



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Untersuchungen zur Sediment-Konnektivität in einem
anthropogen beeinflussten Fließgewässer mittels
Feinsedimentanalysen“

Verfasser

Robert Bertsch

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 453

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Diplomstudium Theoret. / Angewandte Geographie (Stzw) UniStG

Betreuerin / Betreuer:

Univ.-Prof. Dipl.-Geogr. Dr. Thomas Glade

Danksagung

Ich möchte mich zunächst bei meinen Diplomarbeitsbetreuern Prof. Dr. Thomas Glade und insbesondere bei Mag. Ronald Pöpl, BA bedanken, der mich während meinen Geländearbeiten unterstützt hat und durch seine fachliche Kompetenz stets eine wertvolle Hilfe war.

Mein spezieller Dank gilt auch meinen Eltern, die es mir ermöglicht haben ein Studium an der Universität Wien zu absolvieren sowie meinen Freunden, die meine Studienzeit zu einem unvergesslichen Abschnitt meines Lebens machten.

Meiner Schwester Elisabeth gebührt mein Dank für das Korrekturlesen der Diplomarbeit.

Danke!

Wien, 15.11.2011

Robert Bertsch

Kurzfassung

In der vorliegenden Diplomarbeit wird der anthropogene Eingriff, in Form eines Staudammes, auf die anteilmäßige Korngrößenzusammensetzung von Feinsedimenten (<2 mm) in pool-Abschnitten sowie die Schwebstoffkonzentration untersucht. Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss eines Dammes sowie einzelner riffle-pool-Sequenzen, auf die longitudinale Sediment-Konnektivität entlang eines Fließgewässers zu untersuchen.

Dazu wurden, im Zuge dieser empirischen Arbeit, Schwebstoffproben, sowie Sedimentproben aus pool-Abschnitten und den angrenzenden Uferbereichen flussauf- und flussabwärts eines Dammes entnommen. Zur Ermittlung der Korngrößenzusammensetzungen der Feinsedimente sowie der Schwebstoffkonzentration wurden unterschiedliche Analysemethoden verwendet.

Die Untersuchungsstandorte befinden sich entlang des Kajibachs, dammauf- und dammabwärts des so genannten Sagteichs im nördlichen Niederösterreich.

Auf Basis der Ergebnisse der Schwebstoffanalysen kann der untersuchte Damm generell als Sediment-Diskonnektivitätsfaktor ausgewiesen werden. Aufgrund des potentiellen lateralen Eintrags von Sedimenten ist dies, auf Basis der Korngrößenanalysen der Feinsedimente aus pool-Abschnitten, jedoch teilweise nur bedingt möglich. Ebenso der Einfluss einzelner riffle-pool-Sequenzen auf die longitudinale Sediment-Konnektivität konnte aufgrund des potentiellen lateralen Eintrags von Sedimenten nur unter Vorbehalt aufgezeigt werden.

Abstract

The present diploma thesis deals with the human impact, in form of a dam, on the grain size distribution of fine sediments (<2 mm) in pool-sections and the suspended load concentration. The main objective of this work is to analyse the impact of a dam and riffle-pool-sequences on the longitudinal sediment-connectivity.

For this purpose, suspended load measurements and sediment samples from pool-sections as well as from the river banks were taken up- and downstream of a dam. The grain size distribution of the sediments and the concentration of the suspended load were analysed based on various methods.

The study sites are located alongside the "Kaja" river, which catchments size is about 21.3 km². The samples, were extracted down- und upstream of the so called "Sagteich- reservoir".

As a result of the suspended load measurements, the investigated dam can be regarded as a strong sediment-disconnecting factor. Furthermore, the potential lateral input of sediment from river banks alters the grain size distribution of the sediments in pool-sections. Therefore, using sediment samples from pool-sections, to delineate the impact of a dam and single riffle-pool-sequences on the longitudinal sediment-connectivity has to be regarded with reservation.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	- 1 -
1.1	Fragestellungen und Ziele der Diplomarbeit	- 3 -
1.2	Begriffsdefinitionen	- 6 -
2	Hypothesen	- 8 -
3	Charakterisierung eines pool-Abschnittes bzw. einer riffle-pool Sequenz	- 9 -
3.1	Entstehung und Aufrechterhaltung von riffle-pool Sequenzen	- 11 -
3.2	Akkumulationsbereiche von Sedimenten in riffle-pool Sequenzen	- 12 -
4	Das Einzugsgebiet des Kajabachs	- 14 -
4.1	Allgemein	- 14 -
4.1.1	Lithologie	- 14 -
4.1.2	Relief	- 16 -
4.1.3	Klima	- 16 -
4.1.4	Böden	- 16 -
4.1.5	Vegetation und Landnutzung	- 16 -
4.2	Das Untersuchungsgebiet	- 18 -
4.2.1	Eigenschaften der Untersuchungsstandorte	- 20 -
4.2.2	Die Pufferzonen	- 21 -
5	Methoden und Datengrundlagen	- 24 -
5.1	Feldmethoden	- 24 -
5.1.1	Ausweisung der pool Bereiche sowie der potentiellen Akkumulationsbereiche	- 24 -
5.1.2	Probenentnahme der Sedimente aus den pool-Abschnitten	- 25 -
5.1.3	Probenentnahme der Uferproben	- 27 -
5.1.4	Entnahme der Schwebstoffproben	- 27 -
5.1.5	Messung der Fließgeschwindigkeit	- 29 -
5.2	Verortung der Untersuchungsstandorte	- 30 -
5.3	Labormethoden	- 33 -
5.3.1	Siebanalysen	- 33 -
5.3.2	Pipettanalyse	- 34 -
5.3.3	Bestimmung der Schwebstoffkonzentration und der TE	- 35 -
5.3.4	Bestimmung der Korngrößenverteilung der Schwebstoffe	- 36 -
5.4	Datengrundlagen	- 37 -
6	Ergebnisse	- 38 -
6.1	Fluvialgeomorphologische Kartierung	- 38 -
6.2	Fließgeschwindigkeiten	- 40 -
6.3	Schwebstoffe	- 42 -

6.4	Korngrößenanalysen der Sedimentproben aus den pool-Abschnitten und Uferzonen	- 44 -
6.4.1	Korngrößenzusammensetzung der Feinsedimente _____	- 45 -
6.4.2	Sandfraktionen als Komponenten der Feinsedimente _____	- 48 -
6.4.3	Schlufffraktionen als Komponenten der Feinsedimente _____	- 52 -
6.5	Zentrale Ergebnisse der Korngrößenanalysen _____	- 56 -
7	<i>Diskussion</i> _____	- 57 -
8	<i>Zusammenfassung und Ausblick</i> _____	- 63 -
9	<i>Quellenangabe</i> _____	- 67 -
10	<i>Anhang</i> _____	- 71 -

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER „LANE BALANCE“ (CHARLTON, 2008).....	- 2 -
ABBILDUNG 2: ABGRENZUNG VON POOL-ABSCHNITT, RIFFLE-ABSCHNITT SOWIE RIFFLE-POOL SEQUENZ.....	- 7 -
ABBILDUNG 3: LÄNGSSCHNITT DURCH EINE RIFFLE-POOL SEQUENZ (ZEPP, 2008).....	- 9 -
ABBILDUNG 4: OBERFLÄCHENSTRUKTUR DES WASSERS ENTLANG EINER RIFFLE-POOL SEQUENZ.....	- 10 -
ABBILDUNG 5: LITHOLOGIE IM EINZUGSGEBIET DES KAJABACHS.....	- 15 -
ABBILDUNG 6: LANDNUTZUNG IM EINZUGSGEBIET DES KAJABACHS.....	- 17 -
ABBILDUNG 7: DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET – UMGEBUNGSBEREICH DES SAGTEICHS.....	- 19 -
ABBILDUNG 8: DAMMABWÄRTIGE PUFFERZONE (FOTORICHTUNG: FLUSSAUFWÄRTS).....	- 22 -
ABBILDUNG 9: DAMMAUFWÄRTIGE PUFFERZONE (FOTORICHTUNG: FLUSSABWÄRTS).....	- 23 -
ABBILDUNG 10: VERORTUNG DER PROBENENTNAHMESTELLE AN DEN UFERZONEN.....	- 27 -
ABBILDUNG 11: FLUSSQUERSCHNITT MIT SCHEMATISCHER DARSTELLUNG DER FLIEßGESCHWINDIGKEITSMESSUNGEN.....	- 30 -
ABBILDUNG 12: VERORTUNG DER DAMMAUFWÄRTIGEN UNTERSUCHUNGSSTANDORTE.....	- 31 -
ABBILDUNG 13: VERORTUNG DER DAMMABWÄRTIGEN UNTERSUCHUNGSSTANDORTE.....	- 32 -
ABBILDUNG 14: FLUVIALGEOMORPHOLOGISCHE KARTIERUNG DES DAMMABWÄRTIGEN ABSCHNITTES DER IM FRÜHLING 2011 BEPROBTEN POOL-ABSCHNITTE.....	- 39 -
ABBILDUNG 15: FLIEßGESCHWINDIGKEITEN DES KAJABACHS IN DEN PUFFERZONEN UND DEN UNTERSUCHTEN ABSCHNITTE.....	- 40 -
ABBILDUNG 16: KORNGRÖßENVERTEILUNG UND KONZENTRATION DER SCHWEBSTOFFE.....	- 43 -
ABBILDUNG 17: MITTELWERTE DER KORNGRÖßENKLASSEN DER FEINSEDIMENTE IN DEN POOL-ABSCHNITTEN.....	- 45 -
ABBILDUNG 18: MITTELWERTE DER KORNGRÖßENKLASSEN DER FEINSEDIMENTE AN DEN UFERZONEN.....	- 47 -
ABBILDUNG 19: MITTELWERTE DER SANDFRAKTIONEN IN DEN POOL-ABSCHNITTEN.....	- 49 -
ABBILDUNG 20: MITTELWERTE DER SANDFRAKTIONEN AN DEN UFERZONEN.....	- 51 -
ABBILDUNG 21: MITTELWERTE DER SCHLUFFFRAKTIONEN IN DEN POOL-ABSCHNITTEN.....	- 53 -
ABBILDUNG 22: MITTELWERTE DER SCHLUFFFRAKTIONEN AN DEN UFERZONEN.....	- 55 -
ABBILDUNG 23: FLUVIALGEOMORPHOLOGISCHE KARTIERUNG DES DAMMABWÄRTIGEN ABSCHNITTES DER IM HERBST 2010 BEPROBTEN POOL-ABSCHNITTE.....	- 71 -
ABBILDUNG 24: FLUVIALGEOMORPHOLOGISCHE KARTIERUNG DES DAMMAUFWÄRTIGEN ABSCHNITTES DER IM HERBST 2010 UND FRÜHLING 2011 BEPROBTEN POOL-ABSCHNITTE.....	- 72 -
ABBILDUNG 25: VERKLAUSUNG ZWISCHEN DEN POOL-ABSCHNITTEN G UND H.....	- 73 -
ABBILDUNG 26: STÜNDLICHE NIEDERSCHLAGSSUMMEN GEMESSEN AN DER STATION RIEGERSBURG (CA. 9 KM ENTFERNUNG ZUM SAGTEICH) FÜR DEN ZEITRAUM 01.11.2010 – 30.06.2011. DIE ROTEN LINIEN MARKIEREN DIE EINZELNEN ZEITPUNKTE, ZU DENEN GELÄNDEARBEITEN DURCHGEFÜHRT WURDEN (EIGENE DARSTELLUNG; DATENQUELLE: LAND NIEDERÖSTERREICH).....	- 74 -
ABBILDUNG 27: ORGANISCHES MATERIAL AUF DER OBERFLÄCHE DES BACHBETTS.....	- 74 -

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: ÜBERSICHT ÜBER DIE UNTERSUCHTEN KOMPARTIMENTE IM KONTEXT DER SEDIMENT-KONNEKTIVITÄT.....	- 4 -
TABELLE 2: UNTERSUCHTE KORNGRÖßENFRAKTIONEN DER FEINSEDIMENTE UND DEREN ANALYSEMETHODEN (EIGENE DARSTELLUNG; DATENGRUNDLAGE: ZEPP, 2008, S.95).....	- 33 -
TABELLE 3: LISTE DER DATENQUELLEN.....	- 37 -
TABELLE 4: GEMESSENE FLIEßGESCHWINDIGKEITEN IN M/S ENTLANG DER QUERPROFILE A-G; GERUNDETE WERTE.....	- 40 -
TABELLE 5: WASSER- SOWIE SCHWEBSTOFFMENGEN DER EINZELNEN KÜBEL UND DIE DARAUS BERECHNETEN SCHWEBSTOFFKONZENTRATIONEN.	- 42 -
TABELLE 6: MITTELWERTE UND EXTREMWERTE DER KORNGRÖßENKLASSEN DER FEINSEDIMENTE IN DEN POOL-ABSCHNITTEN; ANGABEN IN %.....	- 45 -
TABELLE 7: ANTEILE DER KORNGRÖßENKLASSEN DER FEINSEDIMENTE DER UFER- BZW. BODENPROBEN DER UFERZONEN; ANGABEN IN %.....	- 47 -
TABELLE 8: MITTELWERTE UND EXTREMWERTE DER SANDFRAKTIONEN IN DEN POOL-ABSCHNITTEN; ANGABEN IN %.....	- 49 -
TABELLE 9: ANTEILE DER SANDFRAKTIONEN DER UFER- UND BODENPROBEN DER UFERZONEN; ANGABEN IN %.....	- 51 -
TABELLE 10: MITTELWERTE UND EXTREMWERTE DER SCHLUFFFRAKTIONEN IN DEN POOL-ABSCHNITTEN; ANGABEN IN %.....	- 53 -
TABELLE 11: ANTEILE DER SCHLUFFFRAKTIONEN DER UFER- UND BODENPROBEN DER UFERZONEN, ANGABEN IN %.....	- 55 -

1 Einleitung

Fließgewässer sind bedeutsame geomorphologische Agenzien, die das Erscheinungsbild der Erdoberfläche formen und prägen. Bei diesem Formungsprozess werden Flüsse und Bäche von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren gesteuert und beeinflusst, wie beispielsweise der Tektonik, der Lithologie, dem Klima sowie der Vegetation (vgl. SCHUMM, 2005; CHARLTON, 2008). Auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Maßstabsebenen wird durch das Zusammenspiel dieser Faktoren eine Reihe an fluvialgeomorphologischen Prozessen hervorgerufen, die zur Bildung eines charakteristischen fluvialen Formenschatzes führen. Beispiele hierfür sind die Ausdehnung sowie die Form des Einzugsgebiets eines Flusses, die Unterteilung in einen Ober-, Mittel- und Unterlauf (auf Basis wesentlicher Gefälleänderungen), Gewässerstrecken (z.B. Gewässerstrecken zwischen fluvialmorphologischen Bettstrukturen wie Sohlenstufen oder Geschiebeakkumulationen) sowie Flussbettstrukturen, zu denen auch Kiesbänke, Inseln sowie riffle-pool-Sequenzen zählen (vgl. KERN, 1994).

Neben den zuvor genannten Steuerfaktoren, greift auch der Mensch durch sein Tun und Handeln in das Prozessgefüge von fluvialen Systemen ein (GOUDIE, 1994; GREGORY, 2006; KLIMEK & LATOCHA, 2007; CHARLTON, 2008). Der anthropogene Einfluss lässt sich dabei in einen direkten sowie indirekten Einfluss unterscheiden. Während die direkten Eingriffe am Fluss- oder Bachlauf selbst stattfinden, wie beispielsweise durch einen Staudamm oder Uferverbauungen, finden die indirekten Eingriffe im Einzugsgebiet des Fließgewässers statt. Dazu zählen beispielsweise Landnutzungsänderungen sowie der anthropogen beeinflusste Klimawandel (PÖPPL, et al., in press).

Insbesondere Staudämme führen sowohl dammauf- als auch dammabwärts, zu einer Beeinflussung des Sediment- und Abflussregimes eines Flusses (vgl. BRANDT, 2000; GRAF, 2006). Anhand der so genannten „Lane Balance“, lässt sich das grundlegende Gleichgewichtsprinzip der Flussmorphologie besonders deutlich und anschaulich darstellen (siehe Abbildung 1). Aus dem Verhältnis der Korngröße und Sedimentmenge auf der einen Seite, sowie der Neigung des Bachbetts und der Abflussmenge auf der anderen Seite, findet entweder eine Ablagerung („Aggradation“) oder Erosion („Degradation“) von Sedimenten statt (CHARLTON, 2008).

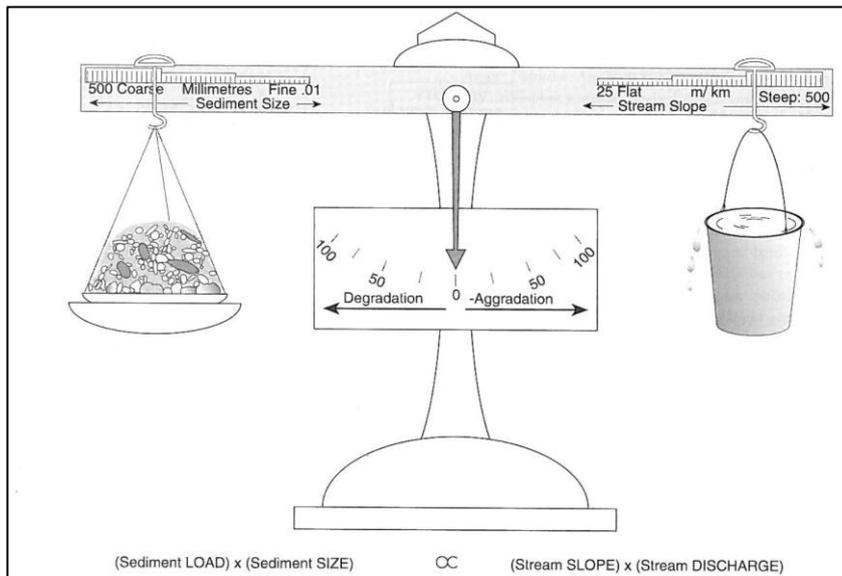


Abbildung 1: Schematische Darstellung der „Lane Balance“ (CHARLTON, 2008)

Im Fall eines Staudammes wird dieses Verhältnis dammaufwärts in Richtung einer Aggradation verschoben, während dammabwärts eine Degradation der Sedimente stattfindet. Dammabwärts ist hierbei das Phänomen des „hungry water“ („hungriges Wasser“) zu erwähnen: durch den Rückstau von Sedimenten kommt es zu einer erhöhten Erosionskapazität des Fließgewässers, was zu einer verstärkten Tiefen- bzw. Seitenerosion führt (KONDOLF, 1997). Für den dammaufwärtigen Abschnitt stellt der Wasserspiegel eines Reservoirs eine lokale Erosionsbasis dar. Darauf reagiert das Fließgewässer mit einer Ablagerung von Sedimenten im Mündungsbereich, hervorgerufen durch die geringere Neigung des Flussbetts (SCHUMM, 2005). Was das Abflussregime betrifft, so kann es der Fall sein, dass bestimmte Dämme beinahe das gesamte Wasser eines Flusses speichern, während andere Dämme lediglich einen geringen Anteil zurückhalten (BRANDT, 2000; GRAF, 2006). Ebenso werden die Abflussspitzen eines Fließgewässers durch einen Staudamm reguliert (GORDON & MEENTEMEYER, 2006). Im Fall des Abflussregimes sowie der Regulierung der Abflussspitzen spielt, neben dem Klima, die Bauart sowie die Nutzung eines Staudammes eine entscheidende Rolle (vgl. BRANDT, 2000).

In der vorliegenden Diplomarbeit werden die Auswirkungen eines Staudammes auf die Korngrößenzusammensetzungen von Feinsedimenten (<2 mm) in dammauf- und dammabwärtigen pool-Sequenzen sowie auf die Schwebstoffkonzentrationen untersucht. Als konzeptionelle Grundlage dient der Arbeit das Konzept der Konnektivität von Hooke (2003), auf das im Kapitel 1.1 näher eingegangen wird.

Mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften hinsichtlich ihrer Formen, Fließbedingungen sowie der stattfindenden sedimentologischen Prozesse, stellen riffle-pool-Abschnitte wertvolle aquatische Lebensräume dar (HANRAHAN, 2007; HENDRICKS, 1993; MERMILLOD-BLONDIN et al., 2000). Deshalb ist eine möglichst genaue Kenntnis über deren Eigenschaften sowie die unterschiedlichen stattfindenden Prozesse in diesen Flussabschnitten, nicht nur im Kontext der Grundlagenforschung, von großer Bedeutung.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Norden Niederösterreichs, entlang des 10,7 km langen Kajabachs, der auf dem Gebiet des Nationalparks Thayatal in die Thaya mündet (PÖPPL, 2010). Die Probenstandorte befinden sich dammauf- sowie dammabwärts des Sagteich-Reservoirs. Der Überlauf des 21,3 km² großen Einzugsgebiets des Kajabachs (PÖPPL, 2010) befindet sich auf dem kristallinen Gesteinskomplex der Böhmisches Masse (WESSELY, 2006). Im Oberlauf des Kajabachs sind, auf dem Untergrund von Lössablagerungen, Ackerflächen zu finden, während im Unterlauf Waldflächen dominieren. Das Klima in dieser Region ist geprägt durch die trockene pannonische Klimaprovinz im Osten sowie den feuchteren atlantischen Einfluss aus dem Westen.

Im nachfolgenden Kapitel wird zunächst auf die zentralen Fragestellungen und Ziele dieser Diplomarbeit sowie auf das Konzept der Konnektivität von HOOKE (2003) näher eingegangen. Im Anschluss daran werden die zentralen Begriffe, die in dieser Diplomarbeit verwendet werden, definiert. Im Kapitel 2 werden die, der Diplomarbeit zu Grunde liegenden Hypothesen präsentiert. In einem theoretischen Teil werden anschließend im 3. Kapitel die wesentlichen Merkmale und Charakteristika von riffle-pool Sequenzen erläutert. Das Kapitel 4 befasst sich mit dem Untersuchungsgebiet selbst sowie den naturräumlichen Gegebenheiten des Einzugsgebiets des Kajabachs. Im Kapitel 5 werden, die im Zuge der Diplomarbeit angewandten Methoden vorgestellt und erläutert. Den Hauptteil der Arbeit bildet Kapitel 6, in dem die Ergebnisse der Diplomarbeit präsentiert werden. Diese werden abschließend diskutiert und zusammengefasst.

1.1 Fragestellungen und Ziele der Diplomarbeit

Grundsätzlich beschäftigt sich diese Diplomarbeit mit dem Thema des anthropogenen Einflusses, in Form eines Staudammes, auf ein Fließgewässer und dessen Auswirkungen auf die Korngrößenzusammensetzung von Feinsedimenten in pool-Abschnitten sowie die Schwebstoffkonzentration. Dieser Einfluss wird mit Hilfe unterschiedlicher Methoden quantitativ untersucht.

Wie bereits erwähnt dient das Konzept der Konnektivität von HOOKE (2003) als konzeptionelle Basis für die vorliegende Diplomarbeit. Als Konnektivität bezeichnet HOOKE (2003) unter anderem das Potential eines Sedimentkornes, sich entlang eines Fließgewässers fortbewegen zu können. Im Hinblick auf den Sedimenttransport führt ein Staudamm jedoch dazu, dass es zu einer Diskonnektivität kommt, da dieser Sedimente zurück hält. Das bedeutet, dass kein Transport von Sedimenten entlang des Fließgewässers stattfindet solange der Damm besteht (vgl. HOOKE, 2003).

Nachdem HOOKE (2003) das Konzept der Konnektivität auf der Basis von groben Sedimenten (5-15 cm) erläutert, wird in der vorliegenden Diplomarbeit versucht, dieses an Hand von Feinsedimenten anzuwenden. Für die Untersuchungen zur Konnektivität wurden in dieser Diplomarbeit ausschließlich Sedimente herangezogen, weshalb die Konnektivität in weiterer Folge als Sediment-Konnektivität bezeichnet wird.

Diese Sediment-Konnektivität wird in der vorliegenden Diplomarbeit zwischen mehreren unterschiedlichen Kompartimenten untersucht. Ein Überblick darüber ist in Tabelle 1 enthalten. In Anlehnung an HOOKE (2003) wird in dieser Arbeit der Staudamm als Sediment-Diskonnektivitätsfaktor angesehen. Daneben werden für diese Diplomarbeit einzelne riffle-pool-Sequenzen als temporäre Diskonnektivitätsfaktoren betrachtet. „Temporär“ deshalb, da die Sedimente in riffle-pool-Sequenzen, im Gegensatz zu den gespeicherten Sedimenten im Staubereich des Dammes, bei einem Hochwasser leichter remobilisiert werden können. Die Abgrenzungen von pool-Abschnitten und riffle-pool-Sequenzen ist dem Kapitel 1.2 zu entnehmen

Tabelle 1: Übersicht über die untersuchten Kompartimente im Kontext der Sediment-Konnektivität.

untersuchte Kompartimente	untersuchte Feststoffe	Richtung
Zwischen einzelnen riffle-pool-Sequenzen innerhalb mehrerer zusammenhängender riffle-pool-Sequenz	Feinsedimente	longitudinal
zwischen dammauf- und dammabwärtigen riffle-pool-Sequenzen	Feinsedimente	longitudinal
zwischen dammauf- und dammabwärtigen Fließgewässerabschnitten	Schwebstoffe	longitudinal

Auf Basis der vorangegangenen Ausführungen lassen sich für diese Diplomarbeit somit folgende Fragestellungen festhalten:

- Welcher Anteil, der in einem Fließgewässer transportierten Schwebstoffe, wird durch einen Staudamm zurück gehalten?
- Lassen sich Unterschiede in der Korngrößenzusammensetzung von Feinsedimenten zwischen dammauf- und dammabwärtigen pool-Abschnitten feststellen?
- Wie unterscheiden sich die Korngrößenzusammensetzungen von Feinsedimenten in pool-Abschnitten zu unterschiedlichen Entnahmezeitpunkten?
- Lässt sich das Konzept der Konnektivität von HOOKE (2003) grundsätzlich auch auf Basis von Feinsedimenten anwenden?
- Kann ein Staudamm als Sediment-Diskonnektivitätsfaktor für Feinsedimente und Schwebstoffe angesehen werden?
- Können einzelne riffle-pool-Sequenzen innerhalb mehrerer zusammenhängender riffle-pool-Sequenz als temporäre Sediment-Diskonnektivitätsfaktoren für Feinsedimente ausgewiesen werden?
- Wie wirkt sich der potentielle laterale Eintrag von Sediment auf die, von riffle-pool-Sequenzen sowie einem Damm hervorgerufene, longitudinale Sediment-Diskonnektivität aus?

Aus diesen Fragestellungen wurden in weiterer Folge die nachstehenden Ziele formuliert, die der Diplomarbeit zu Grunde liegen:

- Das übergeordnete Ziel ist es, das Konzept der Konnektivität von HOOKE (2003) in Form der Sediment-Konnektivität auf Basis von Feinsedimentanalysen und Schwebstoffmessungen anzuwenden.
- Mit Hilfe von Schwebstoffmessungen soll, die „trap efficiency“ (Sedimentationsvermögen) eines Staudammes bestimmt werden.
- Anhand von Korngrößenanalysen von Sedimenten aus pool-Abschnitten sollen Erkenntnisse darüber gewonnen werden, welche Korngrößenfraktionen von Feinsedimenten bevorzugt im Staubereich eines Dammes zurück gehalten werden.
- Auf Basis von Sedimentproben zu unterschiedlichen Entnahmezeitpunkten soll die zeitliche Veränderung der Korngrößenzusammensetzungen in pool-Sequenzen ermittelt werden.

- Im Kontext der longitudinalen Sediment-Konnektivität ist das Ziel der Arbeit, den Sagteich als Sediment-Diskonnektivitätsfaktor sowie einzelne riffle-pool-Sequenzen als temporäre Sediment-Diskonnektivitätsfaktoren auszuweisen.

1.2 Begriffsdefinitionen

Im Verlauf der vorliegenden Diplomarbeit werden einige Begriffe verwendet, die zu Beginn einer Definition bedürfen.

Was eine Definition von Feinsedimenten betrifft, so gibt es in der Literatur teils unterschiedliche Abgrenzungen. Die Abgrenzungen werden dabei nach der Auffassung der Autorinnen und Autoren individuell getroffen. In der Arbeit von RATHBURN & WOHL (2003, s. 115) werden unter „*finer size fractions*“ die Korngrößen Ton bis Mittelsand (clay to medium sand) zusammengefasst. LISLE & HILTON (1992, s. 371) grenzen Feinsedimente folgendermaßen ab: „*For now, fine sediment is loosely defined as some mixture of silt, sand and fine gravel (...)*“. In einer anderen Arbeit von LISLE & HILTON (1991, s. 2) werden unter dem Begriff der Feinsedimente „*(...) sand and small pebbles, but silt and medium to large pebbles may also be present*“, zusammengefasst. In der Arbeit von SEAR (1996, S. 246) werden unter dem Begriff „*fine sediments*“ alle Korngrößen <22 mm zusammengefasst.

In Anlehnung an ZEPP (2008) werden in dieser Diplomarbeit unter der Bezeichnung Feinsedimente alle Korngrößen <2 mm gezählt. Dazu zählen die Korngrößen Sand (2-0,063 mm), Schluff (0,063-0,002 mm) sowie Ton (<0,002 mm) (siehe Kapitel 5.3).

Die bereits erwähnte „trap efficiency“ (Sedimentationsvermögen), kurz TE genannt, wird im Rahmen dieser Diplomarbeit auf Basis von Schwebstoffkonzentrationen untersucht. Es handelt sich dabei um eine Angabe, welcher Anteil der Schwebstoffe eines Flusses im Staubereich eines Dammes gespeichert wird. Die Berechnung der TE ist dem Kapitel 5.3.3 zu entnehmen.

Im weiteren Verlauf der Diplomarbeit werden die Bezeichnungen „pool-Abschnitte“, „riffle-Abschnitte“ sowie „riffle-pool Sequenzen“ verwendet. Bei pool-Abschnitten bzw. riffle-Abschnitten handelt es sich um einen einzelnen pool bzw. riffle. Gleichzeitig sind diese beiden Abschnitte Teil einer riffle-pool Sequenz. Eine solche riffle-pool-Sequenz kann auch aus mehreren riffle- und pool-Abschnitten bestehen (siehe Abbildung 2). In der vorliegenden Diplomarbeit wurden die Sedimentproben ausschließlich aus pool-Abschnitten entnommen. Im Kontext der Sediment-Konnektivität wird jedoch von riffle-pool Sequenzen gesprochen. Grund dafür ist, dass auch in riffle-Bereichen eine Deposition von Sedimenten stattfindet (siehe Kapitel 3.2).

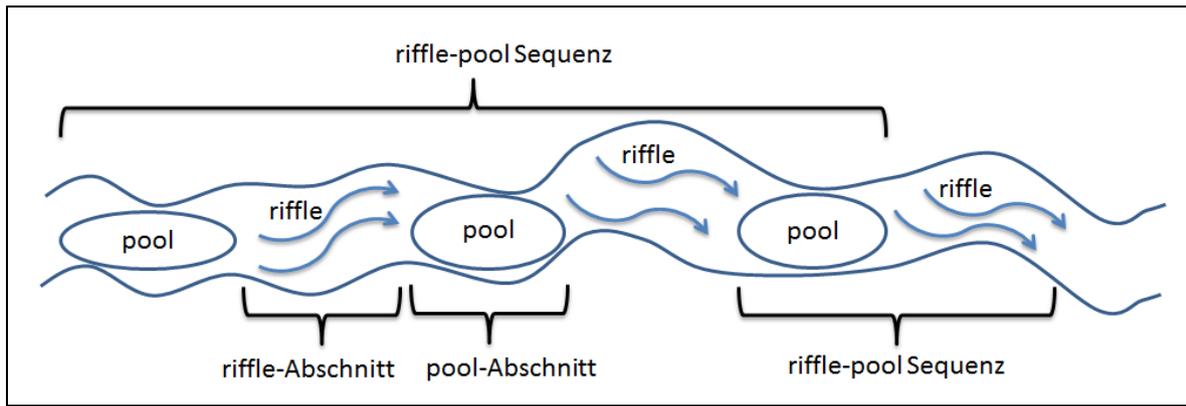


Abbildung 2: Abgrenzung von pool-Abschnitt, riffle-Abschnitt sowie riffle-pool Sequenz.

2 Hypothesen

In einem allerersten Schritt wurden zu Beginn der Diplomarbeit Hypothesen formuliert. Im Zuge dessen wurden zunächst einige allgemeine Überlegungen zum Thema der anthropogenen Beeinflussung von Flüssen angestellt. Nach einer ersten Geländebegehung konnte zusätzlich ein Eindruck darüber gewonnen werden, welche Analysen im betreffenden Untersuchungsgebiet durchgeführt werden können. Ebenso das Vorhandensein entsprechender Analysemethoden und Arbeitsgeräte wurde in den Prozess der Hypothesenbildung miteinbezogen.

Folgende Hypothesen wurden somit ausgearbeitet und formuliert:

- Die Speicherfunktion einzelner riffle-pool-Sequenzen, führt in flussabwärtiger Richtung zu einer Abnahme der Feinsedimente entlang mehrerer zusammenhängender riffle-pool-Sequenzen, weshalb riffle-pool-Sequenzen als Sediment-Diskonnektivitätsfaktoren bezeichnet werden können.
- Aufgrund der Speicherfunktion von Staudämmen werden im Staubereich Feinsedimente zurück gehalten, wodurch eine Sediment-Diskonnektivität zwischen dem dammauf- und dammabwärtigen Flussabschnitt hervorgerufen wird.
- Auf Basis der TE eines Staudammes, sowie der anteilmäßigen Korngrößenzusammensetzung von Feinsedimenten aus pool-Abschnitten kann der Einfluss eines Dammes auf die longitudinale Sediment-Konnektivität untersucht werden.

3 Charakterisierung eines pool-Abschnittes bzw. einer riffle-pool Sequenz

Riffle-pool Sequenzen sind charakteristische Abschnitte eines Fließgewässers. Dabei handelt es sich laut SEAR (1996) um eine Flussbettform von Flüssen, die Schotter oder gemischte Korngrößen transportieren sowie Neigungen von $<5\%$ aufweisen. In diesem Kapitel werden die wesentlichen Eigenschaften einer riffle-pool Sequenz sowie die Unterschiede zwischen einem riffle- und einem pool-Abschnitt erläutert.

Der wohl auffälligste Unterschied zwischen einem riffle- und einem pool-Abschnitt ist die Wassertiefe. Während in den pool-Abschnitten tiefere Wasserstände vorzufinden sind, weisen riffle-Abschnitte geringere Wassertiefen auf (u.a. ZEPP, 2008; CHARLTON, 2008; sowie Abbildung 3).

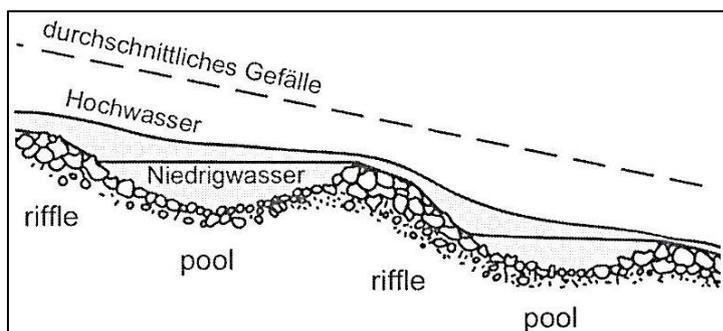


Abbildung 3: Längsschnitt durch eine riffle-pool Sequenz (ZEPP, 2008).

Ebenso die Fließgeschwindigkeit unterscheidet sich zwischen einem riffle- und einem pool-Abschnitt. Diesbezüglich werden über den riffle-Abschnitten höhere Fließgeschwindigkeiten erreicht als über den pool-Abschnitten (u. a. WOHL, 2007; CHARLTON, 2008; sowie Abbildung 15). Auch die Struktur der Wasseroberfläche unterscheidet sich zwischen einem riffle- und einem pool-Abschnitt. Eine wesentliche Rolle spielt hierbei die Oberflächenbeschaffenheit der Flusssohle (ZEPP, 2008). Aufgrund der raueren Oberfläche in riffle-Abschnitten, bedingt durch gröbere Sedimente, sowie die geringere Wassertiefe weisen die Wasseroberflächen über riffle-Abschnitten ein deutlich turbulenteres Erscheinungsbild auf als über pool-Abschnitten (siehe Abbildung 2).

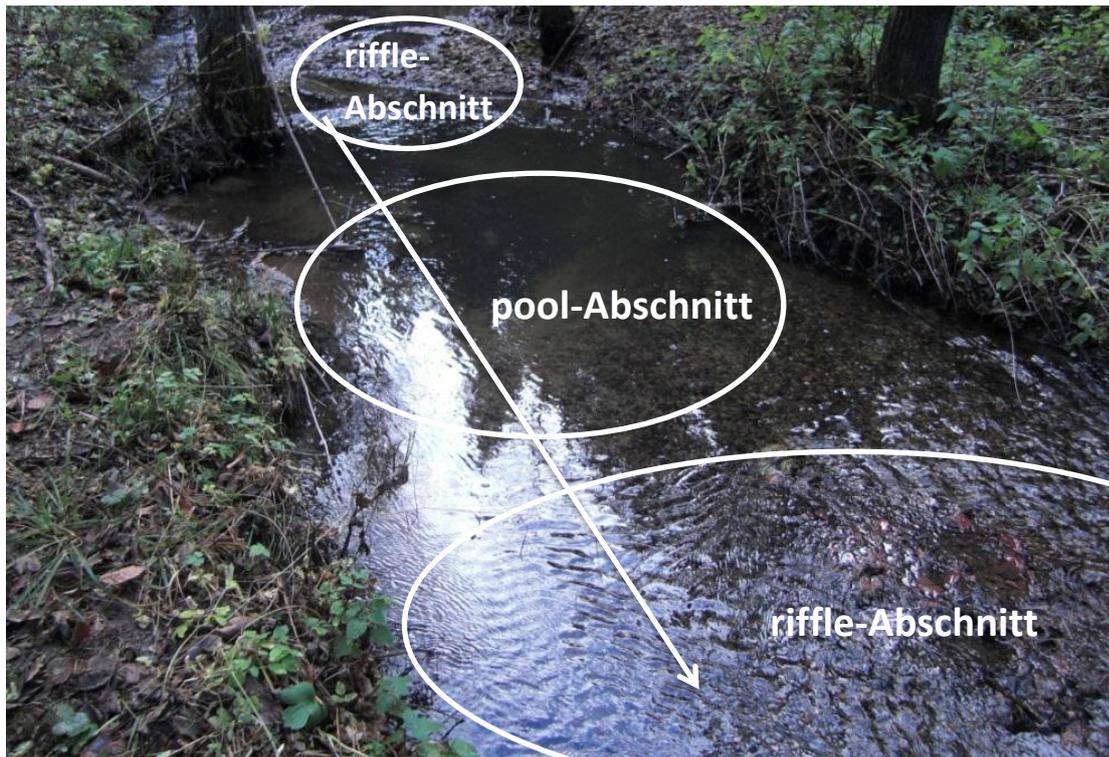


Abbildung 4: Oberflächenstruktur des Wassers entlang einer riffle-pool Sequenz.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal zwischen einem riffle- und einem pool-Abschnitt ist die Gewässerbreite. Laut RICHARDS (1976, 1978) sind riffle-Abschnitte breiter als pool-Abschnitte. Diesen Umstand führt RICHARDS (1978) darauf zurück, dass das grobe Sohlenmaterial eines riffle-Abschnitts eine Tiefenerosion hemmt und dass dadurch eine Seitenerosion hervorgerufen bzw. gefördert wird. Ebenso was das Gefälle der Wasseroberfläche betrifft, gibt es Unterschiede zwischen riffle- und pool-Abschnitten. Diesbezüglich weisen riffle-Abschnitte ein stärkeres Gefälle auf als pool-Abschnitte (WOHL, 2007). Grundsätzlich sind riffle- von pool-Abschnitten bei Niedrigwasser besser voneinander zu unterscheiden, da sich in diesem Fall die Fließgeschwindigkeiten über den riffle- bzw. pool-Abschnitten deutlicher voneinander unterscheiden, als es bei einem Hochwasser der Fall ist (CHARLTON, 2008). Was die Abstände zwischen riffle- bzw. pool-Abschnitten betrifft, so wird in der Literatur häufig angeführt, dass der pool-zu-pool Abstand in etwa dem 5-7 fachen der Gewässerbreite entspricht (GILVEAR & BRAVARD, 1996; CHARLTON, 2008; ZEPP, 2008). Ebenso in der Arbeit von KELLER & MELHORN (1978), in der rund 250 pool-zu-pool Abstände vermessen wurden, wird ein mittlerer Abstand von der 6 fachen Gewässerbreite angegeben.

3.1 Entstehung und Aufrechterhaltung von riffle-pool Sequenzen

Über die Entstehung als auch die Aufrechterhaltung von riffle-pool Sequenzen gibt es bis heute keine allgemeingültigen und von allen Seiten anerkannten Gesetzmäßigkeiten (vgl. SEAR, 1996; CHARLTON, 2008; VETTER, 2008). Daher gibt es umso mehr Theorien, mit deren Hilfe versucht wird den Ursprung dieser fluvialgeomorphologischen Formen zu beschreiben.

Für KELLER & MELHORN (1978) sind riffle-pool Sequenzen Mäander in der vertikalen bzw. dritten Ordnung, ähnlich der Mäandrierung von Flüssen in horizontaler Ebene. Eine andere Theorie, die im Zusammenhang mit der Entstehung von riffle-pool Sequenzen zu nennen ist, ist jene der kinematischen Wellen von LANGBEIN & LEOPOLD (1968). Eine solche kinematische Welle ist laut LANGBEIN & LEOPOLD (1968) eine Vergesellschaftung von sich bewegenden Objekten, die sich aus deren Geschwindigkeit, deren Abstände zueinander und Interaktionen untereinander ergibt. Im Kontext der Entstehung von riffle-pool Sequenzen führen diese kinematischen Wellen zu Akkumulationen von Sedimenten. Diese Akkumulationen können anschließend verfestigt werden und damit die Fließbedingungen und somit den Transport der Geschiebefracht beeinflussen (LISLE, 1979). Die gegenseitige Beeinflussung von Akkumulationen und Strömungsbeeinflussungen können zu positiven Rückkoppelungseffekten führen, die noch größere Depositionen erzeugen und somit zur Bildung von riffle-pool Sequenzen beitragen können.

Ebenso die Theorie der Umkehr der Fließgeschwindigkeit („velocity reversal“) über riffle- bzw. pool-Abschnitten, die von KELLER (1971) veröffentlicht wurde, ist ein Beitrag zum Thema der Aufrechterhaltung von riffle-pool Sequenzen. Diese Theorie hat zum Inhalt, dass sich die Verhältnisse der Fließgeschwindigkeiten über einem riffle- und einem pool-Abschnitt bei einem Hochwasser umkehren. Laut KELLER (1971) nimmt bei ansteigendem Abfluss in einem pool-Abschnitt die Fließgeschwindigkeit, unmittelbar über dem Flussbett, schneller zu als in einem riffle-Abschnitt. Überschreiten die Abflussmengen einen bestimmten Grenzwert, dann tritt der Fall ein, dass die Fließgeschwindigkeit in einem pool-Abschnitt höher ist als in einem riffle.

Diese Umkehr der Fließgeschwindigkeiten führt auch zu Veränderungen bei der Deposition und Erosion der Sedimente. Der Theorie von KELLER (1971) zufolge werden Feinsedimente während eines Niedrigwasserabflusses über die riffle-Abschnitte hinweg transportiert und in den pool-Abschnitten abgelagert. Mit einer ansteigenden Wasserführung, und dem daraus resultierenden stärkeren Geschwindigkeitsanstieg in den pool-Abschnitten, werden die Sedimente sowohl über die riffle- als auch über die pool-Abschnitte hinweg transportiert. Im Fall einer höheren Geschwindigkeit in den pool-Abschnitten gegenüber den riffle-Abschnitten kommt es zu einer Deposition der grobkörnigen

Sedimente in den riffle-Abschnitten. Bei einem anschließenden Rückgang der Abflussmenge bleiben diese Sedimente in den riffle-Abschnitten liegen (KELLER, 1971).

Auch in anderen Arbeiten (u.a. ROBERT, 1997; MILAN et al., 2001; WOHL, 2007; CHARLTON, 2008; VETTER, 2008) wird die Theorie der Umkehr der Fließgeschwindigkeiten aufgegriffen und auch kritisch hinterfragt (CHARLTON, 2008; VETTER, 2008).

3.2 Akkumulationsbereiche von Sedimenten in riffle-pool Sequenzen

Sowohl in riffle- als auch in pool-Abschnitten kommt es zu einer Deposition von Sedimenten. Diesbezüglich gibt es jedoch Unterschiede, was die räumliche Verteilung der Sedimente sowie deren Korngröße betrifft. Die Akkumulationen von Feinsedimenten in den pool-Abschnitten finden generell dann statt, wenn geringere Abflussgeschwindigkeiten vorhanden sind. Im Gegensatz dazu kommt es bei erhöhten Abflussgeschwindigkeiten zu einer Remobilisierung der in den pool-Abschnitten befindlichen Feinsedimente (KELLER & MELHORN, 1978; WOHL, 2007).

Auch innerhalb eines pools-Abschnitts gibt es unterschiedliche Verteilungsmuster was die Deposition von Sedimenten betrifft. Laut THOMPSON & HOFFMAN, 2001 befinden sich insbesondere am Ende eines pool-Abschnitts (in Fließrichtung gesehen) vermehrt Akkumulationen von Sedimenten. Ebenso im Bereich von Wasserwirbeln („backwater“ Bereiche), hervorgerufen durch Hindernisse wie große Steine oder Verklausungen sowie im Randbereich von pool-Abschnitten, sind Akkumulationen von Sedimenten zu erwarten – nicht jedoch entlang des Hauptstromstriches (LISLE & HILTON, 1991; LISLE & HILTON 1992). Bezüglich der Verteilung von Sedimenten hinsichtlich der Korngrößen, befinden sich in einem pool-Abschnitt die größeren Korngrößen im Zentrum, während am Ende des pool-Abschnitts feinere Korngrößen dominieren (THOMPSON & HOFFMANN, 2001). Grundsätzlich sind laut SEAR (1996) feinere Sedimente am Ende eines pool-Abschnitts zu finden, während am Anfang des pool-Abschnitts (flussaufwärts) sowie in den riffle-Abschnitten größere Korngrößen vorhanden sind.

Was die Kompaktheit der abgelagerten Sedimente betrifft, so unterscheiden sich riffle- ebenfalls von pool-Abschnitten. Während die Sedimente in den pool-Abschnitten locker gelagert sind, weisen die Akkumulationen in den riffle-Abschnitten eine kompakte Lagerung auf (SEAR, 1996).

In der Arbeit von SEAR (1996) wird der Ansatz, Flussbettformen ausschließlich nach ihrer Korngrößenzusammensetzung zu interpretieren, kritisch hinterfragt. Es sollten hierbei laut SEAR (1996) vielmehr die Transportvorgänge, die über solchen Formen stattfinden, als Basis für eine

Interpretation und Charakterisierung herangezogen werden. Auf die, in dieser Diplomarbeit herangezogenen Abgrenzungskriterien zwischen riffle- bzw. pool-Abschnitten, wird im Kapitel der Methoden (5.1.1) eingegangen.

Anhand der Ergebnisse der fluvialmorphologischen Kartierung (siehe Kapitel 6.1) wird analysiert, ob die Ausführungen von THOMPSON & HOFFMAN (2001), LISLE & HILTON (1991), LISLE & HILTON (1992), THOMPSON & HOFMANN (2001) und SEAR (1996), zum Thema der bevorzugten Ablagerungsgebiete von Feinsedimenten in pool-Abschnitten, auch in der vorliegenden Diplomarbeit zutreffen.

4 Das Einzugsgebiet des Kajabachs

In diesem Kapitel wird auf die genaue Lage und die Eigenschaften der Untersuchungsstandorte dammauf- sowie dammabwärts des Sagteichs eingegangen. Zunächst erfolgt eine Betrachtung der naturräumlichen Gegebenheiten des Einzugsgebiets des Kajabachs.

4.1 Allgemein

Der Kajabach befindet sich im Grenzgebiet zwischen dem Wald- und Weinviertel im Norden Niederösterreichs. Das Einzugsgebiet des Kajabachs hat eine Fläche von 21,3 km² (PÖPPL, 2010). Der Kajabach selbst hat eine Länge von 10,7 km und weist einen Höhenunterschied von 180m zwischen der Quelle und der Mündung auf (PÖPPL, 2010) wodurch sich ein mittleres Gefälle von 1,7% ergibt. Was die Abflusswerte betrifft, so liegen vom Kajabach keine Messdaten vor.

Der Kajabach entspringt im Gebiet des Ortes Oberfladnitz und fließt anschließend in Richtung Norden bis er auf dem Gebiet des Nationalparks Thayatal in dessen Vorfluter, die Thaya mündet. Entlang des Kajabachs befinden sich mehrere Dämme, von denen heute noch drei in Betrieb sind. In Fließrichtung gesehen ist dies zunächst der Fiedlerteich gefolgt vom Wolfsteich und anschließend dem Sagteich (siehe Abbildung 6).

4.1.1 Lithologie

Das Einzugsgebiet des Kajabachs befindet sich auf dem Gebiet der Böhmisches Masse. Dabei handelt es sich um einen Kristallingesteinskomplex, der den Rumpf eines ehemaligen Hochgebirges darstellt (WESSELY, 2006). Die Hauptkomponenten dieser moravischen Einheit sind im Osten Biotit- bis Zweiglimmergranit. Im Norden dominieren Zweiglimmerschiefer sowie Quarzit.

Wie in Abbildung 5 zu sehen ist, werden weite Teile des Einzugsgebiets des Kajabachs von quartären aber auch tertiären Sedimenten überlagert. Während die tertiären Sedimente hauptsächlich aus Fein- bis Grobsanden bestehen, handelt es sich bei den quartären Sedimenten zu einem Großteil um schluffigen bis feinsandigen Löss (vgl. GK 08 & GK09).

Lithologie im Einzugsgebiet des Kajabachs

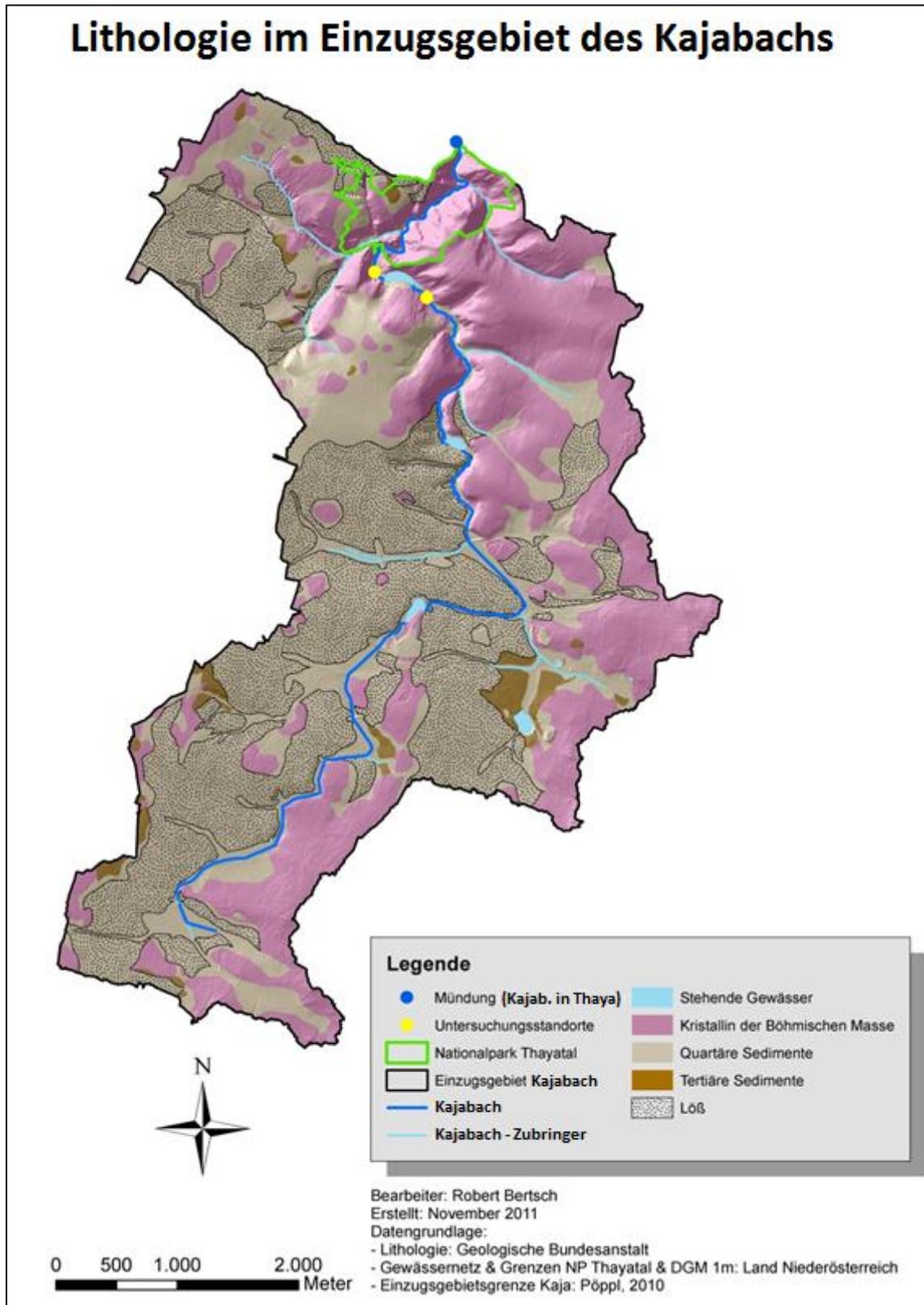


Abbildung 5: Lithologie im Einzugsgebiet des Kajabachs.

4.1.2 Relief

Im Oberlauf des Einzugsgebiets des Kajabachs weist das Gelände einen relativ ebenen Hochflächencharakter mit Höhen zwischen 400-450 m auf. Im Unterlauf hat sich der Kajabach im Laufe der Zeit immer tiefer bis zur Mündung in die Thaya, auf eine Höhe von 270m, in das Gelände eingetieft. Dadurch weist der Kajabach im Unterlauf ein stärkeres Gefälle auf als in dessen Oberlauf. Auch die angrenzenden Hänge sind im Unterlauf steiler als im Bereich des Oberlaufs. Dies zeigt sich an der Erscheinungsform der Talformen. Während im Unterlauf des Kajabachs die Talform einen Kerbtal-Charakter aufweist, erinnert das Talprofil im Oberlauf an ein Muldental (PÖPPL, 2010).

4.1.3 Klima

Das Einzugsgebiet des Kajabachs befindet sich an der Grenze zweier Klimaprovinzen Österreichs. In östlicher Richtung befindet sich die so genannte pannonische Klimaregion. Diese Region zählt zu den trockensten Gebieten Österreichs. Vom Westen ist der Einfluss des feuchteren atlantischen Klimas gegeben. Die Jahresniederschlagssumme im Einzugsgebiet des Kajabachs liegt zwischen 400-500 mm (HAÖ, 2007). Die Jahresmitteltemperatur liegt in diesem Gebiet bei ca. 8 °C für den Raum Hardegg (FISCHER & PAAR, 1992) und ca. 9 °C für den Raum Retz (ZAMG, 2011).

4.1.4 Böden

Im Einzugsgebiet des Kajabachs sind auf dem Untergrund von tertiären Sanden sowie Löss hauptsächlich Lockersedimentbraunerden sowie Braunlehm Böden zu finden. Ranker, in Gebieten von kristallinem Gestein sowie Felsbraunerden sind ebenfalls vorhanden. Entlang des Kajabachs sind auf Schwemmmaterial auch Gleye sowie angrenzend Hanggleye anzutreffen (EBOD, 2011).

4.1.5 Vegetation und Landnutzung

Im Wesentlichen sind im Einzugsgebiet des Kajabachs zwei Landnutzungstypen vorzufinden. Während im Norden größtenteils Waldgebiete vorherrschen, dominieren im südlichen Teil landwirtschaftliche Nutzflächen in Form von Ackerflächen (siehe Abbildung 6). Bei den Waldflächen im Norden des Einzugsgebiets handelt es sich Größtenteils um Laubwälder. Südlich des Sagteichs dominieren anschließend Mischwälder (vgl. PÖPPL, 2010). Das Einzugsgebiet des Kajabachs ist relativ

dünn besiedelt. Die drei Ortschaften: Merkersdorf, Niederfladnitz und Oberfladnitz stellen die größten Siedlungen im Einzugsgebiet dar.

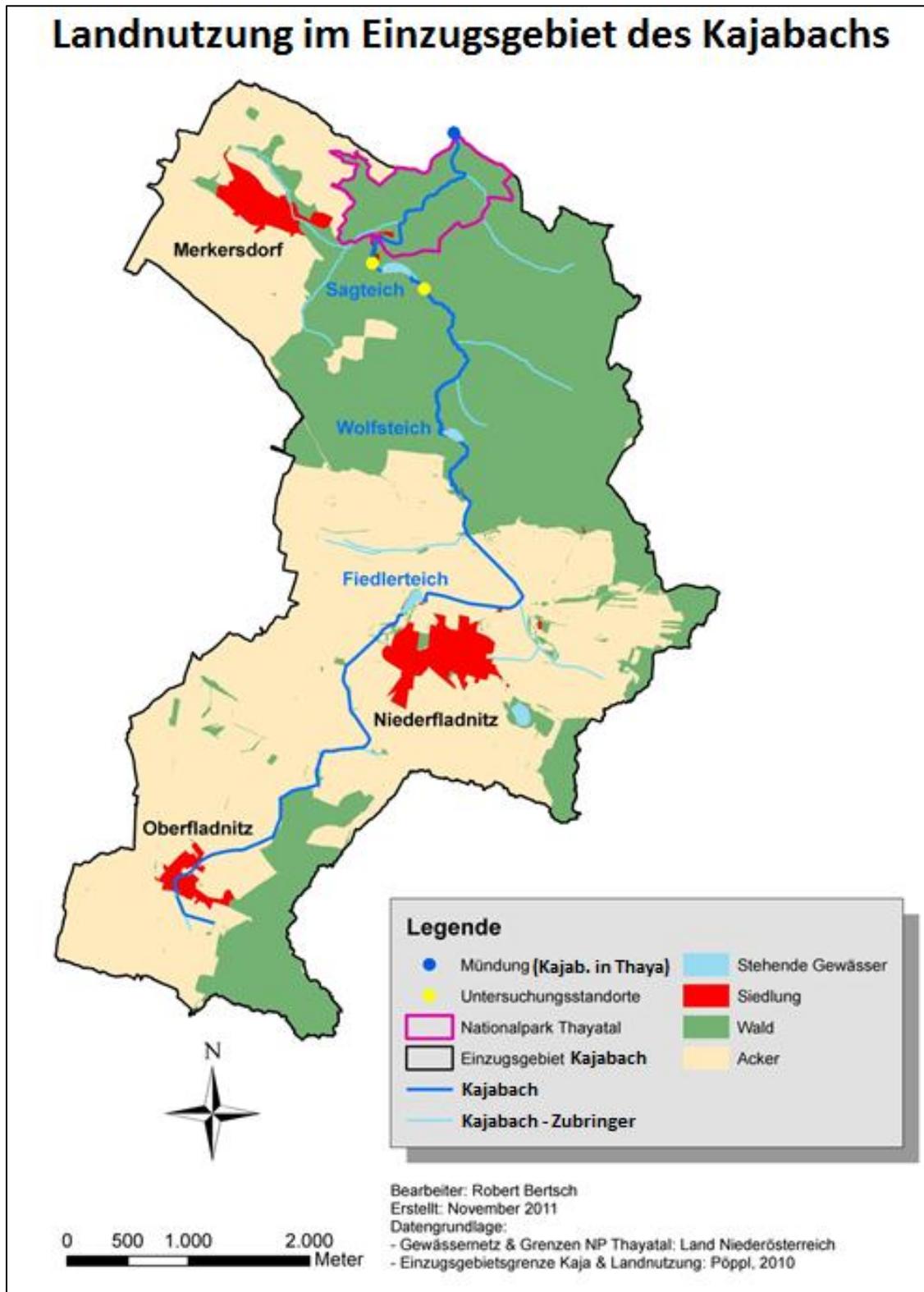


Abbildung 6: Landnutzung im Einzugsgebiet des Kajabachs.

Die Kombination aus der Lithologie des Einzugsgebiets des Kajabachs sowie der darin stattfindenden Landnutzung durch den Menschen spielt im Rahmen dieser Diplomarbeit eine wichtige Rolle. Ein Vergleich der Landnutzung (siehe Abbildung 6) sowie der Lithologie (siehe Abbildung 5) macht deutlich, dass der Großteil der Lössflächen ackerbaulich genutzt werden. Eine landwirtschaftliche Nutzung und eine damit verbundene Änderung der Vegetationsdecke führen jedoch auch zu Boden-Erosionsprozessen.

Durch diese stattfindende Bodenerosion auf landwirtschaftlichen Nutzflächen im Ober- und Mittellauf des Kajabachs kommt es bei starken Niederschlagsereignissen zu einem erhöhten Fein-Sedimenteintrag in den Kajabach.

Im Bereich des Unterlaufs sind vermehrt kristalline Gesteine der Böhmisches Masse zu finden. Gleichzeitig reduzieren sich die Lössflächen entlang des Kajabachs im Bereich des Sagteichs auf einzelne wenige Stellen (siehe Abbildung 5). Daneben ist in der Karte der Landnutzung zu erkennen, dass sich entlang des Unterlaufs des Kajabachs ausschließlich Waldflächen erstrecken und nur vereinzelt landwirtschaftliche Nutzflächen vorhanden sind (siehe Abbildung 6). Diese angesprochenen Veränderungen im Bereich der Lithologie mit dem Rückgang der Lössflächen und damit auch der potentiellen Schluffquellen, sowie einer starken Zunahme der Waldflächen entlang des Unterlaufs des Kajabachs lassen den Schluss zu, dass in diesen Bereichen der Schluffeintrag geringer ausfällt als im Bereich des Oberlaufs. Nicht zuletzt aufgrund des Verwitterungsprodukts des Glimmers (Bestandteil des Kristallins der Böhmisches Masse), in Form von Tonmineralen (SCHEFFER, et al., 1998) wird somit angenommen, dass der Schluff, der entlang des Oberlauf- und Mittellaufs in den Kajabach gelangt, den Großteil des gesamten Schluffanteils im Kajabach ausmacht.

Nachdem der Schluff im Bereich des Oberlaufs bzw. Mittellaufs in den Kajabach gelangt ist, wird er in diesem weiter flussabwärts transportiert. Im Fall einer Deposition von Sedimenten in den Staubereichen der Dämme entlang des Kajabachs sowie in den riffle-pool-Sequenzen, wird angenommen, dass in Fließrichtung der Schluffgehalt im Kajabach in Fließrichtung abnimmt. Der Schluff wird somit als eine Art natürlicher Tracer angesehen.

4.2 Das Untersuchungsgebiet

Wie zuvor bereits erwähnt wurde, befinden sich die untersuchten pool-Abschnitte dammauf- bzw. dammabwärts des Sagteichs (siehe Abbildung 7). Beim Sagteich handelt es sich um einen künstlich angelegten Stausee. Der Damm des Sagteichs erreicht eine Höhe von etwa 7 m und besitzt einen

Überlauf, über welchen der Sagteich entwässert wird. Der Kajabach ist der einzige Zubringerbach des Sagteichs. Dieses Reservoir besitzt eine Fläche von ca. 18.000 m² und erreicht eine maximale Tiefe von etwa 5 m. Unmittelbar im Norden des Sagteichs befindet sich der Nationalpark Thayatal (siehe Abbildung 7).

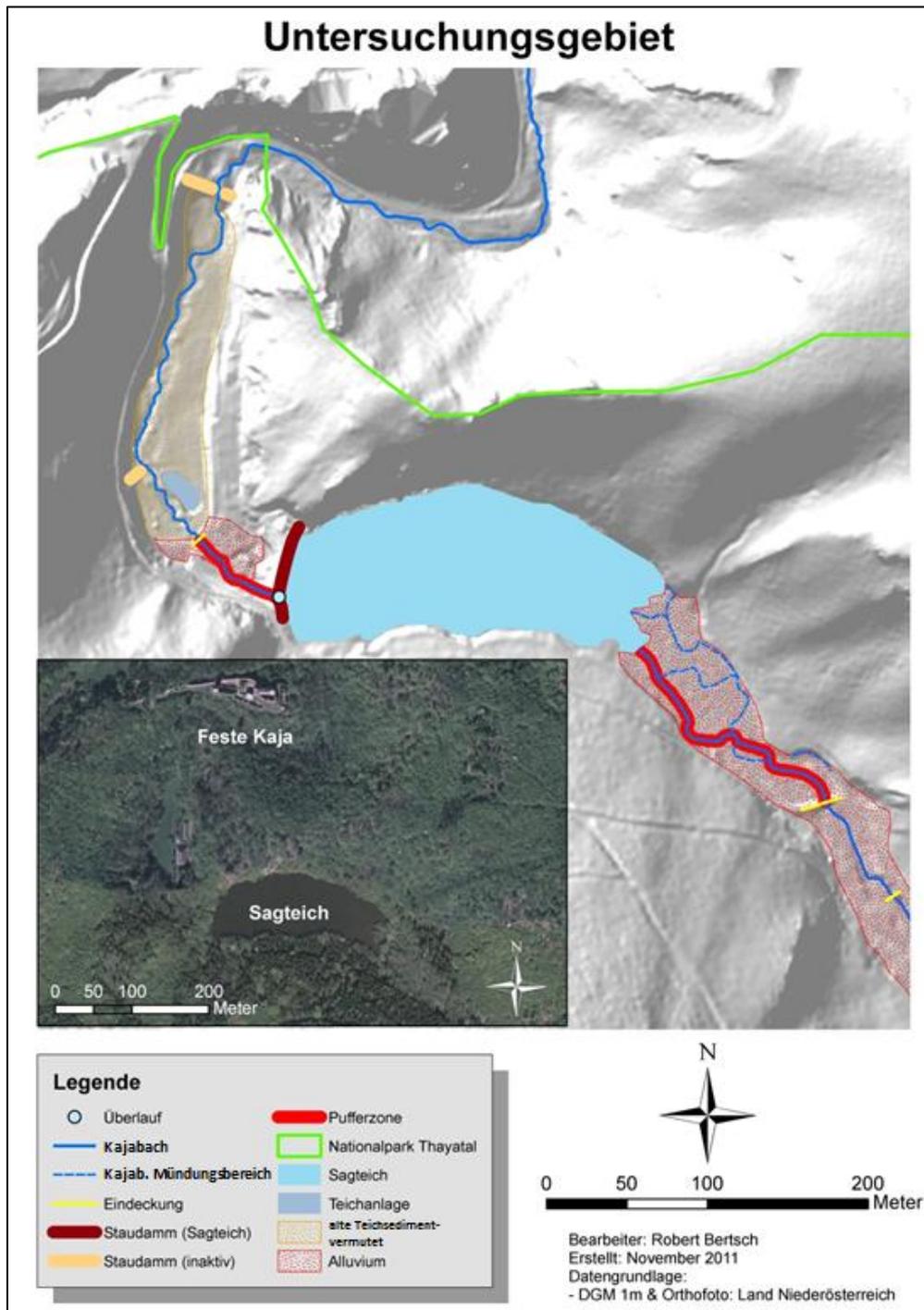


Abbildung 7: Das Untersuchungsgebiet – Umgebungsbereich des Sagteichs.

Wie auf dem Orthofoto in Abbildung 7 zu sehen ist, befindet sich das Untersuchungsgebiet in einem relativ dicht bewaldeten Gebiet. Lediglich im Nordwesten des Sagteichs befindet sich eine Wiesenfläche. Hierbei handelt es sich um den ehemaligen Staubeereich eines aufgelassenen Staudamms. Es werden deshalb an dieser Stelle alte Teichsedimente vermutet. Ein weiterer, heute nicht mehr aktiver Staudamm, wird etwa 100 m flussabwärts des heutigen Damms vermutet. Ein kleiner, künstlich angelegter Teich befindet sich ebenfalls dammabwärts des Sagteichs auf der orographisch rechten Seite des Kajabachs. Neben den vermuteten Teichsedimenten der alten Teichanlagen befinden sich entlang des Gerinnes des Kajabachs alluviale Sedimente (siehe Abbildung 7).

4.2.1 Eigenschaften der Untersuchungsstandorte

Um die der Diplomarbeit zu Grunde liegenden Fragestellungen und Hypothesen überprüfen zu können, waren gewisse Voraussetzungen und Bedingungen notwendig. Insbesondere bei der Wahl des Untersuchungsgebiets und in weiterer Folge der Untersuchungs- bzw. Probenstandorte mussten hierbei einige Aspekte berücksichtigt werden.

So war es zunächst erforderlich, ein Fließgewässer mit einem Staudamm zu finden, das sich von seiner Größe eignet, Sedimentproben ohne großen technischen Aufwand entnehmen zu können. Als Entscheidungsgrundlage diente hierbei die Arbeit von PÖPPL (2010), in der fluvialgeomorphologische Studien entlang des Kajabachs durchgeführt wurden.

Während einer ersten Geländebegehung im Herbst 2010 wurden die potentiellen Abschnitte für die späteren sedimentologischen Untersuchungen dammauf- bzw. dammabwärts des Sagteichs ausgewiesen. Dabei wurde festgestellt, dass sich der Sagteich als Untersuchungsgebiet für die angedachten Analysen eignet. Folgende Aspekte sprechen dafür:

- Entlang eines relativ kleinen Fließgewässers (Kajabach) befindet sich ein Staudamm (Sagteich).
- Für die Untersuchungen zur Sediment-Konnektivität zwischen zusammenhängenden riffle-pool- Sequenzen sind sowohl im dammauf- als auch im dammabwärtigen Abschnitt riffle-pool- Sequenzen vorhanden.
- Durch eine Eindeckung sind sowohl der dammauf- als auch der dammabwärtige Abschnitt in Richtung des Staudamms abgegrenzt. Diese Abgrenzung (Pufferzonen) dient dazu, dass keine

Standorte untersucht werden, die durch den Überlauf des Staudamms sowie den Einmündungsbereich des Kajabachs in den Sagteich, beeinflusst sind (siehe Kapitel 4.2.2)

- Trotz der beiden Pufferzonen befinden sich die Untersuchungsstandorte nahe dem Sagteich, wodurch die Gefahr einer Sedimentzufuhr durch ein anderes Fließgewässer nicht gegeben ist.
- Aufgrund der geringen Wassertiefen des Kajabachs eignet sich dieser, mit Hilfe der angedachten Methoden, die Sedimentproben aus pool-Abschnitten zu entnehmen.
- Die untersuchten Abschnitte sind über eine Straße bzw. einen Forstweg erreichbar. Dieser Punkt war aus verkehrslogistischer Sicht bedeutsam.

4.2.2 Die Pufferzonen

Wie in Abbildung 7 zu sehen ist, befinden sich dammaufwärts des Sagteichs zwei, sowie dammabwärts eine Eindeckung. Jene Eindeckung, die sich unmittelbar vor der Einmündung des Kajabachs in den Sagteich befindet sowie die Eindeckung dammabwärts, dienen als Grenzen für die Abgrenzung einer Pufferzone. Diese Pufferzonen wurden ausgewiesen, da der Bachlauf sowie die Fließgeschwindigkeiten des Kajabachs in diesen Abschnitten unmittelbar unter dem Einfluss des Sagteichs stehen.

In Abbildung 8 ist die dammabwärtige Pufferzone zu sehen. Das Foto wurde von der Eindeckung in flussaufwärtiger Richtung gemacht. Dabei ist im Hintergrund der Damm mit dessen Überlauf zu erkennen. Es ist hierbei zu sehen, dass der Kajabach direkt nach dem Überlauf zunächst die Höhe des Damms über ein relativ steiles Gefälle überwindet. Anschließend befinden sich eine Verklausung im Kajabach, sowie einige große Gesteinsblöcke. Im Vordergrund von Abbildung 8 lässt sich zwar ansatzweise ein pool-Abschnitt erkennen, anschließend folgt jedoch ein kurzer, steilerer Bereich mit großen Gesteinsblöcken, der mehr die Eigenschaften eines „step“ aufweist. Im Gegensatz zu riffle-Abschnitten sind solche step Bereiche in Flussabschnitten zu finden, die aus größerem Material bestehen, sowie ein steileres Gefälle aufweisen (GILVEAR & BRAVARD, 1996).

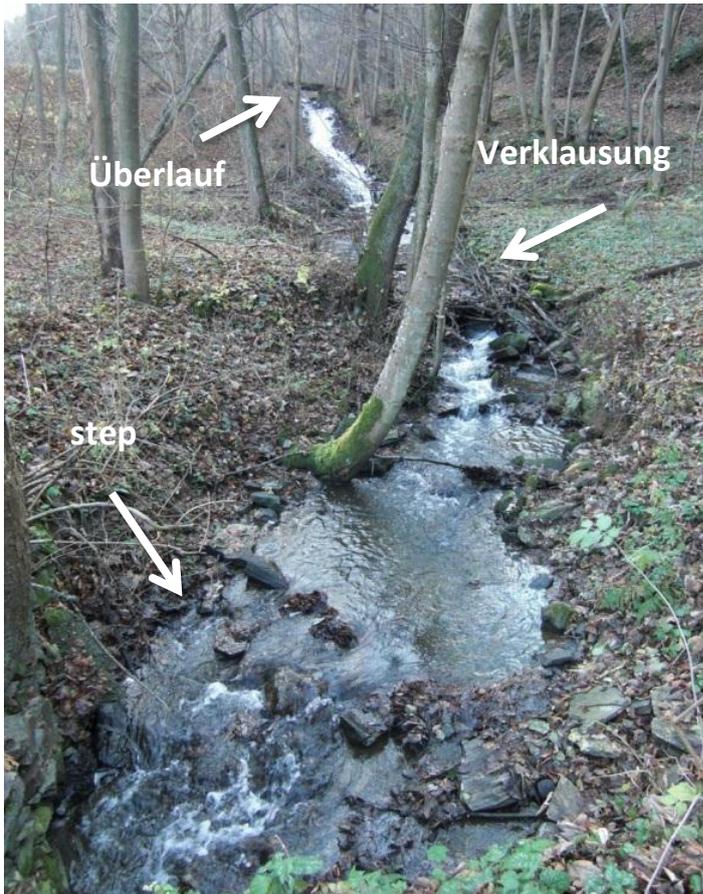


Abbildung 8: Dammbawärtige Pufferzone (Fotorichtung: flussaufwärts).

Neben der dammbawärtigen Pufferzone wurde eine weitere im Einmündungsbereich des Kajabachs in den Sagteich ausgewiesen. Auch in diesem Fall diente eine Eindeckung als Abgrenzung (siehe Abbildung 7 und 8). In der dammaufwärtigen Pufferzone befindet sich der Mündungsbereich des Kajabachs in den Sagteich (siehe Abbildung 12). Dadurch ist dieser Bereich relativ flach, wodurch es zu einer verstärkten Deposition von Sedimenten kommt. Die geringere Neigung lässt sich auch am verzweigten Flusslaufcharakter des Kajabachs erkennen (siehe Abbildung 9).



Abbildung 9: Dammaufwärtige Pufferzone (Fotorichtung: flussabwärts).

Als entscheidendes Abgrenzungskriterium für diese beiden Pufferzonen wurden, neben den visuell erkennbaren Gegebenheiten dieser Abschnitte, die eigens gemessenen Fließgeschwindigkeiten herangezogen (siehe Kapitel 6.2).

5 Methoden und Datengrundlagen

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden unterschiedliche Feld- und Labormethoden angewandt. Diese werden in den nun folgenden Unterkapiteln vorgestellt. Im Zuge der Feldmethoden wurden zunächst fluvialgeomorphologische Kartierungen der Untersuchungsstandorte durchgeführt. In weiterer Folge wurden die Sedimentproben und Schwebstoffproben entnommen sowie Messungen zur Fließgeschwindigkeit vorgenommen. Im Zuge der Laborarbeiten wurden Siebanalysen, Pipettanalysen sowie Analysen mittels eines Sedigraphs zur Bestimmung der Korngrößen durchgeführt.

5.1 Feldmethoden

Aufgrund der Tatsache, dass in dieser Diplomarbeit der Fokus auf die Feinsedimente gerichtet ist, musste zunächst ein Verfahren gefunden werden, das es ermöglicht eine möglichst repräsentative Sedimentprobe aus einem Fließgewässer zu entnehmen. Zuvor mussten jedoch potentielle Akkumulationsflächen von Sedimenten in den pool-Abschnitten ausgewiesen werden.

5.1.1 Ausweisung der pool Bereiche sowie der potentiellen Akkumulationsbereiche

Der erste Arbeitsschritt im Gelände bestand darin, angrenzend an die Pufferzonen, entlang des Kajabachs dammauf- und dammabwärts zusammenhängende riffle-pool-Sequenzen auszuweisen. Als entscheidende Charakteristika für eine Unterscheidung zwischen pool- und riffle-Abschnitten wurden die Strukturen der Wasseroberfläche sowie die Wassertiefe herangezogen. Da für die spätere Probenentnahme aus den Akkumulationsbereichen in den pool-Abschnitten ungestörte Standorte erforderlich waren, konnte die Abgrenzung zwischen riffle- und pool-Abschnitten lediglich visuell durchgeführt werden. Es wurden deshalb Messungen der Ausdehnungen von riffle- und pool-Abschnitten entlang des Bachufers durchgeführt. Direkte Messungen zur Wassertiefe wurden keine durchgeführt, um Aufwirbelungen zu vermeiden. Es erfolgte hierbei lediglich eine relative Abschätzung davon, welche Bereiche flacheres bzw. tieferes Wasser aufwiesen. In weiterer Folge wurden die potentiellen Akkumulationsflächen von Sedimenten in den pool-Abschnitten abgegrenzt. Dieser Vorgang wurde ebenfalls rein visuell durchgeführt.

5.1.2 Probenentnahme der Sedimente aus den pool-Abschnitten

Die größte Schwierigkeit, die bei Probeentnahmen in einem Fließgewässer auftritt ist, dass vorhandene Feinsedimente durch das Aufwirbeln im Zuge der Entnahme sofort in Suspension gelangen und somit eine Verfälschung der Ergebnisse nach sich ziehen. Dadurch wäre die erforderliche Repräsentanz der Probe nicht mehr gegeben. Das Verwenden einer Schaufel oder eines ähnlichen Gerätes, welches sich nicht verschließen lässt, war somit keine Option.

Es gibt eine Reihe an Verfahren, um Sedimentproben aus einem Fließgewässer zu entnehmen. Ein Beispiel ist der so genannte „McNeil Core Sampler“ (MCNEIL & AHNELL, 1964; BUNTE & ABT, 2001; WATSCHKE & MCMAHON, 2005). Dieses Verfahren besitzt den Vorteil, dass durch die Bauweise des „McNeil Core Samplers“ die in Suspension geratenen Sedimente im Behälter aufgefangen werden. Eine weitere Möglichkeit wäre das Verfahren eines vereisten Bohrkernes. Dabei wird flüssiges CO₂ oder flüssiger Stickstoff in ein Rohr mit mehreren seitlichen Öffnungen geleitet, durch welche das CO₂ bzw. der Stickstoff ausströmen kann (BUNTE & ABT, 2001). Durch das flüssige CO₂ bzw. den flüssigen Stickstoff kommt es um das Rohr zu einer Vereisung der Sedimente. Die Sedimente können somit als kompakte Masse aus dem Fluss entnommen werden (BUNTE & ABT, 2001). Da sich die angeführten Beispiele für diese Diplomarbeit nicht eignen (Schaufel-Verfahren) bzw. diese nicht zur Verfügung standen (McNeil Core Sampler und das Verfahren mit dem flüssigen CO₂ bzw. flüssigem Stickstoff) musste ein anderes, einfacheres Verfahren gefunden werden.

Unter den gegebenen Umständen erschien die Entnahme der Sedimentproben mit Hilfe eines Rohres am einfachsten und effizientesten. Bei der Wahl des Rohres mussten jedoch einige wichtige Voraussetzungen und Eigenschaften gegeben sein. Aufgrund der relativ kleinen Akkumulationsflächen von Sedimenten in den pool-Abschnitten durfte das Rohr nicht zu dick sein damit auch aus den kleineren Akkumulationsflächen Proben entnommen werden konnten. Ein weiterer Vorteil eines dünnen Rohres ist dessen Hantierbarkeit bei der eigentlichen Probenentnahme. Weiters musste das Rohr lang genug sein, um damit auch tiefere pool-Abschnitte beproben zu können. Es wurden deshalb zwei handelsübliche, aus PVC bestehende, Rohre mit einem Durchmesser von je 4,5 cm und einer Länge von 1 bzw. 2 m gewählt.

Nach der Ausweisung und Abgrenzung der potentiellen Akkumulationsbereiche in den pool-Abschnitten wurden anschließend die Proben entnommen. Es wurde dazu das zuvor beschriebene PVC Rohr in die vermuteten Akkumulationsbereiche getrieben. Dabei wurde das Rohr vorsichtig und langsam in das Wasser gesenkt. Das Einstechen in die Akkumulationsfläche wurde ruckartig durchgeführt, um möglichst tief in die Sedimente einzudringen. Anschließend wurden die Sedimente

rund um das Rohr mit Hilfe einer Schaufel bis zum Ende des Rohres entfernt. Dieser Vorgang war notwendig, um in weiterer Folge genügend Platz zu haben, um das Rohr von unten mittels einer Metallplatte zu verschließen. Danach wurde das Rohr vorsichtig herausgezogen. Das Probenmaterial wurde anschließend in Plastikbehälter umgefüllt, in denen es in das Labor transportiert wurde.

Was die Probenentnahmen betrifft, so mussten hierbei einige wesentliche Punkte beachtet werden:

- Sowohl die einzelnen pool-Abschnitte als auch die Akkumulationsflächen innerhalb eines pool-Abschnitts wurden stets in flussaufwärtiger Reihenfolge beprobt. Dieser Vorgang ist deshalb wichtig, da bei einer Probenentnahme die umliegenden Sedimente aufgewirbelt werden und in Suspension gelangen. Dadurch werden die Sedimente flussabwärts transportiert und würden eine Probe, die anschließend flussabwärts entnommen wird, beeinflussen.
- Es wurde versucht, aus allen zuvor ausgewiesenen Akkumulationsbereichen, Sedimentproben zu entnehmen. Bei relativ kleinen Akkumulationsbereichen wurde versucht, zumindest eine Probe aus der Mitte zu entnehmen. Aus größeren Bereichen wurden nach Möglichkeit mehrere Proben entnommen. Wichtig war hierbei jedoch, dass die Proben nicht durch eine Probenentnahme an einem benachbarten Standort beeinflusst werden – siehe Punkt 1.
- Es wurde festgelegt, dass die Akkumulationsbereiche eine Mächtigkeit von mindestens 5 cm aufweisen müssen um genügend Probenmaterial zu enthalten. Um die Tiefe feststellen zu können, wurde das Entnahmerohr außen mit einer cm Skalierung versehen. Aus Akkumulationsbereichen, die <5 cm tief waren, wurden keine Proben entnommen. Bezüglich der Maximaltiefe wurde keine Grenze festgelegt. Die Maximaltiefe die erreicht wurde lag bei ca. 45 cm.
- Obwohl für den Kajabach keine Abflussmessdaten vorliegen, wurde versucht, die Proben im Frühling bzw. Herbst bei etwa gleichen Abflussbedingungen zu entnehmen. Laut RAMOS (1996) sollten die Sedimentproben während eines mittleren Niedrigwasserabflusses stattfinden. Es wurde deshalb insbesondere darauf geachtet, dass keine Starkniederschlagsereignisse unmittelbar vor den jeweiligen Feldtagen stattgefunden haben (siehe Abbildung 26 im Anhang).
- Bei Probenentnahmen im Uferbereich eines pool-Abschnitts wurde darauf geachtet, dass keine Bereiche beprobt werden die, aus lateral eingetragenen Material bestehen. Zur Ausweisung solcher Bereiche wurden Uferabbrüche, Schwemmfächer im Kajabach sowie Rutschungsmassen am Ufer herangezogen.

5.1.3 Probenentnahme der Uferproben

Neben den Sedimentproben aus den pool-Abschnitten, wurden zusätzlich Proben aus dem angrenzenden Uferbereich bzw. Alluvium analysiert (in weiterer Folge als Uferzonen bezeichnet). Dadurch wurden Erkenntnisse über die Korngrößenzusammensetzungen jener Sedimente gewonnen, die im Falle einer Bodenerosion sowie einer lateralen Erosion des Kajabachs in diesen eingetragen werden. Entlang der untersuchten dammauf- bzw. dammabwärtigen Abschnitte, wurden an 10 Standorten insgesamt 20 Proben entnommen. Pro Uferzone wurden eine Probe aus der obersten Bodenschicht (ca. 10 cm tief) (Probenbezeichnung: Boden) sowie eine Probe aus dem unmittelbaren Uferbereich (Probenbezeichnung: Ufer) entnommen. Die Standorte der Uferproben lagen zum Zeitpunkt der Probenentnahme nicht unter Wasser (siehe Abbildung 10).

Die Bodenproben sowie die Proben aus dem Uferbereich wurden mit Hilfe einer kleinen Handschaufel entnommen und in Plastiksäcke gefüllt. Bei den Bodenproben wurde das, auf der Oberfläche befindliche, organische Material wie Gras, Laub und Äste nicht in die Proben mit aufgenommen, da dieses Material für die Fragestellungen der Diplomarbeit keine Relevanz besitzt.

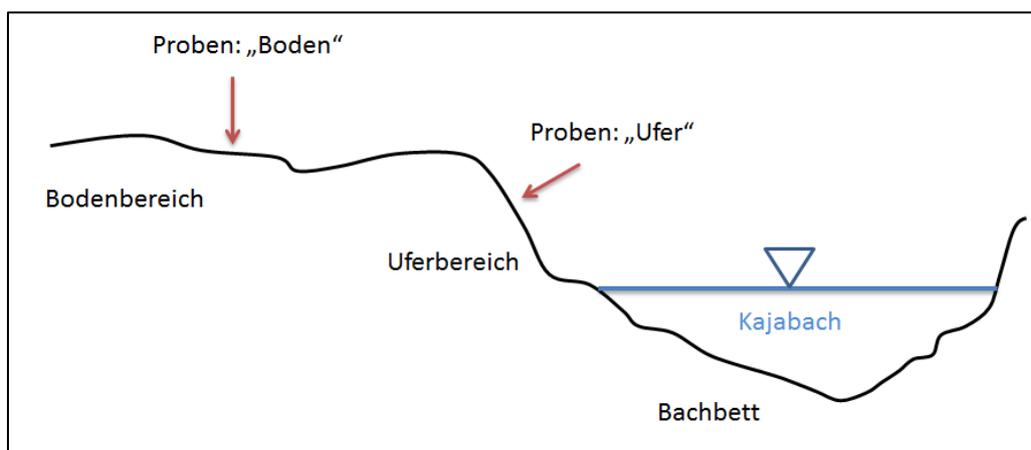


Abbildung 10: Verortung der Probenentnahmestelle an den Uferzonen.

5.1.4 Entnahme der Schwebstoffproben

Die Schwebstoffproben wurden am 09.06.2011 entnommen. Am Tag zuvor fand im Einzugsgebiet des Kajabachs ein Niederschlagsereignis statt. Der höchste stündliche Niederschlag der am 08.06.2011 an der Wettermessstation in Riegersburg (ca. 9 km vom Sagteich entfernt) aufgezeichnet wurde, lag bei 7,3 mm (Tagesniederschlagssumme: 13,6 mm) (Datenquelle: Land Niederösterreich).

Die dammabwärtigen Schwebstoffproben wurden direkt am Überlauf des Sagteichs entnommen (siehe Abbildung 13). Durch die Lage des Überlaufs auf der Dammkrone stellt dieser eine scharfe Grenze zwischen dem Sagteich und dem Kajabach dar. Der große Vorteil dieses Standorts ist die Tatsache, dass hier noch kein lateraler und vertikaler Eintrag von Sedimenten aus dem Kajabach stattfinden konnte.

Im dammaufwärtigen Bereich gestaltete sich die Standortwahl schwieriger. Grund dafür ist, dass im Einmündungsbereich des Kajabachs in den Sagteich, aufgrund der dort vorherrschenden langsamen Fließbedingungen bereits eine Deposition der Schwebstoffe stattfinden kann. Zusätzlich lässt sich dammaufwärts keine derart scharfe Grenze zwischen Kajabach und Sagteich treffen, wie dies dammabwärts in Form des Überlaufs möglich ist. Es wurde deshalb auf Basis der Fließgeschwindigkeiten ein geeigneter Standort gesucht. Dabei wurde zunächst die Fließgeschwindigkeit im Bereich des Überlaufs gemessen. Anschließend wurden, flussaufwärts der Eindeckung mehrere Messungen durchgeführt, um einen Standort mit ähnlichen Fließgeschwindigkeiten zu finden. Es wurden dabei kurze Abstände in longitudinaler Richtung eingehalten, um einen Standort zu finden, der zwar außerhalb der Pufferzone, aber möglichst nahe am Sagteich liegt. Wie in Abbildung 12 zu sehen ist, wurde schließlich ein Standort für die Probenentnahme der Schwebstoffe gefunden, der sich unmittelbar vor der Eindeckung befindet. Die Fließgeschwindigkeit an diesem Standort beträgt 0,83 m/s. Im Bereich des Überlaufs liegt die Fließgeschwindigkeit bei 0,75 m/s. Dies zeigt, dass die beiden Standorte miteinander vergleichbar sind.

Die Probenentnahmen wurden mit Hilfe von Kübeln, die ein Fassungsvermögen von je 12 l hatten, durchgeführt. Für eine spätere Bestimmung der Schwebstoffkonzentration sowie der Korngrößenverteilung der Schwebstoffe, war eine große Probenmenge erforderlich. In diesem Zusammenhang wird auch von einer „Großprobe“ gesprochen (HABERSACK et al., 2008, S. 53). Insgesamt standen 8 Kübel für eine Probenentnahme zur Verfügung. Aufgrund der Tatsache, dass die Trübung des Wassers dammabwärts deutlich geringer war als dammaufwärts, wurde vor Ort entschieden, für den dammabwärtigen Standort lediglich zwei Kübel zu verwenden. Am dammaufwärtigen Standort wurden somit sechs Kübel entnommen. Der Grund für diese Entscheidung war die Vermutung, dass bei einer gleichmäßigen Aufteilung der Kübel, an beiden Standorten eine zu geringe Probenmenge vorhanden ist, um eine Korngrößenbestimmung durchführen zu können. Deshalb wurden dammaufwärts sechs Kübel verwendet, um zumindest von diesem Standort eine Korngrößenbestimmung durchführen zu können.

Sowohl dammaufwärts als auch dammabwärts wurden die Proben jeweils an derselben Stelle aus dem vermuteten Hauptstromstrich entnommen. Bei der Entnahme wurde darauf geachtet, dass die Kübel nicht zu tief abgesenkt werden. Ein zu tiefes Absenken der Kübel könnte dazu führen, dass neben den Schwebstoffen auch ein gewisser Anteil der Geschiebefracht entnommen wird (HILLIER, 2001). Es wurde ebenfalls darauf geachtet, dass der Kübel bei der Probenentnahme möglichst kurz im Wasser war. Dadurch wird verhindert, dass die aufgefangenen Proben durch eine entstehende Wirbelbildung beeinflusst werden. Nachdem die Kübel gefüllt waren, wurden diese mit einem Deckel verschlossen und in das Labor transportiert.

5.1.5 Messung der Fließgeschwindigkeit

Für eine Charakterisierung und Abgrenzung der Untersuchungsstandorte sowie für das Festlegen der Pufferzonen wurden Fließgeschwindigkeitsmessungen von riffle- bzw. pool-Abschnitten durchgeführt. Für die Messungen wurde der Kleinflügel C2 der Firma OTT verwendet. Dieser eignet sich für langsame Fließgeschwindigkeiten ($> 0,025$ m/s) sowie flache Fließgewässer (> 4 cm) (OTT, o.J.).

Zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeiten in den riffle- bzw. pool-Abschnitten wurden entlang eines Querprofils drei Messungen durchgeführt (siehe Abbildung 11). Das Querprofil wurde in der Mitte (in Längsrichtung gesehen) des jeweiligen riffle- bzw. pool-Abschnitts angelegt. Bei den einzelnen Messungen entlang des Querprofils wurde versucht, einen konstanten Abstand zwischen diesen einzuhalten (Abstand x). Ebenso wurde darauf geachtet, den Abstand von beiden Ufern konstant zu halten (Abstand y). Diese Kriterien sollten sicherstellen, dass eine Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Ergebnissen gegeben ist. Zusätzlich wurden die Messungen der Fließgeschwindigkeit so knapp wie möglich unter der Wasseroberfläche durchgeführt. Wichtig war hierbei jedoch, dass der Messflügel komplett unter Wasser sein musste, um ausschließlich die Fließgeschwindigkeit zu erfassen.

An den insgesamt sieben Querprofilen (siehe Abbildung 12 und Abbildung 13), wurde die Fließgeschwindigkeit jeweils in einem riffle-Abschnitt sowie einem pool-Abschnitt gemessen. Im Bereich der dammabwärtigen Pufferzone fanden die Messungen in der bereits erwähnten step-pool Sequenz statt (siehe Kapitel 4.2.2).

Für eine einheitliche Aufzeichnung sowie spätere Darstellung der Messergebnisse wurden die drei Messpunkte von der orographisch linken Seite des Ufers beginnend mit 1-3 durchnummeriert (siehe Abbildung 11).

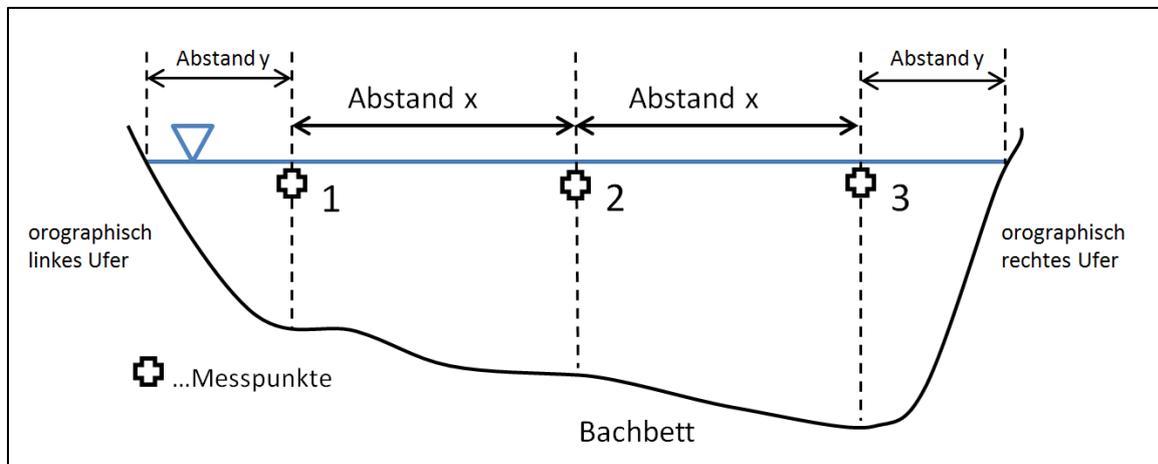


Abbildung 11: Flussquerschnitt mit schematischer Darstellung der Fließgeschwindigkeitsmessungen.

Die Fließgeschwindigkeit wurde anschließend aus dem Verhältnis der Umdrehungen pro Zeit automatisch durch eine Software des Messgeräts berechnet und von diesem an einem Display angezeigt. Aus den drei Einzelmessungen wurde in weiterer Folge, auf Basis der Mittelwertberechnung, die Fließgeschwindigkeit der einzelnen riffle- bzw. pool-Abschnitte berechnet.

5.2 Verortung der Untersuchungsstandorte

Im Rahmen der Diplomarbeit wurden insgesamt 10 pool-Abschnitte beprobt. Um Erkenntnisse über die zeitliche Veränderung der Korngrößenzusammensetzungen der Feinsedimente in den pool-Abschnitten zu gewinnen, wurde die Probenentnahmen zu zwei Geländephasen (Herbst 2010 und Frühling 2011) durchgeführt. Zusätzlich wurden im Herbst zwei Schwebstoffproben (je eine dammauf- bzw. eine dammabwärts) sowie an 10 Standorten Proben aus dem angrenzenden Uferbereich entnommen. Daneben wurden an 7 Querprofilen die Fließgeschwindigkeiten gemessen.

Eine genaue Verortung der einzelnen Probenstandorte des dammaufwärtigen Abschnitts ist in Abbildung 12 zu sehen. Im Falle des dammaufwärtigen Abschnitts wurde lediglich der pool D im Frühling 2010 beprobt. Alle anderen Probenentnahmen der pools (A-C), der Uferstandorte (A-C)

sowie die Schwebstoffmessungen als auch die Messungen der Fließgeschwindigkeiten (Profile A-D) wurden im Frühling 2011 durchgeführt.

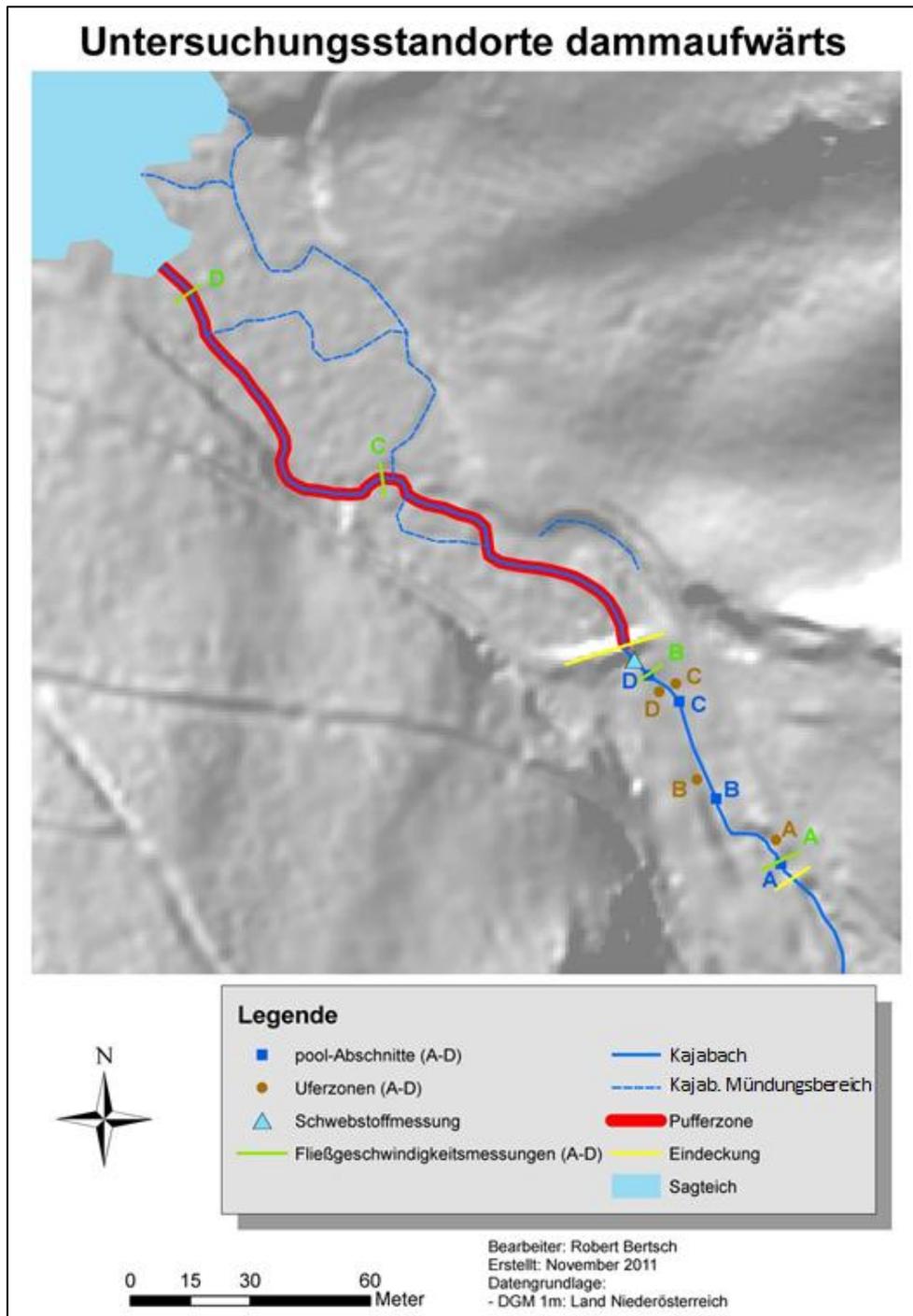


Abbildung 12: Verortung der dammaufwärtigen Untersuchungsstandorte.

In Abbildung 13 ist eine Verortung der Untersuchungsstandorte, dammabwärts des Sagteichs zu sehen. Insgesamt wurden im dammabwärtigen Abschnitt sechs pool-Abschnitte beprobt, wobei die

pool-Abschnitte H-J im Frühling 2011 und die pool-Abschnitte E-G im Herbst 2010 untersucht wurden. Die Entnahmen der Proben der angrenzenden Uferbereiche E-J sowie die Messungen der Fließgeschwindigkeiten an den Querprofilen E-G wurden allesamt im Herbst 2011 durchgeführt.

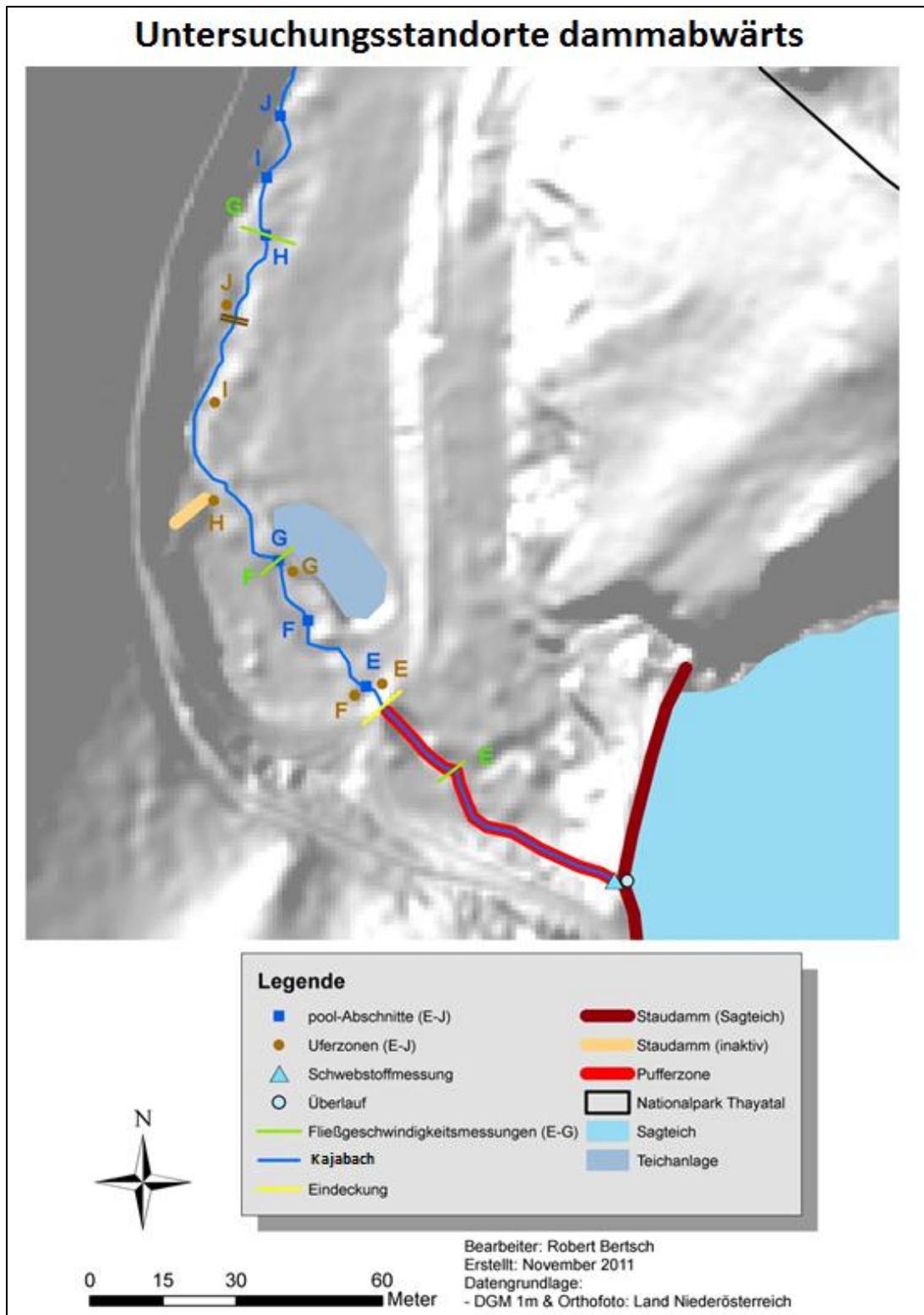


Abbildung 13: Verortung der dammabwärtigen Untersuchungsstandorte.

5.3 Labormethoden

Für die Analysen der Korngrößenzusammensetzung der einzelnen Proben wurden insgesamt drei Methoden angewandt – die Siebanalyse, die Pipettanalyse sowie die Analyse mit Hilfe eines Sedigraphen. Während bei der Siebanalyse die Anteile der Sandfraktionen untersucht wurden, wurden bei der Pipettanalyse und dem Sedigraphen die Anteile der einzelnen Schlufffraktionen sowie der Gesamtanteil des Tons bestimmt. Tabelle 2 gibt Aufschluss über die untersuchten Korngrößenklassen bzw. Korngrößenfraktionen, deren Bezeichnungen sowie Analysemethoden. Die Korngröße 2 mm stellt die größte Korngrößenklasse der durchgeführten Analysen dar. Alle Sedimente, die >2 mm sind wurden keiner weiteren Größenbestimmung unterzogen und wurden im Zuge der Arbeit nicht verwendet.

Tabelle 2: Untersuchte Korngrößenfraktionen der Feinsedimente und deren Analysemethoden (eigene Darstellung; Datengrundlage: ZEPP, 2008, S.95).

Korngröße	Korngrößenfraktion	Korngrößenklasse	Analysemethode
2-0,63 mm	Grobsand	Sand	Siebanalyse
0,63-0,2 mm	Mittelsand		
0,2-0,063 mm	Feinsand		
0,063-0,02 mm	Grobschluff	Schluff	Pipettanalyse*
0,02-0,0063 mm	Mittelschluff		
0,0063-0,002 mm	Feinschluff		
<0,002 mm	Ton	Ton	

*Im Fall der Schwebstoffproben wurden die Korngrößenanalysen mit Hilfe eines Sedigraphen durchgeführt.

5.3.1 Siebanalysen

In einem ersten Schritt wurden die Sedimentproben der pool-Abschnitte als auch der Uferzonen, mit Hilfe eines Trockenschrankes bei 105 °C bis zur Massekonstanz getrocknet, um anschließend eine Gewichtsbestimmung durchführen zu können. Die organische Substanz wurde nicht verglüht. Grund dafür war einerseits, dass in den meisten Proben nur geringe Mengen an organischem Material vorhanden waren sowie die Annahme, dass sich das organische Material in den Proben proportional verteilt (vgl. ÖNORM, 2002).

Im Zuge der Siebanalysen wurden die einzelnen Proben hinsichtlich der Korngrößenverteilungen von Sand untersucht. Es wurden dazu insgesamt vier Siebe mit den Maschenweiten 2 mm; 0,63 mm; 0,2 mm und 0,063 mm verwendet. Vor dem Sieben wurden die zuvor getrockneten Proben mit

Wasser versetzt und einige Stunden stehen gelassen. Dieser Prozess verhinderte beim anschließenden Sieben ein Verklumpen stark tonhaltiger Proben. Die Nasssiebung wurde mit Hilfe eines Schüttelapparats vorgenommen. Der Siebvorgang selbst dauerte 30 min. und wurde bei ca. 70 Hz durchgeführt.

Jenes Probenmaterial, das durch das Sieb mit der Maschenweite 0,063 mm gesiebt wurde, repräsentiert die Korngrößen Schluff und Ton. Dieses wurde in einem Becherglas zu Beginn des Siebvorgangs aufgefangen und für die Pipettanalyse im Trockenschrank bei 105 °C bis zur Massekonstanz getrocknet. Das Probenmaterial in den übrigen Sieben wurde aus diesen entnommen und ebenfalls im Trockenschrank bei 105 °C bis zur Massekonstanz getrocknet. Anschließend wurde das Probenmaterial mit Hilfe einer Waage (Ablesegenauigkeit: 0,01 g) einer Gewichtsbestimmung unterzogen.

5.3.2 Pipettanalyse

Laut ÖNORM (2002) sind 10 g des im Becherglas aufgefangenen Schluff-Ton Gemischs für eine Pipettanalyse notwendig. Aufgrund der teilweise sehr geringen Probenmengen, waren jedoch nicht bei allen Proben die erforderlichen 10 g vorhanden. Es wurde deshalb im Rahmen dieser Arbeit die minimal erforderliche Menge für die Pipettanalyse auf 5 g reduziert. Trotz der damit verbundenen geringeren Probenmenge bei einigen Proben wird angenommen, dass dies keine wesentlichen Auswirkungen auf die Genauigkeit der Ergebnisse nach sich zieht.

Nachdem in den ersten Pipettanalysen genügend Probenmaterial vorhanden war, wurde entschieden, dass alle Proben der pool-Abschnitte, Zwecks der Vergleichbarkeit, mit Hilfe der Pipettanalyse untersucht werden. Deshalb wurde der Sedigraph, obwohl sich dieser für die Korngrößenbestimmung von Proben geringeren Umfangs eignet, für die Korngrößenbestimmung der Sedimente aus den pool-Abschnitt nicht herangezogen.

Zur Dispergierung wurde das getrocknete Schluff-Ton Gemisch mit 25 ml $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (Natriumpyrophosphat) versetzt und anschließend über Nacht stehen gelassen. Danach wurden ca. 60 ml entionisiertes Wasser dazu gegeben und bei 18 U/min für 8 h in den Überkopfschüttler gestellt. Für die Pipettanalyse wurden die Proben in Standzylinder überführt. Diese wurden anschließend mit entionisiertem Wasser auf das Dispergiervolumen von 1 l aufgefüllt. Die Zylinder wurden dann über Nacht stehen gelassen, damit sich die Temperatur der Suspension der Zimmertemperatur anpassen konnte. Am nächsten Tag wurden die Proben im Standzylinder für

15 min ins Ultraschallbad gestellt um allfällig entstandene Aggregate aufzulösen. Vor der Pipettanalyse wurde die Suspension in den Standzylindern durch Schütteln und Rühren homogenisiert. Anschließend wurden die Standzylinder für die Pipettanalyse aufgestellt. Entsprechend der Suspensionstemperatur, wurde zu vier Zeitpunkten eine Probenmenge von jeweils 20 ml aus den einzelnen Standzylindern pipettiert. Die Pipettanalyse wurde mit der Pipette nach Köhn durchgeführt. Die genauen Zeitpunkte der Pipettierung werden auf Basis des Stoke'schen Gesetzes berechnet und wurden aus der ÖNORM (2002) entnommen. Die entnommenen Proben wurden anschließend bei 105 °C im Trockenschrank bis zur Massekonstanz getrocknet. Die Gewichtsbestimmung wurde anschließend mit einer Waage (Ablesegenauigkeit: 0,0001 g) durchgeführt (vgl. ÖNORM, 2002).

5.3.3 Bestimmung der Schwebstoffkonzentration und der TE

Die vollen Kübel mit den Schwebstoffproben wurden zunächst im Labor über eine längere Zeit von ca. einer Woche stehen gelassen. Über diesen Zeitraum konnten sich die Schwebstoffe absetzen.

Anschließend wurde eine Gewichtsbestimmung der Gesamtwassermenge jedes einzelnen Kübels durchgeführt. Dazu wurde das Wasser aus dem Kübel abgesaugt und in Bechergläser gefüllt, welche anschließend gewogen wurden. Der Kübel wurde soweit abgesaugt bis nur noch eine Restwassermenge im Kübel war, die auch die Schwebstoffe beinhaltete. Dieses Wasser wurde anschließend in ein Becherglas geschüttet, wobei darauf geachtet wurde, dass möglichst das gesamte Schwebstoffmaterial überführt wurde. Anschließend wurden, mit einer zuvor abgewogenen Wassermenge, mögliche Schwebstoffrückstände aus dem Kübel in das Becherglas gespült.

Die Bechergläser mit den Schwebstoffproben wurden anschließend wieder über einen längeren Zeitraum stehen gelassen, damit sich diese erneut absetzen konnten. Anschließend wurde das Wasser aus den Bechergläsern abgesaugt, wobei auch hier darauf geachtet wurde, dass keine abgelagerten Schwebstoffe mit abgesaugt wurden. Die Schwebstoffe im Becherglas wurden anschließend im Trockenschrank bei 105 °C bis zur Massekonstanz getrocknet. Abschließend wurde das Becherglas mit dem getrockneten Schwebstoffmaterial abgewogen. Aus der Differenz des Gewichts des leeren Becherglases und dem Gewicht des Becherglases mit den getrockneten Schwebstoffen konnte somit das Gewicht der einzelnen Schwebstoffmengen jedes Kübels bestimmt werden. Aus dem Verhältnis der Wassermenge und dem Gewicht der Schwebstoffmasse konnte somit für jeden Kübel die Schwebstoffkonzentration ermittelt werden. Aufgrund der teilweise geringen Mengen werden die Konzentrationen in mg/l angegeben (siehe Gleichung 1).

Gleichung 1: $\text{Schwebstoffkonzentration } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) = \frac{\text{Gewicht der Schwebstoffmenge (g)}}{\text{Wassermenge (l)}} \times 1.000$

Das Gewicht und die Menge des Wassers wurden in diesen Berechnungen gleichgesetzt. Somit folgt: 1 kg Wasser $\hat{=}$ 1 l Wasser.

Die zweite Berechnung, die im Kontext der Schwebstoffkonzentration durchgeführt wurde, betrifft die TE. Diese wird aus dem Verhältnis der Schwebstoffe vor und nach einem stehenden Gewässer bzw. aus dem Verhältnis der Schwebstoffe vor dem stehenden Gewässer und der darin gespeicherten Menge an Schwebstoffen berechnet (vgl. VERSTRAETEN & POESEN, 2000).

Für eine prozentuale Angabe der TE wird das Verhältnis der dammaufwärtigen Sedimentkonzentration zur dammabwärtigen Sedimentkonzentration mit 100 multipliziert:

Gleichung 2 (vgl. VERSTRAETEN & POESEN, 2000, S.222):
$$\text{TE} = \frac{S_{in} - S_{out}}{S_{in}} \times 100$$

Wobei S_{in} bzw. S_{out} die Schwebstoffkonzentration in mg/l dammaufwärts respektive dammabwärts repräsentieren. Die TE gibt somit an, welcher Anteil der Schwebstoffe im gesamten Staubereich des Sagteichs gespeichert wird.

5.3.4 Bestimmung der Korngrößenverteilung der Schwebstoffe

Da von den Schwebstoffen nur geringe Probenmengen für eine Korngrößenanalyse zur Verfügung standen, (<5 g) wurde entschieden, diese mit Hilfe eines Sedigraphen durchzuführen, da dieser für Analysen geringerer Probenmengen besser geeignet ist. Dazu wurde das gesamte Probenmaterial aus den Kübeln entsprechend zusammengefasst (alle dammauf- bzw. alle dammabwärtigen Proben zusammen).

Dieses Probenmaterial wurde anschließend mit destilliertem Wasser (ca. 30 ml) in einen, für den Sedigraph geeigneten Becher überführt. Zum Zweck der Dispergierung wurde dieses Wasser-Proben Gemisch mit Hilfe eines Ultraschallstabes durchmischt sowie anschließend mit einer 0,1%igen $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ Lösung versetzt (30 ml).

Die Probenbecher wurden dann in den Autosampler des Sedigraphen gestellt. Alle weiteren Schritte wurden nach Eingabe der entsprechenden Parameter über den PC vom Sedigraphen automatisch ausgeführt. Zunächst wird das Probenmaterial in eine Messkammer im Sedigraphen gepumpt. Dort kommt es, entsprechend dem Stoke'schen Gesetz, zu einer Sedimentation der Partikel. Mit Hilfe der Absorption von Röntgenstrahlen misst der Sedigraph somit die Veränderung in der Massenkonzentration in dieser Messkammer (vgl. MICROMERITICS). Der Vorteil des Sedigraphen ist,

dass damit mehrere Analysedurchgänge möglich sind. Im Fall der Schwebstoffproben wurden drei Durchgänge durchgeführt.

Im Fall der dammabwärtigen Schwebstoffproben trat das Problem auf, dass mit 0,48 g zu wenig Probenmaterial vorhanden war um eine Korngrößenbestimmung mit Hilfe des Sedigraphen durchführen zu können. Eine entsprechende Bestimmung war somit nur mit den dammaufwärtigen Schwebstoffproben möglich (siehe Kapitel 6.3).

5.4 Datengrundlagen

Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei dieser Diplomarbeit um eine empirische Arbeit handelt und die daraus gewonnenen Ergebnisse Hauptbestandteil der Arbeit sind, wurden Daten von anderen Quellen im Wesentlichen zur allgemeinen Beschreibung der Untersuchungsstandorte sowie für die Darstellungen zu Verortungen herangezogen. In Tabelle 3 folgt eine Auflistung über die verwendeten Datensätze sowie deren Bezugsquellen.

Tabelle 3: Liste der Datenquellen.

<i>Bezugsquelle</i>	<i>Datensatz</i>	<i>Räumliche/zeitliche Auflösung</i>	<i>Aufnahme- bzw. Erscheinungsjahr</i>
Land Niederösterreich	Orthofotos	0,25 m x 0,25 m	1999-2005
Land Niederösterreich	Digitales Geländemodell	1 m x 1 m	2006-2009
Land Niederösterreich	Gewässernetz (shapefile)	k.A.	k.A.
Land Niederösterreich	Grenzen Nationalpark Thayatal; Einzugsgebiet; Gewässernetz	k.A.	1999
Geologische Bundesanstalt (GBA)	Geologische Karten(digital): Blätter 8 und 9 (GK B & GK 9)	1:50.000	2008
Hydrographischer Dienst Niederösterreich	Niederschlagsdaten (mm) der Station Riegersburg	stündlich	01.01.1999- 12.07.2011
PÖPPL, 2010	Landnutzung (shapefile): GIS-Kartierung auf Basis von Orthofoto-interpretationen (Bezugsquelle: Land Niederösterreich)	0,25 m x 0,25m	2010

6 Ergebnisse

Die durchgeführten Messungen und Analysen haben eine Reihe an Ergebnissen geliefert, die im folgenden Kapitel präsentiert werden. Zunächst erfolgt eine Darstellung der Ergebnisse der fluvialgeomorphologischen Kartierungen sowie der Messergebnisse der Fließgeschwindigkeiten. Im Anschluss daran werden die Ergebnisse rund um die Schwebstoffanalysen vorgestellt. Den Hauptteil bilden die Ergebnisse der Korngrößenanalysen der Sedimentproben aus den pool-Abschnitten sowie der Uferzonen. In einer kurzen Zusammenfassung werden abschließend die wesentlichen Ergebnisse der diversen Korngrößenanalysen rekapituliert.

Die einzelnen Ergebnisse werden mit Hilfe von Tabellen und Diagrammen graphisch dargestellt. Dabei gilt in allen Abbildungen (mit Ausnahme der fluvialmorphologischen Kartierung) und Tabellen, dass die Fließrichtung von rechts nach links gerichtet ist. Die Pufferzonen sowie die einzelnen Flussabschnitte sind entsprechend dem Inhalt der Abbildung bzw. der Tabelle hervorgehoben.

6.1 Fluvialgeomorphologische Kartierung

Der Fokus bei der fluvialmorphologischen Kartierung lag in der Erfassung und Ausweisung der Akkumulationsflächen von Sedimenten in den einzelnen pool-Abschnitten. Neben diesen Flächen wurden insbesondere Verklausungen, größere Steine sowie Bäume am Uferbereich in die Kartierung aufgenommen. Insgesamt wurden drei Abbildungen zur fluvialmorphologischen Kartierung erstellt. Diese enthalten einerseits die beiden dammabwärtigen Abschnitte, bestehend aus der riffle-pool-Sequenz aus dem Herbst 2010 bzw. Frühling 2011, sowie andererseits den dammaufwärtigen Abschnitt. In dieser Abbildung sind die riffle-pool-Sequenzen beider Zeiträume zusammengefasst dargestellt. In Abbildung 14 ist die dammabwärtige riffle-pool-Sequenz enthalten, die im Frühling 2011 beprobt wurde. Die Ergebnisse der fluvialgeomorphologischen Kartierungen der anderen Abschnitte sind dem Anhang zu entnehmen.

Wie die Ergebnisse der fluvialgeomorphologischen Kartierungen zeigen, befinden sich die Akkumulationsbereiche in den pool-Abschnitten zu einem Großteil im Uferbereich. Ebenso – in Fließrichtung gesehen – hinter Hindernissen wie Steinen oder Kies- bzw. Schotterbänken (siehe u.a. pool-Abschnitt I und J in Abbildung 14). Ebenso hinter Bäumen, die teilweise mit ihrem Stamm oder Wurzeln in den Bachlauf hineinragen und dadurch an der flussabwärts gerichteten Seite Stillwasserbereiche erzeugen (siehe pool-Abschnitt D im Anhang in Abbildung 24). Die Bezeichnung

„Akkumulationsfläche Feinsedimente vorhanden“ in den Abbildungen der fluvialgeomorphologischen Kartierung bezieht sich auf jene ausgewiesenen Akkumulationsbereiche, aus denen Sedimentproben entnommen wurden. Die Bezeichnung „Akkumulationsfläche Feinsedimente vermutet“ bezieht sich hingegen auf jene Akkumulationsflächen, die zwar als solche ausgewiesen wurden, bei denen sich während der Probenentnahme jedoch herausstellte, dass die erforderliche Sediment-Mindestmächtigkeit von 5 cm nicht gegeben war und somit nicht beprobt wurden.

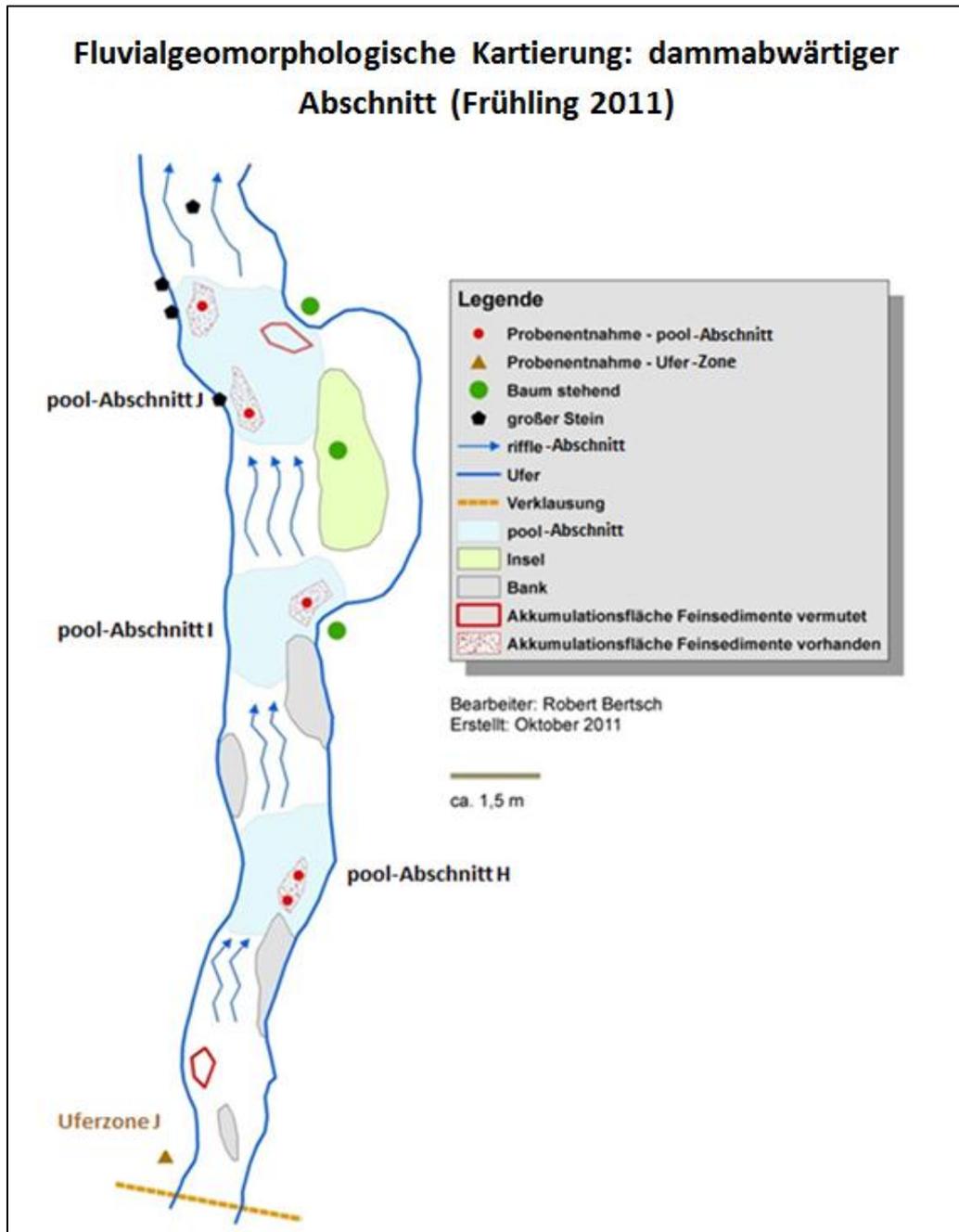


Abbildung 14: Fluvialgeomorphologische Kartierung des dammabwärtigen Abschnittes der im Frühling 2011 beprobten pool-Abschnitte.

6.2 Fließgeschwindigkeiten

Wie in Kapitel 4.2.2 bereits erwähnt wurde, stellen die Ergebnisse der Fließgeschwindigkeitsmessungen eine wichtige Grundlage für die Ausweisung der Pufferzonen dar. Während in Tabelle 4 sowohl die einzelnen Messwerte als auch die mittleren Fließgeschwindigkeiten der Querprofile durch die riffle- bzw. pool-Abschnitte enthalten sind, werden in der nachfolgenden Abbildung 15 ausschließlich die Mittelwerte der Fließgeschwindigkeiten der riffle- bzw. pool-Abschnitte der einzelnen Standorte dargestellt.

Tabelle 4: Gemessene Fließgeschwindigkeiten in m/s entlang der Querprofile A-G; gerundete Werte.

	Standort G		Standort F		Standort E		Standort D		Standort C		Standort B		Standort A	
	riffle	pool	riffle	pool	step	pool	Riffle	pool	riffle	pool	riffle	pool	riffle	pool
					Pufferzone dammab.		Pufferzone dammauf.		Pufferzone dammauf.					
Messung 1	0,40	0,17	0,61	0,16	0,98	0,07	0,40	0,29	0,47	0,25	0,39	0,20	0,76	0,36
Messung 2	0,89	0,38	0,94	0,33	1,06	0,51	0,41	0,35	0,55	0,35	0,71	0,39	0,51	0,23
Messung 3	0,93	0,15	0,71	0,20	0,82	0,06	0,30	0,20	0,46	0,35	0,78	0,07	0,55	0,11
Mittel	0,74	0,24	0,76	0,23	0,96	0,21	0,37	0,28	0,49	0,32	0,63	0,22	0,61	0,23

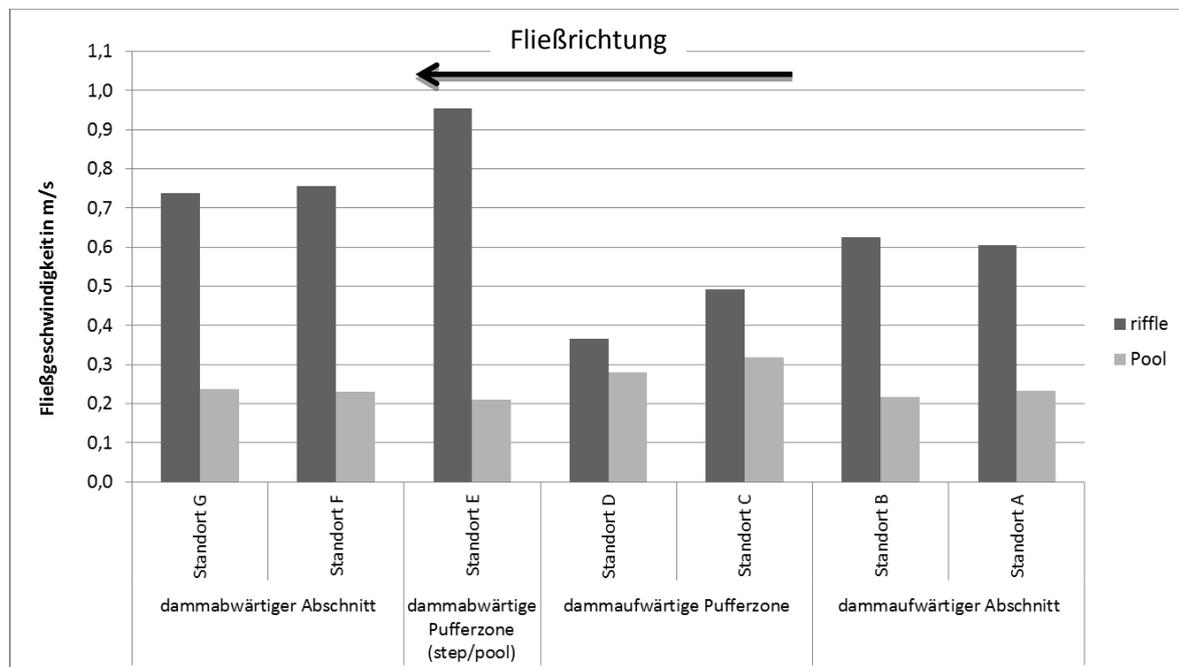


Abbildung 15: Fließgeschwindigkeiten des Kajabachs in den Pufferzonen und den untersuchten Abschnitte.

Wie die Werte der Einzelmessungen in Tabelle 4 zeigen, so weisen die Fließgeschwindigkeiten in den riffle-Abschnitten (die nicht in der Pufferzone liegen) größere Spannweiten auf als jene in den pool-Abschnitten. Im Fall des riffle-Abschnitts am Standort G beträgt diese rund 0,52 m/s. Im Vergleich dazu weist der pool-Abschnitt mit der größten Spannweite einen Wert von 0,32 m/s auf.

Der absolut größte Einzelmesswert einer Fließgeschwindigkeit stammt aus der dammabwärtigen Pufferzone. In dem dort vermuteten step-Abschnitt wurde eine Fließgeschwindigkeit von 1,06 m/s gemessen. Auch der Mittelwert dieses Bereichs ist mit 0,96 m/s der höchste und weicht von den Fließgeschwindigkeiten der riffle-Abschnitte, die nicht in den Pufferzonen liegen, relativ deutlich ab.

Die Einzelmessungen sowie auch die Mittelwerte der Fließgeschwindigkeiten zeigen auch das grundlegende Verhältnis von höheren Fließgeschwindigkeiten über riffle- bzw. langsameren Fließgeschwindigkeiten über pool-Abschnitten. In Abbildung 15 zeigt sich einerseits, dass die riffle- und pool-Abschnitte des dammauf- bzw. dammabwärtigen Abschnitts jeweils sehr ähnliche Fließgeschwindigkeiten aufweisen. Andererseits ist auch zu sehen, dass die Geschwindigkeiten in den pool-Abschnitten über den gesamten Untersuchungsraum (abgesehen von den Pufferzonen) beinahe ident sind (siehe auch Tabelle 4). Aufgrund dieser ähnlichen Fließbedingungen ist zwischen den einzelnen pool-Abschnitten eine Vergleichbarkeit gegeben.

In der dammaufwärtigen Pufferzone ist der Unterschied der Fließgeschwindigkeiten zwischen den riffle- und pool-Abschnitten deutlich geringer als außerhalb der Pufferzonen. Dies ist darauf zurück zu führen, dass es sich hierbei um den Einmündungsbereich des Kajabachs in den Sagteich handelt. In diesem Abschnitt weist das Bachbett eine geringere Neigung auf als außerhalb der Pufferzonen. Dies führt dazu, dass die Unterschiede zwischen einem riffle- und einem pool-Abschnitt in diesem Bereich nicht so stark ausgeprägt sind. Im Fall des Standorts D entspricht die Fließgeschwindigkeit des pool-Abschnitts beinahe jener des angrenzenden riffle-Abschnitts. In der dammabwärtigen Pufferzone, am Standort E hingegen, weist der dortige step-Abschnitt eine höhere Fließgeschwindigkeit auf als die riffle-Abschnitte die sich außerhalb der Pufferzonen befinden. Das ist darauf zurück zu führen, dass sich diese Stelle unmittelbar nach dem Überlauf des Dammes befindet, an der das Gelände aufgrund von anthropogenen Aufschüttungen, in Form von Blockwerk, steiler ist.

Die Fließgeschwindigkeiten an den Standorten C, D und E zeigen, dass diese Bereiche unter dem direkten Einfluss des Sagteichs stehen und somit für die angedachten sedimentologischen Untersuchungen nicht geeignet sind und deshalb als Pufferzonen ausgewiesen wurden.

6.3 Schwebstoffe

Dieses Kapitel widmet sich den Ergebnissen der Schwebstoffanalysen. Zunächst wird auf die gemessenen Schwebstoffkonzentrationen eingegangen. Anschließend erfolgt eine Betrachtung der TE des Sagteichs. Zum Abschluss dieses Kapitels werden die Ergebnisse der Korngrößenanalysen der Schwebstoffe präsentiert.

In Tabelle 5 sind Informationen zu den einzelnen Wasser- bzw. Schwebstoffmengen pro entnommenem Kübel sowie die daraus berechneten Schwebstoffkonzentrationen enthalten. Insgesamt wurden zur Ermittlung der Schwebstoffkonzentrationen rund 70,4 l Wasser aufbereitet. Der Kübel 1 der dammaufwärtigen Proben konnte für die Ermittlung der Schwebstoffkonzentration nicht herangezogen werden, da während den Laborarbeiten beim Abwiegen der Wassermenge ein Fehler unterlaufen ist. Die Schwebstoffmenge dieser Probe (0,80 g) konnte aber trotzdem für die spätere Ermittlung der Korngrößenanalyse verwendet werden.

Tabelle 5: Wasser- sowie Schwebstoffmengen der einzelnen Kübel und die daraus berechneten Schwebstoffkonzentrationen.

	Wassermenge in l	Schwebstoffmenge in g	Konzentration in mg/l
dammabwärts			
Kübel 1	10,80	0,22	20,4
Kübel 2	10,14	0,26	25,6
gesamt/Mittel	20,94	0,48	23,0

	Wassermenge in l	Schwebstoffmenge in g	Konzentration in mg/l
dammaufwärts			
Kübel 1	<i>keine Daten</i>	0,80	<i>keine Daten</i>
Kübel 2	9,91	0,77	77,7
Kübel 3	10,74	0,81	75,4
Kübel 4	10,18	0,83	81,5
Kübel 5	7,97	0,60	75,3
Kübel 6	10,68	0,84	78,6
gesamt/Mittel	49,48	4,65	77,7

Wie der Tabelle 5 zu entnehmen ist, weisen alle dammaufwärtigen Proben eine höhere Schwebstoffkonzentration auf als die dammabwärtigen. Im Fall der Proben vom dammaufwärtigen Abschnitt ergibt sich eine mittlere Schwebstoffkonzentration von 77,7 mg/l. Der Standort dammabwärts, am Überlauf des Sagteichs, weist eine durchschnittliche Schwebstoffkonzentration von 23,0 mg/l auf.

Auf Basis der Gleichung 2 (siehe Kapitel 5.3.3) wurde aus den oben genannten Schwebstoffkonzentrationen für den Sagteich eine TE von rund 70,4% berechnet.

Laut HABERSACK, et al. (2008) ist für eine Korngrößenanalyse mit Hilfe eines Sedigraphen eine Probenmenge von ca. 5 g notwendig um repräsentative Ergebnisse zu erhalten. Wie in Tabelle 5 zu sehen ist, war in den Kübeln dammaufwärts mit 4,65 g (im Mittel 0,78 g) diese Menge annähernd vorhanden. Im Fall der dammabwärtigen Proben konnten im Mittel jedoch nur 0,24 g pro Kübel gewonnen werden. Wären die insgesamt acht zur Verfügung gestandenen Kübel gleichmäßig aufgeteilt worden (jeweils 4 Kübel) so wäre sowohl dammab- als auch dammaufwärts zu wenig Material für eine Korngrößenbestimmung vorhanden gewesen.

Eine Korngrößenanalyse wurde somit lediglich mit den dammaufwärts entnommenen Schwebstoffen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 16 dargestellt. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, gibt es bei den einzelnen Korngrößenklassen nur geringe Unterschiede zwischen den drei Analysen. Was die Korngrößenklassen der Schwebstoffe betrifft, so ist der Anteil des Schluffs mit 56,6% höher als der Tonanteil mit 43,5%. Bezüglich der Schlufffraktionen weist der Feinschluff bzw. Mittelschluff mit durchschnittlich 23,7% bzw. 22,3% beinahe denselben Anteil auf. Die Korngröße Grobschluff hat mit durchschnittlich 10,6% den geringsten Anteil.

In Abbildung 16 ist neben den Korngrößenverteilungen der drei Analysereihen der dammaufwärtigen Schwebstoffe auch eine Darstellung der Schwebstoffkonzentration enthalten. Diese graphische Darstellung unterstreicht noch einmal den Rückgang der Schwebstoffkonzentrationen zwischen dem dammauf- und dammabwärtigen Abschnitt, respektive die TE des Sagteichs.

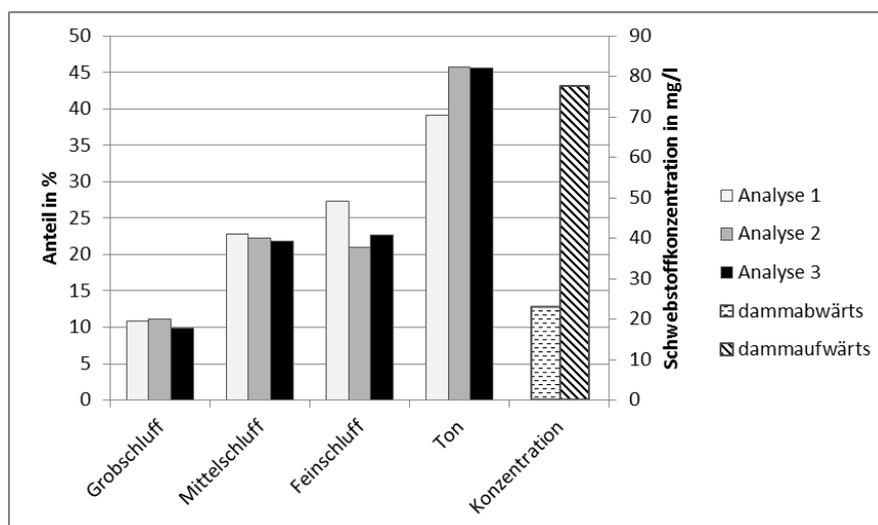


Abbildung 16: Korngrößenverteilung und Konzentration der Schwebstoffe.

6.4 Korngrößenanalysen der Sedimentproben aus den pool-Abschnitten und Uferzonen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Korngrößenanalysen der Sedimentproben aus den pool-Abschnitten sowie der Uferzonen präsentiert. In den einzelnen Unterkapiteln werden jeweils unterschiedliche Korngrößenklassen und Korngrößenfraktionen dargestellt. Für einen direkten Vergleich sind dabei die Korngrößenverteilungen der Proben aus den pool-Abschnitten sowie den Uferzonen enthalten.

In den Abbildungen sind die einzelnen pool-Abschnitte von pool A bis pool J, in Fließrichtung (von rechts nach links) entsprechend ihrer Lage entlang des Kajabachs, beschriftet. Die Uferzonen sind nach demselben Prinzip beschriftet (A-J). Auch in den Tabellen gilt, dass die Fließrichtung von rechts nach links anzusehen ist. Bei den Ergebnissen der pool-Abschnitte sind auf der X-Achse zwei Unterteilungen vorhanden. Diese beziehen sich einerseits auf den jeweiligen Entnahmezeitpunkt (Herbst 2010 bzw. Frühling 2011), andererseits auf die Lage (dammauf- bzw. dammabwärts) der pool-Abschnitte. Bei den Uferzonen entfällt die Unterteilung des Entnahmezeitpunktes, da alle Proben im Frühling 2011 entnommen wurden. In beiden Fällen sind auf der Y-Achse die Anteile der jeweiligen Korngröße in % dargestellt.

Aus den einzelnen pool-Abschnitten wurden insgesamt 21 Einzelproben entnommen. In den folgenden Abbildungen werden pro pool-Abschnitt jedoch Mittelwerte dargestellt, die sich aus den einzelnen Proben zusammensetzen. Auf die Berechnung von statistischen Kennwerten (z.B. Spannweite oder Standardabweichung) wurde dabei verzichtet, da pro pool-Abschnitt maximal drei Einzelproben vorhanden waren. Die Berechnung der Spannweite oder anderer statistischer Maßzahlen ist jedoch erst ab einem Probenumfang von $n=30$ wirklich aussagekräftig (vgl. BAHRENBURG, et al. 1999; BORRADAILE, 2003).

Im Anschluss an die einzelnen Abbildungen sind in Tabellen sowohl der Mittelwert als auch die maximalen und minimalen Anteile der jeweiligen Korngrößenklasse bzw. Korngrößenfraktion pro pool-Abschnitt enthalten. Auch bei den Uferzonen ist in den Abbildungen pro Standort ein Mittelwert der jeweiligen Korngröße dargestellt. Dieser Mittelwert setzt sich hierbei aus den beiden Proben zusammen, die einerseits direkt aus dem Uferbereich, andererseits aus dem Boden entnommen wurden. In den entsprechenden Tabellen sind neben dem Mittelwert auch die separaten Anteile dieser Ufer- und Bodenproben dargestellt.

6.4.1 Korngrößenzusammensetzung der Feinsedimente

Wie bereits erläutert wurde, setzen sich in dieser Diplomarbeit die Feinsedimente aus den Korngrößenklassen Sand, Schluff und Ton zusammen. In Abbildung 17 sind die Anteile dieser drei Korngrößenklassen, gemessen am gesamten Feinsedimentgehalt, dargestellt. Die nachfolgende Tabelle 6 gibt Auskunft über die Mittelwerte sowie die Maximal- und Minimalwerte dieser Korngrößenklassen in den einzelnen pool-Abschnitten.

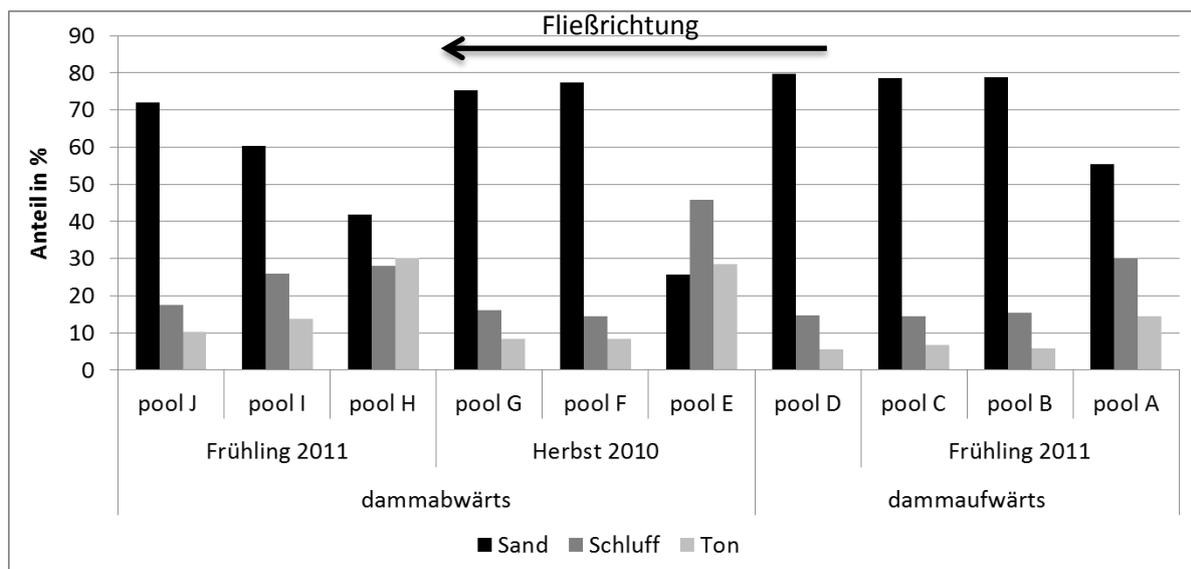


Abbildung 17: Mittelwerte der Korngrößenklassen der Feinsedimente in den pool-Abschnitten.

Tabelle 6: Mittelwerte und Extremwerte der Korngrößenklassen der Feinsedimente in den pool-Abschnitten; Angaben in %.

	Frühling 2011			Herbst 2010				Frühling 2011			
	pool J n=2	pool I n=1	pool H n=2	pool G n=2	pool F n=2	pool E n=2	pool D n=3	pool C n=2	pool B n=2	pool A n=3	
Sand	83,6	60,3	58,5	81,8	86,3	27,7	91,2	81,9	80,7	75,5	max
	60,6		25,2	68,9	68,4	23,8	69,6	75,5	77,1	35,6	min
	72,1		41,8	75,4	77,3	25,7	79,7	78,7	78,9	55,4	∅
Schluff	24,4	25,9	32,0	19,5	20,5	46,5	22,6	16,7	16,3	44,8	max
	10,8		24,2	12,8	8,3	45,0	6,3	12,5	14,5	17,2	min
	17,6		28,1	16,2	14,4	45,8	14,7	14,6	15,4	30,1	∅
Ton	14,9	13,8	42,9	11,6	11,1	29,7	7,8	7,9	6,6	19,5	max
	5,6		17,3	5,4	5,5	27,3	2,5	5,6	4,8	7,3	min
	10,3		30,1	8,5	8,3	28,5	5,7	6,7	5,7	14,5	∅
	dammabwärts						dammaufwärts				

Wie in Abbildung 17 sowie Tabelle 6 zu sehen ist, bildet die Korngrößenklasse Sand in allen pool-Abschnitten die Hauptkomponente der Feinsedimente. Einzige Ausnahme bildet der pool-Abschnitt E, in dem der Schluff mit 45,8% den Großteil der Feinsedimente ausmacht. Der höchste Sandanteil ist im pool-Abschnitt D vorhanden. Dort macht diese Korngröße rund 79,7% der gesamten Feinsedimente aus. Der pool-Abschnitt H weist mit 30,1% den höchsten Tonanteil auf.

Innerhalb der pool-Abschnitte die im Herbst 2010 beprobt wurde, zeichnen sich alle, mit Ausnahme des Abschnitts E, durch relativ ähnliche Sand-, Schluff- bzw. Tonanteile aus. Was die pool-Abschnitte aus dem Frühling 2011 betrifft, so weist die dammaufwärtige mit durchschnittlich 71,0% einen höheren Sandanteile auf als die dammabwärtige mit 58,1%.

In den dammabwärtigen pool-Abschnitten aus dem Frühling 2011, ist ein Anstieg des Sandanteils festzustellen. Von 41,8% im pool-Abschnitt H stieg der Sandanteil bis zum pool-Abschnitt J mit 72,1% an. Bezogen auf den pool-Abschnitt H reduzierte sich der Schluff- und Tonanteil im pool-Abschnitt J um 37,4% respektive um 65,8%.

Ein Vergleich zwischen den pool-Abschnitten der beiden Untersuchungszeiträume Herbst 2010 und Frühling 2011 zeigt im dammaufwärtigen Abschnitt keine großen Unterschiede zwischen den pool-Abschnitten C und D. Im dammabwärtigen Abschnitt hingegen, lassen sich diesbezüglich relativ deutliche Unterschiede feststellen. Zwischen dem pool-Abschnitt G aus dem Herbst 2010 und dem pool-Abschnitt H aus dem Frühling 2011 kam es zu einem Rückgang des Sandanteils von 75,4% auf 41,8%. Die Ton- und Schluffanteile stiegen indes von 16,2% auf 28,1% bzw. von 8,5% auf 30,1%.

In Bezug auf die Maximal- und Minimalwerte in Tabelle 12 ist zu sehen, dass bei allen Korngrößenfraktionen, in beinahe allen pool-Abschnitten relativ große Unterschiede auszumachen sind. Die geringsten Unterschiede zwischen den max. und min. Werten weist der pool-Abschnitt E auf.

In der nachfolgenden Abbildung 18 sind die mittleren Anteile der drei Korngrößenklassen Sand, Schluff und Ton, gemessen am gesamten Feinsedimentgehalt an den Uferzonen dargestellt. In Tabelle 7 sind die Anteile der Korngrößenklassen für die Ufer- bzw. Bodenprobe der Uferzonen separat enthalten.

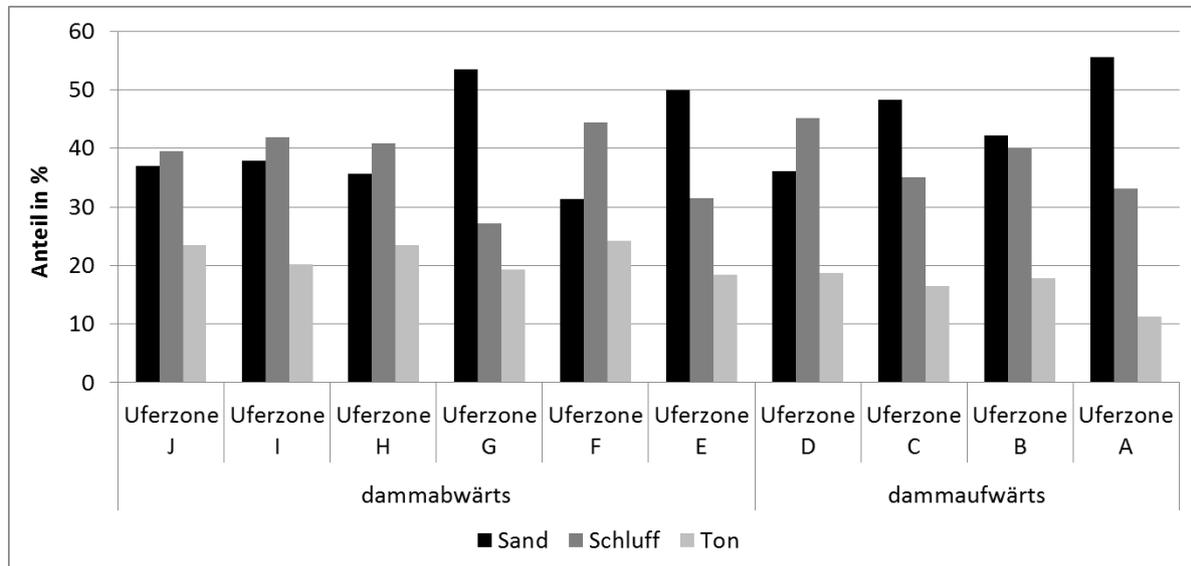


Abbildung 18: Mittelwerte der Korngrößenklassen der Feinsedimente an den Uferzonen.

Tabelle 7: Anteile der Korngrößenklassen der Feinsedimente der Ufer- bzw. Bodenproben der Uferzonen; Angaben in %.

	Dammabwärts						dammaufwärts				
	Uferzone J	Uferzone I	Uferzone H	Uferzone G	Uferzone F	Uferzone E	Uferzone D	Uferzone C	Uferzone B	Uferzone A	
Sand	37,9	33,8	29,1	56,1	45,7	54,1	33,3	53,1	45,5	55,5	Boden
	36,1	41,9	42,1	50,8	17,0	45,9	38,8	43,6	39,0	55,8	Ufer
	37,0	37,9	35,6	53,4	31,4	50,0	36,1	48,3	42,2	55,6	∅
Schluff	38,6	47,0	46,2	23,7	38,0	30,1	48,9	32,5	38,2	34,5	Boden
	40,5	36,9	35,6	30,8	50,8	32,9	41,5	37,7	41,7	31,6	Ufer
	39,5	42,0	40,9	27,2	44,4	31,5	45,2	35,1	39,9	33,1	∅
Ton	23,5	19,2	24,7	20,2	16,3	15,8	17,8	14,4	16,4	10,0	Boden
	23,5	21,2	22,2	18,4	32,2	21,1	19,7	18,7	19,3	12,6	Ufer
	23,5	20,2	23,5	19,3	24,2	18,5	18,7	16,6	17,8	11,3	∅

Bei näherer Betrachtung der Ergebnisse in Abbildung 18 sowie Tabelle 7 ist zu erkennen, dass sich die Feinsedimente an den Uferzonen hauptsächlich aus den Korngrößen Sand und Schluff zusammensetzen.

Die Uferzone A weist mit 55,6% den höchsten Sandanteil aller Uferzonen auf. Der höchste Schluffanteil ist an der Uferzone D mit 45,2% vorhanden während die Uferzone F mit 24,2% den höchsten Tonanteil aufweist.

Was eine Trendentwicklung oder Kontinuität in der Abfolge der Zusammensetzung der Feinsedimente betrifft, so ist dies an den Uferzonen H-J zu erkennen. An diesen drei Standorten weisen die Korngrößenklassen Sand, Schluff und Ton relativ ähnliche Anteile auf.

Ein Vergleich der Anteile von Sand, Schluff und Ton an den Feinsedimenten der Uferzonen dammauf- bzw. dammabwärts zeigt im Wesentlichen keine großen Unterschiede. Dammaufwärts beträgt der Sandanteil im Durchschnitt 45,6% während er dammabwärts bei 40,9% liegt. Was den Schluffanteil betrifft, so liegt dieser bei 38,3% dammaufwärts respektive bei 37,3% dammabwärts. Der Tonanteil weist hierbei den größten Unterschied auf und beträgt dammaufwärts 16,1% während er dammabwärts bei 21,5% liegt.

Ein Vergleich zwischen den Ufer- und Bodenproben in Tabelle 7 zeigt, dass bei der Korngrößenklasse Sand die größten Unterschiede auftreten. Die Uferzonen F, H und I weisen die größten Unterschiede zwischen den Ufer- und Bodenproben auf, während an der Uferzone A die Anteile der drei Korngrößenklassen in den Ufer- und Bodenproben beinahe ident sind.

6.4.2 Sandfraktionen als Komponenten der Feinsedimente

Im vorangegangenen Kapitel wurden die Anteile der Korngrößenklassen Sand, Schluff und Ton, als Komponenten der Feinsedimente betrachtet. In den folgenden beiden Kapiteln werden nun die einzelnen Fraktionen der Korngrößenklassen Sand und Schluff dargestellt. Im ersten Teil wird zunächst auf die einzelnen Fraktionen der Korngröße Sand eingegangen.

In Abbildung 19 sind dazu die Anteile von Grob-, Mittel- und Feinsand in den pool-Abschnitten enthalten. In Tabelle 8 sind neben den Mittelwerten, auch die Maximal- und Minimalwerte der Sandfraktionen in den pool-Abschnitten enthalten.

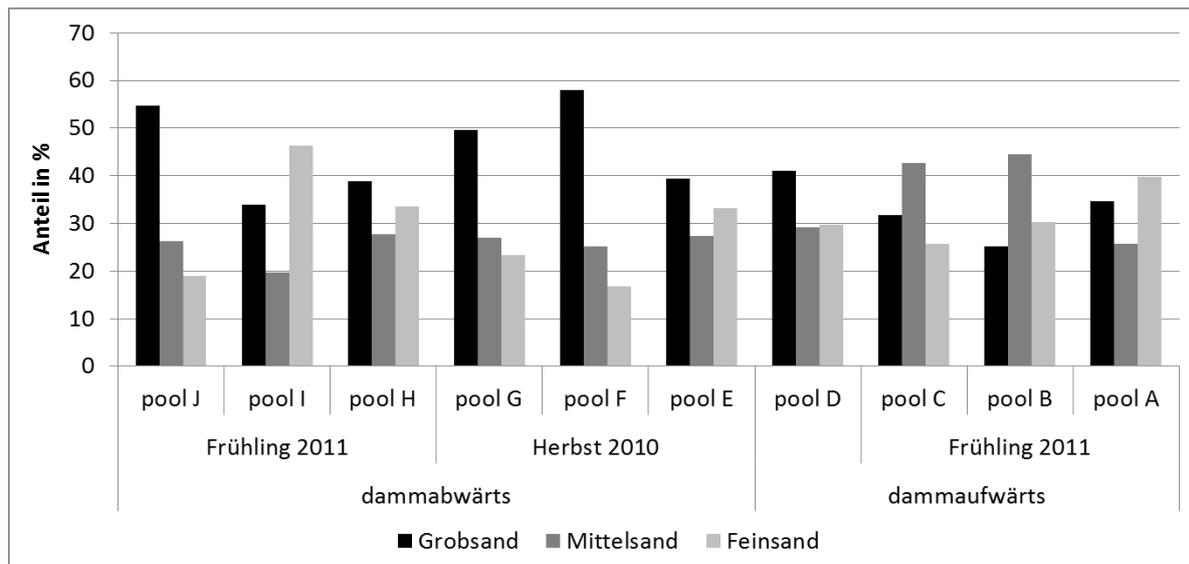


Abbildung 19: Mittelwerte der Sandfraktionen in den pool-Abschnitten.

Tabelle 8: Mittelwerte und Extremwerte der Sandfraktionen in den pool-Abschnitten; Angaben in %.

	Frühling 2011			Herbst 2010				Frühling 2011			
	pool J n=2	pool I n=1	pool H n=2	pool G n=2	pool F n=2	pool E n=2	pool D n=3	pool C n=2	pool B n=2	pool A n=3	
Grobsand	59,0	33,9	41,6	61,6	61,8	40,7	63,4	52,1	27,1	59,3	max
	50,4		36,1	37,8	54,4	38,1	3,9	11,3	23,3	14,7	min
	54,7		38,8	49,7	58,1	39,4	41,1	31,7	25,2	34,6	∅
Mittelsand	26,7	19,7	30,3	31,2	26,8	33,8	37,2	48,9	47,0	29,7	max
	25,8		25,1	22,8	23,6	20,8	23,1	36,3	42,2	18,8	min
	26,2		27,7	27,0	25,2	27,3	29,2	42,6	44,6	25,7	∅
Feinsand	23,8	46,4	38,8	31,0	18,9	38,5	58,9	39,8	30,7	55,6	max
	14,3		28,2	15,6	14,6	28,1	9,4	11,5	29,7	21,9	min
	19,0		33,5	23,3	16,7	33,3	29,7	25,7	30,2	39,7	∅
dammbwärts							dammaufwärts				

Wie die Ergebnisse in Abbildung 19 sowie in Tabelle 8 zeigen, stellt der Grobsand, insbesondere bei den dammbwärtigen pool-Abschnitten, die Hauptkomponente der Korngrößenklasse Sand dar. Im Mittel weisen die dammbwärtigen pool-Abschnitte einen Grobsandanteil von 45,8% auf. Dammaufwärts liegt der Anteil im Mittel bei 33,2%. Mit einem Anteil von rund 58,1% erreicht der Grobsand im pool-Abschnitt F den höchsten Wert. Am geringsten ist der Anteil mit 25,2% im pool-Abschnitt B.

Was die Korngrößenfraktion des Mittelsandes betrifft, so ist in den pool-Abschnitten dammaufwärts im Mittel ein Anteil von 35,5% vorhanden. In den dammbwärtigen pool-Abschnitten beträgt der

Anteil des Mittelsandes durchschnittlich 25,5%. Den absolut höchsten Anteil an der Fraktion des Mittelsandes weist der pool-Abschnitt B mit 44,6% auf. Im pool-Abschnitt I ist mit 19,7% der geringste Mittelsandanteil vorhanden.

Auch der Anteil des Feinsands ist in den dammaufwärtigen pool-Abschnitten mit durchschnittlich 31,3% höher als in den dammabwärtigen mit einem Feinsandanteil von durchschnittlich 28,7%. Der pool-Abschnitt I weist mit 46,4% den höchsten Feinsandanteil aller pool-Abschnitte auf. Am niedrigsten ist der Feinsandanteil, mit 16,7%, im pool-Abschnitt F.

Innerhalb der im Herbst 2010 beprobten pool-Abschnitte lässt sich zwischen dem dammaufwärtigen pool-Abschnitt D sowie dem dammabwärtigen pool-Abschnitt E kein wesentlicher Unterschied in den Anteilen der drei Sandfraktionen ausmachen. Die beiden anderen pool-Abschnitte dieser Zeitreihe (F und G) zeichnen sich durch einen erhöhten Grobsandanteil sowie einen geringeren Feinsandanteil aus. Der Anteil des Mittelsandes ist innerhalb der pool-Abschnitte aus dem Herbst 2010 relativ konstant. Auffällig bei den pool-Abschnitten aus dem Herbst 2010 ist die Tatsache, dass in allen fünf pool-Abschnitten der Grobsand die anteilmäßig stärkste Sandfraktion darstellt.

Im Fall der im Frühling 2011 beprobten pool-Abschnitte lässt sich erkennen, dass der Grobsand hingegen nur in zwei, der insgesamt sechs pool-Abschnitte, die anteilmäßig stärkste Sandfraktion darstellt (pool H und J). Im dammaufwärtigen Abschnitt dieser Zeitreihe ist zu sehen, dass im pool-Abschnitt A zunächst der Feinsand dominiert. Anschließend stellt der Mittelsand in den pool-Abschnitten B und C den höchsten Anteil der Sandfraktionen dar. Im dammabwärtigen pool-Abschnitt J stellt der Feinsand die dominierende Sandfraktion dar.

Ein Vergleich der pool-Abschnitte, die im Herbst 2010 bzw. im Frühling 2011 beprobt wurden, zeigt, dass sich in Bezug auf die Zusammensetzungen der drei Sandfraktionen dammaufwärts der pool-Abschnitt D (Herbst 2010) von den beiden pool-Abschnitten B und C (Frühling 2011) unterscheidet. Am deutlichsten ist der Unterschied bei den Fraktionen Mittel- und Grobsand zu erkennen. Der Vergleich zwischen den dammabwärtigen pool-Abschnitten der unterschiedlichen Zeitreihen lässt erkennen, dass der Mittelsandanteil, über alle pool-Abschnitte gesehen, relativ konstant ist. Was den Grobsandanteil und den Feinsandanteil betrifft, so lässt sich dammabwärts eine Trendentwicklung feststellen, die sowohl pool-Abschnitte aus dem Herbst 2010 als auch aus dem Frühling 2011 mit einbezieht. Vom pool-Abschnitt F ausgehend nimmt der Grobsandanteil bis zum pool-Abschnitt I ab. Im Gegensatz dazu kam es beim Feinsandanteil zwischen diesen pool-Abschnitten zu einem Anstieg dieser beiden Sandfraktionen.

Betreffend den Minimal- und Maximalwerte der drei Sandfraktionen gab es innerhalb der einzelnen pool-Abschnitte teilweise sehr große Unterschiede (siehe Tabelle 8). Die größten Unterschiede sind bei der Fraktion des Grobsandes vorhanden. Die pool-Abschnitte mit den größten Unterschieden zwischen den max. und min. Werten sind die Abschnitte A, C und D.

In Abbildung 20 sind die mittleren Anteile der drei Sandfraktionen an den Uferzonen dargestellt. In Tabelle 9 sind die Anteile der Sandfraktionen für die Ufer- bzw. Bodenproben pro Uferzone jeweils einzeln enthalten.

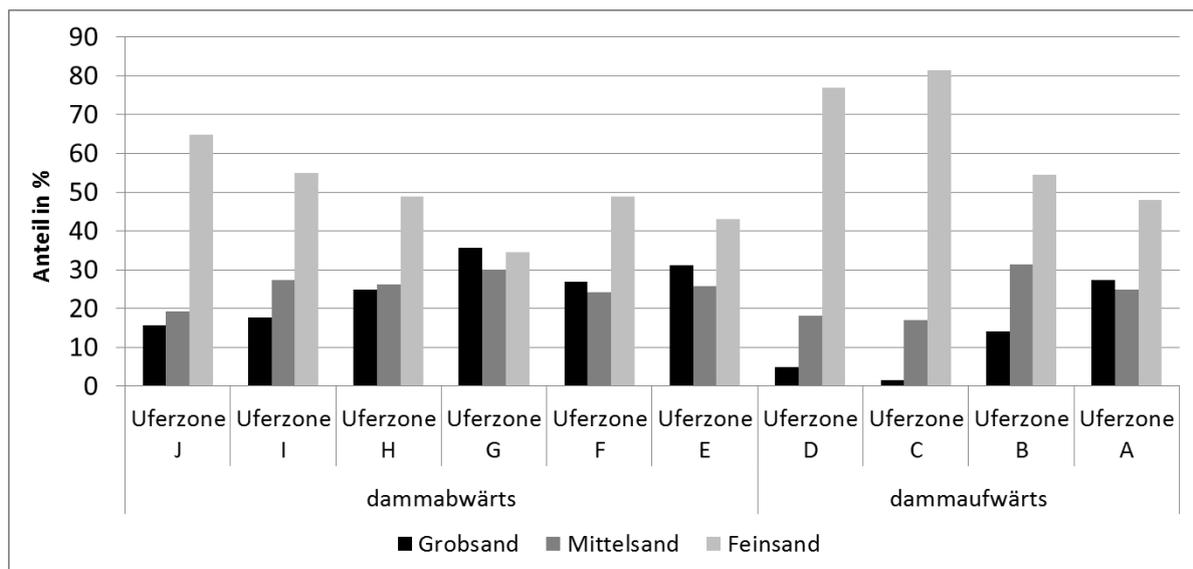


Abbildung 20: Mittelwerte der Sandfraktionen an den Uferzonen.

Tabelle 9: Anteile der Sandfraktionen der Ufer- und Bodenproben der Uferzonen; Angaben in %.

	dammbwärts						dammaufwärts				
	Uferzone J	Uferzone I	Uferzone H	Uferzone G	Uferzone F	Uferzone E	Uferzone D	Uferzone C	Uferzone B	Uferzone A	
Grosssand	18,0	16,5	24,4	41,1	31,6	33,3	2,9	1,0	10,6	28,3	Boden
	13,5	18,8	25,4	30,2	22,1	28,8	6,8	2,0	17,6	26,2	Ufer
	15,7	17,7	24,9	35,6	26,8	31,1	4,9	1,5	14,1	27,3	∅
Mittelsand	18,6	26,5	24,3	28,5	26,6	24,8	11,1	12,6	28,9	25,0	Boden
	20,1	28,1	28,2	31,0	22,0	26,8	25,3	21,6	34,0	24,7	Ufer
	19,4	27,3	26,2	29,7	24,3	25,8	18,2	17,1	31,5	24,8	∅
Feinsand	63,4	57,0	51,3	30,5	41,8	41,8	85,9	86,4	60,5	46,7	Boden
	66,4	53,1	46,4	38,7	55,9	44,4	67,9	76,3	48,4	49,0	Ufer
	64,9	55,1	48,8	34,6	48,8	43,1	76,9	81,4	54,4	47,9	∅

Die Ergebnisse in Abbildung 20 sowie Tabelle 9 zeigen, dass an den Uferzonen der Feinsand die dominierende Sandfraktion darstellt. Lediglich am Standort G ist der Feinsand nicht die stärkste Sandfraktion. Am höchsten ist der Feinsandanteil am Standort C mit 81,4%.

Ein Vergleich der Sandfraktionen zwischen den dammauf- bzw. dammabwärtigen Uferzonen zeigt, dass dammaufwärts der Feinsandanteil mit durchschnittlich 65,2% höher ist als dammabwärts mit einem mittleren Feinsandanteil von 49,2%. Während die Anteile des Mittelsandes mit durchschnittlich 22,9% dammaufwärts, respektive 25,5% dammabwärts, relativ ähnlich sind, weist der Grobsand dammaufwärts mit durchschnittlich 11,9% einen geringeren Anteil auf als dammabwärts, mit einem Anteil von durchschnittlich 25,3%.

Ausgehend vom Standort der Uferzone G, mit einem Grobsandanteil von 35,6% nimmt der Anteil dieser Sandfraktion in Fließrichtung bis zum Standort J ab. Ebenso der Anteil des Mittelsandes zeigt über diese Distanz eine tendenzielle Abnahme. Was den Anteil des Feinsandes betrifft, so ist festzustellen, dass dieser von der Uferzone G mit einem Anteil von 34,6% bis zum Standort J, mit einem Anteil von 64,9%, ansteigt.

Ein Vergleich zwischen den Ufer- und Bodenproben, in Tabelle 9 zeigt, dass bei allen Sandfraktionen Unterschiede vorhanden sind. Beispiele für relativ große Unterschiede sind die Uferzonen B, D und G.

6.4.3 Schlufffraktionen als Komponenten der Feinsedimente

Nachdem im vorangegangenen Kapitel die einzelnen Sandfraktionen näher betrachtet wurden, erfolgt in diesem Kapitel nun ein Vergleich der Anteile der drei Schlufffraktionen (Grob-, Mittel- und Feinschluff).

In Abbildung 21 sind die mittleren Anteile der drei Schlufffraktionen in den pool-Abschnitten dargestellt. Der Tabelle 10 sind neben dem Mittelwert die Maximal- sowie Minimalwerte der einzelnen Schlufffraktionen in den pool-Abschnitten zu entnehmen.

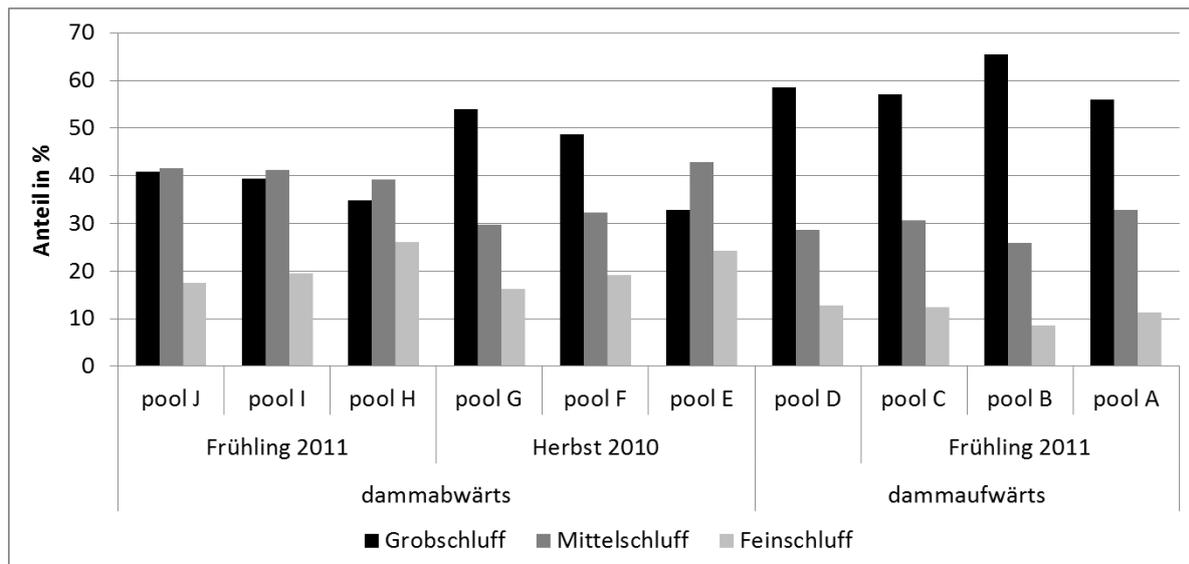


Abbildung 21: Mittelwerte der Schlufffraktionen in den pool-Abschnitten.

Tabelle 10: Mittelwerte und Extremwerte der Schlufffraktionen in den pool-Abschnitten; Angaben in %.

	Frühling 2011			Herbst 2010				Frühling 2011			
	pool J n=2	pool I n=1	pool H n=2	pool G n=2	pool F n=2	pool E n=2	pool D n=3	pool C n=2	pool B n=2	pool A n=3	
Grobschluff	48,8	39,3	47,9	61,2	53,9	37,9	61,2	57,3	65,6	62,1	max
	33,0		21,7	47,0	43,3	27,8	54,5	56,8	65,5	49,0	min
	40,9		34,8	54,1	48,6	32,8	58,6	57,1	65,6	55,9	∅
Mittelschluff	49,5	41,2	43,4	32,5	32,9	47,0	30,6	31,3	25,9	37,0	max
	33,5		34,9	23,1	31,5	38,8	27,2	29,9	25,7	29,0	min
	41,5		39,2	29,6	32,2	42,9	28,6	30,6	25,8	32,7	∅
Feinschluff	17,6	19,5	34,8	20,5	23,7	25,2	14,9	13,3	8,6	14,1	max
	17,5		17,3	12,1	14,6	23,3	10,8	11,3	8,6	8,9	min
	17,5		26,1	16,3	19,2	24,3	12,8	12,3	8,6	11,4	∅
	dammbwärts						dammaufwärts				

Wie in Abbildung 21 sowie Tabelle 10 zu sehen ist, bildet der Grobschluff die dominierende Fraktion des Schluffs in den pool-Abschnitten. Den größten Anteil besitzt der Grobschluff im pool-Abschnitt B. Dort macht er rund 65,6% des gesamten Schluffs aus. Am geringsten ist der Anteil des Grobschluffs mit 32,8% im pool-Abschnitt E.

In Bezug auf die Unterschiede zwischen den dammauf- und dammbwärts gelegenen pool-Abschnitten ist zu sehen, dass der Anteil des Grobschluffs dammaufwärts größer ist als dammbwärts. Während der Grobschluffanteil dammaufwärts im Durchschnitt 59,3% beträgt, liegt er dammbwärts bei durchschnittlich 41,8%. Was den Mittelschluff betrifft, so ist in den dammaufwärtigen pool-Abschnitten ein mittlerer Anteil von 29,4% vorhanden, während er in den

dammabwärtigen im Durchschnitt bei 37,8% liegt. Auch der Anteil des Feinschluffs ist in den dammaufwärtigen pool-Abschnitten mit durchschnittlich 11,2% geringer als in den dammabwärtigen mit durchschnittlich 20,5%.

Innerhalb der pool-Abschnitte, die im Herbst 2010 beprobt wurden, ist der Unterschied bezüglich des Grobschluffanteils zwischen dem dammaufwärtigen pool-Abschnitt D, mit einem Anteil von 58,6% und dem dammabwärtigen pool-Abschnitt E mit einem Grobschluffanteil von 32,8%, relativ stark ausgeprägt.

Bezüglich den pool-Abschnitten, die im Frühling 2011 beprobt wurden ist zu erkennen, dass sich die dammabwärtigen von den dammaufwärtigen dahingehend unterscheiden, dass bei den dammabwärtigen pool-Abschnitten (H-J) jeweils der Mittelschluff den höchsten Schluffanteil ausmacht. Im Gegensatz dazu stellt der Grobschluff in den dammaufwärtigen pool-Abschnitten die deutlich stärkste Fraktion des Schluffs dar.

Der Vergleich zwischen den pool-Abschnitten, die im Herbst 2010 bzw. im Frühling 2011 beprobt wurden, zeigt, dass im dammaufwärtigen Abschnitt nur geringe Änderungen bezüglich der Verteilung der drei Schlufffraktionen stattgefunden haben. Im dammabwärtigen Abschnitt hingegen, sind die Grobschluffanteile in den pool-Abschnitten, die im Herbst beprobt wurden, mit Ausnahme des pool-Abschnitts E, allesamt höher als in jenen vom Frühling 2011.

Was die Maximal- und Minimalwerte in Tabelle 18 betrifft, so sind bei allen drei Schlufffraktionen teilweise sehr große Unterschiede festzustellen. Eine markante Ausnahme stellt hierbei der pool-Abschnitt B dar, in dem die min. und max. Werte der drei Schlufffraktionen beinahe ident sind.

Abschließend folgt in Abbildung 22 eine Darstellung der Anteile der Schlufffraktionen an den Uferzonen. In der nachfolgenden Tabelle 11 sind die Anteile der drei Schlufffraktionen für die Ufer- und Bodenproben jeweils separat enthalten.

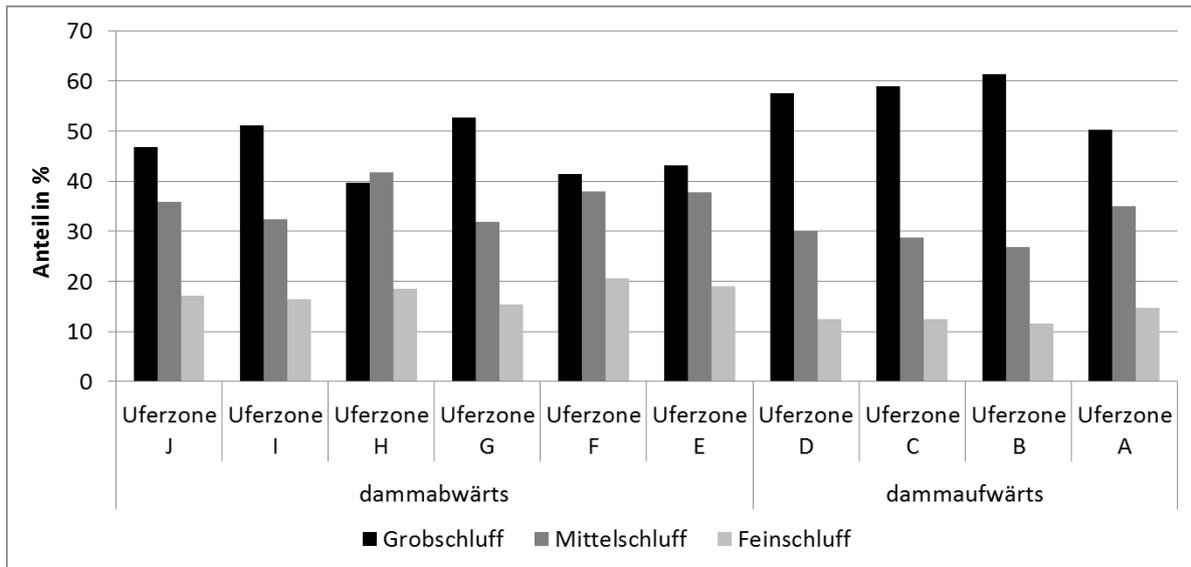


Abbildung 22: Mittelwerte der Schlufffraktionen an den Uferzonen.

Tabelle 11: Anteile der Schlufffraktionen der Ufer- und Bodenproben der Uferzonen, Angaben in %.

	dammbabwärts						dammaufwärts				
	Uferzone J	Uferzone I	Uferzone H	Uferzone G	Uferzone F	Uferzone E	Uferzone D	Uferzone C	Uferzone B	Uferzone A	
Grob-schluff	40,5	45,8	36,6	51,3	43,6	44,5	53,3	59,8	60,9	42,5	Boden
	53,2	56,5	42,8	54,0	39,1	41,8	61,8	58,0	61,9	58,0	Ufer
	46,9	51,1	39,7	52,7	41,4	43,1	57,6	58,9	61,4	50,2	∅
Mittel-schluff	39,9	35,7	44,1	33,4	36,6	36,7	32,4	28,1	26,8	40,1	Boden
	32,0	29,0	39,5	30,4	39,3	38,8	27,5	29,3	27,0	29,8	Ufer
	35,9	32,3	41,8	31,9	37,9	37,7	30,0	28,7	26,9	34,9	∅
Feinschluff	19,6	18,5	19,3	15,2	19,8	18,8	14,3	12,1	12,3	17,4	Boden
	14,8	14,5	17,7	15,6	21,6	19,5	10,7	12,7	11,0	12,2	Ufer
	17,2	16,5	18,5	15,4	20,7	19,1	12,5	12,4	11,7	14,8	∅

Wie der Abbildung 22 sowie der Tabelle 11 zu entnehmen ist, stellt der Grobschluff an den Uferzonen, mit der Ausnahme des Standortes H, die dominierende Schlufffraktion dar. Ein Vergleich der dammauf- bzw. dammbabwärtigen Uferzonen zeigt, dass der Grobschluffanteil an den Standorten dammaufwärts mit durchschnittlich 57,0% höher ist als an den dammbabwärtigen Standorten mit durchschnittlich 45,8%. Was den Mittelschluff betrifft, so weisen die dammaufwärtigen Uferzonen im Mittel einen Anteil von 30,1% auf. In den dammbabwärtigen Uferzonen liegt der Mittelschluffanteil bei 36,3%. Auch der Anteil des Feinschluffs ist an den dammbabwärtigen Uferzonen mit durchschnittlich 17,9% höher als in den dammaufwärtigen mit durchschnittlich 12,8%.

Ein Vergleich der Ufer- und Bodenproben in Tabelle 11 zeigt, dass der Anteil Grobschluffs sowie des Mittelschluffs tendenziell in den Uferproben höher ist als in den Bodenproben. Der Anteil des

Feinschluffs hingegen in den Bodenproben dominanter. Die größten Unterschiede zwischen den Ufer- und Bodenproben, die Anteile der Schlufffraktionen betreffend, sind an den Uferzonen A, D und H vorhanden.

6.5 Zentrale Ergebnisse der Korngrößenanalysen

Aufgrund der Vielzahl an Ergebnissen, die im Zuge der Korngrößenanalysen gewonnen wurden, werden die zentralen Erkenntnisse im Folgenden kurz rekapituliert bevor diese in weiterer Folge diskutiert und zusammengefasst werden.

- Ein Rückgang zwischen der gesamten dammauf- und dammabwärtigen pool-Sequenz (pool-Abschnitte aus dem Herbst 2010 und Frühling 2011 zusammengefasst) ist anhand mehrerer Beispiele zu erkennen. Die stärksten Rückgänge sind bei der Korngrößenklasse Sand in Abbildung 17, bei den Korngrößenfraktionen Mittelsand und Feinsand in Abbildung 19 sowie bei beim Grobschluff in Abbildung 21 zu erkennen.
- Ein Rückgang über mehrere pool-Abschnitte (vier) ist in Abbildung 19 (Rückgang des Grobsandanteils) zu sehen.
- Innerhalb der einzelnen pool-Abschnitte sind teilweise sehr große Unterschiede zwischen den max. und min. Werten der einzelnen Korngrößen vorhanden.
- Die Unterschiede zwischen den Ufer- und Bodenproben der Uferzonen sind nicht so stark ausgeprägt wie die Unterschiede zwischen den max. und min. Werten in den pool-Abschnitten.
- Zwischen den pool-Abschnitten der beiden Zeitreihen (Herbst 2010 und Frühling 2011) sind dammaufwärts geringfügigere Veränderungen in der Korngrößenzusammensetzung vorhanden als in den dammabwärtigen.

7 Diskussion

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die, im Zuge der Diplomarbeit, angewandten Methoden sowie die daraus gewonnenen Ergebnisse, präsentiert. Diese werden im Folgenden diskutiert. Diesbezüglich werden zunächst auf die Vor- und Nachteile der angewandten Methoden, die Zusammenhänge zwischen den Korngrößenverteilungen der Sedimente aus den pool-Abschnitten und den Uferzonen sowie die Speicherfunktion des Sagteichs eingegangen. Auch die Funktion des Sagteichs als Sediment-Diskonnektivitätsfaktor sowie einzelner pool-Abschnitte als temporäre Sediment-Diskonnektivitätsfaktoren wird diskutiert.

Die visuelle Ausweisung der pool-Abschnitte sowie der darin befindlichen Akkumulationsflächen gestaltete sich in einzelnen Fällen relativ schwierig. Während für die pool-Abschnitte, mit der Struktur der Wasseroberfläche sowie der Wassertiefe zwei Kriterien zur Abgrenzung herangezogen werden konnten, war bei den Akkumulationsflächen lediglich deren flächenhafte Ausdehnung feststellbar. Die Mächtigkeit der einzelnen Akkumulationsflächen musste hingegen abgeschätzt werden, da eine Messung ebendieser zu einer Aufwirbelung der Sedimente und somit zu einer Beeinträchtigung der Proben geführt hätte.

Im Herbst trat bei der Ausweisung der potentiellen Akkumulationsflächen zudem das Problem auf, dass eine große Menge an organischem Material, welches sich auf der Oberfläche des Bachbettes angesammelt hatte, die Sicht stark beeinträchtigte (siehe Abbildung 27 im Anhang). Eine weitere Schwierigkeit bei der Ausweisung von potentiellen Akkumulationsflächen war, dass im Uferbereich in einzelnen Fällen die vermutete Fläche keine fluviatil abgelagerten Sedimente waren, sondern vielmehr Ufermaterial, welches lateral eingetragen wurde (siehe Kapitel 5.1.2). Entsprechende Bereiche, die eindeutig als solche identifiziert werden konnten, wurden nicht beprobt.

Um genügend Probenmaterial für die späteren Korngrößenanalysen zur Verfügung zu haben, wurde eine Mindesttiefe der Akkumulationsflächen von 5 cm festgelegt. Wie sich herausstellte, war diese Mindesttiefe jedoch nicht ausreichend, da einigen Fällen zu wenig Probenmaterial für die späteren Korngrößenanalysen akquiriert wurde. Auf Basis der Aufzeichnungen zu den Mächtigkeiten der einzelnen Akkumulationsflächen und den Ergebnissen der Korngrößenanalysen wird angenommen, dass eine Mindesttiefe von 10 cm erforderlich gewesen wäre, um eine adäquate Probenmenge gewinnen zu können.

Was die Entnahme der Sedimentproben betrifft, so erwies sich das verwendete PVC Rohr als durchaus relativ einfache und geeignete Methode. Einerseits war es mit Hilfe des Rohres möglich

auch kleine Akkumulationsflächen zu beproben bzw. aus größeren Akkumulationsflächen mehrere Proben zu entnehmen. Andererseits wurden durch diese Methode, trotz der entstandenen Aufwirbelung, auch die direkt an der Oberfläche der Akkumulationsfläche befindlichen Sedimente mit entnommen. Dies lässt sich damit begründen, dass im Rohr, neben den Sedimenten, auch das darüber befindliche Wasser vorhanden war. Die entstandenen Aufwirbelungen hatten somit lediglich einen Einfluss auf die umliegenden Bereiche, nicht aber auf die entnommene Probe selbst. Die größte Schwierigkeit bei der Entnahme war das Schließen des Rohres von der Unterseite. Große Steine oder auch Wurzelwerk machten es in bestimmten Fällen unmöglich eine Probe zu entnehmen. In einem speziellen Fall trat das Problem auf, dass beim Einstechen des Rohres in die Akkumulationsfläche ein Stein das Rohr abdichtete. Dadurch waren, trotz einer Mächtigkeit der Akkumulationsfläche von ca. 30 cm, keine Sedimente im Rohr vorhanden. Im pool-Abschnitt E war es zudem schwierig durch die Wassertiefe von ca. 40 cm und der Mächtigkeit der Akkumulationsfläche von ca. 30 cm, die Arbeiten des Ausgrabens sowie der Entnahme des Rohres durchzuführen. Dieser Umstand zeigt, dass die angewandte Methodik mit den vorhandenen Mitteln ausschließlich in sehr kleinen bzw. flachen Fließgewässern durchgeführt werden kann. An dieser Stelle wird zudem darauf hingewiesen, dass die Entnahme der Sedimentproben aus den pool-Abschnitten mit der durchgeführten Methode zwei Personen benötigt.

Aufgrund der Bauart des Kleinflügels C2, erwies sich dieser als sehr geeignet für die Messungen der Fließgeschwindigkeiten entlang des Kajabachs. In diesem Zusammenhang ist auch zu erwähnen, dass sich die Fließgeschwindigkeiten als Abgrenzungskriterium für die Pufferzonen eignen. Grund dafür ist, dass auf Basis der Fließgeschwindigkeiten Gewässerabschnitte, die direkt unter dem Einfluss des Sagteichs stehen (Pufferzonen) von nicht direkt unter dem Einfluss des Sagteich stehenden Gewässerabschnitten unterschieden werden konnte (siehe Kapitel 6.2).

Was die Schwebstoffe betrifft, so kann aufgrund der Lage der Entnahmestellen davon ausgegangen werden, dass diese nur geringfügig durch einen lateralen bzw. vertikalen Eintrag von Sedimenten beeinflusst sind. Die Probenentnahme der Schwebstoffe mit Hilfe der Eimer sowie die spätere Bestimmung der Schwebstoffkonzentrationen im Labor können im Kontext einer Methodenüberprüfung ebenfalls als geeignet angesehen werden. Aufgrund der Tatsache, dass in den dammabwärtigen Schwebstoffproben zu wenig Probenmaterial für eine Korngrößenanalyse zur Verfügung stand, können keine Aussagen darüber getroffen werden, welche Fraktionen der Schwebstoffe im Sagteich zurück gehalten werden.

Ursprünglich war angedacht gewesen, jene pool-Abschnitte, die im Herbst 2010 beprobt wurden, im Frühling 2011 erneut zu beproben. Das Ziel wäre gewesen, mögliche Unterschiede in der

Korngrößenzusammensetzung in denselben pool-Abschnitten zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten zu erfassen. Jedoch trat hierbei das Problem auf, dass die Eingriffe, die durch die Probenentnahme im Herbst 2010 stattgefunden haben, im Frühling 2011 noch immer vorhanden waren. Es haben somit vermutlich keine stärkeren Niederschlagsereignisse im Einzugsgebiet des Kajabachs zwischen den beiden Aufnahmezeitpunkten stattgefunden. Dies lässt sich auch in der Abbildung 26 (im Anhang) erkennen, in der die stündlichen Niederschlagssummen einer nahegelegenen Niederschlagsmessstation enthalten sind. Die Tatsache, dass die Eingriffe der Probenentnahmen vom Herbst 2010 im Frühling 2011 noch immer vorhanden waren, machte es unmöglich, dieselben pool-Abschnitte zu beproben. Deshalb wurde entschieden, stattdessen flussauf- bzw. flussabwärts angrenzende pool-Abschnitte zu beproben.

Im Folgenden Abschnitt erfolgt die Diskussion der Ergebnisse der Schwebstoffanalysen und der Korngrößenanalysen. Es wird an dieser Stelle noch einmal auf Abbildung 13 und Abbildung 12 verwiesen, in denen die Verortungen der untersuchten Standorte enthalten sind sowie auf Tabelle 1, in der die untersuchten Kompartimente hinsichtlich ihrer Sediment-Konnektivität angeführt sind.

Die Ergebnisse der Schwebstoffkonzentrationen haben gezeigt, dass mit einer TE von rund 70,4% ein Großteil der Schwebstoffe, die der Kajabach mit sich führt, im Sagteich zurückgehalten wird. Der Sagteich kann somit als Sediment-Diskonnektivitätsfaktor in longitudinaler Richtung für den Schwebstofftransport angesehen werden.

Im Gegensatz zu den Schwebstoffen, lässt sich anhand von Korngrößenklassen bzw. Korngrößenfraktionen ein Rückgang zwischen den dammauf- und dammabwärtigen pool-Abschnitten nicht so deutlich feststellen. Der stärkste Rückgang ist diesbezüglich bei der Grobschlufffraktion in Abbildung 21 zu erkennen. Während in den dammaufwärtigen pool-Abschnitten im Mittel ein Grobschluffanteil von 59,3% vorhanden ist, liegt der Anteil in den dammabwärtigen pool-Abschnitten bei durchschnittlich 41,8%. Verglichen mit dem Rückgang des Schwebstoffgehalts um 70,4%, ist dieser im Fall des eben gezeigten Beispiels mit 29,5% deutlich geringer.

Diesbezüglich spielt vermutlich der potentielle laterale Eintrag von Sedimenten eine entscheidende Rolle, wie ein Vergleich mit den Uferzonen zeigt. Dort zählt der Grobschluff zur anteilmäßig stärksten Schlufffraktion (siehe Abbildung 22). Durch den potentiellen Eintrag von Sedimenten aus diesen Uferzonen kommt somit ein großer Anteil an Grobschluff in den Kajabach. Im Fall einer Deposition der eingetragenen Sedimente in den pool-Abschnitten ist somit auch in diesen ein erhöhter Grobschluffanteil zu erwarten. Der Verlust an den Sedimenten im dammabwärtigen

Abschnitt des Kajabachs, hervorgerufen durch die Retention ebendieser im Sagteich, wird somit durch den potentiellen lateralen Eintrag an Sedimenten zu einem gewissen Anteil wieder ausgeglichen. Dies zeigt die Bedeutung des potentiellen lateralen Eintrags von Sedimenten, der dazu führt, dass die eigentlich vorhandene longitudinale Sediment-Diskonnektivität, hervorgerufen durch den Damm, überlagert wird. Gleichzeitig zeigt dieses Beispiel jedoch, dass trotz des potentiellen lateralen Eintrags von Sedimenten, der Anteil an Grobschluff in den dammabwärtigen pool-Abschnitten geringer ist als in den dammaufwärtigen. Dies wiederum deutet auf den Sagteich und dessen Eigenschaft als Sediment-Diskonnektivitätsfaktor hin.

Aufgrund des eben gezeigten Beispiels ist es nicht möglich, auf Basis der Korngrößenanalysen der Sedimente aus den pool-Abschnitten, festzustellen welche Korngrößenklassen bzw. Korngrößenfraktionen bevorzugt im Sagteich abgelagert werden. Im Gegensatz zu den Schwebstoffen ist es somit auf Basis der Sedimentproben aus den pool-Abschnitten nicht möglich das Ausmaß des Sagteichs als Sediment-Diskonnektivitätsfaktor auf den longitudinalen Transport von Feinsedimenten zu quantifizieren.

Betreffend der Sediment-Konnektivität in longitudinaler Richtung innerhalb einer riffle-pool-Sequenz ist anhand mehrerer Beispiele zu erkennen, dass es zwischen den einzelnen pool-Abschnitten einer riffle-pool-Sequenz zu einer Abnahme einer bestimmten Korngröße gekommen ist. So kam es beispielsweise innerhalb der dammabwärtigen pool-Abschnitte E-G zu einer Abnahme des Feinschluff- und Mittelschluffanteils (siehe Abbildung 21). Dammaufwärts kam es innerhalb der pool-Abschnitte A-C zu einer Abnahme des Feinsandanteils (siehe Abbildung 19). Eine Abnahme über vier pool-Abschnitte (F-I) innerhalb einer riffle-pool-Sequenz ist am Beispiel des Grobsands in Abbildung 19 zu sehen. Ein interessanter Punkt an diesem Beispiel ist, dass diese riffle-pool-Sequenz sowohl pool-Abschnitte beinhaltet, die im Herbst 2010 als auch im Frühling 2011 beprobt wurden.

Auf Basis der eben genannten Beispiele können die einzelnen riffle-pool-Abschnitte innerhalb mehrerer zusammenhängender riffle-pool-Sequenzen als temporäre Sediment-Diskonnektivitätsfaktoren charakterisiert werden. Ein Problem bei dieser Argumentation ist jedoch, dass auch hier der potentielle laterale Eintrag von Sedimenten die Ergebnisse beeinflusst. Als Beispiel ist hier die Abnahme des Grobsandgehalts innerhalb der pool-Abschnitte F-I in Abbildung 19 zu nennen. Während in innerhalb dieser pool-Abschnitte der Anteil des Mittelsandes relativ konstant ist, zeichnet sich der Feinsandanteil durch einen Anstieg aus. Ein Vergleich mit den Feinsandanteilen bzw. den Grobsandanteilen an den Uferzonen in Abbildung 28 zeigt, dass es an den Uferzonen, entlang der pool-Abschnitte F-I, der Feinsandanteil zugenommen respektive der Grobsandanteil abgenommen hat. Für den Fall der Abnahme des Grobsandanteils innerhalb der pool-Abschnitte F-I

kann somit vermutet werden, dass dieser lediglich aufgrund des ansteigenden Feinsandanteils zustande gekommen ist, der aufgrund des potentiellen lateralen Eintrags hervorgerufen wird.

Ein Vergleich der Korngrößenzusammensetzung der Sedimente aus den pool-Abschnitten der beiden Untersuchungszeiträume Herbst 2010 und Frühling 2011 zeigt, dass es im dammaufwärtigen Abschnitt nur zu geringfügigen Änderungen gekommen ist. Lediglich im Fall der aufgeschlüsselten Korngrößenklasse Sand in Abbildung 19 ist der Unterschied zwischen dem pool-Abschnitt C (Frühling 2011) und dem pool-Abschnitt D (Herbst 2010) deutlicher zu erkennen. Im dammabwärtigen Abschnitt hingegen unterscheidet sich der pool-Abschnitt G (Herbst 2010) vom pool-Abschnitt H (Frühling 2011) bei jeder Korngrößenklasse bzw. Korngrößenfraktion. Dafür gibt es mehrere mögliche Ursachen. Zum einen befinden sich die pool-Abschnitte, die im Frühling 2011 beprobt wurden, flussabwärts der im Herbst 2010 beprobten pool-Abschnitte. Die im Herbst 2010 stattgefundenen Aufwirbelungen durch die Probenentnahmen können sich somit auf die pool-Abschnitte, die Frühling 2011 beprobt wurden, ausgewirkt haben. Zum anderen befindet sich zwischen den pool-Abschnitten vom Herbst 2010 (E-G) und Frühling 2011 (H-J) eine Verklausung (siehe Abbildung 25 im Anhang). Diese Verklausung erstreckt sich über die gesamte Breite des Kajabachs und bewirkt einen Rückstau dieses Fließgewässers. In diesem Rückstaubereich findet vermutlich auch eine Deposition der im Kajabach transportierten Sedimente statt, wodurch die Korngrößenzusammensetzung der Sedimente in den pool-Abschnitten H-J (Frühling 2011) beeinflusst sind. Ebenso der zuvor bereits erwähnte potentielle laterale Eintrag von Sedimenten ist hier als Einflussfaktor zu nennen.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass es nicht zulässig ist eine allgemein gültige Aussage über die zeitliche Veränderung der Korngrößenzusammensetzung zu treffen. Grund dafür ist die Tatsache, dass sich die Korngrößenzusammensetzungen der Sedimente aus den pool-Abschnitten vom Herbst 2010 und Frühling 2011 dammauf- bzw. dammabwärts in unterschiedlichem Ausmaß voneinander unterscheiden.

Wie sich gezeigt hat, spielt der potentielle laterale Eintrag von Sedimenten eine bedeutsame Rolle. Insbesondere der Effekt des Sagteichs als Sediment-Diskonnektivitätsfaktor lässt sich anhand der Ergebnisse der diversen Korngrößenanalysen der Sedimente aus den pool-Abschnitten nur bedingt nachweisen. Aufgrund der gewonnenen Ergebnisse gilt grundsätzlich, dass die Schwebstoffe das geeignetste Mittel darstellen, um den Einfluss eines Dammes, als Sediment-Diskonnektivitätsfaktor aufzuzeigen. In Anlehnung an das Konzept der Konnektivität von HOOKE (2003), kann somit die Sediment-Konnektivität auf Basis von Feinsedimenten nur teilweise angewendet werden. Darüber hinaus ist es aufgrund des potentiellen lateralen Eintrags von Sedimenten aus den angrenzenden

Alluvien sowie den vermuteten alten Teichsedimenten, im Fall des Untersuchungsgebiets, nicht zulässig den Schluff als natürlichen Tracer anzusehen.

Ein wichtiger Punkt auf den es hinzuweisen gilt, betrifft die teilweise sehr großen Unterschiede der Minimal und Maximalanteile der diversen Korngrößenklassen bzw. Korngrößenfraktionen innerhalb eines pool-Abschnitts. Die, in den einzelnen Abbildungen enthaltenen Mittelwerte der Korngrößenklassen und Korngrößenfraktionen, repräsentieren somit nur bedingt die dort vorhandene Korngrößenzusammensetzung. Im Gegensatz zu den Maximal- und Minimalanteilen in den pool-Abschnitten sind die Unterschiede zwischen den Ufer- und Bodenproben an den Uferzonen geringer ausgeprägt.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Diplomarbeit setzt sich mit den Folgen des anthropogenen Eingriffs, in Form eines Staudammes, auf ein Fließgewässer auseinander. Die Ziele der Arbeit sind einerseits Erkenntnisse über die Auswirkungen eines Dammes auf die Korngrößenzusammensetzungen von Feinsedimenten (<2 mm) in pool-Abschnitten zu gewinnen sowie andererseits die TE eines Dammes zu bestimmen. Durch die Probenentnahme zu unterschiedlichen Zeitpunkten (Herbst 2010 und Frühling 2011) sollten zudem Erkenntnisse über die zeitliche Veränderung der Korngrößenzusammensetzung der Sedimente in den pool-Abschnitten gewonnen werden. Als konzeptionelle Basis dient der Diplomarbeit das Konzept der Konnektivität von HOOKE (2003), welches in der Arbeit aufgegriffen und anhand der gewonnenen Ergebnisse versucht wird anzuwenden. Diesbezüglich wird dabei die Sediment-Konnektivität in longitudinaler Richtung zwischen dammauf- und dammabwärtigen pool-Abschnitten sowie zwischen pool-Abschnitten innerhalb einer pool-Sequenz untersucht.

Die Untersuchungsstandorte befinden sich entlang des 10,7 km langen Kajabachs, dammauf- und dammabwärts des Sagteichs. Das Einzugsgebiet des Kajabachs erstreckt sich über eine Fläche von 21,3 km². Was die Lithologie betrifft, so dominiert im Unterlauf des Einzugsgebiets des Kajabachs das kristallin der Böhmisches Masse während im Oberlauf quartäre Lössauflagen vorhanden sind. Die Hochfläche des Ober- und Mittellaufs wird ackerbaulich genutzt während im Unterlauf Waldflächen dominieren (vgl. PÖPPL, 2010). Der mittlere jährliche Niederschlag im Einzugsgebiet des Kajabachs beträgt zwischen 400-500 mm (HAÖ, 2007).

Im Zuge dieser empirischen Arbeit wurden einerseits dammauf- und dammabwärts des Sagteichs Sedimentproben aus pool-Abschnitten sowie Schwebstoffproben entnommen. Zusätzlich wurden Uferzonen beprobt um Kenntnisse über die Korngrößenzusammensetzung von Sedimenten zu gewinnen die durch den potentiellen lateralen Eintrag in den Kajabach eingetragen werden. Für die Entnahme der Sedimentproben aus den Akkumulationsbereichen der pool-Abschnitte wurde ein handelsübliches PVC Rohr verwendet. Die Sedimentproben aus den angrenzenden Uferzonen wurden mit Hilfe einer Schaufel entnommen. Für die Entnahme der Schwebstoffproben wurden Eimer mit einem Fassungsvermögen von je 12 l herangezogen. Im Labor wurden die Proben einer Sieb- sowie einer Pipettanalyse unterzogen. Daneben wurde auch ein Sedigraph angewendet.

Auf der Basis von Fließgeschwindigkeitsmessungen wurde, angrenzend an den Sagteich, sowohl dammaufwärts, im Mündungsbereich des Kajabachs in den Sagteich, als auch dammabwärts, im Bereich des Überlaufs, eine Pufferzone ausgewiesen. Der Zweck dieser Pufferzone liegt darin, dass

keine Bereiche des Kajabachs beprobt wurden, die unter einem unmittelbaren Einfluss des Sagteichs stehen.

Auf Basis der Schwebstoffkonzentrationen konnte für den Sagteich eine TE von rund 70,4% nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis zeigt, dass der Sagteich einen Großteil der Schwebstoffe zurückhält und somit als Sediment-Diskonnektivitätsfaktor in longitudinaler Richtung angesehen werden kann. Der Umstand, dass die Schwebstoffproben direkt am Überlauf des Dammes des Sagteichs bzw. unmittelbar vor der Einmündung des Kajabachs in den Sagteich entnommen wurden, und somit der Einfluss von lateralen bzw. vertikalen Einträgen von Sedimenten auf ein Minimum reduziert ist, unterstreicht die Aussagekraft der gewonnenen Ergebnisse.

Auf Basis der Ergebnisse der Korngrößenanalysen der Sedimentproben aus den pool-Abschnitten kann der Sagteich als Sediment-Diskonnektivitätsfaktor nur bedingt als solcher ausgewiesen werden. So war zwar anhand einzelner Korngrößen ein genereller Rückgang zwischen den dammauf- und dammabwärtigen festzustellen, mit einem maximalen Rückgang des Grobschluffs von 29,5% ist dieser jedoch deutlich geringer als im Fall der Schwebstoffe. Dies zeigt die Bedeutung des potentiellen lateralen Eintrags von Sedimenten, der die longitudinale Sediment-Diskonnektivität, hervorgerufen durch den Sagteich überlagert.

Der potentielle laterale Eintrag von Sedimenten führt in weiterer Folge auch dazu, dass es nicht möglich war festzustellen welche Feinsedimente bevorzugt im Staubereich des Sagteichs zurückgehalten werden. Ebenso der Ansatz, die Korngrößenklasse Schluff als natürlichen Tracer zu verwenden, um die Eigenschaft des Sagteichs sowie einzelner pool-Abschnitte als Sediment-Diskonnektivitätsfaktoren auszuweisen, war aufgrund des potentiellen lateralen Eintrags von Sedimenten nicht möglich.

Anhand einzelner Beispiele konnte aufgezeigt werden, dass es innerhalb einer pool-Sequenz zu einer Abnahme bestimmter Korngrößenklassen bzw. Korngrößenfraktionen gekommen ist. Da jedoch auch hierbei der potentiell laterale Eintrag von Sedimenten die Ergebnisse beeinträchtigen kann, ist es, auf Basis der erzielten Ergebnisse nicht möglich, pool-Abschnitte als temporäre Sediment-Diskonnektivitätsfaktoren auszuweisen.

Was die zeitliche Veränderung in der Korngrößenzusammensetzung der Feinsedimente in den pool-Abschnitten betrifft, so wurde im Zuge der Arbeit festgestellt, dass die Unterschiede innerhalb der dammabwärtigen pool-Abschnitte größer sind als dammaufwärts. Hierbei spielt, neben dem potentiellen lateralen Eintrag von Sedimenten, womöglich auch eine Verklausung eine Rolle. Zusätzlich befinden sich im dammabwärtigen Untersuchungsabschnitt die pool-Abschnitte vom

Frühling 2011 flussabwärts der im Herbst 2010 beprobten pool-Abschnitte. Somit könnten die pool-Abschnitte vom Frühling 2011 durch die Beprobung der pool-Abschnitte vom Herbst 2010 beeinflusst sein.

Im Rahmen einer Diplomarbeit sind die zeitlichen sowie materiellen bzw. finanziellen Mittel naturgemäß beschränkt. In dem nun folgenden Ausblick werden weitere Forschungsansätze, die im Kontext zu dieser Diplomarbeit stehen, präsentiert. Bei entsprechenden vorhandenen Mitteln könnten dadurch weitere wertvolle und interessante Ergebnisse gewonnen werden.

Was die Probenentnahme der Sedimente aus den pool-Abschnitten betrifft, so würde sich hierbei eine Reihe an weiteren Methoden anbieten. Wie sich in dieser Diplomarbeit gezeigt hat, spielen die Dimensionen des Fließgewässers jedoch eine entscheidende Rolle bei der Wahl der Methode. Auf die Methode der Vereisung mit flüssigem Stickstoff bzw. flüssigem CO₂ von Sedimenten wurde bereits in Kapitel 5.1 hingewiesen. Das Absaugen von Sedimenten aus pool-Abschnitten wäre eine weitere Alternative. Durch ein flächendeckendes Absaugen der Sedimente könnte hierbei die Probenmenge erheblich vergrößert werden. Der Nachteil dieser Methode ist sicherlich der massive Eingriff in das ökologische System und der damit verbundene Verlust von potentiellen Lebensräumen. Ebenso im Zusammenhang der Bestimmung der Schwebstoffkonzentration wird an dieser Stelle auf eine Reihe an weiteren Methoden verwiesen (vgl. HABERSACK et al., 2008).

In Bezug auf das Konzept der Sediment-Konnektivität sowie die TE von Staudämmen wären folgende Punkte für mögliche Studien von Interesse:

- Was das Konzept der Sediment-Konnektivität grundsätzlich betrifft, so wäre eine Erweiterung in Richtung einer Klassifizierung der Sediment-Konnektivität ein möglicher Ansatz für weitere Forschungsarbeiten zu diesem Thema. Ein Beispiel hierfür wäre die Klassifizierung eines Staudammes, auf Basis der TE, in die Kategorien starker – mittlerer – geringer Sediment-Diskonnektivitätsfaktor.
- Zur Untersuchung der Sediment-Konnektivität wären Tracer-Versuche ein interessanter Ansatz. Dadurch könnte insbesondere das Signal des lateralen sowie auch des vertikalen Eintrags von Sedimenten bereinigt werden.
- Neben der Messung der Schwebstoffkonzentration bzw. der Analyse der Korngrößenzusammensetzung von Sedimenten aus pool-Abschnitten, würde sich die Erfassung der Geschiebefracht als eine weitere Methode anbieten um Untersuchungen zur Sediment-Konnektivität in einem Fließgewässer vorzunehmen.

- Für eine adäquate Erfassung von zeitlichen Veränderungen der Korngrößenzusammensetzungen der Sedimente in pool-Abschnitten wäre ein Monitoring über einen längeren Zeitraum notwendig. Die Ergebnisse eines solchen Monitorings könnten in einem weiteren Schritt für die Erweiterung des Konzepts der Sediment-Konnektivität in Richtung einer zeitlichen Sediment-Konnektivität herangezogen werden.
- Die TE betreffend wären folgende Fragestellungen von Interesse für weitere Forschungen:
 - Wie unterscheidet sich die TE eines Staudammes bei Starkniederschlagsereignissen unterschiedlicher Intensität?
 - Wie sieht die zeitliche Entwicklung der TE eines Staudammes während bzw. nach einem Starkniederschlagsereignis aus?
 - Wie unterscheidet sich die TE von mehreren Staudämmen entlang eines einzelnen Fließgewässers? (vgl. Einzugsgebiet des Kajabachs – Kapitel 4)?

9 Quellenangabe

- BAHRENBERG G., GIESE E., NIPPER J. (1999): Statistische Methoden in der Geographie – Bd. 1, Univariate und bivariate Statistik, Stuttgart und Leipzig, 234 S.
- BORRADAILE G.J. (2003): Statistics of Earth Science Data – Their Distribution in Time, Space and Orientation, Berlin et al., 351 S.
- BUNTE K., ABT S.R. (2001): Sampling Surface and Subsurface Particle-Size Distributions in Wadable Gravel- and Cobble-Bed Streams for Analysis in Sediment Transport, Hydraulics, and Streambed Monitoring, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 428 S.
- BRANDT S.A. (2000): Classification of geomorphological effects downstream of dams, In: Catena, 40, S. 375-401.
- CHARLTON R. (2008): Fundamentals of fluvial Geomorphology, Abingdon, 234 S.
- EBOD, Digitale Bodenkarte von Österreich, URL: http://gis.lebensministerium.at/eBOD/frames/index.php?PHPSESSID=ecc5e34be16b13a7f60f966cffbce638&146=true&gui_id=eBOD Zuletzt aufgerufen am: 30.08.2011
- FISCHER I., PAAR M. (1992): Landschaftserhebung Thayatal – Geplanter Nationalpark und Umland unter besonderer Berücksichtigung der Wiesen und Trockenrasen, Umweltbundesamt, Wien, 71 S.
- GILVEAR D., BRAVARD J.P. (1996): Geomorphology of temperate rivers, In: PETTS, G.E., C. AMOROS, 1996, Fluvial Hydrosystems, London et al., 322 S.
- GORDON E., MEENTEMEYER R.K. (2006): Effects of dam operation and land use on stream channel morphology and riparian vegetation. In: Geomorphology, 82, S. 412-429.
- GOUDIE A. (1994): Mensch und Umwelt – Eine Einführung, Heidelberg et al., 480 S.
- GRAF W.L. (2006): Downstream hydrologic and geomorphic effects of large dams on American rivers, In: Geomorphology, 79, S. 336-360.
- GREGORY K.J. (2006): The human role in changing river channels, In: Geomorphology, 79, S. 172-191.
- HABERSACK H., HAIMANN M., KERSCHBAUMSTEINER W., LALK P. (2008): Schwebstoffe im Fließgewässer. Leitfaden zur Erfassung des Schwebstofftransportes, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 111 S.

- HANRAHAN T.P. (2007): Bedform morphology of salmon spawning areas in a large gravel-bed river, In: *Geomorphology*, 86, S. 529-536.
- HAÖ (2007): digitaler Hydrologischer Atlas Österreichs, Version 3.0.0, CD-Rom.
- HENDRICKS S.P. (1993): Microbial Ecology of the Hyporheic Zone: A Perspective Integrating Hydrology and Biology, In: *Journal of the North American Benthological Society*, 12/1, S. 70-78.
- HILLIER S. (2001): Particulate composition and origin of suspended sediment in the R. Don, Aberdeenshire, UK, In: *The Science of the Total Environment*, 265, S. 281-293.
- HOOKE J. (2003): Coarse sediment connectivity in river channel systems: a conceptual framework and methodology, In: *Geomorphology*, 56, S. 79-94.
- KELLER E.A. (1971): Areal Sorting of Bed-Load Material: The Hypothesis of Velocity Reversal, In: *Geological Society of America Bulletin*, 82, S. 753-756.
- KELLER E.A., MELHORN W.N. (1978): Rhythmic spacing and origin of pools and riffles, In: *Geological Society of American Bulletin*, 89, S. 723-730.
- KERN K. (1994): Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung – Geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern, Heidelberg, 256 S.
- KLIMEK K., LATOCHA A. (2007): Response of small mid-mountain rivers to human impact with particular reference to the last 200 years; Eastern Sudetes, Central Europe, In: *Geomorphology*, 92, S. 147-165.
- KONDOLF G.M. (1997): Hungry Water: Effects of Dams on Gravel Mining on River Channels, In: *Environmental Management*, 21/4, S. 533-551.
- LANGBEIN W.B., LEOPOLD L.B. (1968): River Channel Bars and Dunes – Theory of Kinematic Waves, In: *Physiographic and hydraulic studies of rivers; Geological survey professional paper*, 422-L, S. 1-19.
- LISLE T.E. (1979): A sorting mechanism for a riffle-pool sequence, In: *Geological Society of American Bulletin*, 11, 90, S. 1142-1157.
- LISLE T.E., HILTON S. (1991): Fine sediment in pools: an index of how sediment is affecting a stream channel, In: *FHR currents, R-5 Fish Habitat Relationship Technical Bulletin*, 6, S. 1-7.
- LISLE T.E., HILTON S. (1992): The volume of fine sediment in pools: an index of sediment supply in gravel-bed streams, In: *Water Resources Bulletin*, 28/2, S. 371-383.

- MCNEIL W.J., AHNELL W.H. (1964): Success of Pink Salmon spawning relative to size of spawning bed materials, In: Unites States Fish and Wildlife Service – Special Scientific Report-Fisheries, 469, S. 1-15.
- MERMILLOD-BLONDIN F., CREUZE DES CHATELLIERS M., MARMONIER P., DOLE-OLIVIER M.J. (2000): Distribution of solutes, microbes and invertebrates in river sediments along a riffle-pool-riffle sequence, In: Freshwater Biology, 44, S. 255-269.
- MICROMERITICS, Micromeritics GmbH Geräte zur Bestimmung der Partikelgröße – Sedigraph 5100, URL: <http://www.micromeritics.de/5100.html>, Zuletzt aufgerufen am: 13.11.2011.
- MILAN D.J., HERITAGE G.L., LARGE A.R.G., CHARLTON M.E. (2001): Stage dependent variability in tractive force distribution through a riffle-pool sequence, In: Catena, 44, S. 85-109.
- OTT, o.J., Bedienungsanleitung – Ott Kleinflügel C2, Ott Messtechnik GmbH & Co. KG, Kempten. Dokumentnummer: 10.150.005.B.D 03-1004
- ÖNORM (2002): ÖNORM L 1061-2, Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodens, Teil 2: Feinboden, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 10 S.
- PÖPPL R.E. (2010): Die Fluvialmorphologie der Fugnitz und des Kajabachs – Eine Vergleichende Analyse ausgewählter Flussabschnitte unter besonderer Berücksichtigung anthropogener Effekte. Projekt Abschlussbericht im Auftrag der Nationalpark Thayatal GmbH, Wien, 95 S.
- Pöpl R.E., Keesstra S.D., Fuchs S., Seeger M., Bertsch R. (in press): Humans as (dis)connecting agents in fluvial systems: a conceptualization with case studies from small to meso-scale catchments, In: Geomorphology (in review).
- RAMOS C. (1996): Quantifications of stream channel morphological features: recommended procedures for use in watershed analysis and TFW ambient monitoring, In: Timber Fish & Wildlife, S. 1-219.
- RATHBURN S., WOHL E. (2003): Predicting fine sediment dynamics along a pool-riffle mountain channel, In: Geomorphology, 55, S. 111-124.
- RICHARDS K.S. (1976): Channel width and the riffle-pool sequence. In: Geological Society of America Bulletin, 87, S. 883-890.

- RICHARDS K.S. (1978): Channel Geometry in the Riffle-Pool Sequence, In: Geografisker Annaler. Series A, Physical Geography, Vol. 60, No. 1/2, S. 23-27.
- ROBERT A. (1997): Characteristics of velocity profiles along riffle-pool sequences and estimates of bed shear stress, In: Geomorphology, 19, S. 89-98.
- SCHEFFER F., SCHACHTSCHABEL P., BLUME H.P., BRÜMMER G., HARTGE K.H., SCHWERTMANN U. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde, 14. Aufl., Stuttgart, 494 S.
- SCHUMM S.A. (2005): River Variability and complexity, Cambridge et al., 220 S.
- SEAR D.A. (1996): Sediment transport processes in pool-riffle sequences, In: Earth surface processes and Landforms, 21, S. 241-262.
- THOMPSON D.M., HOFFMAN K.S. (2001): Equilibrium pool dimensions and sediment-sorting patterns in coarse-grained, New England channels, In: Geomorphology, 38, S. 301-316.
- VERSTRAETEN G., POESEN J. (2000): Estimating trap efficiency of small reservoirs and ponds: methods and implications for the assessment of sediment yield, In: Progress in Physical Geography, 24, 2, S. 219-251.
- VETTER T. (2008): Hochwasserbegleitende Sohldynamik eines großen Flachlandflusses (Vereinigte Mulde, Sachsen-Anhalt) unter besonderer Berücksichtigung von gestörten Transportverhältnissen, In: Greifswalder Geographische Arbeiten, 43, 462 S.
- WATSCHKE D.A., MCMAHON T.E. (2005): A Lightweight Modification of the McNeil Core Substrate Sampler, In: Journal of Freshwater Ecology, 20/4, S. 795-797.
- WESSELY G. (2006): Geologie der Österreichischen Bundesländer – Niederösterreich. 416 S., Wien.
- WOHL E. (2007): Channel-unit hydraulics on a pool-riffle channel, In: Physical Geography, 28/3, S. 233-248.
- ZAMG (2011): Klimadaten von Österreich 1971-2000. URL: http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm Zuletzt aufgerufen am: 30.08.2011
- ZEPP H. (2008): Geomorphologie, 4. Auflage, Paderborn, 385 S.

10 Anhang

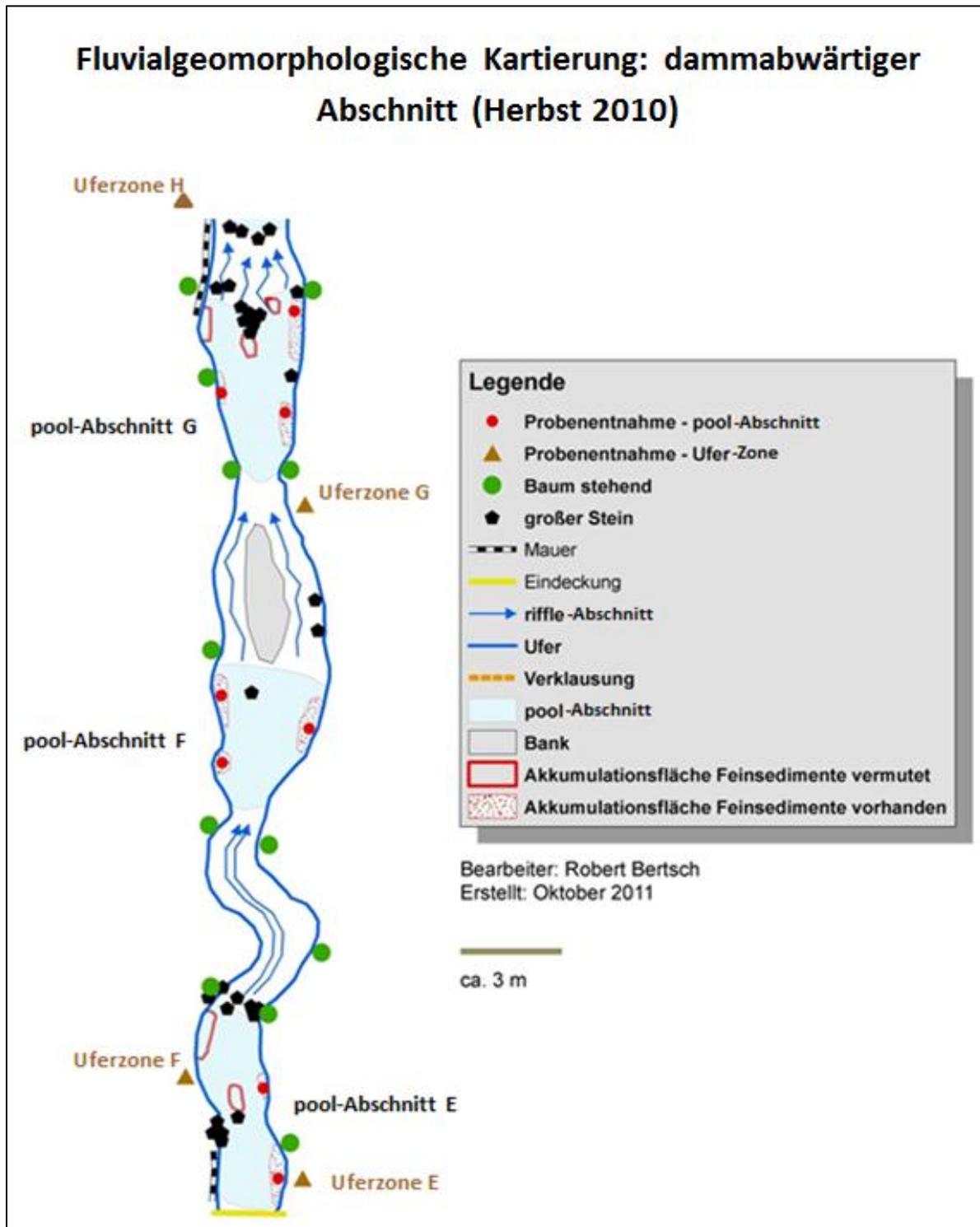


Abbildung 23: Fluvialgeomorphologische Kartierung des dammabwärtigen Abschnittes der im Herbst 2010 beprobten pool-Abschnitte.

Fluvialgeomorphologische Kartierung: dammaufwärtiger Abschnitt (Herbst 2010 & Frühling 2011)

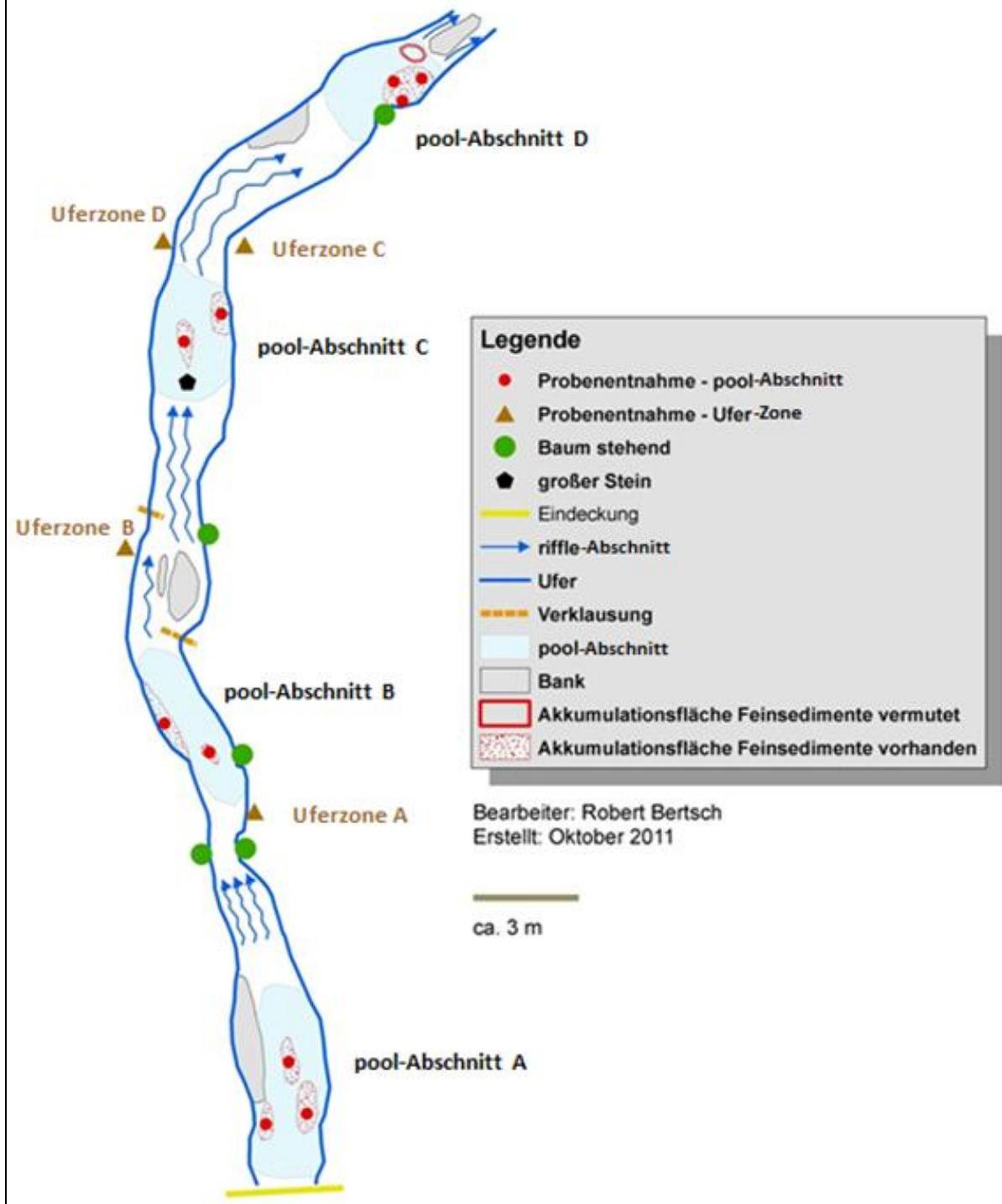


Abbildung 24: Fluvialgeomorphologische Kartierung des dammaufwärtigen Abschnittes der im Herbst 2010 und Frühling 2011 beprobten pool-Abschnitte.



Abbildung 25: Verklausung zwischen den pool-Abschnitten G und H.

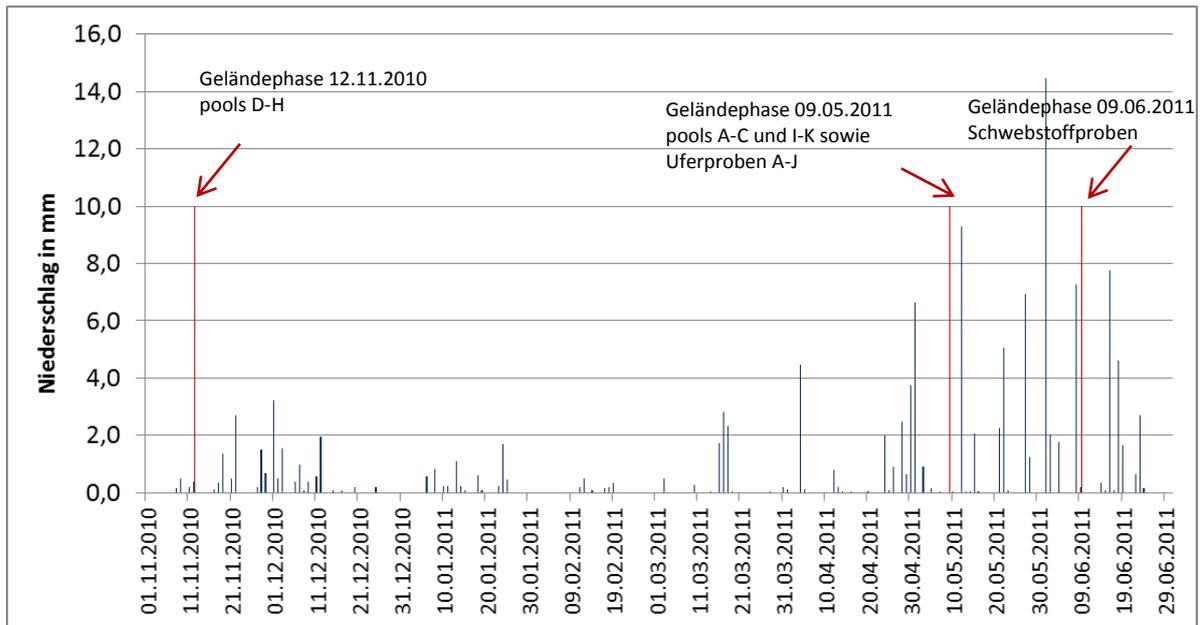


Abbildung 26: Stündliche Niederschlagssummen gemessen an der Station Riegersburg (ca. 9 km Entfernung zum Sagteich) für den Zeitraum 01.11.2010 – 30.06.2011. Die roten Linien markieren die einzelnen Zeitpunkte, zu denen Geländearbeiten durchgeführt wurden (eigene Darstellung; Datenquelle: Land Niederösterreich).



Abbildung 27: Organisches Material auf der Oberfläche des Bachbetts.

Lebenslauf - Robert Bertsch

Geb. 01.12.1984, in Bludenz

Wohnhaft in Wien

Ausbildung:

2006 – 2011 Studium der Geographie mit Schwerpunkt Geomorphologie, Universität Wien

2008 – 2010 Mitbelegung von Lehrveranstaltungen des Studiums der Erdwissenschaft,
Universität Wien

2005 – 2006 Studium der Meteorologie und Geophysik, Universität Wien

2004 – 2005 Leistung des Präsenzdienstes

2004 Reifeprüfung mit vertiefendem Schwerpunktfach Geographie und Wirtschaftskunde
am BORG Feldkirch, Vorarlberg

2000 – 2004 BORG, Feldkirch, Vorarlberg

1999 – 2000 HTL Maschinenbau und Automatisierungstechnik, Bregenz

1995 – 1999 Hauptschule Bludenz

Praktika und Projekte:

2011 Teilnahme am Projekt „Kinderuni“ der Universität Wien

2011 Teilnahme am Workshop „Advances in River Science“ an der Universität Swansea,
Wales

2011 Tutor der Übungen zur Klimageographie

2010 – 2011 Tutor der Übungen zur Lehrveranstaltung „Bodengeographie“

2010 Freytag und Berndt: Mitarbeit im Rahmen des Projekts „Schulatlas Online“

2009 Erlangung des „pm basic“ Zertifikats der Projekt Management Austria

2009 Praktikum bei der Firma BGG Consult, Wien

Tätigkeitsfeld: Grundwassernutzungserhebungen im Rahmen zweier
Infrastrukturprojekte

Computerkenntnisse:

Microsoft Excel 2010, Word 2010 und PowerPoint 2010, ArcGIS

Sprachen:

Englisch: fließend in Wort und Schrift

Französisch: Maturaniveau

Eidesstattliche Erklärung:

Hiermit versichere ich, dass die 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, 15.11.2011

Robert Bertsch