jüngsten Bereich der Auenlandschaft, welcher sich unter den klimatischen und hydrologischen Bedingungen der Neuzeit, zumindest aber innerhalb der letzten 300 Jahre, morphologisch dynamisch entwickelt hat. Als Beginn der Neuzeit wird hier das größte Donau-Hochwasser des letzten Jahrtausends im Jahr 1501 („Himmelfahrtsgieß“) angenommen, bei welchem vermutlich der Großteil der Auenlandschaft erheblich überprägt wurde (sozusagen ein „Reset“ in der morphologischen Auenentwicklung).

Die größte Abgrenzung für die Analysen entspricht schließlich dem gesamten Augebiet, das als flussgeprägtes Umland / Alluvion definiert wird. Sie orientiert sich im Wesentlichen an der Abgrenzung der Zone der rezenten Mäander (GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT 2003: Karte Terrassenverbreitung – abgedeckte Karte, Beilage 6; FUCHS 1985). Charakteristische Gewässerelemente im letztgenannten Bereich außerhalb der aktiven Zone sind episodisch durchflossene Altarme aber auch Autümpel, deren flächenmäßiger Anteil jedoch sehr gering ist.

Da die Bereiche flussauf von Nußdorf schon früh verändert wurden (siehe Kapitel 4 Regulierungsgeschichte der Donau im Wiener Raum bis 1875), und zudem durch die Wiener Pforte die Entwicklung des Augebietes beschränkt war, wurde der eigentliche Untersuchungsbereich oberstromig bei Nußdorf begrenzt. Diese flussauf gelegene Begrenzung erfolgte möglichst rechtwinkelig zur Längsachse des Bearbeitungsgebietes. Flussab wurde das eigentliche Untersuchungsgebiet ebenfalls rechtwinkelig zum Flusskorridor auf Höhe von Kaiser Ebersdorf abgeschnitten, um so für andere Flussabschnitte vergleichbare Ergebnisse zu erhalten (siehe Abbildung 1, Karte „Geländetopographie und Untersuchungsgebiete im Anhang“).

Die Abgrenzung der einzelnen Teiluntersuchungsgebiete erfolgte mittels folgender Grundlageninformation:

- Digitaler angewandter Geo-Atlas der Stadt Wien (HOFMANN, PFLEIDERER & STÜRMER 2003)
- Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt Nr. 59 Wien, (FUCHS 1985)
- Geologische Karte der Stadt Wien (BRIX 1972)
- Geomorphodynamik der Wiener Innenstadt (GRUPPE & JAWECKI 2005)
- diverse historische Karten ab 1663 (unterschiedliche Autoren)
- Hydrotechnische Vermessung der Donau bei Wien (KAZDA 1849) bzw. Lage- und Schichtenplan des Donaugeländes bei Wien (KILLIAN)
- Plastische Darstellung der Donau bei Wien (DROBNY & STREFFLEUR 1849)
- aktuelles Geländemodell der Stadt Wien (MA 41)
- Mehrzweckkarte der Stadt Wien (MA 41)
- Informationen zur historischen Entwicklung der angrenzenden Ortschaften (Ortschroniken)

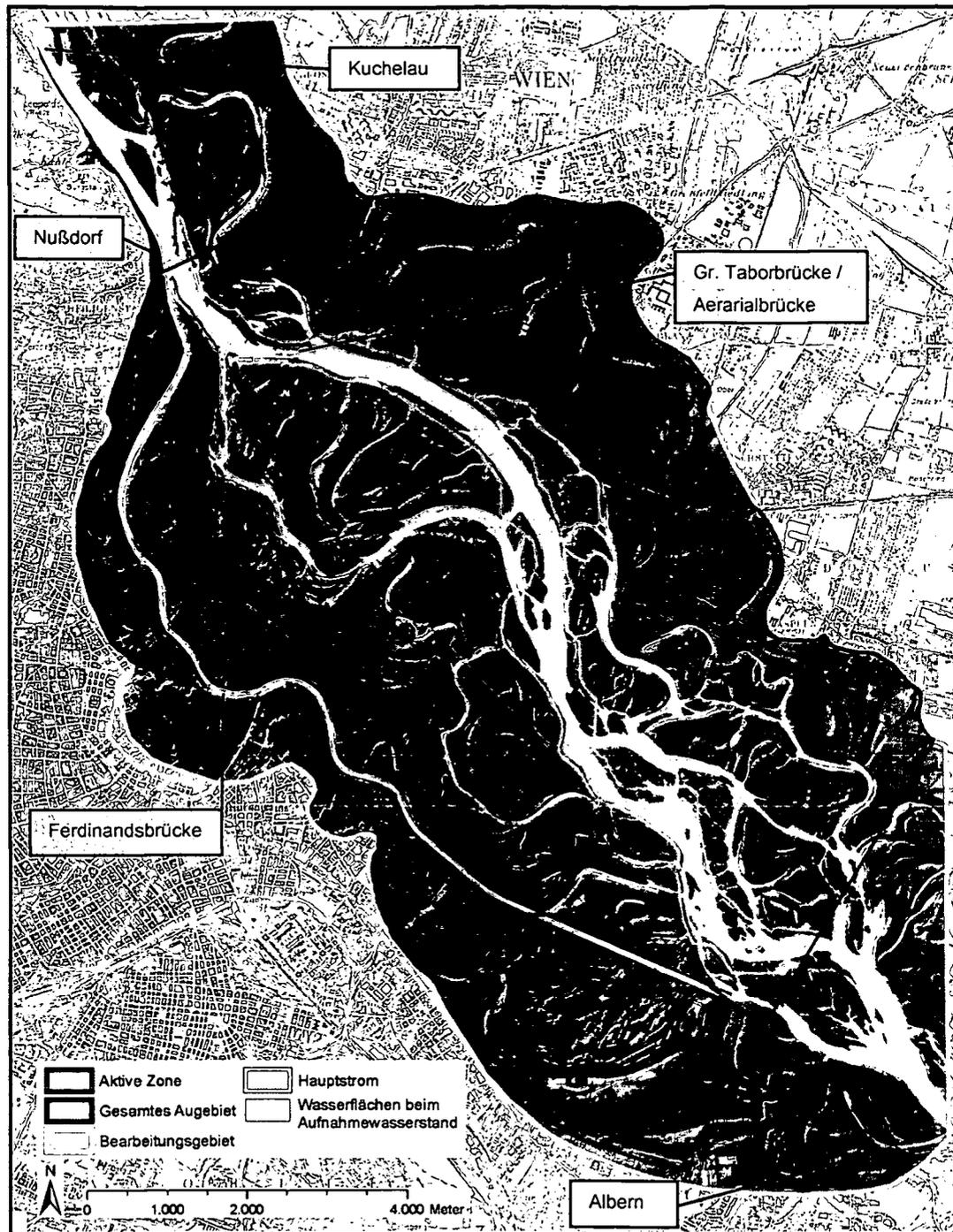


Abbildung 1 : Bearbeitungsgebiet/DGM mit den untersuchten Gebieten: gesamtes Auegebiet, aktive Zone (AZ) und Hauptstrom (Hintergrund: ÖK50, BEV)

	Haupt- strom	Aktive Zone	Gesamtes Augebiet	Bearbeitungs- gebiet
Fläche in km ²	6,41	52,17	77,21	99,47
Fläche in Ha	641	5217	7721	9947
Strom-km		1933,5 - 1921,7		1937 – 1919
Lauflänge in km	11,8	11,8	11,8	
Talachse* in km	11,6	11,6	11,6	-
min. Breite in m	-	1490	2820	-
max. Breite in m	-	5650	8640	-
mittlere Breite in m	-	4590	6690	-

Tabelle 2 Kenngrößen der Teiluntersuchungsgebiete, * Talachse = Luftlinie

4 Regulierungsgeschichte der Donau im Wiener Raum bis 1875

Die Geschichte Wiens ist eng mit der Donau verbunden. Schon das römische Legionslager Vindobona dürfte den Übergang einer alten Handelsstraße über die Donau kontrolliert haben, denn der Strom, der sich nach dem Durchgang durch die „Wiener Pforte“, dem Durchbruch zwischen dem Leopoldberg und Bisamberg, in mehrere Arme geteilt hat, war hier weniger tief und konnte leichter überquert werden als an anderen Stellen. Das römische Lager wurde auf der elf Meter über der Flussniederung gelegenen Stadterrasse angelegt.

In jener Zeit floss der Donauhauptstrom hart am Rande des Hochgestades vorbei und erst um die Wende von 12. zum 13. Jahrhundert machte sich erstmals eine Tendenz des Donaulaufes bemerkbar, von Wien abzurücken und sein Hauptbett in Richtung Nordosten zu verlegen. Ein immer größerer Anteil des Wassers floss ab dieser Zeit in den weiter nördlich gelegenen Armen (BUCHMANN et al. 1984).

Das im Jahre 1221 verliehene Stadt- und Stapelrecht begründete den Wohlstand Wiens. Dieses Recht machte den Wiener Hafen im 13. und 14. Jahrhundert zum bedeutendsten Umschlagplatz an der Donau. Durch die verminderte Wasserführung im Wiener Arm (heutiger Donaukanal) drohte vor allem bei niedrigen Wasserständen die Schiffbarkeit nicht mehr gewährleistet zu sein, was die Existenz der Stadt stark bedrohte. Weiters drohte der Arm immer mehr zu verlanden, was auf die hohe Geschiebefracht der Donau als auch der Zuflüsse, die sich im Oberlauf des Wiener Arms befanden, zurückzuführen war.

Aus jener Zeit stammt auch das älteste gesicherte Zeugnis von Baggerarbeiten. Es wurden weitere Versuche unternommen um diese Lebensader zu erhalten, doch bis ins 16. Jahrhundert hielten sich diese sporadischen Eingriffe in sehr bescheidenen Rahmen.

Im 16. Jahrhundert wurden mit wechselndem Einsatz und Erfolg erste Versuche unternommen, mehr Wasser in den Wiener Arm zu leiten, um so eine Austrocknung zu verhindern und die Schiffbarkeit zu erhalten. Dies geschah durch den Bau eines Teilungsbauwerkes bei Nußdorf – die so genannte Schere – und Sporne am gegenüberliegenden Ufer. Diese sollten den Hauptstromstrich an die Einmündung drängen, um so die Wassermassen in den Wiener Arm zu lenken. Die Folge war jedoch eine noch stärkere Versandung, da mit dem erhöhten Zufluss auch mehr Geschiebe in den Arm gelangte. Aufgrund der Verminderung des Gefälles, der Fließgeschwindigkeit und somit der Schleppspannung setzte sich nach einigen hundert Metern mehr Geschiebe ab und im Jahre 1667 konnte der Wiener Arm sogar trockenen Fußes überquert werden.

Weiters verursachten diese wasserbaulichen Eingriffe bei Hochwasser einen unerwünschten Aufstau und führten zu Überschwemmungen (BUCHMANN et al. 1984, MOHILLA & MICHELMAYR 1996).

In den Jahren 1696 bis 1703 wurde die Einmündung des Wiener Arms künstlich mit einem über 1100 Meter langem Durchstich verlegt. Der frühere Nußdorfer Arm (entlang der heutigen Heiligenstädter Straße bis zur Döblingerbach-Mündung) wurde abgedämmt. Diese neu ausgehobene Verbindung, ein „Neu-Canal“, gab dem Wiener Arm den Namen unter dem er heute bekannt ist - Donaukanal.

1714 bis 1726 wurde ebenfalls ein Durchstich im heutigen 3. Wiener Gemeindebezirk angelegt, der die Flussschlinge des Erdberger Maises, die bei einem Hochwasser zu Beginn des 18. Jahrhunderts eingerissen war, abkürzte. Die Reste des Prallhanges, der von dieser Flussschlinge erhalten ist, befinden sich in der Ecke zwischen der heutigen Maiselgasse und Baumgasse. Diese Geländekante stellt das Naturdenkmal Nr. 752 Donauprallhang dar (MA 22 2006) (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2 : Verlauf der Flussschlinge des Erdberger Maises mit heutigem Naturdenkmal Donauprallhang; der Donaukanal-Durchstich ist im DGM von 1849 gut zu erkennen. Weiters ist unterhalb des Lusthauses die alte Ausmündung des Donaukanals zu erkennen.

Das Jahr 1797 markiert den Beginn der systematischen Donaukanalregulierung. Die Breite wurde einheitlich mit 51,2 Metern festgelegt (Höhe des Nullwasserspiegels).

Sein kanalartiges Aussehen erhielt der frühere „Wiener Arm“ allerdings erst ab 1818, da die Ufer keine scharfen Krümmungen und Einbuchtungen mehr aufwiesen und mit ihrer gleichmäßigen Böschung (im Verhältnis 1:3) den Eindruck eines künstlichen Durchstiches vermitteln. Es gelang jedoch nicht in allen Abschnitten die Ufer parallel zu ziehen. Die Uferabstände schwankten zwischen 43,5 und 55 Metern. Erst im Zuge der großen Donauregulierung wurde der Breite auf ca. 53 Meter gebracht und seine Tiefe – vorher zwischen 1,18 und 2,2 Metern – mit 2,53 normiert.

Der stark verwilderte Unterlauf, der zu dieser Zeit immer noch am Lusthaus vorbeizog, blieb vorerst von den Regulierungen ausgespart. Erst 1832 bis 1834 erhielt dieser einen 3800 Meter langen Durchstich, der die Freudenau von der Simmeringer Haide abtrennte und von nun an mit dem Prater verband (BUCHMANN et al 1984).

Bis zum Beginn des 18. Jahrhunderts beschränkten sich die Wasserbauten im Raum Wien auf Bemühungen, den Donaukanal schiffbar zu erhalten. Erst im Zuge von Bauarbeiten wurde in den 80er Jahren des 18. Jahrhunderts von Hubert entlang der linken Donauufers der so genannte Hubert'sche Damm zum Schutz des Marchfeldes gegen Hochwässer errichtet. Zur weiteren Sicherung des linken Ufers wurde insgesamt 54 Sporne angelegt und die Schwarze Lacke abgedämmt.

Das katastrophale Allerheiligenhochwasser des Jahres 1787 durchbrach jedoch an mehreren Stellen den Hochwasserschutzdamm, und es wurde die linke Talseite der Donau auf eine Breite von etwa 15 Kilometer überflutet und viele Ortschaften zerstört. (BUCHMANN et al 1984; MOHILLA & MICHLMAYR 1996, WEX 1875).

Erst ab 1819 wurde nach vorangehenden hydrotechnischen Erhebungen und Aufnahmen die Regulierung der Donau durch Uferbefestigungen und gezieltes Abtrennen von Seitenarmen verstärkt in Angriff genommen.

Ziel dieser Regulierungsbauten war unter anderem die Verhinderung von Hochwässern, die durch Eisstoß hervorgerufen wurden. Diese traten auf, wenn sich Eisschollen aufgrund der unregelmäßigen Uferverläufe und Hindernissen im Strom verkeilten, und sich bis zum Grund aufstapelten. Diese Eisstöße konnten so anwachsen, dass es zu einem Rückstau und den damit verbundenen Überschwemmungen kam.

Diese Initiativen und Maßnahmen waren in ihrer Ausdehnung jedoch noch zu beschränkt und nicht aufeinander abgestimmt, um Erfolge zu erzielen (WEX 1875, PASETTI 1862, EBERSTALLER-FLEISCHANDERL & HOHENSINNER 2004).

Ende Februar 1830 ereignete sich eine durch Eisstoß hervorgerufene Überschwemmungskatastrophe, die erhebliche Verwüstungen anrichtete und 74 Menschenleben forderte. Teile der Vorstädte Roßau, Leopoldstadt, Weißgerber und Erdberg wurden bis zu 2 m überflutet (KAZDA 1849, SARTORI 1830, BUCHMANN et al. 1984).

Diese Katastrophe gab den Anstoß zu einer systematischeren Herangehensweise und in den kommenden Jahren und Jahrzehnten

wurden viele Strecken des linken und rechten Ufers durch Längsbauten aus Steinschüttungen fixiert. Weiters wurden die rechtsufrigen Hochwasserschutzdämme, die ebenfalls durch das Hochwasser von 1830 stark beschädigt waren, ausgebessert, verlängert oder erhöht. Weiters ist die Verstärkung des Hubert'schen Dammes von Langenzersdorf bis Nußdorf, und die Verlängerung desselben von Jedlersee bis hin zur Nordbahnbrücke erwähnenswert.



Abbildung 3 : Überflutungshöhen des Eisstoßhochwassers von 1830 basierend auf dem rekonstruierten digitalen Geländemodell der Situation im Jahr 1849.

1849 veranlasste der Minister für Handel, Gewerbe und öffentliche Bauten, Karl Ludwig Freiherr von Bruck, die Einsetzung der ersten Donauregulierungskommission, die sich mit den Problemen der Donauregulierung auseinandersetzen sollte (vgl. 5.1.1 Erklärung zum „Lage- und Schichtenplan des Donaugeländes bei Wien 1849““, MOHILLA & MICHELMAYR 1996).

1850 wurde die untere Mündung des Donaukanals zusätzlich mit einem Leitwerk versehen, welches den Hauptarm der Donau weiter nach links ablenken sollte, um die Schiffbarkeit des Kanals zu verbessern und den

Aufstau von Eismassen zu verhindern (EBERSTALLER-FLEISCHANDERL & HOHENSINNER 2004).

Die neuerlichen Überschwemmungen der Jahre 1850 und 1862 zeigten allerdings, dass die Gefahr der Hochwässer noch nicht gebannt war. Die Regierung und auch die Gemeinde Wien mussten jährlich ausgedehnte und sehr kostspielige Sicherheitsvorkehrungen treffen, um bei den Überschwemmungen wenigstens die in Gefahr befindlichen Menschen zu retten. Neben der Zerstörung bedeutender Eigentumswerte, führte die stetige Feuchtigkeit in den Kellern und Gebäuden der überschwemmten Gebieten der tiefer liegenden Vorstädte zu epidemischen Krankheiten, die sich in höher gelegene Teile der Stadt fortpflanzte und viele Menschenleben kostete (WEX 1875).

Solche Zustände konnten in der aufblühenden Residenzstadt (die Bevölkerungszahl wuchs im Zeitraum von 1830 bis 1867 von ca. 400.000 auf über 900.000 um über das doppelte¹ nicht länger geduldet werden, und dies verbunden mit dem Ruf nach Verbesserung der städtischen und flussbaulichen Infrastruktur (Schaffung von Umschlagplätzen, Bau dauerhafter Straßen- und Eisenbahnbrücken) führte schließlich zur Bestellung der neuen Donauregulierungskommission durch den Kaiser im Jahre 1864. Entgegen Bemühungen einzelner Komiteemitglieder das alte Donaubett zu erhalten, die vielen Seitenarme abzdämmen und die Stadt Wien und das Marchfeld durch zusätzliche Dämme vor Überschwemmungen zu schützen, entschied sich die Kommission für die Durchstichvariante. Den Zuschlag für den Bau erhielten vier französische Unternehmer und die Eröffnung des 13,27 Kilometer langen neuen Donaubettes für die Schifffahrt erfolgte 1875. Das neue Strombett wurde 284,5 Meter, das Hochwasserbett 474 Meter breit. Die mittlere Stromtiefe war mit 3,16 Metern festgelegt worden, das Stromgefälle betrug 0,44 ‰. Vor der Regulierung wies die Donau im Bereich zwischen Nußdorf und Albern ein Wasserspiegelgefälle von 0,39 ‰ auf.

¹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Wien#Bev.C3.B6lkerungsentwicklung>

Es mussten zwei Durchstiche vorgenommen werden, der erste mit einer Länge von 6638 Metern zwischen dem Roller und der Stadtlauer Eisenbahnbrücke, und der zweite, 2548 Meter lang, vom Steinsporthafen bis Albern.

Der vor der Donauregulierung schon größtenteils fixierter Verlauf des Donaukanals hatte eine Länge von 14.034 Metern, was bei einem Höhenunterschied von 5,2 Metern ein Gefälle von 0,37 ‰ entsprach. Durch die Donauregulierung, welche den Hauptstrom weiter von der Kanaleinmündung entfernte, musste der Donaukanal in seinem Unterlauf verlängert werden, so dass er heute 17.040 Meter misst, sein Gefälle beträgt 0,38 ‰ (WEX 1875, EBERSTALLER-FLEISCHANDERL & HOHENSINNER 2004, BUCHMANN et al. 1984).

5 Grundlagen

5.1 Kartenwerke

Aufgrund von Ungenauigkeiten, fehlender bzw. unterschiedlicher Informationen in einzelnen Karten und Schwierigkeiten beim Georeferenzieren war es wichtig mehrere Karten als Vergleichsmöglichkeit zu verwenden. Aus folgender Tabelle sind die verwendeten Kartenwerke ersichtlich.

Während der Einarbeitungsphase und dem Georeferenzieren hat sich gezeigt, dass es erhebliche Unterschiede in der inhaltlichen Qualität der Information der unterschiedlichen Kartenwerke gibt. Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die Qualität der verwendeten Kartenwerke und ermöglicht Rückschlüsse, welche Vermessungsoperare für welchen Zweck verwendet wurden.

Informationquelle	Maßstab	Aufnahme- jahr	Quelle / Autor
Aktuelle Referenzen			
Österreichkarte (ÖK50)	1:50.000	aktuell	BEV
Mehrzweckkarte, MA41-Stadtvermessung	1:1.000	aktuell	MA41
Geländemodell, MA41-Stadtvermessung		aktuell	MA41
Digitaler angewandter Geo-Atlas d. Stadt Wien	1:30.00	aktuell	GBA
Historische Referenzen			
Lage- und Schichtenplan des Donaugeländes	1:14.400	1970er?	Killian
Hydrotechnische Vermessung der Donau b. W.	1:14.400	1849	Kazda
Fotos Hydrotechn. Vermessung d. Donau b. W.	Variabel	1849	Kazda
Fotos Plastisches Modell	Variabel	1849	Drobny & Streffl.
Donau in der Lobau 1726-2001	1:40.000	1841	¹
Plan zur Regulierung des Donaustromes	1:28.800	1850	Rigel
Passeti-Karte	1:28.800	1857	Passeti
Nieder Oesterreichische Donau-Stromkarte	1:7.200	1817	de Lorenzo
Umgebungen von Wien	-	1841/46	²
Donau Regulirung	1:10.800	1850	Donau-Reg.-Com.
Hochwasser in der Donau bei Wien	1:28.800	1847	Streffleur
Gleichzeitige Wasserstände der Donau	1:28.800	1847	Streffleur
Querprofil des Wiener Donau-Kanals	-	1840	Hatzinger

Tabelle 3 **Verwendete Kartenwerke** (¹ Eberstaller-Fleischanderl & Hohensinner 2004, ² Generalquartiermeisterstab)

	Lage (x,y)	Höhe (z)	Gewässer	Wasserbauten
Aktuelle Referenzen				
Österreichkarte	mittel	mittel	mittel	gering
Mehrweckkarte, MA41-Stadtvermessung	hoch	mittel	hoch	gering
Geländemodell, MA41-Stadtvermessung	hoch	hoch	gering	gering
Digitaler angewandter Geo-Atlas d. Stadt Wien	hoch	gering	mittel	gering
Historische Referenzen				
Lage- und Schichtenplan des Donaugeländes	mittel	hoch	mittel	gering
Hydrotechnische Vermessung der Donau b. W.	hoch	gering	hoch	hoch
Fotos Hydrotechn. Vermessung d. Donau b. W.	hoch	gering	hoch	hoch
Fotos Modell Technisches Museum	hoch	gering	mittel	mittel
Donau in der Lobau 1726-2001	hoch	gering	hoch	mittel
Plan zur Regulierung des Donaustromes	gering	gering	gering	mittel
Passeti-Karte	gering	mittel	mittel	mittel
Nieder Oesterreichische Donau-Stromkarte	mittel	mittel	mittel	gering
Umgebungen von Wien	mittel	gering	gering	gering
Donau Regulierung	gering	gering	gering	hoch
Hochwasser in der Donau bei Wien	gering	hoch	gering	gering
Gleichzeitige Wasserstände der Donau	gering	hoch	gering	gering
Querprofil des Wiener Donau-Kanals	mittel	hoch	gering	gering

Tabelle 4 Qualität der verwendeten Karten in Bezug auf den Informationsgehalt für die Erstellung des DGMS bzw. in Bezug auf die Dokumentation von Wasserbauten

Die Unterschiede sind allerdings oft nicht nur auf die Aufnahme, sondern auch auf den Zweck und den Maßstab der jeweiligen Karte zurückzuführen. Bei den Karten zu den gleichzeitigen Wasserständen der Donau (STREFFLEUR 1847) sind z.B. keine Wasserbauten ersichtlich, weil 1. der Maßstab zu klein ist und 2. diese für den Zweck der Karte keine Rolle spielen.

Wie aus Tabelle 4 ersichtlich ist, sind große Defizite vor allem in Bezug auf Höheninformationen festzustellen. Es hat sich gezeigt, dass es sehr schwierig ist Höhenangaben verschiedener Aufnahmen miteinander zu vergleichen. Die „Plastische Darstellung der Donau bei Wien“ (STREFFLEUR & DROBNY 1849) diente als Reproduktionsgrundlage für den „Lage- und Schichtenplan der Donau bei Wien 1849“, welcher für die Erstellung des DGM herangezogen wurde.

5.1.1 Erklärung zum „Lage- und Schichtenplan des Donaugeländes bei Wien 1849“

Der „Lage- und Schichtenplan des Donaugeländes bei Wien 1849“ war die wichtigste Grundlage bei der Erstellung des DGMs. Vor allem das Fehlen vergleichbarer Karten und Pläne mit vertrauenswürdigen Höheninformationen machte diese Karte zur wichtigsten Quelle in Bezug auf die Höhenlage der Geländeoberfläche (siehe Abbildung 6 und Abbildung 7).

Im Jahre 1848 veranlasste Karl Ludwig Freiherr von Bruck, Minister für Handel, Gewerbe und öffentliche Bauten, die Einsetzung der ersten Donau-Regulierungs-Kommission.

Diese veranlasste eine Bestandsaufnahme des Stromes von Klosterneuburg bis Schwechat durch Oberingenieur Kazda. Die Ergebnisse dieser hydrotechnischen Vermessung aus dem Jahr 1849 im Maßstab 1 : 2.880 – erstmals mit genauen Isohypsen von 0,2 Klafter (entspricht Höhenschichten im Abstand von 0,38 Meter) – sind nicht mehr erhalten.

Aus diesen 33 Originalblättern wurde eine Verkleinerung mit einem mittleren Maßstab von 1 : 14.400 erstellt. Zumindest in einem Exemplar ist diese „Hydrotechnische Vermessung der Donau bei Wien“ erhalten, wobei diese Ausgabe jedoch keine Höhenschichten enthält (KAZDA 1849; NÖ Landesarchiv, Karton 494) (siehe Abbildung 4).

Auf Grundlage dieser Verkleinerung wurde auf Initiative vom Sectionsrath im Finanzministerium Valentin Streffleur (dem eigentlichen Urheber der bekannten Pasetti-Karte), von Carl Drobny, Leutnant in der Artillerie, ein 50-fach überhöhtes Modell mit einem Zielmaßstab von 1 : 14.400 gebaut (siehe Abbildung 5). Diese „Plastische Darstellung der Donau bei Wien“ (STREFFLEUR & DROBNY 1849), das sich im Technischen Museum Wien befindet, diente als Rekonstruktionsgrundlage für den „Lage- und Schichtenplan des Donaugeländes bei Wien 1849“ von K. Killian. Da die Verzerrungen des plastischen Modells an verschiedenen Stellen

unterschiedlich sind und die Rekonstruktion im Maßstab 1 : 1 erfolgte, ergab sich ein mittlerer Maßstab von 1 : 14.660.

Die Höhen des Plastischen Modells (angegeben in Wiener Klafter und Wiener Fuß) beziehen sich auf eine Vergleichsebene welche 20 Wiener Klafter (= 37,93 m) unter dem Nullpunkt des Donaupegels an der damaligen Großen Taborbrücke (auch Aerialbrücke genannt) nahe der heutigen Floridsdorfer Brücke lag. Laut K. Killian beziehen sich diese Höhenmessungen ursprünglich aber auf die Höhe des ehemaligen Pegelnullpunktes an der Ferdinandsbrücke am Donaukanal (heutige Schwedenbrücke), welcher heute noch als absoluter Höhenbezugspunkt („Wiener Null“) dient. Die ursprünglich gemessenen Höhenangaben lagen um ca. 4,9 Meter zu tief, da auch der PNP der Ferdinandsbrücke falsch eingemessen worden war (Killian in MOHILLA & MICHELMAYR 1996). Killian hat die Höhen aus dem plastischen Modell nach Vergleich mit ca. 250 neu vermessenen Höhenpunkten neu berechnet und die Isohypsen im „Lage- und Schichtenplan des Donaugeländes bei Wien 1849“ in Meter über Adria angegeben. Die Umrechnungsfaktoren und Korrekturen sind allerdings nicht bekannt. Es war daher nicht möglich zusätzliche Höhenkoten aus der Karte „Hydrotechnische Vermessung der Donau bei Wien“ (KAZDA 1849) umzurechnen und direkt im DGM zu integrieren.

Die Karte der Hydrotechnischen Vermessung wurde aber ebenfalls georeferenziert und diente zur genaueren Abgrenzung der Gewässer, Uferschutzbauten, Hochwasserschutzbauten, Hochwasseranschlagslinie von 1830, Gräben, Siedlungen und Infrastruktur. Die bei der Erstellung des Plastischen Modells vorgenommenen Generalisierungen hatten nämlich zur Folge, dass einige dieser Informationen verloren gingen.

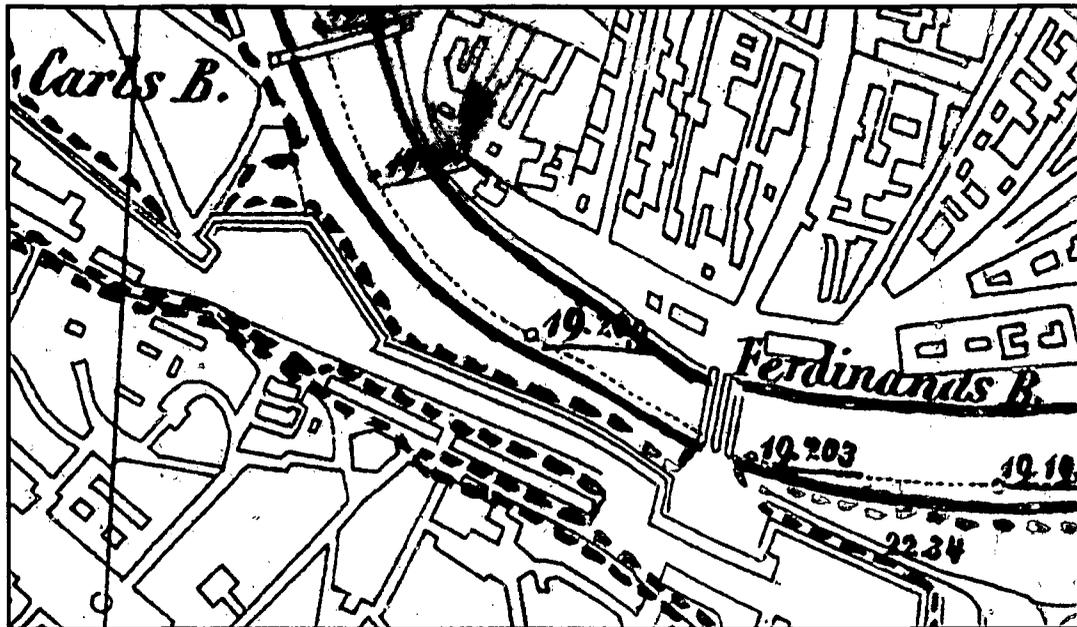


Abbildung 4 : Hydrotechnischer Vermessung der Donau bei Wien (Kazda 1849): Ausschnitt des Donaukanals mit der Ferdinandsbrücke, heutige Schwedenbrücke. Ebenfalls zu sehen sind die unterstrichenen Höhenkoten des Aufnahmewasserspiegels und die blau strichlierte Wasseranschlaglinien des Hochwassers von 1830.



Abbildung 5 : Plastische Darstellung der Donau bei Wien nach der hydrotechnischen Vermessung vom Jahr 1849 – Ausschnitt: Augarten, heutiger 20. und 9. Bezirk (STREFFLEUR & DROBNY 1849)

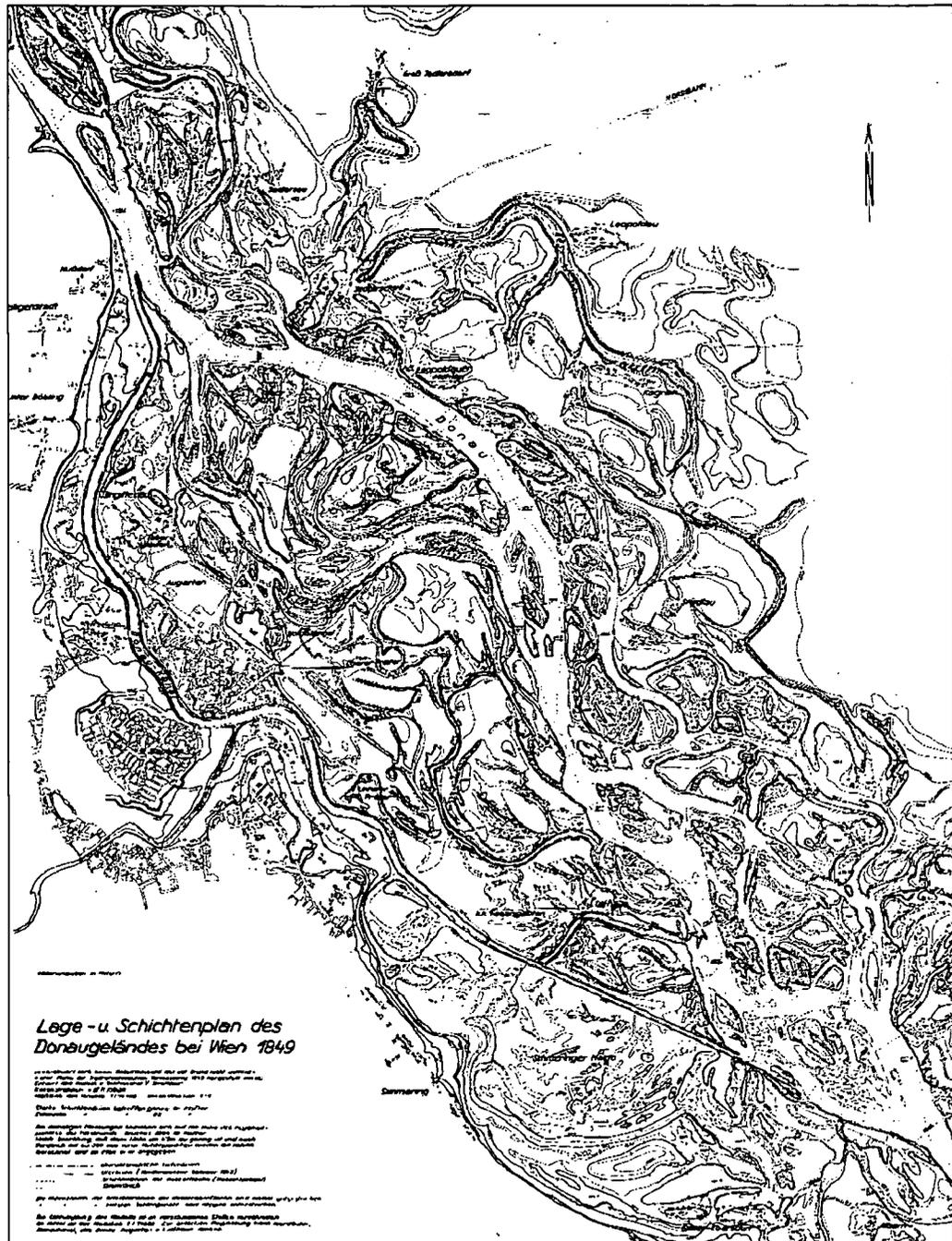


Abbildung 6 : Lage- u. Schichtenplan des Donauegeländes bei Wien 1849 rekonstruiert von K. Killian, Quelle: MA 29 – Brückenbau und Grundbau (vgl. MOHILLA & MICHELMAYR 1996)

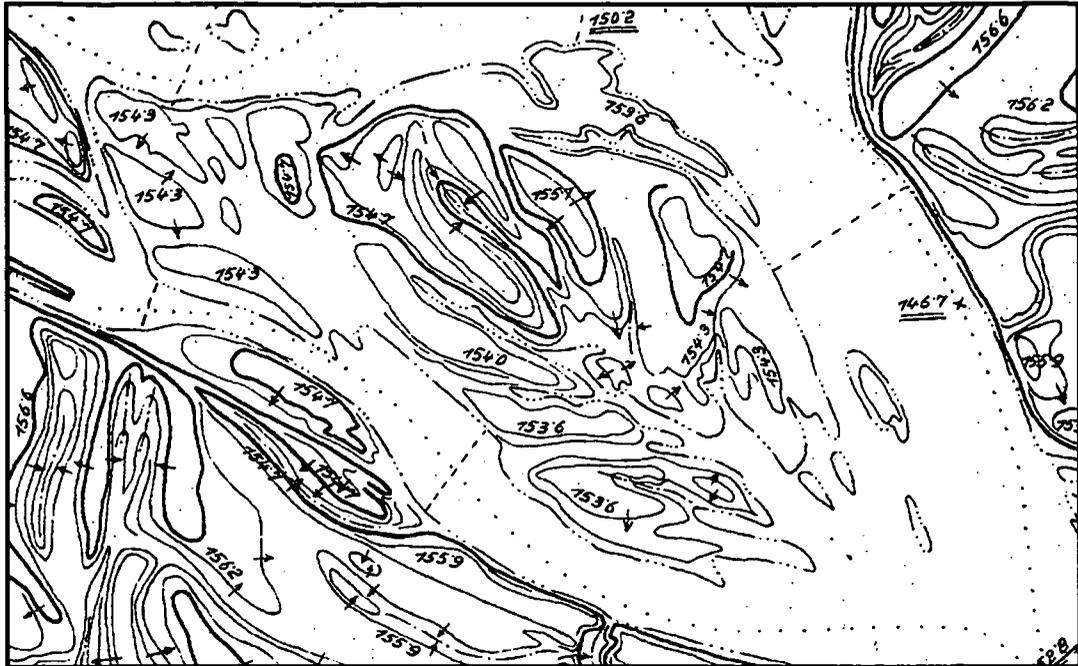


Abbildung 7 : Vergrößerung des Lage- und Schichtenplanes des Donaugeländes bei Wien 1849: Donau-Hauptstrom auf Höhe Albern (rekonstruiert von K. Killian)

5.2 Hydrologische Grundlagen

Die getrennte Rekonstruktion der Geländetopografie samt Flussbett und der Wasserflächen bei charakteristischen Wasserständen (siehe 6.1 Erstellung des Digitalen Geländemodells) ist notwendig, um die Ermittlung der historischen hydromorphologischen Charakteristika der Flusslandschaft bei verschiedenen Wasserständen der Donau durchführen zu können. Dazu ist aber auch die genaue Kenntnis der Pegelnullpunkte und der Wasserspiegellagen erforderlich.

5.2.1 Pegelnullpunkte

Der Pegelnullpunkt bezeichnet den „gewöhnlichen Niedrig-Wasserstand“ und dient als Bezugshöhe bei der Messung von Wasserständen und als Vergleichsebene für durchzuführende Wasserbauten (PASETTI 1862). Um negative Werte bei der Aufzeichnung möglichst zu vermeiden, lag der Pegelnullpunkt ursprünglich auf der Höhe der tiefsten Wasserstände (STREFFLEUR 1851). Laut LORENZ-LIBURNAU (1895) entspricht die Höhe des Nullpunktes an der östlichen Donau dem mittleren Niedrigwasserstand des Sommers. D.h., dass der Wasserstand im Winter und auch im Spätsommer für einige Zeit unter jenen des Nullpunktes fallen kann (PASETTI 1862). Zu beachten ist aber, dass sich dies infolge morphologischer oder hydrologischer Veränderungen und vor allem durch Regulierungen erheblich ändern kann.

Um die historischen Pegelaufzeichnungen von Ritter von WEX (1873) im Modell für die Rekonstruktion der Wasserspiegellagen verwenden zu können, musste der historische Pegelnullpunkt (PNP) der Aerialbrücke (Große Taborbrücke bei Floridsdorf) ermittelt werden. Dieser und der Pegelnullpunkt an der Ferdinandsbrücke (Schwedenbrücke/Donaukanal) wurden für die Vermessung von 1849 als Höhenfixpunkte verwendet.

PNP Ferdinandsbrücke (heutige Schwedenbrücke am Donaukanal):

Die Wasserflächen und Höhen der Vermessung von 1849 und somit des Plastischen Modells sowie in weiterer Folge des Schichtenplanes entsprechen dem Nullwasserstand (STREFFLEUR & DROBNY 1849). Aus dem Schichtenplan konnten somit die Höhen der Pegelnullpunkte ausgelesen werden.

Dies ergab für den PNP Ferdinandsbrücke eine Höhe von 156,98 müA. Laut Legende im Schichtenplan von K. Killian lag der PNP der Ferdinandsbrücke auf einer Höhe von 80,04 Wr. Klafter, was allerdings um 4,9 m zu niedrig war. Umgerechnet (ein Klafter sind 1,8965 m) und korrigiert ergibt sich somit eine Höhe von 156,69 müA und entspricht damit ziemlich genau dem heutigen „Wiener Null“ mit 156,68 müA. Später wurde der PNP an der Ferdinandsbrücke um 4 m herabgesetzt.

Aerarialbrücke (Große Taborbrücke bei Floridsdorf):

Aus dem Schichtenplan von Killian und somit auch aus dem DGM ergibt sich aus der Interpolation der Isohypsen für den PNP Aerarialbrücke eine Höhe von 158,40 müA. Laut STREFFLEUR 1849 lag dieser PNP auf der Höhe von 81,00 Wr. Klafter (= 153,62 müA.). Mit der Annahme, dass diese Höhe ebenfalls wie bei der Ferdinandsbrücke um 4,9 m zu niedrig ist, da der PNP der Ferdinandsbrücke als absoluter Höhenbezugspunkt verwendet wurde (Killian in MOHILLA & MICHHELMAYR 1996), ergibt sich eine Höhe von 158,52 Metern. Dies ergibt eine Differenz von 12 cm zum ausgelesenen Wert des Schichtenplanes/DGMs.

WEX gibt 1873 die Höhe des PNP mit 153,40 müA etwas genauer an. Durch die Addition des vermutlichen Höhenmessfehlers von 4,9 m erhält man eine Höhe von 158,30 müA. Die Differenz zwischen dem Schichtenplan und der korrigierten Höhe von WEX 1873 beträgt somit 10 cm.

Eine weitere Höhenangabe gibt es vom HYDROGRAPHISCHEN ZENTRALBUREAU 1908, welches den PNP am Pegel der Franz-Josephs-Brücke (heutige Floridsdorfer Brücke), die nach der Wiener

Donauregulierung als Ersatz für die alte Aerarialbrücke errichtet wurde, mit 158,24 müA angibt.

Jahr	Höhe (müA)	Quelle
1849	153,62	Streffleur 1849
1849	158,52	Streffleur 1849 mit Anpassung +4,9m (Killian)
1849	158,40	Schichtenplan KILLIAN/DGM
1854	153,40	Wex 1873
1854	158,30	Wex 1873 mit Anpassung +4,9m (Killian)
1875 - 1908	158,24	Pegel der neuen Franz-Josephs-Brücke, Hydrographisches Zentralbureau 1908

Tabelle 5 PNP Aerarialbrücke/Große Taborbrücke 1826 – 1875 und Franz-Josephs-Brücke/Floridsdorfer Brücke ab 1875

Es gibt keine eindeutige Erklärung für die unterschiedlichen Höhen des PNP von Killian bzw. Streffleur, wobei die Differenz hier 12 cm beträgt. Der Unterschied könnte sich aus der linearen Interpolation der von Killian berechneten Isohypsen des Wasserspiegels flussauf und flussab des Pegels ergeben, während die Daten der Vermessung von 1849 auf tatsächlichen Höhenmessungen beruhen. Es könnte aber auch sein, dass Killian den Wasserspiegellagen bei den Pegelnullpunkten eine nicht zu große Beachtung schenkte und sich auf die Landflächen konzentrierte. Die Angabe, dass durch die Verwendung von ca. 250 neu vermessenen Höhenpunkten die Höhen neu berechnet wurden, lässt auf jeden fall darauf schließen.

Der Vergleich der Wasserspiegellagen des Schichtenplans mit jenen des Plastischen Modells bzw. der hydrotechnischen Vermessung von 1849 bei damals gemessenen Sohlprofilen zeigt, dass die Wasserspiegellagen bis auf einen Ausreißer bei Profil Nr. 5 maximal 20 cm voneinander abweichen. Bei Profil Nr. 5 (Lage: nördlich der Ausmündung des Kaiserwassers) beträgt die Differenz 58 cm (siehe Abbildung 8). Ursache dafür dürfte vermutlich ein Rechenfehler von Killian sein. Gemittelt beträgt die Differenz lediglich 6 cm.

Auffällig jedoch ist die basierend auf Wex 1873 berechnete Höhenlage des PNP von 158,30 müA, welche sehr nahe bei dem vom HYDROGRAPHISCHEN ZENTRALBUREAU 1908 für die Franz-Josephs-Brücke angegebenen Wert von 158,24 müA liegt. Die Franz-Josephs-Brücke (heutige Floridsdorfer Brücke) wurde im Zuge der Wiener Donauregulierung 1870 – 1875 über dem neuen Strombett der Donau als Ersatz für die Aerialbrücke/Große Taborbrücke errichtet.

Laut Wex diente der PNP der Taborbrücke im Jahr 1854 zur Kalibrierung sämtlicher Donauegel der Monarchie und wurde daher zumindest zw. 1826 und 1875 nicht verändert (dies konnte mittlerweile auch an Hand der Originalaufzeichnungen bei der via donau bestätigt werden; vgl. Diplomarbeit Markus SCHUCH, IHG, BOKU). Die späteren Abhandlungen von Wex legen nahe, dass sich die Höhenlage des PNP nicht verändert hat, obwohl ab 1875 der Pegel an der Franz-Josephs-Brücke maßgeblich für die Beobachtung der Donauwasserstände war (WEX 1876, 1879). Dies macht durchaus Sinn, da damit in optimaler Weise die Vergleichbarkeit der Pegelbeobachtungen vor und nach der Donauregulierung gegeben war. Es wurden bisher trotz umfangreicher Archivrecherchen keine gegenteiligen Informationen vorgefunden.

Daher wird für die weiteren hydrologischen Auswertungen und zur Rekonstruktion der Wasserspiegellagen bei verschiedenen Wasserständen die Höhenlage des PNP und somit des Nullwasserstandes an der Aerialbrücke/Große Taborbrücke mit 158,24 müA angenommen.

Es ist somit festzuhalten, dass es einen 16 cm großen Unterschied zwischen der Höhe des angenommenen tatsächlichen Nullwasserstandes und jenem im rekonstruierten DGM basierend auf dem Schichtenplan von Killian gibt. Im Idealfall ergibt sich dieser Unterschied nur aus der linearen Interpolation der Isohypsen flussauf und flussab des Pegels und in Wirklichkeit lag der Wasserspiegel lokal beim Pegel tatsächlich bei 158,24 müA. In diesem Fall würden die Höhen des DGM und die rekonstruierten

Wasserspiegellagen übereinstimmen. Resultiert die Differenz, aber aus einem systematischen Fehler, der im Zuge der mehrmaligen Höhenumrechnungen passiert ist, so hätte dies zur Folge, dass die rekonstruierten Wasserspiegellagen bei MJNW, MW und SMW im DGM um 16 cm zu niedrig in Relation zur Geländeoberfläche liegen (siehe 5.2.2 Charakteristischen Wasserstände). Demnach wären die Wasserflächen zum jeweiligen Wasserstand tatsächlich geringfügig kleiner und die Sedimentflächen etwas größer sowie die Flurabstände im Augebiet um maximal 16 cm zu groß kalkuliert.

Eine eigene Sensitivitätsanalyse zur Berechnung der dadurch möglichen Größe der Fehler unterblieb aber, da dies den Rahmen der Diplomarbeit klar überschreiten würde.

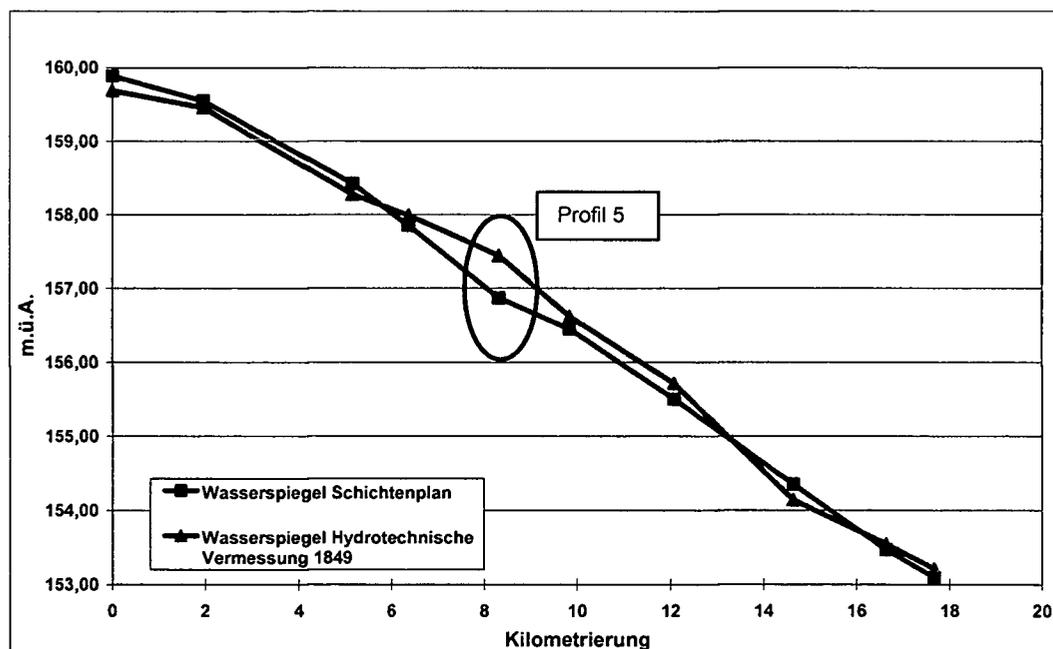


Abbildung 8 : Gegenüberstellung der Wasserspiegellagen des Schichtenplans von Killian und der Hydrotechnischen Vermessung 1849

5.2.2 Charakteristischen Wasserstände

Es wurden für das Bearbeitungsgebiet folgende Wasserstände rekonstruiert:

- mittleres Jahresniederwasser (MJNW)
- Aufnahmewasserstand (AufnW)
- jährliches Mittelwasser (MW)
- sommerliches Mittelwasser (SMW)
- einjähriges Hochwasser (HW_1)
- Eisstau-Hochwasser von 1830 (HW_{1830})

Die Wasserstandsangaben für das MJNW, MW und SMW stammen aus der Abhandlung „Ueber die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen“ von Gustav Ritter von Wex aus dem Jahr 1873 und beziehen sich auf die Jahresreihe 1826 – 1848 gemessen beim Pegel der Aerialbrücke/Große Taborbrücke.

Abbildung 9 zeigt die auf den Monatsmittelwerten dieser Zeitreihe beruhende Jahreganglinie. Tabelle 6 zeigt die Pegelhöhen der rekonstruierten Wasserstände und Tabelle 7 die daraus resultierenden Wasserspiegelamplituden.

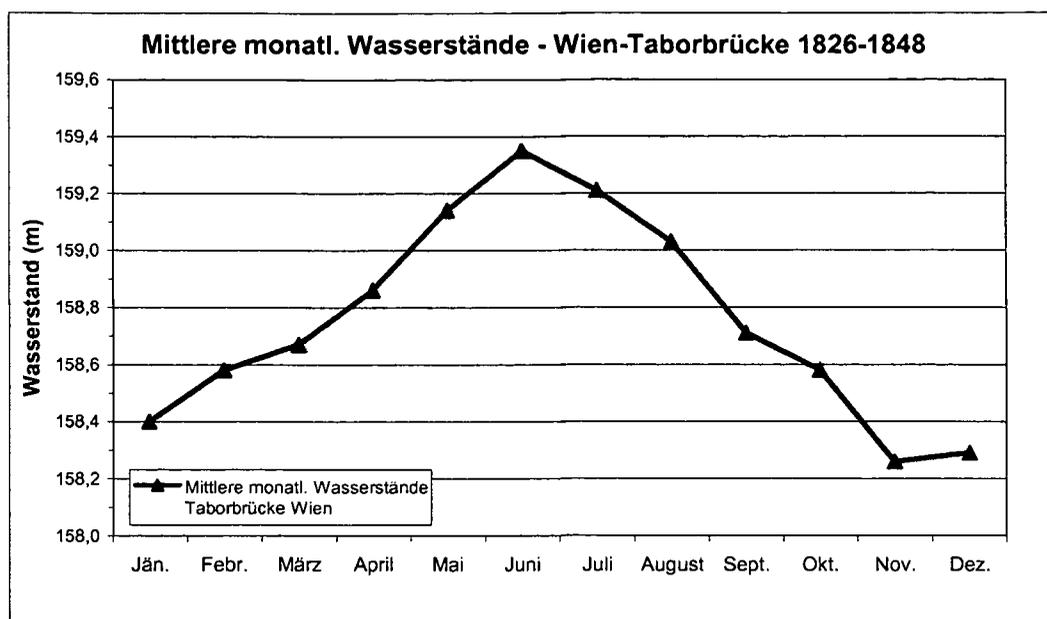


Abbildung 9 : Jahresganglinie mit Monatsmittelwerten nach WEX 1873 am Pegel Wien-Taborbrücke (angenommener PNP = 158,24 müA)

Wasserstand	müA	Bezeichnung	Quelle
MJNW	157,32	mittleres Jahresniederwasser	Wex 1873
AufnW/Null tatsächlich	158,24	Aufnahmewasserstand 1849 (=Nullwasserstand)	Streffleur/Kazda 1849 korrigiert mit Wex 1873 u. HZB 1908
AufnW/Null interpoliert	158,40	Aufnahmewasserstand 1849 (=Nullwasserstand)	Rekonstruktion Schichtenplan Killian bas. auf Kazda 1849
MW	158,75	Mittelwasser	Wex 1873, Streffleur 1847 und 1851
SMW	159,05	sommerliches Mittelwasser (April-Sept.)	Wex 1873
HW ₁	160,45	ca. einjährliches Hochwasser	bas. auf Streffleur 1847 und 1851, Wex 1873
HW ₁₈₃₀	163,91	Größtes Hochwasser: Eisstau-HW 1830	Sartori 1830, Kazda 1849, Streffleur & Drobny 1849

Tabelle 6 Charakteristische Wasserstände Wien Große Taborbrücke

Wasserspiegelamplituden	m
dH MJNW - MW	1,43
dH MJNW - SMW	1,73
dH MJNW – HW ₁	3,13
dH MJNW – HW ₁₈₃₀	6,43

Tabelle 7 Wasserspiegelamplituden beim Pegel Große Taborbrücke

Aufnahmewasserstand

Der Aufnahmewasserstand wurde mittels der Hydrotechnischen Vermessung (KAZDA 1849) und des Lage- und Schichtenplanes (KILLIAN) ermittelt. Aus der Legende zur Karte von KAZDA sowie des plastischen Modells (STREFFLEUR & DROBNY 1849) geht hervor, dass die Vermessung beim so genannten Nullwasserstand (Wasserstand beim Nullpunkt des Pegels) im Sommer 1849 erfolgte. Killian leitet daraus ab, dass es sich hierbei um eine Niederwasser-Situation handelt, was durch die ausgedehnten Schotter-/Sandflächen auch nahe liegt. Unter der Annahme, dass der Aufnahme-/Nullwasserstand gleich mit dem angenommenen tatsächlichen PNP bei 158,24 müA ist, zeigen die in Tabelle 6 angeführten Wasserspiegellagen, dass dieser nur 0,51 m unter dem Mittelwasserstand lag. Bezogen auf den nach Killian interpolierten Aufnahmewasserstand bei 158,40 müA würde gar nur eine Spiegeldifferenz von 0,35 m ergeben (vgl. Kapitel 5.2.1 Pegelnullpunkte). Daher entspricht der Aufnahmewasserstand in Wirklichkeit einer Abfluss-Situation mit erhöhtem Niederwasser bzw. einem niedrigem Mittelwasser. Ursprünglich waren die Nullpunkte der Pegel so angelegt, dass sich auch bei Niederwasser stets positive Werte ergaben. Durch den Fortschritt der Donauregulierung kam es zur erheblichen Eintiefung des Strombettes wie es von mehreren Autoren festgestellt wurde (STREFFLEUR 1851, PASETTI 1862, HOHENSINNER et al. 2004, in press). Als Folge der damit verbundenen Absenkung des Wasserspiegels entsprach nun der

PNP nicht mehr einer Niederwassersituation sondern einem höheren Wasserstand – an einigen Pegeln sogar dem Mittelwasserstand.

MJNW, MW, SMW

Für das mittlere Jahresniederwasser (MJNW) wurden die niedrigsten Wasserstände eines jeden Jahres der Jahresreihen 1826 – 1848 gemittelt. Der Mittelwasserstand (MW) entspricht dem arithmetischen Mittelwert über das ganze Jahr. Für das sommerliche Mittelwasser (SMW) wurden die monatlichen Wasserstände der Vegetationsperiode von April bis September gemittelt.

Um Aufschluss darüber zu erhalten, ob die charakteristischen Wasserstände MJNW, MW und SMW in der Donau und in den Nebengewässern abseits des Pegels in anderen Bereichen des Untersuchungsgebietes relativ zum Nullwasserstand (= Aufnahmewasserstand) unterschiedliche Amplituden aufwiesen, wurden zusätzliche historische Aufzeichnungen verwendet.

Die Karten „Tiefwasser in der Donau bei Wien“, „Mittelwasser in der Donau bei Wien“ und „Gleichzeitige Wasserstände der Donau zw. Wallsee und Theben“ (STREFFLEUR 1847), sowie der im Jahr 1851 erschienene Artikel „Einiges über Wasserstands-(Pegel-) Beobachtungen und deren Aufzeichnung“ (STREFFLEUR 1851) beschreiben die gleichzeitigen Wasserstände bei einer Niederwasser- bzw. Mittelwasser-Situation im Bereich von Wien. Sie beinhalten die relativen Höhenunterschiede (Pegelrelationen) bei den genannten charakteristischen Wasserständen im Bezug auf die Nullpunkte der Pegel Nußdorf, Große Taborbrücke (Donau) und Ferdinandsbrücke (Donaukanal) sowie andere Donauegel. Die gleichzeitigen Wasserstände bilden sich örtlich unterschiedlich, abhängig von der Profilgeometrie, den naturräumlichen Gegebenheiten, den meteorologischen Verhältnissen und natürlich der (vorhergehenden) Abfluss-Situation aus. Einengungen des Flussquerschnitts führen zu

Überstauungen, Aufweitungen, wie z.B. der Eintritt der Donau in das Wiener Becken, führen zu einer Senkung der Pegelhöhen (STREFFLEUR 1851).

Beim so genannten „Tiefwasser“, welches zwar nicht genau dem mittleren Jahresniederwasser (MJNW) entspricht, aber dennoch eine brauchbare Grundlage darstellt, zeigt die Karte, dass die Wasserstände an den Pegeln Nußdorf, Große Taborbrücke und Ferdinandsbrücke und auch die Wasserstände der jeweils benachbarten Gewässer bei -0,5 und -1 Fuß lagen. Dies entspricht -15,8 cm bzw. -31,6 cm. Der größte Anteil der Gewässer im Bearbeitungsgebiet wies demnach bei Niederwasser (MJNW) zum Nullwasserstand gleiche oder ähnliche relative Wasserstände auf.

Beim Mittelwasserstand (MW), der 1,43 m über dem MJNW lag, sind die gleichzeitigen Wasserstände im gesamten Bearbeitungsgebiet nach Streffleur identisch. Da der sommerliche Mittelwasserstand (SMW) nur 30 cm höher als MW liegt, wurde die Annahme getroffen, dass dasselbe auch hier gilt.

Einjährliches Hochwasser

Als Grundlage für die Festlegung der Höhenlage des Wasserspiegels beim einjährigen Hochwasser wurden neben den von WEX 1873 angegebenen Jahreshöchstständen zwischen 1826 und 1848 ebenfalls die Karten „Hochwasser in der Donau bei Wien“ und „Gleichzeitige Wasserstände der Donau zw. Wallsee und Theben“ (STREFFLEUR 1847), sowie der Vortrag „Einiges über Wasserstands- (Pegel-) Beobachtungen und deren Aufzeichnung“ aus dem Jahr 1851 ebenfalls von STREFFLEUR verwendet.

Die vorherrschenden Rahmenbedingungen nach dem Durchgang durch die Wiener Pforte, gekennzeichnet durch eine Verminderung des Gefälles und der Möglichkeit der Donau sich aufgrund der ausgedehnten Raumverhältnisse lateral auszudehnen, führten zur Ausbildung der

charakteristischen Aufzweigung des Hauptstromes in mehrere Arme. Bei Kuchelau am flussauf gelegenen Ende des Bearbeitungsgebietes war im Jahr 1849 der Durchfluss noch in einem Profil vereint. Durch die Teilung bei Nußdorf und der damit verbundenen Verbreiterung des Durchflussquerschnittes kam es zu einer kontinuierlichen Absenkung des Wasserspiegels (STREFFLEUR 1851). Die Karte „Hochwasser in der Donau bei Wien“ (STREFFLEUR 1847) zeigt die lokal unterschiedlichen Wasserstände bei einem ca. einjährlich auftretenden Hochwasser (basierend auf Wex 1873). Die Bandbreite der gleichzeitigen Wasserstände für das Hochwasser reicht von 3,95 m flussauf bei Kuchelau, 2,30 m bei Nußdorf, 2,05 m bei der Großen Taborbrücke bis zu 1,26 m am östlichen, flussab gelegenen Ende des Bearbeitungsgebietes (STREFFLEUR 1847/51) (siehe Abbildung 10).

Die stark variierenden bzw. abnehmenden Wasserstände von Kuchelau bis zur Großen Taborbrücke (um 2,05 m auf 5300 m Lauflänge) lassen sich aber nicht nur durch die besondere naturräumliche Situation am Übergang von der Wiener Pforte zum Wiener Becken erklären. Vielmehr machen sich hier sehr stark die Auswirkungen der zwischen Kuchelau und Nußdorf im 18. Jhd. errichteten Wasserbauwerke (Hubertus-Damm) bemerkbar. Wie Gustav Ritter von Wex (er war der Oberbauleiter der Wiener Donau-Regulierung 1870 – 1875) in mehreren seiner Abhandlungen darlegte, wurden durch den Hubertus-Damm sowie zusätzlicher Wasserbauwerke am linken Donauufer, die errichtet wurden um die Strömung in den verlandenden Donaukanal am rechten Ufer zu leiten, eine zu starke Einengung des Durchflussprofils herbeigeführt. Dadurch wurde in diesem Bereich der Wasserspiegel bei Hochwasser zusätzlich künstlich signifikant erhöht (WEX 1875, 1876, 1880, RIGEL 1850). Diese Situation wurde erst durch die große Wiener Donau-Regulierung 1870 – 1875 entschärft.

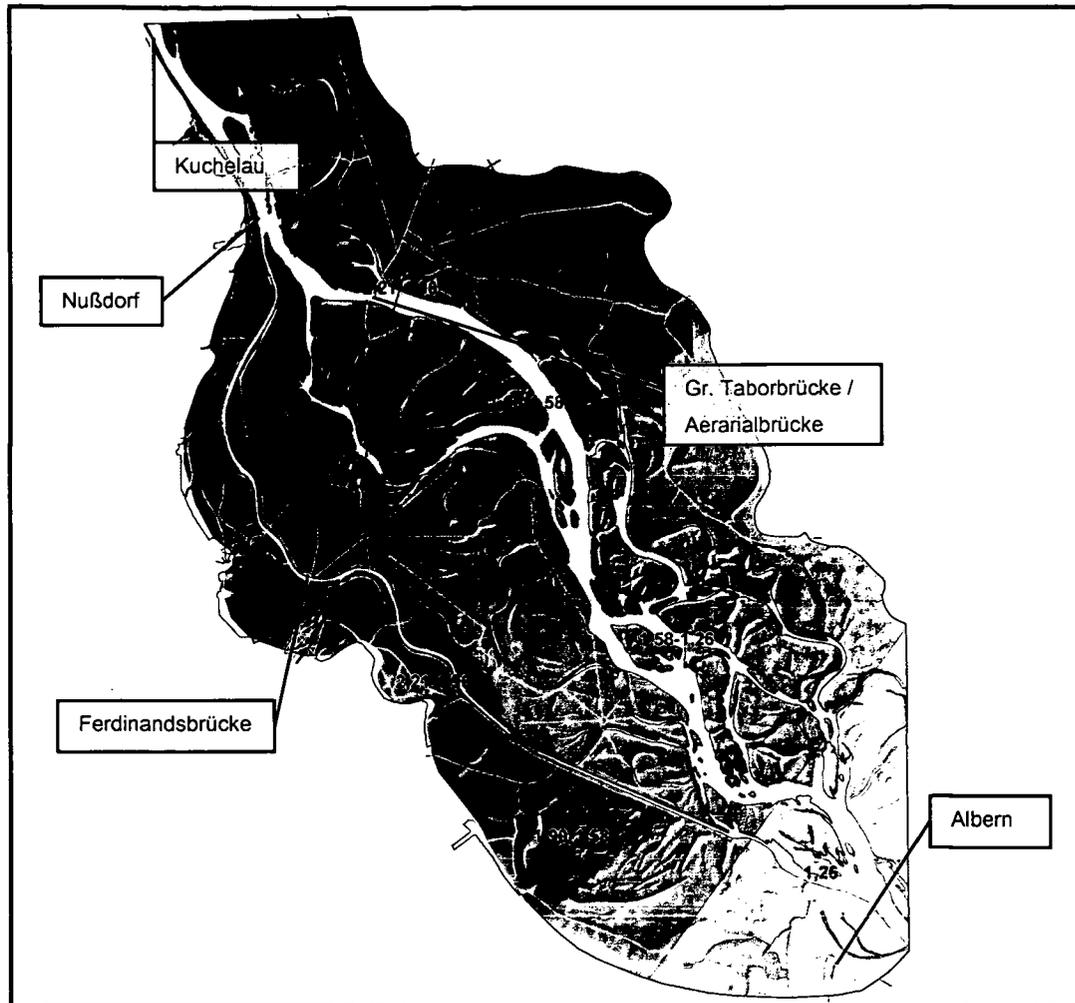


Abbildung 10 : Gleichzeitige Wasserstände bei ca. HW₁ nach Streffleur 1847 und 1851. Die angegebenen Werte (m) des Wasserspiegels bei HW₁ beziehen sich auf den Nullwasserspiegel und gelten jeweils für die farblich unterschiedlich markierten Bereiche.

Hochwasser 1830

Für die Rekonstruktion der Wasserspiegellagen beim Eisstau-Hochwasser von 1830 konnten die in der Karte von KAZDA 1849 ausgewiesenen HW-Anschlaglinien, die im plastischen Modell 1849 eingezeichneten und beschriebenen Wasserspiegellagen sowie Wasserstands- und Ortsbeschreibungen von SARTORI 1830 verwendet werden.

6 Methodik

6.1 Erstellung des Digitalen Geländemodells

Ein Digitales Geländemodell (DGM) ist ein numerisch gespeichertes Modell der Geländeoberfläche². Generell ist ein Modell als eine verkleinerte und vereinfachte Darstellung der Wirklichkeit anzusehen. Es beschränkt sich normalerweise auf die für die jeweilige Fragestellung entscheidenden Inhalte. Im Fall dieser Arbeit beschreibt das Modell die unbelebte Natur mit einer Genauigkeit, die durch die historischen Kartenwerke bestimmt wird.

6.1.1 Georeferenzierung der historischen Kartenwerke

Als erster Schritt der Bearbeitung erfolgte mit Hilfe von ESRI ArcGIS die Georeferenzierung der historischen Kartenwerke und sonstiger Informationsquellen. Als Grundlage hierfür dienten die digitale Mehrzweckkarte der Stadt Wien, das aktuelle DGM (beide von der MA 41 Stadtvermessung zur Verfügung gestellt) und die ÖK 50 des BEV. Die einzelnen Werke wurden schrittweise in ein geodätisches Referenzsystem eingepasst und anschließend nach Festlegung der Passpunkte (Gebäude, Straßen, Geländestrukturen, welche seit damals unverändert geblieben sind) werden die Transformationsparameter bestimmt und mittels einer geometrischen Transformation (polynomiale Transformation dritten Grades) die Entzerrung der historischen Karten vorgenommen.

Folgende historische Bildinformationsquellen wurden georeferenziert:

- Lage- und Schichtenplan des Donaugeländes bei Wien (KILLIAN 1970er)
- Hydrotechnische Vermessung der Donau bei Wien (KAZDA 1849)

² http://de.wikipedia.org/wiki/Digitales_Geländemodell,

<http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=564>

- Situations-Plan zur neuen Regulierung des Donaustromes bei Wien (RIGEL 1850)
- Fotos der Plastischen Darstellung der Donau bei Wien (STREFFLEUR & DROBNY 1849)
- Umgebung von Wien (GENERALQUARTIERMEISTERSTAB 1841/46)
- Karte des Donau Stromes innerhalb der Grenzen des Österreichischen Kaiserstaates (PASETTI 1859-1867)

Da die Inhalte je nach Lage im Kartenblatt unterschiedliche geometrische Verzerrungen aufweisen hat sich gezeigt, dass eine höhere Genauigkeit erreicht werden kann, wenn die Pläne nicht als ganzes eingepasst werden, sondern zuerst in mehrere Teile zerschnitten werden, und diese anschließend georeferenziert werden. Dies wurde für die zwei wichtigsten Grundlagen „Lage- und Schichtenplan des Donaugeländes bei Wien“, der in 5 Stücke und die „Hydrotechnische Vermessung der Donau bei Wien“, die in 4 Stücke geteilt wurde, gemacht.

Die Ermittlung der Unterschiede in der Lage zwischen den ursprünglichen Passpunkten und den georeferenzierten Punkten ermöglicht eine Abschätzung der Genauigkeit (RMS-Error = mittlere quadratische Abweichung). Diese ergab an den Passpunkten für den Schichtenplan einen gemittelten RMS-Error von 15,2 Metern und für die Karte der Hydrotechnischen Vermessung eine Abweichung von 12,7 Metern (siehe Tabelle 8 und Tabelle 9).

Bei der Abschätzung der Genauigkeit ist zu berücksichtigen, dass die Strichstärken im Schichtenplan einer Strecke von 5 bis 10 Meter in der Natur entsprechen.

Teil ¹	SO	SW	NW	NO	SO-Eck	Gesamt
Total RMS - Error (m)	15,53	15,9	14,9	14,52	14,93	15,2

Tabelle 8 Total RMS – Error für den Lage- und Schichtenplan des Donaugeländes bei Wien

Teil ¹	SO	SW	NW	NO	Gesamt
Total RMS - Error (m)	12,09	13,56	13,6	11,69	12,7

Tabelle 9 Total RMS – Error für die Hydrotechnische Vermessung der Donau bei Wien

¹ Entspricht dem Teil in der jeweiligen Himmelsrichtung (SO = Süd-Ost, SW = Süd-West etc.)

Von den aktuellen Karten wurden nur die geologischen Karten eingepasst. Die digitale Mehrzweckkarte und das aktuelle Geländemodell der MA 41-Stadtvermessung, die im Datenformat TIFF bzw. ESRI TIN vorlagen, mussten nicht georeferenziert werden, da ein Wordfile mit den entsprechenden Projektionsdaten mitgeliefert wurde. Das gleiche gilt für die ÖK 50.



Abbildung 11: Mosaik der georeferenzierten Fotos des plastischen Modells aus dem Technischen Museum Wien mit dem rot umrandeten Bearbeitungsgebiet.



Abbildung 12 : Mosaik der Digitalfotos der Plastischen Darstellung aus dem Technischen Museum überlagert mit dem erstelltem DGM.

6.1.2 Modellierung der Geländeoberfläche

Die wichtigste Grundlage für Rekonstruktion des historischen Geländes bzw. der Erstellung des numerischen Geländemodells war der Schichtenplanes von K. Killian mit den Isohypsen im Abstand von 0,38 m. Mit zusätzlichen Formlinien (Rückenlinien und Tiefenlinien) und 3-dimensionalen Uferlinien konnte das Geländemodell wesentlich verbessert werden (siehe Abbildung 13).

Da der Schichtenplan in Form eines Rasterbildes vorliegt, wurde dieser mittels der ESRI ArcGIS-Extension ArcScan teilautomatisiert vektorisiert, musste aber danach noch manuell editiert werden. Die digitalisierten Höhenschichten erhielten in der Attributtabelle die entsprechenden Höhen zugewiesen.

Bei der Erstellung des DGMs wurden für das 99,5 km² Bearbeitungsgebiet in Summe über 2000 km Schichtenlinien und 350 km Formlinien vektorisiert.

Eine weitere Stützlinie stellt die Wasseranschlagslinie dar. Diese ergibt sich aus der 2-dimensionalen Begrenzung der Wasserfläche beim Aufnahmewasserstand, indem man sie auf die zuvor 3-dimensional modellierte Wasseroberfläche projiziert (siehe Kapitel 6.1.4 Modellierung der charakteristischen Wasserstände). In ArcGIS wird dies mit dem Befehl „Convert features to 3D“ bewerkstelligt. Die so generierten 3D-Uferlinien wurden bei der Erstellung des DGMs als Stützlinien bzw. Bruchkanten verwendet. Dadurch wurde ein konsistenter Übergang zwischen den Bereichen oberhalb bzw. unterhalb der Wasserfläche (Gelände bzw. Flussbett) gewährleistet und berücksichtigt zudem die Lage der Wasseroberfläche.

Zwischen den Stützlinien (= Höhenschichten, Wasseranschlagslinie, Formlinien) wird die Oberfläche je nach gewählten Verfahren von der Software interpoliert. Für das DGM 1849 wurde als Interpolationsmethode die Dreiecksvermaschung gewählt. Das entstehende Gebilde wird als TIN

(= Triangulated Irregular Network – ungleichmäßiges Dreiecksnetz) bezeichnet und wird in Form von Vektordaten gespeichert.

Bei der Erstellung eines DGM mittels Dreiecksvermaschung entsteht zwischen Höhenschichten mit gleicher Höhe eine ebene Fläche. Diese entspricht allerdings oft nicht der Realität. Aus diesem Grund wurden in diesen Bereichen 3-dimensionale Tiefenlinien eingefügt.

Bei Höhenschichten, die die Geländeform Rücken darstellen, wurden ebenfalls 3D-Rückenlinien eingebaut. Diese verhindern ebenfalls die Bildung von ebenen Flächen bei der TIN-Erstellung, da sie eine direkte Triangulation zwischen den Isohypsen mit gleicher Höhe verhindern (siehe Abbildung 14).

Das erzeugte TIN wurde in weiterer Folge in das ESRI Grid-Format konvertiert. Die Wahl für das Raster-Datenstrukturmodell begründet sich in der einfacheren Handhabung bei den anschließenden Analysen und Berechnungen. Bei der Konvertierung des vektorbasierten TINs in ein Raster-Grid wird jedem Pixel die Höhe des TINs und somit des Geländes zugewiesen. Gewählt wurde ein Raster von 2 Meter. Das bedeutet, dass dem DGM für eine Fläche von 4 m² jeweils ein Höhenwert zugewiesen wird.

Eine gröbere Auflösung hätte einen Informationsverlust zur Folge gehabt. Berechnungen, die mit einem 10 m Raster durchgeführt wurden zeigten allerdings, dass der Unterschied der Ergebnisse der vektor- und der beiden rasterbasierten Daten nicht signifikant ist.

Die Wahl des feineren Raster erfolgte mit der Begründung, dass

- der Informationsverlust durch einen groben Raster irreversibel ist,
- die Berechnungszeiten der Software in einem vertretbaren Ausmaß blieben und
- ein gröberer Raster zu unansehnlichen graphischen Darstellungen geführt hätte (FÜRST 2004).

Die Umwandlung der TINs in Raster erfolgte aus den oben genannten Gründen für sämtliche erzeugte Oberflächen (Gelände- und Wasseroberflächen).

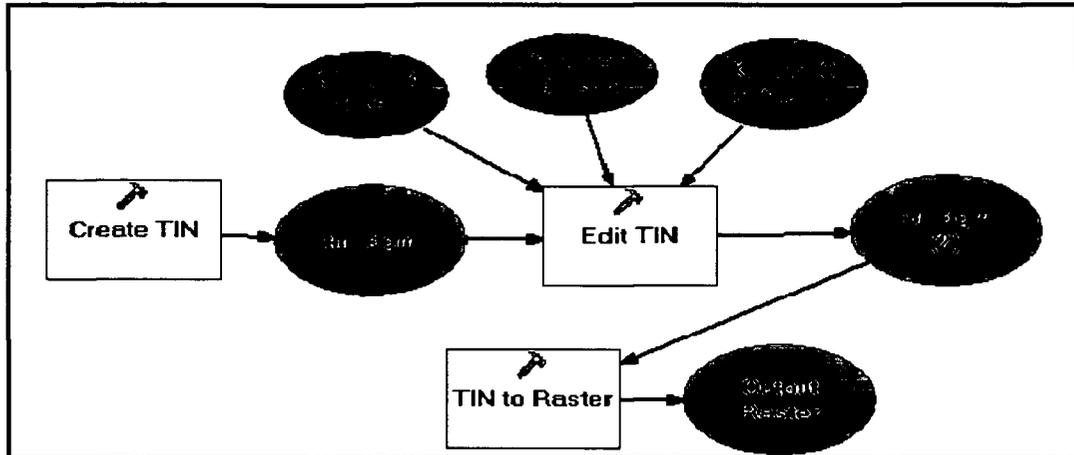


Abbildung 13 : Ablauf der Erstellung des TINs bis zur Konvertierung in ein Raster (aus ArcGIS ModelBuilder)

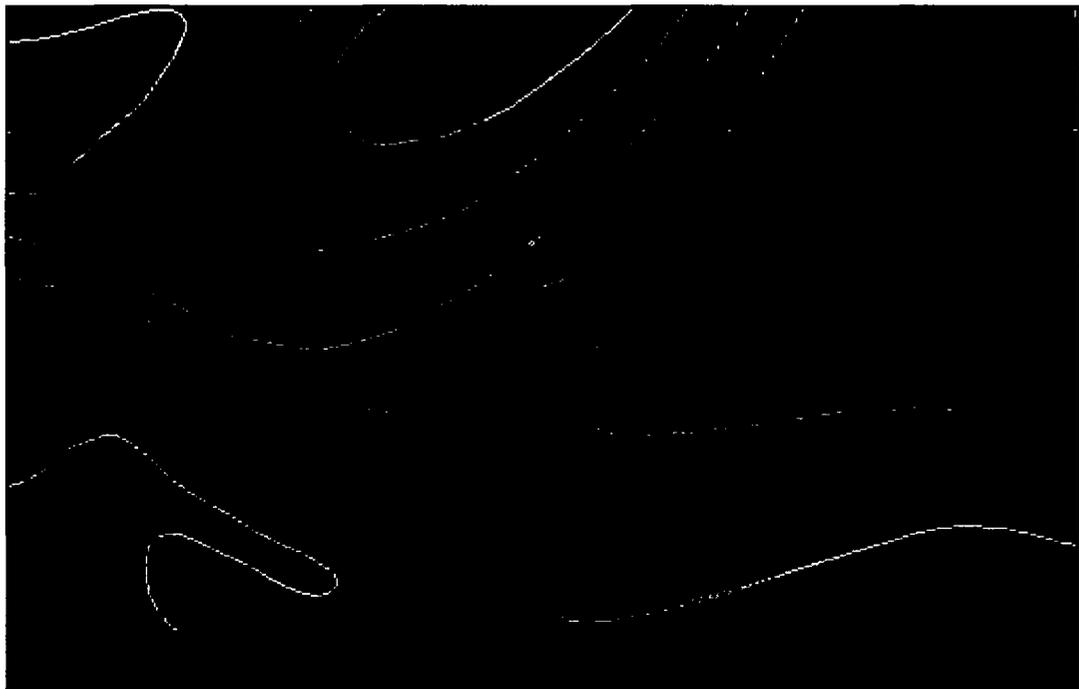


Abbildung 14 : TIN mit den roten Formlinien (Tiefen- bzw. Rückenlinien) und den hellen Isohypsen. Im Vordergrund ist eine ebene Fläche zu erkennen, die aufgrund des Fehlens einer Rückenlinie entstanden ist.

6.1.3 Modellierung der Sohle

Das größte Problem bei der Modellierung der Sohle war das Fehlen eines einheitlichen Datensatzes für das gesamte Gebiet. Daher war es nicht möglich genaue Tiefenverteilungen zu rekonstruieren. Stattdessen wurde die Sohle im Hauptarm und in den großen Seitenarmen als abgerundetes Trapezgerinne und in den anderen Armen als Dreiecksgerinne modelliert. Die Höheninformationen lagen je nach Quelle in Form von Punktdaten, Querprofilen und Längenschnitten vor.

Folgende Quellen konnten verwendet werden:

- Querprofil des Wiener Donau-Kanals (HATZINGER 1840)

Dieses Werk enthält neben Querprofilen einen Längenschnitt des Donaukanals von Nußdorf bis zu dessen Ausmündung. Die Höhen sind in Wiener Fuß, Zoll und Linien angegeben und beziehen sich auf den Pegelnullpunkt (PNP) Ferdinandsbrücke (heutige Schwedenbrücke) als Vergleichsebene. Die Höhen und Längen zwischen den Profilknoten wurden ausgelesen und in das DGM eingefügt.

- Hochwasser in der Donau bei Wien (STREFFLEUR 1847)

Diese Karte zeigt die gleichzeitigen Wasserstände bei Hochwasser in der Donau bei Wien. Weiters zeigt die Karte je ein Profil der Donau unterhalb von Kuchelau, bei Nußdorf und bei der Großen Taborbrücke. Zusätzlich beinhaltet sie einen Längenschnitt von Kuchelau bis zur Ausmündung des Kaiserwassers bei Kaisermühlen, einen Längenschnitt des Donaukanals und einen Längenschnitt des Kaiserwassers. Die Höhen beziehen sich auf eine Ebene, die 20° (Klafter) unterhalb des Pegelnullpunktes bei der Großen Taborbrücke liegt. Da sich die Hydrotechnische Vermessung der Donau (KAZDA 1849) und somit letztendlich auch der Schichtenplan von Killian auf die gleiche Vergleichsebene beziehen, konnten die relativen Tiefenangaben der Profile und Längenschnitte direkt in absolute Höhen umgerechnet werden (wobei es insgesamt ein Glücksfall ist, dass gleich mehrere der

aufgefundene historische Grundlagen aus ein und derselben Quelle stammen – von Valentin Streffleur; dadurch ist auch eine vergleichbare Methodik der historischen Vermessungen und Kartendarstellungen gewährleistet).

Eine verkleinerte Variante dieser Karte befindet sich ebenfalls als Tafel XXXV in Streffleurs Vortrag „Einiges über Wasserstands- (Pegel-) Beobachtungen und deren Aufzeichnung“ (STREFFLEUR 1851). Hier fehlen allerdings die Längenschnitte.

- Lage- u. Schichtenplan des Donaugeländes bei Wien 1849 (KILLIAN) und Hydrotechnische Vermessung der Donau bei Wien (KAZDA 1849)

Diese Karten beinhalten den Stromstrich und Höhenkoten von Einzelpunktmessungen sowie von Profilen. Insgesamt wurden entlang des Hauptstromes 12 Profile und im Kaiserwasser ein Profil gemessen.

- Karte des Donau Stromes innerhalb der Grenzen des Österreichischen Kaiserstaates (PASETTI 1862) und Nieder Oesterreichische Donau-Stromkarte (LORENZO 1816-1817, herausgegeben 1819)

Die in diesen Karten eingezeichneten Höhen wurden für jene Bereiche verwendet, in denen keine anderen Quellen zur Verfügung standen. Die Lorenzo-Karte wurde zwar wesentlich früher erstellt, bietet aber durch die zahlreichen Sohlsondierungen (vor allem in den Nebengewässern der Lobau) wertvolle Hinweise über die ehemaligen Tiefenverhältnisse in den Nebengewässern der Donau.

Für die kleinere Arme, deren Sohle als Dreiecksgerinne modelliert wurde, dienten die aus den Punktdaten gewonnenen 3D-Tiefenlinie als Stützlinie für die Erstellung des TINs.

Beim Hauptarm und den wichtigen Seitenarmen wurde die Form der Sohle mittels eines abgerundeten Trapezprofils angenähert. Zu diesem Zweck

wurde die Tiefenlinie (abgeleitet aus den Sohlsondierungen entlang des Stromstriches) links und rechts von dieser kopiert, und die resultierenden beiden Linien angehoben (siehe Abbildung 15 und Abbildung 16).

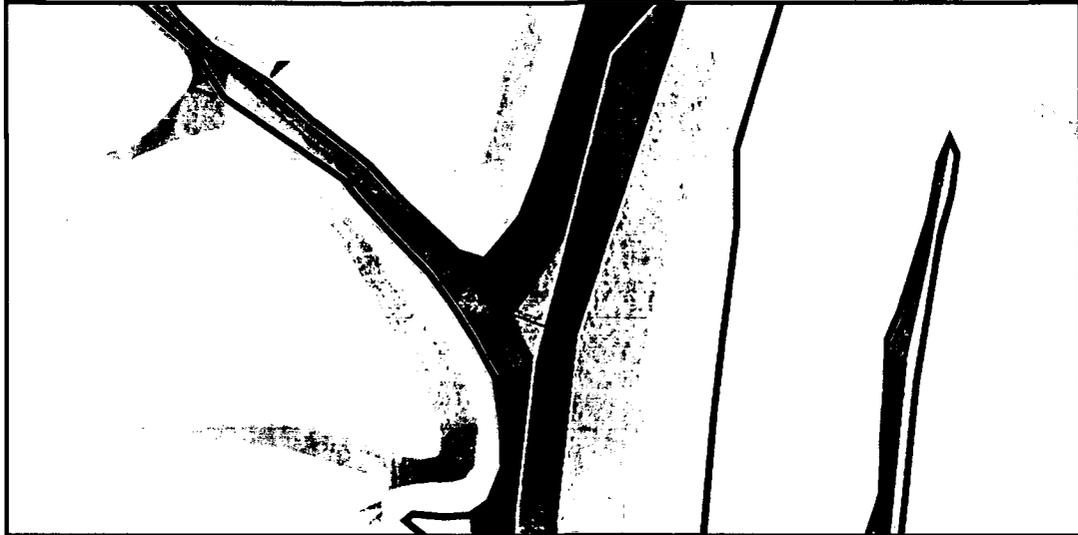


Abbildung 15 : Stützlinien bei der Modellierung der Sohle als Dreiecks- bzw. abgerundetes Trapezprofil: Tiefenlinien (rot), verschobene und angehobene Tiefenlinien (gelb) und Wasseranschlagslinien (blau)

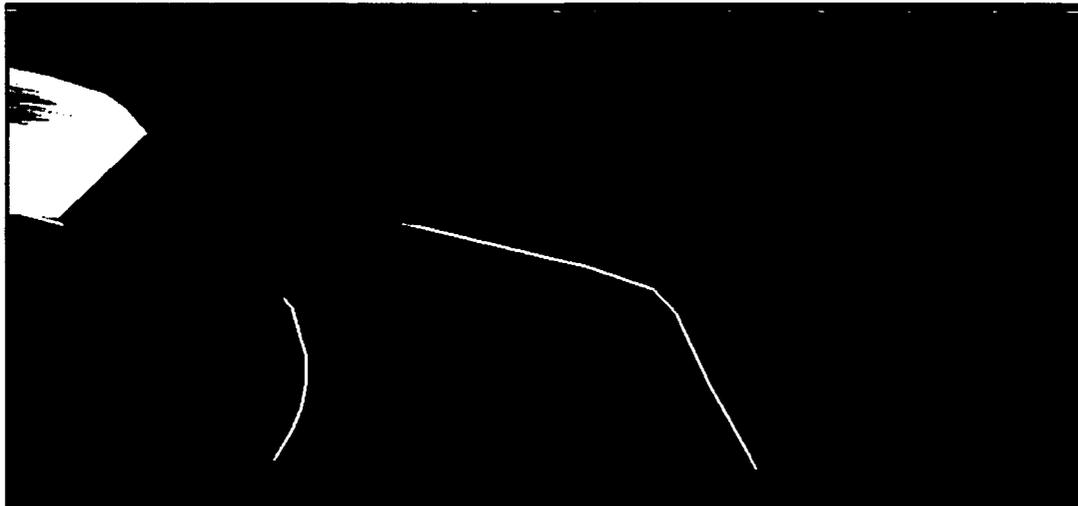


Abbildung 16 : 10-fach überhöhter Trapezquerschnitt des Hauptstromes bei Kuchelau mit den Tiefenlinien.

Die Verschiebung der Tiefenlinie parallel zum Stromstrich hatte den Effekt, dass die Neigung der Böschung im Bereich von Prallhängen steiler als an den Innenufer der Flussbögen (Gleithang) ist.

Die modellierte Sohle wurde in das Modell der Geländeoberfläche im Augebiet integriert, sodass über das gesamte Bearbeitungsgebiet ein flächendeckendes Geländemodell vorliegt.

6.1.4 Modellierung der charakteristischen Wasserstände

Auf Basis der verfügbaren Informationen zur Hydrologie wurden die Wasserspiegeloberflächen für folgende Wasserstände rekonstruiert (vgl. 5.2 Hydrologische Grundlagen):

- mittleres Jahresniederwasser (MJNW)
- Aufnahmewasserstand (AufnW)
- jährliches Mittelwasser (MW)
- sommerliches Mittelwasser (SMW)
- einjähriges Hochwasser (HW_1)
- Hochwasser von 1830 (HW_{1830})

Jeder dieser Wasserspiegel wurde gesondert und unabhängig von der Geländeoberfläche rekonstruiert.

Aufnahmewasserstand

Im Lage- und Schichtenplan von Killian sind Isohypsen des Wasserspiegels eingezeichnet. Der Höhenunterschied zwischen diesen beträgt 30 oder 40 cm. Dies liegt daran, dass die Höhenschichten in der Rekonstruktionsgrundlage (Plastische Darstellung der Donau bei Wien) einen Abstand von 0,2 Wr. Klafter, was 38 cm entspricht, aufweisen. Da Killian die Höhenschichten in seinem Plan in müA auf Dezimeter gerundet angibt, hat dies zur Folge, dass der theoretische Abstand zwischen jeder fünften und sechsten Schichtenlinie einen Wert von 30 cm aufweist und nicht wie die Schichten zuvor 40 cm. Dieser Ausgleich findet allerdings nicht immer statt, da vor allem bei der Landfläche nicht alle Schichten des Plastischen Modells übernommen wurden.

Die Isohypsen des Wasserspiegels wurden mittels Punkten mit der jeweiligen Höhe als Attribut digitalisiert (siehe Abbildung 17). Die

Punktsetzung erfolgte außerhalb der zuvor zweidimensional digitalisierten Begrenzung der Wasserfläche beim Aufnahmewasserstand und auch außerhalb allfälliger Schotterflächen, da zur Verringerung des Arbeitsaufwandes angenommen wurde, dass innerhalb des durchlässigen Schotterkörpers der Wasserspiegel jenem der offenen Wasserfläche entspricht.

Zwischen den einzelnen Höhenschichten der Wasseroberfläche wurden weitere Höhenpunkte entlang der Mittellinie interpoliert und anschließend knapp außerhalb der Wasserfläche (bzw. Schotterfläche) normal zu dieser Mittellinie kopiert.

Sowohl der Schichtenplan, als auch die Hydrotechnische Vermessung 1849 enthielten keine expliziten Höheninformationen für die kleineren Nebenarme bzw. isolierte Altarme.

Bei einseitig angebundenen Altarmen wurden ausgehend von der letzten bekannten bzw. interpolierten Höhenkote des Hauptstromes oder eines größeren Seitenarmes weitere Höhen ermittelt. Dies erfolgte unter der Berücksichtigung des Einflusses der umgebenden Gewässer, deren Entfernung und Höhenlage des Wasserspiegels sowie dem Vorhandensein durchlässiger Schotterflächen oder von älterem, bewachsenen Augelände (siehe Abbildung 18).

Bei beidseitig angebundenen Nebenarmen wurden die Höhen mittels Interpolation zwischen den bekannten Höhen bei Einmündung und Ausmündung ermittelt.

Bei allen nicht kotierten Nebenarmen, aber vor allem bei isolierten Gewässern diente die am nächsten der Wasseranschlaglinie benachbarte Schichtenlinie des Geländes als Richtwert für die Höhe der Wasseroberfläche. Weiters wurden auch hier die umgebenden bzw. die Entfernung zu den anderen Gewässern berücksichtigt.

Bei der anschließenden Dreiecksvermaschung bzw. der TIN-Erstellung dienten diese Höhenkoten als Stützpunkte. Die entstandene 3D-Oberfläche stellt in der stationären Modellvorstellung sowohl die Höhe der Wasseroberfläche, als auch die Höhe des Grundwasserspiegels dar. Es

werden also im Modell die Wasseroberflächen als bekannte Stützflächen benutzt, um zwischen diesen im Augebiet die Grundwasseroberfläche zu interpolieren.

Das TIN der Wasseroberfläche des Aufnahmewasserstandes wurde im letzten Schritt in ein Raster konvertiert.

Bei der angewendeten Methodik wird somit die Annahme getroffen, dass sich in einem weitgehend naturnahen Augebiet mit intakter hydrologischer Konnektivität zwischen den einzelnen Gewässern (insbesondere zwischen dynamischen, durchströmten Gewässern) das Wasserspiegelgefälle bzw. das Gefälle des Grundwasserspiegels in einem stationären Zustand zwischen den verschiedenen Seitenarmen entsprechend der Interpolationsmethode einstellt. Natürlich können mit dieser Methode keine lokalen Grundwasserströmungsverhältnisse rekonstruiert werden und stellt nur eine vereinfachte Rekonstruktion (und keine hydrodynamische Simulation) dar. Doch bieten die getroffenen Annahmen, dass sich in einem stationären Zustand die historisch vermessenen Wasseroberflächen ausbilden, eine hinreichende Genauigkeit um eine Abschätzung der früheren hydromorphologischen Bedingungen zu ermöglichen. Im Rahmen des FWF-Projektes „Machland 1715 – 1991“ wurde diese Methode getestet indem auch eine hydrodynamische Simulation mittels des 2D-tiefengemittelten hydrodynamischen Modells River2D³ und eine Überprüfung basierend auf aktuellen Grundwasserpegeldaten durchgeführt wurde. Letztere erfolgte in einem kurzen Abschnitt der Donau im Unterwasserbereich des Donau-Kraftwerkes Wallsee-Mitterkirchen in der Stauwurzel des KW Ybbs-Persenbeug wo das Augebiet noch nicht von der Donau abgedämmt wurde. Dementsprechend ergab sich für die hier beschriebene Methode eine über die Fläche gemittelte Differenz von +0,09 m im Vergleich zu den gemessenen Pegelwerten (HOHENSINNER et al. 2005b). Die Berechnung der Wasser- und Grundwasserspiegellagen mittels River2D in

³ <http://www.river2d.ualberta.ca>

Zusammenarbeit mit Prof. Helmut Habersack (Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, BOKU Wien) ergab, dass aufgrund der wenigen zur Verfügung stehenden Daten bzgl. der historischen Sohllagen zahlreiche Unsicherheiten bestehen, deren Auswirkungen zwar mittels einer Sensitivitätsanalyse abgeschätzt werden konnten, aber ebenfalls methodische Probleme birgt.

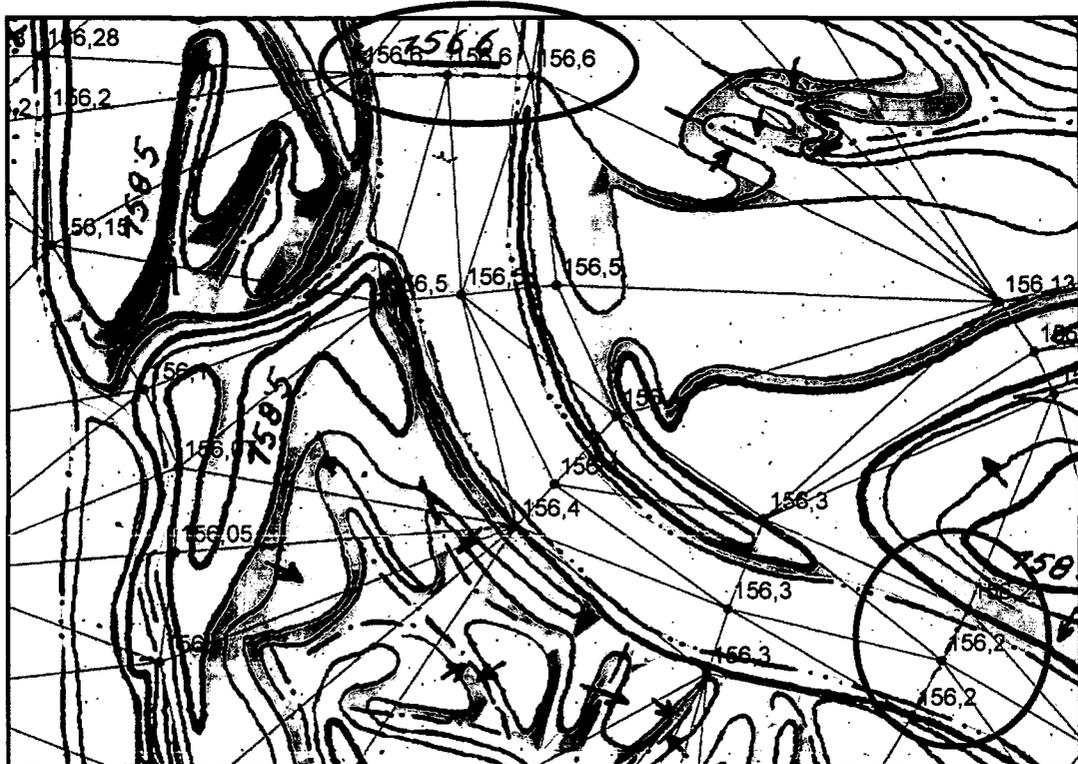


Abbildung 17: TIN des Aufnahmewasserstandes: im rechten Arm sind die Wasserspiegelhöhen des Schichtenplanes (strichlierte Linien bei 156,60 bzw. 156,20) und die dazwischen interpolierten Höhen zu erkennen, ebenso die darauf aufbauende Dreiecksvermaschung. Interessant sind die Wasserspiegeldifferenzen von 40 cm zwischen dem linken Hauptstrom und dem rechten Seitenarm.

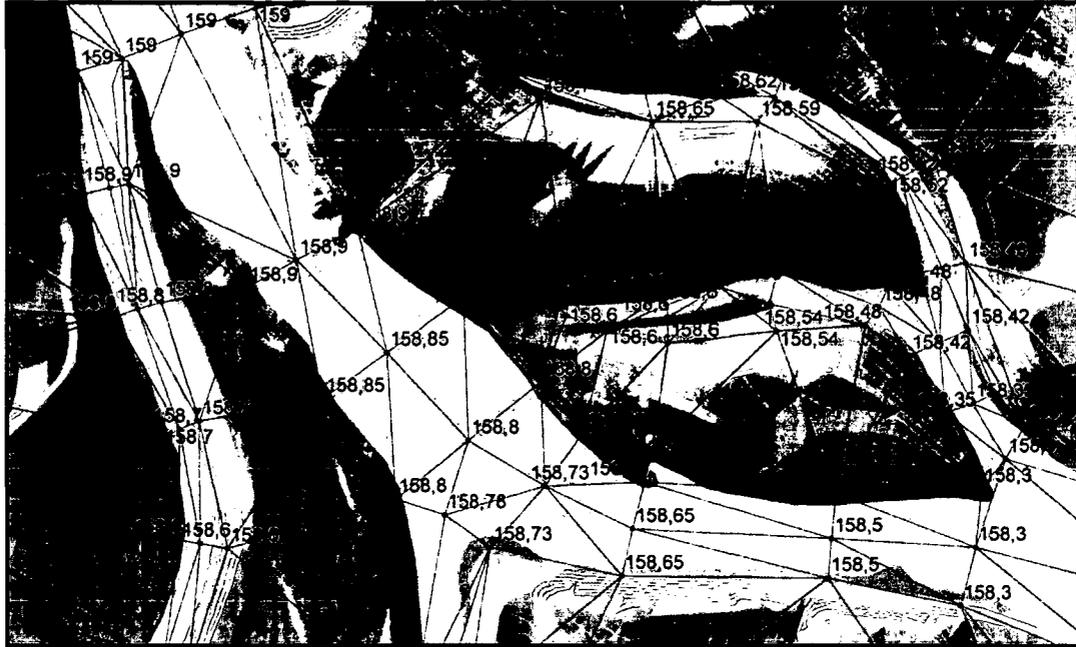


Abbildung 18 : Einseitig angebundener Altarm (links Einmündung Donaukanal): Ermittlung der Höhenkoten unter Berücksichtigung der umgebenden Gewässer, deren Höhenlage und dem Vorhandensein von durchlässigen Schotterflächen.

MJNW, MW und SMW

Die Berechnung der Wasser- bzw. in weiterer Folge der Grundwasseroberflächen erfolgte durch Anheben (für MW, SMW) bzw. Absenken (für MJNW) der Fläche des Aufnahmewasserstandes, der wie bereits erwähnt der Wasserfläche des Nullwasserstandes entspricht.

Die Rekonstruktion für MW bzw. SMW ist völlig unproblematisch, da die relativen Wasserstände im gesamten Untersuchungsgebiet ja gleich sind. Um nicht den Rahmen der Diplomarbeit zu sprengen, wurde die Wasserfläche des MJNW ebenfalls in dieser Art und Weise rekonstruiert. Diese Vereinfachung wurde toleriert, da (a) die örtlichen Unterschiede der relativen Wasserstände nicht so groß sind und (b) im Großteil des Bearbeitungsgebietes die Gewässer den gleichen relativen Wasserstand aufweisen (vgl. 5.2.2 Charakteristischen Wasserstände).

In ArcGIS wurden die Wasserflächen des MJNW, MW und des SMW mittels einer Rasterfunktion berechnet. Jeder Zelle des Rasters des

Aufnahmewasserstandes wird dabei die Höhe des Wasser- bzw. Grundwasserspiegels für das Bearbeitungsgebietes flächendeckend zugewiesen. Durch Addition bzw. Subtraktion des Höhenunterschiedes zwischen dem Aufnahmewasserstand und dem jeweiligen zu berechnenden Wasserstandes (siehe Tabelle 10) erhält man mit dem Raster Calculator der ArcGIS-Extension Spatial Analyst den Raster-Datensatz des gewünschten Wasserstandes.

Ausgehend von den in Kapitel 5.2.2 Charakteristischen Wasserstände angeführten Pegelhöhen erhält man für die einzelnen rekonstruierten (Grund-)Wasserspiegeloberflächen folgende Höhenunterschiede dH bezogen auf den Aufnahmewasserstand:

Wasserstand	dH PNP-Wasserstand
MJNW	-1,08
MW	+0,35
SMW	+0,65

Tabelle 10 Wasserspiegeldifferenzen dH zwischen dem auf Basis von Killian rekonstruierten Nullwasserstand und MJNW, MW bzw. SMW

Einjährliches Hochwasser

Hinsichtlich der Ausbildung von gewässertypischen Lebensräumen sind nicht nur Extremereignisse wie das Hochwasser von 1830, sondern auch die vergleichsweise häufig auftretenden 1- bis 5-jährlichen Hochwässer ausschlaggebend. Diese tragen ebenso zur Neubildung variabler Breiten und Tiefen durch Erosions- und Sedimentationsvorgänge, zur regelmäßigen Umlagerung des Substrates, Erhaltung des Schotterlückenraumes etc. bei. Zudem verursachen sie Erosions- und Verlandungsprozesse im Flussumland sowie die Neuentstehung und Überformung von Altarmsystemen (JUNGWIRTH et al. 2003).

Das einjährliche Hochwasser (HW_1) konnte nicht mit der gleichen Methode wie für die im vorherigen Kapitel besprochenen Wasserstände

rekonstruiert werden, da die gleichzeitigen Wasserstände im Untersuchungsgebiet zu große Unterschiede aufweisen.

Für die Modellierung der Wasseroberfläche bei ca. HW_1 wurden daher die in Kapitel 5.2.2 Charakteristischen Wasserstände beschriebenen Spiegellagen (siehe Abbildung 10 auf Seite 36) – nachdem sie mit den hydrologischen Angaben von Wex überprüft wurden – verwendet, indem manuell Höhenkoten gesetzt wurden. Innerhalb der von Streffleur angegebenen Klassen der Wasserstände (z.B. von 6 bis 7 Wr. Fuß über Null) wurden die Wasserstände/Höhenkoten interpoliert. Weiters wurden Begrenzungen, wie Straßen, Dauersiedlungsgebiete oder Hochwasserschutzdämme für lokale geringfügige Anpassungen herangezogen, unter der Annahme, dass diese Bereiche höhenmäßig so angesiedelt waren, dass sie nicht jedes Jahr überflutet wurden.

Die Höhenkoten wurden anschließend dreiecksvermascht und dann in ein Raster konvertiert. Die methodische Vorgangsweise entspricht der Umsetzung, wie sie in Kapitel zum Aufnahmewasserstand erörtert wurde.

Hochwasser 1830

Als Grundlage für die Rekonstruktion des katastrophalen Eisstoß-Hochwassers vom 1. März 1830 dienten die eingezeichnete Wasseranschlagslinie in der Karte der Hydrotechnischen Vermessung von 1849, Niveaunkoten, die in der gleichen Karte sowie im Plastischen Modell vermerkt sind und Höheninformation, die SARTORI (1830) zu entnehmen sind. Zusätzliche Angaben zu den damaligen Wasserspiegellagen finden sich in WEX (1875, 1876) und HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBUREAU (1908) (siehe Tabelle 11 und Tabelle 12).

Die Wasserfläche von dem HW_{1830} wurde auf Basis dieser historischen Aufzeichnungen mit Hilfe von zusätzlich eingefügten/interpolierten Stützpunkten rekonstruiert. Als Interpolationsmethode wurde ebenfalls die Dreiecksvermaschung gewählt.

Beschreibung	Niveau Coten	Höhe müA
im Kahlenberger Dörfel	23,852	165,7
in Nußdorf beim Dampfschiffbureau	23,089	164,3
bei der großen Aerialbrücke	22,906	163,9
im Hofe der Reiterkaserne in der Leopoldstadt	22,789	163,8
am Jägerhaus in der Grünau	20,856	160,0

Tabelle 11 Höhenkoten des HW₁₈₃₀ aus dem Verzeichnis der Hochwasserstände (KAZDA 1849, STREFFLEUR & DROBNY 1849)

Vorstadt	Beschreibung	Wasserstand			Höhe müA
		Fuß	Zoll	m	
Rossau	Servitenkloster: bei dem Kirchenthor	4	0	1,26	164,3
	Fürst Liechtensteinischer Garten-Palais	3	2	1,00	164,5
Leopoldstadt	Im Mittelpunkt - Große Pfarrgasse	5	0	1,58	163,4
	Augartenstrasse: Bei der Kaserne	6	5	2,03	163,8
	Donaustrasse: Bei der Kaserne	6	4	2,00	163,7
	Beim Hauptthor des k.k. Augartens	7	0	2,21	163,3
	Gr. Stadtgutgasse: Gegen die Taborstrasse	5	0	1,58	163,1
	Glockengasse: Im Mittelpunkte	5	2	1,63	163,2

Tabelle 12 Überflutungshöhen aus Sartori, F. (1830)

6.1.5 Auswertungen auf Basis des DGMS

Sämtliche Auswertungen und Berechnungen wurden mittels ArcGIS für die Teiluntersuchungsgebiete Hauptstrom, aktive Zone und gesamtes Auegebiet durchgeführt. Dazu mussten die räumlich vorliegenden Datensätze zuvor auf die jeweiligen Teilgebiete begrenzt werden.

Dies erfolgte bei Vektor-Daten (Punkte, Linien und Polygone) mittels der Funktion „Clip“. So ist es mit dieser Funktion z.B. möglich, die Uferlänge ausschließlich für den Bereich des Hauptstromes zu ermitteln, da

ursprünglich die Uferlängen für das gesamte Bearbeitungsgebiet berechnet wurden.

Bei Raster-Daten (z.B. die Oberflächen der charakteristischen Wasserstände), erfolgte dies mittels „Extract by mask“. Mit dieser Funktion wurden die Rasterzellen, die innerhalb einer definierten Maske liegen in einer neuen Datei gespeichert.

Um den Arbeitsablauf zu optimieren wurden die einzelnen Operationen fallweise mittels ESRI ModelBuilder programmiert.

Ohne Berücksichtigung von Zwischenergebnissen wurden insgesamt 58 Datensätze mit Ergebnissen generiert, aus denen die jeweiligen hydromorphologischen Parameter ausgelesen wurden.

Wasserflächen

Mit der in Kapitel 6.1.4 Modellierung der charakteristischen Wasserstände beschriebene Vorgehensweise wurde für jeden zu analysierenden Wasserstand eine kombinierte Wasser-Grundwasseroberfläche erstellt, die sich über das gesamte Untersuchungsgebiet erstreckt. .

In ArcGIS wurde mittels „Raster Calculator“ der Raster der Geländeoberfläche (DGM) von jenem der (Grund-)Wasserflächen subtrahiert. Der Ergebnisraster entspricht dem Höhenunterschied an jeder Rasterzelle zwischen dem DGM und der (Grund-)Wasserfläche. In Bereichen, wo negative Rasterwerte auftreten, liegt die Wasserfläche höher als das DGM. Dies entspricht einer offenen Wasserfläche. Mittels „Extract by Attribute“ wurden diese Bereiche exportiert. In weiterer Folge wurden die Wasserflächen für die einzelnen Teiluntersuchungsgebiete extrahiert.

Diese Vorgangsweise wurde für alle Wasserstände, bis auf den Aufnahmewasserstand durchgeführt.

Sedimentflächen

Zur Berechnung der Sedimentflächen (unbewachsene Schotter-/Sandflächen) wurden diese in den georeferenzierten Digitalfotos der Plastischen Darstellung digitalisiert.

In der Plastischen Darstellung sind die Sandbänke so eingezeichnet, wie sie beim Nullwasserstand erscheinen (STREFFLEUR & DROBNY 1849). Die restlichen Flächen neben den Schotter- und den Wasserflächen wurden als Vegetationsflächen klassifiziert.

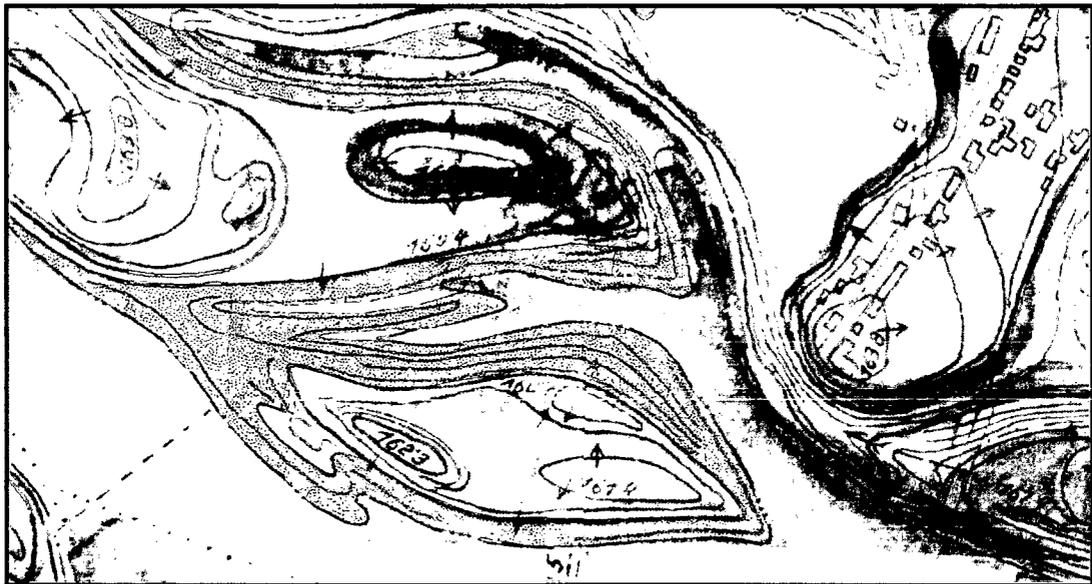


Abbildung 19 : Als Grundlage für das Digitalisieren der Schotter- und Vegetationsflächen dienten die georeferenzierten Digitalfotos der Plastischen Darstellung.

Die Grenze zwischen Sedimentflächen und Vegetationsflächen verläuft in der Plastischen Darstellung entlang von Höhenschichten. Dies wurde bei der Digitalisierung beibehalten, da keine genaueren Grundlagen zur Verfügung standen, die eine andere Interpretation zuließen. (siehe Abbildung 19).

Aktive Gerinne (active channel)

Unter dem aktiven Gerinne (active channel) versteht man die Summen aus Wasser- und Sedimentationsflächen. Die Berechnung des aktiven

Gerinnes erfolgte für den Hauptstrom, für die Nebengewässer der aktiven Zone und für die gesamte aktive Zone. Weiters erfolgte eine Bilanzierung für das gesamte Augebiet und für die Nebengewässer im Augebiet. Als Nebengewässer in der aktiven Zone bezeichnet man die Bereiche der aktiven Zone ohne den Hauptstrom. Das gleiche gilt für die Nebengewässer im Augebiet.

Uferlinien

Die Ergebnisse der Wasserflächenberechnung liegen als Raster vor. Um die Uferlinien zu berechnen, wurden die Rasterdateien der Wasserflächen der unterschiedlichen Teiluntersuchungsgebiete in Polygone (Befehl „Raster to Polygon“), und anschließend die Polygone in Polylinien (Befehl „Polygon to Line“) umgewandelt.



Abbildung 20 : Prozess der Ermittlung der Uferlinien in der aktiven Zone (Endung _az in den Dateinamen), dargestellt für MW.

Bei den erzeugten Polylinien war eine händische Bearbeitung im Anschluss nötig. Grenzen der Untersuchungsgebiete durchschneiden Wasserflächen. Bei der Umwandlung dieser Wasserfläche in eine Polylinie entstehen an diesen Grenzen Linien, die nicht bearbeitet ebenfalls als Uferlinie mitgerechnet würden.

Flurabstände

Der Flurabstand bezeichnet den Höhenunterschied zwischen der Grundwasseroberfläche und der Geländeoberfläche bei gegebenem Grundwasserstand.

Berechnet wurden die Flurabstände für das jährliche Mittelwasser (MW) und für das mittlere Jahresniederwasser (MJNW) für alle trocken fallenden Bereiche und nur für die Vegetationsflächen. Die Ergebnisse der Flurabstände für alle trocken fallenden Bereiche sind allerdings aufgrund der erwähnten Unsicherheiten bei der Sohle (siehe Kapitel 6.1.3 Modellierung der Sohle) mit einer größeren Ungenauigkeit behaftet.

In ArcGIS erfolgte die Berechnung mittels „Raster Calculator“, indem die Geländeoberfläche (DGM) von der Grundwasseroberfläche des MW bzw. des MJNW subtrahiert wurde. Bereiche in denen das DGM unter der Grundwasseroberfläche (Werte der Rasterzelle des DGMs < Werte der Rasterzellen der GW-Rasters) lag, entsprechen benetzten Oberflächen und wurden für die Berechnung des Flurabstandes ausgeschlossen.

Die Ergebnisraster dieser Subtraktion wurden anschließend mittels der „Reclassify“-Funktion in Klassen von 0,5 m reklassifiziert. Die Ermittlung erfolgte für die beiden schon erwähnten Wasserstände und für die beiden Untersuchungsgebiete Gesamtes Auegebiet und Aktive Zone.

Überflutungshöhen

Die Überflutungshöhen wurden für das HW_1 und das HW_{1830} berechnet. Die Ermittlung erfolgte analog zu den Flurabständen, nur dass hier jene Bereiche, in denen die Wasseroberfläche über dem DGM liegt (Werte der Rasterzelle des DGMs < Werte der Rasterzelle des GW-Rasters) zur Berechnung herangezogen wurden.

Der resultierende HW_1 -Überflutungsraster wurde bis 2 m Überflutungshöhe in Klassen zu 0,5 m und ab 2 m zu 1 m reklassifiziert. Beim HW_{1830} -Raster erfolgte dies in Klassen von einem Meter. Um eine bessere Aussagekraft im Hinblick auf die Standortverhältnisse der Auenvegetation zu ermöglichen, wurden die jeweiligen Überflutungshöhen explizit für die vegetationsbedeckten Bereiche der Flusslandschaft berechnet.

Die Ermittlung der Überflutungshöhen wurde ebenfalls für die beiden Untersuchungsgebiete Gesamtes Auegebiet und Aktive Zone durchgeführt.

Wasserspiegel- und Sohlgefälle

Mittleres Wasserspiegelgefälle:

Da die (Grund-)Wasserflächen des MJNW, MW und SMW als Ganzes in Relation zum Aufnahmewasserstand abgesenkt bzw. angehoben wurden, spielt es keine Rolle, welche der oben genannten charakteristischen Wasserstände für die Ermittlung des mittleren Wasserspiegelgefälles herangezogen werden. Für die Berechnung wurden tatsächlich gemessene Höhenkoten und keine interpolierten Werte verwendet. Diese wurden aufgrund der Gewährleistung der Vergleichbarkeit auf die Hauptstrommittelachse bezogen.

Die Berechnung erfolgt als Quotient des Höhenunterschiedes zweier Höhen und der Länge der Hauptstrommittelachse zwischen diesen.

Sohlgefälle:

Das Ergebnis der konventionellen Ermittlung des Sohlgefälles als Höhendifferenz dH zwischen zwei Höhenkoten H_1 und H_2 dividiert durch die Länge der Tiefenlinie L beim Aufnahmewasserstand, die diese beiden Koten trennt, ist sehr stark davon abhängig, welche Sohlkoten man als Berechnungseingangsgrößen verwendet. Bei der Verwendung von Sohlpunkten, die aus Bereichen einer Furt oder eines Kolkes stammen bzw. die unterschiedliche Kombination dieser, ergibt natürlich auch unterschiedliche Ergebnisse.

Aufgrund dieser Abhängigkeit des Sohlgefälles von der willkürlichen Wahl der Eingangsgrößen wurde das Sohlgefälle über die Steigung der linearen Ausgleichsgeraden ermittelt. Zu diesem Zweck werden die bekannten Sohlkoten in Abhängigkeit von deren Abstand voneinander in einem Diagramm aufgetragen, und die lineare Ausgleichsgerade bzw. der lineare

Trend mittels Excel ermittelt. Die Steigung k dieser Geraden mit der Gleichung $y = kx + d$ entspricht dem Sohlgefälle.

Massenumlagerung

Für die Abschätzung der Volumsdifferenz zwischen dem historischen und dem aktuellen Gelände wurde das DGM von 1849 vom aktuellen DGM mittels „Raster Calculator“ subtrahiert. Die Volumsdifferenz für das gesamte Auegebiet kann auch aus der Multiplikation dieser Fläche mit dem mittleren, über das gesamte Gebiet gemittelten Höhenunterschied ermittelt werden.

Die mögliche Bandbreite der systematischen Höhenfehler des historischen Geländemodells wurde mittels einer Sensitivitätsanalyse berücksichtigt. Zu diesem Zweck wurde das DGM 1849 vor der eigentlichen Berechnung jeweils um 0,5 m und 1,0 m angehoben bzw. abgesenkt. Da das aktuelle DGM eine Zellengröße von 10 m aufweist, wurde die Rasterweite des historischen Modells ebenfalls auf 10 m vergrößert („resampled“).

Die Darstellung erfolgt als Karte mit verschiedenen eingefärbten Klassen der Höhendifferenz zwischen den beiden Geländeoberkanten von 1849 und aktuell.

Das aktuelle von der MA 41 Stadtvermessung zur Verfügung gestellte DGM hatte keine Informationen bezüglich der Höhenlage der Gewässersohlen. Aus diesem Grund wurde mittels mehrerer Ausgangsmodelle ein aktuelles digitales Höhenmodell für Wien (MICHAEL WEIß & SEVERIN HOHENSINNER, IHG - BOKU, 2007) erstellt, das auch Sohlhöhen beinhaltet. Diese Ausgangsdaten waren:

- Digitales Höhenmodell der Stadt Wien (Quelle: *MA 41 Stadtvermessung*)
- Digitales Höhenmodell „Grundszenario Ist-Zustand“ (Projekt Optima Lobau; Quelle: *Laserscan via donau*)
- Sohle Donau (*Sohlvermessung via donau*)
- Sohle Entlastungsgerinne Neue Donau (*MA 45 Wasserbau*)

- Sohle Wasserpark Kagran (*MA 45 Wasserbau*)
- Sohle Alte Donau (*MA 45 Wasserbau*)
- Sohle Donaukanal (*Sohlvermessung via donau*)

Weiters mussten noch manuelle Änderungen, Korrekturen und Interpolationen aufgrund der unzureichenden Datenlage vorgenommen werden.

7 Ergebnisse

Bei sämtlichen Ergebnissen für den Wasserstand „mittleres Jahresniederwasser“ (MJNW) ist zu berücksichtigen, dass diese aufgrund der Ungenauigkeiten bei der Sohlmodellierung (siehe 6.1.3 Modellierung der Sohle) mit einer höheren Unsicherheit behaftet sind.

7.1 Wasserflächen

Die Ausdehnung der Wasserfläche bei charakteristischen Wasserständen dient als einfaches Maß zur Beschreibung des aquatischen Lebensraumes einer Flusslandschaft. Um die berechneten Flächenwerte mit Daten von anderen Donauabschnitten vergleichen und einstufen zu können, müssen die absoluten Flächenangaben standardisiert werden. Daher werden die Ergebnisse in der Einheit „Fläche in ha/km Talachse“ mit linearem Flächenbezug und in „Prozent der aktiven Zone bzw. des gesamten Auegebietes“ mit relativem räumlichem Bezug dargestellt.

An dieser Stelle sei auch auf die Karten im Anhang verwiesen, die die Wasserflächen bei unterschiedlichen Wasserständen zeigen.

Wasserstand	Bereiche				
	HS	Nebengew. AZ	AZ	Nebengew. AG	ges. AG
Fläche in ha/km Talachse					
MJNW	29,2	20,5	49,7	20,9	50,1
AufnW	34,6	35,6	70,2	36,6	71,2
MW	40,9	56,3	97,1	57,9	98,8
SMW	44,3	70,9	115,2	74,2	118,5
HW1	50,7	122,4	173,1	130,2	180,9
Prozent des Bereichs	bezogen auf aktive Zone			bezogen auf ges. Auegebiet	
MJNW	6,5	4,5	11,0	3,1	7,5
AufnW	7,7	7,9	15,5	5,5	10,7
MW	9,1	12,5	21,5	8,7	14,8
SMW	9,8	15,7	25,5	11,1	17,7
HW1	11,2	27,1	38,3	19,5	27,1

Tabelle 13 Ergebnisse – Wasserflächen bei charakteristischen Wasserständen (HS = Hauptstrom, Nebengew. AZ = Nebengewässer in der aktiven Zone, AZ = aktive Zone, Nebengew. AG = Nebengewässer im gesamten Auegebiet, ges. AG = gesamtes Auegebiet)

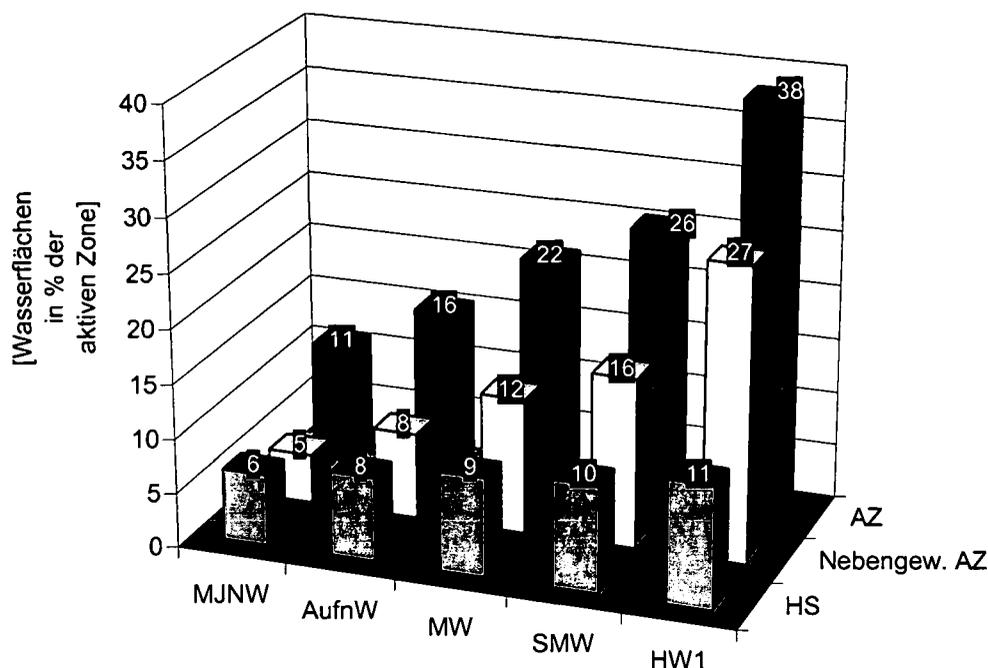


Abbildung 21: Zunahme der Wasserflächen in der aktiven Zone bei verschiedenen charakteristischen Wasserständen (HS = Hauptstrom, AZ = aktive Zone).

Die dargestellten Werte dienen dazu, das „Pulsieren“ des aquatischen Lebensraumes, d. h. die Expansion und Kontraktion der Wasserfläche, unter alljährlich stattfindenden hydrologischen Bedingungen zu beurteilen. Zu erkennen ist, dass die Zunahme der Wasserflächen zu einem überwiegenden Teil in den Nebengewässern erfolgt. Die Zunahme der benetzten Flächen im Hauptstrom beträgt zwischen dem MJNW und dem HW₁ nur 5 % der AZ. Im Gegensatz dazu nimmt diese Fläche in den Nebengewässern um 22 % zu. Vor allem die Zunahme zwischen SMW und HW₁ in den Nebengewässern der aktiven Zone ist mit 11 % beachtlich. Dies verdeutlicht die herausragende Bedeutung der unterschiedlichen Nebengewässer, wie ständig durchströmte Seitenarme, einseitig angebundene Altarme oder Totarme für die Flusslandschaft der Donau im Wiener Becken.

7.2 Sedimentflächen

Die Sedimentflächen (Schotter, Sand, Schluff) sind innerhalb eines Gewässersystemes jene Bereiche, die besonders stark vom hydrologischen Regime, d. h. den regelmäßig wiederkehrenden Wasserspiegelschwankungen zwischen NW und ungefähr SMW, ausgesetzt sind.

Wasserstand	Bereiche				
	HS	Nebengew. AZ	AZ	Nebengew. AG	ges. AG
ha/km Talachse					
MJNW	15,6	46,3	61,9	46,9	62,5
AufnW	10,2	31,2	41,4	31,2	41,4
MW	3,9	10,5	14,4	9,8	13,8
Prozent des Bereichs	bezogen auf aktive Zone			bezogen auf ges. Augebiet	
MJNW	3,4	10,3	13,7	7,0	9,3
AufnW	2,3	6,9	9,2	4,7	6,2
MW	0,9	2,3	3,2	1,5	2,1

Tabelle 14 Ergebnisse – Sedimentflächen

Wie bereits bei den Wasserflächen dokumentiert, zeigt sich auch bei den Sedimentflächen die große Bedeutung der Nebengewässer (Tabelle 14). Ihr großer Anteil an den Sedimentflächen ist charakteristisch für die Donau bei Wien. Die zahlreichen Seitenarme, wie z.B. das Kaiserwasser, der Leopoldauer Arm oder der Asperner Arm östlich des Hauptstromes sind durch große Schotter- und/oder Sandflächen geprägt (siehe Karten im Anhang).

Beim MJNW sind 34,7 % des aktiven Gerinnes des Hauptstromes, dessen Fläche 517,6 ha beträgt, Sedimentflächen. Beim Aufnahmewasserstand sinkt dieser Wert auf 22,8 %, und bei Mittelwasser ergibt sich ein Wert von 8,8 %.

7.3 Aktive Gerinne (active channels)

Die aktiven Gerinne eines Fließgewässers entsprechen der Gesamtheit der Wasser- und Sedimentflächen und werden durch die Grenze zwischen offenen Rohböden und Flächen mit mehrjähriger Gehölzvegetation definiert (OSTERKAMP & HEDMAN 1982, CURCH 1992). Diese Bereiche einer Flusslandschaft entsprechen somit jenen Habitaten, die permanent oder regelmäßig bei Wasserständen zwischen NW und ungefähr sommerlichem Mittelwasser (SMW) überflutet sind. Da die Grenzen zwischen den Sedimentflächen und der mehrjährigen Vegetation (an der österreichischen Donau zumeist junge Weidengesellschaften) in den historischen Karten und Vermessungen zumeist gut wiedergegeben sind, ermöglicht die Auswertung der aktiven Gerinne eine robuste Analyse der ehemaligen Gewässervernetzung bzw. des Gewässerlebensraumes, die vom jeweiligen Aufnahmewasserstand unabhängig ist (sofern der Aufnahmewasserstand zwischen NW und ca. SMW liegt).

Fläche in Ha	Bereiche				
	HS	Neben- gew. AZ	AZ	Neben- gew. AG	ges. AG
AufnW (Wasser+Schotter)	518	771	1.289	783	1.301
Fläche in ha/km Talachse					
AufnW (Wasser+Schotter)	44,8	66,8	111,6	67,8	112,6
% des Bereichs	bezogen auf aktive Zone			bezogen auf ges. AG	
AufnW (Wasser+Schotter)	9,9	14,8	24,7	10,1	16,8

Tabelle 15 Aktive Gerinne (active channels) – Wien 1849

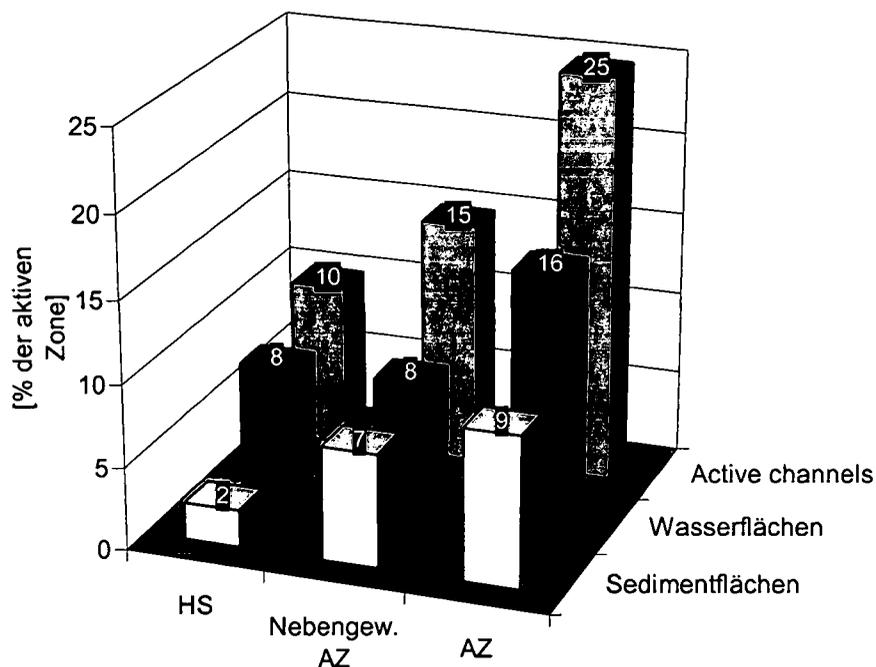


Abbildung 22: Aufteilung der aktiven Gerinne für die aktive Zone beim Aufnahmewasserstand 1849 und Gegenüberstellung der jeweiligen Sedimentflächen, Wasserflächen und der aktiven Gerinne.

Beim Aufnahmewasserstand weist der Hauptstrom die gleichen Anteile wie die Wasserflächen der Nebengewässer in der aktiven Zone auf. Die Sedimentflächen spielen im Hauptstrom jedoch beim Aufnahmewasserstand (zwischen NW und MW) eine untergeordnete Rolle. In den Nebengewässern hingegen ist der Anteil an Sediment- bzw. Wasserflächen fast gleich hoch.

In Summe wird ein Viertel der aktiven Zone vom aktiven Gerinne eingenommen und steht somit in direktem und regelmäßigem Einfluss des Abflussgeschehens der Donau.

7.4 Uferlinien

Uferzonen sind als Übergangsbereich vom aquatischen zum terrestrischen Lebensraum von großer ökologischer Bedeutung (JUNGWIRTH et al. 2003). Als so genannte Ökotope weisen sie eine hohe Habitat- und Artenvielfalt auf, da sich hier die verschiedenen

Lebensräume überschneiden und aus deren Kombination zusätzliche ökologische Nischen entstehen (AMOROS et al. 1996, NAIMAN & DECAMPS 1990, 1997). Die Länge dieser Uferzonen gemessen als Uferlinie (Wasseranschlaglinie) dient daher als ökologisch fundiertes Maß zur Bewertung der Verzahnung zwischen Wasser- und Landlebensräumen bzw. der hydrologischen Konnektivität (Vernetzung) einer Flusslandschaft..

Um die Vergleichbarkeit mit anderen Flussabschnitten zu ermöglichen, wurden die Ergebnisse in „km Uferlinie / km Talachse“ umgerechnet und wird analog zur Laufentwicklung eines Flusses als Uferentwicklung bezeichnet. Um die Intensität der Wasser-Land-Verzahnung innerhalb des Auegebietes ohne Hauptstrom zu ermitteln, wird die Uferentwicklung für die Nebengewässer (Augewässer) auch in „km Uferlinie / km² Donau-Auen“ angegeben.

Wasserstand	Bereiche				
	HS	Neben- gew. AZ	AZ	Neben- gew. AG	ges. AG
km/km Talachse (=Uferentwicklung)					
MJNW	4,2	11,6	15,8	12,1	16,2
AufnW	4,9	12,2	17,0	12,6	17,4
MW	3,7	13,7	17,4	14,8	18,4
SMW	3,2	14,5	17,7	16,3	19,5
HW1	-	17,1	19,9	20,9	23,6
HW1830	-	-	-	-	-
km/km² Donau-Auen					
MJNW	-	2,9	-	1,9	-
AufnW	-	3,0	-	2,0	-
MW	-	3,4	-	2,4	-
SMW	-	3,6	-	2,6	-
HW1	-	4,2	-	3,4	-
HW1830	-	0,1	-	0,3	-

Tabelle 16 Ergebnisse – Uferlinien

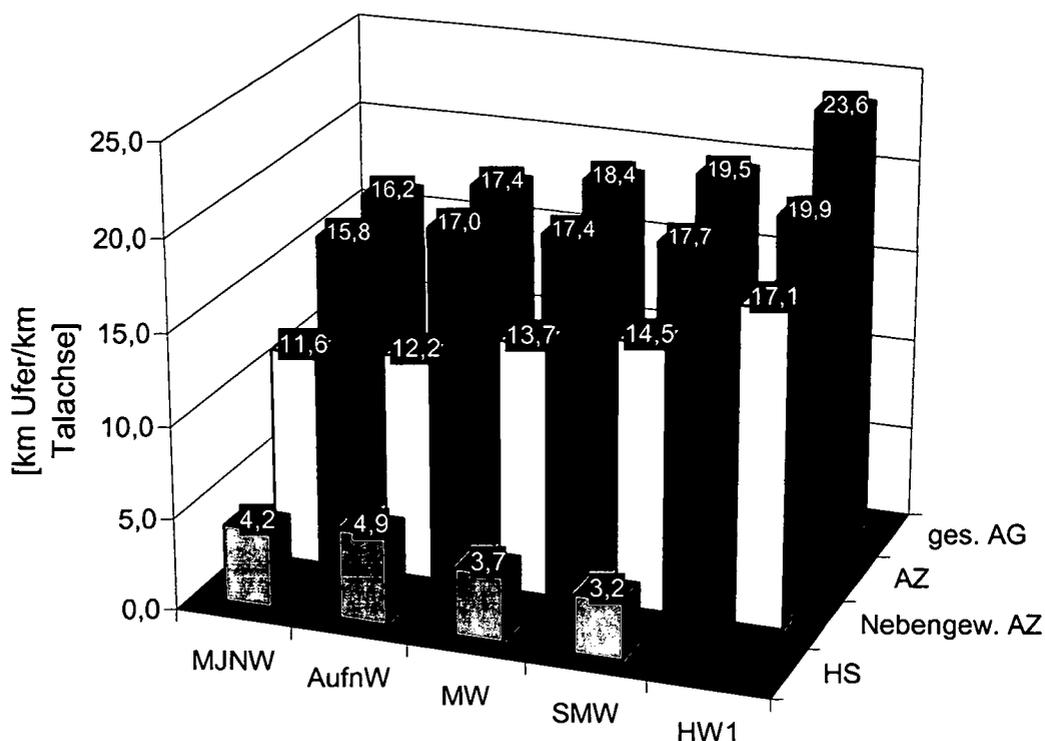


Abbildung 23: Uferentwicklung in „km Ufer / km Talachse“ bei verschiedenen charakteristischen Wasserständen

Die Werte für das HW₁ und das HW₁₈₃₀ sind nicht aussagekräftig, da die Wasseranschlagslinie auch außerhalb des jeweiligen Bereiches verläuft und daher nicht als ganzes erfasst werden konnte. Dies gilt bei HW₁ nur für den Hauptstrom. Aus diesem Grund sind diese Werte nicht angeführt. In der Tabelle 16 entspricht die Bezugsfläche „Donau-Auen“ der aktiven Zone bzw. dem gesamten Auegebiet abzüglich der Fläche des aktiven Hauptstrom-Gerinnes. Dies soll eine gute Vergleichbarkeit mit anderen bereits vorhandenen Datensätzen an der Donau (z.B. Nationalpark Donau-Auen) gewährleisten, da sich die Angaben zu den Uferlängen zumeist nur auf die Augewässer beziehen und auf die Größe des Auegebietes/Untersuchungsgebietes bezogen werden. Aufgrund dieser Bezugsfläche macht es keinen Sinn, Werte für den Hauptstrom, die aktive Zone und für das gesamte Auegebiet anzuführen.

Im Gegensatz zu den Wasserflächen, die bei steigendem Wasserstand flächenmäßig zunehmen, bleiben die Uferlängen relative konstant. Eine signifikante Erhöhung ist nur bei HW_1 zu erkennen. Dies bedeutet, dass sich die Uferlinien der Sedimentbänke und vor Allem der Sedimentinseln mit steigendem Wasserstand reduzieren da sie überflutet werden und dass sich die Uferlinien im annähernd gleichen Ausmaß in den höher liegenden Bereichen des Auegebietes ausweiten.

7.5 Flurabstände

Der Flurabstand bezeichnet den vertikalen Abstand zwischen der Grundwasser- und der Geländeoberfläche. Die Größe des Flurabstandes spielt für die Entwicklung der Auenvegetation und das Vorhandensein von Autümpeln sowie Feuchtflächen als Amphibien- und Pflanzenhabitate eine entscheidende Rolle.

Hoch anstehendes Grundwasser über längere Perioden charakterisiert die hydrologischen Bedingungen vor allem der flussnahen natürlichen Auestandorte.

Die Karte im Anhang zeigt die Flurabstände für das gesamte Auegebiet bei MW.

Die folgenden Tabellen beinhalten die Werte der berechneten Flurabstände bei MW und für MJNW. Beim MJNW wurden die Flurabstände für alle trocken fallenden Bereiche und gesondert nur für die Vegetationsflächen ermittelt. Da die Rekonstruktion der Sohle mit großen Unsicherheiten verbunden ist, bietet die Auswertung bezogen auf die Vegetationsflächen eine größere Genauigkeit.

MW:

Klasse		Bereiche		Bereiche		Bereiche	
von	bis	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG
Meter		ha / Klasse		% d. Landflächen		% aufsummiert	
0,0	0,5	357,9	394,6	8,7	6,0	8,7	6,0
0,5	1,0	421,9	509,6	10,3	7,7	19,0	13,7
1,0	1,5	588,9	755,1	14,4	11,5	33,4	25,2
1,5	2,0	947,6	1150,5	23,1	17,5	56,6	42,7
2,0	2,5	663,1	1093,5	16,2	16,6	72,8	59,3
2,5	3,0	528,7	1033,4	12,9	15,7	85,7	75,0
3,0	3,5	305,1	726,0	7,4	11,0	93,1	86,1
3,5	4,0	145,8	319,7	3,6	4,9	96,7	90,9
4,0	4,5	95,7	253,4	2,3	3,9	99,0	94,8
4,5	5,0	18,9	103,2	0,5	1,6	99,5	96,3
5,0	5,5	10,9	109,3	0,3	1,7	99,7	98,0
5,5	6,0	4,5	28,9	0,1	0,4	99,9	98,4
6,0	6,5	1,7	19,8	0,04	0,3	99,9	98,7
6,5	7,0	2,4	24,4	0,06	0,4	99,95	99,1
7,0	7,5	1,5	18,0	0,04	0,3	99,99	99,4
7,5	8,0	0,1	12,7	0,00	0,2	99,99	99,6
8,0	8,5	0,09	10,8	0,00	0,2	99,99	99,7
8,5	9,0	0,08	6,1	0,00	0,1	100,00	99,8
9,0	9,5	0,07	3,1	0,00	0,05	100,00	99,89
9,5	10,0	0,05	1,8	0,00	0,03	100,00	99,91
10,0	10,5	0,04	1,4	0,00	0,02	100,00	99,94
10,5	11,0	0,03	0,97	0,00	0,01	100,00	99,95
11,0	11,5	0,003	0,99	0,00	0,02	100,00	99,97
11,5	12,0		0,92		0,01		99,98
12,0	12,5		0,79		0,01		99,99
12,5	13,0		0,48		0,01		100,00
13,0	13,2		0,051		0,00		100,00

Tabelle 17 Flurabstände bei Mittelwasser (MW), Landflächen: die bei MW trocken fallenden Bereiche des Untersuchungsgebietes.

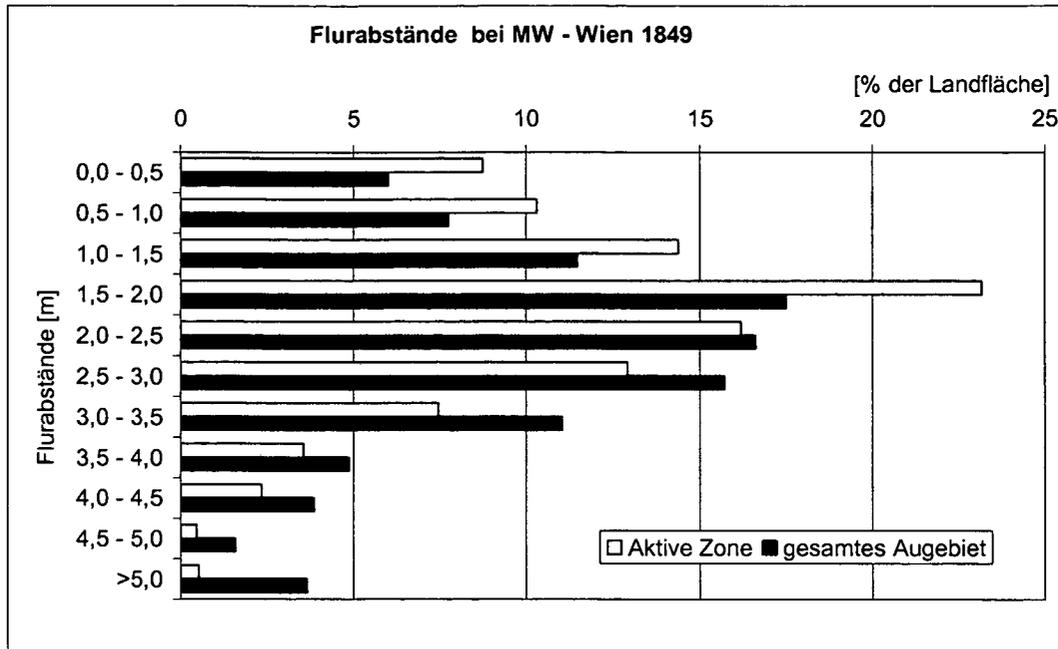


Abbildung 24 : Häufigkeitsverteilung der Flurabstände bei MW in % der nicht überfluteten Landfläche

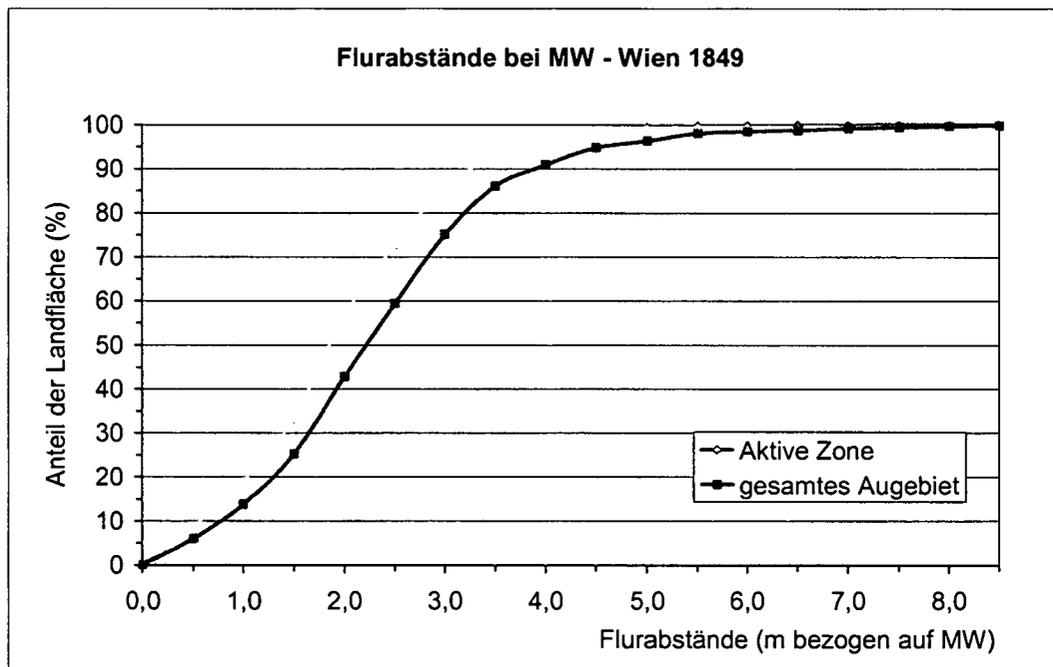


Abbildung 25 : Summenlinien der Flurabstände bei MW

25 % der Fläche der aktiven Zone wiesen demnach einen Grundwasserspiegel zwischen 0 m und 1,2 m unterhalb der Geländeoberfläche auf. 50 % der AZ zwischen 0 m und 1,9 m und die

Flurabstände für 75 % der Flächen lagen bei Mittelwasser zwischen 0 m und 2,6 m. Das nach Flächenanteilen gewichtete Mittel betrug für die aktive Zone 1,9 m.

Bei knapp einem Viertel der Landfläche der aktiven Zone lag die Grundwasseroberfläche bei MW zwischen 1,5 m und 2,0 m unterhalb der Geländeoberkante. Auffallend ist auch, dass in der aktiven Zone knapp über 3 % der Landflächen einen Flurabstand größer als 4,0 m aufwiesen.

Für das gesamte Augebiet lagen die Flurabstände bei MW in 25 % der Fläche zwischen 0 m und 1,5 m, in 50 % der Fläche (= Median der Flurabstände) unter 2,2 m und in 75 % des Gebietes zwischen 0 m und 3,0 m. Das nach der Fläche gewichtete Mittel für die Flurabstände für das gesamte Augebiet ergab einen Wert von 2,3 m.

Auch hier weisen die größten Flächenanteile einen Flurabstand von 1,5 - 2,0 m auf.

MJNW (alle trocken fallenden Bereiche):

Klasse		Bereiche		Bereiche		Bereiche	
von	bis	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG
Meter		ha / Klasse		% d. Landflächen		% aufsummiert	
0,0	0,5	103,8	106,9	2,24	1,50	2,2	1,5
0,5	1,0	114,9	118,5	2,47	1,66	4,7	3,2
1,0	1,5	381,9	393,5	8,23	5,51	12,9	8,7
1,5	2,0	365,7	409,7	7,88	5,74	20,8	14,4
2,0	2,5	425,5	516,3	9,17	7,23	30,0	21,6
2,5	3,0	642,3	824,5	13,83	11,54	43,8	33,2
3,0	3,5	936,5	1162,3	20,17	16,27	64,0	49,4
3,5	4,0	652,6	1115,4	14,06	15,62	78,0	65,1
4,0	4,5	488,8	1003,3	10,53	14,05	88,6	79,1
4,5	5,0	273,8	628,5	5,90	8,80	94,5	87,9
5,0	5,5	137,1	306,7	2,95	4,29	97,4	92,2
5,5	6,0	83,6	227,6	1,80	3,19	99,2	95,4
6,0	6,5	16,7	105,8	0,36	1,48	99,6	96,9
6,5	7,0	10,0	99,2	0,22	1,39	99,79	98,3
7,0	7,5	3,9	24,4	0,08	0,34	99,88	98,6
7,5	8,0	1,5	19,5	0,03	0,27	99,91	98,9
8,0	8,5	2,74	24,8	0,06	0,35	99,97	99,2
8,5	9,0	0,95	16,8	0,02	0,24	99,99	99,5
9,0	9,5	0,12	12,4	0,00	0,17	99,99	99,64
9,5	10,0	0,08	11,0	0,00	0,15	99,99	99,79
10,0	10,5	0,07	4,9	0,00	0,07	100,00	99,86
10,5	11,0	0,06	2,76	0,00	0,04	100,00	99,90
11,0	11,5	0,052	1,73	0,00	0,02	100,00	99,92
11,5	12,0	0,042	1,33	0,00	0,02	100,00	99,94
12,0	12,5	0,031	0,96	0,00	0,01	100,00	99,96
12,5	13,0		1,01		0,01		99,97
13,0	13,5		0,90		0,01		99,98
13,5	14,0		0,77		0,01		99,99
14,0	14,7		0,43		0,01		100,00

Tabelle 18 Flurabstände bei MJNW (alle trocken fallenden Bereiche)

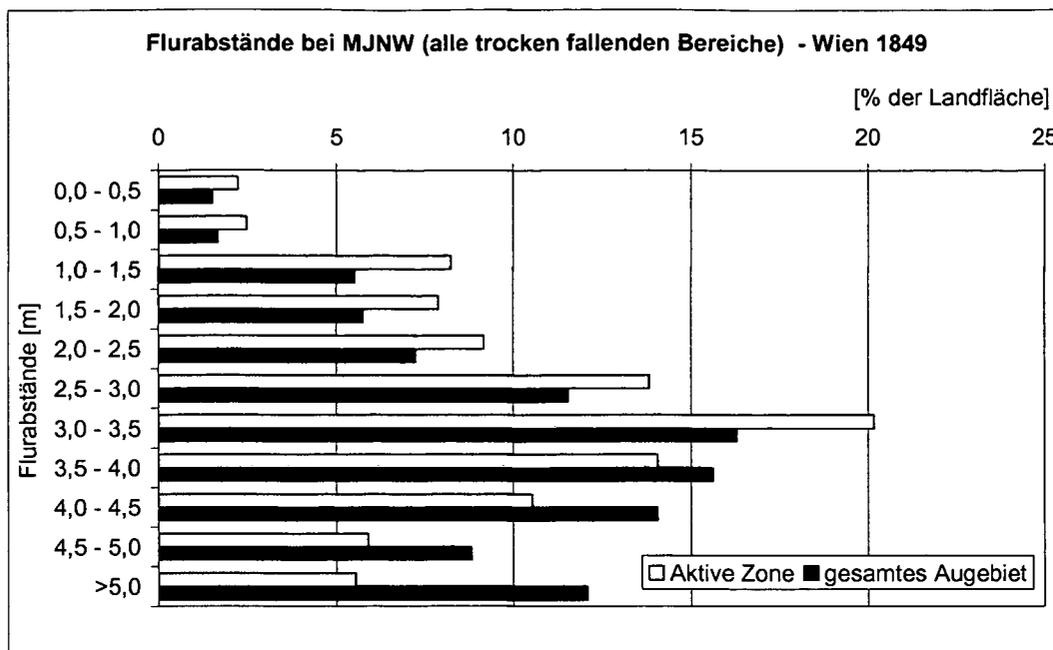


Abbildung 26 : Flurabstände beim MJNW für alle trocken fallenden Bereiche

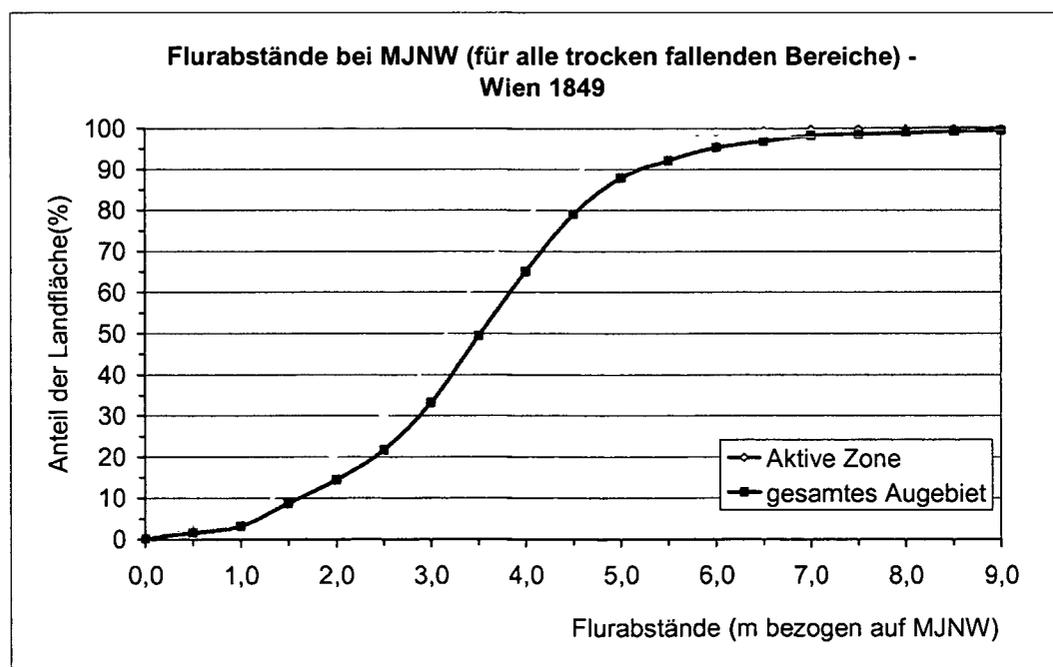


Abbildung 27 : Summenlinien der Flurabstände bei MJNW für alle trocken fallenden Bereiche

Die Flurabstände bei MJNW für alle trocken fallenden Bereiche sind aufgrund der Informationsdefizite bezüglich der historischen Höhenlage

der Sohle mit einer größeren Ungenauigkeit behaftet, als die Ergebnisse, bei denen nur die Vegetationsflächen als Berechnungsgrundlage dienten.

Für die aktive Zone lagen die Flurabstände in 25 % der Fläche zwischen 0 m und 2,3 m, der Medianwert (50 %-Wert) betrug 3,2 m und der Wert für 75 % des Gebietes 3,9 m. Das nach Flächenanteilen gewichtete Mittel betrug für die aktive Zone 3,1 m.

Für das gesamte Augebiet ergaben sich für 25 % der Flächen Flurabstände zwischen 0 m und 2,7 m, für 50 % Flurabstände zwischen 0 m und 3,5 m und 75 % des Gebietes wiesen Flurabstände von kleiner 4,3 m auf. Das gewichtete Mittel betrug für das gesamte Augebiet 3,5 m.

Im Vergleich zu MW, bei dem über 70 % des gesamten Augebietes Flurabstände zwischen 1,0 m und 3,5 m aufwiesen, ging dieser Wert beim MJNW auf nur mehr knapp 45 % zurück.

MJNW (nur Vegetationsflächen):

Klasse		Bereiche		Bereiche		Bereiche	
von	bis	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG
Meter		ha / Klasse		% d. Bereiches		% aufsummiert	
0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	1,0	0,8	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0
1,0	1,5	128,4	139,4	3,3	2,2	3,3	2,2
1,5	2,0	199,5	243,4	5,1	3,8	8,4	6,0
2,0	2,5	363,7	454,5	9,3	7,1	17,6	13,1
2,5	3,0	629,2	811,3	16,0	12,6	33,6	25,7
3,0	3,5	934,4	1160,2	23,8	18,1	57,4	43,8
3,5	4,0	652,6	1115,3	16,6	17,4	74,0	61,1
4,0	4,5	488,8	1003,3	12,4	15,6	86,5	76,8
4,5	5,0	273,8	628,5	7,0	9,8	93,5	86,6
5,0	5,5	137,1	306,7	3,5	4,8	96,9	91,3
5,5	6,0	83,6	227,6	2,1	3,5	99,1	94,9
6,0	6,5	16,7	105,8	0,4	1,6	99,5	96,5
6,5	7,0	10,0	99,2	0,3	1,5	99,76	98,1
7,0	7,5	3,9	24,4	0,1	0,4	99,85	98,5
7,5	8,0	1,5	19,5	0,04	0,3	99,89	98,8
8,0	8,5	2,74	24,8	0,07	0,4	99,96	99,1
8,5	9,0	0,95	16,8	0,02	0,3	99,99	99,4
9,0	9,5	0,12	12,4	0,00	0,2	99,99	99,60
9,5	10,0	0,08	11,0	0,00	0,2	99,99	99,77
10,0	10,5	0,07	4,9	0,00	0,08	100,00	99,85
10,5	11,0	0,06	2,76	0,00	0,04	100,00	99,89
11,0	11,5	0,052	1,73	0,00	0,03	100,00	99,92
11,5	12,0	0,042	1,33	0,00	0,02	100,00	99,94
12,0	12,5	0,031	0,96	0,00	0,01	100,00	99,95
12,5	13,0		1,01		0,02		99,97
13,0	13,5		0,90		0,01		99,98
13,5	14,0		0,77		0,01		99,99
14,0	14,7		0,43		0,01		100,00

Tabelle 19 Flurabstände bei MJNW (nur Vegetationsflächen)

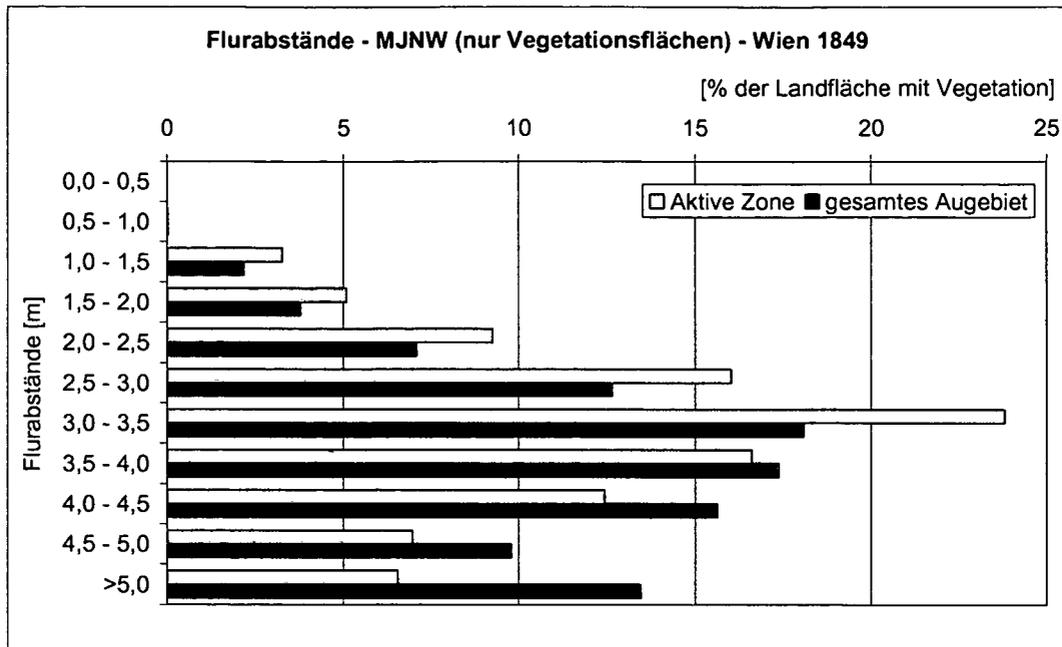


Abbildung 28 : Flurabstände bei MJNW nur für Flächen mit Vegetation

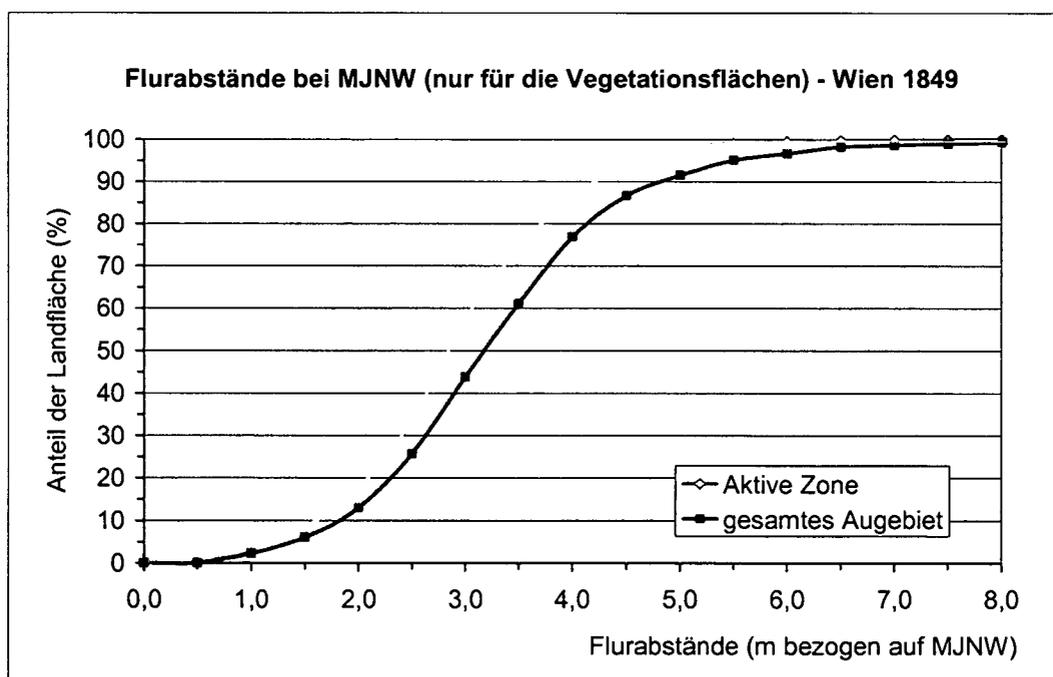


Abbildung 29 : Summenlinien der Flurabstände bei MJNW (nur Vegetationsflächen)

25 % der aktiven Zone wiesen Flurabstände zwischen 0 m und 2,2 m auf, 50 % zwischen 0 m und 2,8 m und 75 % zwischen 0 m und 3,5 m. Das

nach Flächenanteilen gewichtete Mittel für MJNW (nur Vegetationsflächen) betrug für die aktive Zone 3,4 m.

25 % des gesamten Auegebietes wiesen Flurabstände zwischen 0 m und 2,5 m auf, 50 % zwischen 0 m und 3,2 m und 75 % zwischen 0 m und 3,9 m. Das nach Flächenanteilen gewichtete Mittel für die Vegetationsflächen beim MJNW betrug für das gesamte Auegebiet 3,8 m.

Den größten Flächenanteil nimmt die Flurabstands-Klasse 3,0 m – 3,5 m ein.

Zu erwähnen ist bei diesen nur für Vegetationsflächen berechneten Flurabständen, dass kaum Flächen mit einem Flurabstand unter 1 m auftreten, was auf der Hand liegt, da die tiefer liegenden Bereiche der aktiven Gerinne durch die lange Dauer der Überflutung keine dauerhafte Besiedelung durch terrestrische Vegetation zuließ.

Im Vergleich zwischen der aktiven Zone und dem gesamten Auegebiet zeigt sich, dass vor allem beim MJNW die Flächen mit größeren Flurabständen im gesamten Auegebiet zunehmen.

Folgende Abbildung zeigt die das nach Flächenanteilen gewichtete Mittel und die Quartil-Werte für die rekonstruierten Wasserstände bzw. Bereiche.

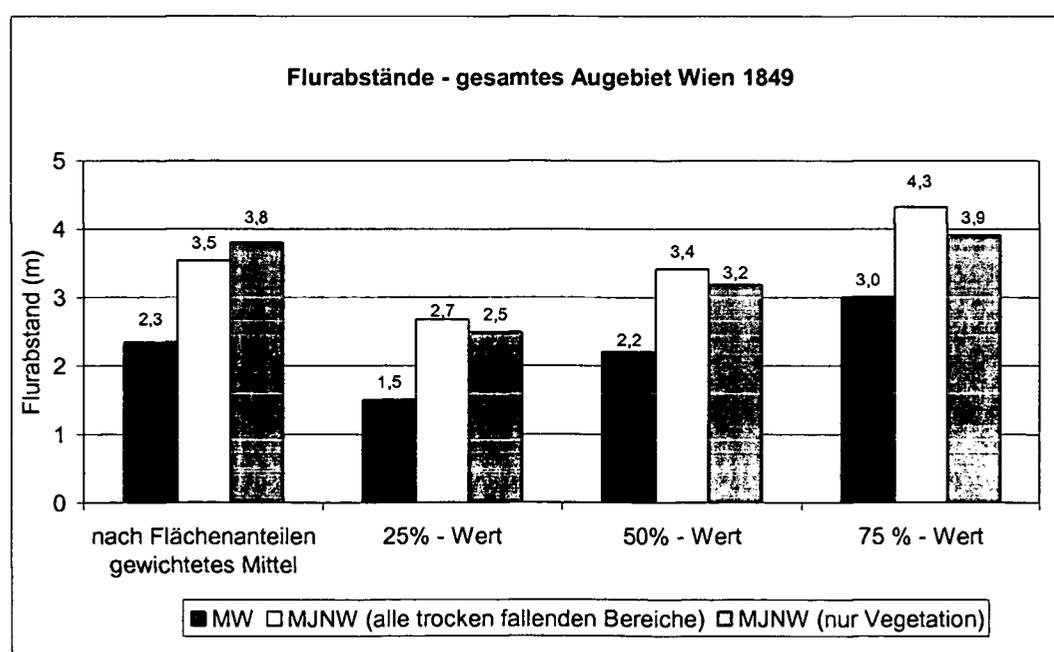


Abbildung 30 : Vergleich der Flurabstände bei MW bzw. MJNW für das gesamte Auegebiet

7.6 Überflutungshöhen

Aufgrund der Unsicherheiten bei der Sohlrekonstruktion wurden die Überflutungshöhen nur für die bewachsenen Flächen berechnet. Ein weiterer Grund dafür ist, dass diese Überflutungs-Kennwerte für die Beurteilung der Standortverhältnisse der Auenvegetation eine wesentlich bessere Aussagekraft besitzen.

Im Anhang befindet sich eine Karte, die die Überflutungshöhen beim HW_1 zeigt, und auf diese soll hier verwiesen werden.

Bei der relativen Flächenangabe „% des Bereiches“ wurden zwei Fälle unterschieden:

- (a) Bereich = bewachsene und überflutete Flächen der aktiven Zone bzw. des gesamten Augebietes
- (b) Bereich = Flächen der gesamten aktiven Zonen bzw. des Augebietes

HW_1 :

Klasse (m)		Bereiche		Bereiche		Bereiche		Bereiche	
von	bis	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG
Meter		ha / Klasse		ha/km Talachse		% des Bereiches		% aufsummiert	
0,0	0,5	364,8	422,9	31,6	36,6	50,6	52,9	50,6	52,9
0,5	1,0	206,2	223,6	17,9	19,4	28,6	28,0	79,3	80,9
1,0	1,5	107,1	110,0	9,3	9,5	14,9	13,8	94,1	94,6
1,5	2,0	33,1	33,6	2,9	2,9	4,6	4,2	98,7	98,8
2,0	3,0	9,3	9,3	0,8	0,8	1,3	1,2	100,0	100,0

Tabelle 20 (a) - Überflutungshöhen bei HW_1 . Die Werte in der Spalte „% des Bereiches“ bzw. „% aufsummiert“ beziehen sich nur auf bewachsene und überflutete Flächen der AZ bzw. des gesamten Augebietes

Klasse (m)		Bereiche		Bereiche		Bereiche		Bereiche	
von	bis	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG
Meter		ha / Klasse		ha/km Talachse		% des Bereiches		% aufsummiert	
0,0	0,5	364,8	422,9	31,6	36,6	7,0	5,5	7,0	5,5
0,5	1,0	206,2	223,6	17,9	19,4	4,0	2,9	10,9	8,4
1,0	1,5	107,1	110,0	9,3	9,5	2,1	1,4	13,0	9,8
1,5	2,0	33,1	33,6	2,9	2,9	0,6	0,4	13,6	10,2
2,0	3,0	9,3	9,3	0,8	0,8	0,2	0,1	13,8	10,4

Tabelle 21 (b) - Überflutungshöhen bei HW₁. Die Werte in der Spalte „% des Bereiches“ bzw. „% aufsummiert“ beziehen sich auf die gesamte Fläche der aktiven Zone bzw. des gesamten Auegebietes

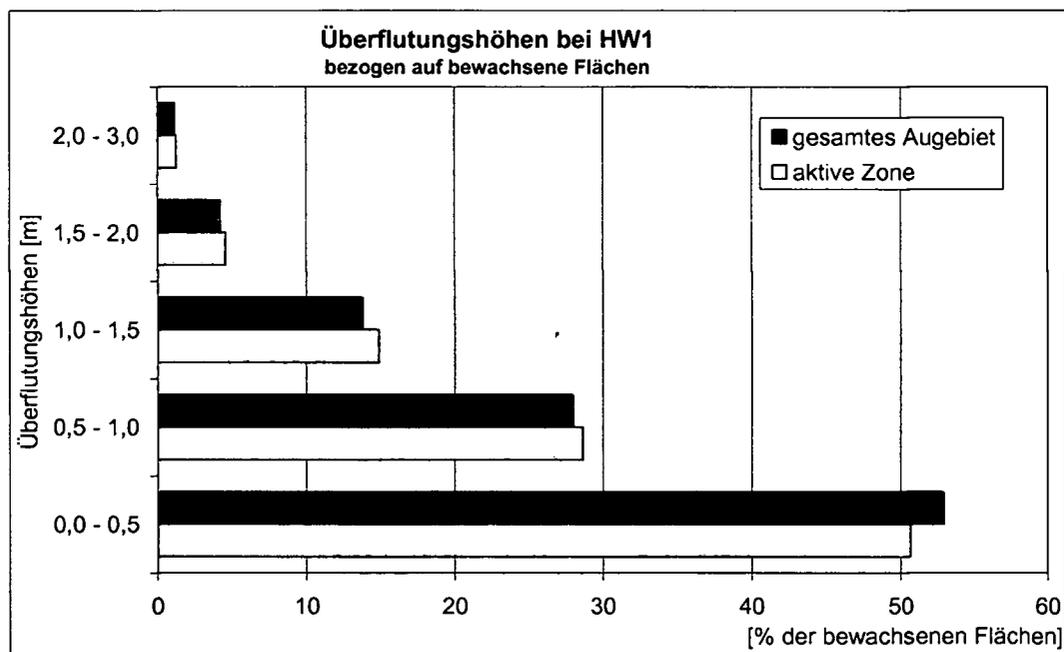


Abbildung 31 : (a) - Überflutungshöhen und -flächen bei HW₁ (in Prozent der bewachsenen und überfluteten Flächen)

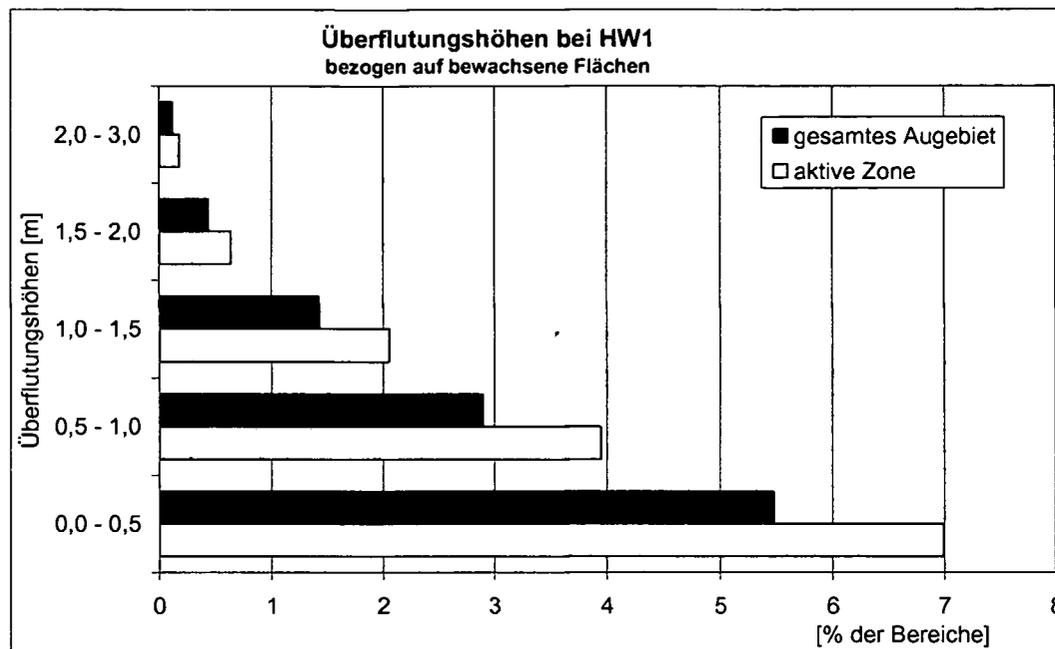


Abbildung 32 : (b) - Überflutungshöhen und -flächen bei HW₁ (in Prozent der gesamten aktiven Zone bzw. des gesamten Auegebietes)

Der weitaus größte Anteil der überfluteten Flächen war bei HW₁ nur gering überstaut. So sind über 50 % der überfluteten Vegetationsflächen in der aktiven Zone und des Auegebietes nur bis zu einer Höhe von einem halben Meter überflutet worden. 75 % der überfluteten Vegetationsflächen waren bis zu 0,9 m überflutet. Nur knapp über 5 % dieser Bereiche waren über 1,5 m überstaut.

Die Ergebnisse „Prozent der Bereiche aktive Zone bzw. gesamtes Auegebiet“ sagen das Gleiche aus, sind aber zur besseren Vergleichbarkeit mit anderen Studien als Prozentsatz der jeweiligen Gesamtfläche angegeben. Der größte Teil (7 % der aktiven Zone bzw. 5,5 % des gesamten Auegebietes) der Bereiche wurde demnach bis 0,5 m überflutet. Die Ergebnisse der aktiven Zone und des gesamten Auegebietes liegen sehr eng zusammen. Das beweist auch das nach Flächenanteilen gewichtete Mittel – für die aktive Zone ergibt sich hier ein Wert von 0,64 m und für das gesamte Auegebiet ein quasi identer Wert von 0,62 m. Dies ergibt sich größtenteils daraus, dass das erweiterte Auegebiet kaum höhere Geländelagen aufwies als jene der aktiven Zone direkt im Einflussbereich der Donau.

HW₁₈₃₀:

Klasse		Bereiche		Bereiche		Bereiche		Bereiche	
von	bis	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG
Meter		ha / Klasse		ha/km Talachse		% des Bereiches		% aufsummiert	
0,0	1,0	33,9	192,8	2,9	16,7	0,9	3,1	0,9	3,1
1,0	2,0	324,6	796,6	28,1	69,0	8,3	12,6	9,1	15,7
2,0	3,0	1950,5	2773,9	168,9	240,2	49,7	44,0	58,9	59,7
3,0	4,0	1168,2	1807,8	101,1	156,5	29,8	28,7	88,7	88,4
4,0	5,0	371,6	594,1	32,2	51,4	9,5	9,4	98,1	97,9
5,0	6,0	68,1	126,1	5,9	10,9	1,7	2,0	99,9	99,9
6,0	7,0	4,6	7,3	0,4	0,6	0,1	0,1	100,0	100,0

Tabelle 22 (a) - Überflutungshöhen beim Eisstau-Hochwasser von 1830. Die Werte in der Spalte „% des Bereiches“ bzw. „% aufsummiert“ beziehen sich auf bewachsene und überflutete Flächen der AZ bzw. des gesamten AG

Klasse		Bereiche		Bereiche		Bereiche		Bereiche	
von	bis	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG	AZ	ges. AG
Meter		ha / Klasse		ha/km Talachse		% des Bereiches		% aufsummiert	
0,0	1,0	33,9	192,8	2,9	16,7	0,6	2,5	0,6	2,5
1,0	2,0	324,6	796,6	28,1	69,0	6,2	10,3	6,9	12,8
2,0	3,0	1950,5	2773,9	168,9	240,2	37,4	35,9	44,3	48,7
3,0	4,0	1168,2	1807,8	101,1	156,5	22,4	23,4	66,7	72,2
4,0	5,0	371,6	594,1	32,2	51,4	7,1	7,7	73,8	79,9
5,0	6,0	68,1	126,1	5,9	10,9	1,3	1,6	75,1	81,5
6,0	7,0	4,6	7,3	0,4	0,6	0,1	0,1	75,2	81,6

Tabelle 23 (b) - Überflutungshöhen beim HW₁₈₃₀. Die Werte in der Spalte „% des Bereiches“ bzw. „% aufsummiert“ beziehen sich auf die Flächen der aktiven Zone bzw. des gesamten Auegebietes

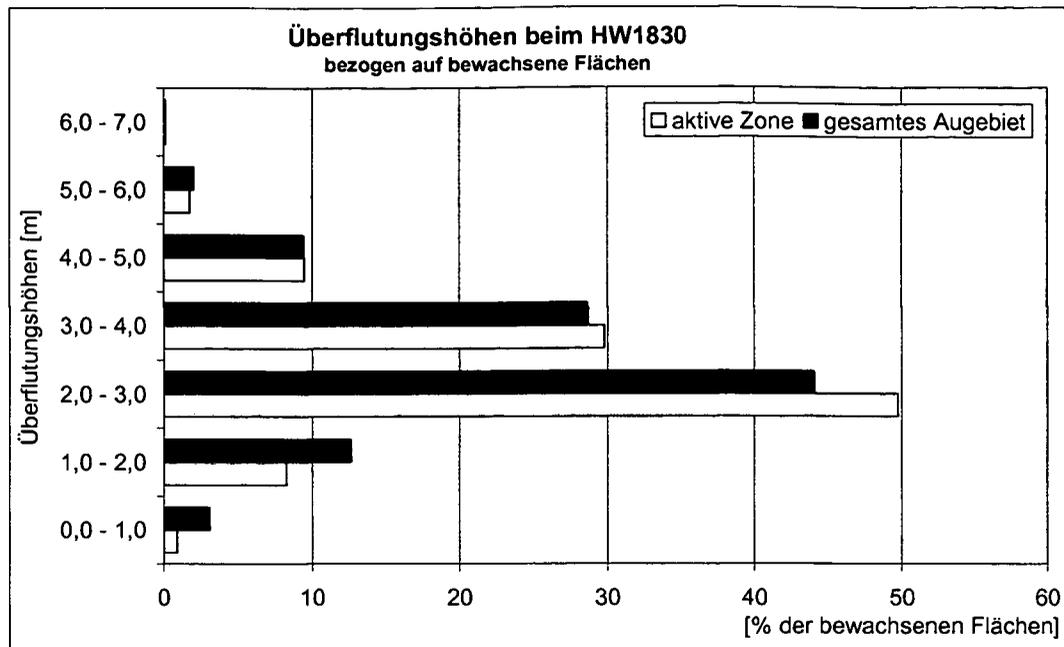


Abbildung 33 : (a) - Überflutungshöhen und -flächen beim Hochwasser vom 1. März 1830 HW₁₈₃₀ (in Prozent der bewachsenen und überfluteten Flächen)

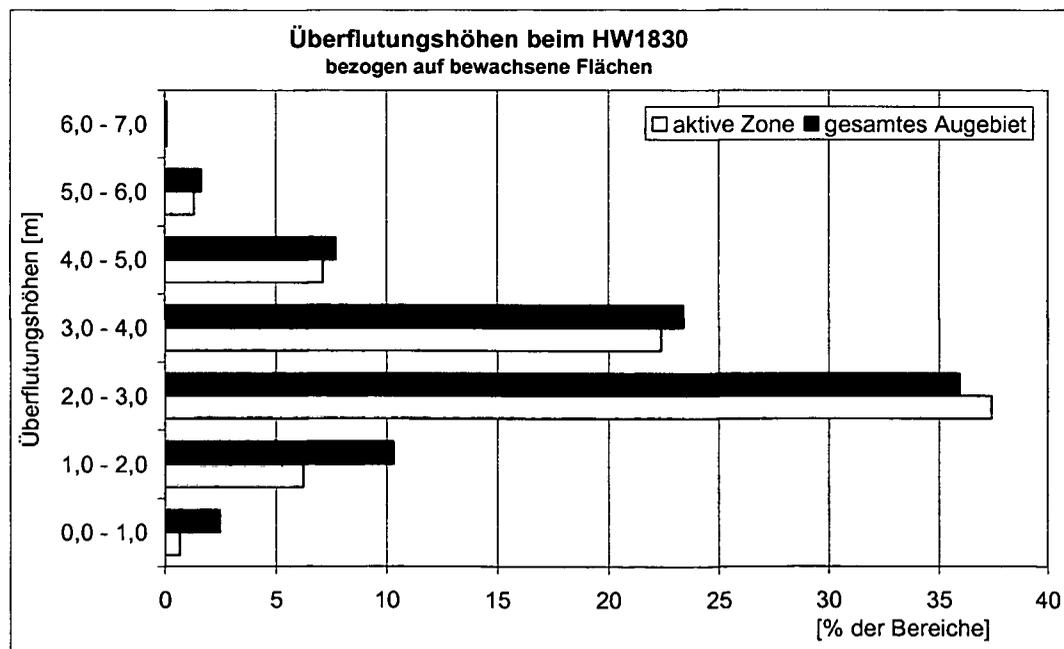


Abbildung 34 : (b) - Überflutungshöhen und -flächen bei HW₁₈₃₀ (in Prozent der Bereiche aktive Zone bzw. gesamtes Auegebiet)

Der größte Teil der überfluteten Flächen beim Hochwasser von 1830 wurde zwischen 2,0 m und 3,0 m hoch überstaut. 25 % der bewachsenen Flächen im gesamten Auegebiet waren bis zu 2,3 m, 50 % (Median-Wert) bis zu 2,8 m und 75 % bis zu 3,5 m überflutet. Diese Werte gelten aufgrund der Ähnlichkeit der Summenlinien sowohl für die aktive Zone, als auch für das gesamte Auegebiet.

Das nach Flächenanteilen gewichtete Mittel für die überfluteten bewachsenen Flächen beim Hochwasser von 1830 betrug für die aktive Zone 2,94 m und für das gesamte Auegebiet 2,85 m. Dies veranschaulicht die sehr ähnlichen Geländetopografischen Verhältnisse in beiden untersuchten Bereichen.

7.7 Massenumlagerung

Durch die Subtraktion des historischen Höhenmodells vom aktuellen Höhenmodell erhält man für jede Rasterzelle eine Höhendifferenz und somit einen Hinweis auf eine Anlandung/Aufschüttung (positive Werte) bzw. Abtrag/Erosion (negative Werte). Um mögliche systematische Fehler bei der historischen Vermessung oder der Rekonstruktion abschätzen zu können, wurde das historische DGM vor der Berechnung jeweils um 0,5 m bzw. 1,0 m angehoben und ebenfalls um dieselben Beträge abgesenkt, um so eine potentielle Fehler-Bandbreite im Sinne einer Sensitivitäts-Analyse für die Massenumlagerung angeben zu können. Dabei sind die Fehlerabschätzungen für +1 m und -1 m jedoch als ziemlich unwahrscheinliche Extremfälle anzusehen. Tabelle 24 zeigt die ermittelten Massenunterschiede zwischen 2003 und 1849 für das gesamte Augebiet. Positive Werte bedeuten, dass das aktuelle Gelände (2003) über dem von 1849 liegt.

Betrag für das Anheben bzw. Absenken des DGM 1849 im Vergleich zum aktuellen DGM	Mittlere Höhendifferenz für das gesamte Augebiet (m)	Ermittelte Massenunterschiede zwischen 2003 und 1849 in m ³
- 1,0 m ("max. Variante")	+2,14	+165.000.000
- 0,5 m	+1,63	+126.000.000
± 0,0 m ("Null-Variante")	+1,14	+88.000.000
+ 0,5 m	+0,63	+49.000.000
+ 1,0 m ("min. Variante")	+0,14	+11.000.000

Tabelle 24 Massenbilanz mit Fehlerabschätzung zwischen 2003 und 1849 für das gesamte Augebiet

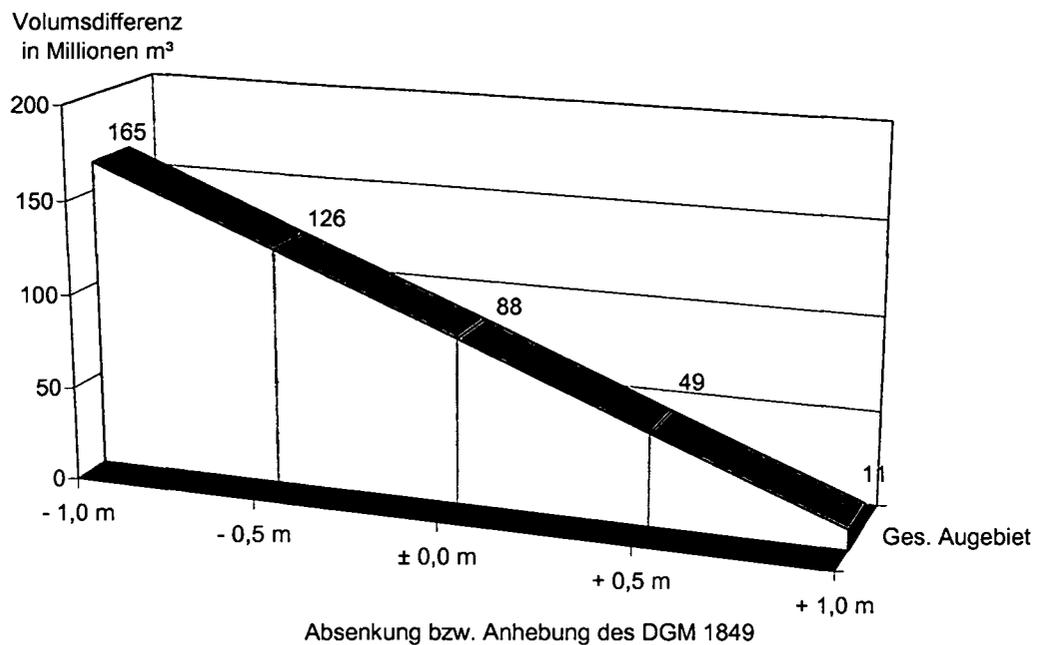


Abbildung 35: Massenbilanz mit Fehlerabschätzung zwischen 2003 und 1849 in Abhängigkeit des Anhebens bzw. Absenkens des DGMs 1849 in Relation zur Geländeoberkante 2003 für das gesamte Augebiet

Die Massenbilanzermittlung ergibt, dass es in jedem Fall zu Massenzuwächsen, vor Allem durch Aufschüttungen, gekommen ist. Beim Absenken des DGM 1849 um einen Meter („maximale Variante“) vor der eigentlichen Massenberechnung ergibt sich eine Volumsdifferenz von 165 Millionen m³. Bei der Berechnung des wahrscheinlichsten Wertes ohne Veränderung der vertikalen Lage des DGM 1849 („Null-Variante“) ergibt sich ein Wert von 88 Millionen m³. Für die „minimale Variante“, bei der das DGM 1849 um einen Meter angehoben wurde, ergibt sich ein Wert von 11 Millionen m³.

Im Mittel lag 2003 das gesamte Augebiet zwischen 2,14 m bei der maximalen Variante und 0,14 m bei der minimalen Variante über dem historischen Gelände von 1849. Der wahrscheinlichste Wert der mittleren Höhendifferenz zwischen 1849 und 2003 liegt bei +1,14 m.

GRUPPE UND JAWECKI (2004) beschreiben aufgrund von Auswertungen zahlreicher Bohrprofile bzw. Aufschlüsse, dass zur Abflachung des Donauabbruches (Geländekante zwischen dem gesamten

Augebiet = Zone der rezenten Mäander und der Stadterrassen) und zum allgemeinen Ausgleichen von Gräben und Altarmen sehr hohe Anschüttungen im Wiener Stadtgebiet vorgenommen wurden. Die Höhen der Anschüttungen bewegen sich zwischen 5 und 15 m im heutigen 9. Bezirk (Lichtensteinstraße/Hohenstaufengasse bzw. Berggasse/Rockhgasse), zwischen 5 und 10 m im Bereich der Schlachthausgasse und Lautenschlägergasse und sogar 10 bis 15 m im Bereich der Schlachthausgasse/Viehmarkt (beides 3. Bezirk). Auch im Bereich der heutigen Gonzagagasse im 1. Bezirk gibt es Anschüttungsmächtigkeiten von mehr als 16 m.

Die Darstellung der Flächen, die 2003 höher als 1849 lagen, zeigt, dass große Bereiche sowohl der aktiven Zone, als auch des gesamten Augebietes 1849 tiefer lagen und im Zuge der städte- und flussbaulichen Maßnahmen aufgeschüttet wurden.

Es wurden 5 verschiedene Varianten durchgerechnet und mittels GIS auf Basis der Flächenverteilungen der Geländeerhöhungen bzw. – absenkungen im Stadtgebiet die vermutlich wahrscheinlichste Variante ermittelt. Diese Vorgangsweise legt den Schluss nahe, dass der Massenunterschied der Null-Variante mit 88 Millionen m³ am wahrscheinlichsten ist, da bei dieser Variante die Lage der Anschüttungen/Erosionsflächen am plausibelsten ist.

Abbildung 36 und die Karte im Anhang zeigen die Anlandungs- und Erosionsflächen des gesamten historischen Augebietes zwischen 1849 und 2003 für die Null-Variante. Gut zu erkennen sind die großflächigen Gebiete des 2., 3., 9., und vor allem des 21. und 22. Bezirkes, die heute höher liegen als im Jahr 1849. Im Zuge der städtebaulichen Entwicklung dieser Gebiete in den betrachteten 154 Jahren wurden entsprechend große Flächen aufgeschüttet, eingeebnet und als Bauland verwendet.

Fraglich ist, ob die Gebiete im Norden des Untersuchungsgebietes bei Leopoldau 2003 wirklich tiefer lagen als im Jahr 1849. Eine Erklärung könnte sein, dass diese Gebiete aufgrund ihrer Entfernung von den Fixpunkten und dem Donauhauptstrom am Rande des historisch

vermessenen Bereiches ungenauer erfasst wurden, und daher ein systematischer Fehler vorliegt. Die eindeutig geringere Dichte an Isohypsen im Lage- und Schichtenplan bzw. im plastischen Modell in diesen Bereichen könnte dies auch bestätigen. Das gleiche gilt für den Bereich des heutigen Bahnhof „Wien Mitte“ im 3. Bezirk.

Eine korrigierende Annahme, dass diese fraglichen Gebiete 1849 tiefer oder auf gleicher Höhe wie 2003 lagen, würde das schon beachtliche Ergebnis der Massenumlagerung nochmals erhöhen. Die Null-Variante geht davon aus, dass diese aufgrund der historisch gemessenen Höhenlagen unsicheren Flächen 1849 höher lagen als 2003. Dies hat zur Folge, dass diese Bereiche als Erosions-/Abtragungsflächen negativ auf die Massenumlagerung wirken, und dadurch der Gesamtwert der Massenzunahme kleiner ausfällt. Der Wert der Massenumlagerung ergibt sich ja aus der Subtraktion der Abtragungs-/Erosionsvolumina von den Anschüttungs-/Sedimentationsvolumina.

Warum die Flächen im Bereich der Hörtengasse bzw. Gröretgasse im 11. Bezirk (südöstliche Ecke in der Abbildung 36) heute höher liegen als im Jahr 1849 ist schwer zu beurteilen. Das historische Gelände war in diesem Bereich durch ein ausgeprägtes Grabensystem und entsprechenden Niveauunterschieden geprägt. Namen, wie „Seeschlachtgraben“ (im Bereich der heutigen Seeschlachtgasse, 11. Bezirk) zeugen heute noch davon. Im Vergleich dazu zeigt sich die heutige Geländeoberfläche als eine glatte homogene Fläche ohne große Niveauunterschiede, die großteils landwirtschaftlich genutzt wird. Es könnte sein, dass Material aus diesen Bereichen, die im historischen Gelände relativ höher lagen als die umliegenden Flächen, verwendet wurde, um die Gräben und das Gelände allgemein niveaumäßig auszugleichen.

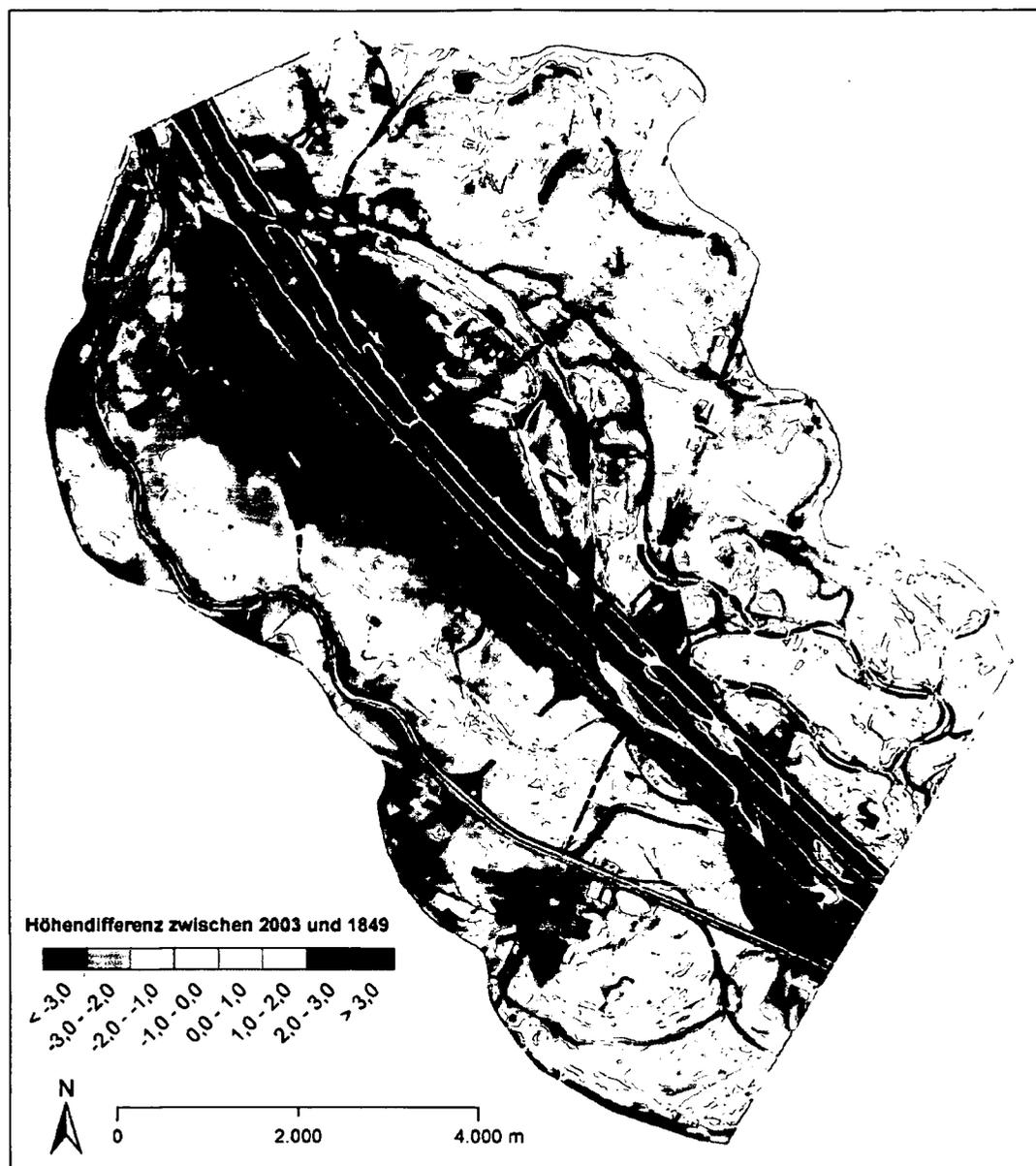


Abbildung 36 : Massenumlagerung im gesamten Augebiet zwischen 1849 und 2003 für die Null-Variante. Rötliche Flächen: Gelände liegt 2003 niedriger als 1849, grünliche Flächen: Gelände liegt 2003 höher als 1849.

7.8 Wasserspiegel- und Sohlgefälle

Mittleres Wasserspiegelgefälle bei MW:

Das mittlere Wasserspiegelgefälle bei MW ergibt sich aus der Division der Wasserspiegel-Höhendifferenz durch die Länge der Hauptstrommittelachse. Für die Donau bei Wien im Jahr 1849 beträgt dieser Wert 0,39 ‰.

	Höhe Wasserspiegel	
Nußdorf	159,5	müA
Donau Höhe Albern	152,9	müA
Differenz	6,63	m
Länge Hauptstrom- mittelachse		
	16.910	m
mittleres Wasserspiegelgefälle		
	0,39	‰

Tabelle 25 Berechnung des mittleren Wasserspiegelgefälles bei MW

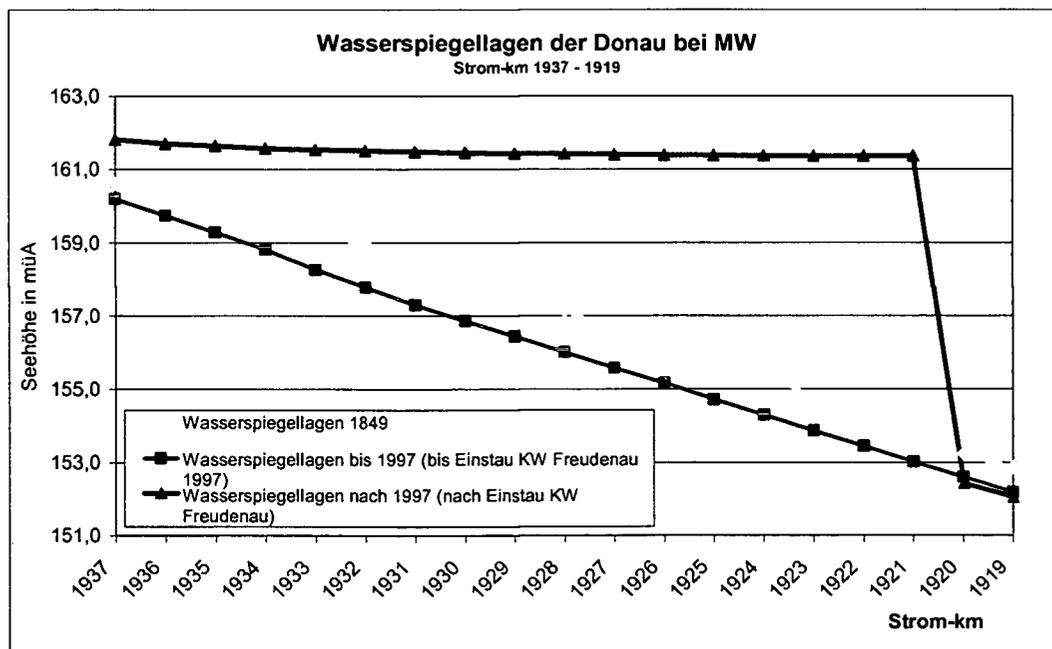


Abbildung 37 : Vergleich der Wasserspiegellagen von Strom-km 1919-1937 für das Jahr 1849, bis zum Einstau KW Freudenau (1997), sowie nach dem Einstau

Abbildung 37 zeigt die Entwicklung der Wasserspiegellagen seit 1849 bis zur Errichtung des KW Freudenau. Die Unstetigkeiten bei der Wasserspiegellage von 1849 ergeben sich dadurch, dass sich das Diagramm auf die aktuelle Kilometrierung bezieht, und diese natürlich kürzer und linearer als die historische ist.

Sohlgefälle:

Da sich die historischen Tiefenangaben im Hauptstrom auf den Stromstrich beziehen, wurde das Sohlgefälle auch für die Länge des Stromstriches berechnet.

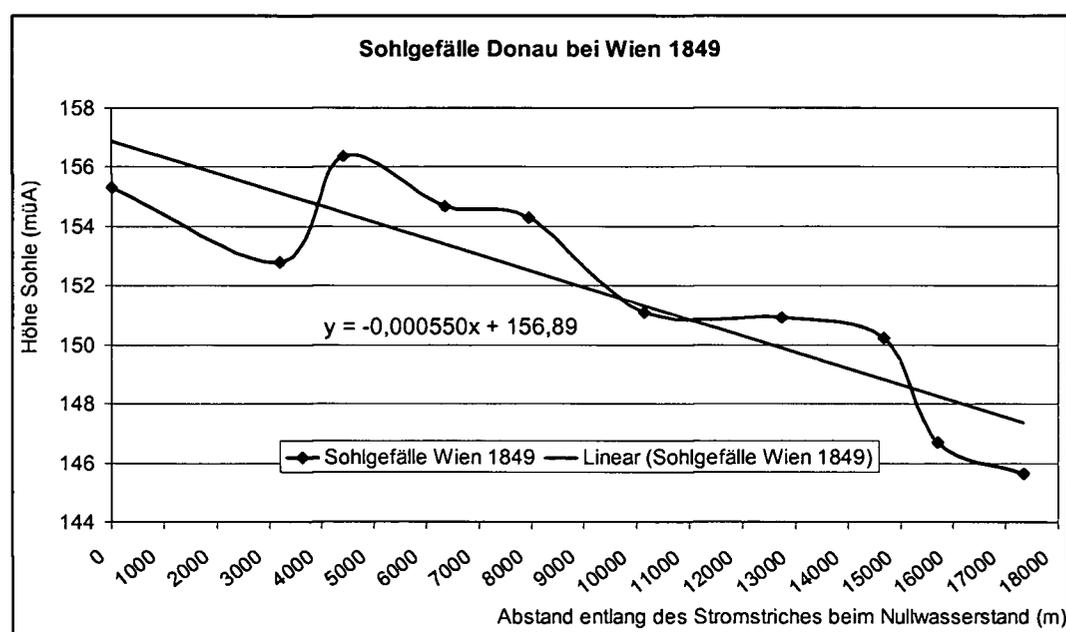


Abbildung 38 : Ermittlung des Sohlgefälles mittels einer Ausgleichsgeraden (Regressionsgerade)

Durch die Berechnung mittels einer Regressionsgeraden erhält man die negative Steigung k , die dem Sohlgefälle entspricht. Für das Untersuchungsgebiet ergibt sich somit ein Sohlgefälle von 0,55 ‰ entlang des Stromstriches. Bezogen auf die Flussmittelachse würde sich ein leicht geringerer Wert ergeben.

7.9 Wasserbauten

Die Auswertung der im Jahr 1849 vorhandenen Wasserbauten ergab folgende Ergebnisse - aufgeschlüsselt für Uferschutzbauten und Hochwasserschutzdämme:

Länge in km	Bereich		
	Hauptstrom	aktive Zone	gesamtes Auegebiet
Uferschutzbauten	13,7	37,7	42,7
HW-Schutzdämme	0,0	17,4	22,6

Tabelle 26 Länge der Wasserbauten in km

Bezogen auf eine theoretische Vollregulierung des damaligen Hauptstromes (das wären ca. 27,2 km Uferschutz) ergibt sich aus den dargestellten Ergebnissen, dass 50 % des Hauptstromes bereits reguliert waren. Dieser Wert kann auch als Regulierungsintensität bezeichnet werden und errechnet sich aus dem Prozentsatz der verbauten/gesicherten Ufer bezogen auf die gesamte theoretisch zu regulierende Uferlänge des Hauptstromes (theoretisch deshalb weil die Donau im Jahr 1875 in ein neues gestrecktes Gerinne umgeleitet wurde). Hauptsächlich handelte es sich bei den Regulierungsbauten des Hauptstromes um Pralluferschutz.

Beim Aufnahmewasserstand waren 17 % der Nebengewässer der aktiven Zone und 20 % der Nebengewässer des gesamten Auegebietes mittels Uferschutz gesichert. Den größten Anteil machte allerdings der Uferschutz des Donaukanals aus, der zu den Nebengewässern zählt. Weiters waren fast 1 km Ufer des Kaiserwassers verbaut. Die verbauten Ufer dienten hier zum größten Teil dem Schutz der Ufer bei der Straßen- und Eisenbahnbrücke über das Kaiserwasser bei Todtenköpfel.

8 Diskussion der Ergebnisse

Der ursprüngliche, anthropogen unveränderte morphologische Flusstyp wird durch das Zusammenspiel der Komponenten Abfluss, Gefälle und Feststoffhaushalt bestimmt. Im Hinblick auf den Feststoffhaushalt sind vor allem Korngrößen, Geschiebe- und Schwebstofftransport sowie das Verhältnis von Erosion, Transport und Sedimentation relevant (JUNGWIRTH et al. 2003). Der untersuchte Donauabschnitt ist stark von den großen alpinen Zubringern Inn, Traun, Enns und Ybbs, welche ursprünglich hohe Geschiebe- und Schwebstofffrachten aufwiesen, geprägt (SCHIMPF & HARREITER 2001, SCHMAUTZ et al. 2000). Nach dem Durchgang durch die „Wiener Pforte“, dem Durchbruch zwischen dem Leopoldsberg und dem Bisamberg, fließt die Donau durch das Wiener Becken, wo sich die Gefälleverhältnisse verändern. Das geringere Gefälle bedingt eine Verringerung des Geschiebetransportvermögens. Dies wiederum führte vor der Regulierung zu einer starken lateralen Aufzweigung des Hauptstromes, was durch die hohen Geschiebe- und Schwebstofffrachten der alpinen zusätzlich begünstigt wurde.

Gemäß der Fluss- und Auen-Klassifikationen von NANSON & KNIGHTON (1996) sowie NANSON & CROKE (1992) entsprach die Donau bei Wien vermutlich früher einem *gravel-dominated, laterally active anabranching river*, mit einer *medium-energy non-cohesive floodplain (wandering gravel-bed river floodplain)* (HOHENSINNER & DRESCHER in press). Wesentliche Ursachen für die Ausbildung einer derartigen Flusslandschaft sind neben einem stark fluktuierenden hydrologischen Regime hohe Geschiebefrachten, intensive Rückstauhochwässer hervorgerufen durch Eisstau im Winter (ice jams) oder durch Ansammlungen von Totholz (large woody debris) ebenso wie flussab gelegene Einengungen des Flusses. Im untersuchten Donauabschnitt trafen gleich mehrere dieser potentiellen Ursachen für die Ausbildung eines „anabranching“ Flusses zu, wobei sich diese Rahmenbedingungen bis heute freilich wesentlich geändert haben.

Wesentliche Merkmale solcher Flüsse sind: ein stark verzweigtes Gewässernetz wobei einzelne Arme wiederum verzweigt sein können während andere gewunden sind oder mäandrieren, großflächige Schotter-/Sandinseln bzw. -bänke am Ufer, kleine und größere bewachsene Inseln wobei letztere dieselbe Höhenlage wie das umliegende Gelände einnehmen können (NANSON & KNIGHTON 1996).

Diese Charakterisierung der ehemaligen Flusslandschaft bei Wien trifft im Grunde auf sämtliche Auegebiete der Donau in Österreich zu. Je nach lokalen naturräumlichen Gegebenheiten, wie der Entfernung zu den nächsten großen Zubringern flussauf und zur nächsten engen Durchbruchstrecke flussab, kommt es aber zu einer Differenzierung in der Ausprägung der hydromorphologischen Merkmale. So zum Beispiel im östlichen Machland ca. 150 km flussaufwärts, welches schon von HÖCHSMANN (1848) oder STREFFLEUR (1851) in hydrologischer und flussmorphologischer Hinsicht beschrieben wurde. Da mittlerweile von diesem Donauabschnitt auch umfangreiche und detaillierte Rekonstruktionen der ehemaligen strukturellen Ausstattung und der Flusssdynamik vorliegen, werden im Folgenden die für den Wiener Bereich 1849 ermittelten Parameter mit jenen aus dem Machland vergleichend gegenüber gestellt, um so gemeinsame Merkmale oder Unterschiede herauszufinden. Im zweiten Schritt erfolgt dann der Vergleich der historischen Daten mit dem Ist-Zustand im Projektgebiet bzw. mit jenem in der Lobau, welche direkt flussab des Projektgebietes anschließt.

8.1 Vergleich mit dem Machland 1812 und mit dem aktuellen Zustand

Das Machland liegt im Grenzgebiet zwischen Niederösterreich und Oberösterreich wobei sich der untersuchte Donauabschnitt im östlichen Machland zwischen den Ortschaften Wallsee und Ardagger befindet (Strom-km 2094-2084). Die dreidimensionale Ausprägung dieser Flusslandschaft wurde von HOHENSINNER ausführlich untersucht (HOHENSINNER et al. 2004, 2005a, in press; HOHENSINNER & JUNGWIRTH in prep.).

Im Gegensatz zu den Wiener Donau-Auen ist die Flusslandschaft im östlichen Machland durch eine direkt flussabwärts anschließende, enge Durchbruchstrecke durch die Böhmisches Masse (Strudengau) geprägt. Dies führte zu stark ausgeprägtem Rückstau bei Hochwasser, hervorgerufen durch 1. die Engstelle an sich, 2. Ablagerung von Geschiebe und so genannten „Kugeln“ (abgerundete Felsblöcke an der Sohle) in der Engstelle und 3. Eisstau im Winter (HOHENSINNER & DRESCHER in press; GRUBER 1960; KOHL 1963). Historische Aufzeichnungen von 1540 und 1770-1779 zeigen, dass öfters große Mengen an Holzablagerungen zur Bildung von neuen Kiesbänken und Inseln geführt haben (SLEZAK 1975).

All diese Abflusshindernisse führten im Machland oft zu Flussbettverlegungen und zu einer ausgesprochen hohen morphologischen Dynamik (HÖCHSMANN 1848; STREFFLEUR 1851).

Hervorzuheben ist, dass die aktive Zone im Machland weniger als halb so breit ist wie in Wien 1849 (2,1 km bzw. 4,6 km), da das gesamte Auegebiet im Norden durch die würmeiszeitliche Terrasse und im Süden durch Hügelland eingeengt ist.

Die Fläche der aktiven Zone im Machland beträgt 22,2 km², die des gesamten Auegebietes 33,8 km². Im Gegensatz dazu umfasst die Fläche

der aktiven Zone in Wien 52,2 km², das gesamte Augebiet 77,2 km². Die untersuchten Abschnitte weisen eine Länge von 10,3 km im Machland und 11,6 km in Wien auf.

	Wien 1849	Machland 1812
<i>Talachse (Luftlinie)</i>	11,6 km	10,3 km
<i>Mittlere Breite der aktiven Zone</i>	4,6 km	2,1 km
<i>Mittlere Breite des gesamten Augebietes</i>	6,7 km	3,2 km
<i>Fläche der aktiven Zone</i>	52,2 km ²	22,2 km ²
<i>Fläche des gesamten Augebietes</i>	77,2 km ²	33,8 km ²

Tabelle 27 Übersicht der Untersuchungsgebiete Wien 1849 und Machland 1812

Diese Diskrepanzen in der Breiten- und Flächenausdehnung sowie den gegebenen naturräumlichen Rahmenbedingungen (direkt flussab folgende Engstelle, etc.) führten im Machland zu je Flächeneinheit gerechnet höheren Umlagerungsraten als in Wien.

Die aktuellen Daten für den Vergleich der gemessenen Parameter 1849 und im Ist-Zustand in Wien beziehen sich auf dieselben Abgrenzungen der aktiven Zone bzw. des gesamten Augebietes. Zu den aktuellen Wasserflächen in Wien zählen Donauhauptstrom, Entlastungserinne (Neue Donau), Alte Donau, Wasserpark, Donaukanal, verschiedene Häfen und die Reste der Altarme. Aufgrund des stark anthropogen beeinflussten Grundwasserkörpers im Bereich des Untersuchungsgebietes (künstliche Absenkungen wegen U-Bahnbau, Abdichtungen aufgrund des Kraftwerkes Freudenu) sind Grundwasserpegeldaten für charakteristische Niederwasser- und Mittelwassersituationen sowohl linksufrig als auch

rechtsufrig des abgedämmten Donaustauraumes Freudenau nur schwer verfügbar. Da diese Diplomarbeit als Beitrag zum proVISION-Forschungsprojekt „Optima Lobau“ dient, wurden daher die historischen Flurabstände mit Daten aus der Lobau östlich von Wien verglichen (Strom-km 1920-1908).

An dieser Stelle werden nicht alle berechneten Daten dargestellt und diskutiert. Aus diesem Grund sei hier auf die im Anhang befindlichen Datentabellen für sämtliche zur Verfügung stehenden Parameter verwiesen!

8.1.1 Wasserflächen

Abbildung 39 zeigt die Wasserflächen bei MW in Prozent der aktiven Zone bzw. des gesamten Auegebietes. Sehr gut zu sehen ist der große Anteil der Wasserflächen im Machland 1812. Dieser hohe benetzte Flächenanteil ist im Machland sowohl für die aktive Zone als auch das gesamte Auegebiet ersichtlich. So ist der prozentuelle Anteil der Hauptstrom-Wasserfläche im Machland über 3 mal so hoch wie in Wien 1849 (33 % bzw. 9 %) und bezogen auf die aktive Zone (41 % und 22 %) bzw. im gesamten Auegebiet (28 % zu 15 %) fast doppelt so hoch.

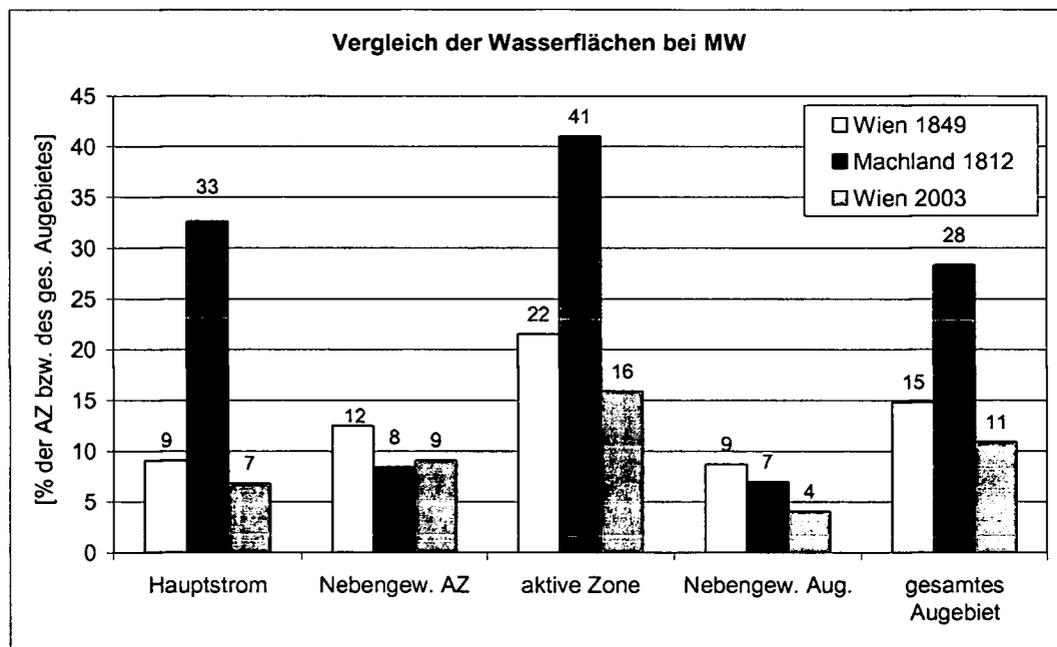


Abbildung 39: Wasserflächen in „Prozent der AZ bzw. des gesamten Auegebietes“ beim jährlichen Mittelwasser (MW) für den Hauptstrom (in % der AZ), Nebengewässer in der aktiven Zone (Nebengew. AZ), alle Gewässer der aktiven Zone, Nebengewässer des gesamten Auegebietes (Nebengew. AG) und alle Gewässer des gesamten Auegebiet.

Die Ursache liegt in der bedeutend geringeren Breite der aktiven Zone sowie des gesamten Auegebietes im Machland. Das Auegebiet ist hier im Norden durch die Niederterrasse der Würm-Eiszeit und im Süden durch das tertiäre Schlier-Hügelland erheblich eingeeengt (Kohl 1963, 1991, 2000). Zwischen dem Machland und Wien gibt es nur mehr einen

bezüglich Feststoffregime ehemals bedeutenden alpinen Zubringer zur Donau, nämlich die Ybbs (SCHMAUTZ et al. 2000). Abgesehen von der Ybbs münden alle größeren Zubringer bereits flussauf des Machlandes in die Donau. Dies spiegelt sich auch im Mittelwasserabfluss wider, der in Wien nur um $115 \text{ m}^3/\text{s}$ höher liegt als im Machland. Das hydrologische Regime ist somit durchaus vergleichbar. Die historische Geschiebe- und Schwebstofffracht ist ebenso vergleichbar, wobei das Machland jedoch wesentlich näher an den stark geschiebeführenden Zubringern liegt.

Weiters ist die Dominanz der zwei großen Hauptstromarme in der aktiven Zone des Machlandes zu erkennen, die zu Beginn des 19. Jhdts. den untersuchten Flussabschnitt dominierten, während die Nebengewässer eine untergeordnete Rolle einnahmen.

Im Gegensatz dazu haben die Nebengewässer in Wien 1849 eine wesentlich größere Bedeutung. Dazu zählen neben dem Kaiserwasser und dem Donaukanal auch die großen benetzten Flächen auf der linken Seite des Hauptstromes.

Bis heute sind die Wasserflächen in Wien im Vergleich zu 1849 um 6 % bezogen auf die Fläche der aktiven Zone bzw. um 4 % bezogen auf das gesamte Auegebiet zurückgegangen. Diese Werte überraschen, da man aufgrund einer Begradigung und einer Regulierung einen stärkeren Rückgang erwarten würde. Der verhältnismäßig kleine Unterschied liegt an der Errichtung des Entlastungsgerinnes (Neue Donau) und den Häfen, die wesentlich zur Gesamtwasserflächen beitragen.

Die in diesem Kapitel durchgeführten Vergleiche der hydromorphologischen Parameter dienen auch dazu, den Wandel von einem weitgehend natürlichen Gewässersystem mit den assoziierten Biozönosen hin zu einem anthropogen stark veränderten Lebensraum zu dokumentieren. Die Ergebnisse der aktuellen Wasserflächen würden vermuten lassen, dass die Situation im Vergleich zu 1849 eigentlich nicht so schlecht war. Der Donauhauptstrom ist aber heute zu großen Teilen aufgrund des Aufstaus durch das Kraftwerk Freudenu von jeglicher natürlichen Dynamik entbunden. Die Wasserspiegelschwankungen im

Jahresverlauf sind im untersuchten Donauabschnitt beinahe gänzlich verschwunden. Das Gleiche gilt auch für die Austauschprozesse der Donau mit dem umgebenden Grundwasserkörper. Weiters fehlt jegliche nennenswerte Konnektivität zu Seitenarmen. Die alte Donau, die Reste der sonstigen Altarme und das Entlastungserinne stellen eher stehende als fließende Gewässer dar. Für diese ist es sehr schwer historische Gegenstücke zu finden, mit denen man die aktuellen Gewässer vergleichen könnte, da die ursprüngliche Flusslandschaft zum größten Teil durchströmte oder zumindest einseitig angebunden Gewässer aufwies. Ähnlich hohe Anteile von Gewässern mit hoher hydrologischer Konnektivität wurden auch für das Machland zwischen 1715 und 1821 sowie die Lobau östlich von Wien 1726 bis 1817 nachgewiesen (vgl. HOHENSINNER et al. 2004; EBERSTALLER-FLEISCHANDERL & HOHENSINNER 2004).

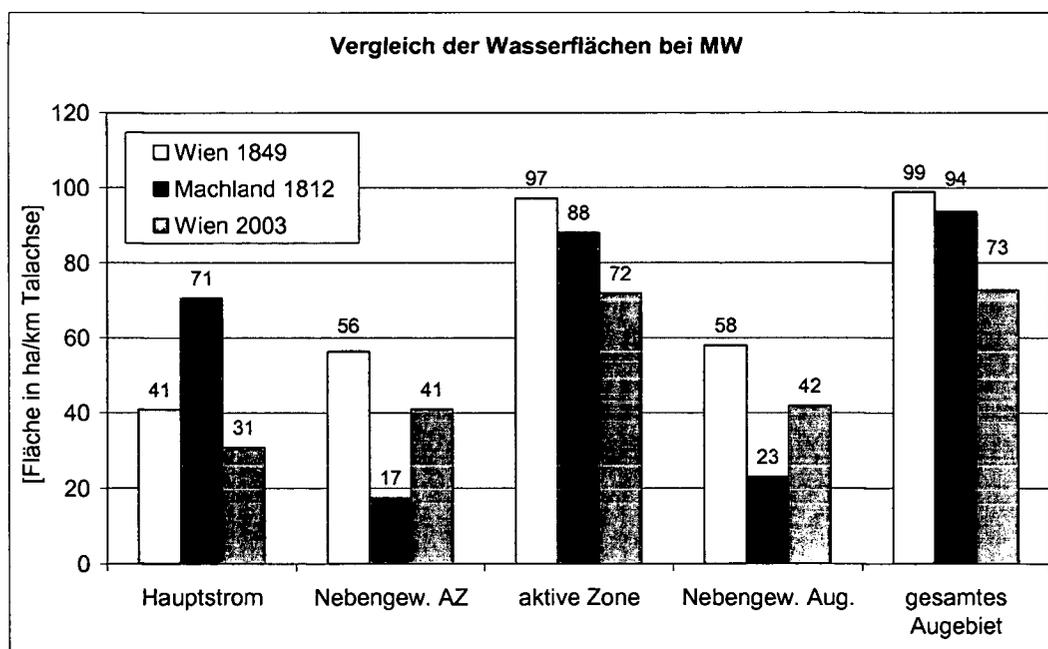


Abbildung 40 : Vergleich der Wasserflächen mit linearem Flächenbezug „ha/km Talachse“

Aus Abbildung 40 können ähnliche Schlüsse wie im vorherigen Vergleich mit der Einheit „Prozent der AZ bzw. des gesamten Auegebietes“

(Abbildung 39) gezogen werden. Im Unterschied dazu ist allerdings gut ersichtlich, dass absolut gesehen die Wasserflächen bei MW im Wiener Bereich, der um einiges breiter und daher größer als das Machland ist, auch größere Werte aufweist (die mittlere Breite der aktiven Zone ist mit 4,6 km um 2,5 km breiter als im Machland).

Die ökologische Funktionsfähigkeit eines alluvialen Auenökosystems beruht im Wesentlichen auf der hydrologischen Konnektivität – dem intensiven Austausch von Wasser, organischen/anorganischen Stoffen und Organismen zwischen dem Hauptstrom und der umgebenden Auenlandschaft (AMOROS & ROUX 1988; WARD & STANFORD 1995). Dabei spielt das „Pulsieren“ des Abflusses und damit einhergehend die räumliche und zeitliche Expansion/Kontraktion des Wasserspiegels eine entscheidende Rolle. „Flow pulse“ unter bordvollem Wasserstand (hier: ca. HW₁; PUCKRIDGE et al. 1998) und „Flood pulse“ über bordvollem Wasserstand (JUNK et al. 1989) fördern aber nicht nur diverse Austauschprozesse, sondern ermöglichen auch ein sich ständig veränderndes Habitatspektrum für wassergebundene Organismen (TOCKNER et al. 2000; HOHENSINNER et al. 2004).

Die dargestellten Flächenauswertungen ermöglichen Rückschlüsse auf die Bedeutung des „Flow pulse“ für den ehemaligen Fluss-Auen-Lebensraum. Als einfaches Maß zur Berechnung der vom „Flow pulse“ direkt beeinflussten Bereiche des Auegebietes dient die Zunahme (Expansion) der wasserbedeckten Fläche (gemessen als Prozentsatz der AZ) bezogen auf einen bestimmten Wasserstand.

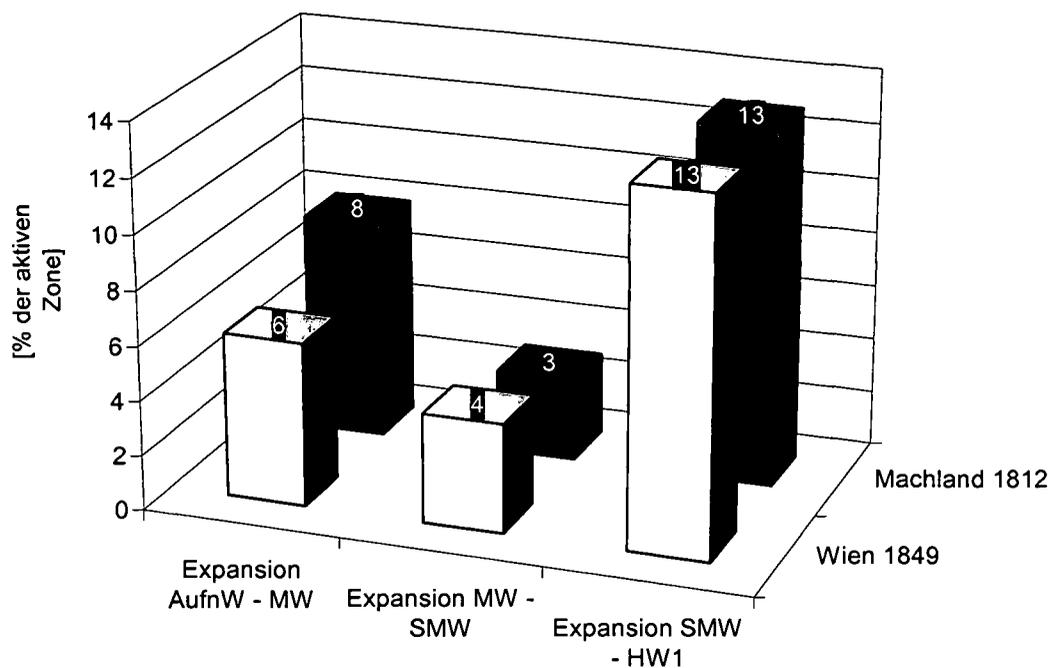


Abbildung 41 : Vergleich der Expansion der Wasserflächen in „Prozent der aktiven Zone“ bei unterschiedlichen Wasserständen

Abbildung 41 veranschaulicht die Entwicklung der Wasserflächenexpansion bei den charakteristischen Wasserständen. Diese ist für die historischen Gewässerabschnitte in Wien bzw. Machland überraschend ähnlich und unterscheidet sich nur um 2 % der AZ zwischen AufnW und MW und 1 % zwischen MW und SMW. Die Expansion der Wasserfläche zwischen SMW und HW₁ („Flood pulse“) ist mit 13 % in beiden Fällen sogar ident. In Summe beträgt die gesamte Expansion der Wasserfläche in der aktiven Zone bei Spiegelschwankungen zwischen dem Aufnahmewasserstand (erhöhtes Niederwasser) und HW₁ für das Machland 1812 somit 24 % der AZ und für Wien 1849 23 % der AZ. Da der Aufnahmewasserstand in Wien 1849 etwas höher war als im Machland 1812 kann man davon ausgehen, dass in Wien die Expansion zwischen AufnW und MW bei einem dem Machland vergleichbaren Aufnahmewasserstand statt 6 % der AZ ebenfalls ungefähr 8 % der AZ ausmachen würde.

Davon unabhängig zeigen die angeführten Werte, dass die direkt vom „Flow pulse“ beeinflussten Flächen relativ zur Größe des Untersuchungsgebietes beinahe ident sind.

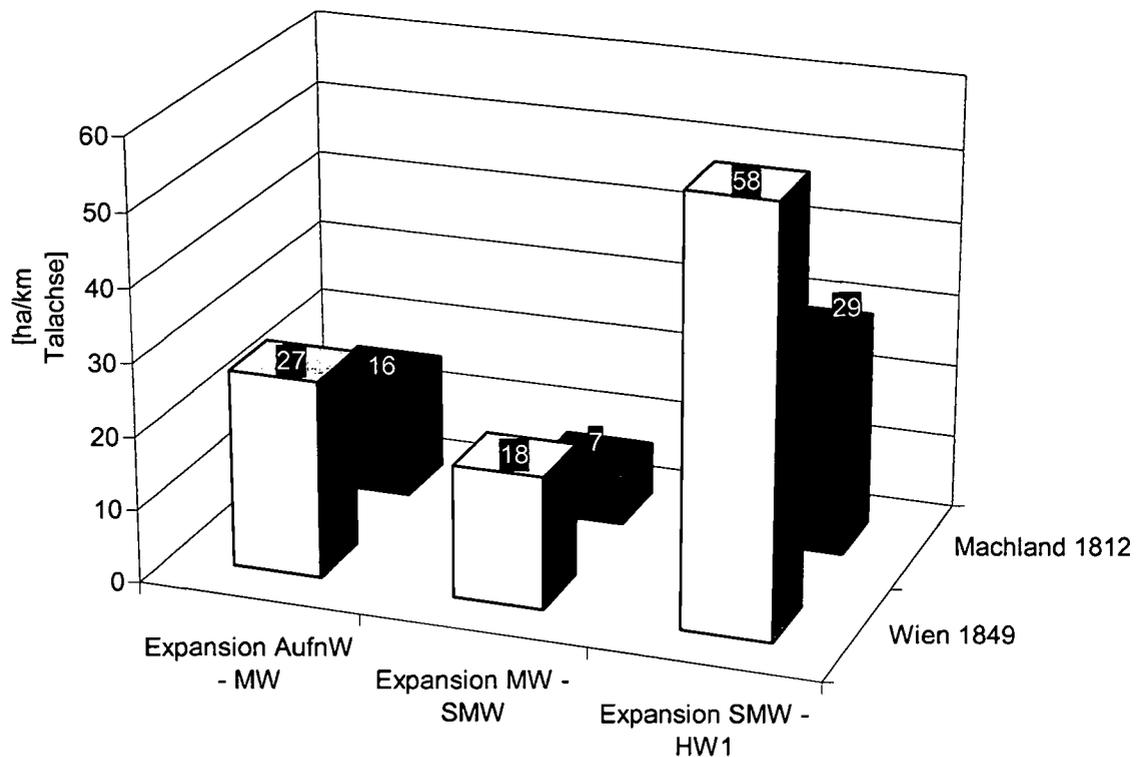


Abbildung 42 : Vergleich der Expansion der Wasserfläche zwischen charakteristischen Wasserständen in „ha/km Talachse“, ebenfalls für die aktive Zone

Aus Abbildung 42 ist gut ersichtlich, dass die absolute Zunahme der Wasserflächen für Wien 1849 um einiges größer ist als die Expansion relativ zur AZ. Dies liegt ebenfalls an der über doppelt so breiten aktiven Zone im Wiener Raum. Die Ergebnisse des gesamten Auegebietes sind ähnlich.

An dieser Stelle ist kein Vergleich mit der aktuellen Situation in Wien möglich, da keine Wasserflächen-Daten bezüglich unterschiedlicher Wasserstände zur Verfügung standen. Es ist allerdings zu erwarten, dass die Zunahmen aufgrund des Einstaus des KW Freudenu und der nicht vorhandenen lateralen Konnektivität, sowohl über den Grundwasserkörper als auch über Oberflächengewässer, erheblich kleiner sind und zwischen

MW und SMW überhaupt kaum vorhanden sind. Weiters führt die Regelprofilgeometrie der Regulierung mit den gleichmäßig (relativ steil) geneigten Böschungen ebenfalls zu verhältnismäßig geringen Zuwächsen der Wasserflächen bei ansteigenden Wasserständen.

8.1.2 Sedimentflächen

Die Ausdehnung der Sedimentflächen (an der österreichischen Donau typischerweise Schotter-, Sand- und Schluffflächen) veranschaulicht die Bedeutung des semi-aquatischen Lebensraumes einer Flusslandschaft. Es ist dies der Bereich, welcher am intensivsten durch das hydrologische Regime und durch morphologische Veränderungen geprägt ist. Vor allem die Rohbodenbereiche über MW dienen als sonnenexponierte Standorte für Pionier- und Weidenbuschgesellschaften.

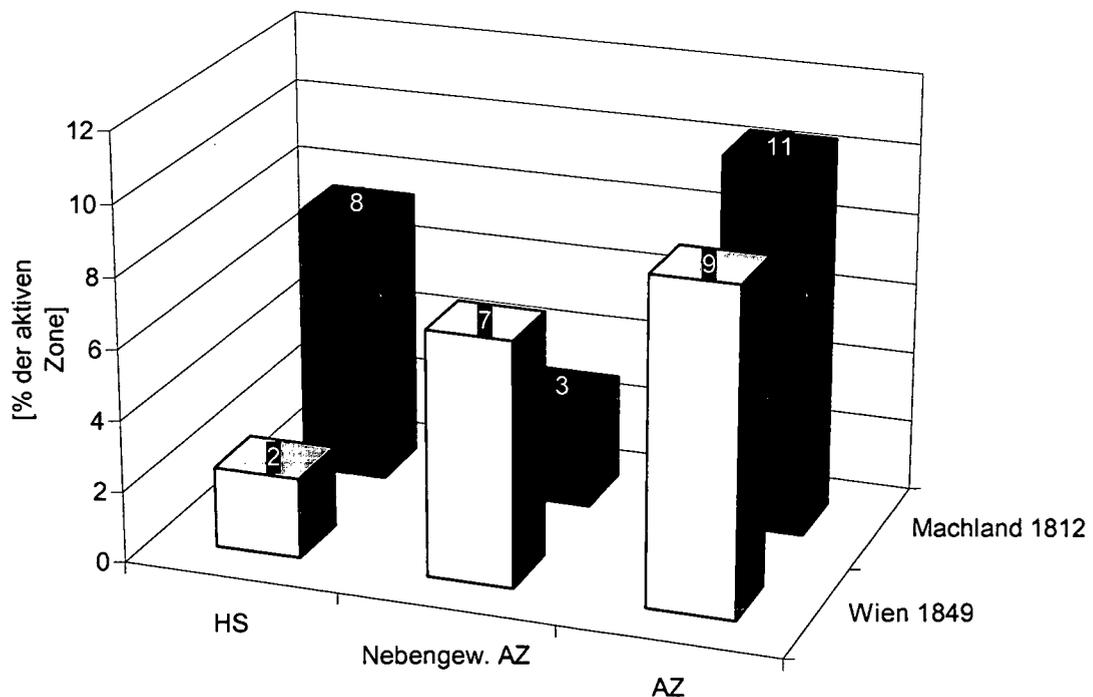


Abbildung 43: Vergleich der Sedimentflächen in „Prozent der aktiven Zone“ beim Aufnahmewasserstand (HS = Hauptstrom, AZ = aktive Zone)

Abbildung 43 zeigt die Sedimentflächen in den verglichenen historischen Gebieten. Der prozentuelle Unterschied zwischen den Sedimentflächen der aktiven Zone des Machlandes und jener von Wien ist beinahe gleich und liegt bei nur 2 %. Die Sedimentflächen stammen allerdings aus unterschiedlichen Bereichen der aktiven Zone. Wie auch bei den Wasserflächen dominiert im Machland der Hauptstrom mit seinen beiden Armen. Diese tragen auch entscheidend zu den Sedimentflächen bei. Im Gegensatz dazu befinden sich die meisten Sedimentflächen in Wien in den Nebengewässern der aktiven Zone, die hier dominierend waren. Eine große Rolle spielte auch hier das Kaiserwasser mit seinen vielen Sand- und Schotterbänken, sowie die Seitenarme östlich des Hauptstromes (Leopoldauer Arm, Kagraner Arm, Stadlauer Arm und Asperner Arm – siehe Karte „Topografische Übersicht“ im Anhang).

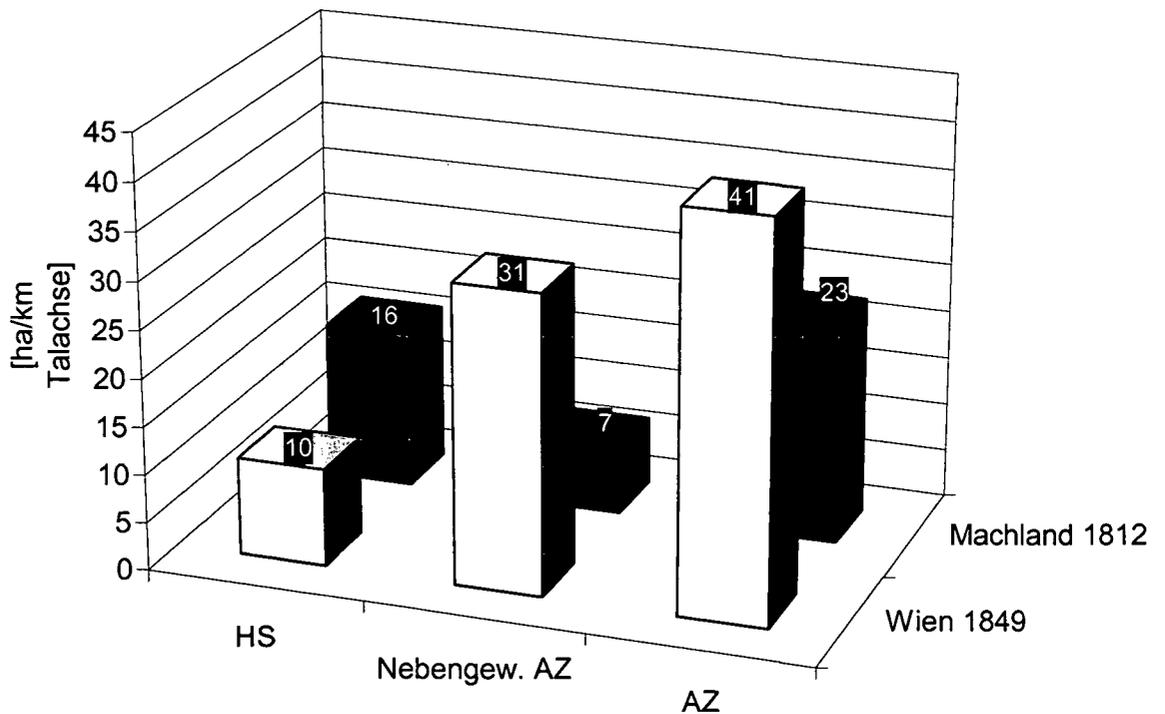


Abbildung 44 : Vergleich der Sedimentflächen mit linearem Flächenbezug „ha/km Talachse“ beim Aufnahmewasserstand (HS = Hauptstrom, AZ = aktive Zone)

Der lineare Flächenbezug zeigt auch hier, dass absolut gesehen die Sedimentflächen in der gesamten aktiven Zone und der Nebengewässer

in Wien erheblich größer waren als im Machland. Die Sedimentflächen waren im Wiener Raum für die gesamte aktive Zone um 18 ha/km und für die Nebengewässer um 24 ha/km größer. Für den Hauptstrom zeigt sich ein umgekehrtes Ergebnis: die Dominanz der beiden Hauptstromarme im Machland spiegelt sich auch in den Sedimentflächen wieder, die um 6 ha/km größer sind als in Wien.

Für den Ist-Zustand in Wien war keine Abgrenzung der Sedimentflächen möglich, da keine entsprechenden Daten für unterschiedliche Wasserstände vorlagen. Allerdings ist die aktuelle Ausdehnung der Sedimentflächen im Hauptstrom durch Regulierung und Einstau der Donau weit unter den historischen Referenzwerten anzusiedeln. Im Zuge der Errichtung des Kraftwerkes Freudenu wurden zumindest linksufrig einige Uferbiotope mit vorgelagerten Schotterbänken errichtet. Für die Nebengewässer im derzeitigen Zustand dürfte die Ausdehnung der Sedimentflächen überhaupt unter dem Genauigkeitsgrad der historischen Auswertungen liegen.

8.1.3 Aktive Gerinne (active channels)

Die aktiven Gerinne (Gesamtheit der Wasser- und Sedimentflächen) können als Summenparameter für jene Flächen betrachtet werden, die ungefähr bis zum sommerlichen Mittelwasser (SMW) in direktem Einfluss des hydrologischen Regimes stehen. Diese Bereiche einer Flusslandschaft entsprechen somit jenen Habitaten, die permanent wasserbedeckt sind bzw. regelmäßig überflutet werden.

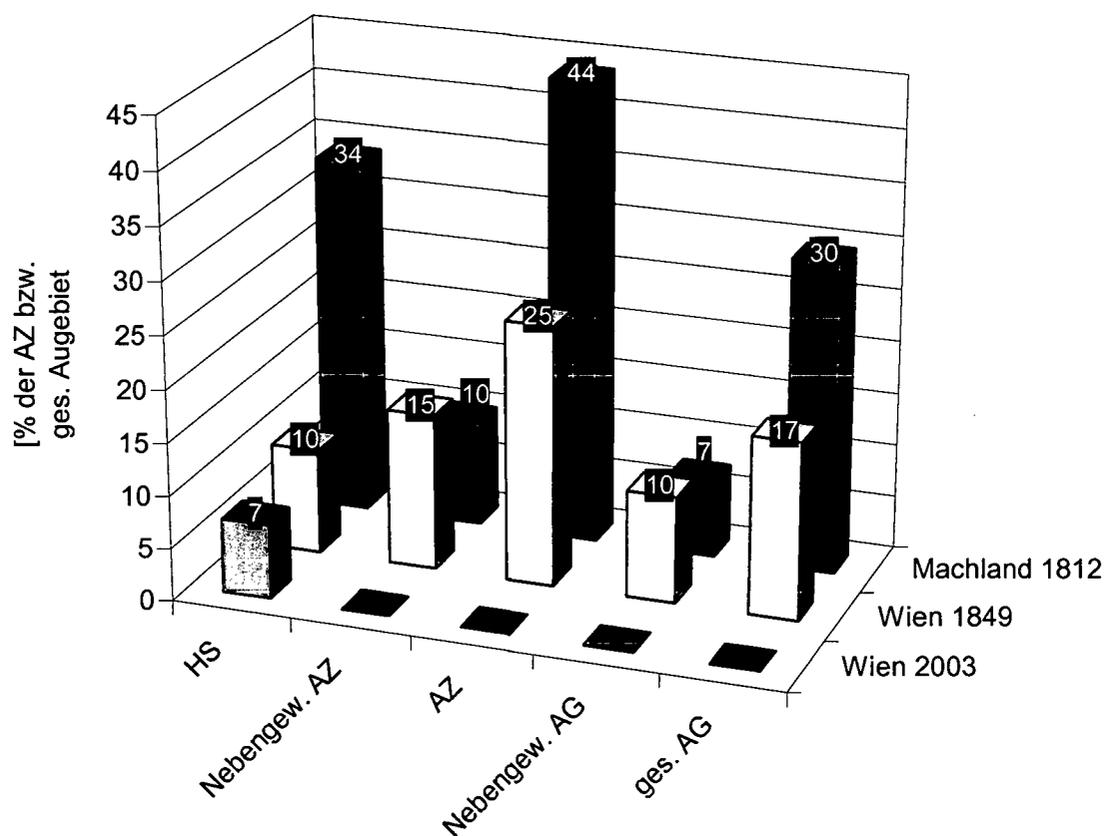


Abbildung 45: Vergleich der aktiven Gerinne in Prozent der aktiven Zone (AZ) bzw. des gesamten Augebietes (HS in % der AZ; HS = Hauptstrom)

Im Vergleich zum Machland ist sehr gut zu erkennen, dass in Wien bis ungefähr SMW aufgrund der weitaus größeren Fläche der aktiven Zone bzw. des Augebietes - relativ gesehen - kleinere Flächenanteile im direkten Einfluss der Donau standen. So zählen in Wien 25 % und im

Machland sogar 44 % der aktiven Zone zum aktiven Gerinnesystem. Weiters ist zu erkennen, dass der Anteil des Hauptstromes an der aktiven Zone im Machland über 3-mal so groß ist wie in Wien 1849.

Im Gegensatz zum Machland sind die Wasser- und Sedimentflächen der Nebengewässer in Wien etwas stärker ausgeprägt. Ein ähnliches Bild ergibt sich auch für das gesamte Augebiet.

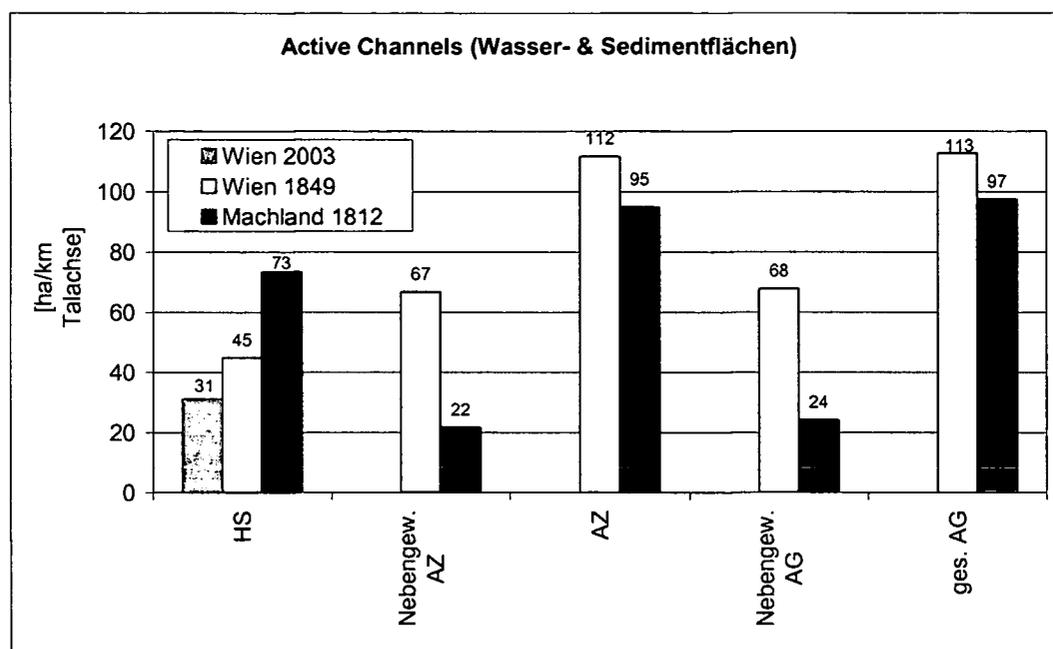


Abbildung 46 : Vergleich der aktiven Gerinne in „ha/km Talachse“: HS = Hauptstrom, AZ = aktive Zone; AG = Augebiet

Die absolut vergleichbare Dimension „ha/km Talachse“ zeigt auch bei den aktiven Gerinnen, dass bis auf den Hauptstrom die im direkten Einfluss der Donau stehenden Flächen in Wien größer sind.

Bei den Wasserflächen waren die Unterschiede zwischen den historischen und den aktuellen Werten nicht sehr groß. Außerdem war es noch möglich, aufgrund der Lage der Gewässer diese in Hauptstrom, aktive Zone, Nebengewässer etc. zu unterteilen. Hier ist nun allerdings zu sehen, dass aktuell im untersuchten Abschnitt kaum mehr Sedimentflächen vorhanden sind, und dass das aktive Gerinne fast nur mehr durch den Wasserkörper selbst bestimmt wird (vgl. 8.1.2 Diskussion der Sedimentflächen) Ein weiterer sehr wichtiger Punkt ist, dass es

abgesehen vom Hauptstrom eigentlich keine tatsächlichen „aktiven Gerinne“ mehr gibt. Die natürliche Dynamik und laterale Konnektivität ist heute durch Regulierung und Einstau unterbunden. Somit herrscht hier im Vergleich zum historischen Leitbild ein sehr massives Defizit an flusstypischen Umlagerungsprozessen und daher auch entsprechender Strukturen, was in einer Stadtregion mit ihren vielfältigen Ansprüchen an die Gewässer klar auf der Hand liegt.

8.1.4 Uferlinien

Abbildung 47 zeigt die Uferentwicklung der drei verglichenen Gebiete.

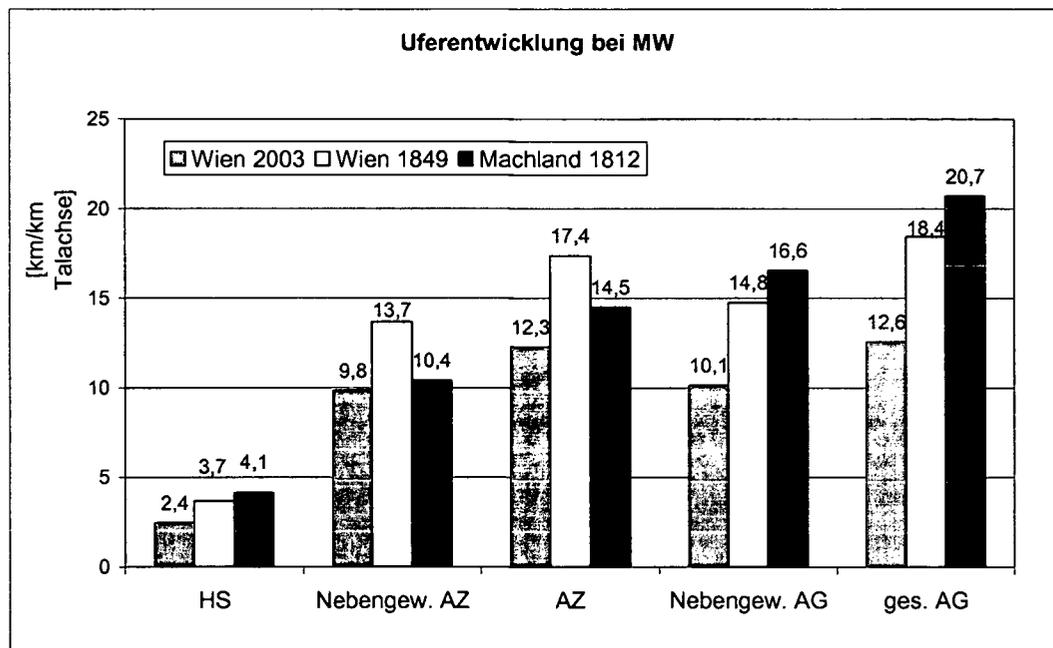


Abbildung 47 : Uferentwicklung bei MW in „km/km Talachse“; HS = Hauptstrom, AZ = aktive Zone, AG = Augebiet)

Der Vergleich der Uferentwicklung (gemessen als „km Uferlinie/km Talachse“) zeigt, dass die Uferlinien in der aktiven Zone im Wiener Gebiet 1849 mit Ausnahme des Hauptstromes stärker ausgeprägt waren als im Machland.

Die auf den ersten Blick nicht erkläraren hohen Werte für das Augebiet im Machland ergeben sich durch mehrere Zubringer zur Donau, die über

weite Strecken parallel zur Donau im Augebiet fließen, und dessen Ufer auch miteingerechnet wurden. Da Zubringer fast durchwegs sehr klein sind, spiegeln sich diese nicht in der Bilanzierung der Wasserflächen wider. Im Wiener Gebiet hingegen existieren keine derartigen Zubringer im Augebiet wodurch sich auch die geringere Uferentwicklung ergibt.

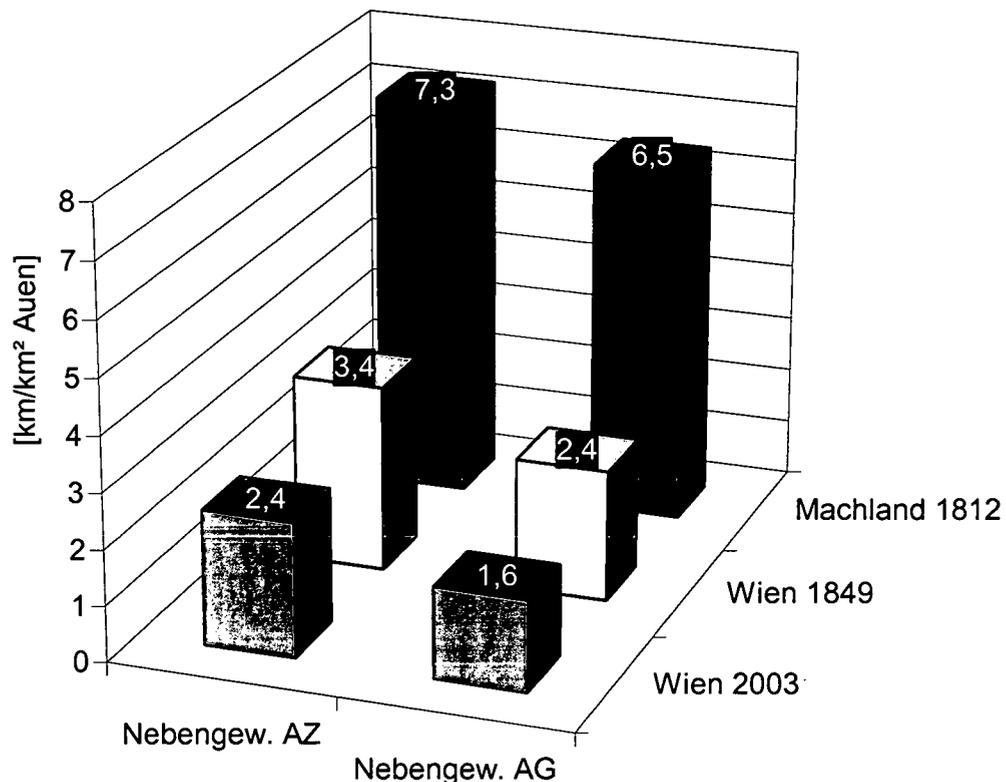


Abbildung 48 : Vergleich der Uferlinien bei MW in „km/km² Auen“. Die Auen entsprechen der jeweiligen Bezugsfläche (aktive Zone bzw. gesamtes Augbiet) abzüglich des aktiven Hauptstromgerinnes; AZ = aktive Zone, AG = gesamtes Augbiet

Die im Vergleich sehr hohen Werte des Machlandes in Abbildung 48 ergeben sich wiederum aus den im Verhältnis zu den Wasserflächen kleineren Bezugsflächen (= Auen, siehe Legende zu Abbildung 48). Die „Auen“ machen in der aktiven Zone des Machlandes 14,7 km² und im gesamten Augbiet 26,3 km² aus. Für Wien betragen diese Werte für die aktive Zone 47,0 km² und für das gesamte Augbiet 72,0 km². Aufgrund

dieser großen Bezugsflächen ergeben sich für Wien bei ähnlichen Uferlängen die im Diagramm dargestellten geringen Werte.

Es zeigt sich auch, dass die Uferentwicklung im aktuellen Zustand nicht sehr stark vom historischen Wert abweicht. Dies ist vor allem durch die einzelnen, durch das gesamte Untersuchungsgebiet parallel verlaufenden Gewässer begründet (Donaukanal, Donau, Entlastungsgerinne). Im Gegensatz zu früher ist jedoch evident, dass sich die Strukturierung der Uferbereiche wesentlich verändert hat. Waren um 1849 nur 50 % der Hauptstromufer reguliert und jene der Nebengewässer weitgehend in einem natürlichen Zustand, so sind heute mit Ausnahme der linksufrigen Stauraumbiotope fast alle Uferbereiche gesichert. 1849 waren 17 % der Ufer der Nebengewässer in der aktiven Zone und 20 % der Ufer der Nebengewässer des gesamten Auegebietes (beide Zahlen in Bezug zur Uferlänge beim Aufnahmewasserstand) durch Uferschutzbauten beeinträchtigt. Der höhere Wert für das gesamte Auegebiet ergibt sich dadurch, dass die Ufer der Nebengewässer im gesamten Auegebiet nur 4,7 km länger als die der Nebengewässer der aktiven Zone waren, diese aber schon verbaut waren (Bereiche des Donaukanals).

Auch wenn die Reduktion der Uferlinie quantitativ betrachtet nicht so intensiv war, so hat sich doch die Qualität der Uferbereiche sehr stark verändert. So kann heute nur mehr ein verschwindend kleiner Anteil der Ufer die ursprünglichen flusstypischen Funktionen und Habitate bereitstellen.

8.1.5 Flurabstände

Die dargestellten aktuellen Vergleichsdaten von der Lobau stammen von einer Periode mit mittlerem Grundwasserstand aus dem März 2003. Die Lobau schließt direkt an das in dieser Arbeit untersuchte Gebiet an, und es ist davon auszugehen, dass beide Bereiche (Wien und Lobau) ursprünglich sehr ähnliche Flurabstände aufwiesen.

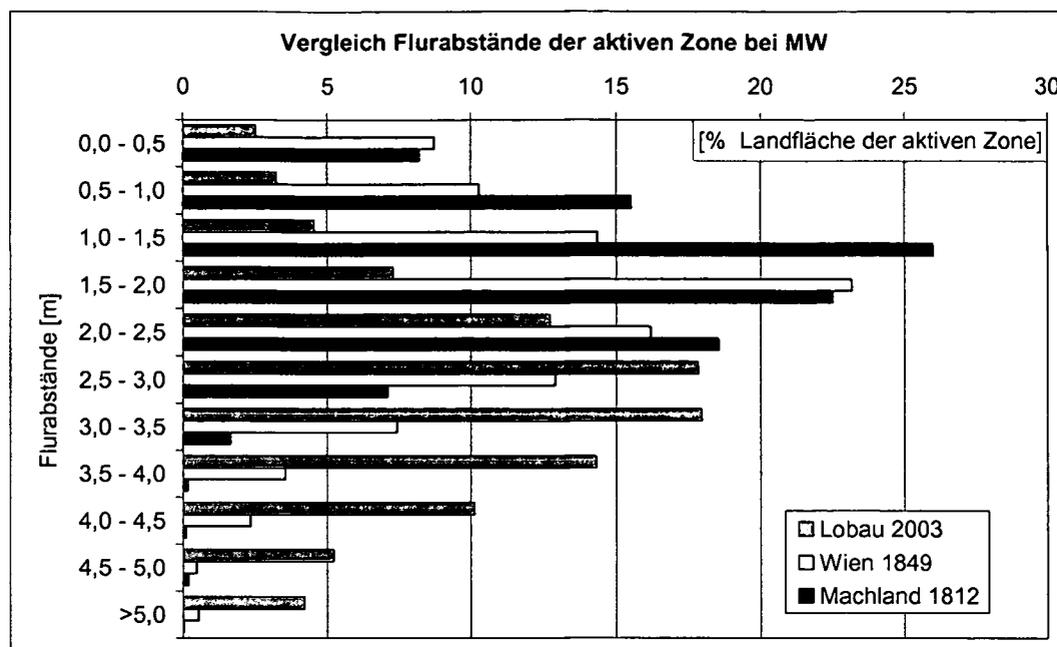


Abbildung 49 : Vergleich der Flurabstandsklassen der aktiven Zone bei MW

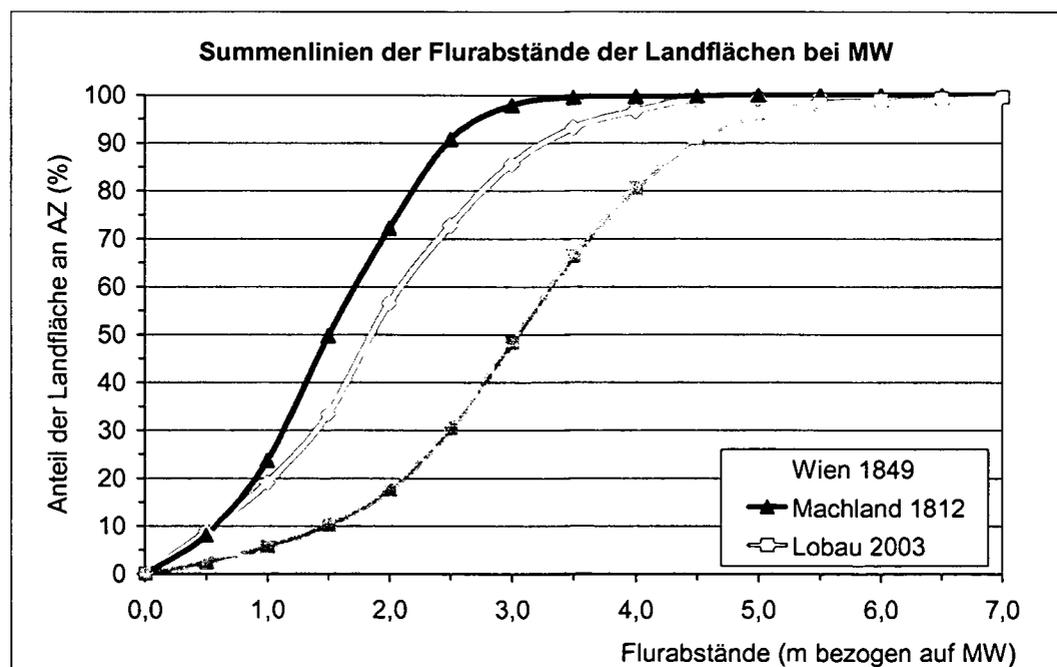


Abbildung 50 : Summenlinien der Flurabstände bei MW in der aktiven Zone

Vergleichbare Flurabstände treten in den historischen Donaulandschaften des Machlandes und Wiens auf. Allerdings kann man davon ausgehen,

dass die aktive Zone des Machlandes etwas feuchtere Standortverhältnisse aufwies als in Wien. Die Klasse von 0,5 – 1,0 m, die bei MW im Machland in über 5 % der Landfläche mehr vertreten war als in Wien 1849, zeugt davon. Weiters nimmt die Klasse von 1,0 – 1,5 m über 11 % mehr Fläche im Machland ein als in Wien 1849.

Die nach Flächenanteilen gewichteten Mittel betragen für das Machland bei einer Mittelwassersituation 1,6 m und für Wien 1849 1,9 m. Die mittleren Flurabstände waren also bei MW in Wien um 0,3 m größer. 75 % der Landfläche der aktiven Zone wiesen im Machland 1812 bei MW Flurabstände kleiner als 2,1 m und in Wien 1849 kleiner als 2,6 m auf.

Im Vergleich von Wien 1849 mit den aktuellen Auswertungen der Lobau zeigt sich, dass es eine klare Verschiebung hin zu größeren Flurabständen gegeben hat. Das nach Fläche gewichtete Mittel beträgt hier 3,0 m und ist somit um über 36 % größer als in Wien 1849. Der 75 %-Wert der aktuellen Flurabstände ist mit 3,8 m um 1,2 m größer als jener von Wien 1849 (d.h. der Grundwasserspiegel liegt um diesen Betrag relativ zur Geländeoberkante tiefer).

	Wien 1849	Machland 1812	Lobau 2003
<i>nach Flächenanteilen gewichtetes Mittel</i>	1,9 m	1,6 m	3,0 m
<i>25 % Wert</i>	1,2 m	1,0 m	2,3 m
<i>50 % Wert (Median)</i>	1,9 m	1,5 m	3,1 m
<i>75 % Wert</i>	2,6 m	2,1 m	3,8 m

Tabelle 28 Übersicht charakteristischer Kennwerte der Flurabstände der aktiven Zone bei MW

Es ist evident, dass aufgrund der Donauregulierung im 19. Jhdt. und der darauf folgenden Eintiefung der Donausohle ein künstlich verursachtes Absinken des Grundwasserspiegels im Donau-Augebiet, im Speziellen der Lobau, herbeigeführt wurde (RECKENDORFER et al. 2005). Der

angestellter Vergleich der Flurabstände unterstreicht die bisher nur auf historischen Sondierungs- und Wasserstandsdaten beruhenden Aussagen zur Eintiefungsproblematik der Donau östlich von Wien. Es ist bei der Interpretation der Daten zu beachten, dass sich mittlerweile vermutlich die hydrologische Konnektivität des Grundwasserkörpers durch Kolmationsprozesse erheblich verändert hat.

Weiters spielt sicherlich auch die systematische Abtrennung des Hauptstromes vom Umland und den hier historisch verlaufenden Seitenarmen eine Rolle für die größeren Flurabstände.

Ein Teil der heute größeren Flurabstände ist aber auch durch die wiederholte Ablagerung von Feinsedimenten (Schluff) bei Hochwässern im Augebiet zu erklären, wodurch sich allmählich die Geländeoberkante erhöhte. Diese Faktoren - Eintiefung der Sohle, Abtrennung von Seitenarmen und Auflandung bei Hochwässern - führen über längere Zeiträume zur hydrologischen/morphologischen Entkoppelung von Fluss und Augebiet.

Für das östliche Machland wurde eine ähnliche, sogar stärkere Entwicklung für den Flurabstand bei MW rekonstruiert. Seit 1812 verdoppelte sich beinahe der Flurabstand bei MW in der aktiven Zone und betrug 1991 im Mittel 3,0 m. Dieser Wert ist somit ident mit jenem der aktuell für die Lobau errechnet wurde.

8.1.6 Überflutungshöhen

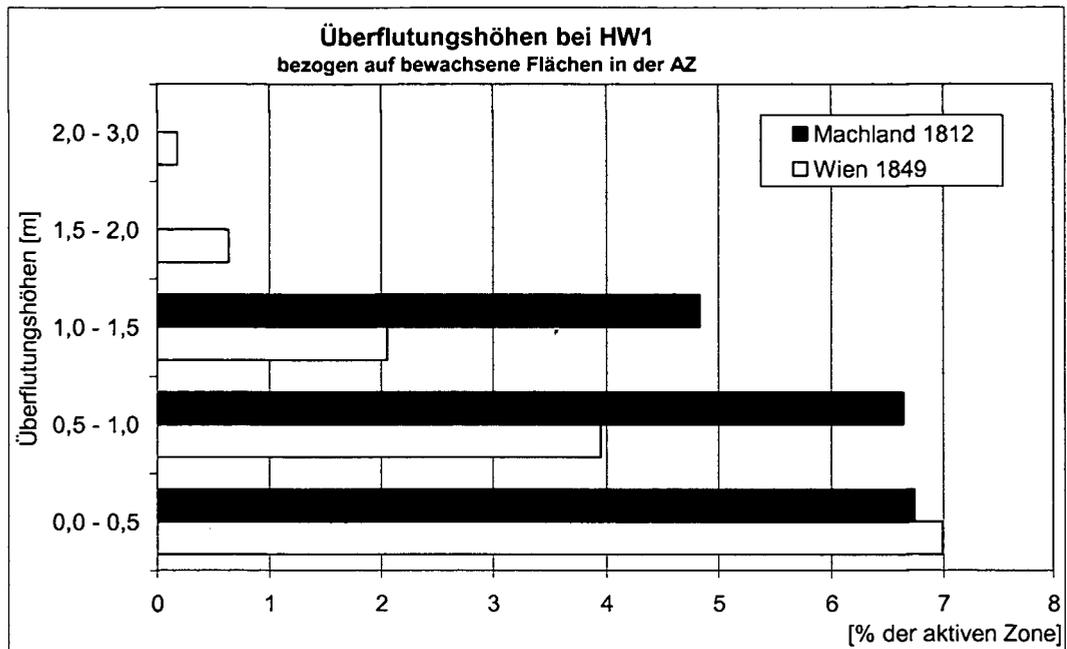


Abbildung 51: Überflutungshöhen der überfluteten Vegetationsflächen bei HW₁ in der aktiven Zone

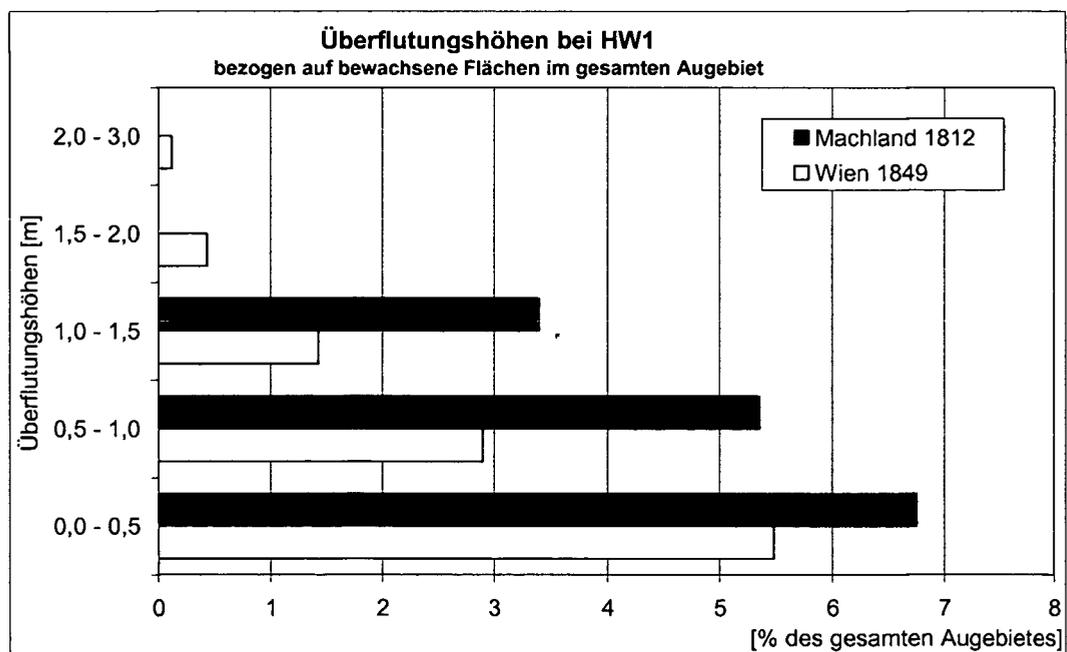


Abbildung 52: Überflutungshöhen der überfluteten Vegetationsflächen bei HW₁ im gesamten Auegebiet

Im Unterschied zum Machland wurden im Wiener Raum bei HW_1 Flächen bis zu ca. 2,5 m überflutet (die Klasse 2,0 – 3,0 m weist nur geringe Flächenanteile auf, d.h. vermutlich reichten die Überflutungshöhen hier nur bis ca. 2,5 m). Die Flächenanteile über 1,5 m Überflutungshöhe sind allerdings sehr klein. Im Machland wurde das Augelände bei ca. HW_1 bis zu 1,5 m überstaut. Weiters ist zu erkennen, dass im Machland größere Bereiche zwischen 0,5 und 1,0 m überflutet wurden – sowohl im Augebiet als auch in der aktiven Zone.

Insgesamt wurden bei HW_1 im Machland 27 % der bewachsenen Fläche der aktiven Zone und 19 % der Vegetationsflächen des gesamten Augebietes überflutet. In Wien betragen diese Werte 18 % für die aktive Zone und 12 % für das gesamte Augebiet.

Die Werte der gewichteten Mittel der Überflutungen sind für das Machland und Wien 1849 ähnlich. Für die aktive Zone und für das Augebiet des Machlandes lag dieser Wert bei 0,6 m bzw. 0,5 m. Im Wiener Raum betrug das gewichtete Mittel in beiden Fällen ca. 0,6 m.

Aufgrund des Einstaus durch das Kraftwerk Freudenau sind die aktuellen Überflutungsflächen beim HW_1 im Wiener Stadtgebiet sehr klein. Die aktuelle Situation für das Untersuchungsgebiet wurde allerdings im Rahmen dieser Arbeit nicht separat ermittelt.

Im Rahmen des Projektes Optima Lobau wurde eine hydrodynamische Modellierung eines Hochwassers mit 5000 m³/sec von DI Christine Habereeder und Prof. Paul Blaschke von der TU Wien durchgeführt.

Das HQ_1 liegt mit einem Abfluss von ca. 5290 m³/sec über dem modellierten Abfluss. Unter der Annahme, dass diese Differenz zu keinen entscheidenden Unterschieden bei den Überflutungshöhen führt, wurden die Ergebnisse dieser für die aktive Zone der Lobau durchgeführten Berechnungen als Vergleichsgrundlage verwendet. Abbildung 53 zeigt die Ergebnisse dieser Modellierung im Vergleich zu Wien 1849.

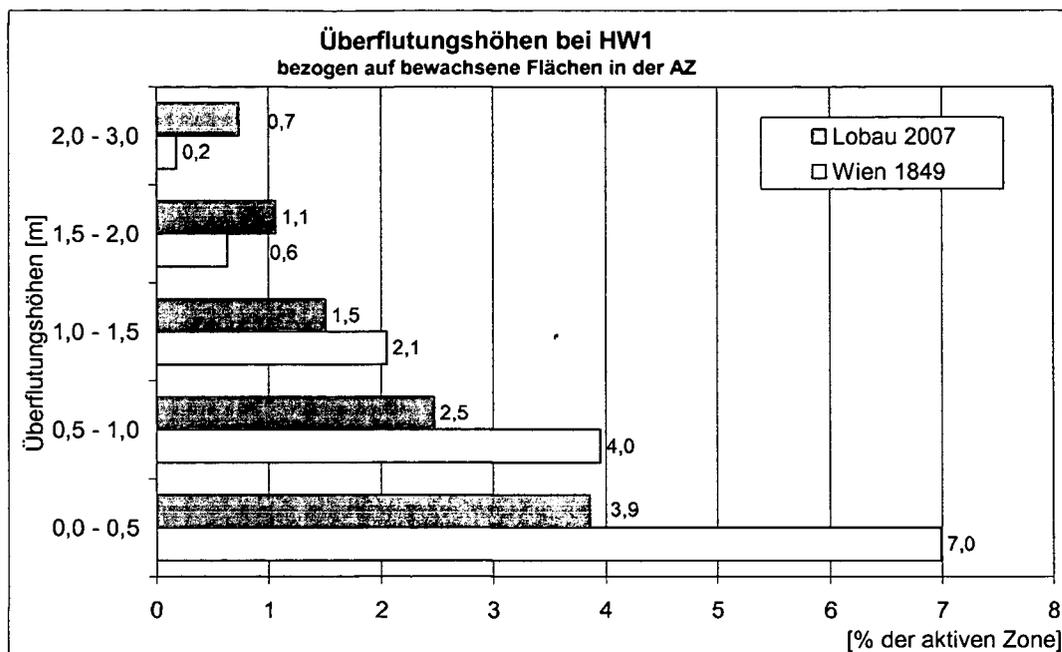


Abbildung 53 : Überflutungshöhen: Vergleich Lobau 2007 – Wien 1849 für die aktive Zone

Die maximale Überflutungshöhe beträgt in der Lobau 4,0 m. Die Klasse 3,0 – 4,0 m weist allerdings nur einen kleinen Anteil von 0,2 % an der aktiven Zone auf und wurde daher im Diagramm nicht dargestellt.

Bei HW₁ beträgt die mittlere gewichtete Überflutungshöhe der aktuellen bzw. potentiellen Vegetationsflächen mit terrestrischer Vegetation (keine Flächen mit Röhricht, dafür aber inkl. Felder und Wiesen) in der Lobau 0,9 m und ist somit um 0,3 m über dem von Wien 1849. Erklärbar ist diese Differenz an den größeren Flächenanteilen, die 1849 bis 1,5 m überflutet waren.

Die Form der Überflutung ist aktuell jedoch vollkommen anders als früher: In der Lobau erfolgt die Überflutung aktuell aufgrund der Hochwasserschutzdämme nur mehr durch Rückstau der Donauhochwasser durch den stromabwärts gelegenen Schönauer Schlitz.

8.1.7 Massenumlagerung

Als Vergleichsgrundlage für die Bilanzierung der Massenumlagerungen wurden für das Wiener Untersuchungsgebiet die Ergebnisse der „Null-Variante“ (siehe Kap. 7.7 Massenumlagerung) verwendet. Die betrachtete Zeitspanne für Wien reicht von 1849 bis 2003 und entspricht somit einer Zeitspanne von 154 Jahren. Für das Machland standen die Ergebnisse für die Bilanz zwischen 1812 und 1991 (179 Jahre) zur Verfügung.

Die Netto-Ablagerung ergibt sich aus der Differenz zwischen den Volumina, welche im betrachteten Zeitraum angelandet/aufgeschüttet bzw. erodiert/abgetragen wurden. Der Bruttowert entspricht der Gesamtsumme dieser beiden Volumina und ist somit ein Maß für die bewegten Massen.

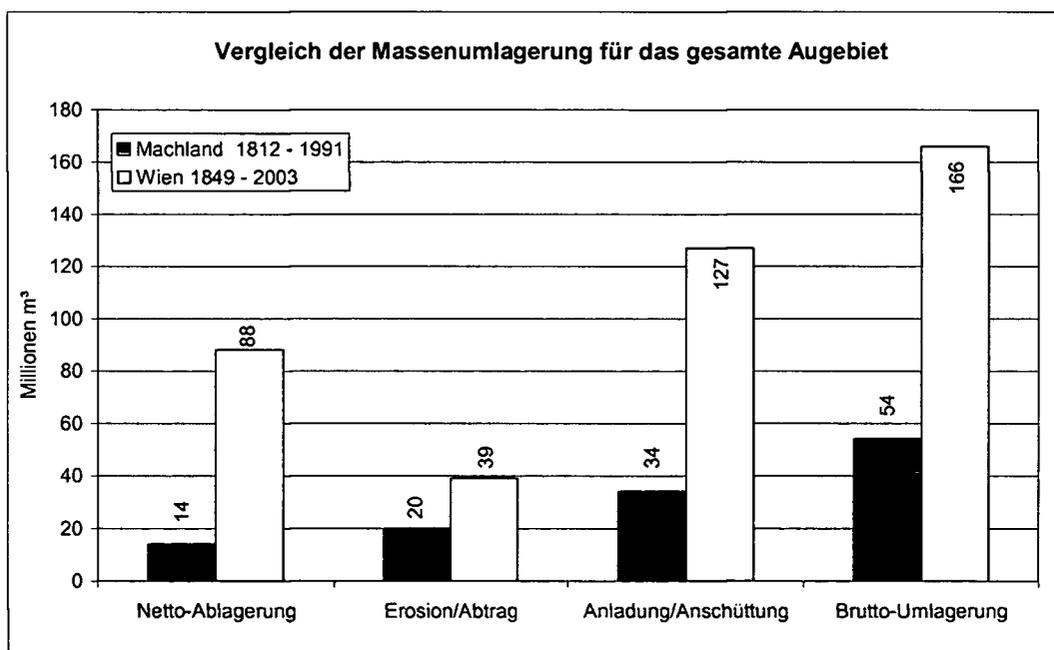


Abbildung 54 : Massenumlagerung in Millionen m³ für das gesamte Augebiet

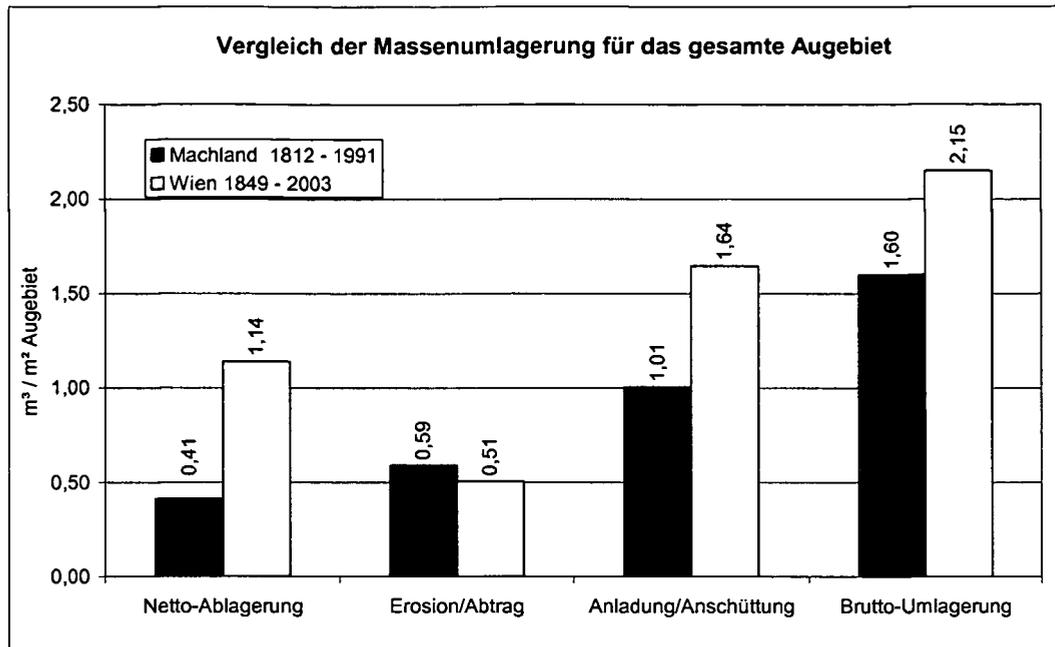


Abbildung 55 : Massenumlagerung in „m³ / m² Augebiet = mittlere, auf das gesamte Augebiet bezogene Höhe der Massenumlagerung (m)“ der gesamten Augebiete für das Machland 1812 – 1991 und Wien 1849 – 2003

Die Netto-Ablagerung ergibt sich aus der Differenz zwischen den Volumina, welche im betrachteten Zeitraum angelandet/aufgeschüttet bzw. erodiert/abgetragen wurden. Der Bruttowert entspricht der Gesamtsumme dieser beiden Volumina und ist somit ein Maß für die insgesamt festgestellten Massenumlagerungen.

Abbildung 54 zeigt die Absolutwerte in Millionen m³. Der Bruttowert für Wien ist mit 166 Millionen m³ 3-mal so groß wie jener des Machlandes. Der größte Anteil dieses Unterschiedes stammt aus der Anladung/Anschüttung. Die Werte für die Erosion/Abtrag sind im Vergleich zu den anderen Werten sehr ähnlich.

Beide untersuchten Gebiete zeigen, dass wesentlich mehr Material abgelagert wurde als wieder abgetragen/erodiert wurde. Die daraus resultierende Netto-Ablagerung ist in Wien mit 88 Millionen m³ über 6-mal so groß wie jene des Machlandes (14 Millionen m³).

Die auf die Fläche des gesamten Augebietes bezogenen Werte („m³ / m² Augebiet“) entsprechen dem aufgeschütteten bzw. erodierten Volumen

pro m² und können auch als mittlere, auf das gesamte Augebiet bezogene Höhenänderung der Geländeoberkante interpretiert werden.

Die Werte für die Netto-Ablagerung bzw. Anlandung/Anschüttungen zeigen sehr deutlich die unterschiedlichen Entwicklungen, die seit dem 19. Jahrhundert in den beiden Gebieten stattgefunden haben. Im untersuchten Wiener Raum wurde bis auf den Prater und Bereiche der Lobau fast die gesamte Landschaft erheblich verändert. Dies spiegelt sich in der mittleren Höhenänderung des gesamten Augebiets mit beachtlichen +1,14 m wider. In der Kartenbeilage "Massenumlagerung" im Anhang ist ersichtlich, dass demnach die Bereiche um das ehemalige Kaiserwasser im heutigen 20. Gemeindebezirk Brigittenau sowie die zentralen Bereiche der früheren Flusslandschaft (aktive Zone) in den Bezirken Leopoldstadt (2.), Floridsdorf (21.) und Donaustadt (21.) die größten Geländeaufhöhungen aufweisen. Ebenfalls zeigen auch die Bereiche um Heiligenstadt (19.) sowie bei Erdberg (3.) und bei der Ostbahn in Simmering (11. Bezirk) auffallend erhöhte Geländelagen. Andererseits treten die Bereiche, welche seit 1849 einen erheblichen Geländeabtrag aufweisen klar hervor. Es sind dies der Donaustrom wie er seit 1875 besteht, das Entlastungsgerinne (Neue Donau), und auch die Sohle des Donaukanals zeigt eine starke Eintiefung. Die beigelegte Karte verdeutlicht, dass in Wien das menschliche Wirken bei der Gestaltung der Geländetopografie entscheidend war.

Die Veränderungen im Machland waren ebenso gravierend, nur dass sie hier in eine andere Richtung verlaufen sind. Die Donau und die angrenzende Flusslandschaft wurde hier ebenfalls reguliert, begradigt und umgeformt und im Zuge der Errichtung der Kraftwerke Ybbs-Persenbeug (1957) und Wallsee-Mitterkirchen (1968) nochmals erheblich verändert (HOHENSINNER et al. 2004). In der unmittelbaren Umgebung befand sich allerdings keine größere Siedlung oder Stadt, so dass in diesem Donauabschnitt großflächige Baumaßnahmen mit den damit verbundenen künstlichen Anschüttungen nicht stattfanden. Die auf das gesamte

Augebiet bezogene Ablagerungshöhe beträgt im Machland daher mit +0,41 m nur rund ein Drittel von jener in Wien und resultiert zum größten Teil aus regulierungsbedingten Verlandungen, sowie aus der Ablagerung von Feinsedimenten während der Hochwässer (beim Hochwasser im Jahr 2002 in einigen Bereichen mehr als 1 m).

8.2 Aktuelle Defizite

Auf den ersten Blick erscheinen die aktuellen Werte der Wasserflächen und der Uferlinien-Längen im Vergleich zum historischen Zustand in Wien relativ hoch, da sie sich zumindest bei MW in ähnlicher Größenordnung bewegen wie im weitgehend natürlichen Referenzzeitraum von 1849. Es ist allerdings zu bedenken, dass diese zu einem hohen Anteil durch künstliche Gewässer wie das Entlastungsgerinne, welches durch mehrere Wehre fragmentiert ist, und diverse Hafenanlagen bedingt sind. Derartige Gewässer vermögen kaum die typischen Habitate und ökologischen Funktionen des ursprünglichen Gewässerlebensraumes zu bieten.

Aufgrund des Kraftwerkes Freudenua und der damit verbundenen konstanten Einhaltung des Stauziels fehlt die charakteristische Ausdehnung und Verkleinerung der Wasserflächen („Flow pulse“) im Jahresverlauf. Durch die morphologische und hydrologische Abtrennung des Hauptstromes von den ehemaligen Augewässern fehlt ein ausgeprägter „Flow pulse“ in den heutigen Nebengewässern. Zudem ermöglicht die Profilgeometrie des Donauhauptstromes und des Donaukanals bei steigenden Wasserständen kaum mehr eine Expansion der Wasserfläche und damit eine verstärkte hydrologische Konnektivität (Gewässervernetzung) zwischen den Habitaten der Donau und jenen des angrenzenden Umlandes (was freilich in einem städtischen Gebiet aufgrund der geringen Raumverfügbarkeit nur schwer möglich ist).

Der Vergleich mit dem historischen aktiven Gerinnesystem zeigt, dass aktuell sehr große Defizite hinsichtlich offener Sedimentflächen vorherrschen. Neben der quantitativen Reduktion erlebten die Gewässer auch massive qualitative Veränderungen. So gibt es mit dem Hauptstrom

und dem Donaukanal zwar noch zwei durchströmte Gewässer, deren hydrologische Dynamik wird aber durch das Kraftwerk Freudenau bzw. das Nußdorfer Wehr stark reglementiert.

Es liegt klar auf der Hand, dass Fließgewässer in einem Stadtgebiet mit einem vielfältigen Nutzungsdruck wie in Wien morphologisch und hydrologisch erheblich verändert werden und daher kaum mehr mit einem natürlichen Gewässersystem verglichen werden können. Die Ergebnisse anderer Studien (z.B. EBERSTALLER-FLEISCHANDERL & HOHENSINNER 2004) zeigen aber auch, dass selbst außerhalb des Siedlungsgebietes wie im Auegebiet der Lobau (Wiener Teil des Nationalparks Donau-Auen) keine intakten lateralen Verbindungen zwischen der Donau und den Augewässern mehr vorhanden sind. Die Resultate der vorliegenden Arbeit deuten darauf hin, dass in der Lobau durch die vielfältigen wasserbaulichen Eingriffe auch die hydrologische Konnektivität über das Grundwasser reduziert wurde. Dies drückt sich in den heute signifikant höheren Flurabständen gemessen bei Mittelwasser im Vergleich zum historischen Referenzzustand aus. Auf Basis der Daten bezüglich des historischen Flurabstandes, die sich auch gut mit jenen vom Machland 1812 decken, ist daher anzunehmen, dass sich die Standortbedingungen für die Auenvegetation in der Lobau seit Beginn der Regulierung deutlich in Richtung trockenerer Verhältnisse entwickelt haben.

9 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird ein 18 km langer Donauabschnitt (Strom-km 1937 – 1919) im Stadtgebiet von Wien anhand einer Rekonstruktion des historischen Auegebietes im Jahr 1849 untersucht. Zu diesem Zweck wurde ein digitales Geländemodell der ehemaligen Flusslandschaft, welches eine Fläche von 99,5 km² umfasst, auf Grundlage mehrerer Vermessungen und historischen Quellen erstellt.

Ziel ist die Ermittlung charakteristischer hydromorphologischer Parameter der weitgehend natürlichen Donaulandschaft bei unterschiedlichen Wasserständen. In weiterer Folge werden die Ergebnisse mit Vergleichswerten aus dem öö./nö. Machland 1812 und, sofern es möglich ist, mit aktuellen Daten verglichen.

Der wasserbedeckte Flächenanteil der flussmorphologisch aktiven Zone (AZ = jüngerer Bereich des Auegebietes) und die räumliche sowie zeitliche Expansion/Kontraktion der Wasserfläche bei unterschiedlichen Wasserständen („Flow pulse“) kann als Maß für die Beurteilung der hydrologischen Konnektivität (intensiver Austausch von Wasser, organischen/anorganischen Stoffen und Organismen zwischen dem Hauptstrom und der umgebenden Auenlandschaft) herangezogen werden. Diese Konnektivität spielt für die ökologische Funktionsfähigkeit eine entscheidende Rolle (AMOROS & ROUX 1988; WARD & STANFORD 1995). Bei Mittelwasser (MW) waren im Wiener Untersuchungsgebiet 22 % der aktiven Zone mit Wasser bedeckt. Im Machland 1812 waren im Vergleich zu Wien 1849 mit 41 % bedeutend größere Flächenanteile der AZ mit Wasser bedeckt. Dieser grundlegende Unterschied, der sich auch in den anderen Ergebnissen (wie z.B. Längen der Uferlinien) widerspiegelt, lässt sich auf die unterschiedlichen geologischen Rahmenbedingungen zurückführen. Durch die geologisch bedingte seitliche Einengung des Auegebietes im Machland beträgt die mittlere Breite der AZ im Machland 2,1 km. Die mittlere Breite in Wien ist mit 4,6

km über doppelt so breit. Weiters spielt im Machland eine flussab gelegene enge Durchbruchsstrecke (Strudengau) eine entscheidende Rolle, da diese intensive Rückstauhochwässer hervorrief (auch heute noch, jedoch in abgeschwächter Form). Diese naturräumlichen Unterschiede führten bei vergleichbarem hydrologischen Regime und Abflüssen zu höheren Umlagerungsraten und Wasserflächen pro Flächeneinheit. Absolut gemessen als „Wasserfläche in ha/km Talachse“ zeigen aber die Ergebnisse, dass die Wasserflächen in Wien aufgrund der größeren Breitenverhältnisse und Flächenausdehnung des Auegebietes größer waren als im Machland.

Im Unterschied zum untersuchten Gebiet in Wien, wo bei MW nur 9 % der AZ von den Wasserflächen des Hauptstromes eingenommen wurde, wies der Hauptstrom im Machland mit 33 % der AZ über 3-mal so hohe Flächenanteile wie im historischen Wien auf. Die Hydromorphologie des Machlandes 1812 war durch 2 Hauptstromarme geprägt, wodurch diese hohen Werte erklärt werden können. Die Nebengewässer in Wien 1849 nahmen 12 % der AZ ein und waren somit ausgeprägter als der Hauptstrom.

Die Ergebnisse der Auswertung von Wien 2003 zeigen, dass es zu einer Abnahme der Wasserflächen gekommen ist. Diese Abnahme ist allerdings aufgrund des später errichteten Entlastungsgerinnes und der Häfen, die ebenfalls zur Bilanz beitragen, nicht so hoch wie zu erwarten war.

Der für Austauschprozesse und die Verfügbarkeit aquatischer Habitate sehr wichtige „Flow pulse“ (unter bordvollem Wasserstand) bzw. „Flood pulse“ (Wasserflächen-Expansion bei Hochwasser über bordvollem Wasserstand) ist für die verglichenen historischen Gebiete sehr ähnlich bzw. für die Expansion zw. sommerlichem Mittelwasser (SMW) – und einjährlichem Hochwasser (HW_1) mit 13 % der AZ gleich.

Die Werte für die Sedimentflächen verdeutlichen ebenfalls die Bedeutsamkeit der Nebengewässer in Wien 1849. Mit 7 % der AZ lagen die Werte hier über doppelt so hoch über jenen im Machland (3 %). Die aktuelle Ausdehnung der aus ökologischer Sicht interessanten

Sedimentflächen konnte für Wien nicht beurteilt werden, da entsprechende Daten fehlen. Allerdings ist aufgrund der fundamental veränderten Hydromorphologie (Einstau Donau-KW Freudenu, fehlende hydrologische Konnektivität/Seitenarme) davon auszugehen, dass diese weit unter den historischen Referenzwerten anzusiedeln ist.

Die Auswertung der historischen Flurabstände zeigt, dass die aktive Zone im Machland etwas feuchtere Standortverhältnisse aufwies als in Wien. Das nach Flächenanteilen gewichtete Mittel liegt im Machland mit 1,6 m um 0,3 m unter dem Wert im historischen Wien (1,9 m). Der Vergleich mit den aktuellen Daten aus der Wiener Lobau zeigt, dass es eine klare Verschiebung hin zu größeren Flurabständen gegeben hat. Das nach Flächenanteilen gewichtete Mittel beträgt aktuell 3,0 m und ist somit mehr als 36 % über dem historischen Wert. Die Gründe für diesen beträchtlichen Unterschied liegen in der fortschreitenden Eintiefung der Sohle des Donauhauptstromes seit der Regulierung, der Abtrennung der Seitenarme (fehlende hydrologische Konnektivität) einhergehend mit Kolmationsprozessen an den Gerinnesohlen und der Auflandung von Feinsedimenten im Augebiet bei Hochwässern.

Obwohl im Machland größere Anteile der vegetationsbedeckten Flächen der AZ bzw. des gesamten Augebietes bei HW_1 überflutet waren, sind die nach Flächenanteilen gewichteten Mittel bezogen auf die aktive Zone ident, und die Werte für das gesamte Augebiet sehr ähnlich. Der Wert für die AZ lag in Wien 1849 und im historischen Machland 1812 bei 0,6 m. Der Wert für das gesamte Augebiet in Wien 1849 beträgt ebenfalls 0,6 m und liegt um 0,1 m über dem Wert des Machlandes (0,5 m). Im Unterschied dazu liegt das nach Flächenanteilen gewichtete Mittel für die Lobau als aktueller Vergleichwert mit 0,9 m um 0,3 m über dem historischen Referenzwert. Die Form der Überflutung ist aktuell jedoch vollkommen anders. 1849 waren die Hochwässer hauptsächlich von Überströmungsvorgängen geprägt. In der Lobau erfolgt die Überflutung jedoch aufgrund der Hochwasserschutzdämme nur mehr durch Rückstau der Donauhochwasser durch den stromabwärts gelegenen Schönauer Schlitz.

Die Absolutwerte für die seit 1849 erfolgten Massenumlagerungen im Augebiet zeigen, dass bedeutend größere Massen im Wiener Raum umgelagert wurden. Die Netto-Ablagerung (Differenz aus Anlandungs-/Anschüttungs- und Erosions-/Abtragsvolumen) beträgt im Wiener Raum vermutlich ca. 88 Millionen m³. Im Vergleich dazu wurden im Machland nur 14 Millionen m³ abgelagert.

Auf die Fläche des Augebietes bezogen zeigen diese Werte sehr deutlich die unterschiedliche Entwicklung der Landnutzung, die seit dem 19. Jahrhundert in den betrachteten Gebieten Machland und Wien stattgefunden haben. Die mittlere, auf das gesamte Augebiet bezogene Ablagerungshöhe beträgt für Wien ca. +1,1 m. Dieser Wert verdeutlicht, dass fast das gesamte historische Augebiet im betrachteten Zeitabschnitt von 154 Jahren städtebaulich entwickelt wurde, und es dadurch zu beträchtlichen Anschüttungen gekommen ist. Der gleiche Wert beträgt im Machland nur rund +0,4 m, da hier die anthropogenen Eingriffe im Bezug auf die Höhe der Geländeoberfläche nicht so drastisch waren.

10 Verzeichnisse

10.1 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1	CHARAKTERISTISCHE KENNGRÖßEN DER DONAU BEI WIEN (QUELLEN: VIA DONAU (WSD), DIGITALER HYDROLOGISCHER ATLAS ÖSTERREICHS, HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBÜRO, SCHIMPF & HARREITER 2001, SCHMAUTZ ET AL. 2000, NACHTNEBEL ET AL 1998, PENK 1890, UNVERÖFFENTLICHTE ZUSAMMENSTELLUNG HOHENSINNER).....	6
TABELLE 2	KENNGRÖßEN DER TEILUNTERSUCHUNGSGEBIETE, * TALACHSE = LUFTLINIE.....	10
TABELLE 3	VERWENDETE KARTENWERKE (¹ EBERSTALLER-FLEISCHANDERL & HOHENSINNER 2004, ² GENERALQUARTIERMEISTERSTAB).....	18
TABELLE 4	QUALITÄT DER VERWENDETEN KARTEN IN BEZUG AUF DEN INFORMATIONSGEHALT FÜR DIE ERSTELLUNG DES DGMS BZW. IN BEZUG AUF DIE DOKUMENTATION VON WASSERBAUTEN.....	19
TABELLE 5	PNP AERARIALBRÜCKE/GROßE TABORBRÜCKE 1826 – 1875 UND FRANZ-JOSEPHS-BRÜCKE/FLORIDSDORFER BRÜCKE AB 1875.....	27
TABELLE 6	CHARAKTERISTISCHE WASSERSTÄNDE WIEN GROßE TABORBRÜCKE.....	31
TABELLE 7	WASSERSPIEGELAMPLITUDEN BEIM PEGEL GROßE TABORBRÜCKE.....	32
TABELLE 8	TOTAL RMS – ERROR FÜR DEN LAGE- UND SCHICHTENPLAN DES DONAUGELÄNDES BEI WIEN.....	39
TABELLE 9	TOTAL RMS – ERROR FÜR DIE HYDROTECHNISCHE VERMESSUNG DER DONAU BEI WIEN.....	39
TABELLE 10	WASSERSPIEGELDIFFERENZEN DH ZWISCHEN DEM AUF BASIS VON KILLIAN REKONSTRUIERTEN NULLWASSERSTAND UND MJNW, MW BZW. SMW.....	53
TABELLE 11	HÖHENKOTEN DES HW ₁₈₃₀ AUS DEM VERZEICHNIS DER HOCHWASSERSTÄNDE (KAZDA 1849, STREFFLEUR & DROBNY 1849).....	55
TABELLE 12	ÜBERFLUTUNGSHÖHEN AUS SARTORI, F. (1830).....	55
TABELLE 13	ERGEBNISSE – WASSERFLÄCHEN BEI CHARAKTERISTISCHEN WASSERSTÄNDEN (HS = HAUPTSTROM, NEBENGW. AZ = NEBENGEWÄSSER IN DER AKTIVEN ZONE, AZ = AKTIVE ZONE, NEBENGW. AG = NEBENGEWÄSSER IM GESAMTEN AUGEBIET, GES. AG = GESAMTES AUGEBIET).....	64

TABELLE 14	ERGEBNISSE – SEDIMENTFLÄCHEN	66
TABELLE 15	AKTIVE GERINNE (ACTIVE CHANNELS) – WIEN 1849	67
TABELLE 16	ERGEBNISSE – UFERLINIEN.....	69
TABELLE 17	FLURABSTÄNDE BEI MITTELWASSER (MW), LANDFLÄCHEN: DIE BEI MW TROCKEN FALLENDEN BEREICHE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES.....	72
TABELLE 18	FLURABSTÄNDE BEI MJNW (ALLE TROCKEN FALLENDEN BEREICHE)	75
TABELLE 19	FLURABSTÄNDE BEI MJNW (NUR VEGETATIONSFLÄCHEN).....	78
TABELLE 20	(A) - ÜBERFLUTUNGSHÖHEN BEI HW_1 . DIE WERTE IN DER SPALTE „% DES BEREICHES“ BZW. „% AUFSUMMIERT“ BEZIEHEN SICH NUR AUF BEWACHSENE UND ÜBERFLUTETE FLÄCHEN DER AZ BZW. DES GESAMTEN AUGEBIETES	81
TABELLE 21	(B) - ÜBERFLUTUNGSHÖHEN BEI HW_1 . DIE WERTE IN DER SPALTE „% DES BEREICHES“ BZW. „% AUFSUMMIERT“ BEZIEHEN SICH AUF DIE GESAMTE FLÄCHE DER AKTIVEN ZONE BZW. DES GESAMTEN AUGEBIETES.	82
TABELLE 22	(A) - ÜBERFLUTUNGSHÖHEN BEIM EISSTAU-HOCHWASSER VON 1830. DIE WERTE IN DER SPALTE „% DES BEREICHES“ BZW. „% AUFSUMMIERT“ BEZIEHEN SICH AUF BEWACHSENE UND ÜBERFLUTETE FLÄCHEN DER AZ BZW. DES GESAMTEN AG	84
TABELLE 23	(B) - ÜBERFLUTUNGSHÖHEN BEIM HW_{1830} . DIE WERTE IN DER SPALTE „% DES BEREICHES“ BZW. „% AUFSUMMIERT“ BEZIEHEN SICH AUF DIE FLÄCHEN DER AKTIVEN ZONE BZW. DES GESAMTEN AUGEBIETES.....	84
TABELLE 24	MASSENBILANZ MIT FEHLERABSCHÄTZUNG ZWISCHEN 2003 UND 1849 FÜR DAS GESAMTE AUGEBIET	87
TABELLE 25	BERECHUNG DES MITTLEREN WASSERSPIEGELGEFÄLLES BEI MW	92
TABELLE 26	LÄNGE DER WASSERBAUTEN IN KM	94
TABELLE 27	ÜBERSICHT DER UNTERSUCHUNGSGEBIETE WIEN 1849 UND MACHLAND 1812.....	98
TABELLE 28	ÜBERSICHT CHARAKTERISTISCHER KENNWERTE DER FLURABSTÄNDE DER AKTIVEN ZONE BEI MW.....	115

10.2 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1 : BEARBEITUNGSGEBIET/DGM MIT DEN UNTERSUCHTEN GEBIETEN: GESAMTES AUGEBIET, AKTIVE ZONE (AZ) UND HAUPTSTROM (HINTERGRUND: ÖK50, BEV)	9
ABBILDUNG 2 : VERLAUF DER FLUSSSCHLINGE DES ERDBERGER MAISES MIT HEUTIGEM NATURDENKMAL DONAUPRALLHANG; DER DONAUKANAL-DURCHSTICH IST IM DGM VON 1849 GUT ZU ERKENNEN. WEITERS IST UNTERHALB DES LUSTHAUSES DIE ALTE AUSMÜNDUNG DES DONAUKANALS ZU ERKENNEN.....	13
ABBILDUNG 3 : ÜBERFLUTUNGSHÖHEN DES EISSTOßHOCHWASSERS VON 1830 BASIEREND AUF DEM REKONSTRUIERTEN DIGITALEN GELÄNDEMOMELL DER SITUATION IM JAHR 1849.....	15
ABBILDUNG 4 : HYDROTECHNISCHER VERMESSUNG DER DONAU BEI WIEN (KAZDA 1849): AUSSCHNITT DES DONAUKANALS MIT DER FERDINANDSBRÜCKE, HEUTIGE SCHWEDENBRÜCKE. EBENFALLS ZU SEHEN SIND DIE UNTERSTRICHENEN HÖHENKOTEN DES AUFNAHMEWASSERSPIEGELS UND DIE BLAU STRICHLIERTE WASSERANSCHLAGLINIEN DES HOCHWASSERS VON 1830.....	22
ABBILDUNG 5 : PLASTISCHE DARSTELLUNG DER DONAU BEI WIEN NACH DER HYDROTECHNISCHEN VERMESSUNG VOM JAHR 1849 – AUSSCHNITT: AUGARTEN, HEUTIGER 20. UND 9. BEZIRK (STREFFLEUR & DROBNY 1849)	22
ABBILDUNG 6 : LAGE- U. SCHICHTENPLAN DES DONAUGELÄNDES BEI WIEN 1849 REKONSTRUIERT VON K. KILLIAN, QUELLE: MA 29 – BRÜCKENBAU UND GRUNDBAU (VGL. MOHILLA & MICHELMAYR 1996).....	23
ABBILDUNG 7 : VERGRÖßERUNG DES LAGE- UND SCHICHTENPLANES DES DONAUGELÄNDES BEI WIEN 1849: DONAU-HAUPTSTROM AUF HÖHE ALBERN (REKONSTRUIERT VON K. KILLIAN)	24
ABBILDUNG 8 : GEGENÜBERSTELLUNG DER WASSERSPIEGELLAGEN DES SCHICHTENPLANS VON KILLIAN UND DER HYDROTECHNISCHEN VERMESSUNG 1849	29
ABBILDUNG 9 : JAHRESGANGLINIE MIT MONATSMITTELWERTEN NACH WEX 1873 AM PEGEL WIEN-TABORBRÜCKE (ANGENOMMENER PNP = 158,24 MÜA)	31
ABBILDUNG 10 : GLEICHZEITIGE WASSERSTÄNDE BEI CA. HW ₁ NACH STREFFLEUR 1847 UND 1851. DIE ANGEGEBENEN WERTE (M) DES WASSERSPIEGELS BEI HW ₁ BEZIEHEN SICH AUF DEN NULLWASSERSPIEGEL UND GELTEN JEWEILS FÜR DIE FARBLICH UNTERSCHIEDLICH MARKIERTEN BEREICHE.	36

ABBILDUNG 11 : MOSAIK DER GEOREFENZIERTEN FOTOS DES PLASTISCHEN MODELLS AUS DEM TECHNISCHEN MUSEUM WIEN MIT DEM ROT UMRANDETEN BEARBEITUNGSGBIET.....	40
ABBILDUNG 12 : MOSAIK DER DIGITALFOTOS DER PLASTISCHEN DARSTELLUNG AUS DEM TECHNISCHEN MUSEUM ÜBERLAGERT MIT DEM ERSTELTEM DGM.....	41
ABBILDUNG 13 : ABLAUF DER ERSTELLUNG DES TINS BIS ZUR KONVERTIERUNG IN EIN RASTER (AUS ARCGIS MODELBUILER)	44
ABBILDUNG 14 : TIN MIT DEN ROTEN FORMLINIEN (TIEFEN- BZW. RÜCKENLINIEN) UND DEN HELLEN ISOHYPSEN. IM VORDERGRUND IST EINE EBENE FLÄCHE ZU ERKENNEN, DIE AUFGRUND DES FEHLENS EINER RÜCKENLINIE ENTSTANDEN IST.....	44
ABBILDUNG 15 : STÜTZLINIEN BEI DER MODELLIERUNG DER SOHLE ALS DREIECKS- BZW. ABGERUNDETES TRAPEZPROFIL: TIEFENLINIEN (ROT), VERSCHOBENE UND ANGEHOBENE TIEFENLINIEN (GELB) UND WASSERANSCHLAGSLINIEN (BLAU)	47
ABBILDUNG 16 : 10-FACH ÜBERHÖHTER TRAPEZQUERSCHNITT DES HAUPTSTROMES BEI KUCHELAU MIT DEN TIEFENLINIEN.....	47
ABBILDUNG 17 : TIN DES AUFNAHMEWASSERSTANDES: IM RECHTEN ARM SIND DIE WASSERSPIEGELHÖHEN DES SCHICHTENPLANES (STRICHLIERTE LINIEN BEI 156,60 BZW. 156,20) UND DIE DAZWISCHEN INTERPOLIERTEN HÖHEN ZU ERKENNEN, EBENSO DIE DARAUF AUFBAUENDE DREIECKSVERMASCHUNG. INTERESSANT SIND DIE WASSERSPIEGELDIFFERENZEN VON 40 CM ZWISCHEN DEM LINKEN HAUPTSTROM UND DEM RECHTEN SEITENARM.	51
ABBILDUNG 18 : EINSEITIG ANGEBUNDENER ALTARM (LINKS EINMÜNDUNG DONAUKANAL): ERMITTLUNG DER HÖHENKOTEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER UMGEBENDEN GEWÄSSER, DEREN HÖHENLAGE UND DEM VORHANDENSEIN VON DURCHLÄSSIGEN SCHOTTERFLÄCHEN..	52
ABBILDUNG 19 : ALS GRUNDLAGE FÜR DAS DIGITALISIEREN DER SCHOTTER- UND VEGETATIONSFLÄCHEN DIENTEN DIE GEOREFERENZIERTEN DIGITALFOTOS DER PLASTISCHEN DARSTELLUNG.....	57
ABBILDUNG 20 : PROZESS DER ERMITTLUNG DER UFERLINIEN IN DER AKTIVEN ZONE (ENDUNG _AZ IN DEN DATEINAMEN), DARGESTELLT FÜR MW.....	58
ABBILDUNG 21 : ZUNAHME DER WASSERFLÄCHEN IN DER AKTIVEN ZONE BEI VERSCHIEDENEN CHARAKTERISTISCHEN WASSERSTÄNDEN (HS = HAUPTSTROM, AZ = AKTIVE ZONE).....	65
ABBILDUNG 22 : AUFTEILUNG DER AKTIVEN GERINNE FÜR DIE AKTIVE ZONE BEIM AUFNAHMEWASSERSTAND 1849 UND GEGENÜBERSTELLUNG DER	

JEWELIGEN SEDIMENTFLÄCHEN, WASSERFLÄCHEN UND DER AKTIVEN GERINNE.....	68
ABBILDUNG 23 : UFERENTWICKLUNG IN „KM UFER / KM TALACHSE“ BEI VERSCHIEDENEN CHARAKTERISTISCHEN WASSERSTÄNDEN	70
ABBILDUNG 24 : HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER FLURABSTÄNDE BEI MW IN % DER NICHT ÜBERFLUTETEN LANDFLÄCHE.....	73
ABBILDUNG 25 : SUMMENLINIEN DER FLURABSTÄNDE BEI MW	73
ABBILDUNG 26 : FLURABSTÄNDE BEIM MJNW FÜR ALLE TROCKEN FALLENDEN BEREICHE.....	76
ABBILDUNG 27 : SUMMENLINIEN DER FLURABSTÄNDE BEI MJNW FÜR ALLE TROCKEN FALLENDEN BEREICHE.....	76
ABBILDUNG 28 : FLURABSTÄNDE BEI MJNW NUR FÜR FLÄCHEN MIT VEGETATION	79
ABBILDUNG 29 : SUMMENLINIEN DER FLURABSTÄNDE BEI MJNW (NUR VEGETATIONSFLÄCHEN).....	79
: VERGLEICH DER FLURABSTÄNDE BEI MW BZW. MJNW FÜR DAS GESAMTE AUGEBIET.....	80
ABBILDUNG 30.....	80
ABBILDUNG 31 : (A) - ÜBERFLUTUNGSHÖHEN UND -FLÄCHEN BEI HW ₁ (IN PROZENT DER BEWACHSENEN UND ÜBERFLUTETEN FLÄCHEN).....	82
ABBILDUNG 32 : (B) - ÜBERFLUTUNGSHÖHEN UND -FLÄCHEN BEI HW ₁ (IN PROZENT DER GESAMTEN AKTIVEN ZONE BZW. DES GESAMTEN AUGEBIETES).....	83
ABBILDUNG 33 : (A) - ÜBERFLUTUNGSHÖHEN UND -FLÄCHEN BEIM HOCHWASSER VOM 1. MÄRZ 1830 HW ₁₈₃₀ (IN PROZENT DER BEWACHSENEN UND ÜBERFLUTETEN FLÄCHEN)	85
ABBILDUNG 34 : (B) - ÜBERFLUTUNGSHÖHEN UND -FLÄCHEN BEI HW ₁₈₃₀ (IN PROZENT DER BEREICHE AKTIVE ZONE BZW. GESAMTES AUGEBIET).....	85
ABBILDUNG 35 : MASSENBILANZ MIT FEHLERABSCHÄTZUNG ZWISCHEN 2003 UND 1849 IN ABHÄNGIGKEIT DES ANHEBENS BZW. ABSENKENS DES DGMS 1849 IN RELATION ZUR GELÄNDEOBERKANTE 2003 FÜR DAS GESAMTE AUGEBIET.....	88
ABBILDUNG 36 : MASSENUMLAGERUNG IM GESAMTEN AUGEBIET ZWISCHEN 1849 UND 2003 FÜR DIE NULL-VARIANTE. RÖTLICHE FLÄCHEN: GELÄNDE LIEGT 2003 NIEDERER ALS 1849, GRÜNliche FLÄCHEN: GELÄNDE LIEGT 2003 HÖHER ALS 1849.	91
ABBILDUNG 37 : VERGLEICH DER WASSERSPIEGELLAGEN VON STROM-KM 1919-1937 FÜR DAS JAHR 1849, BIS ZUM EINSTAU KW FREUDENAU (1997), SOWIE NACH DEM EINSTAU	92

ABBILDUNG 38 : ERMITTLUNG DES SOHLGEFÄLLES MITTELS EINER AUSGLEICHSGERADEN (REGRESSIONSGERADE).....	93
ABBILDUNG 39 : WASSERFLÄCHEN IN „PROZENT DER AZ BZW. DES GESAMTEN AUGEBIETES“ BEIM JÄHRLICHEN MITTELWASSER (MW) FÜR DEN HAUPTSTROM (IN % DER AZ), NEBENGEWÄSSER IN DER AKTIVEN ZONE (NEBENGEW. AZ), ALLE GEWÄSSER DER AKTIVEN ZONE, NEBENGEWÄSSER DES GESAMTEN AUGEBIETES (NEBENGEW. AG) UND ALLE GEWÄSSER DES GESAMTEN AUGEBIET.	100
ABBILDUNG 40 : VERGLEICH DER WASSERFLÄCHEN MIT LINEAREM FLÄCHENBEZUG „HA/KM TALACHSE“	102
ABBILDUNG 41 : VERGLEICH DER EXPANSION DER WASSERFLÄCHEN IN „PROZENT DER AKTIVEN ZONE“ BEI UNTERSCHIEDLICHEN WASSERSTÄNDEN	104
ABBILDUNG 42 : VERGLEICH DER EXPANSION DER WASSERFLÄCHE ZWISCHEN CHARAKTERISTISCHEN WASSERSTÄNDEN IN „HA/KM TALACHSE“, EBENFALLS FÜR DIE AKTIVE ZONE.....	105
ABBILDUNG 43 : VERGLEICH DER SEDIMENTFLÄCHEN IN „PROZENT DER AKTIVEN ZONE“ BEIM AUFNAHMEWASSERSTAND (HS = HAUPTSTROM, AZ = AKTIVE ZONE).....	106
ABBILDUNG 44 : VERGLEICH DER SEDIMENTFLÄCHEN MIT LINEAREM FLÄCHENBEZUG „HA/KM TALACHSE“ BEIM AUFNAHMEWASSERSTAND (HS = HAUPTSTROM, AZ = AKTIVE ZONE).....	107
ABBILDUNG 45 : VERGLEICH DER AKTIVEN GERINNE IN PROZENT DER AKTIVEN ZONE (AZ) BZW. DES GESAMTEN AUGEBIETES (HS IN % DER AZ; HS = HAUPTSTROM).....	109
ABBILDUNG 46 : VERGLEICH DER AKTIVEN GERINNE IN „HA/KM TALACHSE“: HS = HAUPTSTROM, AZ = AKTIVE ZONE; AG = AUGEBIET	110
ABBILDUNG 47 : UFERENTWICKLUNG BEI MW IN „KM/KM TALACHSE“; HS = HAUPTSTROM, AZ = AKTIVE ZONE, AG = AUGEBIET).....	111
ABBILDUNG 48 : VERGLEICH DER UFERLINIEN BEI MW IN „KM/KM ² AUEN“. DIE AUEN ENTSPRECHEN DER JEWEILIGEN BEZUGSFLÄCHE (AKTIVE ZONE BZW. GESAMTES AUGBIET) ABZÜGLICH DES AKTIVEN HAUPTSTROMGERINNES; AZ = AKTIVE ZONE, AG = GESAMTES AUGEBIET	112
ABBILDUNG 49 : VERGLEICH DER FLURABSTANDSKLASSEN DER AKTIVEN ZONE BEI MW.....	114
ABBILDUNG 50 : SUMMENLINIEN DER FLURABSTÄNDE BEI MW IN DER AKTIVEN ZONE.....	114

ABBILDUNG 51 : ÜBERFLUTUNGSHÖHEN DER ÜBERFLUTETEN VEGETATIONSFLÄCHEN BEI HW ₁ IN DER AKTIVEN ZONE	117
ABBILDUNG 52 : ÜBERFLUTUNGSHÖHEN DER ÜBERFLUTETEN VEGETATIONSFLÄCHEN BEI HW ₁ IM GESAMTEN AUGEBIET	117
ABBILDUNG 53 : ÜBERFLUTUNGSHÖHEN: VERGLEICH LOBAU 2007 – WIEN 1849 FÜR DIE AKTIVE ZONE.....	119
ABBILDUNG 54 : MASSENUMLAGERUNG IN MILLIONEN M ³ FÜR DAS GESAMTE AUGEBIET.....	120
ABBILDUNG 55 : MASSENUMLAGERUNG IN „M ³ / M ² AUGEBIET = MITTLERE, AUF DAS GESAMTE AUGEBIET BEZOGENE HÖHE DER MASSENUMLAGERUNG (M)“ DER GESAMTEN AUGEBIETE FÜR DAS MACHLAND 1812 – 1991 UND WIEN 1849 – 2003	121

10.3 Literaturverzeichnis

AMOROS, C., GIBERT, J. & GREENWOOD, M.T. (1996): Interactions between units of the fluvial hydrosystem. In: Petts, G.E. & Amoros, C. (Hrsg.). Fluvial Hydrosystems. Chapman & Hall, London, S. 184-210.

AMOROS C & ROUX AL. (1988): Interactions between water bodies within the floodplains of large rivers: function and development of connectivity. In Connectivity in Landscape Ecology, Schreiber K-F (Hrsg.). Münstersche Geographische Arbeiten 29: Münster, Germany; S. 125-130.

BMLFUW (ed.) (2003): Hydrologischer Atlas Österreichs. 1. Lieferung, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

BUCHMANN, B. M., STERK, M. & SCHICKL, R.(1984): Der Donaukanal, Geschichte-Planung-Ausführung. Beiträge zur Stadtforschung, Stadtentwicklung und Stadtgestaltung, Band 14, Wien.

CHURCH, M. (1992): Channel Morphology and Typology. in: Calow, P. & Petts, G.E. (Hrsg.): The Rivers Handbook. Hydrological and ecological principles. Vol. 1, Blackwell Scientific Publications, Oxford, S. 126-143.

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). Projektbericht i. A. der MA 49 – Forstamt und Landwirtschaftsbetrieb der Stadt Wien, Institut für Hydrobiologie & Gewässermanagement, BOKU Wien.

- EU (2000): Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. The European Parliament, Brüssel.
- FÜRST, J. (2004): GIS in Hydrologie und Wasserwirtschaft. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg.
- GRUBER, O. (1960): Hydrologische Untersuchung Machland vor und nach Stauerrichtung (KW Ybbs/Persenbeug). Unpublizierte Studie im Auftrag der AHP-Austrian Hydro Power AG, Wien.
- GRUPPE, S. & JAWECKI, C. 2004: Geomorphodynamik der Wiener Innenstadt, Fundort Wien, 7, S. 14-30.
- HÖCHSMANN, A. (1848): Stromregulierung. Beschreibung der Karte: "Hydrotechnischer Plan der Donaustrücke von Nieder Wallsee bis Ardagger zum Behufe der Strom Regulierung mit Bezug auf das beigelegte Programm", nicht publiziertes Manuskript in privatem Besitz, Wien.
- HOHENSINNER, S. & DRESCHER, A. (in press): Historical change of European floodplains: the Danube River in Austria. in: Klimo, E. & Hager, H. (Hrsg.) Floodplain Forests of the Temperate Zone of Europe.
- HOHENSINNER, S., EGGER, G., HAIDVOGL, G., JUNGWIRTH, M., MUHAR, S. & SCHMUTZ, S. (in press): Hydrological connectivity of a Danube river-floodplain system in the Austrian Machland: changes between 1812 and 1991. In: TRÉMOLIÈRES, M. (Hrsg.) Proceedings of the International Conference "European Floodplains 2002", Strasbourg, Frankreich.
- 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). *River Research and Applications* 20, S. 25-41.
- HOHENSINNER, S. & JUNGWIRTH, M. (in prep.): Spatio-temporal habitat dynamics of a historical river landscape: the Austrian Danube River 1812-1991. Manuscript in preparation for the journal *Freshwater Biology*, Blackwell Publishing.
- HOHENSINNER, S., JUNGWIRTH, M., HAIDVOGL, G., MUHAR, S., PREIS, S. & SCHMUTZ, S. (2005a): Historical analysis of habitat turnover and age distributions as a reference for restoration of Austrian Danube floodplains. In: Brebbia, C.A. & Antunes do Cormo, J.S. (Hrsg.) *River Basin Management III*, WIT Transactions on Ecology and the Environment 83, WIT Press, Ashurst, UK, S. 489-502.
- HOHENSINNER, S., JUNGWIRTH, M., MUHAR, S. AND HABERSACK, H. (2005b): Historical analyses: a foundation for developing and evaluating river-type specific restoration programs. *International Journal of River Basin Management*, 3, 2, S. 87-96.

- JUNGWIRTH, M., MOOG, O., MUHAR, S. & SCHMUTZ S. (2003): Angewandte Fischökologie an Fließgewässern, Wien, 547 S.
- JUNK, W., BAYLEY, P.B. & SPARKS R.E. (1989): The flood pulse concept in river-floodplain systems. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 106: S. 110-127.
- K.K. HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBUREAU (1908): Der Schutz der Reichshaupt- und Residenzstadt Wien gegen die Hochfluten des Donaustromes. Beiträge zur Hydrographie in Österreich, Heft 9, Wien, 125 S.
- KOHL, H. (1963): Rahmenplan der Donau. Geländeformenkarte 1 : 50 000. Donauniederungen Aschach – Wallsee. Unpublizierte Studie im Auftrag der Österreichische Donaukraftwerke AG (VERBUND-AHP), Wien.
- KOHL, H. (1991): Die Veränderungen der Flussläufe von Donau, Traun und Enns seit prähistorischer Zeit. Vortrag auf dem Symposium „Die Karolinger an der österreichischen Donau“ am 16. 11. 1979 in Linz. in: Österreichischer Arbeitskreis für Stadtgeschichtsforschung (Hrsg.). Forschung zur Geschichte der Städte und Märkte Österreichs, 4, Linz.
- KOHL, H., (2000): Das Eiszeitalter in Oberösterreich. Abriss einer Quartärgeologie von Oberösterreich. Schriftenreihe des oberösterreichischen Musealvereines 17, Linz.
- LORENZ-LIBURNAU (1895): Donau-Studien. Mitteilungen der k.k. geographischen Gesellschaft, Band 38, Wien.
- MADER, H., STEIDL, T. & R. WIMMER (1996): Abflussregime österreichischer Fließgewässer - Beitrag zu einer bundesweiten Fließgewässertypologie. Monographien des Umweltbundesamtes, Band 82, Wien
- MOHILLA, P. & MICHLMAYR, F. (1996): Donauatlas Wien. Geschichte der Donauregulierung mit Karten und Plänen aus vier Jahrhunderten, Wien.
- NACHTNEBEL, H.P., SEIDELMANN, R., MÜLLER H.W., SCHWAIGHOFER, B. (1998): Herkunft und Zusammensetzung der Schwebstoffe in der Donau und ihren wichtigsten Zubringern.. In: Österreichische Elektrizitätswirtschaft-Aktiengesellschaft (Hrsg.): Schriftenreihe der Forschung im Verbund, Band 45.
- NAIMAN, R.J. & DECAMPS, H. (1990): The Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones. Man and the Biosphere Series 4, UNESCO, The Parthenon Publishing Group, Carnforth.
- NAIMAN, R.J. & DECAMPS, H. (1997): The Ecology of Interfaces: Riparian Zones. Annual Review of Ecological Systems 28, S. 621-658.
- NANSON, G.C. & CROKE, J.C. (1992): A genetic classification of floodplains. Geomorphology 4, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, S. 459-486.

- NANSON, G.C. & KNIGHTON, A.D. (1996): Anabranching rivers: their cause, character and classification. *Earth Surface Processes and Landforms* 21, John Wiley & Sons, Chichester, S. 217-239.
- OSTERKAMP, W.R. & HEDMAN, E.R. (1982): Perennial-stream-flow characteristics related to channel geometry and sediment in Missouri River basin. *United States Geological Survey Professional Paper* 1242.
- PASETTI, F. R. von (1862): Notizen über die Donauregulierung im Österreichischen Kaiserstaate.
- PENCK, A. (1890): Die Donau. Wien,
- PISÚT, P. (2002): Channel evolution of the pre-channelized Danube River in Bratislava, Slovakia (1712–1886). *Earth Surface Processes and Landforms* 27, John Wiley & Sons, Chichester, S. 369–390.
- PUCKRIDGE, J.T., SHELDON, F., WALKER K.F., BOULTON A.J. (1998): Flow variability and the ecology of large rivers. *Marine Freshwater Research* 49, S. 55-72.
- RECKENDORFER, W., SCHMALFUß, R., BAUMGARTNER, C., HABERSACK, H., HOHENSINNER, S., JUNGWIRTH, M., SCHIEMER, F. (2005): The Integrated River Engineering Project for the free-flowing Danube in the Austrian Alluvial Zone National Park: contradictory goals and mutual solutions. *Archiv für Hydrobiologie, Supplementband, Large Rivers*, 15, No. 1-4, S. 613-630.
- SARTORI, F. (1830): Wien's Tage der Gefahr und die Retter aus der Noth. Eine authentische Beschreibung der unerhörten Ueberschwemmung Wien's. 249 S.
- SCHIMPF, H. & HARREITER, H. (2001): Feststoffhaushalt in den Stauhaltungen der österreichischen Donau. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* 53, Heft 11/12, Wien, S. 276-280.
- SCHMAUTZ, M., AUFLEGER, M. & STROBL, T. (2000): Wissenschaftliche Untersuchung der Geschiebe- und Eintiefungsproblematik der österreichischen Donau. Bericht im Auftrag der AHP - Austrian Hydro Power, Wien.
- SCHUCH, M. (in Arbeit): Ist-Zustand und natürliche Referenzverhältnisse: gewässermorphologische Bewertung eines ausgewählten Donau-Abschnittes im Rahmen des Prämonitoring zum flussbaulichen Naturversuch Bad Deutsch-Altenburg. Diplomarbeit am Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, BOKU Wien.
- SLEZAK, F. (1975): Frühe Regulierungsversuche im Donaustrudel bei Grein (1574-1792). – *Der Donauroum. Zeitschrift für Donauforschung* 20: Wien; S. 58-90.

- STREFFLEUR, V. (1851): Einiges über Wasserstands-(Pegel-)Beobachtungen und deren Aufzeichnung. Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe. Band 7 (1) Band, Wien, S. 745-756.
- TOCKNER K., MALARD F. & WARD J.V. (2000): An extension of the flood pulse concept. Hydrological Processes 14, S. 2861-2883.
- WARD, J.V. & STANFORD, J.A. (1995): Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. Regulated Rivers: Research and Management 11, S. 105-119.
- WEX, G. (1873): Ueber die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen. Zeitschrift des österreichischen Ingenieurs- und Architekten-Vereines, Wien, Bd. 25, S. 23-30, 63-76 u. 101-119.
- WEX, G. (1875): Die Wiener Donauregulierung. Vortrag gehalten am 1. December 1875. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien. Bd. 16, S. 91-130.
- WEX, G. (1876): Ueber die Donau-Regulierung bei Wien. Vortrag gehalten am 18. März 1876 im österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein. Zeitschrift des österreichischen Ingenieurs- und Architekten-Vereines, Wien, Bd. 28, S. 77-88.
- WEX, G. (1879): Zweite Abhandlung über die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen, bei gleichzeitiger Steigerung der Hochwässer in den Cultur-Ländern. Zeitschrift des österreichischen Ingenieurs- und Architekten-Vereines, Wien, Bd. 31, S. 93-99 u. 125-144.
- WEX, G. (1880): Ueber die Fortschritte der Ausbildung des neuen regulirten Danau-Strombettes bei Wien und über die hierbei gemachten Erfahrungen. Vortrag des Hr. k.k. Hofrathes Gustav Ritter von Wex. Zeitschrift des österreichischen Ingenieurs- und Architekten-Vereines, Wien, Bd. 32, S. 37-43.
- WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG – MA 22 (2006): Die Wiener Naturdenkmäler. Wien.

10.4 Kartenverzeichnis

10.4.1 Historische Referenzen

- „Lage und Schichtenplan des Donaugeländes bei Wien 1849“, Rekonstruktion von KILLIAN vermutlich in den 1970er Jahren auf Basis STREFFLEUR, M: 1 : 14.660, Archiv der MA 29 – Brückenbau
- „Hydrotechnische Vermessung der Donau bei Wien“, KAZDA 1849, M: 1 : 14.400, NÖ Landesarchiv, Karton 494
- „Plastische Darstellung der Donau bei Wien“, STREFFLEUR & DROBNY 1849, M: 1 : 14.400, Lager des Technischen Museums Wien
- „Gleichzeitige Wasserstände der Donau nach den Beobachtungen auf Pegeln zwischen Wallsee und Theben“, STREFFLEUR 1847, M: 1 : 28.800, Geologische Bundesanstalt
- „Mittelwasser in der Donau bei Wien“, STREFFLEUR 1847, M: 1 : 28.800, Geologische Bundesanstalt K IV 259
- „Tiefwasser in der Donau bei Wien“, STREFFLEUR 1847, M: 1 : 28.800, Geologische Bundesanstalt K IV 2593
- „Hochwasser in der Donau bei Wien“, STREFFLEUR 1847, M: 1 : 28.800, Geologische Bundesanstalt K IV 2592
- „Karte des Donau Stromes innerhalb der Grenzen des Österreichischen Kaiserstaates“, PASETTI, 1859-1867, M: 1 : 28.800, Kartensammlung Österr. Nationalbibliothek
- „Querprofil des Wiener Donau-Kanals“, HATZINGER 1840, Österr. Staatsarchiv. Allgemeines Verwaltungsarchiv, Kartensammlung 1473
- „Nieder Oesterreichische Donau-Stromkarte“, de LORENZO, C. 1816, M: 1 : 7.200, ÖNB Kartensammlung K II 98.555
- „Donau in der Lobau 1726-2001“, EBERSTALLER-FLEISCHANDERL & HOHENNSINNER 2004, M: 1: 40.000
- „Umgebungen von Wien“, GENERAL QUARTIERMEISTERSTAB 1841/46, Kartensammlung MOHILLA; Archiv der MA 45
- „Donau Regulierung“, DONAU-REGULIRUNGS-COMMISSION 1850, M: 1 : 10.800, Österr. Staatsarchiv. Allgemeines Verwaltungsarchiv, 1001/1464
- „Situations-Plan zur neuen Regulierung des Donaustromes bei Wien“, DE RIGEL, A. P. 1850, M: 1 : 28.800, Wiener Stadtbibliothek 3675 A

10.4.2 Aktuelle Referenzen

„Mehrzweckkarte Wien“, Magistratsabteilung 41 - Stadtvermessung,
M : 1 : 1.000

„Digitales Geländemodell der Stadt Wien“, Magistratsabteilung 41 –
Stadtvermessung

„Aktuelles Digitales Geländemodell mit Gewässersohlen“ - erstellt im Rahmen
des proVISION-Forschungsprojektes „Optima Lobau“, MICHAEL WEIß &
SEVERIN HOHENSINNER, IHG - BOKU, 2007

„ÖK50“, M : 1 : 50.000, Austrian Map, BEV Wien

„Digitaler angewandter Geo-Atlas der Stadt Wien“, HOFMANN, PFLEIDERER, &
STÜRMER 2003, Geologische Bundesanstalt Wien (erstellt im Auftrag des
Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur und des
Magistrates der Stadt Wien, MA 29, Abt. Brückenbau und Grundbau)

„Geologische Karte der Republik Österreich“, Blatt Nr. 59 Wien, FUCHS 1985
(herausgegeben von der Geologischen Bundesanstalt)

„Geologische Karte der Stadt Wien“, M : 1 : 50.000, BRIX 1972 in: Starmühlner,
F. & Ehrendorfer, F. (Hrsg.): Naturgeschichte Wiens, Jugend & Volk, Wien
– München

11 Anhang

Ergebnistabellen

Karten

- Geländetopografie & Untersuchungsgebiete
 - Wasserflächen beim Aufnahmewasserstand (AufnW)
 - Wasserflächen bei Mittelwasser (MW)
 - Wasserflächen beim einjährigen Hochwasser (HW₁)
 - Flurabstände bei Mittelwasser
 - Überflutungshöhen beim einjährigen Hochwasser (HW₁)
 - Massenumlagerung 1849 – 2003
-

Anschrift des Verfassers

Mathew HERRNEGGER

Serlesweg 11

6142 Mieders, Austria

e-mail: mathew.herrnegger@gmx.at