



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Die Wehranlagen entlang des
Kamps – Rückblick, Bestandsaufnahme
und fluvialmorphologische Konsequenzen“

verfasst von / submitted by

Beate Steinhauser

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Magistra der Naturwissenschaft (Mag. rer. nat.)

Wien, 2017 / Vienna, 2017

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 482 456

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UniStG
UF Bewegung und Sport UniStG
UF Geographie und Wirtschaftskunde UniStG

Betreut von / Supervisor:

Mag. Dr. Ronald Pöppl, BA

Erklärung

Hiermit versichere ich,

- dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubter Hilfe bedient habe,
- dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe
- und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit vollständig übereinstimmt.

Wien, am 01.05.2017

Beate Steinhauser

Kurzfassung

Flüsse und Bäche werden seit Jahrhunderten vom Menschen wirtschaftlich genutzt, wodurch es zu einem starken Eingriff, in Form von Verbauungen, in das natürliche Fließverhalten des Wassers kommt. Durch Eingriffe des Menschen, aber auch durch natürliche Einflüsse/Phänomene wie Hochwässer wird die Flussmorphologie geprägt und es kommt zu Vorgängen wie Erosion, Transport und Sedimentation. In der vorliegenden Diplomarbeit werden fluvialmorphologische Veränderungen im Bereich der Wehranlagen in einem ausgewählten Teilstück des Kamps erfasst. Dabei steht vor allem die Rolle der Hochwässer, sowie der baulichen Maßnahmen an den Querbauwerken im Vordergrund. Als Untersuchungsgebiet wurde der Kampfluss in Niederösterreich zwischen dem Umlaufberg bei Rosenberg und Zöbing ausgewählt, da hier besonders viele Wehranlagen vorhanden sind, sowie im Jahre 2002 ein Jahrhunderthochwasser stattfand. Mit ESRI ArcMap wird das Untersuchungsgebiet über sieben Zeitscheiben (1966, 1977, 1980, 1985, 1993, 2001 und 2015) kartiert und die Abflussdaten bezüglich der Hochwässern und der baulichen Maßnahmen an den Wehranlagen erfasst.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass es aufgrund von baulichen Maßnahmen, aber vor allem durch Hochwässer zu fluvialmorphologischen Veränderungen im Bereich der Wehranlagen kommt. Speziell das Hochwasser von 2002 in Kombination mit zeitlich darauffolgenden baulichen Maßnahmen hinterließen Spuren und veränderten die Flussmorphologie im Untersuchungsgebiet.

Abstract

For centuries rivers and streams have been used for economic reasons. As a result, great interventions into the natural flow characteristics of the water in the form of control structures have been made. River morphology is influenced by humans and natural phenomena like floods. This diploma thesis aims at investigating fluvio-geomorphic changes at weir dam locations along the Kamp River between the villages Rosenberg and Zöbing in Lower Austria where a 100y flood occurred in 2002. By applying GIS-based geomorphic mapping geomorphological maps (1966, 1977, 1980, 1985, 1993, 2001 and 2015) were produced and analyzed in the light of the study aim. The results clearly show significant effects of floods (e.g. and the 2002 flood) and structural measures at weir dam locations on the fluvial geomorphology of the Kamp River.

Inhaltsverzeichnis

I. Abbildungsverzeichnis.....	XI
II. Tabellenverzeichnis.....	XV
III. Formelverzeichnis	XVII
1. Einleitung und Zielsetzung.....	1
2. Untersuchungsgebiet.....	4
2.1 Flusslandschaft „Kamp“	5
2.2 Naturräumliche Grundlagen	7
2.2.1 Geologischer Untergrund	7
2.2.2 Klima und Temperatur.....	9
2.2.3 Niederschlag und Abflusscharakteristik.....	10
2.3 Die Wasserkraftnutzung entlang des Kamps.....	12
2.3.1 Die Querbauwerke – ein Überblick.....	13
3. Querverbauungen in Fließgewässern	15
3.1 Wehranlagen.....	16
3.1.1 Feste Wehranlagen.....	17
3.1.2 Bewegliche Wehranlagen.....	18
4. Hydrologische und hydraulische Grundlagen des fluvialen Systems.....	19
4.1 Eigenschaften des Wassers.....	19
4.2 Globale Wasserbilanz und Wasserhaushalt	20
4.3 Komponenten des Wasserhaushalts - Abfluss	22
4.4 Abflussganglinien	23
4.5 Fließzustände	25
5. Fluviale Prozesse im Gerinnebett.....	27

5.1	Flusserosion	27
5.2	Flusstransport.....	30
5.3	Sedimentation und Akkumulation.....	31
6.	Hochwasser 2002.....	33
7.	Methodik	35
7.1	Datengrundlage	35
7.2	Archivarbeit.....	36
7.2.1	Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan	36
7.2.2	NÖ Wasserbuch	36
7.2.3	NÖ Wasserstandsnachrichten, Hochwasserprognosen und eHYD	37
7.2.3	Franzischeischer Kataster NÖ	38
7.3	GIS-basierte geomorphologische Kartierung anhand von Orthofotos und Luftbildern	38
7.3.1	Anwendung in der Diplomarbeit.....	38
7.3.2	Georeferenzierung und Zuschnitt der Luftbilder	38
7.3.3	Kartierung.....	39
7.3.4	Kartographische Darstellung.....	41
8.	Ergebnisse	42
8.1	Die Wehranlagen im Untersuchungsgebiet.....	42
8.1.1	Historische Wehranlagen im Franzischeischen Kataster.....	45
8.1.2	Veränderungen der Wehranlagen.....	49
8.2	Kartographische Darstellung der flussmorphologischen Veränderungen zwischen 1966 und 2015.....	50
8.2.1	Umlaufberg Rosenberg – EVN Naturkraft 1	53
8.2.2	Rosenburg – Mantler Mühle 1.....	55
8.2.3	Kamegg – Hofstätter	57
8.2.4	Gars am Kamp – Seidl Immobilien.....	59
8.2.5	Gars am Kamp – Mantler Mühle 2	62
8.2.6	Gars am Kamp – Rehpennig.....	64

8.2.7	Zitternberg – Kerl	66
8.2.8	Buchberg – Bogner Privatstiftung.....	68
8.2.9	Plank am Kamp – Erlinger-Schiedlbauer.....	70
8.2.10	Plank am Kamp – Erlinger.....	72
8.2.11	Schönberg – Pirker	75
8.2.12	Zöbing – EVN Naturkraft 2	77
8.3	Abflussbedingungen und anthropogene Einflüsse.....	80
8.3.1	Wasserstand, Hochwässer.....	80
8.3.2	Bauliche Maßnahmen	81
9.	Diskussion	83
10.	Fazit	89
11.	Literaturverzeichnis	91

I. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einzugsgebiet des Kamps und Verortung des Untersuchungsgebiets (Quelle: HAUER und HABERSACK 2009: 656).....	4
Abbildung 2: Verlauf des Kamps und seiner Zubringer (Quelle: WIKIMEDIA 2016, online unter : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kamp_krems.png (10.11.2016)).....	5
Abbildung 3: Das Gewässernetz des Kamps (Quelle: SCHEURICH 2005: 8).....	6
Abbildung 4: Die Geologie des Waldviertels (Quelle: modifiziert übernommen aus HOFBAUER 2003 – In: FORDINAL 2005: 11).....	8
Abbildung 5: Lufttemperatur MessstationStift Zwettl (Datengrundlage: ZAMG 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser).....	10
Abbildung 6: Jahresgang des mittleren Abflusses beim Pegel Rosenberg Umlaufberg (2011) (Datengrundlage: BMLFUW 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser).....	11
Abbildung 7: Jahresgang des mittleren Abflusses beim Pegel Stiefen (2011) (Datengrundlage BMLFUW 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser).....	11
Abbildung 8: Niederschlag Messstation Stift Zwettl (1971-2000) (Datengrundlage: ZAMG 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser).....	12
Abbildung 9: Kraftwerk Ottenstein (Quelle: Marktgemeinde Rastefeld 2016, online unter http://www.rastefeld.at/EVN_AG_Kraftwerk_Ottenstein_10 (17.11.2016)).....	13
Abbildung 10: Querschnitt durch ein festes Wehr (Quelle: WASSERSTRÄßEN- UND SCHIFFFAHRTSAMT MEPPEN 2016, online unter http://www.wsa-meppen.de/wir_ueber_uns/amt_u_aussenstellen/sachbereich_2/schleusen_wehre_tore/wehre/ (18.11.2016)).....	18
Abbildung 11: Die Wasserbilanz und ihr jährlicher Wassertransfer (jeweils in 1000 km ³) (Quelle: STRAHLER und STRAHLER 1999: 200, Datengrundlage: JOHN R. MATHER 1974).....	21
Abbildung 12: Niederschlag, Interzeption und Oberflächenabfluss (Quelle: STRAHLER und STRAHLER 1999: 345).....	22
Abbildung 13: Jahresgang des mittleren Abfluss beim Pegel Rosenberg Umlaufberg (1980-2014) (Datengrundlage: BMLFUW 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser).....	25

Abbildung 14: Spiralige Walzenbewegung bei (a) geradlinigem, (b) leicht gekrümmten, (c) stark gekrümmten Flussverlauf (Quelle: ZEPP 2014: 125 , nach LESER/PANZER 1981)	26
Abbildung 15: Hjulström-Diagramm (Quelle: LESER 2009: 221).....	29
Abbildung 16: Die Niederschlagsverteilung am 6. August um 23 Uhr im Einzugsgebiet des Kamps (Quelle: GUTKNECHT et al. 2002)	33
Abbildung 17: Jahreshöchstwerte des Durchflusses des Kamp bei Zwettl (Quelle: GUTKNECHT et al. 2002)	34
Abbildung 18: Georeferenzierung Zeitscheibe 1977 (Datengrundlage: Bev 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)	39
Abbildung 19: Die Wehranlagen im Untersuchungsgebiet (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)	44
Abbildung 20: Die Wehranlagen des Franziszeischen Katasters, eingezeichnet im UG von 2015 (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)	45
Abbildung 21: Wehranlage des Franziszeischen Katasters 1823 in Rosenberg (Quelle: NÖ LANDESARCHIV 2016).....	46
Abbildung 22: Wehranlagen des Franziszeischen Katasters 1823 in Kamegg (Quelle: NÖ LANDESARCHIV 2016).....	47
Abbildung 23: Wehranlage des Franziszeischen Katasters 1823 in Buchberg (Quelle: NÖ LANDESARCHIV 2016).....	47
Abbildung 24: Wehranlage des Franziszeischen Katasters 1823 in Oberplank (Quelle: NÖ LANDESARCHIV 2016).....	48
Abbildung 25: Wehranlagen des Franziszeischen Katasters 1823 in Plank am Kamp (Quelle: NÖ LANDESARCHIV 2016).....	48
Abbildung 26: Bilderreihe der Wehranlage nach Rosenberg (1966-1985) (Quelle: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)	49
Abbildung 27: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage EVN Naturkraft 1 (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)	54
Abbildung 28: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Mantler Mühle 1 (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)	56

Abbildung 29: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Hofstätter (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser).....	58
Abbildung 30: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Seidl Immobilien (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser).....	61
Abbildung 31: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Mantler Mühle 2 (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser).....	63
Abbildung 32: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Rehpennig (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser).....	65
Abbildung 33: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Kerl (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser).....	67
Abbildung 34: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Bogner Privatstiftung (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser).....	69
Abbildung 35: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Erlinger-Schiedlbauer (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser).....	71
Abbildung 36: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Erlinger (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser).....	74
Abbildung 37: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Pirker (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser).....	76
Abbildung 38: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage EVN Naturkraft 2 (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser).....	79
Abbildung 39: Durchfluss beim Pegel Stiefen von April 2016-2017 (Quelle: NÖ LANDESREGIERUNG 2016)	85

II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die Querbauwerke entlang des Kamps ab Zwettl (Datengrundlage: NÖ LANDESREGIERUNG)	14
Tabelle 2: Die Wasserbilanz der Erde (Quelle: WILHELM 1966 und BAUMGARNTER und LIEBSCHER 1990 – In: AHNERT 2015: 153)	21
Tabelle 3: Verwendetes Datenmaterial (Datengrundlage: BEV 2016)	36
Tabelle 4: Die Querbauwerke im Untersuchungsgebiet (Datengrundlage: NÖ LANDESREGIERUNG)	43
Tabelle 5: Veränderung in Anzahl und Fläche der Inseln und Kiesbänke an den Wehranlagen von 1966-2015	50
Tabelle 6: Veränderung der max. Breite und Fläche an den Wehranlagen von 1966-2015	51
Tabelle 7: Tabelle 6: Längenveränderung vor und nach den Wehranlagen von 1966-2015	52
Tabelle 8: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage EVN Naturkraft 1 von 1966-2015	53
Tabelle 9: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Mantler Mühle 1 von 1966-2015	55
Tabelle 10: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Hofstätter von 1966-2015	57
Tabelle 11: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Seidl Immobilien von 1966-2015	59
Tabelle 12: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Mantler Mühle 2 von 1966-2015	62
Tabelle 13: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Rehpennig von 1966-2015	64
Tabelle 14: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Kerl von 1966-2015	66
Tabelle 15: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Bogner Privatstiftung von 1966-2015	68

Tabelle 16: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Erlinger-Schiedlbauer von 1966-2015	70
Tabelle 17: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Erlinger von 1966-2015.....	72
Tabelle 18: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Pirker von 1966-2015.....	75
Tabelle 19: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage EVN Naturkraft 2 von 1966-2015.....	77
Tabelle 20: Hochwässer und Abflussbedingungen von 1966-2015 im Untersuchungsgebiet (Datengrundlage: NÖ LANDESREGIERUNG 2016 und BMLFUW 2016)	80
Tabelle 21: Bauliche Maßnahmen an den Wehranlagen im Untersuchungszeitraum (Datengrundlage: NÖ LANDESREGIERUNG 2016)	82

III. Formelverzeichnis

Formel 1: Die globale Wasserbilanz (Quelle: STRAHLER und STRAHLER 1999: 200)	20
Formel 2: Die globale Wasserbilanz, vereinfacht (Quelle: STRAHLER und STRAHLER 1999: 200).....	20
Formel 3: Der Wasserhaushalt (Quelle: ZEPP 2014: 117).....	23
Formel 4: Kinetische Energie der Erosionsleistung (Quelle: BAUER und FISCHER 2002: 76).....	28

1. Einleitung und Zielsetzung

„Als Gestalter der Landformen beherrscht das fluviale System die Landoberfläche der Erde“ (AHNERT 2015: 153). Österreich weist eine Vielfalt an naturräumlichen Gegebenheiten auf, die sich in den Flusslandschaften widerspiegeln. Diese Flusslandschaften schließen aquatische und terrestrische Lebensräume, aber ebenso die von Menschen geschaffenen Strukturen mit ein (vgl. MUHAR et al. 2004: 8). Schon seit 5.000 Jahren werden Flüsse durch den Menschen in Form von Dämmen, Flussumleitungen und anderen technischen Maßnahmen beeinflusst. Als Konsequenz daraus sind die Gewässer stark anthropogen überprägt (vgl. GREGORY 2006: 173).

Die Abflussdynamik und Charakteristik eines Flusses wird durch Einbauten im Gewässer, zum Beispiel Wehre, gleichbedeutend ob zur Energiegewinnung oder aus Hochwasserschutzgründen, verändert (vgl. SEIBERT 2006: 7). Aufgrund von systematischen Regulierungen, Wasserableitungen, Abwasserbelastungen und Umleitungen für Bewässerungszwecke haben Kraftwerke weltweit tiefgreifende Auswirkungen auf die Ökologie von Fließgewässern und Flusslandschaften (vgl. JUNGWIRTH 2005: 11). Neben dem Schutzwasserbau stellt der hohe Ausbaugrad der Wasserkraft eine maßgebliche Gefährdung für die geforderten Qualitätszustände an Österreichs Fließgewässer dar. Aufgrund von Querbauwerken, Schwall, Restwasser und Stau in Folge der Wasserkraftnutzung kommt es zur hydromorphologischen Belastung österreichischer Fließgewässer (vgl. HOLZAPFEL 2014: 179).

Die Nutzung der Wasserkraft stellt in Österreich eine jahrhundertelange Tradition dar. Während ursprünglich Mühlen entlang der Flüsse die Wasserkraft nutzten, sind es heute über 5200 Wasserkraftanlagen, die bis zu 60% Anteil an der österreichischen Stromproduktion haben. Je nach Typ und Größe des Kraftwerks kommt es zu Auswirkungen auf die Ökologie (vgl. HABERSACK et al. 2013: 315). So kommt es zu Veränderungen und Degradierungen der natürlichen Habitatausstattung von Fließgewässern und deren Umland, da dynamische Prozesse durch Regulierungen oder Kraftwerksdämme unterbunden werden. Die natürliche Entwicklung des Lebensraumes ist auf diese Weise unterbunden (vgl. JUNGWIRTH et al. 1984 und MUHAR et al. 1998 – In: HABERSACK und MOSER 2003: 114).

Laut HOFSTÄTTER (2001: 51) befindet sich der älteste bekannte Standort einer Wasserkraftnutzung entlang des Kamps in Kamegg, wo im Jahr 1150 Mühlen und Sägewerke betrieben wurden. Durch die Existenz der ersten Mühlen, Sägewerke und Hammer-schmieden entlang des Flussverlaufs fand ein wirtschaftlicher Aufbau der Region statt. Die Erfindung der Turbine Ende des 18. Jahrhunderts ermöglichte eine effiziente Nutzung der Kraft des Flusses und mit Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Wasserkraft auch zur

Stromerzeugung verwendet (vgl. HOFSTÄTTER 2001: 51). Die drei großen Speicherkraftwerke Ottenstein, Dobra-Krumau und Thurnberg-Wegscheid wurden zwischen 1950 und 1957 errichtet und stellen heute einen wesentlichen Gewinn für die Energiewirtschaft dar. Neben diesen Anlagen existieren flussabwärts von Zwettl zahlreiche Kleinwasserkraftwerke und Wehranlagen. Viele davon existieren heute noch und einige sind auch noch als solche in Betrieb (vgl. HAWLIK 1995). HABERSACK (2013: 316) stellt fest, dass seit mehreren Jahrhunderten Mühlen bzw. Hammerschmieden und heute auch die Kleinwasserkraft im Kampthal zum Erscheinungsbild einer vom Menschen geprägten Kulturlandschaft gehören.

2002 kam es in Österreich zu einem verheerenden Hochwasser, das speziell im Kampthal zu flussmorphologischen Veränderungen und großen Schäden entlang des Flussverlaufs führte (vgl. KORBER 2005 – In: HEINZ 2004: 9). Die außerordentlichen Abflüsse von ca. 800 m³/s beim Pegel Stiefen und einem HQ₁₀₀ von 490 m³/s führten im Flussbett des Kamps und in den Überflutungsflächen zu sehr starken Belastungen des Oberbodens angrenzender Flächen und der Gewässersohle. Daraus resultierende Erosionsprozesse und der Sedimenttransport führten zu morphologischen Veränderungen im Kampthal zwischen Zwettl und Schönberg. Betroffen waren demnach das Gewässerbett und die umliegenden Flächen, aber auch andere Bereiche wie Verwerfungen waren von starker Erosion geprägt. Überlagerung bzw. Sedimentation von transportiertem Material sind weitere Vorgänge, die sich im Kampthal während des Jahrhunderthochwassers abgespielt haben (vgl. HAUER et al. 2006: 175). HAUER et al. (2006: 177) betont ebenfalls, dass es durch das Überströmen von Wehranlagen durch Hochwasser auf ungesicherten Flächen zur Oberflächenerosion von Feststoffen, Beschädigungen an der Wehranlage und im Extremfall zur Bildung eines neuen Gerinnes bzw. einer Laufverlagerung kommen kann.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Auswirkungen der Wehranlagen auf die Fluvialmorphologie im Bereich der Querbauwerke über einen bestimmten Zeitabschnitt zu erfassen. Dabei wird vor allem die Rolle der Hochwässer, aber auch die der baulichen Maßnahmen berücksichtigt. Das Hochwasser von 2002 wird verstärkt behandelt, doch auch frühere Hochwässer werden herangezogen und auf ihre Auswirkungen hin untersucht.

Dies führt zu folgenden Forschungs- und Teilfragen, die im Rahmen dieser Diplomarbeit beantwortet werden sollen:

- Wo findet man heute noch Wehranlagen entlang des Kamps, wie sieht ihre Funktion aus und wann wurden sie erbaut?
- Wie beeinflussen Wehranlagen entlang des Kamps dessen lokale Flussmorphologie?

- Inwiefern spielen natürliche Prozesse und anthropogene Einflüsse eine Rolle bei flussmorphologischen Veränderungen an Wehrstandorten?
 - Welche lokalen Auswirkungen von Hochwässern sind im Bereich von Wehranlagen festzustellen?
 - Welche flussmorphologischen Veränderungen sind nach baulichen Maßnahmen an den Wehranlagen erkennbar?

Zunächst werden in der Diplomarbeit das Untersuchungsgebiet und die Wasserkraftnutzung entlang des Kamps näher dargestellt. Kapitel 3 listet die ausgewählten Wehranlagen im Untersuchungsgebiet auf. Darauf folgt ein Blick auf die Querverbauungen in Fließgewässern, wobei das Hauptaugenmerk auf den Wehranlagen liegt. Das nächste Kapitel beschäftigt sich mit den hydrologischen und hydraulischen Grundlagen des fluvialen Systems. Anschließend werden die fluvialen Prozesse im Gerinnebett erläutert. Damit soll eine Basis geschaffen werden, um zu verstehen, welche Prozesse in einem Fluss ablaufen und durch welche Faktoren diese gesteuert werden können. Kapitel 6 widmet sich kurz dem Hochwasser 2002.

Im Kapitel 7 wird die Methodik in Form der Datengrundlage, einer Archivrecherche und der GIS-basierten Kartierung dargestellt. Darauf folgt die Präsentation der Ergebnisse, die in der Reihenfolge der Forschungsfragen nach abgehandelt werden. Im vorletzten Kapitel werden die Ergebnisse kritisch diskutiert. Als Abschluss dieser Diplomarbeit erfolgt ein kurzes Fazit.

2. Untersuchungsgebiet

Der Kamp (siehe Abbildung 1) stellt mit 1.753 km² das größte Flussgebiet im Waldviertel in Niederösterreich dar (vgl. PREIS et al 2006: 160). Etwa ein Drittel der Fläche des Waldviertels entwässert in diesen Fluss (vgl. GAMERITH 1987: 14). Dabei setzt er sich aus dem großen und kleinen Kamp, dem Purzelkamp, dem Zwettlbad und weiteren kleinen Zuflüssen zusammen (vgl. HAUER 1952: 19 und PREIS et al. 2006: 160). In Abbildung 1 ist das Einzugsgebiet des Kamps dargestellt und das Untersuchungsgebiet verortet. Von der Quelle des großen Kamp an der Grenze zum oberösterreichischen Mühlviertel, streckt sich der Flussverlauf von 159 km über das gesamte Waldviertel (vgl. GAMERITH 1987: 14). Der genaue Ursprung liegt südöstlich von Karlstift auf einer Seehöhe von 920 m über dem Meeresspiegel. Während dem Verlauf des Flusses und der Zuspeisung von anderen Fließgewässern überwindet der Kamp einen Höhenunterschied von 740 m, bis er schlussendlich bei 180 m Seehöhe ü.d.M. in das Krems-Kamp Ableitungsgerinne mündet und somit in die Donau gelangt (vgl. PREIS et al. 2006: 160).

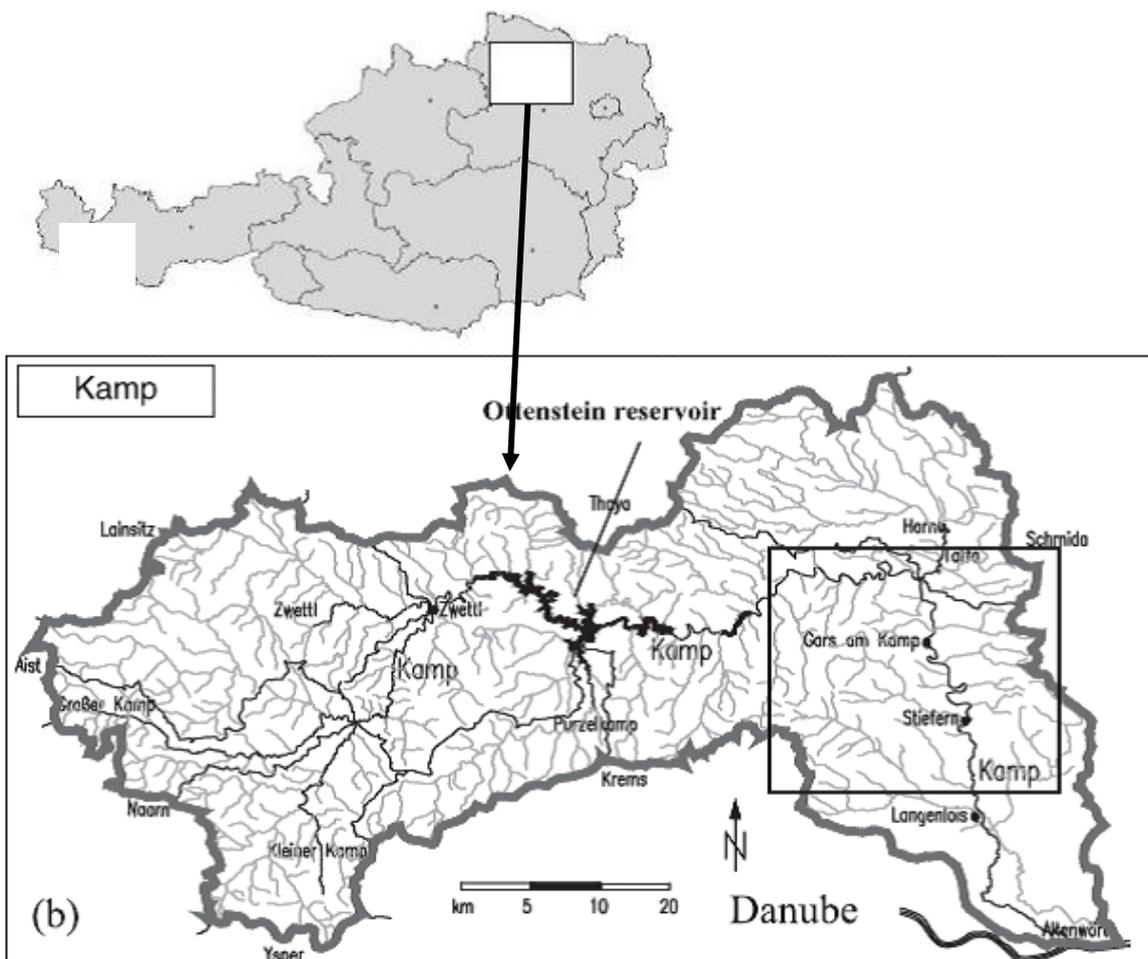


Abbildung 1: Einzugsgebiet des Kamps und Verortung des Untersuchungsgebiets (Quelle: HAUER und HABERSACK 2009: 656)

In Abbildung 2 ist ein genauer Ausschnitt des Kamps ersichtlich. Dabei ist der Ursprung nördlich von Liebenau zu erkennen, so wie die drei wichtigsten Zubringer des Kamps, der Kleine Kamp, die Zwettl und der Purzelkamp. Gut erkennbar ist ebenfalls der Verlauf des Flusses von seiner Quelle bis zu Mündung in das Krems-Kamp Ableitungsgerinne.

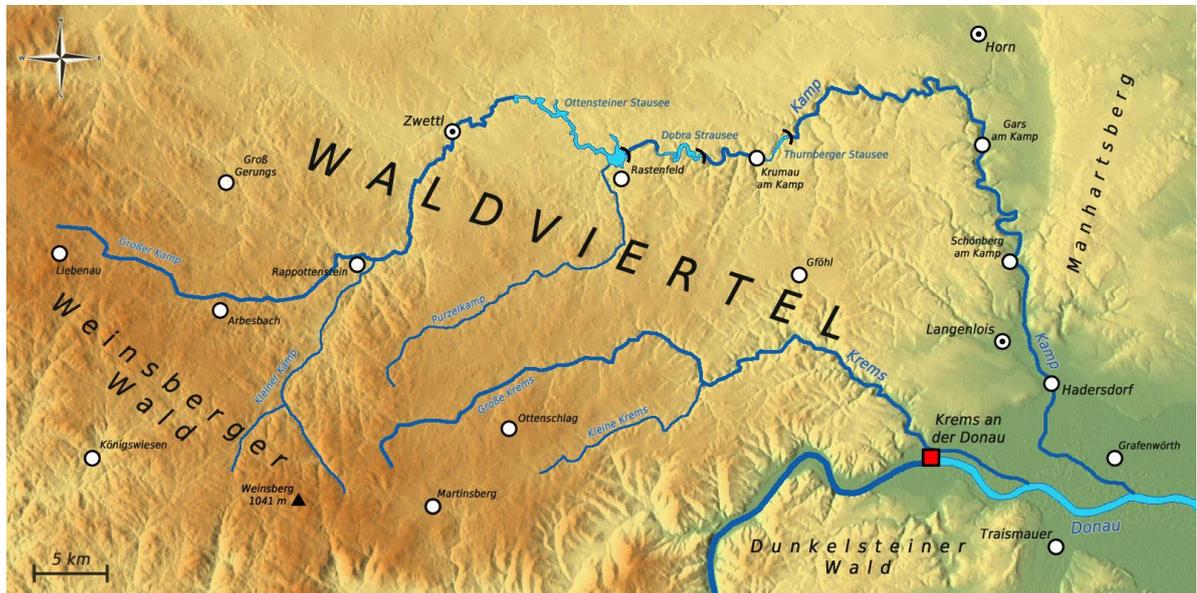


Abbildung 2: Verlauf des Kamps und seiner Zubringer (Quelle: WIKIMEDIA 2016, online unter : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kamp_krems.png (10.11.2016))

2.1 Flusslandschaft „Kamp“

Flüsse sind komplexe, dynamische und vielfältige Ökosysteme und erfüllen eine Vielzahl von Nutzungsanforderungen, beispielsweise Trinkwasserversorgung, Lebensraum, Wasserkraft, Bewässerung und Erholung. Sie sind grundlegend für das Leben und besitzen eine große kulturelle Bedeutung (vgl. HABERSACK et al. 2015: 73). Diese Aussage trifft auch auf den Kamp in Niederösterreich zu. Seinen Namen trägt der Kamp laut HAUER (1952: 103) von dem keltischen Wort „camp“, was soviel wie krumm gewunden bedeutet. 791 findet der Kamp erstmalig eine urkundliche Erwähnung. Bereits der Name deutet schon auf den Flusstyp des Kamps hin. Von seiner Quelle in Karlstift bis Zwettl entspricht das Fließgewässer vorwiegend dem mäandrierenden Typ. Es gibt kleine Strecken, vor allem vor Zwettl, die dem gestreckten Flusstyp zugeordnet werden. Von dort bis Rosenberg wird der Kamp dem Talmäandertyp zugeordnet. Sobald er Richtung Süden zu seiner Mündung in das Krems-Kamp-Ableitungsgerinne fließt, wechseln sich verschiedenen Flusstypen ab. Zunächst scheint ein gestreckter Abschnitt, gefolgt von einem Talmäander auf. Danach wird der Kamp als mäandrierend bis pendelnd eingeteilt (vgl. MUHAR et al. 2004: 27). Abbildung 3 stellt das Gewässernetz des Kamps mit seinen Zubringern dar.

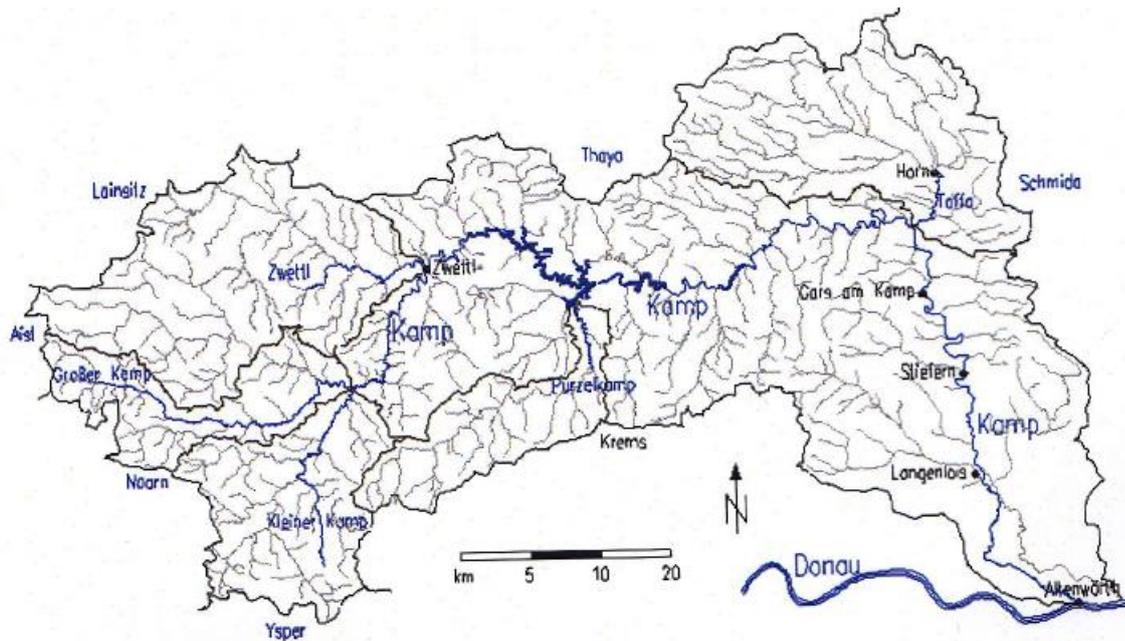


Abbildung 3: Das Gewässernetz des Kamps (Quelle: SCHEURICH 2005: 8)

Mit seinem Ursprung bildet der in südöstliche Richtung fließende Kamp die Grenze zwischen Ober- und Niederösterreich. Danach folgt er der östlichen Richtung, wobei er ab und zu kleine Abschwenkungen nach Nordosten einlegt. Ab dem kleinen Ort Roiten verändert sich der Flussverlauf um 90° nach Norden und kurz vor Zwettl biegt er in nordöstliche Richtung ab. Dabei mündet noch vor Zwettl, nämlich bei Rappottenstein, der Kleine Kamp in den Großen. Der Kleine Kamp weist aufgrund der wechselnden Härte des graniteneen Untergrundes von allen drei Kampflüssen das größte Gefälle auf (vgl. HAUER 1952: 103ff).

Der bedeutendste Wasserlauf, der bei Zwettl zufließt, ist der Zwettlbach mit Ursprung östlich von Karlstift in 910 m Seehöhe ü.d.M. Im Flussgebiet des oberen Kamps stellt Zwettl einen hydrographischen Knotenpunkt dar. Einerseits durch die Lage am Rande des Granitgebiets, aber auch durch die Anziehung aller kleineren Wasserläufe in der Umgebung und der Vereinigung im Kamp (vgl. HAUER 1952: 107, 109).

Ab dem hydrographischen Knotenpunkt Zwettl fließt der Kamp in nordöstlicher Richtung bis zum Ort Kühbach. Von dort an biegt er nach Südosten und wendet sich nach Friedersbach Richtung Osten. Bei Rastenfeld mündet der Pürzelkamp als wichtiger Zufluss in den Ottensteiner Stausee und somit in den Großen Kamp. Der Pürzelkamp entspringt bei Schönau in einer Seehöhe von 800 m ü.d.M. im Granitgebiet. Nach der Aufnahme dieses Zuflusses fließt der Kamp trotz kleiner Abschwenkungen bis nach Krumau in östlicher Richtung. Ab Rosenberg biegt er im rechten Winkel nach Süden ab und behält diese Richtung lange bei. Zuvor nimmt er bei Rosenberg noch die Taffa als wichtigen Zufluss

auf. Erst nach Langenlois macht der Kamp einen kurzen Schwenker Richtung Osten, bevor er dann in das Krems-Kamp-Ableitungsgerinne geleitet wird (vgl. HAUER 1952: 109ff).

2.2 Naturräumliche Grundlagen

Von der Quelle im rauen Granithochland bei Karlstift schlägt sich der Kamp bis zu den trockenwarmen Lössterassen des Weinbaugebietes von Langenlois durch (vgl. GAMERITH 1987: 14). Dabei entwässert der Kamp große Teile des Waldviertels mit Erhebungen zwischen 200 m und 1000 m. Kristalline Gesteine der Böhmisches Masse sind vorherrschend (vgl. NÖ LANDESREGIERUNG o.J.: 9).

2.2.1 Geologischer Untergrund

Geologisch gesehen zählt die Erdgeschichte des Waldviertels und damit des Einzugsgebietes des Kamps zu einer der ältesten von Österreich, die vor 1 bis 2 Milliarden Jahren ihren Ursprung gefunden hat. Dabei lassen sich zwei große Bauphasen im Waldviertel unterscheiden. Die tiefere und somit ältere Schicht stammt aus dem Proterozoikum und dem Paläozoikum vor über 248 Millionen Jahren und stellt die sogenannte böhmische Masse dar (vgl. STEININGER 1999: 1f). Diese zählt zu den ältesten Festlandschollen Europas (vgl. GAMERITH 1987: 39). Auf dem Stockwerk darüber wurden Sediment- und Absatzgesteine aus dem Mesozoikum und dem Känozoikum vor über 65 Millionen Jahren abgelagert (vgl. STEININGER 1999: 1f).

Als letzte bedeutende gebirgsbildende Phase wird die variszische Gebirgsbildungsphase vor 340 bis 300 Millionen Jahren beschrieben. Dabei entstanden die geologischen Einheiten des kristallinen Grundgebirges des Waldviertels: das östlich gelegene Moravikum und das westlich gelegene Moldanubikum (vgl. STEININGER 1999: 2).

Das Waldviertel ist als Granit- und Gneishochland der Böhmisches Masse bekannt. Der Oberlauf des Kamps von seinem Ursprung aus gehört bis knapp südwestlich von Zwettl dem Granitgebiet an (vgl. HAUER 1952: 103). Das Gebiet scheint als welliges Hügelland in 600 m bis 900 m Seehöhe auf und ist geprägt von Nadelwäldern, Wiesen und etwas Ackerland. Vor allem aber sind dort Granitsteine, teilweise hausgroße, anzutreffen, die über den Raum verteilt sind, in Bachbetten liegen oder als Blockhalden Engtäler versperren (vgl. GAMERITH 1987: 14). Der anschließende Flussverlauf liegt im kristallinen Schiefer. Die Grenze zwischen diesen zwei Zonen ist deutlich durch den unterschiedlichen Flusscharakter zu sehen (vgl. HAUER 1952: 103).

Im Granitgebiet sucht der Kamp jene Mulden auf, die durch die Auswitterung der widerstandsfähigen Partien des Gesteines entstanden sind. Wenn der Fluss auf härtere Gesteinspartien traf, wich er ihnen aus oder durchsägte sie langsam, so dass eine Rich-

tungsänderung erzwungen wurde. Dadurch entstanden unregelmäßige kleine Windungen. Das Gefälle zeigt sich ebenfalls in unterschiedlicher Form zwischen den beiden Gesteinszonen. Für das Granitgebiet typisch ist die Abwechslung zwischen stärkerem und schwächerem Gefälle. Die Ursache für diese Erscheinung lässt sich aufgrund der Beschaffenheit des Granits erklären, bei dem sich härtere Gesteinspartien mit weicheren häufig wechseln. So kann es vorkommen, dass einer Strecke von 5‰ ein Abschnitt von 16‰ folgt (vgl. HAUER 1952: 103f).

Auf nachfolgender Abbildung 4 ist die Geologie des Waldviertels dargestellt. Es wird deutlich, dass der obere Kampverlauf einheitlich von Granit durchzogen ist. Im gesamten Bereich des Ottensteiner Stausees findet man den Rastenberger Granodiorit vor. Danach folgt der Dobra Gneis rund um den Dobra Stausee und wird durch eine Abfolge von Marmor und den Paragneisen der bunten Serie abgelöst. Ab der Hälfte des mittleren Kampverlaufs und des unteren Kamptals wird deutlich, dass sich hier die Gesteinsschichten häufiger abwechseln als im oberen Bereich des Kamps. Hierbei durchfließt der Kamp Zonen aus Granulit, Glimmerschiefer, Amphibolit oder auch Paragneise.

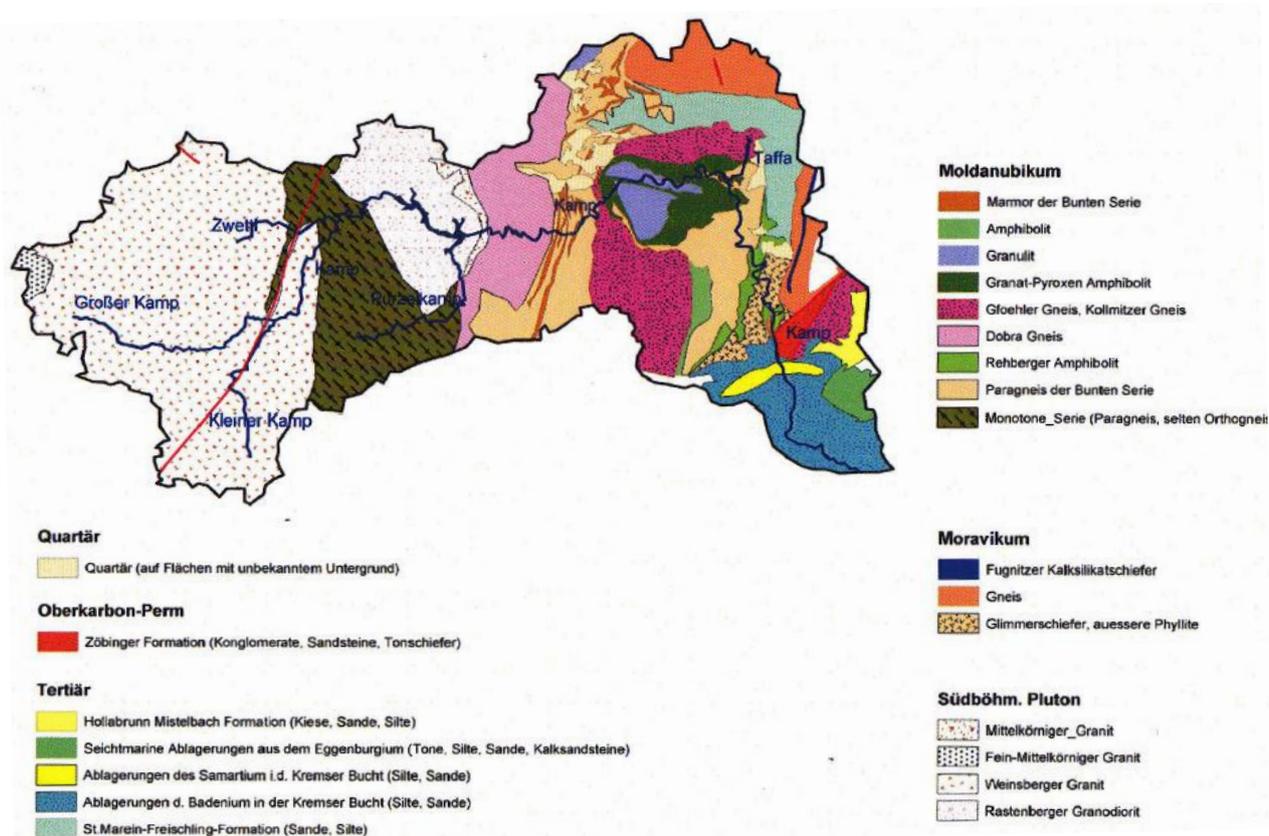


Abbildung 4: Die Geologie des Waldviertels (Quelle: modifiziert übernommen aus HOFBAUER 2003 – In: FORDINAL 2005: 11)

Charakteristisch für den knapp vor Zwettl beginnenden kristallinen Schiefer sind die großen, weit ausholenden Schleifen, die sogenannten Zwangsmäander. Diese Talmäander

sind durch den Untergrund bedingt entstanden (vgl. HAUER 1952: 103). Am nördlichsten Punkt des Kamps ist diese Talbildung am ausgeprägtesten zu sehen, nämlich am Umlaufberg kurz vor Rosenberg. Hier bildete sich eine 3 km lange Flussschleife, die nur 300 m von ihrem Ausgangspunkt entfernt endet. Diese Art von Mäandern sind typisch für Wasserläufe in breiten Schwemmlandböden, wo die Flüsse hin und her pendeln. Sobald das Wasser jedoch den harten Fels anschnitt, wurden die Windungen festgeschrieben und es kam infolge der Landhebung des Waldviertels zu imposanten Felserscheinungen. Diese entstanden durch eine auskolkende Bewegung an den Prallhängen, die an der Außenseite des Flusses in einer Biegung liegen. Heute sind solche hoch über dem Fluss gelegene Erosionsformen ebenfalls zu finden. Bestes Beispiel hierfür stellt das Renaissanceschloss Rosenberg am mittleren Kamp dar, das auf einem Gipfel 90 m über dem Fluss thront (vgl. GAMERITH 1987: 39).

Am unteren Verlauf des Kamps wird das Tal ein letztes Mal durch den Manhartsberg verengt, bevor es sich zum Tullnerfeld hin öffnet. Lössdecken sind bereits im mittleren Kamptal zu finden, aber dominieren im Raum von Langenlois. Dort bilden sie durch die Zusammensetzung aus verschiedensten Gesteinsmehlen die fruchtbarsten Böden rund um den Kamp (vgl. GAMERITH 1987: 40).

2.2.2 Klima und Temperatur

Das Einzugsgebiet des Kamps ist durch zwei Klimatypen geprägt. Im oberen Verlauf des Flusses herrscht ein atlantisch-ozeanischer Einfluss vor, während das untere Kamptal in Richtung Donau vom pannonischen Klima geprägt ist. Dieses trockenwarme Kontinentalklima, aus der ungarischen Tiefebene kommend, macht sich zum Teil sogar mit mediterranen Pflanzen und Tieren bemerkbar. Diese zwei Klimatypen formen in ihrer Überschneidungszone im mittleren Kamptal eine weitgehend ursprüngliche Landschaft mit Elementen aus beiden Bereichen (vgl. GAMERITH 1987: 15f).

Für das Waldviertel typisch sind große Tagesschwankungen der Temperatur. Es kann zu einer extrem starken Tageserwärmung kommen, aber auch zu starken Abkühlungen in der Nacht, wobei häufig Frost eine Rolle spielt. Gemessen an der Station Stift Zwettl kommt es im Jahr durchschnittlich zu 140,9 Frosttagen mit einer Temperatur unter 0,0°C. Das Klima zeigt sich besonders durch die kurze Vegetationszeit und die zahlreichen Früh- und Spätfröste (vgl. GAMERITH 1987: 15f). Hingegen wurden in dem Zeitraum von 1971-2000 durchschnittlich nur 3,3 Tage im Jahr mit einer Temperatur über 30°C gemessen. Das nachstehende Diagramm zeigt ebenso, dass die durchschnittlichen Temperaturunterschiede in den Wintermonaten deutlich höher ausfallen als im Sommer. So kommt es im Jänner zu einem Unterschied von mehr als 45°C zwischen Tagesmaximum und Tagesminimum, während im Monat Mai nur 33°C den Unterschied ausmachen. Dies spiegelt

die typisch hohen Tagesschwankungen der Temperatur im Waldviertel wider. Die Tagesmitteltemperaturen bewegen sich, über ein Jahr gesehen, innerhalb von $-2,8^{\circ}\text{C}$ und $16,3^{\circ}\text{C}$. (siehe Abbildung 5)

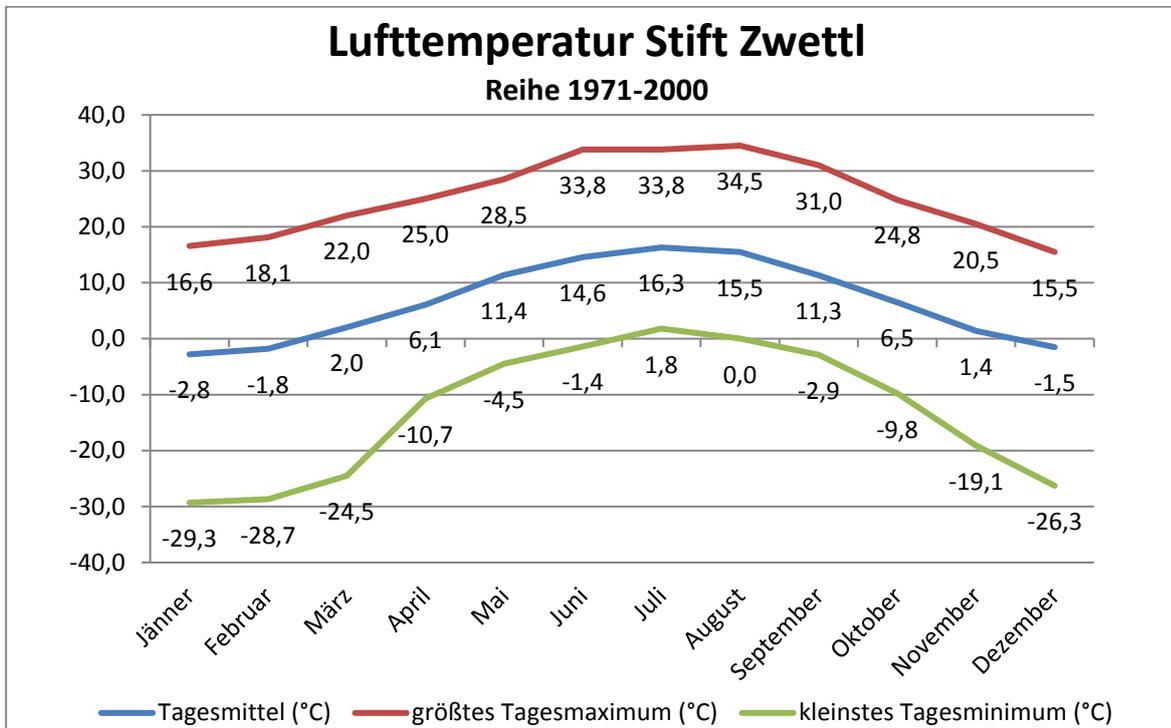


Abbildung 5: Lufttemperatur MessstationStift Zwettl (Datengrundlage: ZAMG 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

2.2.3 Niederschlag und Abflusscharakteristik

Seit über 100 Jahren werden Pegelmessungen am Kamp vorgenommen, wobei aus der Messung des Querprofils und der Fließgeschwindigkeit die Abflussmenge in m^3/s errechnet wird (vgl. MÜCK 2001: 60). Am Flussverlauf befinden sich vier Messstellen: in Neustift, in Rosenberg (EVN), in Stiefern und bei der Bahnbrücke in Zwettl (vgl. BMLFUW 2015: 610). In Stiefern werden diese Messungen seit 1951, in Rosenberg seit 1969 durchgeführt. In den Jahren 1983 bis 1996 wurden folgende Durchschnittswerte in Stiefern gemessen: Jahresmittelwert $8,0 \text{ m}^3/\text{s}$; höchster Monatsmittelwert im April mit $13,6 \text{ m}^3/\text{s}$; niedrigster Monatsmittelwert im September mit $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$; niedrigster jährlicher Abfluss $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (vgl. MÜCK 2001: 60). Das Kamptal ist durch hohe Abflüsse im Spätwinter und Frühjahr und geringe Abflüsse im Spätherbst geprägt (siehe Abbildungen 6&7) (vgl. NÖ LANDESREGIERUNG o.J.: 9).

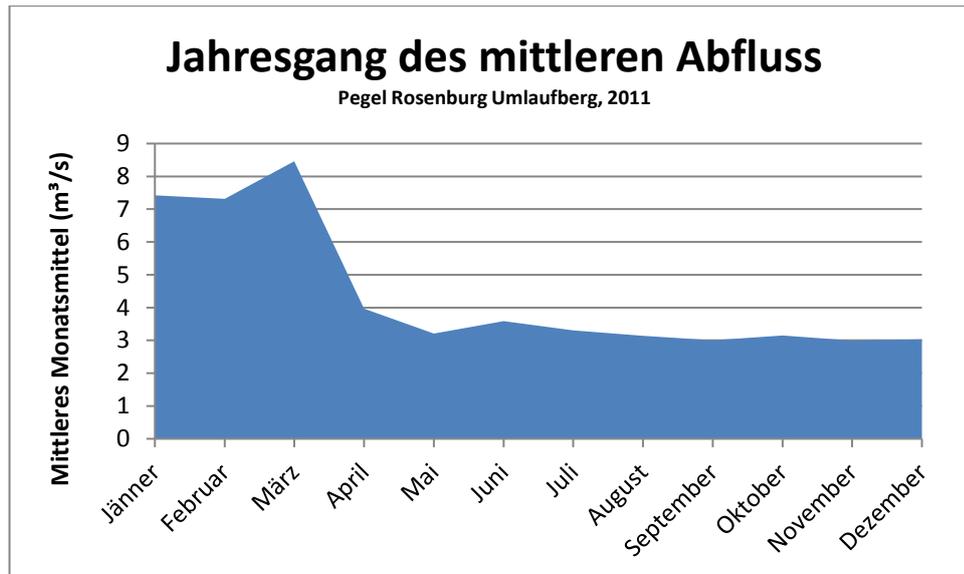


Abbildung 6: Jahresgang des mittleren Abflusses beim Pegel Rosenberg Umlaufberg (2011) (Datengrundlage: BMLFUW 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

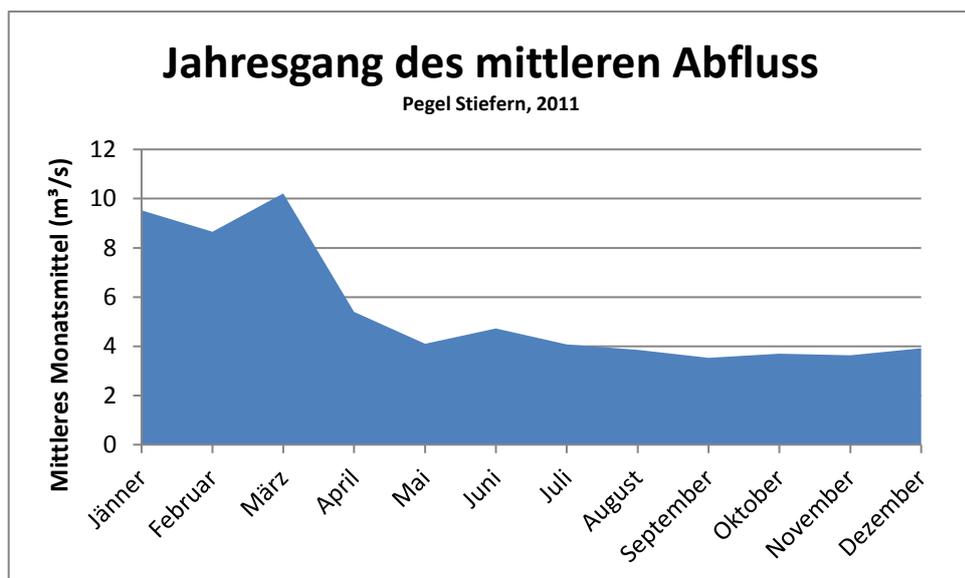


Abbildung 7: Jahresgang des mittleren Abflusses beim Pegel Stiefern (2011) (Datengrundlage BMLFUW 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

Wesentliche Auswirkungen auf das Abflussverhalten des Kamps hatte der Bau der drei Speicherkraftwerke Ottenstein, Dobra und Thurnberg in den 60iger Jahren. Die Temperatur des Wassers und das Abflussverhalten flussabwärts der Staubecken hängt seitdem vom Speicherbetrieb dieser Kraftwerke ab (vgl. HAWLIK 1995: 25). Früher wurden noch bis zu 28 Grad Wassertemperatur erreicht, während heute nur noch um die 20 Grad im unteren Karp herrschen. Durch die Fertigstellung des Kraftwerks Ottenstein 1959 kam es trotz kräftiger Regenfälle immer seltener zu Hochwasserspitzen. So bleibt der untere Teil des Kamps oft über Monate hinweg auf Niederwasserstand (vgl. MÜCK 2001: 60).

Das obere Waldviertel ist durch seine Trockenheit bekannt, werden hier doch nur an wenigen Tagen Niederschlagshöhen von mehr als 1000 mm im Jahresdurchschnitt erreicht. Dementsprechend fällt auch in diesem Gebiet der mittlere Abfluss von etwa 10 m³/s auf 1000 km² gering aus. Im Vergleich zu anderen österreichischen Fließgewässern muss der Kamp lange fließen und viele Zubringer aufnehmen um bei Rosenberg eine Mittelwasserführung von 8,1 m³/s zu erreichen (vgl. GAMERITH 1987: 14).

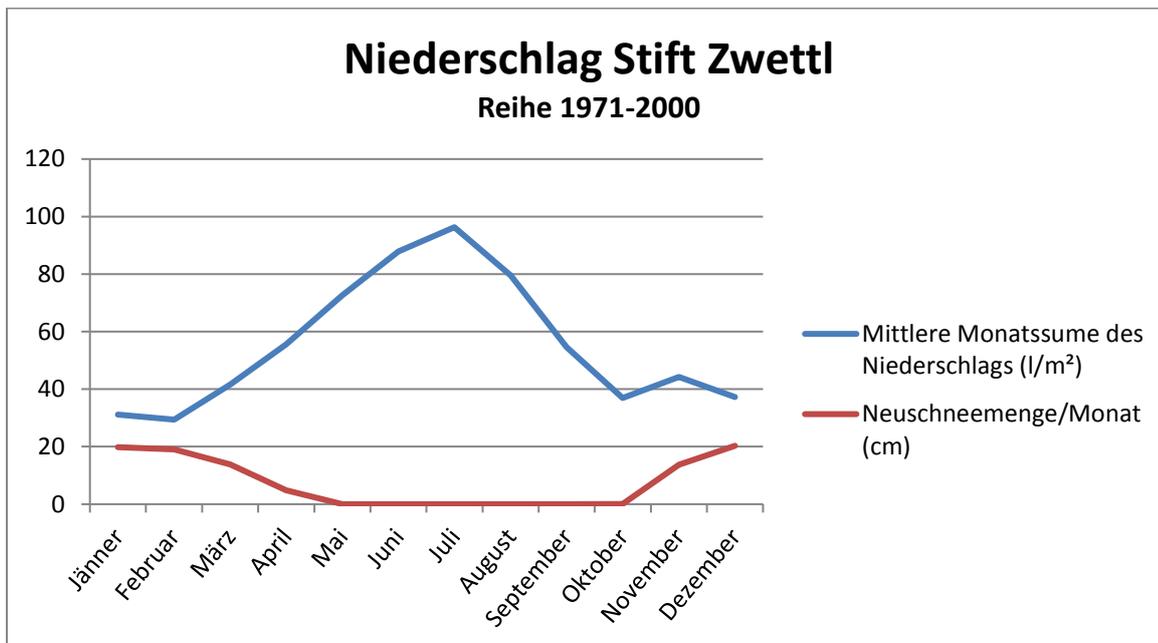


Abbildung 8: Niederschlag Messstation Stift Zwettl (1971-2000) (Datengrundlage: ZAMG 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

In Abbildung 8 sind die Niederschlagssummen der Messstation Stift Zwettl im Waldviertel dargestellt. Im Waldviertel fällt im Frühling und Sommer der meiste Niederschlag. Mit Spitzenwerten von knapp 100 L/m² im Monat sind der Juli und August die niederschlagreichsten Monate. Die durchschnittliche Jahresmenge des Niederschlags betrug in diesem Zeitraum 667,3 L/m³. Fester Niederschlag, wie Schnee, ist im Waldviertel ab Mitte Oktober vorzufinden. Die Monate Dezember und Jänner sind in diesem Zeitraum die niederschlagreichsten Monate, bezogen auf die Neuschneemenge. Über ein Jahr gesehen kommt es bei der Messstation Stift Zwettl durchschnittlich zu 91,6 cm Neuschnee (vgl. ZAMG 2016).

2.3 Die Wasserkraftnutzung entlang des Kamps

Für die Wasserkraftnutzung stellt der Kamp schon lange eine große Bedeutung dar. Durch das reichliche Wasservorkommen und das starke Gefälle, kann man auf eine lange Nutzung des Kamps für die Wasserkraft zurückblicken. Bereits im Mittelalter wurden Mühlen, Sägen und Schmiedehämmern errichtet. Das letzte Mühlenrad war noch bis in die siebziger Jahre bei Schönbach aktiv, ehe im Zuge der Industrialisierung solche Praktiken

vernachlässigt oder unmöglich gemacht wurden. Um 1907 wurde die Errichtung des ersten Elektrizitätswerks in der Gegend um die Stadt Horn zum Verhängnis für den Flößweg. So kam es, dass nach und nach die kleinen Mühlen ihren Betrieb einstellten und so das Mühlensterben begonnen hatte (vgl. GAMERITH 1987: 95).

Einen großen Schritt für die Energiewirtschaft hat die Erbauung der Kraftwerkskette zwischen Zwettl und Wegscheid gebracht. Dabei wurden in den 50iger Jahren das Pumpspeicherwerk Ottenstein (siehe Abbildung 9), der Speicher Dobra mit einer 3 km langen Stollenausleitung zum Kraftwerk Krumau und der Ausgleichsspeicher Thurnberg mit einer 2 km langen Flussstilllegung bis zum Kraftwerk Wegscheid errichtet. Dies führte soweit, dass heute zwei Drittel der Flussstrecke zwischen Zwettl und Rosenberg zwecks Stromerzeugung überstaut oder verrohrt sind (vgl. GAMERITH 1987: 95).



Abbildung 9: Kraftwerk Ottenstein (Quelle: Marktgemeinde Rastendorf 2016, online unter http://www.rastendorf.at/EVN_AG_Kraftwerk_Ottenstein_10 (17.11.2016))

2.3.1 Die Querbauwerke – ein Überblick

Heute bestehen zwischen Zwettl und der Einmündung des Kamps in die Donau 20 Laufkraftwerke (Kleinwasserkraftanlagen) und Wehranlagen. Weiters kommen noch die drei Speicherkraftwerke Ottenstein, Dobra-Krumau und Thurnberg-Wegscheid hinzu. Auch flussaufwärts von Zwettl existieren einige Kleinwasserkraftwerke und Wehranlagen, wie die Bruckmühle in Rapottenstein oder die Hofmühle in Arbesbach (vgl. NÖ LANDESAKADEMIE 2007: 8f). Die nachstehende Tabelle 1 listet die Querbauwerke entlang des Kamps ab dem Ort Zwettl bis nach Langenlois auf.

Tabelle 1: Die Querbauwerke entlang des Kamps ab Zwettl (Datengrundlage: NÖ LANDESREGIERUNG)

Die Querbauwerke entlang des Kamps ab Zwettl		
Betreiber Bezeichnung/Standort	Ortschaft	Querbauwerk
Mayr	Zwettl	Wehranlage
Lagerhaus	Zwettl	Wehranlage
Neumühle	Stift Zwettl	Wehranlage
Stiftsmühle	Stift Zwettl	Wehranlage
EVN Naturkraft	Ottenstein	Damm
EVN Naturkraft	Dobra-Krumau	Damm
Flussauf Krumau	Krumau	Sohlschwelle
Thurnberg Brücke	Thurnberg	Sohlschwelle
EVN Naturkraft	Thurnberg-Wegscheid	Damm
Steinegg	Steinegg	Sohlschwelle
EVN Naturkraft	Rosenburg	Wehranlage
Rosenburg Brücke	Rosenburg	Sohlschwelle
Mantler	Rosenburg	Wehranlage
Hofstädter	Kamegg	Wehranlage
Lachmair	Gars	Wehranlage
Mantler	Gars	Wehranlage
Badwehr	Gars	Wehranlage
Häusermannwehr	Zitternberg	Wehranlage
Bogner	Buchberg	Wehranlage
Erlinger	Plank	Wehranlage
Rehpennig	Plank	Wehranlage
Pegel Stiefen	Stiefen	Sohlschwelle
Pirker	Schönberg	Wehranlage
EVN Naturkraft	Zöbing	Wehranlage

3. Querverbauungen in Fließgewässern

Da der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit auf Wehranlagen als Querbauwerke entlang des Kamps liegt, soll dieses Kapitel den Wissensstand rund um diese Anlagen erweitern und einen groben Überblick über verschiedene Arten von Wehranlagen geben.

Überall, wo Wasser fließt, gibt es keine ruhenden Zustände. Dabei kann es sich um den Prozess des langsamen Bodenabtrags (Denudation) oder die kurzdauernde Kraftäußerung eines Wildbaches handeln. Die ökologische Struktur eines Landes wird durch ihre Fließgewässer geprägt, womit auch die wichtige Bedeutung dieser Gewässer für die Landschaft klar wird. Ihre Funktion als Naturhaushalt, die Nutzung des Wasserschatzes und die Erholung der Bevölkerung stellen drei wichtige Aufgaben der Fließgewässer dar. Doch für diese Funktionen wird auch Raum benötigt, der in den letzten Jahren durch die zunehmende Nutzung der Kulturlandschaft verändert wurde. Auch die Fließgewässer haben durch menschliche Tätigkeiten wie die Hochwasserfreilegung von Tallagen, die Entwässerung vernässter Standorte, die Verbesserung der Schifffahrt und den Bau von Wasserkraftanlagen eine Verformung der Fließstrecken durchgemacht. Jeder dieser Eingriffe verändert die Dynamik eines Flusses, weshalb es einer Einhaltung bestimmter Aufgaben der Gewässerregelung gilt (vgl. LECHER 2001: 411):

- Erhaltung der vielfältigen hydraulischen Funktion der Gewässer
- Erhaltung und Förderung der biologischen Wirksamkeit der Gewässer einschließlich der Uferbereiche
- Erhaltung und Pflege der Auen-Landschaftsräume und der naturnahen Talräume
- Förderung der Erholungsfunktion des Gewässers (vgl. LECHER 2001: 411)

Die Gewässerregelung erfordert somit eine enge Zusammenarbeit zwischen Ingenieuren, Biologen, Landschaftsplanern und anderen, um einen für den Menschen und seine Umwelt gleichermaßen tragbaren Kompromiss zu finden (vgl. LECHER 2001: 412).

Stau- und Wasserkraftanlagen stellen Bauwerke für solch eine Gewässerregelung dar und haben erheblichen Einfluss auf die ökologische Entwicklung des Flussverlaufs. Wasserkraftanlagen werden an Flüssen immer in Verbindung mit Wehren gebaut. Dieses staut den Fluss zum gewünschten Stauziel (Höhe) auf und bewirkt so den Unterschied zwischen Ober- und Unterwasser. Dieser wird schlussendlich für die Energieerzeugung genutzt (vgl. STROBL und ZUNIC 2006: 310).

Entlang des Kamps sind solche Elemente in unterschiedlichen Formen anzutreffen. Dabei beschreiben DÖRING und RALDER (2001: 575) Stauanlagen als Staubecken mit Absperrbauwerken und Betriebseinrichtungen, die der Anhebung des Wasserspiegels und der

Speicherung von Wasser dienen. Die Autoren unterscheiden Wehre, Talsperren, Hochwasserrückhaltebecken, Pumpspeicherbecken und Sedimentationsbecken.

Talsperren dienen als Wasserspeicher für den Hochwasserschutz, ebenso für die Niedrigwasseranreicherung und die Wasserkraftnutzung bei Fließgewässern. Verwendung finden Talsperren auch bei der Bereitstellung von Trink-, Brauch- und Bewässerungswasser.

Hochwasserrückhaltebecken stellen eine Sonderform der Talsperre dar und dienen dem Zweck des Hochwasserschutzes.

Pumpspeicherbecken können durch natürliche Zuflüsse und/oder durch Pumpen künstlich gefüllt werden und dienen somit als Stauanlagen, in denen Wasser zur Erzeugung von Spitzenstrom kurzzeitig gespeichert und entnommen wird (vgl. DÖRING und RADLER 2001: 575).

Die Wehranlagen werden im folgenden Unterkapitel genauer beschrieben und erklärt.

3.1 Wehranlagen

„Ein Wehr ist ein Absperrbauwerk, das der Hebung des Oberflächen- und des Grundwasserstandes („Kulturwehr“) und meist auch der Regelung des Abflusses dient. Sind neben dem Wehr eine größere Stauhaltung und andere Bauwerke (z.B. Rückstaudämme, Deiche, Wasserkraftwerke, Schiffsschleusen) vorhanden, dann spricht man von einer Staustufe“ (DÖRING und RADLER 2001:575).

Ein Wehr sperrt nur den Flussquerschnitt ab, nicht den Talquerschnitt. Im Allgemeinen dienen Wehranlagen der Reduzierung des Fließgefälles, gewährleisten die nötige Wassertiefe für die Schifffahrt, ermöglichen die Stromerzeugung in Wasserkraftwerken oder heben den Wasserspiegel für Nutzungen und Wasser-Ableitungen (vgl. DÖRING und RADLER 2001: 575, HENTZE 1950: 1).

In der Regel sind Wehre rechtwinkelig zur Hauptströmungsrichtung angelegt. Aus unterschiedlichen Gründen können sie auch schräg gebrochen oder gekrümmt angeordnet werden. Dabei spielen topographische, geologische oder nutzungsspezifische Gründe, aber auch die Vergrößerung der Überströmungslänge eine Rolle. Diese Ausrichtungen bringen sowohl Vorteile, wie eine höhere Leistungsfähigkeit, als auch Nachteile, wie schädliche Wasserwalzen bei Hochwasser, mit sich (vgl. DÖRING und RADLER 2001: 576, HENTZE 1950: 1).

Für die Gestaltung des Wehres oder der Staustufe müssen einige Punkte, wie die Abmessung des Flussquerschnitts, die Stauhöhe, der Bemessungsabfluss und der Zweck der Anlage, beachtet werden. Es ist möglich, dass für einen kleinen Aufstau mit kurzer Lebensdauer ein einfacher Holzverbau genügt. Dies würde beim Wildbachverbau oder in der Landwirtschaft zu trage kommen. In der Regel wird heute jedoch ein massives Betonbauwerk ohne oder mit beweglichen Verschlüssen gebaut. Hier unterscheidet man in bewegliche und feste Wehranlagen (vgl. DÖRING und RADLER 2001: 577). Auch gibt es noch spezielle Sonderformen der festen und beweglichen Wehranlagen, auf die in dieser Arbeit jedoch nicht eingegangen wird.

3.1.1 Feste Wehranlagen

Feste Wehranlagen sind in ihrer Anschaffung und Unterhaltung deutlich preisgünstiger als bewegliche und benötigen im laufenden Betriebe keine Bedienung (vgl. DÖRING und RADLER 2001: 578). Die Anlagen wurden früher aus Holz, Ziegelstein oder Naturstein gebaut, wobei das heutige Material Stahlbeton oder Sprundwände sind.

Nachteil der festen Wehranlagen ist die fehlende Regulierung des Stauspiegels. Dies zeigt sich in Schwankungen des Oberwasserstandes und im Aufstau bei Hochwasser, wodurch es zu Überschwemmungen komm kann und ist der Grund dafür, dass heute fast immer eine bewegliche Wehranlage gebaut wird (vgl. DÖRING und RADLER 2001: 578).

In Abbildung 10 ist der Querschnitt durch ein festes Wehr zu sehen. Der lokale Bereich vor dem Wehr wird als Oberwasser bezeichnet, während der Fließraum nach dem Sturzbett als Unterwasser bezeichnet wird. Durch das Sturzbett unterhalb des Wehrrückens wird die Flusssohle geschützt, indem das Bett dem äußeren Wasserangriff standhalten muss. Auch gegen den Auftrieb des Grundwassers muss hier eine Sicherung bestehen. Die Sturzbetten können auf unterschiedlichen Unterlagen, wie Beton, Stein, Schotter, Kies oder Holz aufbauen (vgl. HENTZE 1950: 9).

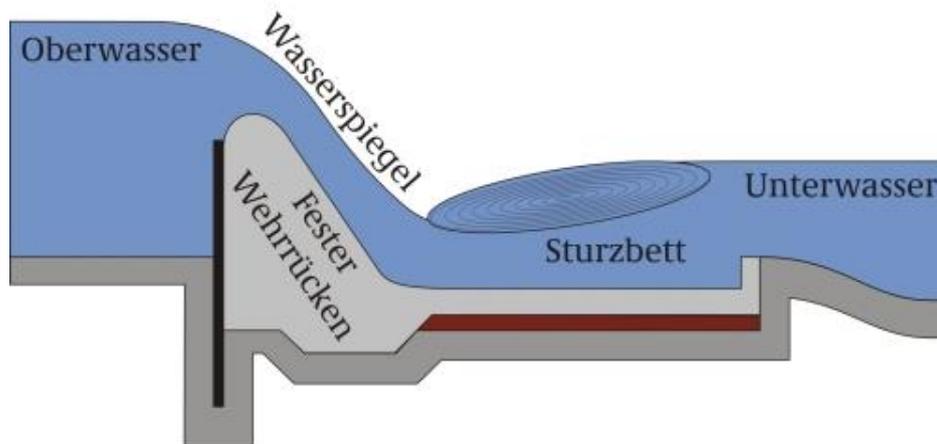


Abbildung 10: Querschnitt durch ein festes Wehr (Quelle: WASSERSTRABEN- UND SCHIFFFAHRTSAMT MEPPEN 2016, online unter http://www.wsa-meppen.de/wir_ueber_uns/amt_u_ausstellen/sachbereich_2/schleusen_wehre_tore/wehre/ (18.11.2016))

3.1.2 Bewegliche Wehranlagen

Um den Nachteil der festen Wehranlagen hinsichtlich der fehlenden Regulierung des Oberwasserstandes auszugleichen, greift die Wassertechnik auf Wehranlagen mit beweglichen Verschlüssen zurück. In der Regel bestehen sie aus Stahl, bei kleinen Anlagen können sie auch aus Holz gebaut werden (vgl. DÖRING und RADLER 2001: 580).

DÖRING und RADLER (2001: 580f.) unterscheiden bei den Verschlüssen die Bewegungsmöglichkeiten und die Lagerung. Hub-, Senk-, Hub-Senk- und Klappverschlüsse sind die unterschiedlichen Bewegungsmöglichkeiten, während die Lagerung frei tragend, beidseitig, mehrfach oder linienhaft vollzogen werden kann. Von Menschen bediente Verschlüsse werden nur bei kleinen Anlagen durchgeführt, in allen anderen Fällen ist Fremdenergie erforderlich. Diese Fremdenergie soll nach Möglichkeit von zwei unabhängigen Kraftquellen geliefert werden. Hydraulisch oder maschinell, aber auch durch hydrostatischen Druck kann die Regelung der Verschlüsse automatisch erfolgen. Ziel ist es, die Nachteile des schwankenden Oberwasserstandes zu vermeiden und damit die Wasserspiegellage auf gleicher Höhe zu halten (vgl. KACZYNSKI 1994, VISCHER et al. 2002 – In: HIESBERGER 2006: 33f.).

Die bewegliche Wehranlage und ihr Verschluss müssen so dimensioniert sein, dass Geschiebe, Schwimmstoffe und Eis in jedem Betriebszustand einwandfrei abgeführt werden können, auch wenn die größte Wehröffnung durch eine Blockade oder Bauarbeiten geschlossen ist. Die Verschlüsse müssen jederzeit betriebssicher und bedienbar sein (vgl. DÖRING und RADLER 2001: 580f.).

4. Hydrologische und hydraulische Grundlagen des fluvialen Systems

„Das fluviale System besteht aus den **Flussläufen**, den durch die Flusserosion geschaffenen **Tälern**, dem in den Flüssen als Lösungsfracht, als Schwebfracht oder als Geröllfracht transportierten **abgetragenen Gesteinsmaterial** sowie aus der **Ablagerung** dieses Materials in Niederungen und Tiefebene, in Seen oder im Meer“ (AHNERT 2015: 153).

Aufgrund dieser Vorgänge und der daraus entstandenen Gestaltung der Landformen gilt das fluviale System als Herrscher über die Landoberfläche der Erde“ (vgl. AHNERT 2015: 153). Die Wasserbilanz der Erde untermauert mit einem verfügbaren Gesamtvolumen von 1,4 Mrd. km³ die Vorgänge aufgrund der Wassermenge und die daraus resultierende Gestaltung der Erdoberfläche (vgl. WILHELM 1996 und LIEBSCHER 1990 – In: AHNERT 2015: 153).

4.1 Eigenschaften des Wassers

Wasser bildet eine der zentralen Grundlagen für das Leben auf diesem Planeten. Nicht umsonst ist eine Fläche von 361,2 Mill. km² (rund 70% der Erdoberfläche) von Meeren bedeckt (vgl. WILHELM 1993: 11). Wasser kommt in drei Aggregatzuständen an oder nahe der Erdoberfläche vor: flüssig, gasförmig und fest. In der Erdkruste wird Wasser in Form von Kristallwasser (kristalline Festkörper) gebunden, während es in der Atmosphäre und an der Erdoberfläche frei beweglich ist (vgl. WILHELM 1993: 7f).

H₂O ist für den Aufbau organischer Substanzen von großer Bedeutung und ist auf der Erde das am weitesten verbreitete Lösungsmittel. Für den Stofftransport zwischen natürlichen und anthropogenen Systemen ist Wasser unersetzbar. Eine wichtige Rolle wird der Substanz auch beim Ausgleich der Temperaturunterschiede zwischen äquatorialen und polaren Gebieten zugeschrieben (vgl. WILHELM 1993: 7f).

Unter Normalbedingungen ist Wasser in reinem Zustand eine farb-, geruch- und geschmacklose Flüssigkeit. Bei 100°C siedet Wasser, wohingegen es bei 0°C zu Eis erstarrt (vgl. WILHELM 1993: 7f).

Wasser weist eine temperaturabhängige Volumens- und Dichteänderung auf, wodurch es sich von anderen Stoffen unterscheidet. Bei den meisten natürlichen Stoffen nimmt die Dichte bei steigender Temperatur ab. Die maximale Dichte von reinem Wasser beträgt 1000 kg/m³ und tritt bei 3,98°C ein. Sowohl bei einer Temperaturzu- als auch -abnahme

kommt es zu einer Volumenzunahme, was eine Abnahme der Dichte bedeutet. Dieser Vorgang wird als Dichteanomalie beschrieben (vgl. WILHELM 1993: 7f).

Neutrales Wasser, also chemisch reines Wasser, weist einen pH-Wert von 7 auf. Aufgrund der schwachen elektrolytischen Dissoziation ist Wasser sowohl als schwache Säure und als schwache Base anzusehen. Für die chemische Verwitterung ist diese Eigenschaft bedeutend, da das Wasser Salze schwacher Säuren mit starken Basen und starker Säuren mit schwachen Basen hydrolytisch spalten kann (vgl. WILHELM 1993: 7f).

4.2 Globale Wasserbilanz und Wasserhaushalt

Die morphologische Arbeitsleistung eines Flusses hängt wesentlich von zwei Faktoren ab, nämlich von seinem Gefälle und vom Abfluss. Dabei beschreibt der Abfluss das passierende Wasservolumen an einer Stelle pro Zeiteinheit, wird gewöhnlich in Kubikmetern pro Sekunde (m^3/s) ausgedrückt und ist eine Funktion der Wasserbilanz und des Wasserhaushalts des Einzugsgebiets (vgl. AHNERT 2015: 153).

Die Formel für die globale Wasserbilanz setzt sich folgendermaßen zusammen:

$$P = E + G + R$$

P = Niederschlag
E = Verdunstung
G = Zugewinn (positiv) oder Verlust (negativ) im System, eine Speichergröße
R = Abfluss (positiv, wenn vom Kontinent ausfließend, negativ, wenn in den Ozean einfließen)

Formel 1: Die globale Wasserbilanz (Quelle: STRAHLER und STRAHLER 1999: 200)

Die Speichergröße G kann bei einer Anwendung der Gleichung über ein Jahr hinweg als Null angesehen werden, da das globale System als geschlossenes gilt. Die gespeicherten Wassermengen in der Atmosphäre, in den Ozeanen und auf den Landgebieten bleiben von Jahr zu Jahr ungefähr gleich groß (vgl. STRAHLER und STRAHLER 1999: 200). Somit vereinfacht sich die Gleichung zu:

$$P = E + R$$

P = Niederschlag
E = Verdunstung
R = Abfluss (positiv, wenn vom Kontinent ausfließend, negativ, wenn in den Ozean einfließen)

Formel 2: Die globale Wasserbilanz, vereinfacht (Quelle: STRAHLER und STRAHLER 1999: 200)

Die Wasserbilanz (siehe Tabelle 2) beschreibt den gegenwärtigen Zustand der Verteilung des Wassers in einem Gebiet, also in den irdischen Speichern (Meere, Seen, Gletscher,

usw.). Der Wasserhaushalt hingegen stellt die Bewegungen zwischen diesen Speichern dar. Die größte verfügbare Wassermenge befindet sich in den Meeren und hat ein Volumen von 1,35 Milliarden km³ (97,8%), während die Flüsse nur 1700 km³ aufweisen. Von den 104.000 km³ Wasser, die im jährlichen Durchschnitt als Niederschlag auf die Landflächen fallen, gelangen 29.500 km³ durch die Flüsse ins Meer zurück (vgl. AHNERT 2015: 153f).

Tabelle 2: Die Wasserbilanz der Erde (Quelle: WILHELM 1966 und BAUMGARNTER und LIEBSCHER 1990 – In: AHNERT 2015: 153)

Die Wasserbilanz der Erde		
Verfügbare Gesamtwassermenge etwa 1,4 Mrd. km³		
davon	Volumen (10³km³)	In %
in den Meeren	1.350.400	97,8
auf dem Land		
Flüsse	1,7	0,0001
Seen	230	0,017
Grundwasser	7.000	0,5
Gletschereis	26.000	1,88
in der Atmosphäre	13	0,001
Summe	1.383.645	Etwa 100

In Abbildung 11 ist der Wassertransfer der globalen Wasserbilanz dargestellt. Zu sehen ist, dass pro Jahr etwa 488 km³ Wasser von der Meeres- und Erdoberfläche verdunstet. Dieser Betrag wird danach in flüssigem oder festem Zustand wieder zurückgeführt. Der Niederschlag, der auf die Erdoberfläche fällt, stellt nicht gleich auch die Verdunstung von der Erdoberfläche dar. Ein Überschuss von etwa 37.000 km³ fließt an der Oberfläche oder auch unter ihr ab und erreicht das Meer. Dieser Vorgang wird Abfluss genannt (vgl. STRAHLER und STRAHLER 1999: 200).

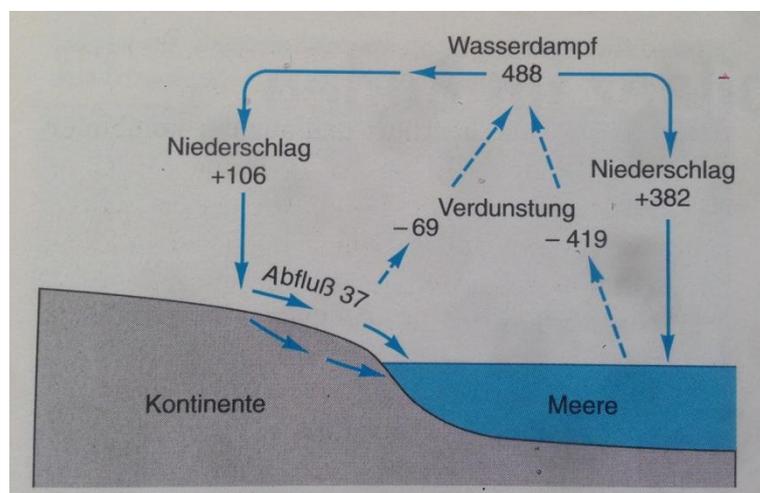


Abbildung 11: Die Wasserbilanz und ihr jährlicher Wassertransfer (jeweils in 1000 km³) (Quelle: STRAHLER und STRAHLER 1999: 200, Datengrundlage: JOHN R. MATHER 1974)

4.3 Komponenten des Wasserhaushalts - Abfluss

Der beträchtliche Wasserüberschuss, der im Bodenwasserhaushalt vieler Gebiete herrscht, wird als Abfluss über das Grund- oder Oberflächenwasser weggeführt. Entweder fließt das Wasser als Oberflächenwasser zu tieferliegendem Gelände, wobei es hier zunächst in Flüssen und Bächen gesammelt wird und am Schluss ins Meer gelangt, oder es sickert aufgrund der Schwerkraft in die Tiefe und wird zu einem Teil des Grundwasserkörpers (vgl. STRAHLER und STRAHLER 1999: 345).

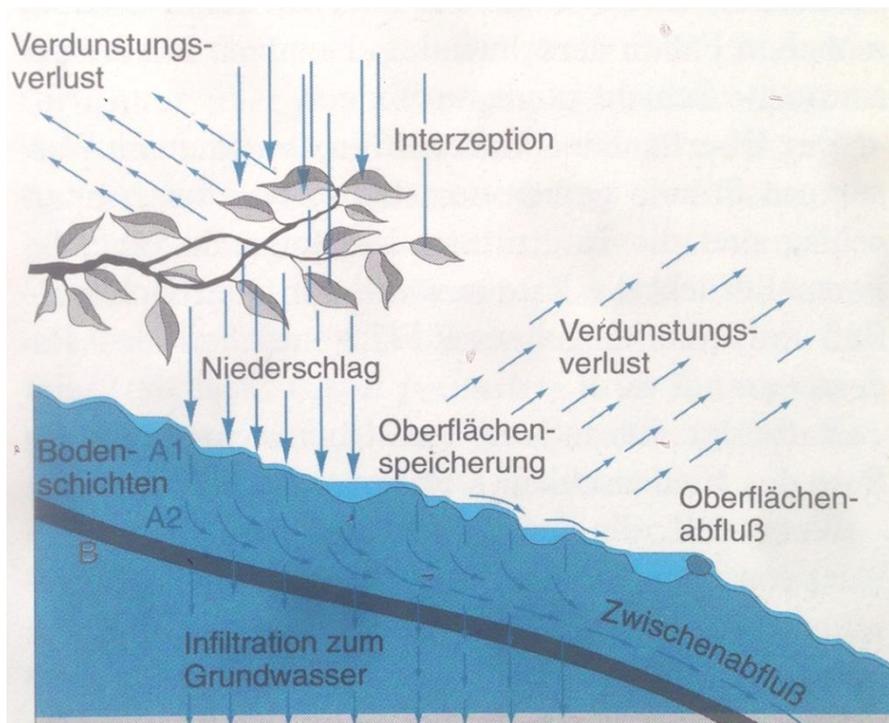


Abbildung 12: Niederschlag, Interzeption und Oberflächenabfluss (Quelle: STRAHLER und STRAHLER 1999: 345)

Abbildung 12 zeigt den Vorgang, wenn Niederschlag auf einen natürlichen Boden oder ein natürliches Pflanzenkleid fällt. Als Interzeption bezeichnet man den zur Erde fallenden Niederschlag, der, bevor er auf den Erdboden fällt, zum Teil von Pflanzen abgefangen wird. Der andere Teil, der im Boden versickert, wird Infiltration genannt. Sobald der Unterboden vom Wasser gesättigt ist, kommt es zum Interflow, bei dem das infiltrierte Regenwasser im Boden hangabwärts fließt. Sobald die oberste Bodenschicht undurchlässig bzw. wassergesättigt ist, kommt es bei weiteren Regenereignissen zu unkonzentriertem Oberflächenabfluss (vgl. AHNERT 2015: 154). Ein Teil des Niederschlages, der auf die Erdoberfläche gelangt, verdunstet von der Bodenoberfläche. Ein weiterer Teil verdunstet durch Transpiration, bei der die Blätter der Pflanzen zuvor aufgenommenes Wasser über Spaltöffnungen und deren Außenhaut wieder abgeben (vgl. ZEPP 2014: 117).

Der Abfluss der Flüsse setzt sich daher aus folgenden Komponenten zusammen:

- dem Direktabfluss von Wasser, das von den Hängen in den Fluss oder bei einem Niederschlagsereignis (ohne Infiltration) in den Fluss gelangt,
- dem Interflow oder Zwischenabfluss, der langsamer fließt und einige Zeit nach dem Niederschlagsereignis den Flusslauf erreicht,
- dem Basisabfluss, der hauptsächlich vom Grundwasser und von den Resten des Zwischenabflusses gespeist wird (vgl. AHNERT 2015: 154).

Die nachstehende Formel gibt die wichtigsten Größen des Wasserhaushaltes, bezogen auf ein Wassereinzugsgebiet in einem hydrologischen Jahr (November-Oktober), an. Aus der Gleichung ergibt sich jener Teil des Niederschlags, der entweder auf der Erdoberfläche abfließt oder in die Tiefe eindringt.

$$A = N - E_{\text{Int}} - E_{\text{Bod}} - T$$

A = Abfluss (mm)
N = Niederschlag (mm)
E_{Int} = Interzeptionsverdunstung (mm)
E_{Bod} = Verdunstung von der Bodenoberfläche (mm)
T = Transpiration (mm)

Formel 3: Der Wasserhaushalt (Quelle: ZEPP 2014: 117)

4.4 Abflussganglinien

ZEPP (2014: 118) stellt klar, dass gewässerhydrologische Grundbegriffe eine notwendige Voraussetzung für das Verstehen von flussmorphologischen Prozessen sind. Für die flussmorphologischen Prozesse der Erosion und des Sedimenttransports ist der Abfluss mit seiner Veränderlichkeit die wichtigste Steuergröße.

Abflussganglinien beschreiben die hydrologische Gesamtreaktion eines Wassereinzugsgebietes in Bezug auf Verdunstung und Niederschlag. Typisch für die Ganglinie eines Hochwasserereignisses ist ein kurzer steiler Anstieg bis zum Abflussmaximum, dem der Abflussrückgang folgt und schlussendlich die Steigung der Abflussganglinie immer geringer wird. Das Wasser, das während einer Hochwasserwelle abfließt, wird als Direktabfluss bezeichnet. Der Zwischenabfluss findet mit einiger Verzögerung statt und der Basisabfluss stellt den Abfluss vor und nach der Hochwasserwelle dar (vgl. ZEPP 2014: 118).

Die Abflussganglinie variiert mit den Eigenschaften verschiedener Einzugsgebiete. Aufgrund dessen können benachbarte Wassereinzugsgebiete völlig unterschiedliche Ab-

flussganglinien aufweisen. Eigenschaften, die auf die Abflussganglinie einwirken, sind unter anderem die Reliefeigenschaften (Hanglängen, -neigungen, Reliefenergie, etc.), die Landnutzung, die Form des Einzugsgebietes und die Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes (vgl. ZEPP 2014: 118).

Der typische Jahresgang des Abflusses wird als Abflussregime bezeichnet. Zur Darstellung monatlicher Abflusskoeffizienten dividiert Pardé die langjährigen, mittleren Monatsabflüsse mit den langjährigen mittleren Jahresabflüssen des Gewässers. Daraus resultieren relative Abflussganglinien mit denen Gewässer unterschiedlicher Größe miteinander verglichen werden können. Pardé unterscheidet hier zwischen einfachen und komplexen Regimes. Wird der Jahresgang des Abflusses nur von einer Ursache maßgeblich bestimmt, so wird von einem einfachen Abflussregime gesprochen, die in der Regel nur einen Gipfel aufweisen. Pluviale Regimes oder Regenregimes werden durch die Hauptniederschlagszeit dominiert. Schneeregimes (nivale Regimes) werden durch die Schneeschmelze bestimmt und Gletscherregimes (glaziale Regimes) durch das Abschmelzen von Gletschereis. Die komplexen Regimes weisen eine Überlagerung der abflusswirksamen hydrologischen Prozesse auf und ihre Ganglinie zeigt zwei Gipfeln an (vgl. ZEPP 2014: 120).

Der Kamp kann aufgrund seines ganzjährigen Abflusses als perennierender Fluss bezeichnet werden und wird dem pluvio-nivalen Regime mit einem sommerstarken Charakter zugeordnet. Das Regime wird durch ein Abflussmaximum in den Monaten März und April, sowie weiteren Maxima im Jahresverlauf, gekennzeichnet. Abbildung 13 zeigt das Abflussmaximum in den Monaten März und April ($12,6 \text{ m}^3/\text{s}$), gemessen beim Pegel Rosenberg Umlaufberg im Untersuchungsgebiet. Dieses Abflussregime wird einerseits durch die Ausbildung einer abflusswirksamen Schneedecke, die einen Teil der Winterniederschläge bindet, gesteuert. Verbunden mit den Frühjahrsniederschlägen kommt es so zum Abflussmaximum im März und April. Andererseits können die Niederschläge ein sekundäres Maximum im Sommer oder Frühwinter ausbilden. Der Kamp weist, als sommerstarkes pluvio-nivales Regime, durch verstärkte Regenfälle ein weiteres Maximum im Sommer im August auf. Das Minimum ist im Herbst bzw. Frühwinter anzufinden, wie auch in Abbildung 13 ersichtlich ist (vgl. MADER et. al. 1996: 72).

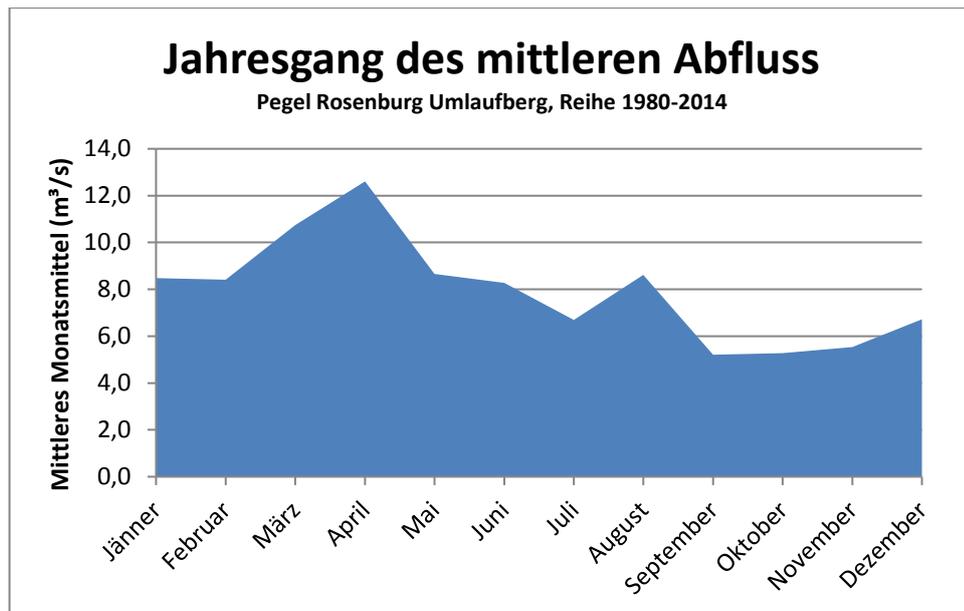


Abbildung 13: Jahresgang des mittleren Abfluss beim Pegel Rosenberg Umlaufberg (1980-2014) (Datengrundlage: BMLFUW 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

4.5 Fließzustände

Es lässt sich zwischen laminarer und turbulenter Wasserbewegung unterscheiden (vgl. AHNERT 2015:165). Während die laminare Strömung flaches, langsam bewegtes Wasser über glatten Oberflächen aufweist (vgl. ZEPP 2014:124), herrschen bei der turbulenten Wasserbewegung Wirbel vor (vgl. AHNERT 2015:165). Der Übergang von laminar zu turbulent wird auf höhere Fließgeschwindigkeiten zurückgeführt, aufgrund dessen unregelmäßig wirbelnde Mischbewegungen eine Überlagerung der Fließrichtung erzeugen. Deutlich erkennbar ist dieser Übergang anhand der Veränderung einer glatten zu einer unruhigen Wasseroberfläche. Drei Faktoren sind für die Wasserbewegung entscheidend, nämlich die Fließgeschwindigkeit, die Wassertiefe und die kinematische Viskosität. Einengungen des Fließquerschnitts, aber auch abrupte Wechsel des Gefälles können sprunghafte Veränderungen des Fließzustandes verursachen und zu spiralförmigen Doppelwalzen (siehe Abbildung 14) führen (vgl. ZEPP 2014:124f).

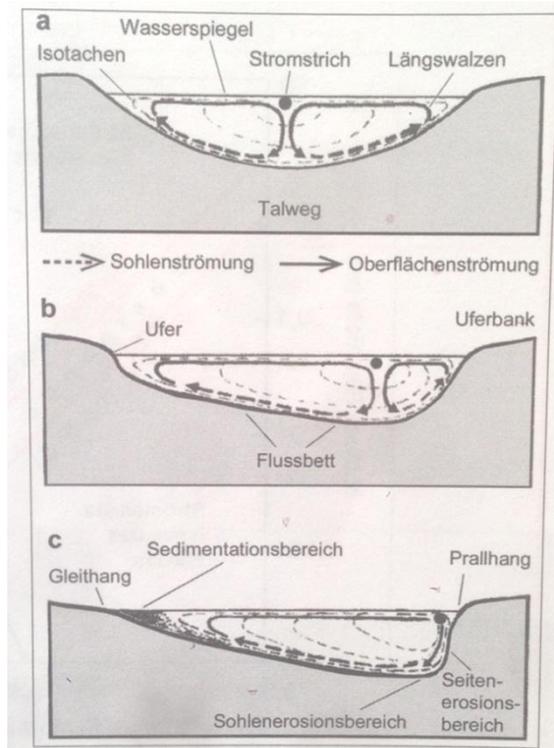


Abbildung 14: Spiralige Walzenbewegung bei (a) geradlinigem, (b) leicht gekrümmten, (c) stark gekrümmten Flussverlauf (Quelle: ZEPP 2014: 125 , nach LESER/PANZER 1981)

5. Fluviale Prozesse im Gerinnebett

„Bäche und Flüsse bilden mit ihrer Umgebung ein komplexes Wirkungsgefüge, in dem Abflussprozesse und morphologische Prozesse sich gegenseitig beeinflussen“ (ZEPP 2014: 138). Aus geomorphologischer Sicht sind dabei folgende Prozesse von Bedeutung:

- (Tiefen)Erosion: Durch mechanische Wirkung des fließenden Wassers kommt es zur Erosion bzw. schneiden sich Flüsse ein.
- Transportfunktion: Durch Flüsse und Bäche wird Denudations- und Erosionsmaterial aus dem Wassereinzugsgebiet transportiert.
- Sedimentation, Akkumulation: Zur zeitweisen oder endgültigen Ablagerung des von Flüssen transportierten Materials kommt es aufgrund nachlassender Transportkapazität (vgl. ZEPP 2014: 138f).

Laut STRAHLER und STRAHLER (1999: 382) kann Erosion nicht ohne einen Transport des erodierten Materials stattfinden. Ebenso müssen die transportierten Partikel zur Ruhe kommen. Daraus lässt sich schließen, dass Erosion, Transport und Ablagerung einen einheitlichen Prozess bilden, der in ebendiese drei Phasen unterteilt ist.

5.1 Flusserosion

„Erosion ist die linienhafte Abtragung durch Flüsse oder durch Talgletscher“ (AHNERT 2015: 170). Durch die Kraft des fließenden Wassers entsteht eine Druck- und Zugwirkung, die auf den Flussbettboden und am Ufer lockeres oder geringverfestigtes Material erodiert (bspw. Schluff, Ton, Sand und Schotter) (vgl. STRAHLER und STRAHLER 1999: 382). Es lassen sich zwei Formen der Erosion unterscheiden. Während die Seitenerosion verantwortlich für die erosive Rückverlegung des Flussufers ist, ist die Tiefenerosion eine erosive Tieferlegung der Flussbettsohle. Die Wassertiefe und das Gefälle sind die maßgeblichen Faktoren für die Erosionskompetenz eines Flusses (vgl. AHNERT 2015: 170f).

Für die Entstehung von Tälern ist die Tiefenerosion die Voraussetzung. Dabei reiben die Gerölle, die am Felsuntergrund eines Gewässers entlangwandern, das anstehende Gestein auf, wodurch dessen Oberfläche langsam tiefer gelegt wird (vgl. AHNERT 2015: 172-173).

Bei der Seitenerosion wird der Unterwasserbereich des Ufers angegriffen. Dadurch kommt es zu Auswirkungen bei dem über dem Wasserspiegel liegenden Teil der Uferböschung. Dieser kann unterschritten, versteilt oder zunehmend instabil werden, wodurch Schollenrutschungen und Abstürze der Uferböschung ins Wasser folgen. Die weitere Zerlegung und auch den Abtransport dieses abgestürzten Ufermaterials übernimmt der Fluss.

Die Instabilität des Ufers ist besonders hoch nach der fallenden Phase von Hochwässern. Aber auch bei Tauwetter nach Bodenfrost mit Eisbildung in den Poren kann Erosion leicht auftreten (vgl. AHNERT 2015: 175-176).

Wie standfest ein Ufer tatsächlich ist, variiert je nach Jahreszeit und Abflussgang. Wenn es zu Bodenfrost mit Eisbildung in den Poren kommt, wird das Ufermaterial aufgelockert und so kann bei einem darauf folgenden Tauwetter die Erosion leicht angreifen (vgl. AHNERT 2015: 175f). „Positiver Porenwasserdruck beim Austritt von Grundwasser oder von Interflow im Uferbereich oberhalb des Flusswasserspiegels vermindert die Festigkeit des Ufermaterials und führt zu lokalem Erdfließen auf der Uferböschung.“ (AHNERT 2015: 176) Die Instabilität des Ufers ist besonders hoch durch die Wassertränkung des Ufers bei der fallenden Phase eines Hochwassers (vgl. AHNERT 2015: 176).

Die wirkende Kraft bei der Erosionsleistung ist die kinetische Energie. Wie in der nachfolgenden Formel 4 erkennbar ist, müssen die Wassermenge und –geschwindigkeit in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen (vgl. BAUER und FISCHER 2002: 76).

$$E = (m \cdot v^2) / 2$$

m = Wassermasse
v = Geschwindigkeit

Formel 4: Kinetische Energie der Erosionsleistung (Quelle: BAUER und FISCHER 2002: 76)

Zwischen der Fließgeschwindigkeit des Wassers und des erodierten Gesteinsmaterials, das vom Wasser in Bewegung gesetzt wird, gibt es laut empirischen Messungen eine eindeutige Beziehung. HJULSTRÖM (1935 In: AHNERT 2015: 173) hat in seinem Diagramm (siehe Abbildung 15) die Beziehung zwischen Korngröße und Fließgeschwindigkeit festgehalten.

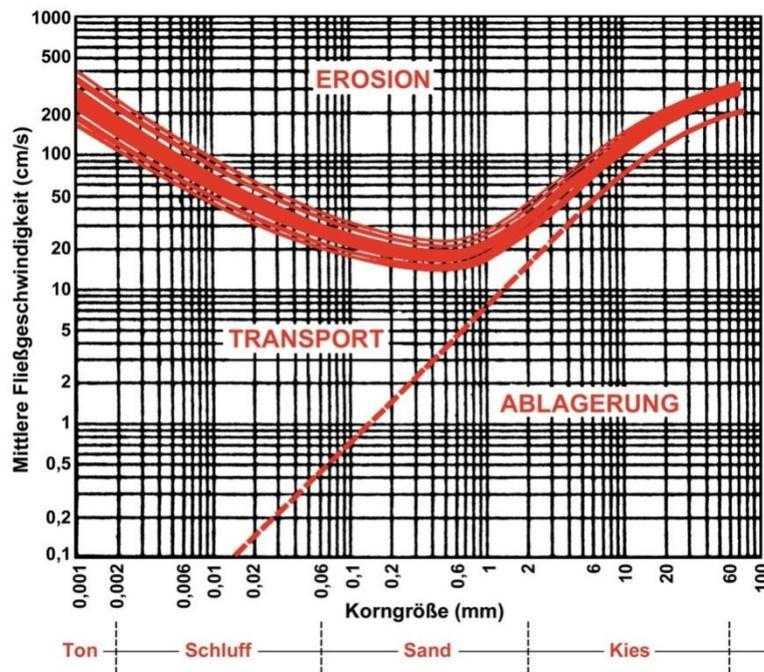


Abbildung 15: Hjulström-Diagramm (Quelle: LESER 2009: 221)

Die zwei Achsen stehen für die Fließgeschwindigkeit, angegeben in cm/s, und die Korngröße, angegeben in mm. Der obere Teil des Diagramms zeigt die Geschwindigkeiten, bei denen Partikel der einzelnen Korngrößen erodiert werden. Nach unten hin ist er durch keine durchgezogene Linie (a) abgetrennt, da die Erodierbarkeit auch von der Lagerung abhängt. Gerölle, die einzeln auf sandigem Untergrund liegen, können von der Strömung leichter mitgenommen werden, als jene, die dicht gepackt auf einer Schotterbank liegen. Bei der Erosion von Feinsand und Schluff sind Fließgeschwindigkeiten von geringerem Ausmaß ausreichend, da sie keine Kohäsion besitzen. Tone dagegen werden durch elektrostatische Kräfte zusammengehalten, die bei der Erosion erst überwunden werden müssen (vgl. AHNERT 2015: 174).

Das untere Feld mit der durchgezogenen Linie (b), zeigt die Fließgeschwindigkeit, bei der es zur Ablagerung der Partikel der jeweiligen Korngröße kommt, da sie nicht mehr weitertransportiert werden können. Ton und Feinschluff sinken aufgrund ihrer geringen Korngröße auch bei Fließgeschwindigkeiten von 1-2 cm/s nicht, wodurch die fehlenden Schwebstoffablagerungen im Flussbett erklärt werden können. Erst in Stillwasserbereichen können diese feinen Partikel auf den Boden sinken und abgelagert werden (vgl. AHNERT 2015: 174).

Zwischen den Linien (a) und (b) liegt der Bereich, bei dem die Fließgeschwindigkeit des Flusses die einzelnen Partikel der verschiedenen Korngrößen noch transportieren kann. Je größer der Abstand zwischen den beiden Kurven ist, desto kontinuierlicher ist auch der Transport (vgl. AHNERT 2015: 174).

Das Hjulström-Diagramm wird für Gesteinsfragmente herangezogen, die entweder durch Verwitterung am Boden oder an den Flussbettseiten entstanden sind, oder die durch Denudationsprozesse in den Flusslauf hinein befördert wurden (vgl. AHNERT 2015: 174).

5.2 Flusstransport

Jene von einem Fluss mitgeführten mineralischen Stoffe werden insgesamt als Flussfracht bezeichnet (vgl. STRAHLER und STRAHLER 1999: 383). Dieses mitgeführte Material wird dabei in Lösungsfracht, Schwebfracht und Geröllfracht unterteilt und wird durch Prozesse an den Hängen oder aus dem Grundwasser zugeführt, oder stammt aus dem Flussbett selbst (vgl. AHNERT 2015: 169).

1. Lösungsfracht

Die Lösungsfracht beschreibt dabei ein Produkt der chemischen Verwitterung, wo jedoch auch gelöste organische Stoffe beteiligt sein können. Diese gelösten Substanzen sind Bestandteile des Wassers selbst und werden, solange das Wasser fließen kann, transportiert (vgl. AHNERT 2015: 169). Die Menge der Lösungsfracht ergibt sich aus dem Abfluss und der Konzentration gelöster Stoffe. Die Konzentration ändert sich je nachdem wie der Fluss gespeist wird, ob von Grundwasser oder von Kombinationen aus Grundwasser, Interflow und Oberflächenabfluss (vgl. AHNERT 2015: 176).

2. Schwebfracht

Die Schwebfracht hingegen besteht hauptsächlich aus Feststoffpartikeln, wie Schluff- und Tonpartikeln. Diese sind klein und leicht genug, um durch ihren Auftrieb und durch die Turbulenz des Wassers in der Schwebelage gehalten und so vom Wasser mitgeführt zu werden. Sie stammen vorwiegend von den Böden der Landoberfläche und werden bei Starkregen in den Fluss transportiert. Daher stammt auch die Schlammfärbung der Flüsse. Bei starker bis sehr turbulenter Strömung können sowohl Sandkörner vom Flussbett, als auch Gerölle über kurze Distanzen schwebend bewegt werden (vgl. AHNERT 2015: 169).

Die Schwebfracht liefert vorwiegend der Oberflächenabfluss in den Fluss, aus diesem Grunde nimmt auch bei einem höheren Abfluss die Schwebstoffkonzentration und –rate zu. Wie viel tatsächlich in den Fluss gelangt, hängt von 4 Faktoren ab: der Intensität und Dauer des Oberflächenabflusses, vom Grad der Vegetationsbedeckung und der Verfügbarkeit feinkörnigen Materials an der Landoberfläche (vgl. AHNERT 2015: 176).

3. Geröllfracht

Das Material der Geröllfracht stammt zum größten Teil von den Talhängen, besteht aus Schottern und wird vorwiegend durch denudative Massenbewegungen in den Flussverlauf

geleitet. Die Fracht wird am Boden des Flussbetts entlang bewegt, auch gerollt oder geschoben, bei starker Strömung kann der Transport auch sprunghaft erfolgen (vgl. AHNERT 2015: 169-170). Anders als bei den zwei anderen Arten von Fracht sind hier über die Gesamtrate beziehungsweise die Kapazität des Gerölltransports keine Aussagen möglich. Die Verfügbarkeit der Geröllfracht ist von Faktoren abhängig, die nicht in Verbindung mit dem Abfluss stehen. Sie hängt von vorherrschenden Denudationsprozessen, der Art und Rate der auftretenden Verwitterung und der Widerständigkeit des Gesteins ab. Ebenso werden Gerölle bestimmter Größe nur oberhalb bestimmter Schwellenwerte der Fließgeschwindigkeit und oft nur über kurze Distanzen transportiert (vgl. AHNERT 2015: 177).

Die Mengenverhältnisse zwischen lokaler Erosion und Ablagerung der Geröllfracht bestimmen in hohem Maße die Formengestalt des Flussbetts (vgl. AHNERT 2015: 178). Bei einem Hochwasserereignis findet die Erosion hauptsächlich bei Anstieg der Hochwasser-Ganglinie statt, während beim Fallen dieser Ganglinie die Ablagerung vorherrscht (vgl. AHNERT 2015: 177).

Im Vergleich der drei Frachtformen hat die Lösungsfracht keinen Einfluss auf die Flussbettform, während die Geröllfracht den größten Faktor bei der Formgestaltung spielt. Die Gerölle werden im Flussbett wieder als Schotter abgelagert.

Einen wichtigen Aspekt der Flussfracht stellen die Schwimmstoffe dar, die überwiegend organischer Herkunft sind (bspw. Blätter, Gräser und Äste). Die Schwimmstoffe können je nach Vegetation, die den Fluss begleitet, einen Großteil der Feststofffracht ausmachen (vgl. BMLFUW 2012a: 34).

5.3 Sedimentation und Akkumulation

Nimmt die Transportkapazität in einem Fluss ab, wird das transportierte Material entweder zweitweise oder endgültig abgelagert (vgl. ZEPP 2014: 139). Dieser Prozess nennt sich Sedimentation oder auch Akkumulation und hängt vor allem von der Partikelgröße (siehe Abbildung 15) und der Fließgeschwindigkeit ab (vgl. ZEPP 2014: 143). Erosion und Akkumulation können innerhalb eines gleichen Flussabschnitts aufgrund von jahreszeitlich- oder witterungsbedingter Wasserstandsschwankungen miteinander wechseln. Schlamm-, Kies-, Schotter- und Sandbänke werden bei erhöhter Wasserführung am flussaufwärts befindenden Ende abgetragen und am unteren wieder abgelagert. Kiesbänke wandern stromabwärts (vgl. WILHELMY 2002: 79). Sobald die Fließgeschwindigkeit und die Auftriebskräfte, die durch Turbulenzen erzeugt werden, verringert werden, sedimentieren die mitgeführten Schwebstoffe. Die Geröllfracht akkumuliert bei einer Gefällsverminderung oder Abnahme der Gewässertiefe, zum Beispiel durch einen Abflussrückgang oder eine

Abflussdivergenz. Bei einer abklingenden Hochwasserwelle kommt es bei sinkendem Wasserstand zuerst zur Sedimentation im Überschwemmungsbereich außerhalb des Gerinnebetts. Unterschiedliche fluviale Akkumulationsformen können bei diesen Vorgängen entstehen (vgl. ZEPP 2014: 154).

Der Dammfluss oder Dammuferfluss wird seitlich von natürlichen Dämmen begrenzt. Bei anhaltender Akkumulation füllt der Fluss das zuvor geschaffene, eingetieftete Gerinnebett auf. Auch die bei Hochwasser überfluteten Ufer, an denen niedrigwüchsige Vegetation die Fließgeschwindigkeit abbremst, werden durch die Sedimentation erhöht. So liegen die Wasserfläche des Dammflusses und auch das Flussbett höher als das umliegende Land (vgl. ZEPP 2014: 154f).

Hindert ein Fluss mit starker Sedimentführung seine Nebenflüsse daran, auf direktem Wege einzumünden, wird von verschleppten Mündungen geredet. Dadurch sind die Nebenflüsse gezwungen ihren Weg parallel zum Hauptfluss einzuschlagen. Sobald dieser ein niedrigeres Niveau erreicht hat bzw. der Nebenfluss selbst ausreichend aufgeschottert hat, kommt es zur Einmündung in den Hauptfluss (vgl. ZEPP 2014: 155f).

Weitere fluviale Akkumulationsformen sind Schwemmfächer bzw. Schwemmlandebenen, Deltas oder Schwemmkegel.

6. Hochwasser 2002

Anfang August 2002 verlagerten sich einige Tiefdrucksysteme von den Britischen Inseln nach Zentraleuropa. Dadurch wurden feuchtlabile Luftmassen aus dem Mittelmeerraum nach Österreich befördert. Am 6. August sorgte ein anschließendes Tief über Österreich für heftige Niederschläge im Raum Linz, Mühlviertel, Salzburg und dem Waldviertel. Aufgrund von Radarbildern wurde festgestellt, dass sich die Gebiete größter Niederschlagsintensitäten in Niederösterreich meist rasch verlagerten. Im Raum Zwettl hingegen blieben diese Intensitäten über mehrere Stunden stationär. Nach einer kurzen Entspannungsphase kamen weitere intensive Niederschlagsfelder auf die Region zu. In Abbildung 16 ist die Niederschlagsverteilung am 6. August 23 Uhr im Einzugsgebiet des Kamps zu sehen. Gegen 24 Uhr lag das Zentrum der höchsten Intensität weiter westlich bei Zwettl, während am 7. August um 8 Uhr bereits 80 mm Niederschlag gefallen sind. Bis 19 Uhr des gleichen Tages waren 158 mm gefallen und dieser Wert steigerte sich noch auf 250 mm am 8. August um 8 Uhr (vgl. GUTKNECHT et al. 2002).

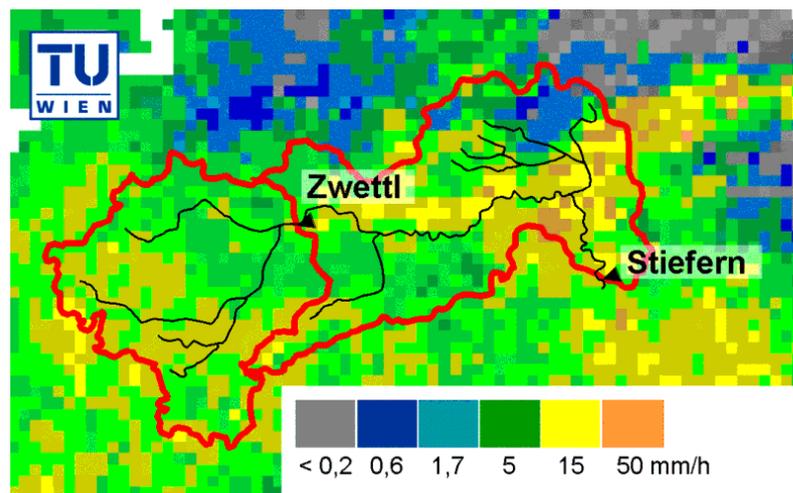


Abbildung 16: Die Niederschlagsverteilung am 6. August um 23 Uhr im Einzugsgebiet des Kamps (Quelle: GUTKNECHT et al. 2002)

Vor Beginn dieser Niederschlagsintensitäten führte der Kamp Mittelwasser. Am 6. August um 20 Uhr begann der Fluss anzusteigen und lag gegen 2 Uhr schon 2 m über dem Mittelwasserstand. Der Höchststand wurde am 7. August gegen Mitternacht mit ca. 4 m über dem Mittelwasser gemessen. Beim Pegel Stiefern zeichnete sich ein um 4 Stunden späterer Anstieg ab. Die Abflussspitze bei Stiefern betrug $800 \text{ m}^3/\text{s}$ (siehe Abbildung 17) und die Hochwasserfracht bei Zwettl etwa 70 Millionen m^3 in drei Tagen. Die durchschnittliche Jahresabflussfracht beträgt 180 Millionen m^3 (vgl. GUTKNECHT et al. 2002). Am 14. August wurde noch einmal eine Abflussspitze von rund $500 \text{ m}^3/\text{s}$ gemessen (vgl. HAUER und HABERSACK 2009: 656).

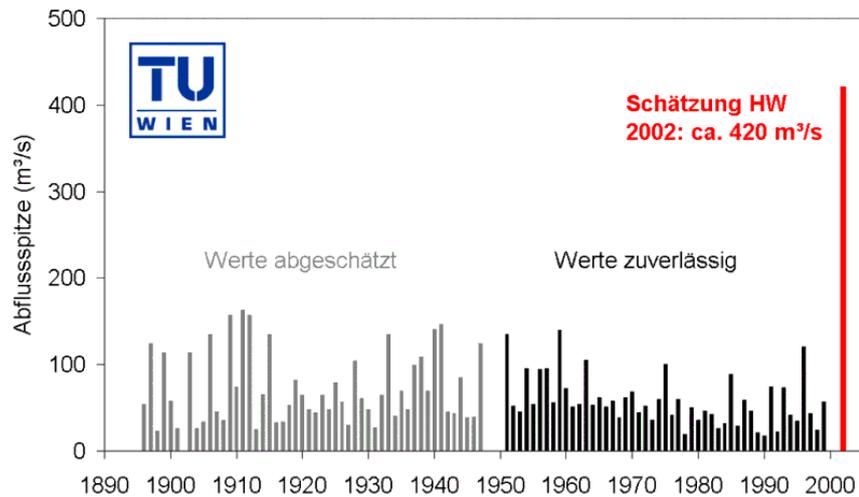


Abbildung 17: Jahreshöchstwerte des Durchflusses des Kamp bei Zwettl (Quelle: GUTKNECHT et al. 2002)

Das Hochwasser 2002 führte an verschiedenen Flüssen in Österreich zu signifikanten Laufverlagerungen, Anlandungen und Erosionen. Daraus resultierend kam es zu enormen Sachschäden in Höhe von etwa drei Milliarden Euro und auch 9 Todesopfer waren zu verzeichnen (vgl. HABERSACK et al. 2005: 88f).

7. Methodik

In diesem Kapitel erfolgt die Darstellung der gesammelten Daten und deren Verwendung. Des Weiteren wird die Vorgehensweise zur Erhebung der erforderlichen hydrologischen und baulichen Daten beschrieben. Den Abschluss bildet die Darstellung der GIS-basierten Kartierung der Orthophotos und Luftbilder zur Erhebung der fluvialmorphologischen Veränderungen.

7.1 Datengrundlage

Als Datengrundlage dienen folgende Archive und Datensammlungen:

- **Der nationale Gewässerbewirtschaftungsplan NÖ**
Dieser dient zur Feststellung der Anzahl und Art der Querbauwerke im Untersuchungsgebiet.
- **Das NÖ Wasserbuch**
Die baulichen Daten zu den Querelementen werden dem NÖ Wasserbuch entnommen.
- **Wasserstandsnachrichten, Hochwasserprognosen in NÖ**
Hier werden die hydrologischen Daten zur Untersuchung der Hochwässer und der Abflussraten entnommen.
- **eHYD**
Wie in den Wasserstandsnachrichten in NÖ werden aus dem hydrografischen Datendienst hydrologische Informationen gefiltert.
- **Der Franziszeische Kataster**
Aus dem Franziszeischen Kataster werden Informationen über die historische Existenz der Wehranlagen gewonnen.

Für die Kartierung des Untersuchungsgebiets „Mittleres Kampthal“ stehen folgende Daten zur Verfügung:

- Digitale Luftbilder
- Digitale Orthophotos (Quelle: BEV 2016)

Die eben genannten Bilder stammen vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen mit Sitz in Wien. Informationen zum Datenmaterial sind in nachstehender Tabelle 3 aufgelistet.

Tabelle 3: Verwendetes Datenmaterial (Datengrundlage: BEV 2016)

Verwendetes Datenmaterial					
Name	Quelle	Datenformat	Jahr (Aufnahme)	Information	Farbe
ÖK 20-21	BEV	tiff	1966	Luftbild	Schwarzweiß
Rev. ÖK 21	BEV	tiff	1977	Luftbild	Schwarzweiß
Weingärten	BEV	tiff	1980	Luftbild	Falschfarbe
ÖK 20-21	BEV	tiff	1985	Luftbild	Schwarzweiß
Österr. Luftbildkarte	BEV	tiff	1993, 1995	Orthophotos	Schwarzweiß
Österr. Luftbildkarte	BEV	tiff	2001	Orthophotos	Schwarzweiß
Österr. Luftbildkarte	BEV	tiff	2015	Orthophotos	RGB

Die Österreichischen Luftbildkarten aus den Jahren 1993, 1995 und 2001 weisen einen Maßstab von 1:10.000 und eine Auflösung von 0,5 m auf. Die komprimierten Orthophotos aus dem Jahr 2015 wurden mit einer Auflösung von 0,25 m mit einem Maßstab von 1:2.000 (DKM) übermittelt.

7.2 Archivarbeit

Als erster Schritt zur systematischen Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine Archivrecherche durchgeführt, bei der auf die in 4.1. erwähnten Archive und Datensammlungen zurückgegriffen wurde. Folgende Informationen wurden daraus entnommen:

7.2.1 Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000/60/EG) sieht vor, dass Oberflächengewässer und das Grundwasser bis 2027 einen „guten Zustand“ aufweisen müssen. Dafür werden im nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan des Landes Niederösterreich, abgekürzt NGP, Maßnahmen angeführt, die in der Sanierungsphase bis 2021 umzusetzen sind.

Der NGP zeichnet die Querelemente, Restwasserstrecken und Wasserkörper entlang der Gewässer auf und gibt einen kurzen Report über das entsprechende Element. In der Recherche wurde auf die Querelemente zurückgegriffen, um so die Anzahl und Art zu erfassen und die, für die Arbeit relevanten Wehranlagen, herausfiltern zu können.

7.2.2 NÖ Wasserbuch

Das Wasserbuch ist ein öffentliches Buch, ähnlich wie das Grundbuch, in das jede/r Einsicht nehmen kann. Es wird vom jeweiligen Landeshauptmann des Bundeslandes getrennt für jeden Verwaltungsbezirk geführt. Das Wasserbuch besteht aus der Evidenz der

Wasser(benutzungs)rechte und Deponien, der Urkundensammlung, sowie den erforderlichen Kartenwerken und Hilfsmitteln. Das Wasserbuch online ist Teil des „Wasserdatenverbundes Niederösterreich“ (WDV).

Im Zuge der Recherche wurden mit Hilfe des Wasserbuchs online die Wasserkraftanlagen im Untersuchungsgebiet identifiziert. Mittels einer Onlineabfrage wird ein Wasserbuchauszug erstellt, woraus folgende Daten abgeleitet wurden:

- Name der Anlage, Berechtigter
- Art der Anlage
- Erste urkundliche Erwähnung
- Bauliche Maßnahmen

Die vielfältigen baulichen Maßnahmen wurden hinsichtlich ihrer direkten Beeinträchtigung an der Wehranlage gefiltert. So wurden nur jene Veränderungen berücksichtigt, die Einfluss auf die Wehranlage haben, wie zum Beispiel eine Wehrerhöhung.

Das NÖ Wasserbuch wurde herangezogen, um relevante bauliche Maßnahmen zu filtern, die zu einer Veränderung an der Wehranlage geführt und somit eine mögliche Auswirkung auf den flussmorphologischen Zustand im Bereich um die Wehranlage haben können.

7.2.3 NÖ Wasserstandsnachrichten, Hochwasserprognosen und eHYD

Das Land Niederösterreich betreibt ein Basisnetz zur Erfassung hydrologischer Messdaten mit mehr als 100 repräsentativen Messstellen, an denen folgende Daten kontinuierlich erfasst und im Internet veröffentlicht werden: Wasserstand, Durchflussmenge, Wassertemperatur, Niederschlagsmenge, Lufttemperatur und Grundwasserstände. Ebenso werden Daten über historische Ereignisse und statistische Hochwässer erfasst.

Der hydrographische Dienst Österreichs stellt unter der Plattform eHYD einen Datendienst zur Verfügung, der ein Basismessnetz zur Erfassung wichtiger hydrologischer Daten (Niederschlag, Durchfluss, Wasserstand, Grundwasser) betreibt. Zusammengefasst werden diese Informationen vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Aus diesen zwei Datenbanken wurden Daten über den Durchfluss und den Wasserstand im Kamp genommen. Dabei wurden die zwei Messpegel Rosenberg Umlauf und Stiefern aus dem Untersuchungsgebiet herangezogen. Diese Abflussdaten sollen Rückschlüsse über die flussmorphologischen Veränderungen im Bereich der Wehranlagen geben.

7.2.3 Franziszeischer Kataster NÖ

Durch das kaiserliche Patent vom 23. Dezember 1817 wurde beschlossen, dass alle Grundstücke gleichmäßig nach ihrem Reinertrag besteuert werden sollen. Dafür wurde ein Grundkataster, der nach dem Kaiser benannte „Franziszeische Kataster“ angelegt. Dieser wurde auf Grundlage einer genauen geodätischen Landvermessung mittels Triangulierung erstellt.

Der Franziszeische Kataster liegt heute im NÖ Landesarchiv in vier Serien (Kartenwerk, Parzellenprotokolle, Schätzungsoperat, Bezugsbestände) auf. Das Kartenwerk bilden die Mappenblätter, die für jede Katastralgemeinde angelegt wurden.

In dieser Archivrecherche wurden die Mappen der Katastralgemeinden im Untersuchungsgebiet, die 1823 entstanden, durchleuchtet. Gefiltert wurde nach jenen Mappen, in denen der Flussverlauf des Kamps und auch vorkommende Wehranlagen eingezeichnet wurden. So lässt sich feststellen, welche der heutigen Wehranlagen schon im 19. Jahrhundert existierten.

7.3 GIS-basierte geomorphologische Kartierung anhand von Orthofotos und Luftbildern

Geografische Informationssysteme nutzen Informationstechnologie und Daten zur Eingabe, Strukturierung, Manipulation, Integration, Analyse und Anzeige von Informationen mit einem geospatialen Aspekt. Die mit einem GIS-Projekt verknüpften Datensätze beinhalten eine Karte oder eine Auswahl von Karten, aber es ist die Fähigkeit zur räumlichen Abfrage und räumlichen Analyse, die GIS von einfachen Desktop-Mapping-Systemen unterscheidet (vgl. SWANSON 2001:83).

Die zweite Methode bestand aus einer GIS-basierten geomorphologischen Kartierung. Die Orthofotos und Luftbilder wurden georeferenziert und zugeschnitten, sodass eine genaue Kartierung des Flussverlaufs möglich war.

7.3.1 Anwendung in der Diplomarbeit

In der vorliegenden Arbeit wurde das Teilprogramm ArcMap 10.3 der Software ArcGIS (Esri) verwendet. Mit diesem Programm wurden alle Schritte zur Bearbeitung und Darstellung der Orthofotos und Luftbilder durchgeführt.

7.3.2 Georeferenzierung und Zuschnitt der Luftbilder

Das vorhandene Datenmaterial, in Tabelle 3 ersichtlich, musste zunächst unterschiedlich bearbeitet werden, da die vorhandenen Luftbilder von den Zeitscheiben 1966, 1977, 1980 und 1985 keine Georeferenzierung aufwiesen. Als Referenzzeitscheibe wurden jene Or-

thophotos von 2015 herangezogen. Aus den Luftbildern wurden einzelne kleinere Flussabschnitte geclippt, um später eine bessere Übereinstimmung bei der Georeferenzierung erzielen zu können. Darauffolgend wurden die geclippten Bilder anhand von 3-5 Referenzpunkten, die direkt entlang des Flussverlaufs passend gewählt wurden, georeferenziert.

Ein Teilabschnitt der fertig bearbeiteten Zeitscheibe von 1977 ist in Abbildung 18 zu sehen. Die Orthophotos der jüngeren Zeitscheiben mussten nicht bearbeitet werden, da diese ohnehin schon georeferenziert sind.

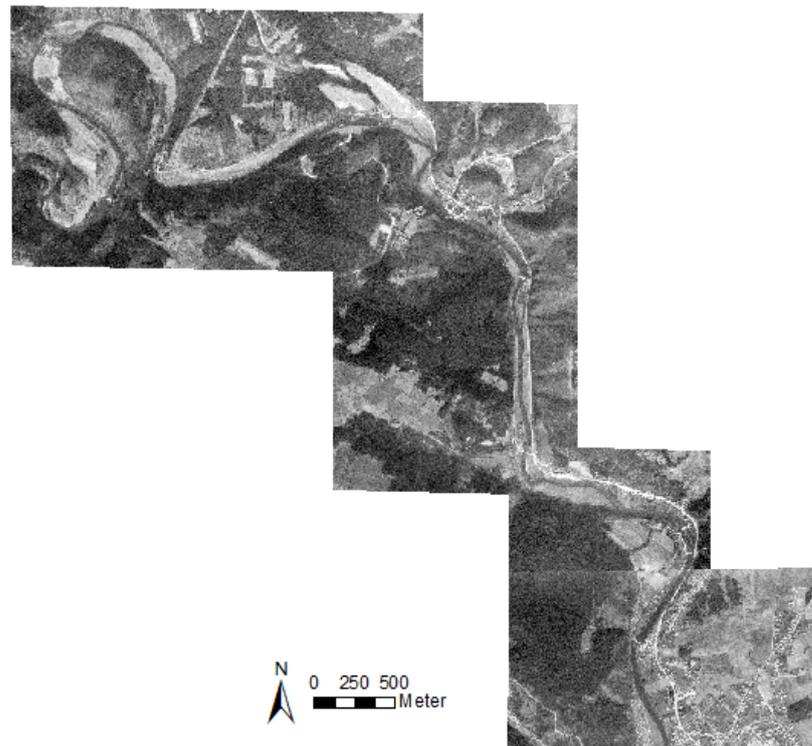


Abbildung 18: Georeferenzierung Zeitscheibe 1977 (Datengrundlage: Bev 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

7.3.3 Kartierung

Im nächsten Schritt erfolgte die genaue Kartierung des Flussverlaufs mit einem flächenförmigen Polygon. Dabei wurden die Flussinseln/Kiesbänke mit einem eigenen Polygon kartiert. Den Beginn dieser Kartierung stellte die erste Wehranlage im Untersuchungsgebiet (WA Umlauf EVN) dar. Dabei wurden 150 m vor und nach dieser Wehranlage vermessen. Das Ende der Kartierung bildete die letzte Wehranlage des Untersuchungsgebiets in Zöbing (WA Naturkraft EVN), wobei wiederum 150 m vor und nach dieser Wehranlage kartiert wurde (Abbildung 19).

Anhand folgender Kriterien wurde die Kartierung vorgenommen:

- **Uferlinie**

Als Uferlinie wurde die Grenze zwischen dem Bett des Flussverlaufs und den Ufergrundstücken festgelegt.

- **Kiesbänke/Flussinseln**

Da vor allem bei den vorhandenen Luftbildern der älteren Zeitscheiben eine genaue Definition der Flussinseln aufgrund der Pixelauflösung nicht möglich war, wurden sowohl Flussinseln als auch Kiesbänke für die Kartierung herangezogen.

- **Schatteneffekt**

Bei den vorhandenen Aufnahmen in schwarz/weiß ist oftmals die genaue Uferlinie nicht erkennbar. Deshalb wurde in diesem Bereich die Uferlinie parallel zur gegenüberliegenden Uferlinie gezogen. Nach eigenem Empfinden wurde die Linie auch in Weiterführung des letzten sichtbaren Uferstücks bis zur nächsten sichtbaren Uferlinie gezogen.

- **Ausleitungskanal Kraftwerk**

Der Ausleitungskanal und/oder Mühlenschuss wurde bei der Kartierung nicht berücksichtigt und fließt somit nicht in das Ergebnis dieser Arbeit ein.

Anhand folgender Parameter erfolgte die Auswertung der Daten:

- **Flächenveränderung**

Der kartierte Flussverlauf wird 150 m vor und nach der Wehranlage gesplittet. So kann die Fläche für das übrig gebliebene Polygon ermittelt werden.

- **Längenveränderung**

Anhand der jüngsten Zeitscheibe 2015 werden 150 m vor und nach der Wehranlage definiert. Dabei wird von der Flussmitte des Hauptgerinnes mit einem linienförmigen Polygon gemessen.

Diese festgelegte Länge wird auf die anderen Zeitscheiben übertragen und so anhand eines neuen linienförmigen Polygons die tatsächliche Längenveränderung gemessen.

- **Anzahl und Fläche der Kiesbänke/Flussinseln**

Die Anzahl der Kiesbänke und Flussinseln im untersuchten Bereich der Wehranlagen in den verschiedenen Zeitscheiben sowie ihre Größen geben Rückschluss über die fluvialmorphologischen Veränderungen im Zeitverlauf.

- **Breitenveränderung**

Die Breitenveränderung wird anhand der max. Breite im Untersuchungsraum der Wehranlage festgestellt.

7.3.4 Kartographische Darstellung

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in kartographischer Form über das Programm ArcMAP 10.3. Die grafische Darstellung der fluvialmorphologischen Veränderungen erfolgt über die 7 Zeitscheiben hinweg. Dieser werden eine Legende, ein Nordpfeil und ein Maßstab beigefügt. Der gelbe Pfeil zeigt die Fließrichtung des Flusses an (siehe Abbildung 26-37).

8. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden alle Ergebnisse der Untersuchungen, in Reihenfolge der Forschungsfragen nach, präsentiert.

Zunächst werden die Wehranlagen im Untersuchungsgebiet erfasst, ihre heutige Funktion und ihre erste urkundliche Erwähnung im Wasserbuch dargestellt. Ebenso fließt hier die Untersuchung des Franziszeischen Katasters mit ein. Danach widmet sich der nächste Abschnitt der kartographischen Darstellung der flussmorphologischen Veränderungen im Bereich der Wehranlagen. Im Anschluss erfolgt die Erfassung der Abflussdaten, der Hochwässer, sowie der baulichen Veränderungen während des Untersuchungszeitraums.

8.1 Die Wehranlagen im Untersuchungsgebiet

Die Ergebnisse der Archivrecherche zur heutigen Situation der Wehranlagen sind in Tabelle 4 aufgelistet. So existieren 2017 zwölf Wehranlagen im Untersuchungsgebiet „Mittleres Kampthal“. Diese zwölf Querbauwerke haben alle die gleiche Funktion als Wasserkraftanlage. Nur die Wehranlage Nr. 6 in Gars am Kamp wird auch für den Badebetrieb eingesetzt. Das Jahr der Erbauung der Wehranlagen lässt sich nicht eindeutig feststellen, da das Wasserbuch lediglich die erste urkundliche Erwähnung anführt. Hierbei gilt auch zu bemerken, dass viele dieser Urkunden im Zuge der beiden Weltkriege verloren gegangen sind. Zu sehen ist, dass die früheste Erwähnung einer dieser Wehranlagen bereits 1803 statt fand, während die jüngste urkundliche Erwähnung aus dem Jahr 1908 datiert. Es wurde festgestellt, dass alle zwölf Wehranlagen im 18. Jahrhundert, 19. Jahrhundert beziehungsweise Anfang des 20. Jahrhunderts erstmalig im Wasserbuch aufscheinen.

Tabelle 4: Die Querbauwerke im Untersuchungsgebiet (Datengrundlage: NÖ LANDESREGIERUNG)

Die Querbauwerke im Untersuchungsgebiet				
Nr.	Name	Ort	Funktion	Erste urkundliche Erwähnung
1	EVN Naturkraft 1	Umlaufberg Rosenberg	Wasserkraftanlage	1906
2	Mantler Mühle1	Rosenburg	Wasserkraftanlage	1891
3	Hofstätter	Kamegg	Wasserkraftanlage	1792
4	Seidl Immobilien	Gars am Kamp	Wasserkraftanlage	1824
5	Mantler Mühle 2	Gars am Kamp	Wasserkraftanlage	1885
6	Rehpenning	Gars am Kamp	Wasserkraftanlage, Badebetrieb	1803
7	Kerl	Zitternberg	Wasserkraftanlage	1902
8	Bogner Privatstiftung	Buchberg	Wasserkraftanlage	1891
9	Erlinger-Schiedlbauer	Plank am Kamp	Wasserkraftanlage	1893
10	Erlinger	Plank am Kamp	Wasserkraftanlage	1908
11	Pirker	Schönberg	Wasserkraftanlage	1982
12	EVN Naturkraft 2	Zöbing	Wasserkraftanlage	1879

Um einen besseren Überblick über die Wehranlagen im Untersuchungsgebiet zu bekommen, ist in Abbildung 19 der Flussverlauf von 2015 mit den Querbauwerken abgebildet. Die grün gefärbten Punkte markieren die heutigen Wehranlagen. Dabei lässt sich erkennen, dass ein höheres Vorkommen der Wehranlagen vor allem um die Orte Gars am Kamp und Plank am Kamp besteht (siehe Abbildung 19, rote Markierung). Lediglich zwei Wehranlagen befinden sich vor bzw. nach und eine zwischen diesen Orten.

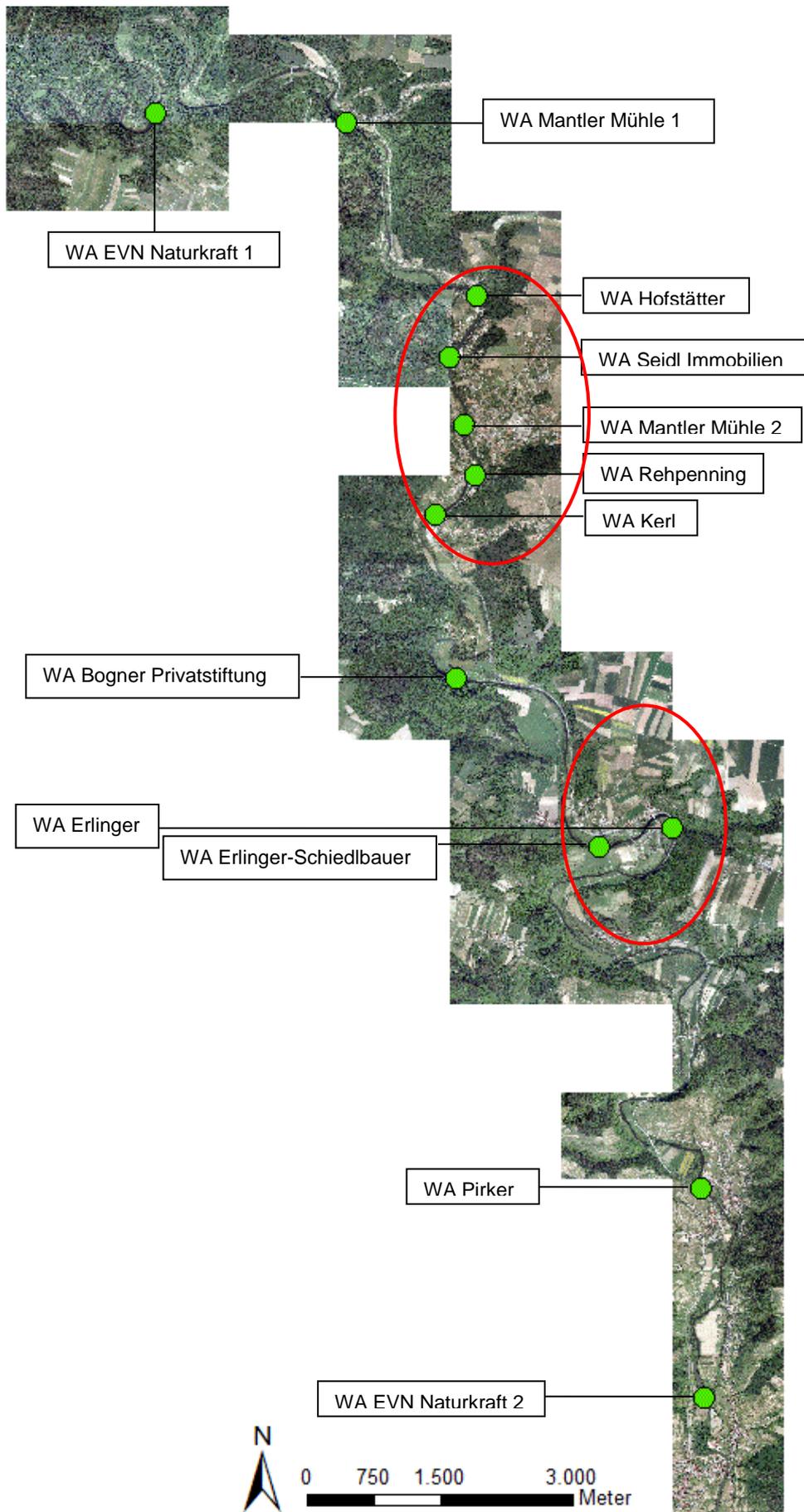


Abbildung 19: Die Wehranlagen im Untersuchungsgebiet (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

8.1.1 Historische Wehranlagen im Franziszeischen Kataster

Im Franziszeischen Kataster von Niederösterreich sind entlang des Kamps im Untersuchungsgebiet sieben Wehranlagen, bestehend aus Holz oder Stein, zu finden. Fünf dieser Wehranlagen existieren auch heute noch. Die anderen beiden, bei Rosenberg und Oberplank, sind in den aktuellen Aufnahmen von 2015 des NÖ Atlas nicht mehr zu finden. Über die anderen Wehranlagen liegen im Franziszeischen Kataster keine Informationen vor.

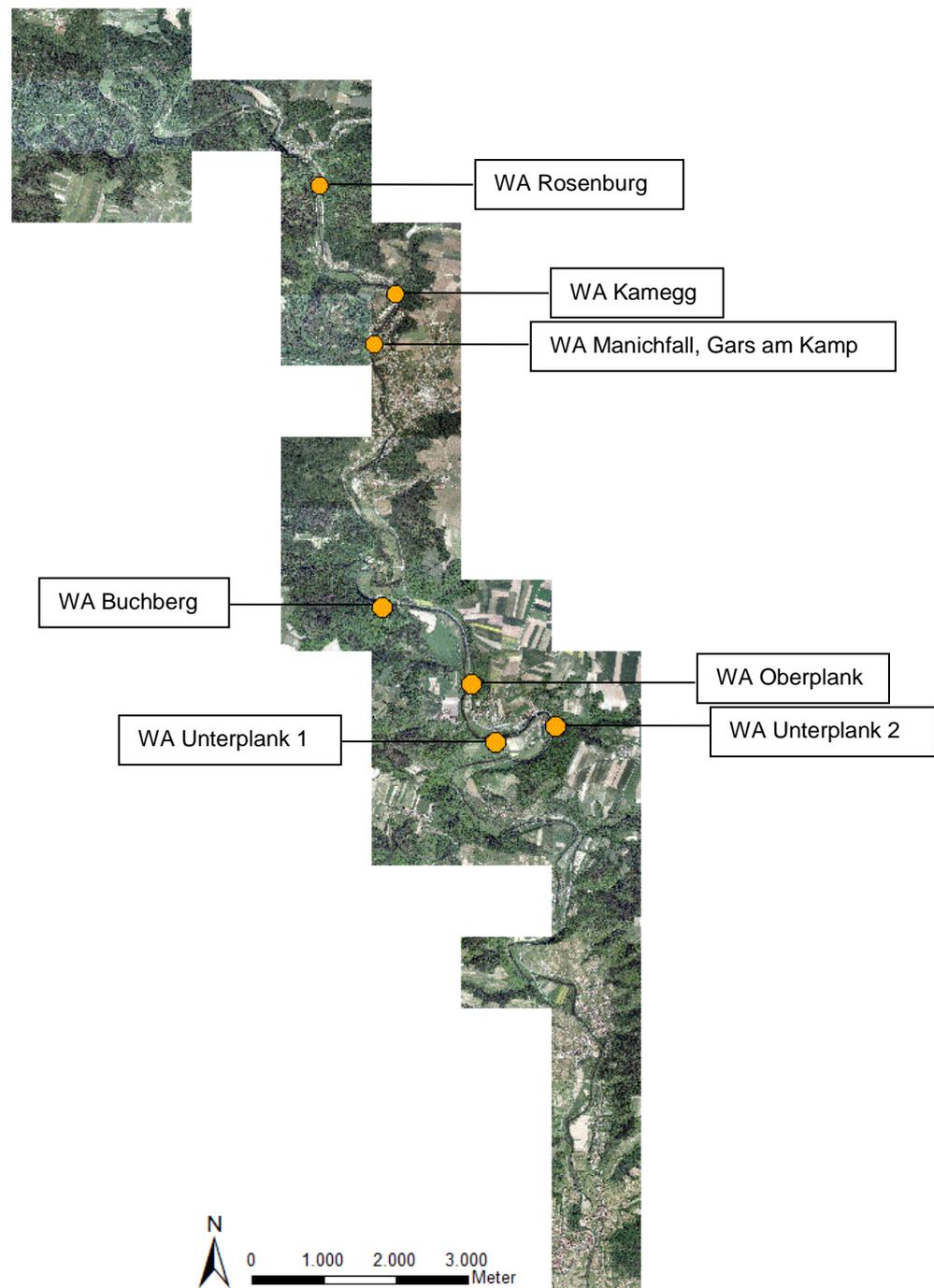


Abbildung 20: Die Wehranlagen des Franziszeischen Katasters, eingezeichnet im UG von 2015 (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

Zunächst ist in Abbildung 20 ein Überblick über die sieben bestehenden Wehranlagen im Franziszeischen Kataster gegeben. Danach folgen die einzelnen Abbildungen aus dem Franziszeischen Kataster, die die Wehranlagen von 1823 zeigen. Dabei markiert der rote Kreis die betreffende Wehranlage.

1. Rosenberg

Nach der Zuspeisung der Taffa in den Kamp gab es 1823 noch eine hölzerne Wehranlage (siehe Abbildung 21). Auf den Luftbildern der Zeitscheiben von 1966, 1977 und 1980 ist dieses Querbauwerk ebenfalls zu finden. In der Zeitscheibe von 1985 existiert diese Wehranlage nicht mehr.

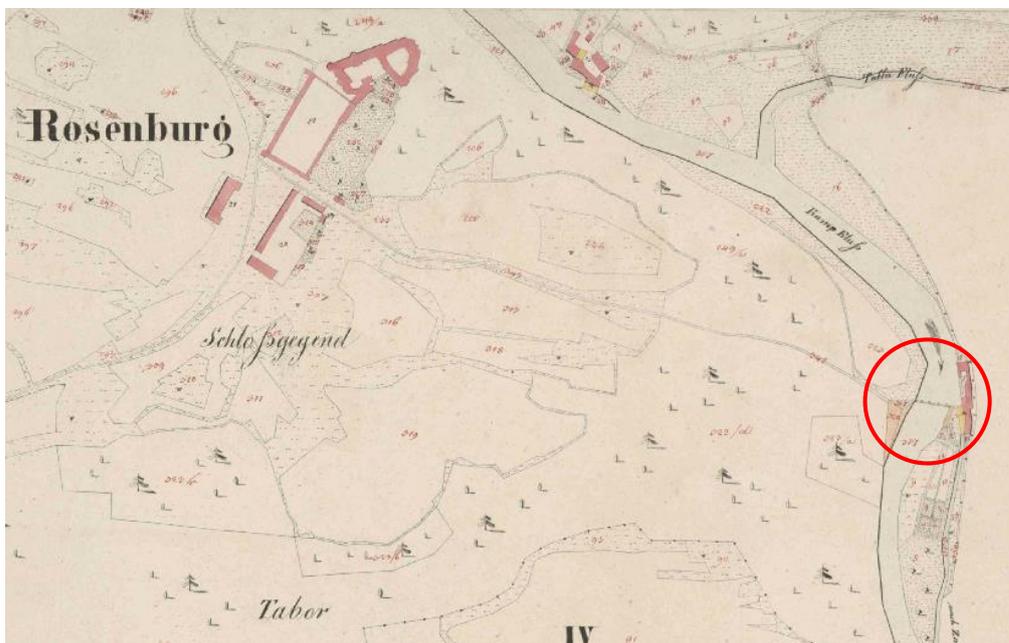


Abbildung 21: Wehranlage des Franziszeischen Katasters 1823 in Rosenberg (Quelle: NÖ LANDESARCHIV 2016)

2. Kamegg

In der Ortschaft Kamegg (siehe Abbildung 22) weisen die Mappen des Franziszeischen Katasters von 1823 eine Wehranlage aus Holz auf. Eine weitere Holzwehranlage ist zu Beginn von Gars am Kamp zu finden. Diese Querbauwerke bestehen heute noch und werden in weiterer Folge in 8.2 beschrieben.

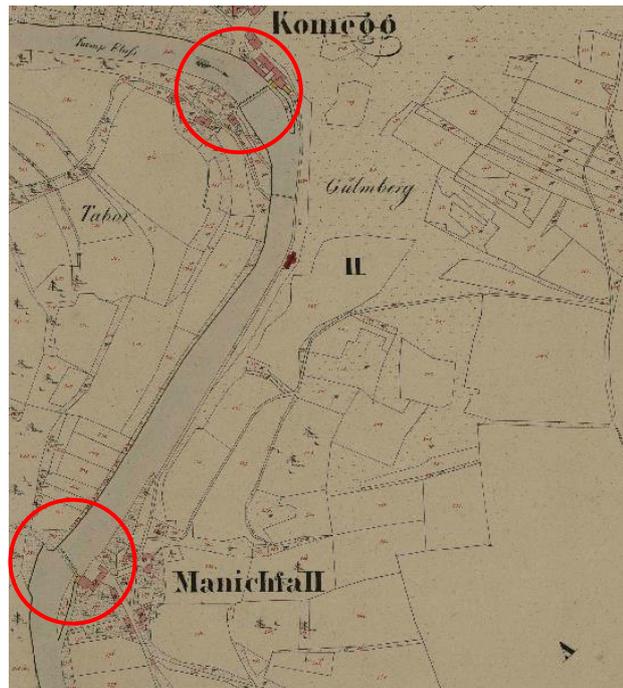


Abbildung 22: Wehranlagen des Franziszeischen Katasters 1823 in Kamegg (Quelle: NÖ LANDESARCHIV 2016)

3. Buchberg

Die hölzerne Wehranlage in Buchberg (siehe Abbildung 23) besteht heute noch und gehört der Privatstiftung Bogner.

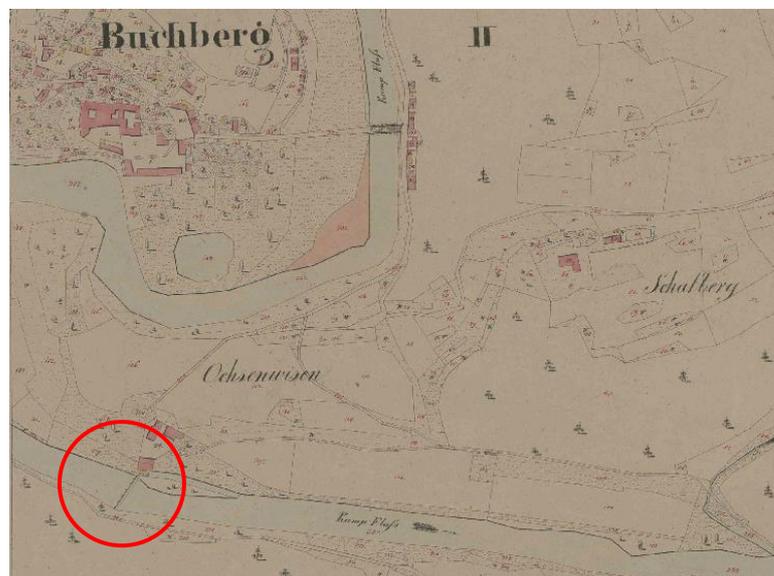


Abbildung 23: Wehranlage des Franziszeischen Katasters 1823 in Buchberg (Quelle: NÖ LANDESARCHIV 2016)

4. Oberplank

In Oberplank (siehe Abbildung 24) befand sich 1823 eine hölzerne Wehranlage, die jedoch heute nicht mehr besteht. Auch in den untersuchten Zeitscheiben ist diese Wehranlage nicht mehr vorzufinden.

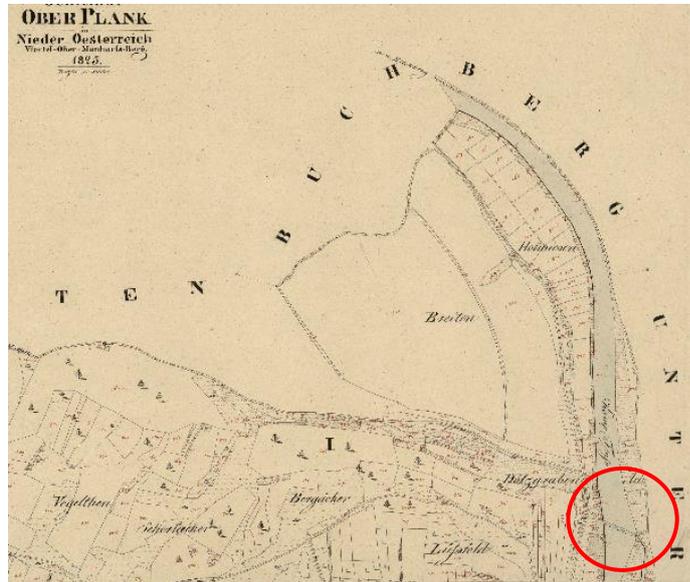


Abbildung 24: Wehranlage des Franziszeischen Katasters 1823 in Oberplank (Quelle: NÖ LANDESARCHIV 2016)

5. Unterplank

Der Ort Unterplank, der heute als Plank am Kamp bekannt ist, wies 1823 zwei steinerne Wehranlagen (siehe Abbildung 25) auf. Auf den untersuchten Zeitscheiben sind diese noch immer vorzufinden.

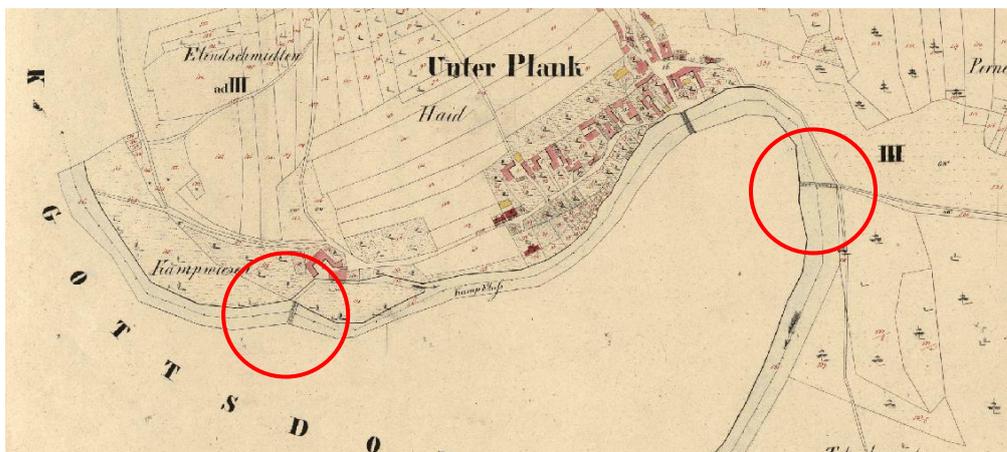


Abbildung 25: Wehranlagen des Franziszeischen Katasters 1823 in Plank am Kamp (Quelle: NÖ LANDESARCHIV 2016)

8.1.2 Veränderungen der Wehranlagen

Die zwölf Wehranlagen (siehe Abbildung 19) des Untersuchungsgebiets existieren über den gesamten Untersuchungszeitraum von 1966-2015. Die Zeitscheiben von 1966, 1977 und 1980 weisen noch eine weitere Wehranlage auf, die jedoch 1985 nicht mehr vorzufinden ist. In der Abbildung 26 ist diese Wehranlage auf den 4 genannten Zeitscheiben zu sehen.

Die Untersuchung zeigte keine weiteren Veränderungen der Wehranlagen zwischen 1966 und 2015.

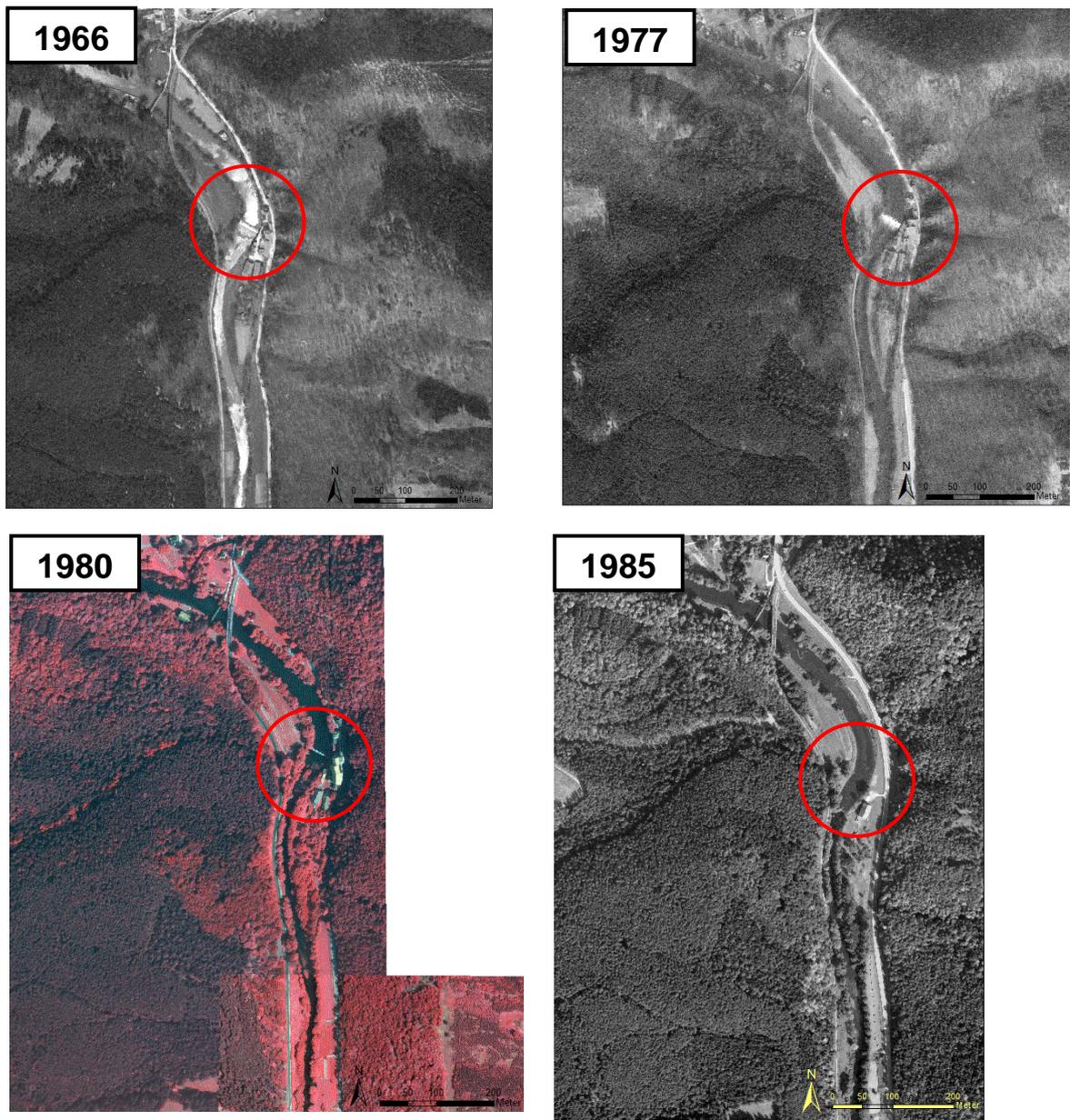


Abbildung 26: Bilderreihe der Wehranlage nach Rosenberg (1966-1985) (Quelle: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

8.2 Kartographische Darstellung der flussmorphologischen Veränderungen zwischen 1966 und 2015

Die Ergebnisse zu den flussmorphologischen Veränderungen um die Wehranlagen werden in der Reihenfolge dem Flussverlauf nach abgehandelt. Die Wehranlagen werden mittels kartographischer Abbildung aller Zeitscheiben dargestellt. Zu Beginn sind in den Tabellen 5-7 noch alle Daten der Untersuchung aufgelistet. Auf die Ergebnisse wird im Zuge der Einzelbetrachtung jeder Wehranlage eingegangen.

Tabelle 5: Veränderung in Anzahl und Fläche der Inseln und Kiesbänke an den Wehranlagen von 1966-2015

	Anzahl der Inseln und Kiesbänke												Fläche der Inseln und Kiesbänke (m ²)											
	EVN Naturkraft 1	Mantler Mühle1	Hofstätter	Seidl Immobilien	Mantler Mühle 2	Rehpenning	Kerl	Bogner Privatstiftung	Erlinger-Schiedlbauer	Erlinger	Pirker	EVN Naturkraft 2	EVN Naturkraft 1	Mantler Mühle1	Hofstätter	Seidl Immobilien	Mantler Mühle 2	Rehpenning	Kerl	Bogner Privatstiftung	Erlinger-Schiedlbauer	Erlinger	Pirker	EVN Naturkraft 2
1966	0	0	1	2	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1204	415,6 162	126,8 180,9	0	0	0	337	0	277	0
1977	0	0	1	1	2	0	1	0	1	0	0	2	0	0	507,2	420	74,3 168,7	0	46,8	0	119	0	0	378,5 677,7
1980	-	0	1	1	2	1	3	0	1	0	1	2	-	0	831,6	555	93,5 186,4	678	114,3 246,4 21,6	0	324	0	453	500,6 779,7
1985	0	0	1	2	2	0	1	0	1	0	1	2	0	0	398,8	282,3 513,2	139,3 302,7	0	45,2	0	474	0	177	602,5 878,7
1993	0	0	1	1	2	0	1	0	1	4	1	3	0	0	1632	687	82,8 403,3	0	40,8	0	435	83,5 72,5 122 393,4	248	701 579,3 845,7
2001	0	0	1	1	2	1	0	0	1	3	1	2	0	0	1150	500	190,6 385,9	117	0	0	376	104,7 119,6 91,1	106	511,3 589,4
2015	1	1	2	1	1	0	1	0	0	0	1	2	34	72	266,8 445	441	437	0	179	0	0	0	150	416 658

Tabelle 6: Veränderung der max. Breite und Fläche an den Wehranlagen von 1966-2015

	Max. Breite (m)												Fläche (m ²)											
	EVN Naturkraft 1	Mantler Mühle1	Hofstätter	Seidl Immobilien	Mantler Mühle 2	Rehpenning	Kerl	Bogner Privatstiftung	Erlinger-Schiedlbauer	Erlinger	Pirker	EVN Naturkraft 2	EVN Naturkraft 1	Mantler Mühle1	Hofstätter	Seidl Immobilien	Mantler Mühle 2	Rehpenning	Kerl	Bogner Privatstiftung	Erlinger-Schiedlbauer	Erlinger	Pirker	EVN Naturkraft 2
1966	93,7	54,9	56,4	55,8	62,1	59,6	55,6	46,1	52	48,5	52,3	48,6	15031	10634	9610	10664	9211	9445	11696	9469	9238	9835	10525	9923
1977	100,1	53,8	54,1	54,7	62,7	61,2	59,7	46,3	47,2	50	52,5	54,8	16574	11073	10224	10765	9897	10334	11815	8290	8282	10207	9924	10751
1980	-	54,6	55,1	50,4	62,4	59	57,7	52,5	51	49,4	49,8	57	-	11737	10182	10249	9912	8874	11563	9156	9029	9422	9936	10600
1985	89,7	55,5	55,3	50,8	60,6	56,3	53,4	51	55,3	43,8	52,5	51	14034	11094	8502	8773	9543	9544	10911	10317	7696	8863	9177	10187
1993	95,1	55,8	50,7	56,5	54,4	54,1	56,4	50	50,2	45	53,7	48,4	15053	12066	9602	9692	8509	9956	10948	9746	7474	6590	7958	9968
2001	89,9	58,5	55	51,3	60,2	57,1	54	48,5	49,9	46,7	57,2	48,3	14163	12351	8702	10244	8244	8957	10917	9522	7952	6680	9823	10668
2015	88,5	54,7	47,1	54,1	59,2	56	55	48,2	53	51,1	52,7	53,7	14601	10861	9140	10720	9116	9200	9894	10415	9940	10287	9160	11544

Tabelle 7: Tabelle 6: Längenveränderung vor und nach den Wehranlagen von 1966-2015

	Längenveränderung vor der WA (m) (Referenz 2015)												Längenveränderung nach der WA (m) (Referenz 2015)											
	EVN Naturkraft 1	Mantler Mühle1	Hofstätter	Seidl Immobilien	Mantler Mühle 2	Rehpenning	Kerl	Bogner Privatstiftung	Erlinger-Schiedlbauer	Erlinger	Pirker	EVN Naturkraft 2	EVN Naturkraft 1	Mantler Mühle1	Hofstätter	Seidl Immobilien	Mantler Mühle 2	Rehpenning	Kerl	Bogner Privatstiftung	Erlinger-Schiedlbauer	Erlinger	Pirker	EVN Naturkraft 2
1966	154,8	151,7	152,3	150,2	151,5	152,5	150	150,4	151,4	142,1	150,6	149,6	157,4	154,1	162,9	136,7	141,3	149,6	161,8	148,1	140,2	146,6	155,4	151,8
1977	153,7	149,8	151,5	150,3	150,1	150,8	150	150,1	151,4	150,9	149,3	150	150,9	153	167,3	150	148,2	150	159	152,9	144,9	150,6	158,4	130,1
1980	-	151,7	149,8	149,8	150,7	150,4	149,5	150	152,2	148,9	151,4	149	-	152,8	163,6	147,9	153	146,1	153	149,2	150,6	150,4	1510	145,2
1985	145,6	150,9	152,9	149	149	149,5	150	149,3	148,4	150,3	150,8	149,5	151,4	151,8	148,7	146,9	148,6	150,5	160,1	150,5	131	150,5	1570	147,1
1993	149,4	150	148,6	148,3	151,8	153,8	150	150,5	151,9	146,1	151,5	150,7	150,6	153,1	159	145,7	147,7	152,2	161,5	149,4	136	140,9	155,4	143,4
2001	146,7	151,3	151,2	147,1	148,7	150,5	151,2	150,6	149,6	150	150	150	148,9	154,4	164,3	149,6	153,3	136,7	160,2	151,9	144,6	153,8	158,2	146,6
2015	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

8.2.1 Umlaufberg Rosenberg – EVN Naturkraft 1

Tabelle 8: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage EVN Naturkraft 1 von 1966-2015

Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage EVN Naturkraft 1						
Zeitscheibe	Anzahl der Inseln/Kiesbänke	Fläche der Inseln/Kiesbänke (m ²)	Max. Breite (m)	Fläche (m ²)	Längenveränderung vor der WA (m) (Referenz 2015)	Längenveränderung nach der WA (m) (Referenz 2015)
1966	0	0,0	93,7	15031	154,8	157,4
1977	0	0,0	100,1	16574	153,7	150,9
1980	-	-	-	-	-	-
1985	0	0,0	89,7	14034	145,6	151,4
1993	0	0,0	95,1	15053	149,4	150,6
2001	0	0,0	89,9	14163	146,7	148,9
2015	1	34,1	88,5	14601	150,0	150,0

Die Abbildung 27 stellt die Wehranlage EVN Naturkraft 1 und die Grenzen des Untersuchungsgebiets von 1966-2015 dar. In der Tabelle 8 ist zu sehen, dass nur die Zeitscheibe von 2015 eine Insel/Kiesbank nach der Wehranlage, mit einer Fläche von 34,1 m², aufweist. Die max. Breite des Flussverlaufs hat im Vergleich von 1966 zu 2015 abgenommen, wobei die Jahre 1977 (100,1 m) und 1993 (95,1 m) einen höheren Wert als 1966 aufweisen. Ebenso hat die Fläche des Untersuchungsgebiets im Verlauf der Zeitscheiben von 15.031 m² 1966 bis 14.601 m² 2015 abgenommen. Das Jahr 1977 stellt mit 16.574 m² den höchsten gemessenen Flächenwert dar.

Die Längenveränderung vor der Wehranlage zeigt, dass 1966 und 1977 der Wert mit 154,8 m und 153,7 m über der Referenzlänge von 150 m liegt. Alle anderen Zeitscheiben weisen einen niedrigeren Wert auf. Nach der Wehranlage fällt nur 2001 die Länge mit 148,9 m unter den Wert von 2015. Ansonsten weisen die untersuchten Jahre einen Wert über 150m auf. Vor allem 1966 fällt der Spitzenwert mit 157,4 m deutlich aus.

Die Zeitscheibe 1980 findet hier keine Berücksichtigung, da auf dem zur Verfügung stehenden Kartenmaterial dieser Abschnitt nicht vorhanden ist.

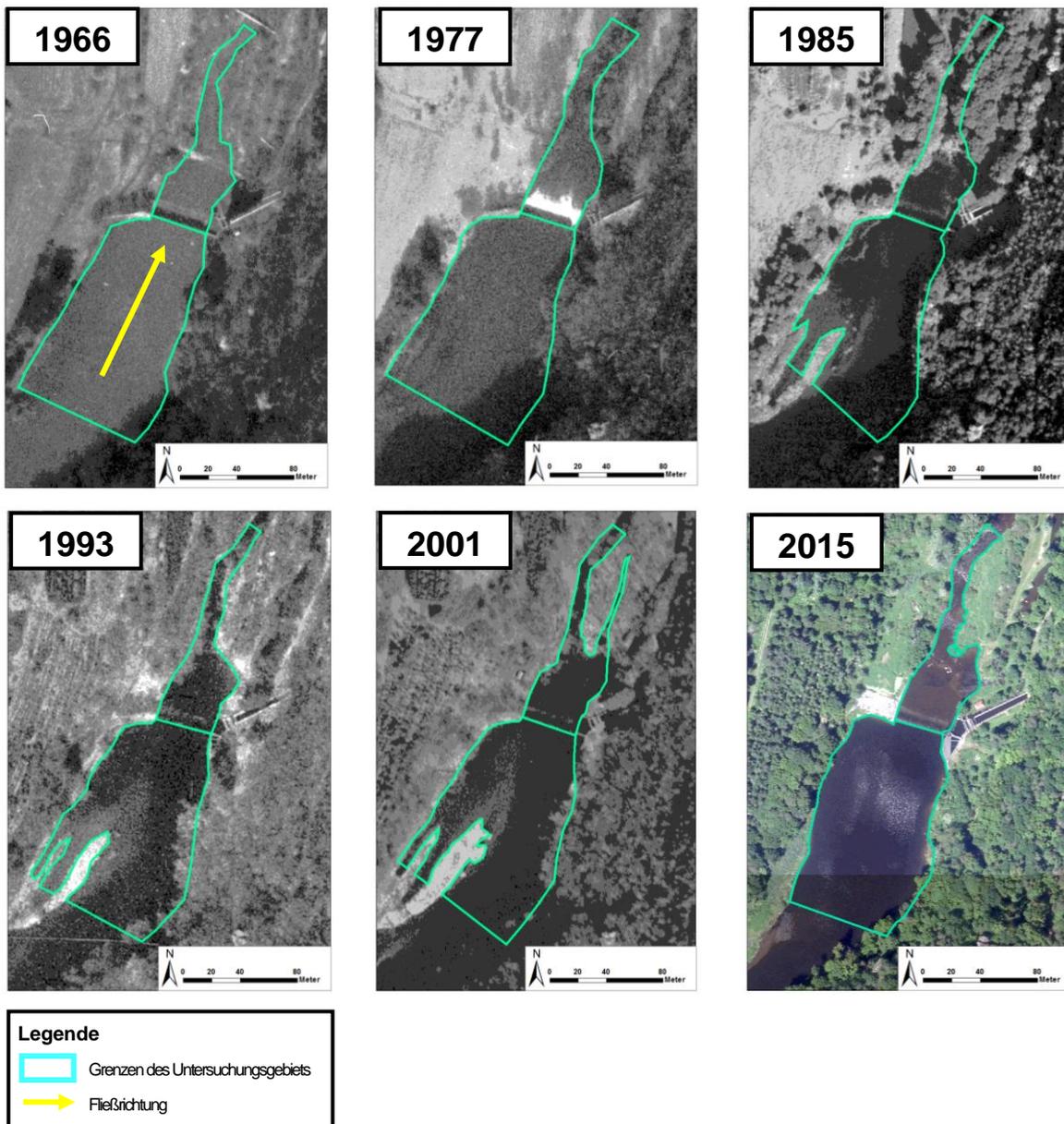


Abbildung 27: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage EVN Naturkraft 1 (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

8.2.2 Rosenberg – Mantler Mühle 1

Tabelle 9: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Mantler Mühle 1 von 1966-2015

Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Mantler Mühle 1						
Zeitscheibe	Anzahl der Inseln/Kiesbänke	Fläche der Inseln/Kiesbänke (m²)	Max. Breite (m)	Fläche (m²)	Längenveränderung vor der WA (m) (Referenz 2015)	Längenveränderung nach der WA (m) (Referenz 2015)
1966	0	0,0	54,9	10634	151,7	154,1
1977	0	0,0	53,8	11073	149,8	153,0
1980	0	0,0	54,6	11737	151,7	152,8
1985	0	0,0	55,5	11094	150,9	151,8
1993	0	0,0	55,8	12066	150,0	153,1
2001	0	0,0	58,5	12351	151,3	154,4
2015	1	71,9	54,7	10861	150,0	150,0

Abbildung 28 stellt die Wehranlage in Rosenberg 2015 dar. Dabei ist eine Insel/Kiesbank erkennbar, die eine Fläche von 71,9 m² misst. Keine andere Zeitscheibe weist eine Insel im Untersuchungsgebiet auf. Die maximale Breite im Untersuchungsgebiet schwankt zwischen 53 und 59 Metern. Die Fläche im untersuchten Raum weist 1966 mit 10.634 m² den niedrigsten Wert auf. 2015 hat sich die Situation fast nicht geändert, da hier die untersuchte Fläche nur um 227 m² größer ist. Zwischen den Zeitscheiben steigt die Fläche stetig an, während 1985 noch ein einmaliger Rückgang zu verzeichnen ist.

Die Länge des Flussverlaufs vor der Wehranlage hat sich nicht deutlich verändert, sondern schwankt zwischen 149,8 und 151,7 Metern. Die Länge des Flussverlaufs nach dem Querbauwerk weist einen Längenunterschied von 4,4 m zwischen 2001 und 2015 auf. Bereits 1966 waren es 154,1 m und auch die anderen Zeitscheiben weisen einen Wert stets über den 150,0 m von 2015 auf.

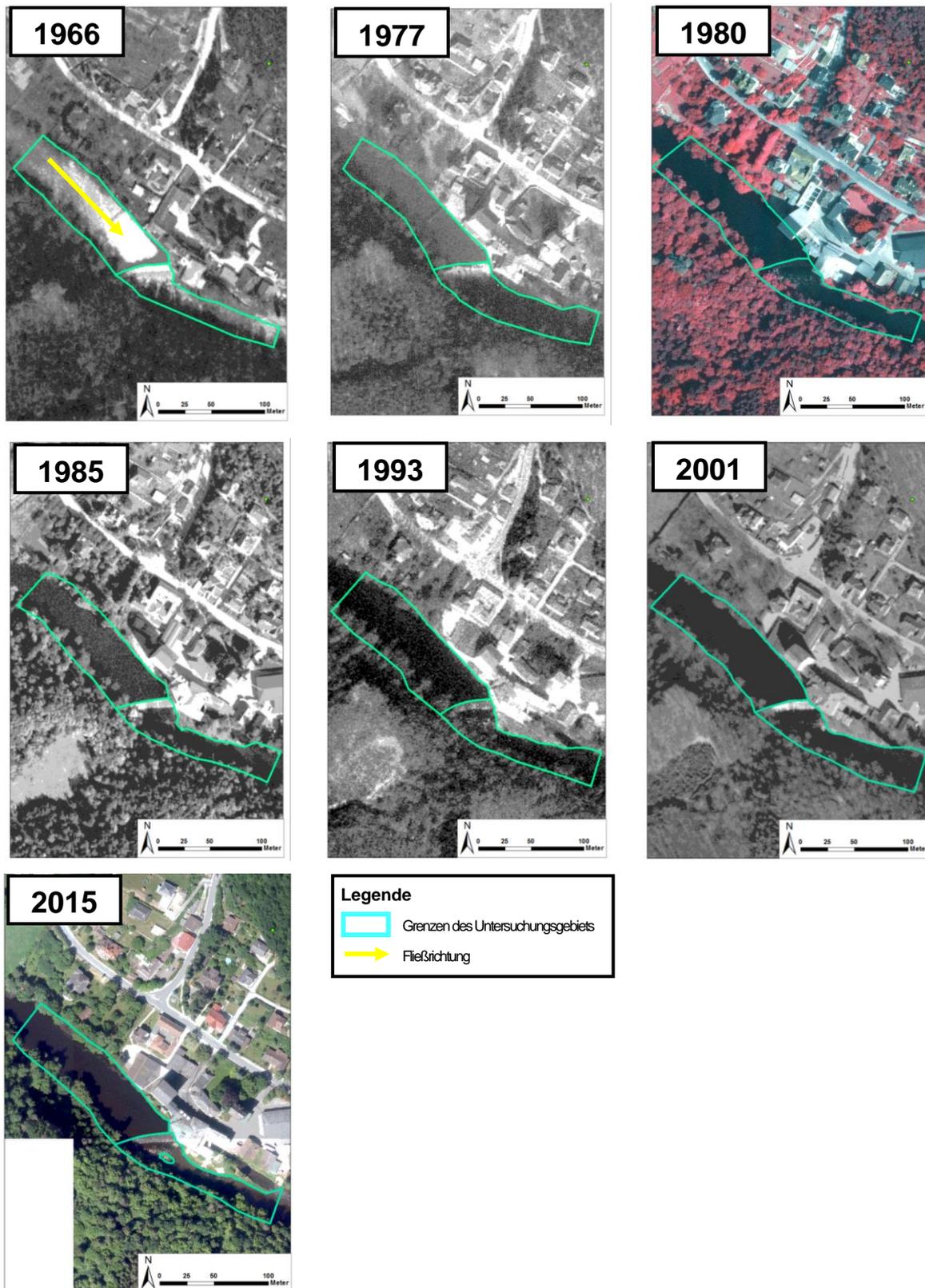


Abbildung 28: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Mantler Mühle 1 (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

8.2.3 Kamegg – Hofstätter

Tabelle 10: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Hofstätter von 1966-2015

Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Hofstätter						
Zeitscheibe	Anzahl der Inseln/Kiesbänke	Fläche der Inseln/Kiesbänke (m ²)	Max. Breite (m)	Fläche (m ²)	Längenveränderung vor der WA (m) (Referenz 2015)	Längenveränderung nach der WA (m) (Referenz 2015)
1966	1	1204,0	56,4	9610	152,3	162,9
1977	1	507,2	54,1	10224	151,5	167,3
1980	1	831,6	55,1	10182	149,8	163,6
1985	1	398,8	55,3	8502	152,9	148,7
1993	1	1632,0	50,7	9602	148,6	159,0
2001	1	1149,6	55,0	8702	151,2	164,3
2015	2	266,8 444,7	47,1	9140	150,0	150,0

In Abbildung 29 sind die Luftbilder/Orthophotos aller 7 Zeitscheiben dargestellt. Auf den ersten Blick ist deutlich zu sehen, dass sich das Untersuchungsgebiet über den Untersuchungszeitraum verändert hat. Die Daten aus der Tabelle 10 zeigen, dass von 1966-2001 immer eine Flussinsel/Kiesbank nach der Wehranlage vorhanden war. 2015 haben sich die Inseln auf zwei verdoppelt. Dabei hat sich die Fläche der Inseln höchst unterschiedlich entwickelt. Während 1966 noch eine Fläche von 1.204,0 m² gemessen wurde, sank der Wert 1977 auf 507,2 m². 1980 stieg der Wert wieder an, bevor die Insel 1985 den niedrigsten Wert mit 398,8 m² aufweist. 1993 folg ein rasanter Anstieg auf über 1.600,0 m². Die zwei Inseln von 2015 liegen zusammen gerechnet (711,5 m²) unter dem Wert der Insel von 2001 (1.149,6 m²).

Die Fläche des Untersuchungsgebiets hat sich zwischen 1966 mit 9.610 m² und 2015 mit 9.140 m² nicht deutlich verändert. Zwischen diesen zwei Zeitscheiben stieg der Wert 1977 auf 10.224 m² an und sank aber auch wieder auf 8.502 m² 1985 ab. Die maximale Breite hingegen nahm über den Untersuchungszeitraum gesehen von 56,4 m auf 47,1 m ab. 1985 wird der Spitzenwert von 55,3 m gemessen.

Auf den Abbildungen ist ebenfalls zu erkennen, dass sich die Längenveränderung nach der Wehranlage aufgrund der Flussinseln deutlich verändert hat. So zeigen die Ergebnisse der Tabelle 10, dass sich vor der Wehranlage, über den Untersuchungszeitraum hinweg, nicht viel verändert hat. Die Zahlen schwanken zwischen 148,6 und 152,9 Meter.

Hingegen ist nach der Wehranlage eine größere Veränderung sichtbar. Der niedrigste Wert datiert aus dem Jahr 1985 mit 148,7 m, während 1977 167,3 m gemessen wurden. Das zeigt einen Längenunterschied von mehr als 18 Meter.

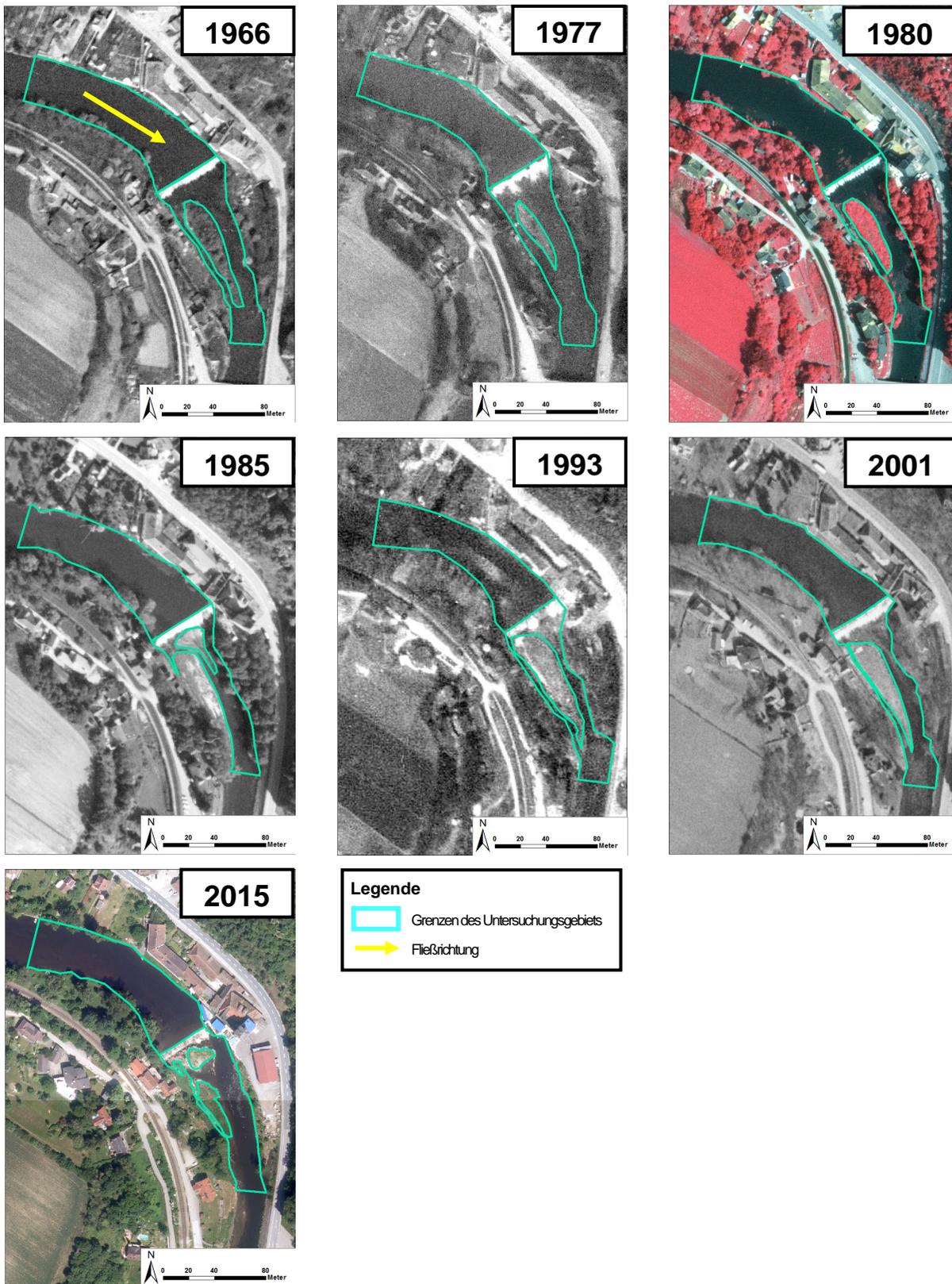


Abbildung 29: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Hofstätter (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

8.2.4 Gars am Kamp – Seidl Immobilien

Tabelle 11: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Seidl Immobilien von 1966-2015

Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Seidl Immobilien						
Zeitscheibe	Anzahl der Inseln/Kiesbänke	Fläche der Inseln/Kiesbänke (m ²)	Max. Breite (m)	Fläche (m ²)	Längenveränderung vor der WA (m) (Referenz 2015)	Längenveränderung nach der WA (m) (Referenz 2015)
1966	2	415,6 161,8	55,8	10664	150,2	136,7
1977	1	419,5	54,7	10765	150,3	150,0
1980	1	555,4	50,4	10249	149,8	147,9
1985	2	282,3 513,2	50,8	8773	149,0	146,9
1993	1	687,4	56,5	9692	148,3	145,7
2001	1	499,5	51,3	10244	147,1	149,6
2015	1	440,9	54,1	10720	150,0	150,0

Die erste der drei Wehranlagen in Gars am Kamp zeigt vor allem nach der Wehranlage eine deutliche Veränderung auf. 1966 existieren noch zwei Flussinseln/Kiesbänke mit einer Gesamtgröße von 577,4 m². 1977 und 1988 ist nur noch eine Insel vorzufinden, die flächenmäßig kleiner sind als jene zwei von 1966 zusammen. 1985 gibt es wieder zwei Inseln, jedoch eine vor und eine nach der Wehranlage. Jene nach der Wehranlage hat sich im Vergleich zu 1980 von 555,4 m² auf 513,2 m² minimal verkleinert. Die Flussinsel/Kiesbank vor der Wehranlage ist nur in der Zeitscheibe von 1985 zu erkennen. Von 1993 bis 2015 nimmt die Insel nach der Wehranlage stetig ab und weist am Schluss eine Fläche von 440,9 m² auf.

Die maximale Breite des Flussverlaufs nimmt zwischen 1966 mit 55,8 m und 2015 mit 54,1 m nur gering ab. Doch im Zeitverlauf sind einige Schwankungen zu erkennen. So nimmt die Breite von 1966 bis 1980 auf 50,4 m ab, um danach auf 56,5 m (1993) wieder anzusteigen. 2001 sinkt die Breite nochmal auf 51,3 m ab und steigt 2015 hin wieder an.

Die Fläche des untersuchten Abschnitts zeigt zwischen 1966 und 1980 keine deutliche Veränderung auf. Der Wert steigt zunächst von 10.664 m² auf 10.765 m² um danach wieder auf 10.249 m² zu sinken. Zu 1985 hin ist ein deutlicher Abfall auf 8.773 m² zu verzeichnen und 1993 liegt der Wert mit 9.692 m² auch noch unter 10.000 m². Ab 1993 steigt die Flächengröße, bis 2015 ein Wert von 10.720 m² erreicht wird.

Die Ergebnisse der Tabelle 11 zeigen deutlich, dass die Längenveränderung vor der Wehranlage nur gering ausfällt. Der Wert schwankt zwischen 147,1 m 2001 und 150,3 m 1977. Auch in der Abbildung 30 ist klar zu erkennen, dass sich die Länge vor der Wehranlage nicht deutlich verändert hat, im Gegensatz zu nach der Wehranlage. Hier ist mit 136,7 m eine deutliche Verkürzung der Länge zu erkennen. Über die 150,0 m der Referenzzeitscheibe 2015 liegt kein Wert der anderen Zeitscheiben. Von 1977 (150,0 m) bis 1993 (145,7 m) sinkt die Länge des Flussverlaufs, während sie danach auf 149,6 m 2001 ansteigt.

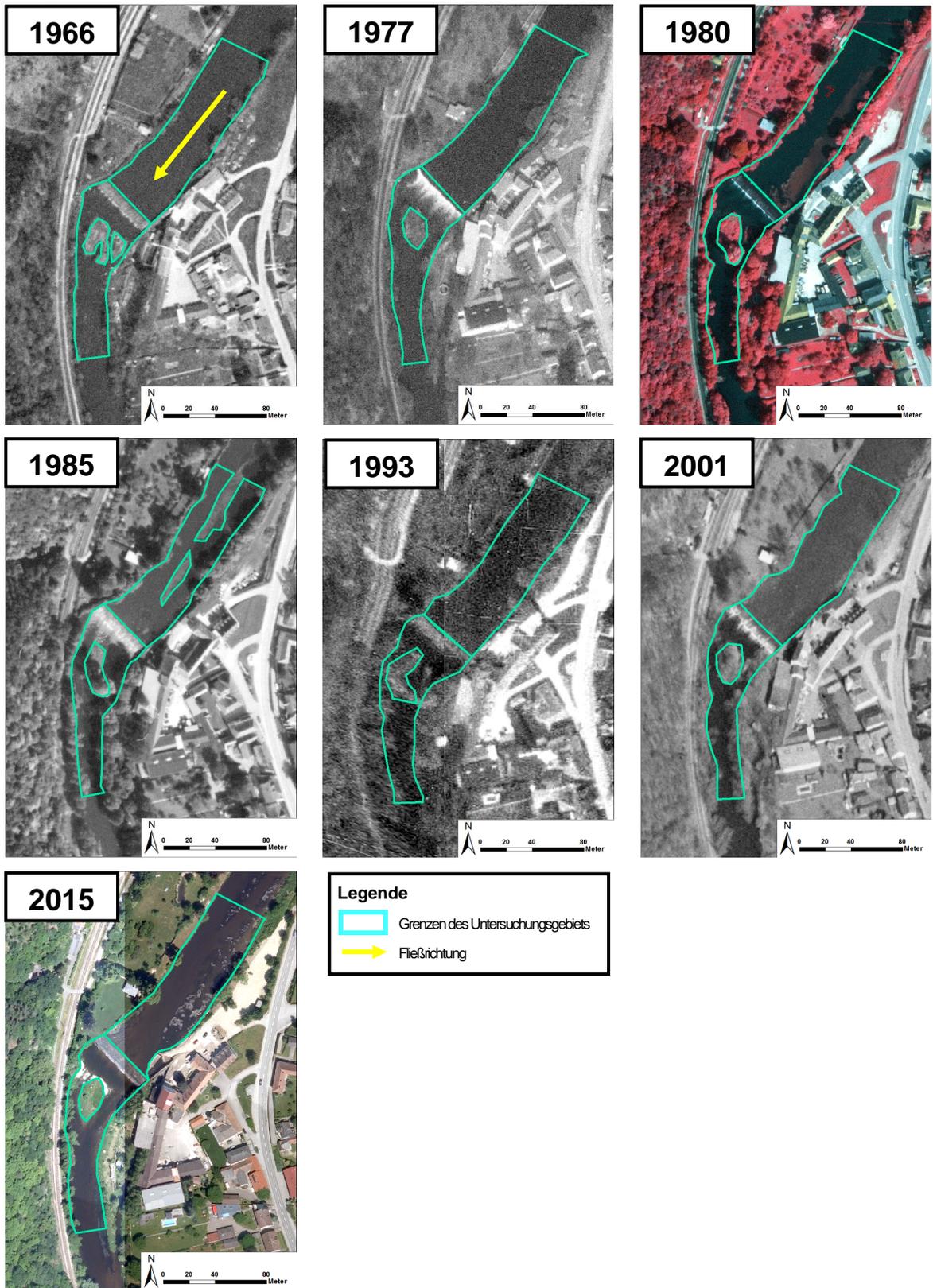


Abbildung 30: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Seidl Immobilien (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

8.2.5 Gars am Kamp – Mantler Mühle 2

Tabelle 12: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Mantler Mühle 2 von 1966-2015

Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Mantler Mühle 2						
Zeitscheibe	Anzahl der Inseln/Kiesbänke	Fläche der Inseln/Kiesbänke (m ²)	Max. Breite (m)	Fläche (m ²)	Längenveränderung vor der WA (m) (Referenz 2015)	Längenveränderung nach der WA (m) (Referenz 2015)
1966	2	126,8 180,9	62,1	9211	151,5	141,3
1977	2	74,3 168,7	62,7	9897	150,1	148,2
1980	2	93,5 186,4	62,4	9912	150,7	153,0
1985	2	139,3 302,7	60,6	9543	149,0	148,6
1993	2	82,8 403,3	54,4	8509	151,8	147,7
2001	2	190,6 385,9	60,2	8244	148,7	153,3
2015	1	436,9	59,2	9116	150,0	150,0

Das Untersuchungsgebiet der Wehranlage Mantler Mühle 2 in Gars am Kamp weist 2015 eine Flussinsel/Kiesbank mit einer Größe von 436,9 m² auf. Die älteren Zeitscheiben weisen jeweils zwei solcher Inseln auf, wobei die kleinere der beiden immer in Fließrichtung rechts liegt. Auf der Zeitscheibe von 2015 ist nur die größere der beiden Flussinseln der vorherigen Zeitscheiben vorhanden. Die maximale Breite des Flussverlaufs findet 1993 ihren niedrigsten Wert mit 54,4 m. Hier muss man jedoch die fehlende Schärfe des Orthophotos berücksichtigen, da dadurch eine Kartierung zu einem methodischen Fehler führen kann. Einzig 2015 beträgt die max. Breite auch unter 60,0 Meter. Die Fläche hingegen stieg von 2001 zu 2015 um rund 872 m². Den höchsten Wert weist das Jahr 1980 mit 9.912 m² auf, während 2001 der niedrigste Stand von 8.244 m² gemessen wurde.

Die Längenmessung vor der Wehranlage weist keine deutliche Veränderung auf. Jedoch nach der Wehranlage sind Unterschiede zu erkennen, die durch das Vorhandensein der Flussinseln bestimmt sind. Der Flussverlauf weist 2001 im Vergleich zu Referenzzeit-scheibe von 2015 eine Länge von 153,3 m auf. Der niedrigste Wert ist auf der ältesten Zeitscheibe von 1966 mit 141,3 m zu finden.

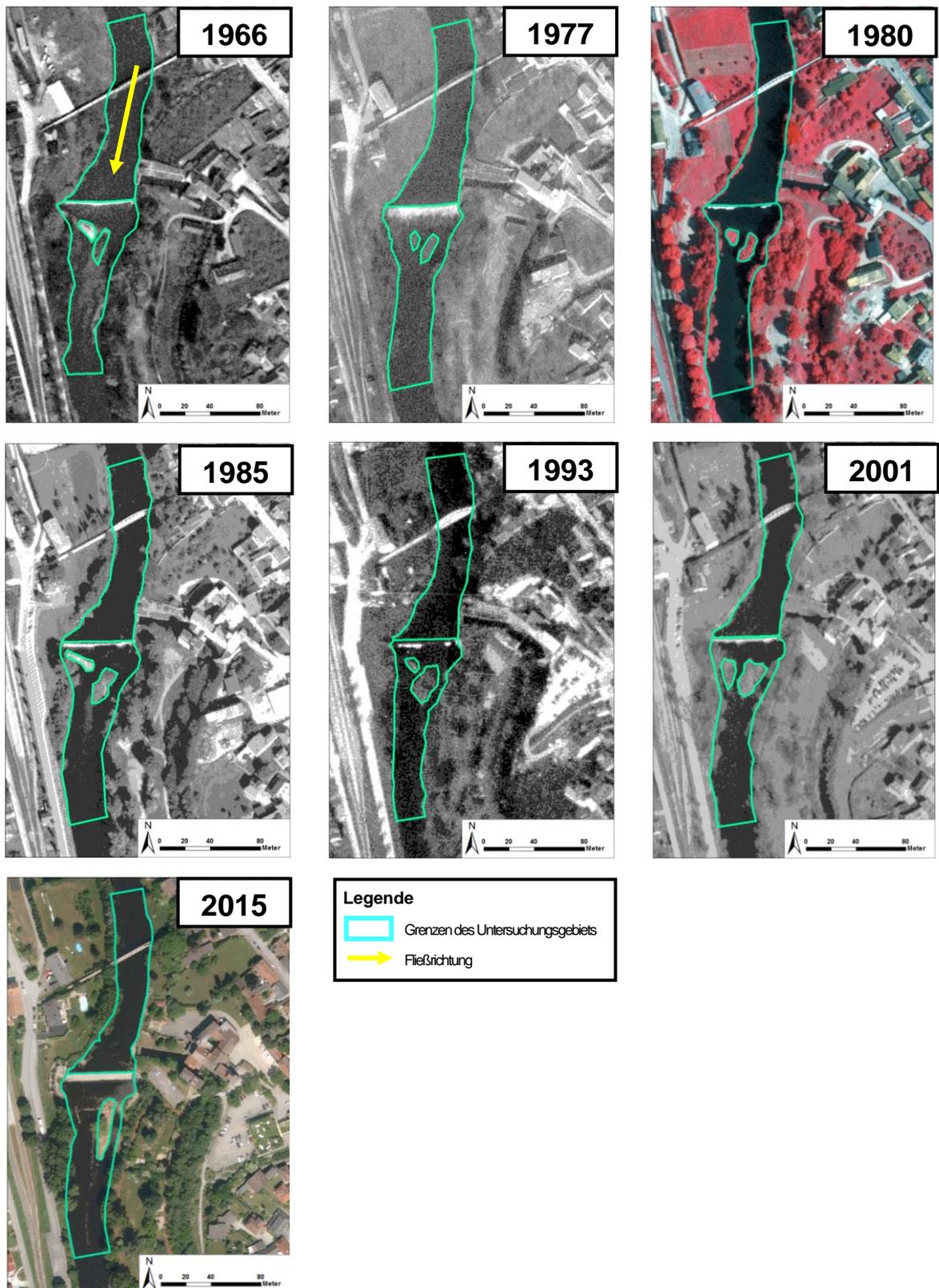


Abbildung 31: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Mantler Mühle 2 (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

8.2.6 Gars am Kamp – Rehpennig

Tabelle 13: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Rehpennig von 1966-2015

Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Rehpennig						
Zeitscheibe	Anzahl der Inseln/Kiesbänke	Fläche der Inseln/Kiesbänke (m ²)	Max. Breite (m)	Fläche (m ²)	Längenveränderung vor der WA (m) (Referenz 2015)	Längenveränderung nach der WA (m) (Referenz 2015)
1966	0	0,0	59,6	9445	152,5	149,6
1977	0	0,0	61,2	10334	150,8	150,0
1980	1	677,5	59,0	8874	150,4	146,1
1985	0	0,0	56,3	9544	149,5	150,5
1993	0	0,0	54,1	9956	153,8	152,2
2001	1	117,3	57,1	8957	150,5	136,7
2015	0	0,0	56,0	9200	150,0	150,0

In Tabelle 13 sind die Daten zur Badwehr in Gars am Kamp zu entnehmen. Dabei wird ersichtlich, dass nur 1980 und 2001 je eine Flussinsel/Kiesbank vorhanden war. Jene von 1980 ist mit einer Größe von 677,5 m² deutlich größer als jene von 2001 mit 117,3 m². Die gemessene Fläche ist bei diesen Zeitscheiben relativ ähnlich mit 8.874 m² 1980 und 8.957 m² 2001.

Die max. gemessene Breite betrug 1977 61,2 m. Danach ist ein Rückgang auf 54,1 m bis 1993 zu verzeichnen, während 2001 wieder eine Breite von 57,1 m gemessen wurde. Die Fläche des Untersuchungsgebiets verändert sich über alle Zeitscheiben hinweg. Der größte Sprung fällt von 10.334 m² 1977 auf 8.874 m² 1980. Von der Zeitscheibe 2001 zur Zeitscheibe 2015 ist ein Anstieg zu verzeichnen, da auch 2015 keine Insel mehr existiert. Die Längenänderung vor der Wehranlage ist relativ konstant, da die Jahre 1980, 1985 und 2001 nahezu denselben Wert wie in der Referenzzeitscheibe aufweisen. Nach der Wehranlage ist ersichtlich, dass das Vorhandensein einer Flussinsel auch eine Längenveränderung mit sich bringt. Vor allem 2001 wird dies ersichtlich, da hier eine Länge von 136,7 m im Vergleich zu 2015 gemessen wurde.

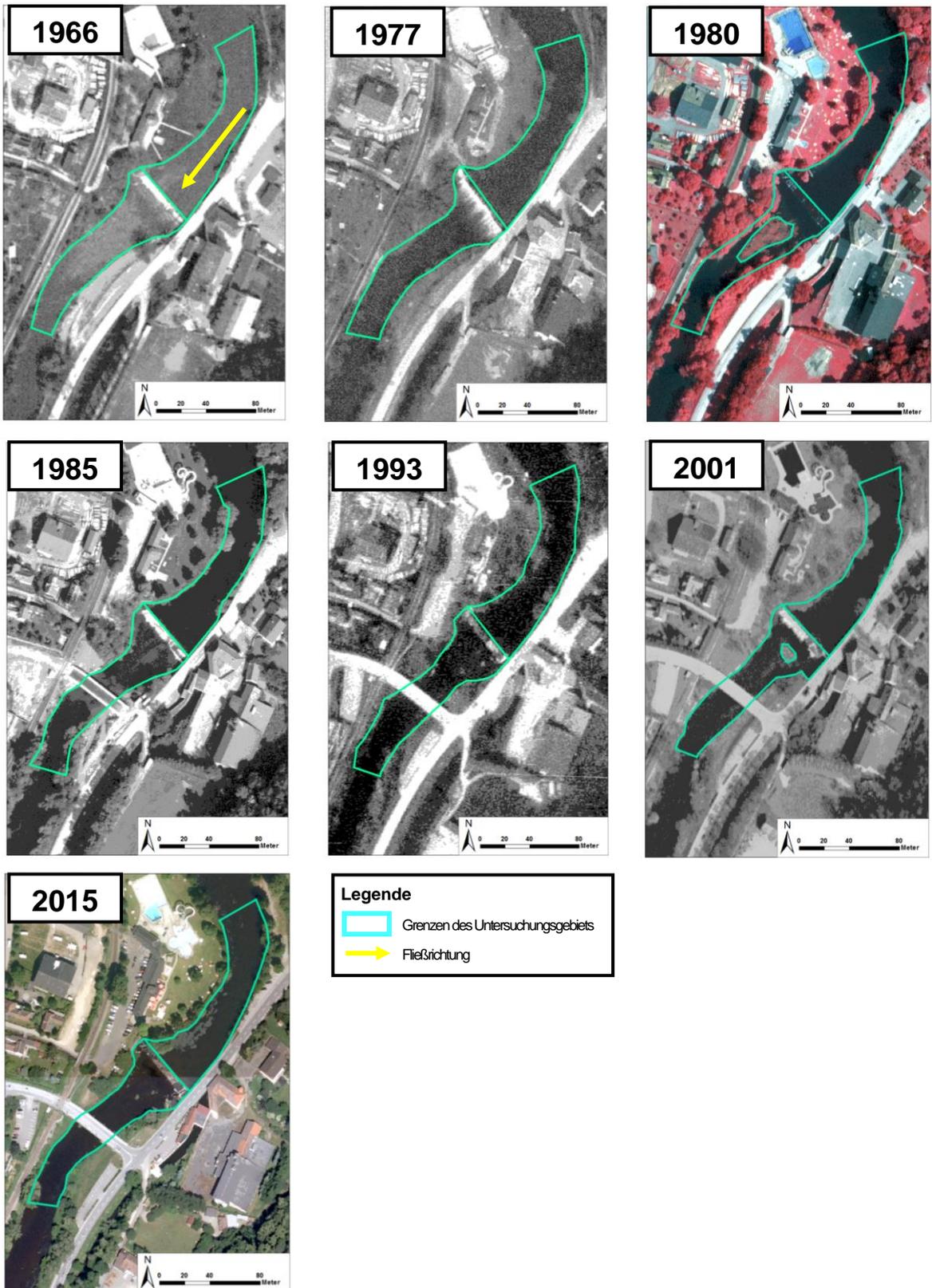


Abbildung 32: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Rehennig (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

8.2.7 Zitternberg – Kerl

Tabelle 14: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Kerl von 1966-2015

Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Kerl						
Zeitscheibe	Anzahl der Inseln/Kiesbänke	Fläche der Inseln/Kiesbänke (m ²)	Max. Breite (m)	Fläche (m ²)	Längenveränderung vor der WA (m) (Referenz 2015)	Längenveränderung nach der WA (m) (Referenz 2015)
1966	0	0,0	55,6	11696	150,0	161,8
1977	1	46,8	59,7	11815	150,0	159,0
1980	3	114,3 246,4 21,6	57,7	11563	149,5	153,0
1985	1	45,2	53,4	10911	150,0	160,1
1993	1	40,8	56,4	10948	150,0	161,5
2001	0	0,0	54,0	10917	151,2	160,2
2015	1	178,5	55,0	9894	150,0	150,0

Die Wehranlage in Zitternberg weist 1966 und 2001 keine Flussinsel/Kiesbank auf. In der Abbildung 33 ist erkennbar, dass bis auf 1980 je eine Wehranlage existiert. Auf dem Luftbild von 1980 ist zu erkennen, dass gleich drei Inseln mit unterschiedlicher Größe gemessen wurden. Jene vor der Wehranlage stellt die kleinste der drei dar. Diese ist auch in den Jahren 1985 und 1993 vorhanden, ist jedoch in ihrer Größe um das Doppelte gewachsen.

Die maximale Breite im Untersuchungsabschnitt beträgt zwischen 53,4 m 1985 und 59,7 m 1977. Dabei nimmt die Breite von 1966 zu 1977 um 4,1 m zu, während danach ein Rückgang bis 1985 auf 53,4 m zu verzeichnen ist. 1993 steigt der Wert wieder um 3m an und sinkt danach noch einmal ab.

Die Tabelle 14 zeigt, dass die Flächenveränderung von 1966 mit 11.696 m² hin zu 2015 auf 9.894 m² abgenommen hat. Nach der Zunahme von 1977 auf 11.815 m², verzeichnet die Fläche wieder einen Rückgang bis 1985 auf 10.911 m². Danach findet zu 1993 hin noch ein geringer Anstieg um 37 m² statt, während darauf die gemessene Fläche abnimmt.

Wie in Tabelle 14 zu erkennen ist, weist die Längenmessung vor der Wehranlage nur geringe Unterschiede auf, denn von 1966 bis 1980 nimmt diese nur um 0,5 m auf 149,5 m ab. In den anschließenden zwei Zeitscheiben von 1985 und 1993 wird der selbe Wert wie in der Referenzzeitscheibe von 2015 gemessen. Nur 2001 sticht mit einer Zunahme von

1,2 m heraus. Eine deutliche Veränderung ist nach der Wehranlage festzustellen. 1966 weist mit 161,8 m den höchsten Wert auf. Auch alle anderen Zeitscheiben haben einen Wert über dem als Referenz herangezogenen von 2015.

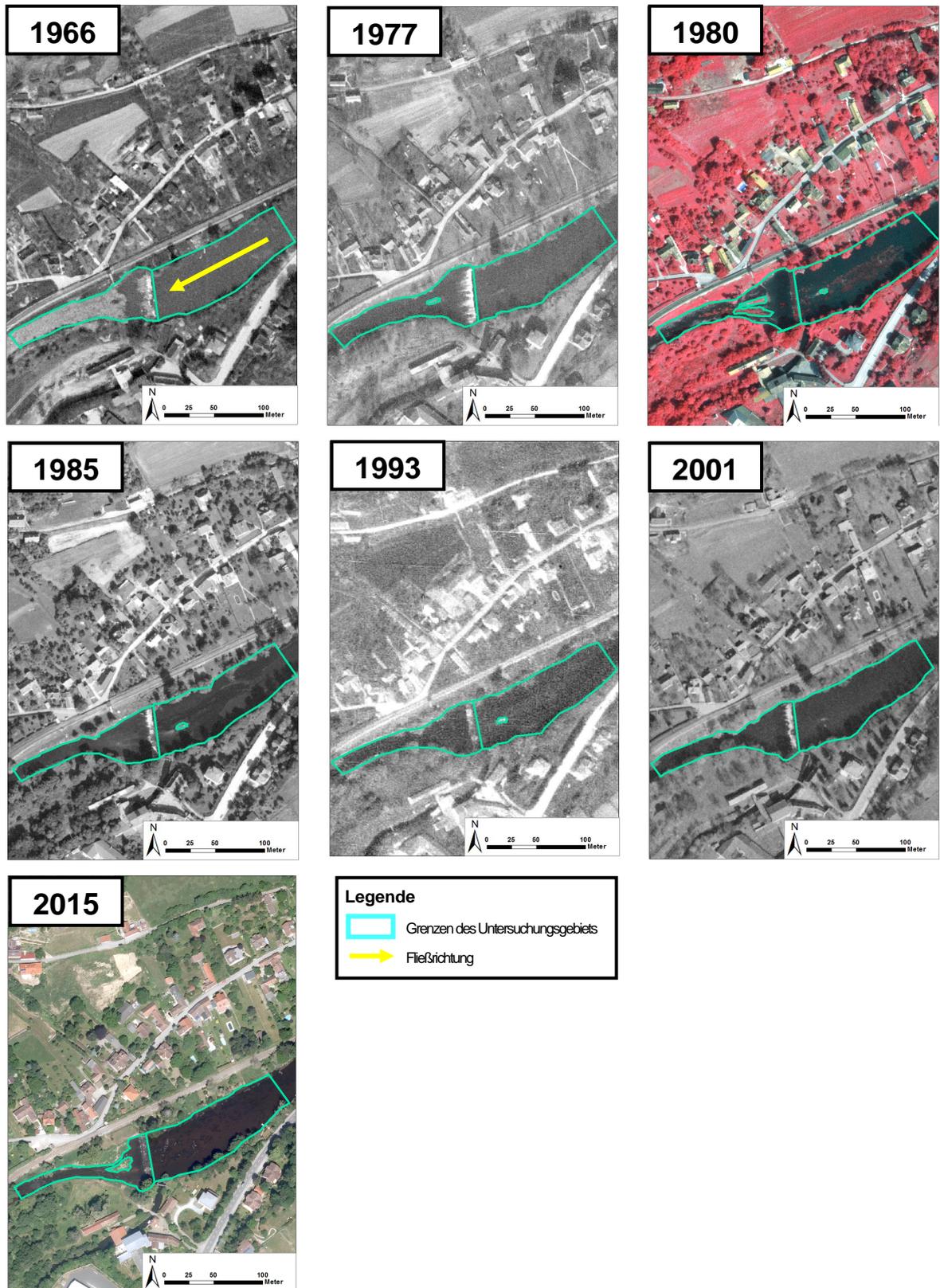


Abbildung 33: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Kerl (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

8.2.8 Buchberg – Bogner Privatstiftung

Tabelle 15: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Bogner Privatstiftung von 1966-2015

Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Bogner Privatstiftung						
Zeitscheibe	Anzahl der Inseln/Kiesbänke	Fläche der Inseln/Kiesbänke (m²)	Max. Breite (m)	Fläche (m²)	Längenveränderung vor der WA (m) (Referenz 2015)	Längenveränderung nach der WA (m) (Referenz 2015)
1966	0	0,0	46,1	9469	150,4	148,1
1977	0	0,0	46,3	8290	150,1	152,9
1980	0	0,0	52,5	9156	150,0	149,2
1985	0	0,0	51,0	10317	149,3	150,5
1993	0	0,0	50,0	9746	150,5	149,4
2001	0	0,0	48,5	9522	150,6	151,9
2015	0	0,0	48,2	10415	150,0	150,0

Die Wehranlage der Bogner Privatstiftung in Buchberg weist über den gesamten Untersuchungszeitraum keine Flussinseln/Kiesbänke auf. Die Fläche des Untersuchungsgebiets steigt insgesamt von 9.469 m² 1966 auf 10.415 m² 2015 an. Zwischen den einzelnen Zeitscheiben schwankt die Fläche. 1980 macht der untersuchte Wert einen Sprung von 9.156 m² auf 10.317 m² 1985. Danach erfolgt eine leichte Abnahme hin zu 2001, während danach der Wert wieder um rund 900 m² ansteigt. Der niedrigste Wert ist 1977 mit 8.290 m² zu finden, jedoch ist diese Zeitscheibe aufgrund der unscharfen Luftbilder nicht vergleichbar. Die maximale Breite des Flussverlaufs findet ihren niedrigsten Wert 1966 mit 46,1 m. 1980 entsteht der Spitzenwert von 52,5 m, während danach eine Abnahme bis 2015 auf 48,2 m erfolgt.

Die Längenveränderung vor der Wehranlage bleibt über die Zeitscheiben relativ stabil bei 149,3 m bis 150,6 m. Nach dem Querbauwerk sind größere Unterschiede zu erkennen. So beträgt die Flusslänge 1966 148,1 m und steigt 1977 auf 152,9 m an. Anschließend fällt die Länge wieder auf unter 150,0 m 1980 ab, um danach wieder leicht auf 150,5 m anzusteigen. Es kommt zu einer weiteren Abnahme zu 1993 hin und einer Zunahme auf 151,9 m 2001.

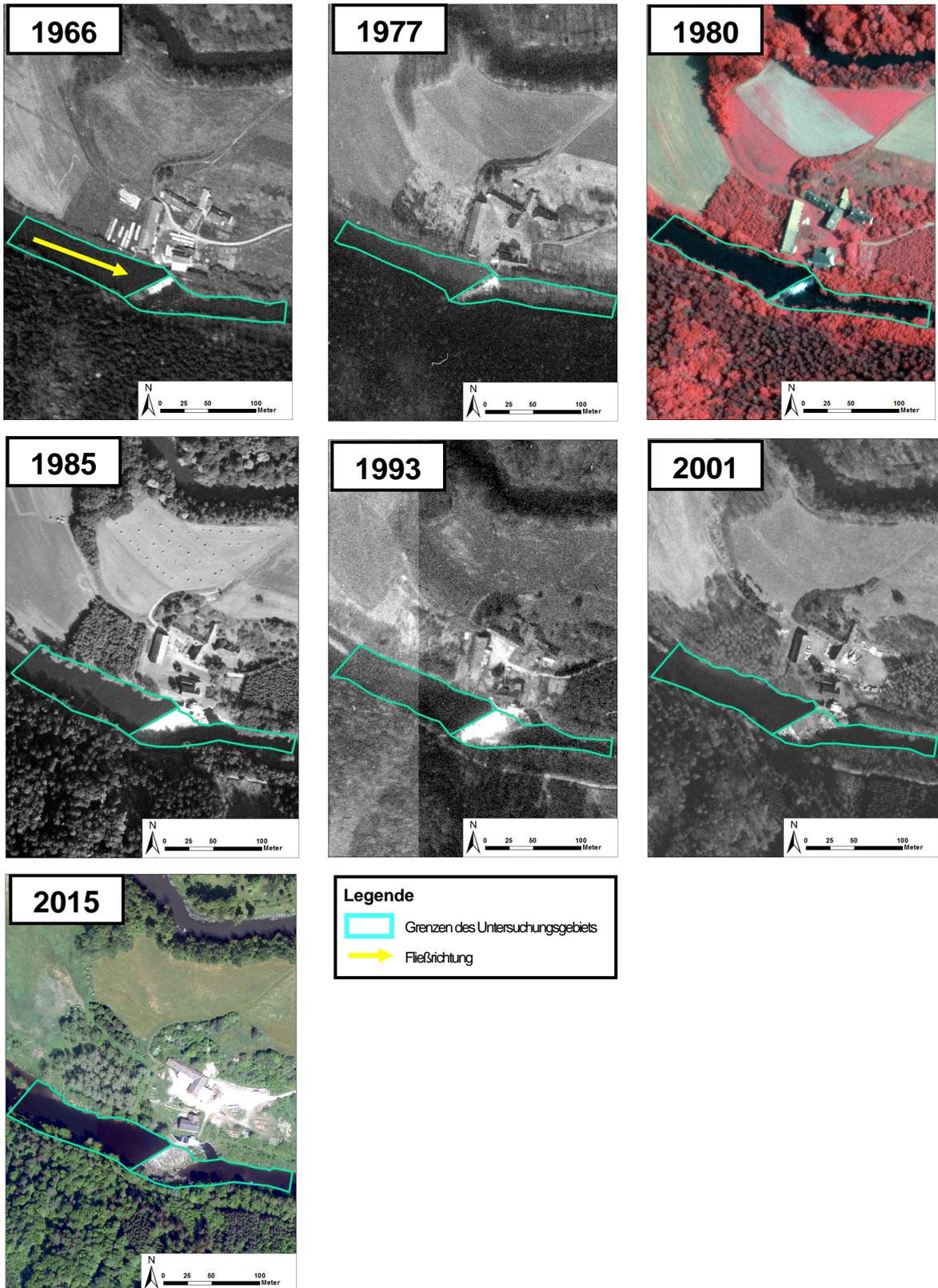


Abbildung 34: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Bogner Privatstiftung (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

8.2.9 Plank am Kamp – Erlinger-Schiedlbauer

Tabelle 16: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Erlinger-Schiedlbauer von 1966-2015

Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Erlinger-Schiedlbauer						
Zeitscheibe	Anzahl der Inseln/Kiesbänke	Fläche der Inseln/Kiesbänke (m²)	Max. Breite (m)	Fläche (m²)	Längenveränderung vor der WA (m) (Referenz 2015)	Längenveränderung nach der WA (m) (Referenz 2015)
1966	1	337,2	52,0	9238	151,4	140,2
1977	1	118,5	47,2	8282	151,4	144,9
1980	1	324,4	51,0	9029	152,2	150,6
1985	1	474,0	55,3	7696	148,4	131,0
1993	1	434,9	50,2	7474	151,9	136,0
2001	1	375,5	49,9	7952	149,6	144,6
2015	0	0,0	53,0	9940	150,0	150,0

Die erste der beiden Wehranlagen in Plank am Kamp weist von 1966 bis 2001 eine Flusinsel/Kiesbank nach der Wehranlage auf. 2015 ist diese nicht mehr vorzufinden. Die Fläche dieser Insel variiert von 118,5 m² 1977 bis 474 m² 1985. Auch die maximale Breite des Flussverlaufs hat 1985 ihren höchsten Wert mit 55,3 m. Danach sinkt die Breite bis 2001 auf 49,9 m ab, während sie 2015 wieder einen Wert von 53,0 m aufweist. Aus der Tabelle 16 ist weiter zu entnehmen, dass die Zeitscheibe von 2015 den höchsten Flächenwert mit 9940 m² zeigt. Auch 1966 und 1980 erreicht die gemessene Fläche einen Wert über 9.000,0 m², während sie zwischen 1985 und 2001 deutlich auf unter 8.000,0 m² absinkt.

Die Längenveränderung vor der Wehranlage ist nicht so deutlich ausgeprägt wie jene nach der Wehranlage. Der niedrigste Wert, gemessen vor der Wehranlage, beträgt 148,4 m auf der Zeitscheibe 1985, während der höchste Wert 152,2 m im Jahr 1980 misst. Nach dem Querbauwerk sind deutlichere Unterschiede zu erkennen. Zunächst stellt das Jahr 1985 den niedrigsten Wert mit 131,0 m dar. Zuvor gibt es einen Anstieg von 1966 bis 1980 um 10,4 m auf 150,6 m. Eine negative Längenveränderung von fast 20,0 m findet von 1980 bis 1985 statt. Ab 1985 erfolgt ein stetiger Anstieg bis 2015.



Abbildung 35: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Erlinger-Schiedlbauer (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

8.2.10 Plank am Kamp – Erlinger

Tabelle 17: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Erlinger von 1966-2015

Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Erlinger						
Zeitscheibe	Anzahl der Inseln/Kiesbänke	Fläche der Inseln/Kiesbänke (m ²)	Max. Breite (m)	Fläche (m ²)	Längenveränderung vor der WA (m) (Referenz 2015)	Längenveränderung nach der WA (m) (Referenz 2015)
1966	0	0,0	48,5	9835	142,1	146,6
1977	0	0,0	50,0	10207	150,9	150,6
1980	0	0,0	49,4	9422	148,9	150,4
1985	0	0,0	43,8	8863	150,3	150,5
1993	4	83,5 72,5 122,0 393,4	45,0	6590	146,1	140,9
2001	3	104,7 119,6 91,1	46,7	6680	150,0	153,8
2015	0	0,0	51,1	10287	150,0	150,0

Diese Wehranlage ist vor allem durch ihre Flussinseln auffällig. Nur in den Jahren 1993 und 2001 befinden sich Flussinseln nach diesem Wehrstandort. 1993 gibt es gleich vier solcher Inseln, wobei zwei relativ klein mit unter 100,0 m² Fläche (83,5 m² und 72,5 m²) ausfallen. Die anderen beiden weisen eine Fläche von 122,0 m² und 393,4 m² auf. Auch 2001 sind drei Inseln vorzufinden, die 104,7 m², 119,6 m² und 91,1 m² groß sind.

Die maximale Breite pendelt im Flussverlauf und wird 2015 mit 51,1 m erreicht. 1966 wird ein Wert von 48,5 m gemessen. Danach folgt eine leichte Zunahme auf 50,0 m, während bis 1985 eine Abnahme auf 43,8 m erkennbar ist. Ab 1985 ist in Tabelle 17 eine stetige Zunahme bis 2015 zu verzeichnen.

Die Fläche steigt insgesamt von 1966 mit 9.835 m² auf 10.287 m² 2015 an. Zwischen diesen Zeitscheiben findet eine leichte Erhöhung hin zu 1977 mit 10.207 m² statt. Ab diesem Zeitpunkt nimmt die Fläche bis 1993 um fast ein Drittel auf 6.590 m² ab. Es erfolgt ein kleiner Anstieg hin zu 2001, während zwischen 2001 und 2015 wieder eine große Zunahme von 3.607 m² verzeichnet werden kann.

Das Ergebnis der Längenveränderung zeigt, dass 1966 der niedrigste Wert vor der Wehranlage von 142,1 m gemessen wird. 1977 und 1985 entsprechen fast den 150,0 m der

Referenzzeitscheibe von 2015 und zwischen 2001 und 2015 findet keine Veränderung in der Länge statt. Nach der Wehranlage entsprechen die 150,0 m von 2015 einem Wert von 146,6 m (1966) und 140,9 m (1996). Alle anderen Zeitscheiben weisen eine höhere Länge als 2015 auf. 2001 stellt den höchsten Wert mit 153,8 m dar.

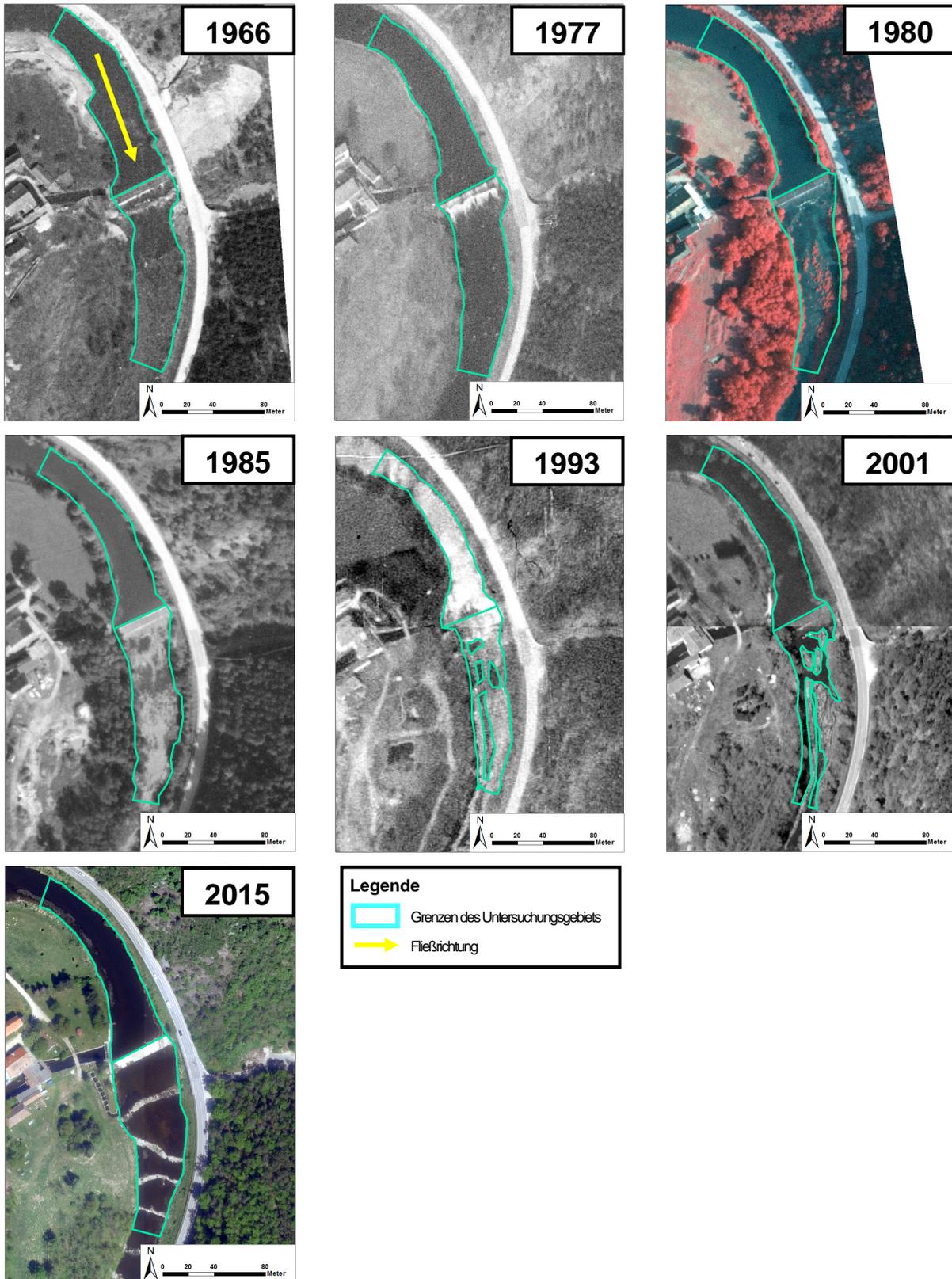


Abbildung 36: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Erlinger (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

8.2.11 Schönberg – Pirker

Tabelle 18: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Pirker von 1966-2015

Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage Pirker						
Zeitscheibe	Anzahl der Inseln/Kiesbänke	Fläche der Inseln/Kiesbänke (m ²)	Max. Breite (m)	Fläche (m ²)	Längenveränderung vor der WA (m) (Referenz 2015)	Längenveränderung nach der WA (m) (Referenz 2015)
1966	1	277,0	52,3	10525	150,6	155,4
1977	0	0,0	52,5	9924	149,3	158,4
1980	1	452,7	49,8	9936	151,4	1510,
1985	1	176,6	52,5	9177	150,8	1570,
1993	1	247,9	53,7	7958	151,5	155,4
2001	1	105,9	57,2	9823	150,0	158,2
2015	1	149,6	52,7	9160	150,0	150,0

Anhand der Abbildung 37 sieht man, dass die einzige Zeitscheibe von 1977 keine Flusinsel/Kiesbank aufweist. Alle anderen untersuchten Jahre zeigen eine Insel, die jedoch unterschiedliche Flächengrößen hat. 1966 hat die Insel eine Fläche von 277,0 m², während sie 1980 deutlich zulegt und 452,7 m² aufweist. Danach sinkt die Fläche hin zu 2015 auf 149,6 m² ab.

Die maximale Breite des Flussverlaufs schwankt zwischen 49,8 m und 57,2 m. Gesamt gesehen hat sich die Breite von 1966 mit 52,3 m bis 2015 mit 52,7 m kaum verändert. 1977 und 1985 weisen die gleiche Breite von 52,5 m auf, während 1980 einen Rückgang auf 49,8 m verzeichnet. Nach 1985 steigt die Breite bis 2001 stetig auf 57,2 m an.

In der Flächenveränderung zeigen sich bis auf 1993 keine großen Unterschiede, wo die Fläche den niedrigsten Wert von 7.958 m² erreicht. Alle anderen Zeitscheiben weisen eine Fläche zwischen 9.160 m² (2015) und 10.525 m² (1966) auf.

Die Längenveränderung vor der Wehranlage fällt gering aus. Der niedrigste Wert wird 1977 mit 149,3 m gemessen und der höchste Wert 1993 mit 151,5 m. 1966 entsprechen die 150,0 m von 2015 150,6 m.

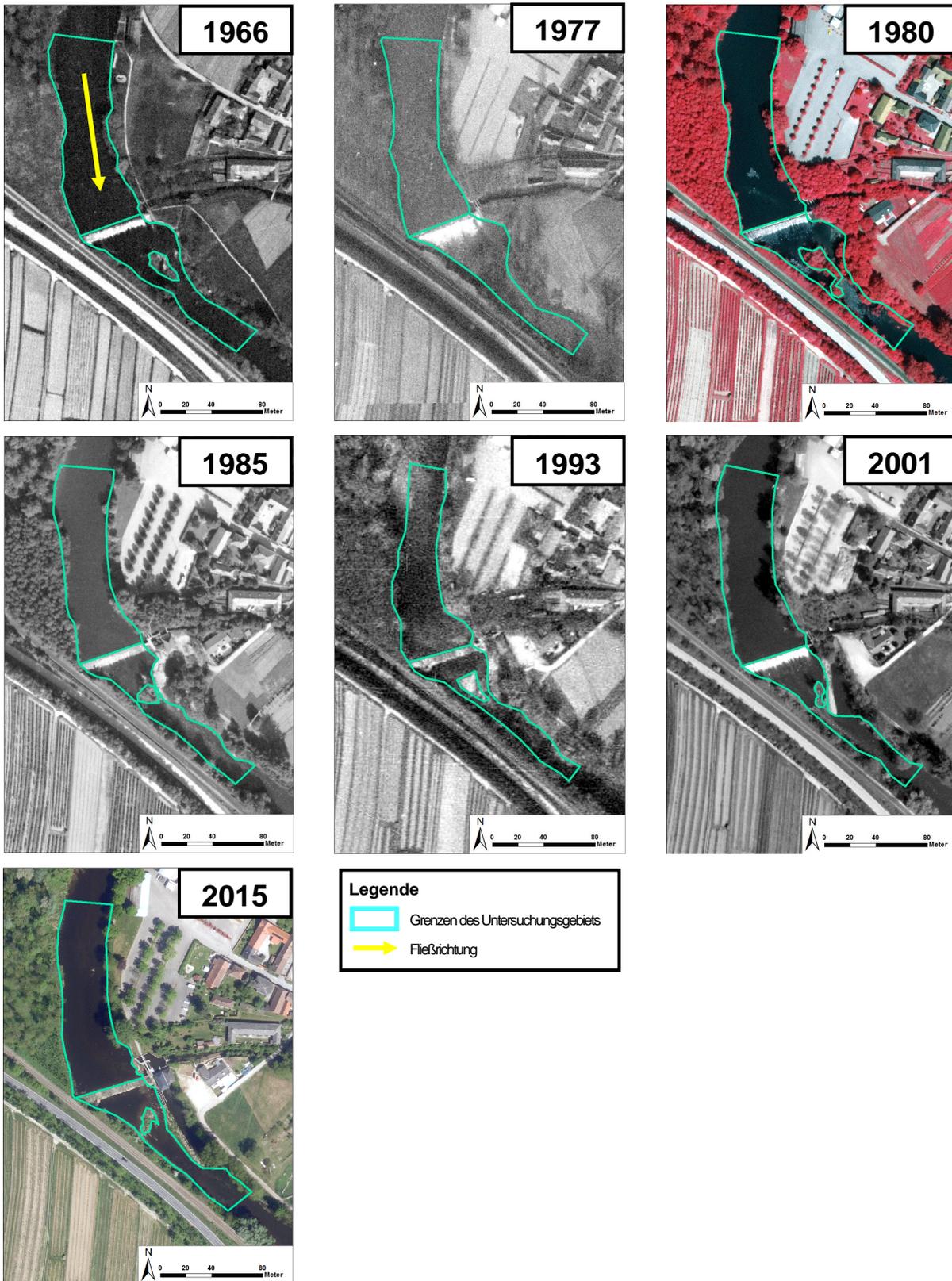


Abbildung 37: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage Pirker (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

8.2.12 Zöbing – EVN Naturkraft 2

Tabelle 19: Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage EVN Naturkraft 2 von 1966-2015

Veränderungen aller Prozesse an der Wehranlage EVN Naturkraft 2						
Zeitscheibe	Anzahl der Inseln/Kiesbänke	Fläche der Inseln/Kiesbänke (m ²)	Max. Breite (m)	Fläche (m ²)	Längenveränderung vor der WA (m) (Referenz 2015)	Längenveränderung nach der WA (m) (Referenz 2015)
1966	0	0,0	48,6	9923	149,6	151,8
1977	2	378,5 677,7	54,8	10751	150,0	130,1
1980	2	500,6 779,7	57,0	10600	149,0	145,2
1985	2	602,5 878,7	51,0	10187	149,5	147,1
1995	3	701,0 579,3 845,7	48,4	9968	150,7	143,4
2001	2	511,3 589,4	48,3	10668	150,0	146,6
2015	2	416,0 658,0	53,7	11544	150,0	150,0

Es gilt vorwegzunehmen, dass bei dieser Wehranlage kein Orthophoto von 1993 vorhanden war. Aufgrund dessen wurde ein Orthophoto von 1995 als Ersatz herangezogen, da dies den geringsten zeitlichen Abstand aufwies.

Die letzte Wehranlage im Untersuchungsgebiet ist in Abbildung 38 festgehalten. Hier wird deutlich, dass vor der Wehranlage keine großen Veränderungen statt fanden, während nach der Wehranlage größere Unterschiede festzustellen sind. Die Anzahl der Flussinseln/Kiesbänke variiert zwischen 0 und 3. 1966 gibt es keine Insel im Untersuchungsgebiet. Ab 1977 bis 2015 gibt es je zwei Inseln nach der Wehranlage, während 1995 auch noch eine vor der Wehranlage zu finden ist. Jene Insel nach der Wehranlage, welche näher zum Querbauwerk liegt, variiert in der Flächengröße zwischen 378,5 m² 1977 und 602,5 m² 1985. Ab 1985 nimmt die Fläche stetig ab und weist 2015 416,0 m² auf. Die zweite Insel nach der Wehranlage ist die größere der beiden und variiert zwischen 589,4 m² (2001) und 878,7 m² (1985). Somit weisen beide Inseln den höchsten Wert 1985 auf.

Die Fläche des untersuchten Abschnitts weist 1995, in dem Jahr mit den meisten Inseln, den zweit niedrigsten Wert von 9.968 m² auf. Einzig jene Zeitscheibe von 1966 ohne Insel hat einen noch niedrigeren Wert von 9.923 m². Nach 1966 steigt die Fläche bis 1977 auf 10.751 m² an, während sie anschließend bis 1995 absinkt. 2001 dehnt sich die Fläche wieder auf 10.668 m² aus und weist 2015 den höchsten gemessen Wert von 11.544 m² auf.

Die Längenmessung vor der Wehranlage zeigt nur geringe Unterschiede. 150,0 m 2015 entsprechen 1980 dem niedrigsten Wert von 149,0 m. 1995 misst um 0,7 m mehr als 2015. Nach dem Querbauwerk sind aus der Tabelle 19 größere Längenunterschiede zu entnehmen. 1977 stellen die 150,0 m der Referenzzeitscheibe 2015 nur 130,1 m dar. Danach steigt der Wert bis 1985 auf 147,1 m, während er danach noch einmal auf 143,4 m absinkt. Der einzige Wert über 150,0 m kann 1966 mit 151,8 m gemessen werden.

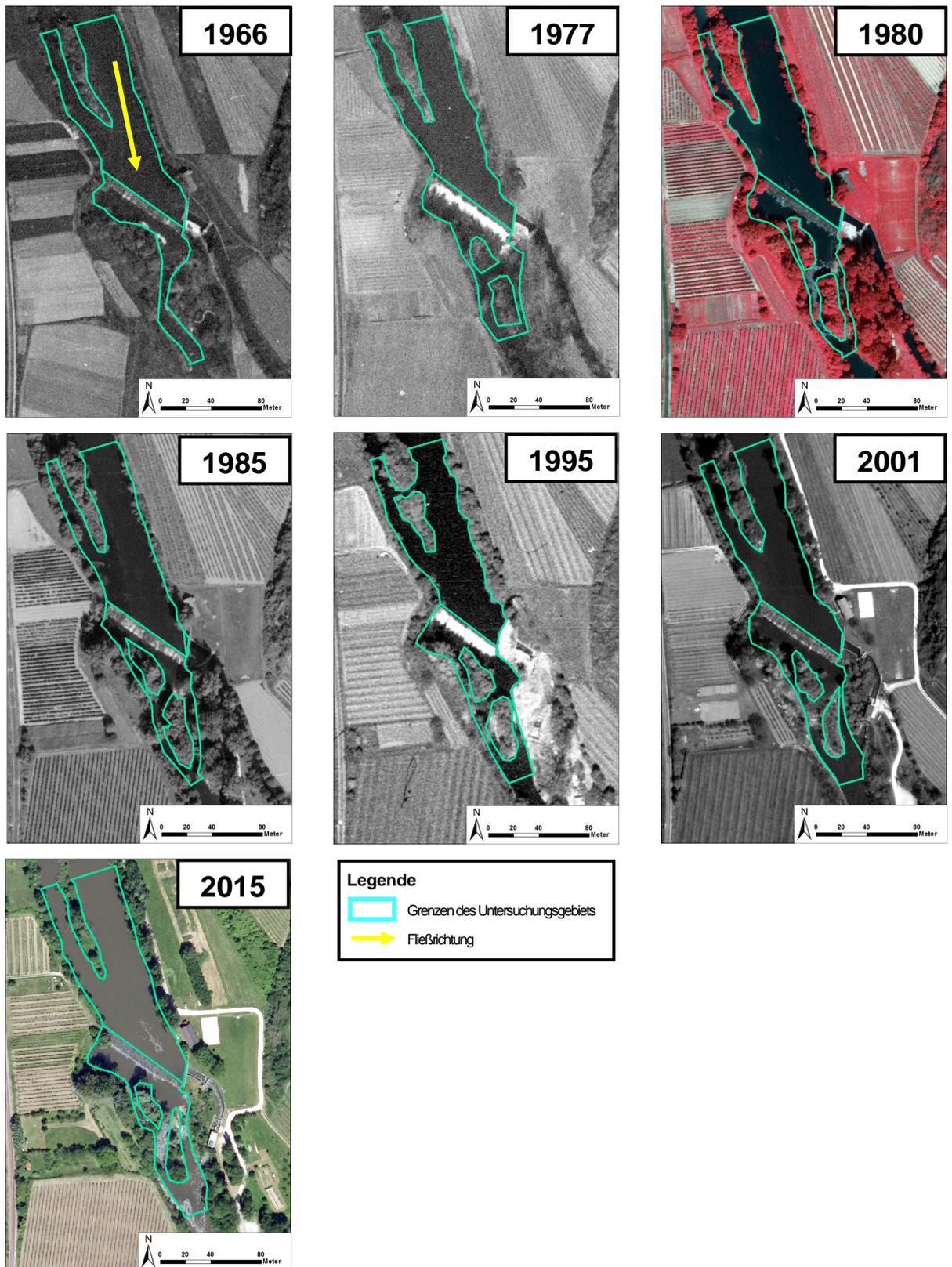


Abbildung 38: Bilderreihe der flussmorphologischen Veränderungen an der Wehranlage EVN Naturkraft 2 (1966-2015) (Datengrundlage: BEV 2016, Bearbeitung: Beate Steinhauser)

8.3 Abflussbedingungen und anthropogene Einflüsse

Die Ergebnisse dieses Kapitels gliedern sich in zwei Unterpunkte. Zunächst wird der fluvi-ale Faktor in Form der Hochwässer und der Abflussdaten dargestellt. Darauf folgend wird der anthropogene Einfluss in Form der baulichen Maßnahmen aufgezeigt.

8.3.1 Wasserstand, Hochwässer

Die Ergebnisse zur Erfassung der Abflussbedingungen und der Hochwässer im Untersu-chungsgebiet werden in Tabelle 20 dargestellt. Es zeigt sich, dass beinahe zwischen allen Zeitscheiben ein Hochwasser stattfand. Einzig zwischen 1977 und 1980 bzw. 1985 und 1993 konnten keine Aufzeichnungen über ein bedeutendes Hochwasser gefunden wer-den.

Tabelle 20: Hochwässer und Abflussbedingungen von 1966-2015 im Untersuchungsgebiet (Daten-grundlage: NÖ LANDESREGIERUNG 2016 und BMLFUW 2016)

Hochwässer und Abflussbedingungen im Untersuchungsgebiet 1966-2015							
Datum der Luft- bildaufnahme	24.04.1966	11.03.1977	01.07., 26.07., 01.08.1980	20.09.1985	24.04.1993	02.04.2001	06.05.2015
Wasserstand Pegel Rosen- burg EVN (cm)	-	195	129 128 134	134	129	144	113
Wasserstand Pegel Stief- ern (cm)	130	215	130 130 137	157	147	231	185
Hochwasser vor der Luftbildauf- nahme	1965	1975	-	1985	-	1996	2002
HW max. Was- serstand Pegel Stief-ern (cm)	-	-	-	309 (August)	-	414 (Mai)	602 (August)

In der Tabelle ist zu sehen, dass der Wasserstand beim Pegel Stief-ern immer höher liegt als jener beim Pegel Rosenberg EVN. 1977 erreicht der Pegel bei Rosenberg seinen höchsten Wert von 195 cm, während beim Pegel Stief-ern der höchste Wert mit 231cm aus dem Jahr 2001 datiert. Der max. Wasserstand des Pegel Stief-erns bei Hochwässern

hat seinen Spitzenwert 2002 mit 602 cm. Aus den Jahren 1965 und 1975 liegen keine Informationen vor.

8.3.2 Bauliche Maßnahmen

Um einen besseren Überblick über die Ergebnisse der Untersuchung zu den baulichen Maßnahmen zu bekommen, wurden diese in Tabelle 21 dargestellt.

Wie in 7.2.2 erwähnt, wurden hier nur jene baulichen Maßnahmen berücksichtigt, aufgrund derer eine Veränderung der lokalen Flussmorphologie möglich wäre. Zu sechs Wehranlagen (Seidl Immobilien, Rehpenning, Kerl, Erlinger-Schiedlbauer und Erlinger, EVN Naturkraft 2) konnten keine Hinweise über bauliche Veränderungen an der Wehranlage gefunden werden. Die anderen sechs Wehranlagen weisen bauliche Maßnahmen auf, die eine Veränderung der lokalen Flussmorphologie zur Folge haben können. Diese geschahen zum großen Teil im 21. Jahrhundert, während vor 2000 nur drei bauliche Veränderungen festzustellen sind.

Beinahe alle baulichen Maßnahmen hatten eine Wehr- bzw. Stauerhöhung zur Folge. Die Wehranlage Mantler Mühle 2 weist mit zwei Umbaumaßnahmen die höchste Anzahl auf. Die jüngste Baumaßnahme ist jene von 2010 an der Wehranlage in Kamegg, bei der die Errichtung einer auf dem bestehenden Wehr aufgesetzten Wehrklappe und eines Grundablasses geschah.

Der Bau der Fischaufstiegshilfen ist bei fast allen Wehranlagen erfolgt. Lediglich die Wehranlage in Rosenberg weist kein derartiges Bauwerk auf. In Gars am Kamp wird derzeit (2016/17) eine Fischaufstiegshilfe gebaut. Zur Wehranlage in Buchberg lag keine Information vor, jedoch konnte nach einem Gespräch mit der BH Horn das Vorhandensein einer Fischaufstiegshilfe an dieser Wehranlage bestätigt werden.

Tabelle 21: Bauliche Maßnahmen an den Wehranlagen im Untersuchungszeitraum (Datengrundlage: NÖ LANDESREGIERUNG 2016)

Bauliche Maßnahmen an den Wehranlagen im Untersuchungszeitraum 1966-2015					
Nr	Name	Ort	Nutzung aktuell	Bauliche Veränderung	FAH
1	EVN Naturkraft 1	Rosenburg	Wasserkraftanlage	2003: Herstellung des Wehraufsatzes, Ausbildung einer Überströmsektion	2003
2	Mantler Mühle1	Rosenburg	Wasserkraftanlage	1970: Erweiterung (umlegbare Staubrettanlage auf der Wehrkrone)	-
3	Hofstätter	Kamegg	Wasserkraftanlage	2010: Errichtung einer auf dem bestehenden Wehr aufgesetzten Wehrklappe und eines Grundablasses	2010
4	Seidl Immobilien	Gars am Kamp	Wasserkraftanlage	-	2014
5	Mantler Mühle 2	Gars am Kamp	Wasserkraftanlage	2000: Erhöhung der Wehranlage 2006: Abänderung der bestehenden Holzwehr in ein Bruchsteinwehr	2006
6	Rehpenning	Gars am Kamp	Wasserkraftanlage, Badebetrieb	-	Im Bau
7	Kerl	Zitternberg	Wasserkraftanlage	-	2015
8	Bogner Privatstiftung	Buchberg	Wasserkraftanlage	1984: Erhöhung der Wehranlage	ja
9	Erlinger-Schiedlbauer	Plank	Wasserkraftanlage	-	2011
10	Erlinger	Plank	Wasserkraftanlage	-	2010
11	Pirker	Schönberg	Wasserkraftanlage	2003: Erhöhung der Wehroberkante	2009
12	EVN Naturkraft 2	Zöbing	Wasserkraftanlage	-	2014

9. Diskussion

In diesem Kapitel werden zunächst die gewonnenen Ergebnisse diskutiert. Um einen besseren Überblick geben zu können, wird zu Beginn kurz auf die erste Forschungsfrage über Bestand und Funktion der Wehranlagen eingegangen. Danach erfolgt die Diskussion über die Ergebnisse der Auswirkungen aufgrund von Hochwässern und baulichen Maßnahmen. Im Anschluss wird die angewandte Methode kritisch betrachtet.

Die vorliegende Arbeit hat die Wehranlagen entlang des Kamps zwischen Rosenberg und Zöbing von 1966-2015 untersucht. Dabei wurden die fluvialmorphologischen Veränderungen in einem Bereich von 150 m vor und nach der Wehranlage kartiert. Unter anderem wurden auch die baulichen Veränderungen direkt an der Wehranlage und die in diesen Zeitraum fallenden Hochwässer erfasst, um eine Aussage über die Ergebnisse treffen zu können.

Die Literaturrecherche hat gezeigt, dass die Entstehung der Wehranlagen am Kamp schon weit zurückreicht. Es ist davon auszugehen, dass schon vor der ersten urkundlichen Erwähnung im 19. Jahrhundert viele der Wehranlagen existierten. Durch die wirtschaftliche und industrielle Entwicklung im Kamptal wurde der Fluss zu einer Lebensader für die Bevölkerung. Rund um die Städte und Dörfer entwickelten sich die Wehranlagen vor allem zur Verwendung für Mühlen, aber auch für Handwerksbetriebe wurde das Wasser durch Querbauwerke aufgestaut. HOFSTÄTTER (2001: 51) verweist auf den vermutlich ersten Standort einer Mühle, die durch das Wasser des Kamps betrieben wurde, in Kamegg. Die Erfindung der Turbine Mitte bis Ende des 18. Jahrhunderts hatte zur Folge, dass die Handwerksbetriebe auch für die Industrie zu arbeiten begannen. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurde größtenteils der Mühlenbetrieb eingestellt und der Kampfluss zur Stromerzeugung für den Eigenbedarf genutzt (vgl. HOFSTÄTTER 2001: 50). Durch die Anforderungen der Menschen beziehungsweise die stetige Weiterentwicklung der Technik wurde der Flussverlauf über die Jahrhunderte hinweg geprägt und geformt. Die heutige Nutzung der Wehranlagen besteht aus dem Ableiten von Wasser für die Wasserkraftwerke. Lediglich eine Wehranlage, jene in Gars von Rehpennig, hat bis heute auch die Nutzung als Badwehr. Dies lässt sich vermutlich auf die ansteigende Beliebtheit der Ortschaft als Luftkurort und Sommerresidenz der Wohlhabenden im 20. Jahrhundert zurückführen. Vor der Erbauung der drei großen Speicherkraftwerke war das Kamptal durch aufsteigenden Tourismus geprägt. Das Wasser wies Badetemperaturen von bis zu 26°C auf (vgl. HAWLIK 1995).

Anhand der Kartierung der Luftbilder und Orthophotos zeigt sich, dass über den Zeitraum von 49 Jahren flussmorphologische Veränderungen entlang des Flussverlaufs des Kamps

statt fanden. Die Ergebnisse spiegeln die Beeinflussung der Wehranlagen entlang des Kamps auf dessen lokale Flussmorphologie wider. Es wird deutlich, dass vor allem die vorangegangenen Hochwässer der Untersuchungszeitscheiben eine große Rolle bei der lokalen Flussmorphologie um die Wehranlagen spielten. Dadurch kam es zu fluvialen Prozessen wie Erosion, Transport und Akkumulation von Geröll unterschiedlichster Größe entlang des Untersuchungsgebiets. Wehranlage Nr. 10 in Plank am Kamp weist im Vergleich von 1985 zu 1993 vier Flussinseln/Kiesbänke mehr auf, obwohl der Wasserstand bei der Aufnahme der Luftbilder 1985 nur geringfügig größer ist als jener von 1993. Dies deutet auf erodiertes Material im Bereich der Wehranlagen hin, da auch die untersuchte Fläche abgenommen hat. Das Material wurde in Form von Flussinseln/Kiesbänken akkumuliert. Aber auch anthropogene Einflüsse tragen ihren Teil zur Veränderung der Flussmorphologie im Bereich der Wehranlagen bei. Auch ZEPP (2014: 115) weist darauf hin, dass die Intensität der fluvialen Formung in zunehmendem Maße durch menschliche Einflüsse auf Landschaften bestimmt ist. Versiegelung, Ackerbau, Beweidung sowie Abholzung prägen den ober- und unterirdischen Abfluss der Gewässer und wirken sich zusammen mit gewässerbaulichen Maßnahmen auf Erosion und Sedimentation in Flüssen und Bächen aus. Die Erhöhung der Wehranlage Nr. 5 in Gars am Kamp (Mantler) im Jahr 2000 hatte zur Folge, dass die untersuchte Fläche um rund 700 m² abnahm und sich die Breite des Flusses um 6,2 m verkürzte.

Das Untersuchungsgebiet um die Wehranlagen wird vor allem durch den geregelten Abfluss der drei großen Speicherkraftwerke in Ottenstein, Dobra-Krumau und Thurnberg-Wegscheid beeinflusst. Auch in der Untersuchung zu den fluvialmorphologischen Veränderungen aufgrund des Hochwassers 2002 von HAUER und HABERSACK (2009: 657) werden die drei Speicherkraftwerke als drastische Faktoren in der Beeinflussung des Sedimenttransports und des hydrologischen Regimes beschrieben. Die zwei Messpegel in Rosenberg und Stiefen, die im Flussverlauf nach den drei Kraftwerken liegen, reflektieren den Einfluss der Reservoirs auf die Hydrologie des Kamps. In Abbildung 39 ist der Durchfluss des Pegels Stiefen von April 2016-2017 abgebildet. Der Linienspiegel zeigt die geregelten Abflussmengen über das Jahr verteilt. Die Spitzenwerte werden im Sommer (Juli, August) und zu Beginn des Jahres (Jänner, Februar) erreicht. Durch den kontrollierten Ablass wird die Wassermenge, die die lokale Flussmorphologie im Bereich der Wehranlagen trifft, bestimmt. So werden auch die fluvialen Prozesse, wie Erosion, Transport und Akkumulation, im Bereich der Wehranlagen beeinflusst.

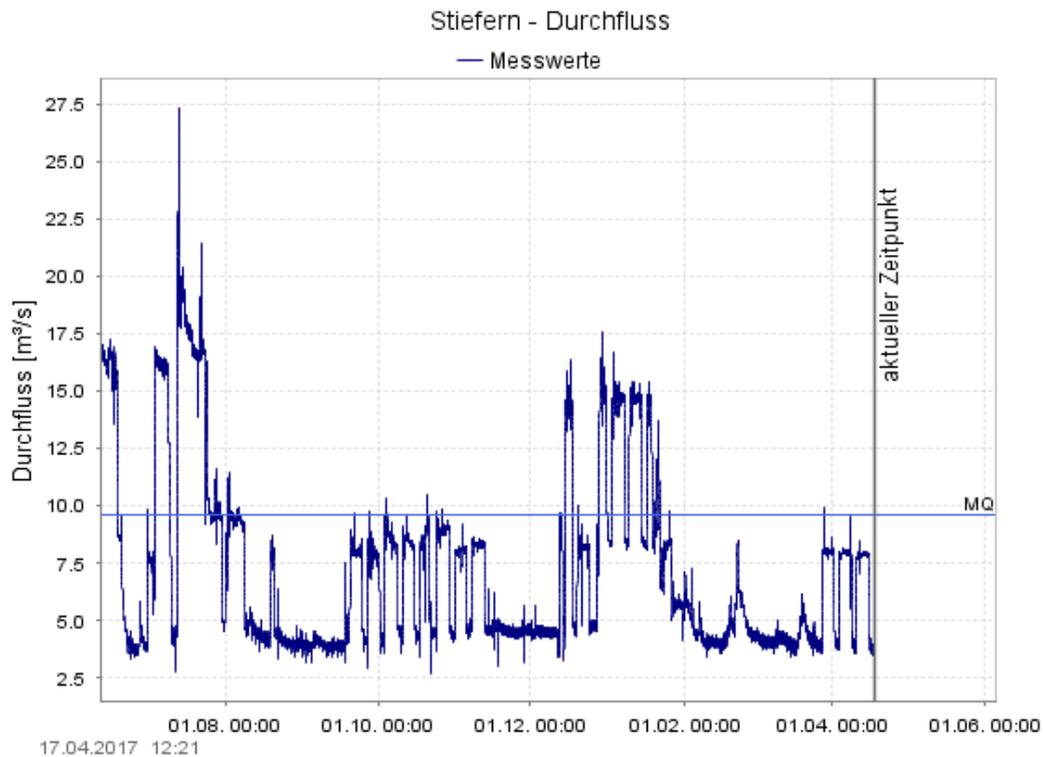


Abbildung 39: Durchfluss beim Pegel Stiefern von April 2016-2017 (Quelle: NÖ LANDESREGIERUNG 2016)

Den Ergebnissen nach zu urteilen, prägen die Hochwässer am Kamp den Flussverlauf am stärksten. Im Untersuchungszeitraum konnten vier größere Hochwässer festgestellt werden, die Abflussspitzen bis zu $200 \text{ m}^3/\text{s}$ aufweisen. Das Jahrhunderthochwasser von 2002 hat beim Messpegel Stiefern sogar eine Abflussspitze von ca. $800 \text{ m}^3/\text{s}$ erreicht (vgl. GUT-KNECHT et al. 2002).

Die größten Auswirkungen auf die Flussmorphologie im lokalen Bereich der Wehranlagen hat das Hochwasser 2002 verursacht. Die Auswirkungen zeigen sich vor allem in Anzahl und Fläche der Inseln/Kiesbänke. Dabei ist zu erkennen, dass das Hochwasserereignis unterschiedliche Auswirkungen auf die einzelnen Wehranlagen hat, denn bei vier Wehranlagen ist eine Flussinsel entstanden, während bei den anderen keine oder dieselbe Anzahl vorzufinden war. Dies hat sich auch auf die Längenveränderung von 2001-2015 ausgewirkt. 2015 ist als Referenzzeitscheibe mit $150,0 \text{ m}$ definiert, während im Untersuchungszeitraum von 2001-2015 erhebliche Unterschiede hin zu 2015 festgestellt wurden. Aufgrund der Entstehung der Flussinseln hat sich die Flussmitte und somit auch die Länge verändert. Dasselbe Bild zeigt sich auch bei der Flächenveränderung von 2001-2015. Auch hier hat das Jahrhunderthochwasser kein einheitliches Bild bei den Wehranlagen geliefert, sondern große Unterschiede verursacht. Erosion und Sedimentation waren gleichermaßen vorherrschend, denn es kam zu Zu- oder Abnahmen im Bereich der Wehranlagen. Jedoch sind diese Werte im Vergleich zur vorherigen Periode von 1993-

2001 deutlich höher oder niedriger ausgefallen, was auf das Jahrhunderthochwasser mit Abflussspitzen bis zu 800 m³/s zurückzuführen ist. In der Untersuchung zur Charakterisierung der flussmorphologischen Veränderungen am Kamp infolge des Hochwassers vom August 2002 (vgl. HAUER et al. 2006) wird deutlich, dass es speziell zu Ufer- und Tieferosion, zur Überschotterung, aber auch zu Erosionsrinnen kam. HAUER und HABERSACK (2008: 654) sprechen von massiver Erosion in den Überschwemmungsgebieten, kombiniert mit teilweiser Akkumulation des transportierten Materials.

Bauliche Maßnahmen an Wehranlagen haben sich im Untersuchungsgebiet vor allem nach dem Hochwasser 2002 gezeigt. Davor wurden lediglich 1970, 1984 und 2000 Veränderungen an den Wehranlagen in Form einer Erhöhung bzw. einer Staubrettanlage veranlasst. Dadurch kam es an diesen Wehranlagen im Untersuchungszeitraum zu einem Anstieg der Fläche, was auf eine erhöhte Erosion, aufgrund der höheren Staumenge, hindeutet. Die Flussinseln/Kiesbänke haben sich in diesem Zeitraum nicht verändert, womit belegt wird, dass keine vermehrte Akkumulation statt fand und somit das transportierte Material nach dem Untersuchungsraum abgelagert wurde. Alle anderen baulichen Maßnahmen fanden nach dem Jahrhunderthochwasser 2002 statt. Ebenfalls in den Untersuchungszeitraum von 2001 bis 2015 fallen die Fischaufstiegshilfen an den Wehranlagen. Lediglich die Wehranlagen in Rosenberg und jene von Rehpennig in Gars weisen keine auf oder es befindet sich eine im Bau. KORBER (2005: 119) beschreibt in ihrer Arbeit, dass Wehranlagen beschädigt wurden und dass an vier Anlagen im Untersuchungsgebiet Veränderungen im Staubereich auftraten. An den Wehranlagen von Rehpennig in Gars, Bogner in Buchberg und Erlinger-Schidlbauer in Plank am Kamp führte das Hochwasser zu Ablagerungen im Staubereich. Die Wehranlagen in Kamegg und auch jene in Buchberg wiesen Auswaschungen im Staubereich auf.

In Bezug auf die angewandte Untersuchungsmethode muss gesagt werden, dass die Fernerkundung ein wichtiges Mittel ist, um Informationen über die Erdoberfläche oder andere nicht direkt zugängliche Objekte zu bekommen. Dabei werden Aufnahmen von photographischen Bildern aus einem Flugzeug heraus gemacht, das in einer bestimmten Höhe ein abgegrenztes Gebiet der Erdoberfläche überfliegt (vgl. ALBERTZ 2007: 1f). Es hat sich gezeigt, dass es bei dieser Thematik schwierig ist, nur auf Basis der Fernerkundung eine Aussage über die fluvialmorphologischen Veränderungen im Bereich der Wehranlagen treffen zu können. Hier wäre eine Feldbegehung vor Ort von Vorteil, um eine noch höhere Aussagekraft der Messung erzielen zu können. Im Falle dieser Arbeit wäre zusätzlich eine geländebasierte Kartierung mit Fotodokumentation sinnvoll, um die Veränderung nach dem Jahrhunderthochwasser 2002 bis heute oder auch ältere Einflüsse feststellen zu können.

FELBAUER (vgl. 2016: 119) erwähnt in ihrer Abschlussarbeit, dass es oft zu Schwierigkeiten bei den Orthofotos kam und diese Methode alleine nur schwer ein exaktes Bild der Umgebung liefern kann. Bei den vorliegenden Daten war festzustellen, dass vor allem die schlechte Qualität der Luftbilder zu ungenauen beziehungsweise verfälschten Ergebnissen hinsichtlich der genauen Kartierung des Flussverlaufs führt. Besonders die Bilder der Zeitscheiben 1977 und 1993 verursachten im Laufe der Kartierung aufgrund der schlechten Auflösung Probleme, da der Flussverlauf im Untersuchungsgebiet um die Wehranlagen besonders schwer festzulegen war. Hinzu kommt, dass aufgrund der unterschiedlichen Aufnahmetage der Winkel der Sonneneinstrahlung unterschiedliche Schatten hinterlässt, weshalb die Uferlinie oft nur schwer bzw. ungenau zu erkennen war.

In dieser Arbeit wurden sieben Zeitscheiben herangezogen und untersucht. Es hat sich gezeigt, dass ältere Zeitscheiben vor 1966 noch eine weitere solide Basis für die Fernerkundung der Orthofotos darstellen würden. Hier würde eine größere Aussagekraft erzielt werden und die fluvialmorphologischen Auswirkungen könnten über einen längeren Zeitraum beobachtet werden.

Diese Arbeit stellt einen Anfang zur Erforschung der Fluvialmorphologie im Bereich von Wehranlagen da. Um speziell über die Wehranlagen des Kamps noch genauere Ergebnisse erzielen zu können, bedarf es in der Zukunft weiterer Untersuchungen. HAUER und HABERSACK (2009: 660) verwenden in ihrer Untersuchung ein Digitales Terrain Modell (DTM), um so Aufschluss über tieferliegende Prozesse im Gerinnebett wie Tiefenerosion, Unterspülung oder Transport von grobkörnigem Material zu bekommen. Festgelegte und statistische Tests über hydraulische, morphologische und sedimentologische Parameter sind notwendig, um Schlüsselvariablen zu bestimmen, die stark mit morphologischen Veränderungen bei außergewöhnlichen Hochwasserereignissen zusammenhängen (vgl.

HAUER und HABERSACK 2009: 680). Zusätzlich zur Fernerkundung wäre eine gelände-
basierte Kartierung mit Fotodokumentation in gewissen Zeitabständen, etwa jährlich, von
Vorteil. Aufgrund dessen kann eine genauere Aussage über die Beeinflussung der Wehr-
anlagen entlang des Kamps auf die lokale Fluvialmorphologie getroffen werden.

10. Fazit

Die Ergebnisse der vorliegenden Diplomarbeit zeigen, dass auch heute noch viele Wehranlagen entlang des Kamps zu finden sind, ihre Nutzung sich aber geändert hat. Waren sie früher für den Mühlen- und Handwerksbetrieb von Nöten, sind sie heute einzig und allein für die Stromerzeugung in Betrieb. Die zwölf Wehranlagen zeigen im Untersuchungszeitraum von 49 Jahren flussmorphologische Veränderungen, vor allem in der Größe der Fläche und in Anzahl und Größe der Inseln, auf. Durch fluviale Prozesse im Gerinnebett wie Erosion, Transport und Akkumulation von Material kam es zu diesen Veränderungen. Besonders durch Hochwässer wurden diese Prozesse ausgelöst, aber auch die drei Speicherkraftwerke, im Flussverlauf weiter oben gelegen, beeinflussen mit ihren geregelten Abflüssen die Fluvialmorphologie des Kamps. Am deutlichsten haben sich die Veränderungen nach dem Jahrhunderthochwasser 2002 gezeigt, wo es durch Abflussspitzen von bis zu 800 m³/s zu Erosion in Überschwemmungsbereichen, Laufverlagerungen und beschädigten Wehranlagen kam.

Diese Arbeit stellt den Beginn zur Erfassung der fluvialmorphologischen Veränderungen im Bereich von Wehranlagen entlang des Kamps dar. Um genauere Ergebnisse zu bekommen, bedarf es weiterer Untersuchungen und anderer Methoden.

11. Literaturverzeichnis

- AHNERT F. (2015⁵): Einführung in die Geomorphologie. – Stuttgart.
- ALBERTZ J. (2007³): Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. – Darmstadt.
- BAUER B. und FISCHER H. (2002⁶): Geomorphologie in Stichworten II. Exogene Morphodynamik. Abtragung – Verwitterung – Tal- und Flächenbildung. – Berlin. (=Hirts Stichwörterbücher).
- BEV (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen) (2016): Digitale Luftbilder und Orthophotos. – Wien.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) (o.J.): eHYD - Hydrografische Daten Österreichs. Online unter <http://ehyd.gv.at/> (18.12.2016)
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) (Hrsg.) (2012a): Hydromorphologische Leitbilder. Einführung, Definition und Parameter. – Wien. (=Hydromorphologische Leitbilder 1).
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) (Hrsg.) (2015): Hydrografisches Jahrbuch von Österreich 2013. – Wien.
- DÖRING M. und RADLER S. (2001): Stau- und Wasserkraftanlagen. – In: LECHER K., LÜHR H.-P. und ZANKE U. (Hrsg.): Taschenbuch der Wasserwirtschaft. – Berlin, 576-655.
- FELBAUER L. (2016): „Paraglaziäle Systeme: Veränderungen geomorphologischer Prozesse und Formen in einem Gletscherrückzugsgebiet (Fallbeispiel Silvretta)“. – Diplomarbeit, Universität Wien, Wien.
- FORDINAL I. (2005): Nachhaltige Entwicklung der Kamptal-Flusslandschaft. – Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, Wien.
- FREIWILLIGE FEUERWEHREN VON GARS AM KAMP, KAMEGG UND NONNDORF (2001): Die Macht des Wassers im Kamptal. „Vom Urmeer zum G'spritzten“. – Gars am Kamp.
- GAMERITH W. (1987): Zwischen Bedrohung und Bewahrung. Das Kamptal – Eine ökologische Parabel. – Wien.
- GREGORY K. (2006): The human role in changing river channels. In: Geomorphology 79, 172 – 191.

- GUTKNECHT D., RESZLER C. UND BLÖSCHL G. (2002): Jahrtausend-Hochwasser am Kamp? - Technische Universität Wien; online unter https://www.tuwien.ac.at/aktuelles/news_detail/article/3401/ (14.12.2016)
- HABERSACK H. und MOSER A. (2003): Plattform Hochwasser. Ereignisdokumentation Hochwasser August 2002. – Wien.
- HABERSACK H., STIEFELMAYER H., PETRASCHECK A. und BÜRCEL J. (2005): Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2002-FloodRisk. – In: Österreichische Abfall- und Wasserwirtschaft 57, 88-94.
- HABERSACK H., PETSCHL T., KORBER S. und HAUER C. (2013): Optimierung von Wasserkraft und Ökologie bei Erneuerung oder Revitalisierung bestehender Anlagen – „win-win“-Ansatz. – In: Österreichische Abfall- und Wasserwirtschaft 65, 315-323.
- HABERSACK H., TRITTHART M., LIEDERMANN M., SINDELAR C. und HAUER C. (2015): Nachhaltiger und ökologisch orientierter Wasserbau – Perspektiven bis 2035. – In: Österreichische Abfall- und Wasserwirtschaft 170, 73-84.
- HAUER R. (1952): Die Flusssysteme des n.-ö. Waldviertels. Ein Beitrag zu ihrer Entwicklungsgeschichte. – Gmünd.
- HAUER C., FRANGEZ C., JUNGWIRTH M., HOFBAUER S., MUHAR S., PREIS S., UNFER G. und HABERSACK H. (2006): Flussmorphologische Veränderungen am Kamp durch das Hochwasser 2002 und ihre Bedeutung für Hochwasserschutz und Fischökologie. – In: Österreichische Abfall- und Wasserwirtschaft 58 (11-12), 175-183.
- HAUER C. und HABERSACK H. (2009): Morphodynamics of a 1000-year flood in the Kamp River, Austria, and impacts on floodplain morphology. – In: Earth Surface Processes and Landforms 34, 654-682.
- HAWLIK S. (1995): Sommerfrische im Kamptal. Der Zauber einer Flusslandschaft. – Wien.
- HEINZ D. (2004): Flussmorphologische Veränderungen am Kamp durch die Hochwässer im August 2002 im Vergleich zur Langzeitentwicklung. – Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, Wien.
- HENTZE J. (1950): Wasserbau Teil 2. – Leipzig.
- HIESBERGER C. (2006): Optimierung von Wehranlagen im Hinblick auf ökologische, technische und ökonomische Gesichtspunkte am Beispiel einer Wehranlage am Kamp. – Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, Wien.

- HOFSTÄTTER W. (2001): Die Entwicklung der Mühlen und Kleinkraftwerke am Kamp. – In: FREIWILLIGE FEUERWEHREN von Gars am Kamp, Kamegg und Nonndorf. (Hrsg.): Die Macht des Wassers im Kamptal. „Vom Urmeer zum G’spritzten“. – Gars am Kamp, 50-52.
- HOLZAPFEL P., WAGNER B., ZEIRINGER B., GRAF W., LEITNER P., HABERSACK H. und HAUER C. (2014): Anwendung der Habitatmodellierung zur integrativen Bewertung von Schwall und Restwasser im Bereich der Wasserkraftnutzung. – In: Österreichische Abfall- und Wasserwirtschaft 66, 179-189.
- JUNGWIRTH M. (2005): Wasserkraftnutzung und ökologische Funktionsfähigkeit von Fließgewässern. – In: Natur in Tirol, Naturkundliche Beiträge der Abteilung Umweltschutz 12, 11-31.
- KORBER S. (2005): Nachhaltige Entwicklung der Kamptal-Flusslandschaft. Kleinwasserkraft am Kamp und Mühlkamp. – Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, Wien.
- LECHER K. (2001): Gewässerregulierung. – In: LECHER K., LÜHR H.-P. und ZANKE U. (Hrsg.): Taschenbuch der Wasserwirtschaft. – Berlin, 409-480.
- LECHER K., LÜHR H.-P. und ZANKE U. (Hrsg.) (2001): Taschenbuch der Wasserwirtschaft. – Berlin.
- LESER H. (2009): Geomorphologie. - Braunschweig
- MADER H., STEIDL T. und WIMMER R. (1996): Abflussregime österreichischer Fließgewässer. Beitrag zu einer bundesweiten Fließgewässertypologie. – Wien.
- MÜCK W. (2001) Geographie und Hydrographie des Kamptales. – In: FREIWILLIGE FEUERWEHREN von Gars am Kamp, Kamegg und Nonndorf (Hrsg.): Die Macht des Wassers im Kamptal. „Vom Urmeer zum G’spritzten“. – Gars am Kamp, 60-61.
- MUHAR S., POPPE M., EGGER G., SCHMUTZ S. und MELCHER A. (2004): Flusslandschaften Österreichs. Ausweisung von Flusslandschaftstypen anhand des Naturraums, der Fischfauna und der Auenvegetation. – Wien.
- NÖ LANDESAKADEMIE (2007): Nachhaltige Entwicklung der Kamptal-Flusslandschaft. – Wien.
- NÖ LANDESARCHIV. (o.J.d): Der Franziszeische Kataster. – St. Pölten, online unter http://www.noela.findbuch.net/php/main.php?ar_id=3695 (11.12.2016).

- NÖ LANDESREGIERUNG, ABTEILUNG WASSERBAU. (o.J.): Gewässerbetreuungskonzept unterer Kamp. – Wien.
- NÖ LANDESREGIERUNG. (o.J.a): NÖ Atlas – Nationale Gewässerbewirtschaftungsplan. – St. Pölten, online unter http://www.noel.gv.at/Umwelt/Wasser/Allgemeines/Allgemeines_NGP.html (10.12.2016).
- NÖ LANDESREGIERUNG. (o.J.b): NÖ Atlas – Niederösterreichisches Wasserbuch. – St. Pölten, online unter http://www.noel.gv.at/Umwelt/Wasser/Wasserbuch-Online/WDV_OnlineAbfrage.html (10.12.2016).
- NÖ LANDESREGIERUNG. (o.J.c): Wasserstandsnachrichten, Hochwasserprognosen in NÖ. – St. Pölten, online unter <http://www.noel.gv.at/ExterneSeiten/Wasserstand/htm/WNDCMS.HTM> (11.12.2016).
- PREIS S., MUHAR S., HABERSACK H., HAUER C., HOFBAUER S. UND JUNGWIRTH M. (2006): Nachhaltige Entwicklung der Flusslandschaft Kamp: Darstellung eines Managementprozesses in Hinblick auf die Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL). – In: Österreichische Abfall- und Wasserwirtschaft 58 (11-12), 159-167.
- SCHEURICH D. (2005): Flusslandschaft Kamp. – Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, Wien.
- SEIBERT C. (2006): Fischökologische Untersuchungen am Mittleren Kamp unter besonderer Berücksichtigung der Wehranlagen. – Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, Wien.
- STEININGER F. (Hrsg.) (1999): Erdgeschichte des Waldviertels. – Horn und Waidhofen/Thaya.
- STRAHLER A. H., STRAHLER A. N. (1999): Physische Geographie. – Stuttgart.
- STROBL T. und ZUNIC F. (2006): Wasserbau. Aktuelle Grundlagen - Neue Entwicklungen. – Berlin Heidelberg.
- SWANSON S. E. (2001): Geographic Information System. – In: Journal of Hospital Librarianship 1:3, 83-89,
- WILHELM F. (1993): Hydrogeographie. Grundlagen der Allgemeinen Hydrogeographie. – Braunschweig.

WILHELMY H. (2002⁶): Geomorphologie in Stichworten. II. Exogene Morphodynamik. – Berlin/Stuttgart.

ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) (Hrsg.) (2016): Klimadaten von Österreich 1971 - 2000. Wetterstation Stift Zwettl; http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm (22.01.2017).

ZEPP H. (2014⁶): Geomorphologie. Eine Einführung. – Paderborn.