

Technische Universität Graz
Dekanat für Bauingenieurwissenschaften
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Untersuchung des Geschiebetransports in Wildbächen mittels Tracerverfahren

Masterarbeit
von
Teresa BARBAS

Vorgelegt zur Erlangung des
akademischen Grades eines Master
der Studienrichtung Bauingenieurwesen

Graz, im Jänner 2014

Betreuer der Masterarbeit:
Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Josef SCHNEIDER

.....

Mitbetreuender Assistent:
Dipl.-Ing. Matthias Redtenbacher

.....

Eid (Ehrenwörtliche Erklärung)

Ich erkläre an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Ich versichere, dass ich dieses Masterarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin oder einem Beurteiler) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Graz, im Jänner 2014

.....

Vorwort

Anlass für die Wahl des Themas meiner Masterarbeit war das Hochwasserereignis vom 7.7.2011 im Raum Oberwölz. Schwere Unwetter verursachten Muren und Überschwemmungen, die in den betroffenen Gemeinden Oberwölz Stadt, Oberwölz Umgebung, Winklern und Niederwölz zu verheerenden Schäden führten.

Hochwasserschutz ist ein zentrales Thema am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Graz.

Als Folge dieses Hochwasserereignisses wurde das Forschungsprojekt „ClimCatch“ ins Leben gerufen. Ziel dieses Projektes ist die Erstellung eines konzeptionellen Sedimenttransportmodells unter dem Aspekt des Klimawandels in diesem Einzugsgebiet. Mein Dank gilt dem Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft für die Möglichkeit, dass ich an diesem Forschungsprojekt mitwirken durfte.

In der hier vorliegenden Arbeit werden die ersten Forschungsergebnisse veröffentlicht.

Der Fokus meiner Masterarbeit liegt auf der Untersuchung des Sedimenttransports an zwei Wildbächen, dem Schöttl- und dem Krumeggerbach, im Wölzertal.

Mein besonderer Dank gilt Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Josef Schneider, sowie Dipl.-Ing. Matthias Redtenbacher, die mich nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch unterstützt haben. Danke für die gute Zusammenarbeit.

Des Weiteren möchte ich mich bei Herrn Andreas Bäuml für die Unterstützung mit der Software ArcMap, sowie bei meiner Taufpatin Frau Elfriede Toursougas für die Korrekturlesearbeit bedanken.

Der größte Dank gebührt jedoch meiner Familie, die mich während der gesamten Zeit meines Studiums bedingungslos unterstützt hat. Ohne euch wäre dieses Studium nicht möglich gewesen.

Kurzfassung

Schon immer stellten Wildbäche eine große Gefahr für Menschen, sowie deren Umgebung dar, da sich im Falle von Starkregenereignissen die Verhältnisse in einem Wildbachsystem sehr schnell ändern können. Der Abfluss kann innerhalb von wenigen Minuten stark ansteigen und enorme Feststoffmengen transportieren. Dies kann zu extremen Ablagerungen und zu Zerstörungen im Schwemmkegel führen. Wildbäche sind somit unberechenbar und alles andere als ungefährlich.

Um diese Gefahren einschätzen zu können, sowie Schutzmaßnahmen zu treffen, ist die Kenntnis des Abflusses, sowie des Feststofftransports unumgänglich. Die Messung der transportierten Geschiebemengen stellt Flussbauingenieure noch immer vor eine Herausforderung, da unzählige Einflussfaktoren und deren Zusammenwirken berücksichtigt werden müssen.

Diese Masterarbeit beschreibt theoretische Grundlagen zu Wildbachsystemen und dem Feststofftransport. Es wird ein Überblick über unterschiedliche Geschiebemessmethoden, sowie für den Einsatz in Wildbächen geeignete Abflussmesssysteme gegeben.

Der Fokus der vorliegenden Masterarbeit liegt auf Geschiebemessungen mittels Tracersteinen. Hierzu wurden in zwei Wildbächen in der Steiermark sowohl Farb- als auch Telemetrietracer im Gerinne ausgesetzt und in regelmäßigen Abständen, etwa ein Mal pro Monat, relokalisiert, um Informationen über das Transportverhalten der unterschiedlichen Steingrößen zu erhalten.

Abstract

Torrents have always implied great danger for mankind as well as their environment as the conditions of a torrential system can change rapidly in case of heavy precipitation. The discharge rate can strongly increase within minutes and carry huge amounts of sediment. This may lead to enormous depositions as well as the destruction of the alluvial fan of the torrent. Therefore, torrents are unpredictable and extremely dangerous.

In order to estimate these dangers and take certain precautions, good knowledge regarding the outflow as well as the sediment transport is absolutely necessary. However, precise measurement of the transported bed load still poses a great challenge for river engineers. They, for example, have to take into account numerous influential factors as well as their coactions.

The purpose of this master thesis is to describe basic theoretical principles of torrential systems and sediment transport. Moreover, an overview regarding different methods for measuring bed load as well as outflow systems for torrents will be given.

The main focus of this paper is on the measurement of transported bed load via tracer stones. Therefore, colored- as well as radio acoustic- tracers have been put into the water of two torrents in Styria. These tracers have subsequently been retraced in constant intervals in order to get information concerning the transport behaviour in respect to different stone dimensions.

Inhaltsverzeichnis

Eid (Ehrenwörtliche Erklärung).....	iii
Vorwort.....	iv
Kurzfassung	v
Abstract.....	vi
Inhaltsverzeichnis.....	vii
1. Einleitung	1
2. Theoretische Grundlagen.....	3
2.1 Wildbäche in Österreich.....	3
2.2 Wildbäche allgemein.....	3
2.3 Einteilung eines Wildbachsystems	4
2.4 Prozesse eines Wildbachsystems.....	6
2.4.1 Geschiebeaufbereitung / Verwitterung	7
2.4.2 Geschiebelieferung	8
2.4.3 Geschiebeverlagerung	8
2.4.4 Geschiebeablagerung	8
2.4.5 Geschiebeeinstoss.....	9
2.5 Arten der Feststoffe	9
2.6 Beginn des Feststofftransports	11
2.6.1 Kräfte an einem Korn	11
2.6.2 Bewegungsbeginn nach Shields (1936)	13
2.6.3 Bewegungsbeginn nach Hjulström (1935).....	14
2.6.4 Transportformeln zur Berechnung des Feststofftransports.....	16
3. Methodik	17
3.1 Geschiebemessung	17
3.1.1 Direkte Methoden.....	18
3.1.2 Indirekte Methoden	23
3.2 Tracersteine.....	34
3.2.1 Herstellung der Tracersteine	34

3.2.2	Problematik beim Einsatz von Tracersteinen.....	36
3.2.3	YAESU VR-500.....	37
3.3	Durchflussmessung	39
3.3.1	Gefäßmessung und Auffüllmessung.....	39
3.3.2	Verdünnungsmessung mit Tracersubstanzen	40
3.3.3	Messung von Querschnitt und Geschwindigkeit	41
3.3.4	Messung von Wasserständen bei definierten Fließbedingungen.....	45
4.	Projektgebiet.....	48
4.1	Hochwasser in Oberwölz	48
4.1.1	Schöttlbach	51
4.1.2	Hintereggerbach.....	54
4.1.3	Sonnleitenbach	57
4.1.4	Schäden.....	58
4.2	Untersuchungsgebiet	59
4.3	Projekt ClimCatch	62
4.3.1	Allgemeine Informationen.....	62
4.3.2	Projektziele	63
4.3.3	Installierte Messsysteme	64
4.3.4	Abflussmessstationen	66
4.4	Ganglinie des Wasserstandes über die Zeit.....	70
4.5	Pegelschlüssel.....	84
4.5.1	Pegelkurve Hintereggertor	84
4.5.2	Pegelkurve Schöttlkapelle	87
4.5.3	Pegelkurve Krumeggerbach.....	89
4.6	Ganglinie des Durchflusses über die Zeit.....	91
5.	Geschiebetransport im Einzugsgebiet	98
5.1	Tracersteine Schöttlbach	98
5.1.1	Schöttlbach am 17.06.2013.....	99
5.1.2	Schöttlbach am 25.06.2013.....	99
5.1.3	Schöttlbach am 11.07.2013.....	100
5.1.4	Schöttlbach am 12.08.2013.....	104
5.1.5	Schöttlbach am 05.09.2013.....	105
5.1.6	Schöttlbach am 28.09.2013.....	106
5.1.7	Schöttlbach am 17.10.2013.....	107

5.2	Transportbeginn am Schöttlbach	108
5.3	Tracersteine Krumeggerbach.....	109
5.3.1	Krumeggerbach am 17.06.2013	110
5.3.2	Krumeggerbach am 24.06.2013	110
5.3.3	Krumeggerbach am 11.07.2013	110
5.3.4	Krumeggerbach am 12.08.2013	111
5.3.5	Krumeggerbach am 05.09.2013	111
5.3.6	Krumeggerbach am 28.09.2013	111
5.3.7	Krumeggerbach am 17.10.2013	111
5.4	Transportbeginn am Krumeggerbach.....	112
5.5	Wiederfindwahrscheinlichkeit.....	116
5.5.1	Wiederfindwahrscheinlichkeit am Schöttlbach	116
5.5.2	Wiederfindwahrscheinlichkeit am Krumeggerbach	118
6.	Zusammenfassung und Ausblick	122
7.	Literaturverzeichnis.....	126
8.	Abbildungsverzeichnis	135
9.	Tabellenverzeichnis	138
10.	Anhang.....	139

1. Einleitung

„A rolling stone gathers no moss.“

(Bob Dylan – Like a rolling stone)

„Im Gebirgsland Österreich stellen alpine Naturgefahren in vielen Regionen ein Sicherheitsrisiko dar: Hochwasser, Muren, Lawinen, Hangbewegungen, Steinschlag bedrohen Menschen, ihren Lebens-, Siedlungs- und Wirtschaftsraum, Verkehrswege, Versorgungslinien und Infrastruktur. Sie stellen daher eine wesentliche Bedrohung für die Lebensgrundlage der Bevölkerung dar“ (Koboltschnig et al., 2012).

Jährlich werden vom Bund mehrere Millionen Euro zum Schutz vor Naturgefahren aufgebracht, von denen mehr als die Hälfte in den Schutz vor Wildbächen investiert wird.

„Um Gefahrenzonen einschätzen und bauliche Massnahmen [sic] dimensionieren zu können, sind genaue Kenntnisse des Geschiebetransportes nötig. Die Messung des Geschiebetransportes in einem steilen Wildbach ist seit je her mit grossen [sic] Problemen verbunden“ (Streit et al., 2000).

Der Transport von Feststoffen in Fließgewässern ist trotz zahlreicher Untersuchungen bis heute nicht exakt erforscht und gehört zu den schwierigsten Problembereichen des Wasserbaus. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Feststofftransport nicht nur von Vorgängen im Gerinne selbst abhängt, sondern ein komplexes System ist, auf das das gesamte Einzugsgebiet Einfluss ausübt. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Auswirkungen eines Hochwasserereignisses, hervorgerufen durch einen Wildbach in Wallis, in der Schweiz im Jahr 2000.



Abbildung 1: Geschiebeablagerung infolge eines Hochwassers in Wallis (Turowski, 2011)

Im Juli 2011 kam es in der obersteirischen Gemeinde Oberwölz zu einem schweren Hochwasserereignis, das große Schäden verursachte. Im Zuge dessen wurde das Projekt „ClimCatch“ ins Leben gerufen, dessen Ziel die Erstellung eines konzeptionellen Sedimenttransportmodells unter dem Aspekt des Klimawandels in diesem Einzugsgebiet ist.

Der Fokus dieser Masterarbeit liegt auf Untersuchungen des Geschiebetransports an zwei Wildbächen in Oberwölz, mit Hilfe von ausgesetzten Tracersteinen. Diese Methode findet aufgrund mangelnder Erfahrungswerte in Österreich noch relativ selten Anwendung, wobei das „ClimCatch“ Projekt nach Fertigstellung als Referenzprojekt zur Geschiebemessung mittels Tracerverfahren für den Einsatz in ähnlichen Einzugsgebieten dienen soll.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Wildbäche in Österreich

Seit 1884 ist in Österreich die Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV) für einen nachhaltigen Schutz der Bevölkerung und der Infrastruktur vor Naturgefahren, zu denen Wildbäche, Lawinen und Erosion zählen, zuständig.

Österreichs Gesamtfläche ist zu 75 % alpin, somit weist Österreich nach Liechtenstein den höchsten Gesamtanteil an alpiner Fläche aller mitteleuropäischen Staaten auf. 58 % werden als Intensivzonen zum Schutz vor alpinen Naturgefahren gesehen, 17 % der Landesfläche sind sogar direkt von Lawinen, Erosion sowie Wildbächen gefährdet. Bis 2010 konnten österreichweit 12.991 Wildbäche gezählt werden, die mehr als 35.000 Gebäude und etwa 1.500 km Verkehrswege bedrohen (BMLFUW, 2012).

Für den Schutz vor solchen Naturgefahren werden vom Bund jedes Jahr über 69,6 Millionen Euro aus dem Katastrophenfond zur Verfügung gestellt, von denen etwa 73,9 % allein in Bereichen für den Schutz vor Wildbächen investiert werden (BMLFUW, 2012).

Es kann keine absolute Sicherheit vor Naturgefahren geben. Die Risiken, die von der Natur ausgehen, können lediglich dem Stand des aktuellen Wissens entsprechend minimiert werden.

2.2 Wildbäche allgemein

„Wildbäche sind oberirdische Gewässer mit zumindest streckenweise großem Gefälle, rasch und stark wechselndem Abfluß [sic] und zeitweise hoher Feststoffführung“ (DIN 19663, 1985).

Die wichtigsten Merkmale von Wildbächen sind somit folgende:

- teilweise starkes Gefälle
- flächenmäßig kleines Einzugsgebiet
- Hochwasser entsteht durch Gewitter/Starkniederschlag
- Zubringer stellen häufig Geschiebeherde dar

Charakteristisch im Falle eines Starkregenereignisses:

- steigender Abfluss innerhalb weniger Minuten
- Seiten- und Tiefenerosion entlang des Gerinnes
- Transport großer Mengen an Feststoffen
- Transport von Wildholz
- häufig Murenabgänge
- Ablagerungen im Schwemmkegel

Aufgrund der sich sehr stark und schnell ändernden Verhältnisse der Wildbäche sind diese auch so unberechenbar und bergen große Gefahren.

2.3 Einteilung eines Wildbachsystems

Grundsätzlich lassen sich fließende Gewässer in drei Abschnitte unterteilen:

- Oberlauf
- Mittellauf
- Unterlauf

Im Oberlauf sammeln sich die Niederschläge des Einzugsgebiets und das Geschiebe wird mobilisiert. In diesem steilen Bereich kommt es aufgrund der hohen Fließgeschwindigkeiten vielfach zu Tiefenerosion entlang des Hauptgerinnes.

Der Mittellauf wird als Transportbereich des Geschiebes bezeichnet. Aufgrund der Abnahme des Gefälles kommt es zu einer Reduktion der Fließgeschwindigkeit. Im Mittellauf besteht ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Erosion und Sedimentation.

Der Unterlauf ist jener Bereich, in dem das transportierte Geschiebe abgelagert wird. Hier kommt es oftmals zu Überschwemmungen des meist besiedelten Gebietes.

Abbildung 2 gibt einen Überblick über die charakteristischen Merkmale der einzelnen Abschnitte eines Gerinnes.

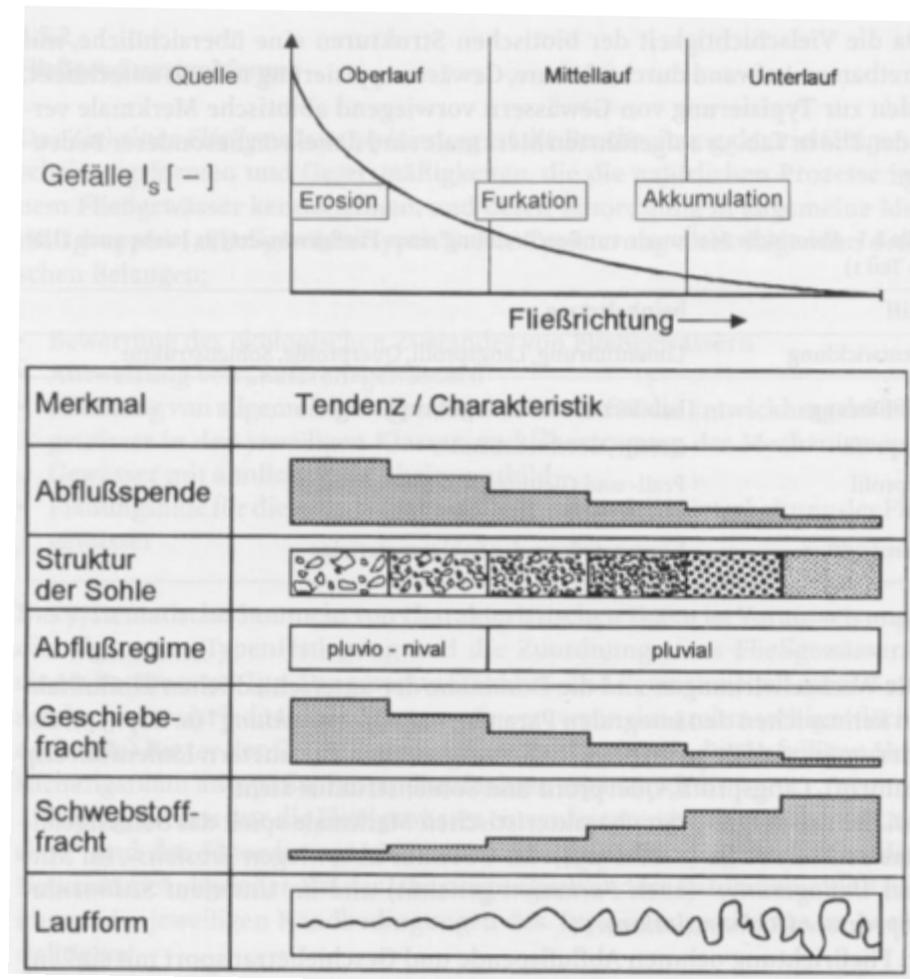


Abbildung 2: Charakteristische abiotische Merkmale entlang eines Längsschnittes (Patt et al., 1998)

2.4 Prozesse eines Wildbachsystems

Um die Gefahren, die von einem Wildbach ausgehen, beurteilen zu können, ist der Geschiebehaushalt von großer Bedeutung (Streit et al., 2000). Unter Geschiebehaushalt wird in dieser Masterarbeit die Gesamtheit der ablaufenden Prozesse eines Wildbachsystems verstanden.

Innerhalb eines Wildbachs werden grundsätzlich fünf Prozesse, die aus Abbildung 3 zu entnehmen sind, unterschieden: Geschiebeaufbereitung, Geschiebelieferung, Geschiebeverlagerung, Geschiebeablagerung,

Geschiebeeinstoss (Spreafico et al., 2005). Im Folgenden werden diese Begriffe näher erläutert.

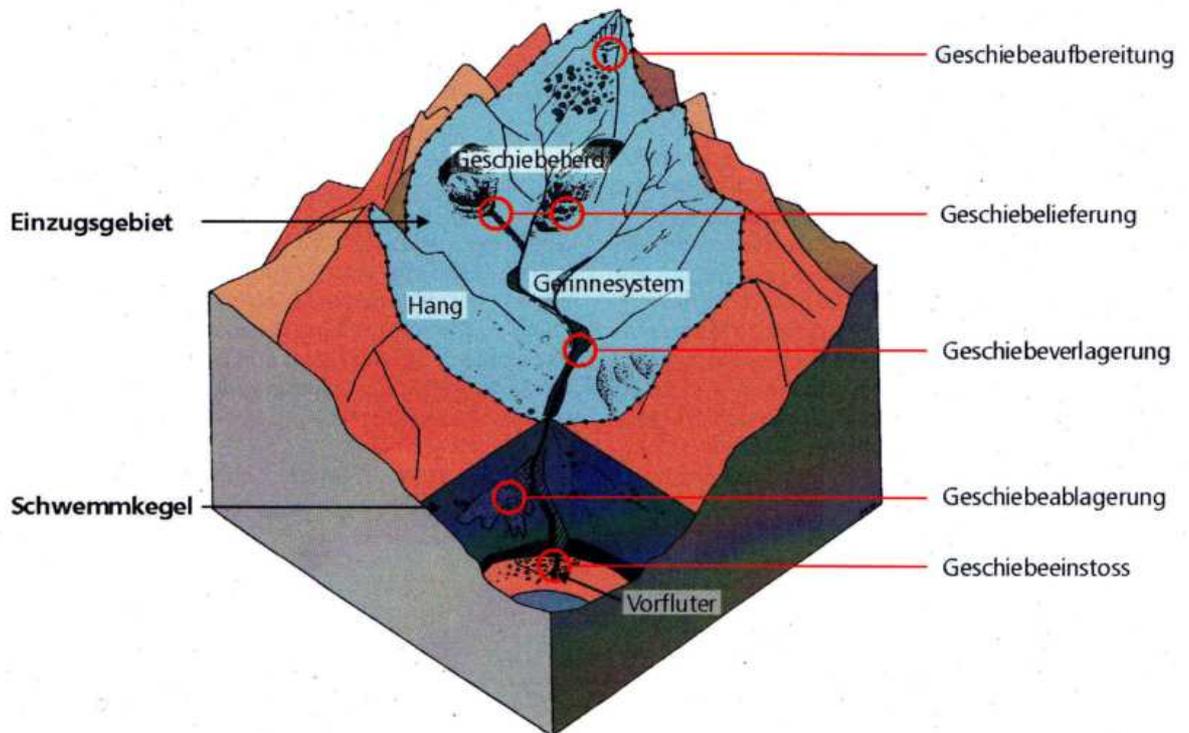


Abbildung 3: Übersicht Wildbachsystem (Spreafico et al., 2005)

2.4.1 Geschiebeaufbereitung / Verwitterung

Die Verwitterung ist die Grundlage, dass Feststofftransport stattfinden kann. Während dieses langwierigen Prozesses wird die Struktur der Gesteine und Materialien infolge von chemischen, mechanischen oder biologischen Einflüssen verändert. Somit entsteht Geschiebe.

Geologie, Höhenlage sowie Exposition des Einzugsgebietes beeinflussen diesen Prozess maßgebend (Gertsch, 2009).

2.4.2 *Geschiebelieferung*

Das entstandene Lockermaterial wird dem Gerinne durch Erosionsprozesse wie fluviale Erosion, Rutschungen, Hangmuren, Sturzprozesse oder Lawinen zugeführt. Übersteigen die Kräfte des Wassers die Widerstandskraft der Sohle und der Böschung, kommt es zur Mobilisierung einzelner Partikel aus ihrer bisherigen Umgebung. Abfluss, Menge und Art des Lockerangebots, sowie das Gefälle und die Geometrie des Gerinnes üben entscheidenden Einfluss auf die Mobilisierung des Geschiebes aus (Gertsch, 2009).

2.4.3 *Geschiebeverlagerung*

Mit steigendem Abfluss werden diese mobilisierten Feststoffe im Wildbach flussabwärts transportiert und auf den Schwemmkegel oder in den Vorfluter verlagert. Im Kapitel 2.5 wird näher auf die Einteilung der Feststoffe eingegangen.

Entlang des Gerinnes kann es immer wieder zu Ablagerungen und neuen Erosionen des mitgeführten Materials kommen (Spreafico et al., 2005).

2.4.4 *Geschiebeablagerung*

Das mitgeführte Geschiebe eines Wildbaches lagert sich aufgrund der Verringerung der Transportkapazität des Wassers auf dem Schwemmkegel ab. Dieser Prozess basiert auf der Reduktion der Abflusstiefe, welche durch die Verbreiterung des Gerinnequerschnitts oder abnehmende Fließgeschwindigkeiten in flacheren Abschnitten hervorgerufen wird (Hegg et al., 2001).

Durch teils extreme Geschiebeablagerungen können im Unterlauf der Wildbäche erhebliche Schäden entstehen.

2.4.5 Geschiebeeinstoss

Dieser Prozess bezeichnet die Ablagerung des Geschiebes im Vorfluter.

2.5 Arten der Feststoffe

Der Feststofftransport ist ein sehr komplexer Prozess, der von vielen Parametern bestimmt wird. *„Neben der Grösse [sic], Geologie und Neigung des Gerinnes beeinflussen auch die Einzugsgebietsform oder das Vorhandensein von Permafrost die Feststoffführung in Wildbächen massgeblich [sic]“* (Jäckle&Schick, 2011).

In Abbildung 4 ist beispielhaft eine mit Geschiebe bedeckte Ortschaft in der Schweiz zu sehen. Dieses Foto wurde nach einem folgeschweren Unwetter im Jahr 2000 aufgenommen.



Abbildung 4: Geschiebeablagerungen von mehreren Metern in der Ortschaft Baltschieder nach einem Unwetter im Jahr 2000 (PLANAT (Götz, A.), 2000)

Nach der ÖNORM B 2400 (2003) lassen sich Feststoffe in Geschiebe, Schwebstoffe und Schwimmstoffe unterteilen.

Unter Geschiebe versteht man feste Stoffe, die sich gleitend, rollend oder springend entlang der Gewässersohle bewegen. Hierbei handelt es sich häufig um Flussbettmaterial. *„Die Geschwindigkeit der Geschiebebewegung ist geringer als die der Strömung in Sohlnähe“* (Wiesemann, 2009).

Abhängig vom vorherrschenden Abfluss findet ein selektiver Geschiebetransport statt, der für die Ausbildung einer Deckschicht ausschlaggebend ist. Die Deckschicht besteht nur mehr aus Körnern ab einer gewissen Korngröße, da kleinere Kornfraktionen ausgespült werden. Die Kornverteilung der Unterschicht weist Körner aller Größen auf (Nachtnebel, 2008).

Schwebstoffe sind, verglichen mit dem Geschiebe, feinkörnigere Materialien, die sich aufgrund der auftretenden Turbulenzen der Strömung in Schwebelage halten. Schwebstoffe setzen sich mit steigendem Abfluss schneller in Bewegung als Geschiebe.

„Bei Bächen mit Gefällen über 30 % lässt sich die Feststoffführung meistens nur noch bei Nieder- und Mittelwasser in einen Geschiebe- und einen Schwebstoffanteil unterteilen. Bei grossen [sic] Abflüssen ist eine Trennung nicht mehr möglich. Man fasst deshalb die beiden Teile zusammen und benennt diese Gesamtheit mit Geschiebe“ (Spreafico et al., 2005). Eine allgemein gültige Abgrenzung zwischen Geschiebe und Schwebstoffen kann nicht vorgenommen werden, da sich der Korndurchmesser für die Grenze je nach örtlichem und momentanem Strömungsbild verschiebt (Spreafico et al., 2005).

Als Schwimmstoffe werden jene Feststoffe bezeichnet, die sich an der Oberfläche der Gewässer fortbewegen. Ihre Dichte entspricht jener des Wassers oder ist geringer. Größtenteils treten Schwimmstoffe in Form von Holz oder anderen organischen Stoffen auf – in der ÖNORM B 2400 (2003) zählt Eis allerdings nicht zu den Schwimmstoffen.

2.6 Beginn des Feststofftransports

„Obwohl Untersuchungen über den Feststofftransport bis ins 19. Jahrhundert zurückreichen, ist der komplizierte Mechanismus des Transportes von festen Stoffen – namentlich bei Hochwasser – weitgehend ungeklärt“ (Spreafico et al., 2005).

Für die Berechnung des Feststofftransports sind etliche Einflussfaktoren, wie zum Beispiel die Geschwindigkeitsverteilung, die Exposition zur Strömung, die Korndichte, der Korndurchmesser oder die Kornform des transportierten Materials zu berücksichtigen. Aufgrund der Vielzahl an wählbaren Parametern gibt es unzählige veröffentlichte Transportformeln, deren Ergebnisse allerdings sehr stark, teilweise um mehr als eine Größenordnung, streuen. Die publizierten Transportformeln beruhen teilweise auf empirischen Ansätzen und teils auf analytischen Betrachtungen (Wiesemann, 2009).

2.6.1 Kräfte an einem Korn

Bei gleichmäßiger Strömung wirken auf ein Korn das Eigengewicht G , der Auftrieb F_A und die Schubkraft F_S (siehe Abbildung 5). „Die Form der Körner (...) beeinflusst [sic] die Größe der Schub- und Auftriebskräfte, die an dem Korn wirken“ (Raudkivi, 1982).

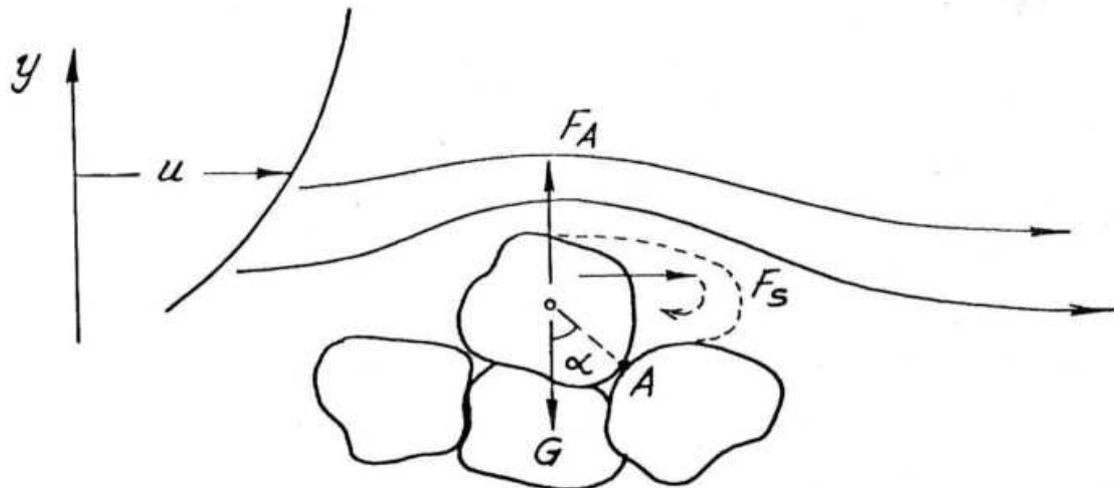


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Kräfte an einem Korn (Raudkivi, 1982)

Für die Entstehung von Schubspannungen in einem fließenden Gewässer können zwei Ursachen verantwortlich sein.

Einerseits haften Flüssigkeiten an Wänden, wodurch beim Kontakt des fließenden Wassers mit den Feststoffen, die sich an der Sohle befinden, an deren Grenzfläche Schubspannungen entstehen. Zum anderen kommt es im turbulenten Zustand zu Druckunterschieden, die auf die Unregelmäßigkeit der Sohle zurückzuführen sind und ebenfalls Schub bewirken (Wiesemann, 2009).

Wird eine gewisse Grenzscherubspannung überschritten, setzt schließlich der Feststofftransport bei rolligem Material ein. Der Übergang zwischen Ruhe und Bewegung ist fließend (DVWK, 1992).

Ein Korn, das verglichen mit den anderen Körnern in der ebenen Sohle hervorsticht, wird sich eher in Bewegung setzen als die in der Ebene eingebundenen Körner. Kleinere Körner werden bei ungleichförmigem Material der Sohle häufig von größeren abgeschirmt (siehe Hiding-Effekt in Abbildung 6), haben aber einen kleineren Erosionswiderstand. Auf größere Körner wirkt hingegen eine stärkere Strömung, sie halten dieser jedoch leichter stand (DVWK, 1992).

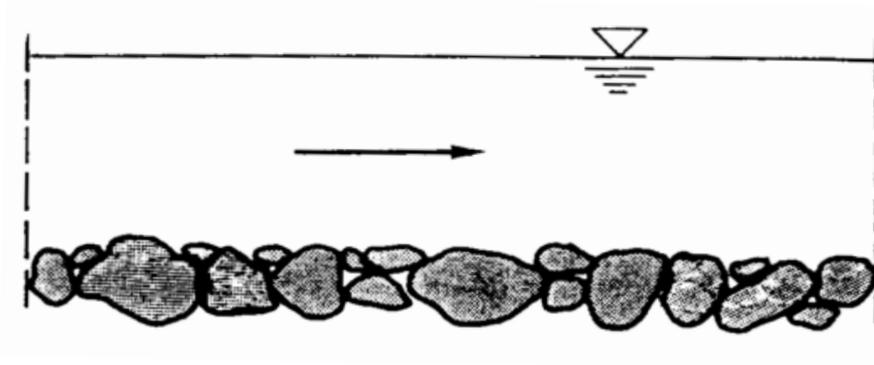


Abbildung 6: Hiding-Effekt nach Ribberink 1987 (DVWK, 1992)

2.6.2 Bewegungsbeginn nach Shields (1936)

Bis heute wird die kritische Sohlschubspannungsgeschwindigkeit für den Bewegungsbeginn rolligen Materials am häufigsten nach SHIELDS (1936) berechnet.

Abbildung 7 zeigt, dass Shields den Bewegungsbeginn auf die Beziehung zweier Parameter, der Feststoff-Froude-Zahl (Fr^*) und der Feststoff-Reynolds-Zahl (Re^*) zurückführt. Zusätzlich wird der Durchmesser (D^*) der Sedimente für die Berechnung berücksichtigt.

Das Diagramm nach Shields wurde von Zanke (1990) erweitert, indem der kritischen Schubspannung eine Wahrscheinlichkeit von 10 % zugeordnet wurde, dass sich ein an der Oberfläche befindliches Korn bewegt.

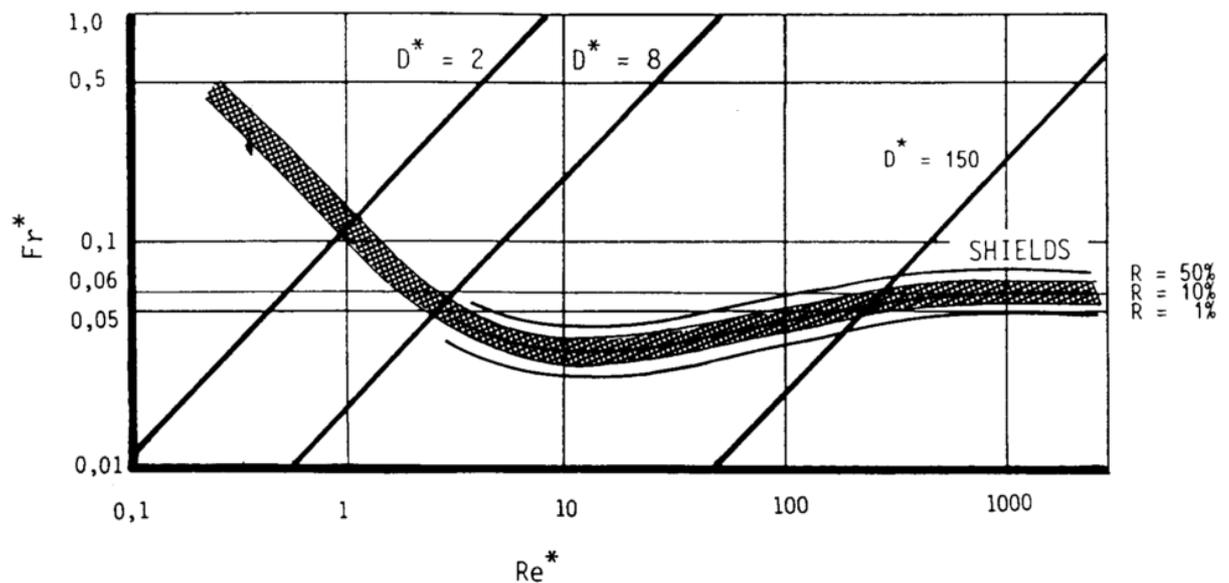


Abbildung 7: Bewegungsbeginn nach SHIELDS (1936) mit Angabe des Bewegungsrisikos (R) nach ZANKE (1990) (DVWK, 1992)

Im Gegensatz zu etlichen anderen Forschern hat Shields die Relation zwischen der Sohlschubspannung und dem Geschiebetransport auf einen Nullzustand extrapoliert, um den Beginn der Sedimentbewegung festzustellen (Raudkivi, 1982).

In der Berechnung nach Shields werden jedoch einerseits der Hiding-Effekt (Abbildung 6) und andererseits die bei feineren Körnern auftretenden Kohäsionskräfte noch nicht berücksichtigt (Habersack, 1997).

2.6.3 Bewegungsbeginn nach Hjulström (1935)

Ein rein empirischer Ansatz zur Bestimmung des Bewegungsbeginns wurde von HJULSTRÖM (1935) entwickelt. Diese Berechnung beruht auf der einfachen Beziehung zwischen der mittleren Fließgeschwindigkeit und einem charakteristischen Korndurchmesser (siehe Abbildung 8). Beide Werte lassen

sich relativ einfach bestimmen, aufgrund dessen dieses Diagramm bis heute häufig Anwendung findet.

Vereinfacht wird das Diagramm in zwei Bereiche, einen der Ruhe und einen der Bewegung, unterteilt.

Der lokale Anströmungszustand der einzelnen Partikel wird in dieser Betrachtung nur durch die mittlere Fließgeschwindigkeit angenähert, weshalb bereits bei der Auswertung der Messdaten Rücksicht zu nehmen ist, dass weder die kritische Oberflächengeschwindigkeit noch die kritische Sohlggeschwindigkeit zur Berechnung herangezogen werden. Das Diagramm nach Hjulström kann nur bei ebenen Gewässern bis zu einer Wassertiefe von etwa einem Meter verwendet werden (DVWK, 1992).

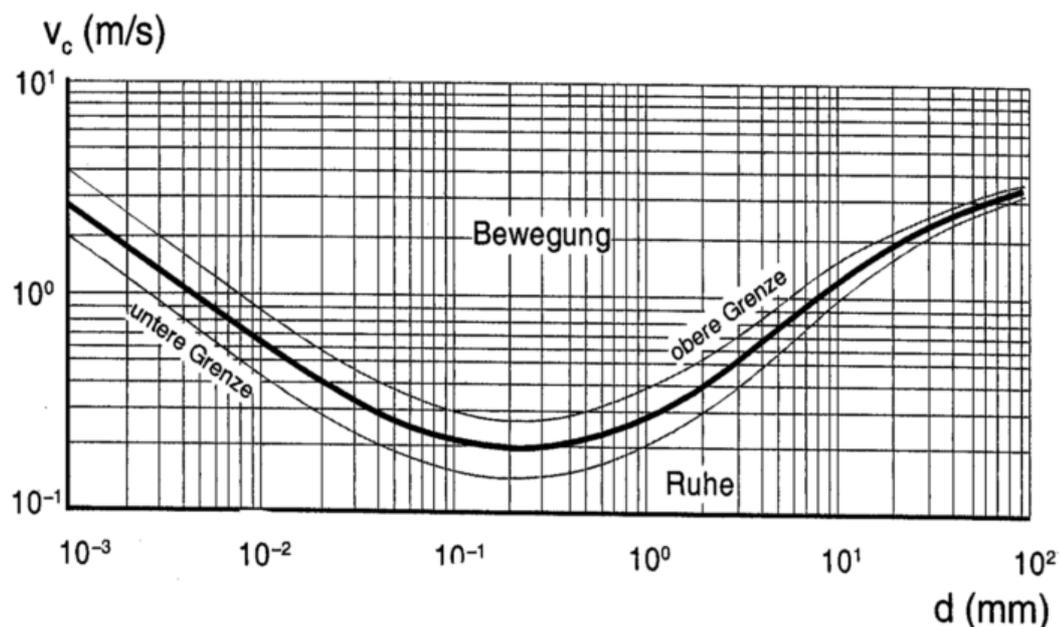


Abbildung 8: Bewegungsbeginn nach Hjulström (1935) (DVWK, 1992)

2.6.4 *Transportformeln zur Berechnung des Feststofftransports*

Die Formeln zur Berechnung des Feststofftransports mit ihren bekanntesten Vertretern können grundsätzlich wie folgt eingeteilt werden (Knoblauch&Schneider, 2009):

- Stochastische Modelle und Regressionsmodelle:

Einstein, Pernecker und Vollmers, Toffaletti, Karim und Kennedy

- Energiemodelle:

Engelund und Hansen, Yang

- Schubspannungsmodelle:

Zanke, Van Rijn

Es gibt eine Vielzahl an Formeln zur Berechnung des Feststofftransports, auf die allerdings in dieser Masterarbeit nicht näher eingegangen wird.

3. Methodik

3.1 Geschiebemessung

„Verlässliche Messungen von transportierten Feststoffmengen anlässlich von Wildbachereignissen gibt es bisher nur wenige, unter anderem weil während Hochwasser und Murgängen messtechnisch äusserst [sic] schwierige Bedingungen herrschen“ (Mikoš&Gutknecht, 2004).

Messsysteme zur Erfassung des Geschiebetransports müssen, besonders bei der komplexen Anwendung in Wildbächen, vielen Anforderungen gerecht werden.

Es gibt eine Vielzahl an Messmethoden, wobei keine allen Anforderungen entsprechen kann. Jede Methode bringt Vor-, sowie Nachteile mit sich. Die Wahl einer geeigneten Methode zur Bestimmung des Geschiebetransports hängt von mehreren Einflussfaktoren, wie beispielsweise der Flussmorphologie, den gewünschten Ergebnissen, dem vorhandenen Budget oder der Dauer der Messungen ab. Häufig ist eine Kombination verschiedener Messsysteme sinnvoll.

Messsysteme können wie folgt eingeteilt werden:

- Direkte Methoden:
 - Bewegliche Geschiebefänger
 - Stationäre Geschiebefänger
- Indirekte Methoden:
 - Akustische Messungen
 - Tracermethode

- Sonstige Methoden:
 - Sedimentbilanzierung im Geschiebesammler
 - Erfassung von Übermürungen und Erosionsgebieten

Nachfolgend werden die aufgezählten Messsysteme kurz näher erläutert. Bei jeder Methode ist es wichtig, den natürlichen Geschiebebetrieb möglichst wenig zu beeinflussen, um die Messergebnisse nicht zu verfälschen.

3.1.1 *Direkte Methoden*

3.1.1.1 Bewegliche Geschiebefänger

Unter beweglichen Geschiebefängern versteht man Fangbehälter wie Kästen oder Körbe, die an die Sohle eines Fließgewässers abgesenkt werden, um dort das Geschiebe über ein bestimmtes Zeitintervall aufzufangen. Abbildung 9 zeigt einen Geschiebefänger am Krumeeggerbach in der Gemeinde Oberwölz.

Als Messergebnis erhält man die Korngrößenverteilung, sowie die Transportrate (Turowski, 2011).



Abbildung 9: Beweglicher Geschiebefänger am Krumeggerbach in Oberwölz

Der Einsatz von Geschiebefängern ist die weltweit am meisten verbreitete Methode zur Untersuchung des Geschiebetransports an fließenden Gewässern (Habersack et al., 2010).

Um bewegliche Geschiebefänger dem jeweiligen Einsatzort entsprechend richtig zu dimensionieren, ist die Kenntnis des transportierten Größtkorns, sowie dessen Sprunghöhe und Sprungweite Voraussetzung. Der Geschiebefänger sollte im Öffnungsbereich weder Stau noch Sog erzeugen, damit der Einfluss auf das Flussregime möglichst gering ist. Zusätzlich ist auf ein sattes Aufliegen des Fangkorbes auf dem Gerinnebett zu achten, sodass keine Partikel unterhalb des Korbes transportiert werden können und der Fangkorb nicht verrutscht (DVWK, 1992).

Erste Messungen wurden 1908 von Schaffernak mittels Fangbeutel durchgeführt, Ehrenberger (1931), Mühlhofer (1933) und Nesper (1937) entwickelten bereits in den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts nach ihnen benannte Geschiebefänger aus rechteckigen Stahlrahmen mit eingeschobenen Drahtgeflechtkörben, die den heute verwendeten ähneln. Neuere

Geschiebefänger, wie beispielsweise der Helley-Smith-Fänger (siehe Abbildung 10), dem bis heute große Bedeutung bei der Geschiebemessung zukommt, weisen eine trichterförmige Aufweitung des Auffangbehälters auf, um eine Sogwirkung zu erzeugen, welche den Widerstand des Auffangbehälters ausgleicht. Die Eintrittsgeschwindigkeit entspricht dann in etwa der Geschwindigkeit der Strömung (Habersack, 1997).

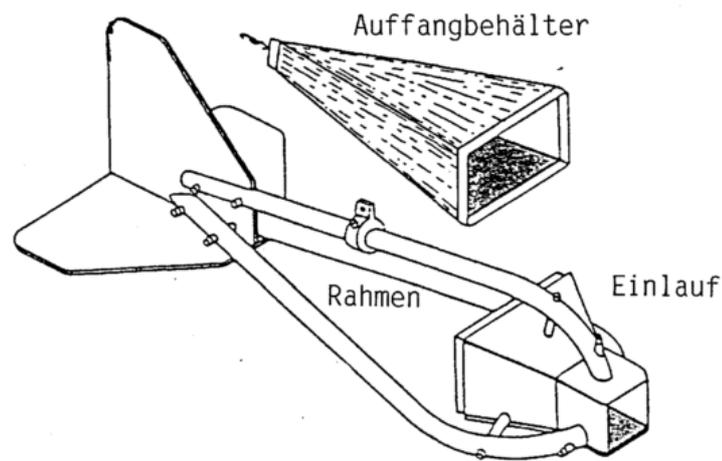


Abbildung 10: Helley-Smith-Fänger (DVWK, 1992)

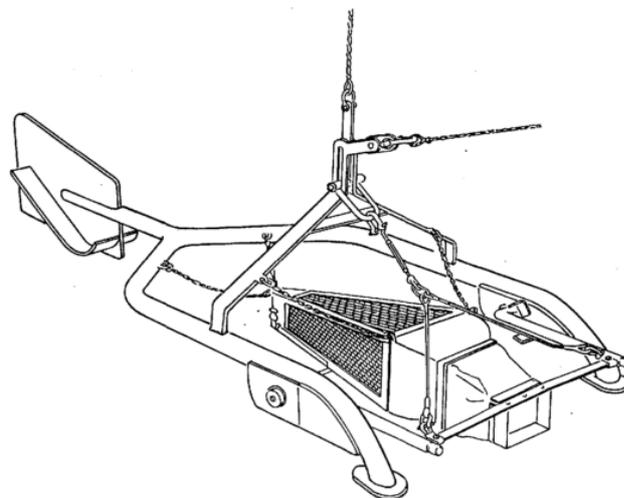


Abbildung 11: Geschiebefänger der Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz (DVWK, 1992)

Sowohl der Helley-Smith-Fänger (Abbildung 10), als auch der Geschiebefänger der Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz (Abbildung 11) sind vor allem zum Einsatz in sandigen und kiesigen Gewässern geeignet. Konstruktiv gesehen basieren beide dieser Geschiebefängertypen auf dem holländischen Gerät Bed Load Transport Meter Arnhem, das in Abbildung 12 dargestellt ist (DVWK, 1992).

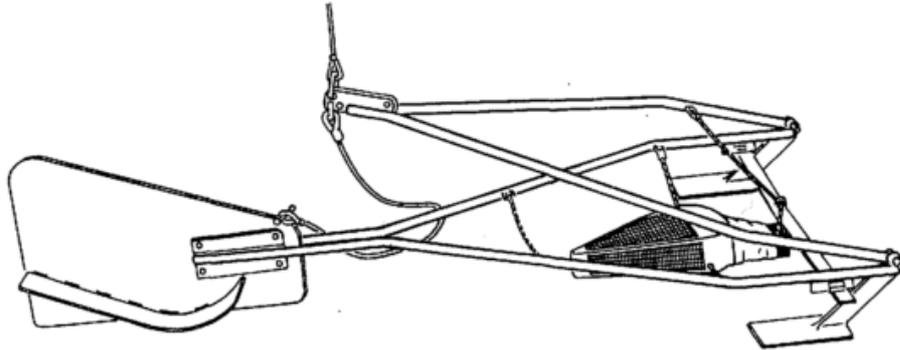


Abbildung 12: Bed Load Transport Meter Arnhem (DVWK, 1992)

Die Vorteile dieser Methode liegen vor allem in der hohen Mobilität der Geschiebefänger. Ein weiterer positiver Effekt ist, dass kein Eingriff in das Fließgewässer notwendig ist. Nachteilig erweisen sich allerdings die statistisch geringe Stichprobenanzahl, sowie das unberechenbare Sammelverhalten. Die Geschiebemessung mittels Fangkörben stellt eine zeitaufwendige, personalintensive und teure Methode dar, die nicht während Spitzenabflüssen eingesetzt werden kann (DVWK, 1992; Turowski, 2011).

3.1.1.2 Stationäre Geschiebefänger

Unter stationären Geschiebefängern versteht man fix an der Gerinnesohle eingebaute Vorrichtungen, sogenannte Fallen (traps) oder Schlitze (slots), in denen das Geschiebe über einen längeren Zeitraum gesammelt wird. Nach

einer bestimmten Zeit müssen die Geschiebefänger entleert werden (Habersack, 1997).

Die Oberkante der Geschiebefänger muss schlüssig mit der Sohle verbunden sein, damit ungehinderter Abfluss über den Geschiebefänger stattfinden kann. Schlitzreihen werden meist über die gesamte Breite eines Flusslaufs eingebaut, was jedoch nur bei kleineren Fließgewässern durchführbar ist. Um das gesamte Geschiebe zu sammeln, ist bei der Dimensionierung der Geschiebefänger die Kenntnis der Sprungweite der einzelnen Körner unabdingbar.

Zur Zeit gängige kompliziertere Gerätetypen basieren auf einfachen Geschiebefangeinrichtungen wie beispielsweise jener von Pörtge (1979) (siehe Abbildung 13).

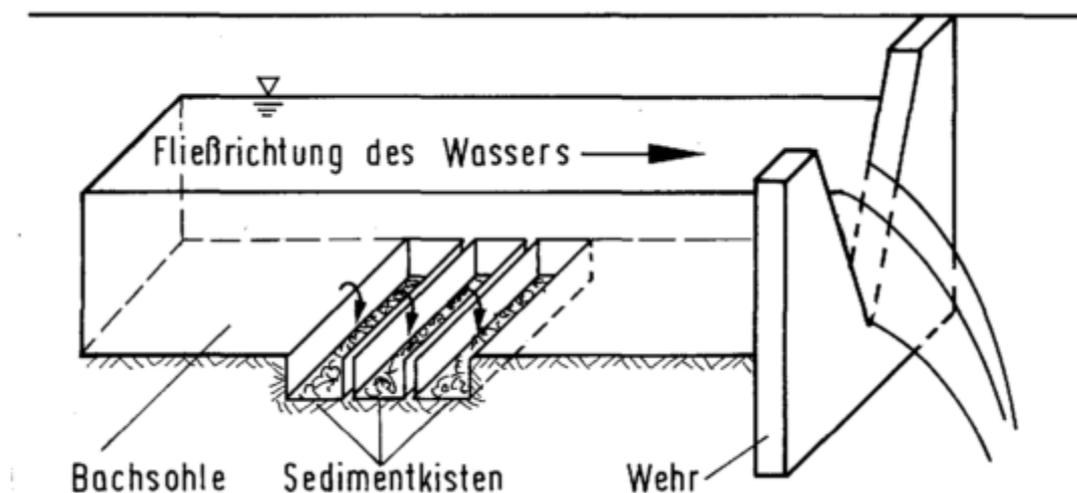


Abbildung 13: Geschiebefangeinrichtung von Pörtge, 1979 (DVWK, 1992)

Der Einsatz stationärer Geschiebefangeinrichtungen bringt einige Vorteile mit sich. Die Geschiebefänger sind einfach zu handhaben, wartungsfrei und es besteht ein geringer Bedarf an Personal. Die Erfassung des Geschiebes ist über einen längeren Zeitraum möglich. Einrichtungen, die nicht über die gesamte Breite reichen, sind zusätzlich kostengünstig zu installieren und bei

Bedarf relativ einfach zu versetzen. Die Nachteile liegen allerdings im Eingriff in das natürliche Flussregime, sowie bei größeren Gewässern in den großen Mengen an transportiertem Geschiebe (DVWK, 1992; Habersack, 1997).

3.1.2 Indirekte Methoden

Indirekte Methoden zur Messung des Geschiebetransports beeinflussen den natürlichen Geschiebetransport deutlich weniger als direkte Methoden.

Bei diesen Methoden wird die Auswirkung des Transports, nicht der Transport selbst gemessen (Turowski, 2011). Weltweit gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher indirekter Systeme.

Nach Turowski (2011) werden indirekte Methoden wie folgt eingeteilt:

- Geräusche (akustische Messungen)
- Aufschläge
- Störungen in einem Feld (magnetisch)
- Schall (Sonar)

3.1.2.1 Akustische Messungen

Akustische Messsysteme basieren auf der Methode von Türk (1938) und wurden im Laufe der Zeit kontinuierlich modifiziert. Ursprünglich wurden mit Hilfe von Unterwasser-Mikrofonen, sogenannten Hydrophonen, die beim Zusammenstoß einzelner Geschiebekörner auftretenden Geräusche während des Geschiebetransports, beziehungsweise die Geräusche, die durch den Aufschlag auf einen installierten Metallkörper entstanden waren, aufgezeichnet (DVWK, 1992).

In Abbildung 14 ist eine Messanlage mit akustischer Messeinrichtung schematisch dargestellt.

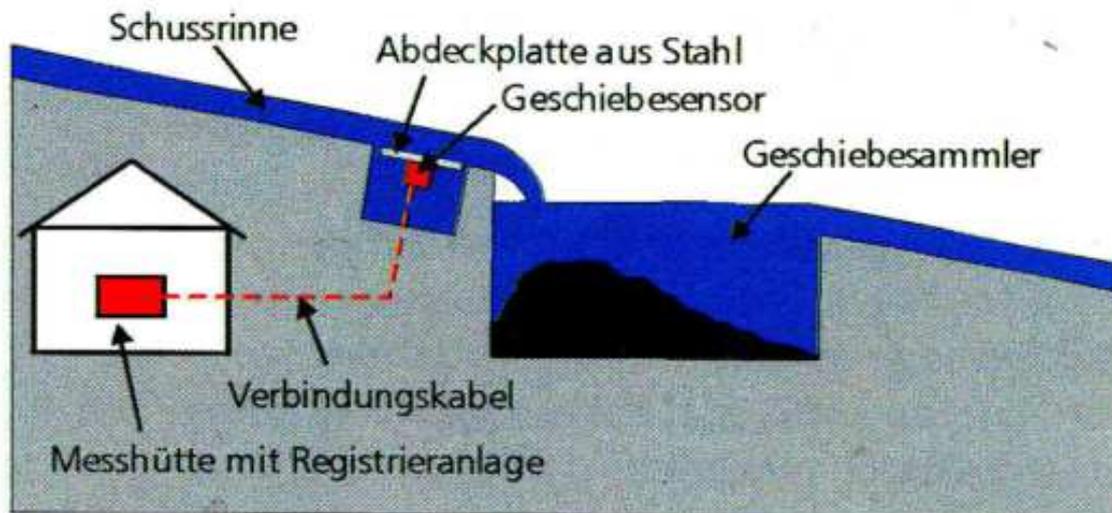


Abbildung 14: Schematische Darstellung einer akustischen Messanlage (Spreafico et al., 2005)

Bis zum Jahr 1999 wurden zur Messung piezoelektrische Kristalle eingesetzt, die dann durch industriell gefertigte und somit standardisierte Geophone ersetzt wurden. Sowohl der piezoelektrische Kristall als auch Geophone werden an der Unterseite der Stahlplatten befestigt und daraufhin im Gerinne, an einem unveränderlichen Querschnitt, eingebaut (siehe Abbildung 15). Durch das Aufprallen der Partikel auf die Stahlabdeckung entstehen Schwingungen, wodurch der Kristall eine Spannung produziert, die verstärkt und automatisch aufgezeichnet wird. Sobald die Spannung einen vordefinierten Grenzwert überschreitet, wird ein Impuls aufgezeichnet. Die Anzahl der Impulse pro Zeiteinheit gibt Auskunft über die Intensität des erfolgten Geschiebetransports (Spreafico et al., 2005; Turowski et al., 2008).

Mit Hilfe der Geophonsensoren lassen sich der Beginn, sowie das Ende der Geschiebebewegung einfach bestimmen.



Abbildung 15: Unter einer Stahlplatte montierter Geophonsensor (Turowski, 2011)

Geophonanlagen sind kostengünstige, zuverlässige und wartungsarme Einrichtungen zur Messung des Geschiebetransports, die auch während eines Hochwasserereignisses einsatzfähig sind. Die Messungen erfolgen automatisch und kontinuierlich, sowie mit einer hohen zeitlichen Auflösung (Turowski et al., 2008).

Ein großer Nachteil dieser Methode ist allerdings die Notwendigkeit einer unabhängigen Eichmessung. Diese wird im Normalfall durch die Vermessung von Geschiebesammlern oder mit Hilfe von Fangkörben durchgeführt (Turowski et al., 2008).

Nachfolgend ist ein Überblick über die Anforderungen an akustische Messsysteme:

- leichte Zugänglichkeit der Messstation für Wartung und zusätzliche Messungen

- fester Querschnitt, möglichst ohne Geschiebeablagerungen zum Einbau der Sensoren
- Möglichkeit zur Messung des Abflusses
- Vorhandensein einer Eichmöglichkeit mit direkten Messmethoden
- vorhandene Stromversorgung zur Datenaufzeichnung

3.1.2.2 Schallmessgeräte (Sonars)

Ultraschall Doppler Geräte, im Englischen Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP), sind häufig verwendete Geräte zur Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit in fließenden Gewässern (siehe Kapitel 3.3.3.3). Sie bestehen aus vier Keramikplatten, die sowohl als Sender, als auch Empfänger von Ultraschallimpulsen dienen und während der Messungen üblicherweise an einem Boot fixiert werden (siehe Abbildung 16). Die im Wasser vorhandenen Partikel reflektieren die vom ADCP ausgesendeten Ultraschallsignale, die dann wieder aufgezeichnet und verarbeitet werden. Die Schallimpulse sind in einem Bereich zwischen 500 kHz und 10 MHz. Man geht davon aus, dass sich die Partikel mit der gleichen Geschwindigkeit bewegen wie das Wasser (Fiedler, undatiert; GeoDataZone, 2010).

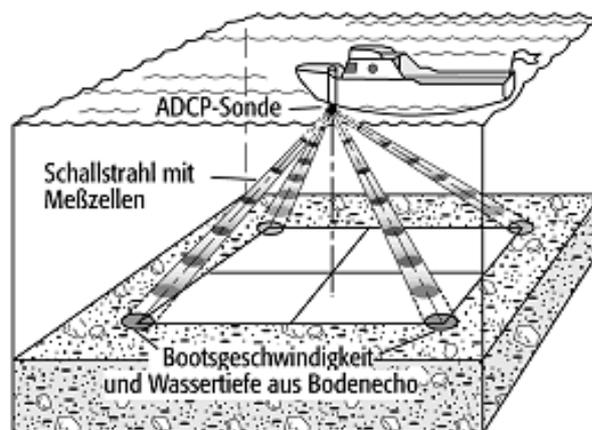


Abbildung 16: Schematische Darstellung des ADCP Messverfahrens (GeoDataZone, 2010)

Um die Geschwindigkeit des ADCP zu berechnen, muss sich die Sohle des Gewässers in Ruhe befinden. Ist allerdings Geschiebebetrieb vorherrschend, kommt es zu einer Verfälschung der Messergebnisse, da die Bewegung des Geschiebes als Eigenbewegung interpretiert wird. Neuere Untersuchungen haben ergeben, dass es somit möglich ist, mit dem ADCP auf den Geschiebebetrieb in fließenden Gewässern rückzuschließen, wenn sich das Schallmessgerät in Ruhe befindet (Fiedler, undatiert).

3.1.2.3 Tracermethode

In der DVWK (1992) wird die Tracermethode ebenfalls als indirekte Methode zur Messung des transportierten Geschiebes angesehen.

Bei dieser Methode werden dem Flussbett einzelne Steine unterschiedlicher Korngrößen entnommen und entsprechend markiert. Sollten keine passenden Steine im natürlichen Gerinne gefunden werden, können diese auch künstlich hergestellt werden. Die markierten Steine werden bei Niedrigwasser im Gerinne gegen das vorhandene Sohlmaterial ausgetauscht, um sie nach größeren Abflüssen, beziehungsweise in regelmäßigen Abständen wieder zu lokalisieren. So kann auf das Transportverhalten, sowie die Transportwahrscheinlichkeit je nach Abflussmenge geschlossen werden. Die Tracermethode kann je nach Markierungsart der Steine in passive und aktive Tracer unterteilt werden.

- Passive Tracer
 - Farbtracer
 - Metall- / Magnettracer
 - Radioaktive Tracer
- Aktive Tracer
 - Radiotracer

Passive Tracer können die zeitliche Variabilität, beziehungsweise den Beginn des Transports nicht registrieren, lassen jedoch auf die Transportweiten, die Transportselektion, sowie die Transportwahrscheinlichkeit je nach Geschiebeeigenschaften und Gerinnemorphologie schließen (Barsch et al., 1994).

Farbtracer sind mit Signalfarben markierte Steine, die nach einem Hochwasserereignis optisch im Gerinne gesucht werden.

Unter Metall- und Magnettracern versteht man Steine, die mit Metallen (Eisen) oder Magneten markiert werden. Dazu müssen die natürlichen Steine angebohrt und mit dem Tracermaterial versehen werden. Im natürlichen Gerinne können die Tracersteine mit Metall-, beziehungsweise Magnetdetektoren sogar unter einer Deckschicht geortet werden, was zu einer deutlich höheren Auffindrate, verglichen mit Farbtracern, führt (Barsch et al., 1994).

Bei der Verwendung von radioaktiven Tracern wird die Radioaktivität gemessen. Diese Methode stellt eine sehr komplizierte und kostenintensive Variante zur Geschiebemessung dar.

Die radioaktive Markierung erfolgt durch (DVWK, 1992):

- Bestrahlung der Sedimente mit Neutronen im Reaktor
- Absorption von Radionukliden an der Oberfläche des Sedimentkorns
- Einschluss von Nukliden in künstliches Material (Glas)
- Einbau von Nukliden in Geschiebekörner

Aktive Tracer sind Steine, denen ein aktivierter Minisender eingesetzt wurde, wodurch der Bewegungsbeginn, sowie der Bewegungsablauf bestimmt werden kann (Barsch et al., 1994).

Die Geschiebemessung mittels Farbtracern sowie Radiotracern wird im Kapitel 3.2 noch detaillierter behandelt.

Habersack et al. (2010) beschreiben in einem Artikel unterschiedliche direkte und indirekte Methoden zur Messung des Geschiebetransports und stellen fünf dieser Methoden mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen gegenüber. Die Messsysteme werden bezüglich der Störung des natürlichen Abflusses und Geschiebebetriebs, der Mobilität zur Veränderung sowie Anpassung des Messsystems an den jeweiligen Einsatzort, der jeweiligen Messdauer, der hydraulischen, sowie der Sammeleffizienz, der Genauigkeit bei der Bestimmung einzelner Korngrößen, der Ermittlung des zurückgelegten Transportweges des Geschiebes, der Automatisierung der Methoden und der verbundenen Kosten miteinander verglichen. In Tabelle 1 sind diese Ergebnisse dargestellt.

Tabelle 1: Vor- und Nachteile einzelner Geschiebemesssysteme (Habersack et al., 2010)

Messmethode	Abfluss- störung	Mobilität	Mess- dauer	Effizienz	Korngrö- ßen Bestimm- ung	Trans- port- weg	Automati- sierung	Kosten
Bewegliche Geschiebefänger	--	+++	--	--	+++	--	--	-
Stationäre Geschiebefänger	+-	--	++	+++	++	--	++	-
Radiotracer	+-	+++	++	+-	+++	+++	++	-
Geophone	-	--	+++	+-	--	--	+++	--
Schallmessgeräte	-	++	+++	+-	--	+	+	-

+++ signifikant positiv / hoch

++ positiv / hoch

+ gering positiv / hoch

- + - neutral, ohne Effekt
- gering negativ / niedrig, geringe Kosten
- negativ / niedrig, mittlere Kosten
- signifikant negativ / niedrig, hohe Kosten

3.1.2.4 Sonstige Methoden

- Sedimentbilanzierung in Geschiebesammlern

Mit dieser Methode ist es möglich, in Abhängigkeit der Größe der Geschiebesammler Volumenänderungen von 10-100 m³ zu erfassen (Turowski, 2011).

Um das gesammelte Geschiebe zu bestimmen, stehen zwei Möglichkeiten, die Aufnahme von Profilen, sowie die Erfassung der abtransportierten Kubaturen, zur Verfügung.

Abbildung 17 zeigt einen Geschiebesammler in Oberwölz in der Steiermark.



Abbildung 17: Geschiebesammler in Oberwölz

Um Profile in einem Geschiebesammler aufzunehmen, müssen diese parallel in regelmäßigen Abständen von ein bis zwei Metern angeordnet werden. Zur Vereinfachung der kontinuierlichen Messungen sollten die Endpunkte der Profile verankert werden. Wichtig ist, nach jeder kompletten Räumung des Sammlers diesen neu zu vermessen. Für große Geschiebesammler, beziehungsweise im Falle von Übermürungen ist die photogrammetrische Aufnahme zu empfehlen (Spreafico et al., 2005). Terrestrische Laserscans kommen zur Zeit ebenfalls zum Einsatz.

Bei der zweiten Variante, nämlich der Erfassung der abtransportierten Kubaturen, sollte der Geschiebesammler mit einer festen Sohle und Böschung ausgestattet sein, da bei jeder Messung das gesamte abgelagerte Geschiebe abtransportiert werden muss. Durch Auszählen der abtransportierten Wagenladungen kann die Ablagerungskubatur abgeschätzt werden. Diese Methode bringt Unsicherheiten mit sich, wobei die Genauigkeit durch Wiegen der Lastwägen vor-, sowie nach der Geschiebebeladung deutlich verbessert werden kann. Zur genauen Erfassung des Volumens ist allerdings die Kenntnis der Schüttdichte des LKW-Inhalts Voraussetzung (Spreafico et al., 2005).

Geschiebesammler, ausschließlich zum Zwecke der Sedimentbilanzierung sind sehr aufwendig herzustellen. Hinzu kommt, dass auch die Wartung hohe Kosten mit sich bringt. Da Geschiebesammler im Normalfall allerdings zu Schutzzwecken errichtet werden und diese, um die Sicherheit der Bevölkerung und Infrastruktur aufrecht zu erhalten, regelmäßig ausgebaggert werden müssen, ist in diesem Fall die Erfassung des gesammelten Geschiebes nur mit geringem zusätzlichen Aufwand verbunden.

Die erzielten Messergebnisse der beiden Methoden können zwar die meisten der offenen Fragen genügend genau beantworten, sie sind allerdings nicht für die Bestimmung des gesamten Feststofftransports geeignet, da Schwebstoffe ausgeschwemmt werden und somit nicht erfasst werden können (Spreafico et al., 2005).

- Erfassung von Übermürungen und Erosionsgebieten

Um Übermürungen und Erosionsgebiete nach einem Hochwasserereignis zu erfassen, gibt es unterschiedliche Methoden. Einerseits können die topographischen Unterschiede vor und nach dem Ereignis verglichen werden, andererseits können die Ablagerungen erfasst werden.

Nachfolgend werden (nach Spreafico et al., 2005; Turowski, 2011; Flotron Ingenieure, undatiert) verschiedene Methoden erläutert, mit denen man Übermürungen und Erosionsgebiete erfassen kann.

❖ Ausmessen oder Abschätzen der Ablagerungen

Bei dieser Variante werden die abgelagerten Kubaturen auf dem Schwemmkegel entweder ausgemessen oder ein mittleres Ablagerungsvolumen abgeschätzt. Der Aufwand ist sehr gering und die Messungen sind ohne zusätzliche Gerätschaften durchführbar, wobei die Messergebnisse stark von der Erfahrung des Personals abhängen. Diese Methode findet aufgrund ihrer großen Unsicherheiten heutzutage relativ selten Anwendung.

❖ Erfassung der Kubaturen durch Räumung

Ähnlich der Erfassung der abtransportierten Kubaturen in Geschiebesammlern wird auch bei dieser Methode die Anzahl der abtransportierten Lastwagenladungen aufgezeichnet. Diese Methode ist häufig mit Ungenauigkeiten verbunden, da sich die Koordination nach Hochwasserereignissen oftmals als schwierig erweist.

❖ Photogrammetrische Erfassung

Bei der Erfassung des Ablagerungsvolumens nach Großereignissen mittels Photogrammetrie muss der ursprüngliche Zustand des Geländes im Vorfeld bereits erfasst sein.

Durch die Überlagerung von aufgezeichneten Bildern werden Geländemodelle erzeugt. Bei der Aufnahme von flächenmäßig großen Ablagerungs- und Erosionskubaturen findet die Luftbildphotogrammetrie häufigen Einsatz. Hierbei werden mit Hilfe von Kameras, die an Flugobjekten befestigt sind, streifenweise, sich stark überlappende Bildreihen vom Gelände aufgezeichnet. Bei der terrestrischen Photogrammetrie werden die Bilder nicht aus der Luft, sondern von Standpunkten am Gelände aufgenommen.

Photogrammetrische Aufzeichnungen sind je nach abgelagertem Geschiebematerial mit erheblichem Aufwand verbunden.

❖ Vermessung mittels Surveys und Laserscans

In gleicher Weise wie bei der Photogrammetrie muss bei dieser Messmethode ebenfalls der Zustand des natürlichen Geländes im Vorfeld bekannt sein.

Unter Surveys versteht man die Vermessung des Geländes mittels Theodoliten, beim Laserscanning (siehe Abbildung 18) werden Oberflächen mit einem Laserstrahl zeilen- oder rastermäßig vermessen. Mit Hilfe von Laserscans ist es möglich, flächenmäßig große Gebiete zu untersuchen, wobei der Einsatz dieser Gerätschaften kostenintensiv ist. Die Genauigkeit der Messergebnisse hängt stark von den verwendeten Instrumenten ab; analoge Scans liefern beispielsweise nur eine Größenordnung der abgelagerten Geschiebefracht, wohingegen digitale Scans bereits sehr genaue Ergebnisse im Zentimeterbereich erzielen können.

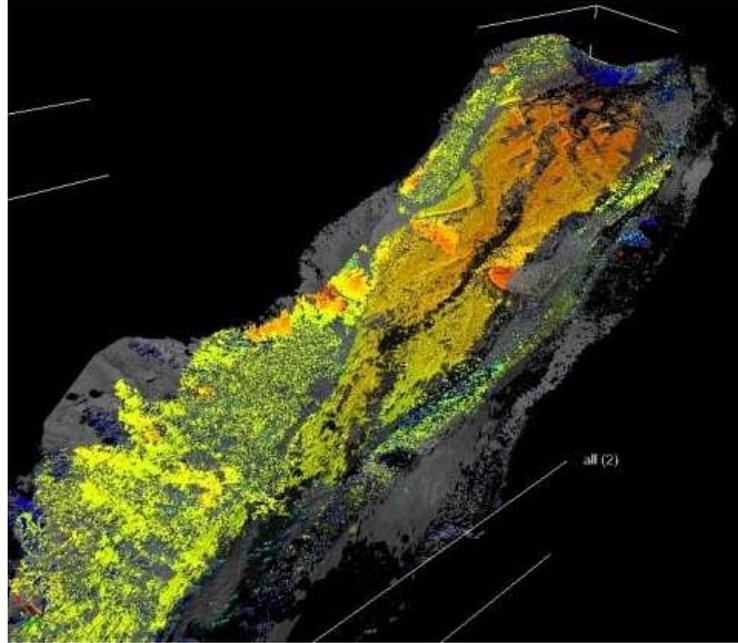


Abbildung 18: Laserscan des Rückhaltebeckens in Oberwölz

3.2 Tracersteine

Im Projektgebiet, mit dem sich diese Masterarbeit befasst, wurden Farb- und Telemetrietracersteine zur Untersuchung des Geschiebetransports an zwei Wildbächen eingesetzt. Darauf basierend wird diese Methode zur Feststoffmessung nachfolgend detailliert behandelt.

3.2.1 Herstellung der Tracersteine

Um sowohl Farbtracer-, als auch Telemetrietracersteine zur Untersuchung des Geschiebetransports herzustellen, wurden den beiden zu untersuchenden Wildbächen zunächst natürliche Steine unterschiedlicher Achsen und Gewichte entnommen.

Zur Herstellung der Farbtracer wurden Steine mit brauner oder weißer Farbe grundiert und getrocknet (siehe Abbildung 19). Im Anschluss daran wurden sie

mit pinker, blauer, grüner, gelber oder oranger Neonfarbe, sowie einer Nummerierung markiert.



Abbildung 19: Grundierung der Tracer (Lämmerer, 2013)

Den Telemetrietracersteinen wurde vor der Grundierung und Bemalung ein aktivierter Sender eingebracht. Hierfür musste zunächst ein fünf bis acht Zentimeter tiefes Loch in die Steine gebohrt werden (siehe Abbildung 20), um dem Sender Platz zu verschaffen. Danach wurden die Löcher mit Hilti-Hit Injektionsmörtel versiegelt (Lämmerer, 2013). Die Telemetrietracer wurden ausschließlich in grüner Neonfarbe markiert, was die spätere Zuordnung der einzelnen Tracer nach dem Aussetzen erleichtern sollte. Die Steine wurden mit einer Nummer, sowie der Senderfrequenz beschriftet.



Abbildung 20: Telemetrietracer mit Sender

Sowohl die Farbtracer, als auch die Telemetrietracer wurden vor dem erneuten Aussetzen in den zwei Wildbächen bezüglich ihrer Längsachse (A), Querachse (B) und Höhe (C) vermessen und gewogen, da es sich insbesondere bei den Farbtracern aufgrund des Abriebs mit der Zeit als schwierig gestaltet, diese im Gerinne wieder zuzuordnen. Die detaillierten Informationen zu den einzelnen Tracersteinen sind dem Anhang zu entnehmen.

3.2.2 Problematik beim Einsatz von Tracersteinen

Die Untersuchung des Geschiebetransports mittels Tracersteinen stellt eine relativ junge Methode dar, bei der noch wenige Referenzprojekte verfügbar sind.

Die ersten Tracermessungen mit Radiotelemetrie wurden 1989 in Deutschland am Lainbach, sowie in Alaska realisiert (Habersack&Klösch, 2008). Mittlerweile kommen Messung mit Tracersteinen auch in Österreich immer häufiger zum

Einsatz, wie beispielsweise an der Mur, im Jahr 2007, oder an der Donau, im Jahr 2011.

Ein großes Problem bei der Anwendung von Tracersteinen stellt die Wiederfindrate dar, die in manchen Einzugsgebieten bis unter 25 Prozent sinken kann. Dies ist größtenteils darauf zurückzuführen, dass sich die Tracer nach Hochwasserereignissen im Sedimentkörper befinden und somit nicht mehr lokalisiert werden können (Schwer et al., 2000).

Durch die Abrasion der Gesteinsmarkierung wird die Identifizierung der Tracer zusätzlich erschwert. Unter Abrasion oder auch Abrieb wird der Materialverlust an Stoffen in Folge von mechanischer Beanspruchung wie beispielsweise Reibung, verstanden.

Diese Methode zur Geschiebemessung stellt eine einfache, jedoch zeitaufwendige Variante dar, bei der eine große Anzahl an Tracersteinen benötigt wird, um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen.

3.2.3 YAESU VR-500

Um die im Einzugsgebiet ausgesetzten Telemetriesteine zu relokalisieren, wird in der vorliegenden Arbeit der YAESU VR-500 verwendet.

Die in den Telemetrietracern eingesetzten Sender haben eine ungefähre Länge von fünf und eine Breite von einem Zentimeter (siehe Abbildung 21). Ihr Gewicht liegt bei etwa 30 Gramm. Die Sender wurden bereits mit einer voreingestellten Senderfrequenz geliefert, die im Anhang zu finden ist. Dem Hersteller zufolge sollten die Sender eine Laufzeit von drei Jahren nach der Aktivierung haben (Lämmerer, 2013).

Um die Frequenz der Sender, die durchgehend senden, zu empfangen, wird der YAESU VR-500 mit einer HB9CV aktiven Antenne kombiniert (siehe Abbildung 21). *„Der VR-500 ist ein leistungsfähiger Handempfänger für den Frequenzbereich von 100 kHz bis 1300 MHz. Damit ist ein Empfang in den*

MW- und UKW-Rundfunkbereichen, im gesamten KW-Bereich, im VHF- und UHF-Fernsehbereich, im VHF-Flugfunkbereich und vielen weiteren Frequenzbereichen möglich“ (Yaesu, 2008).

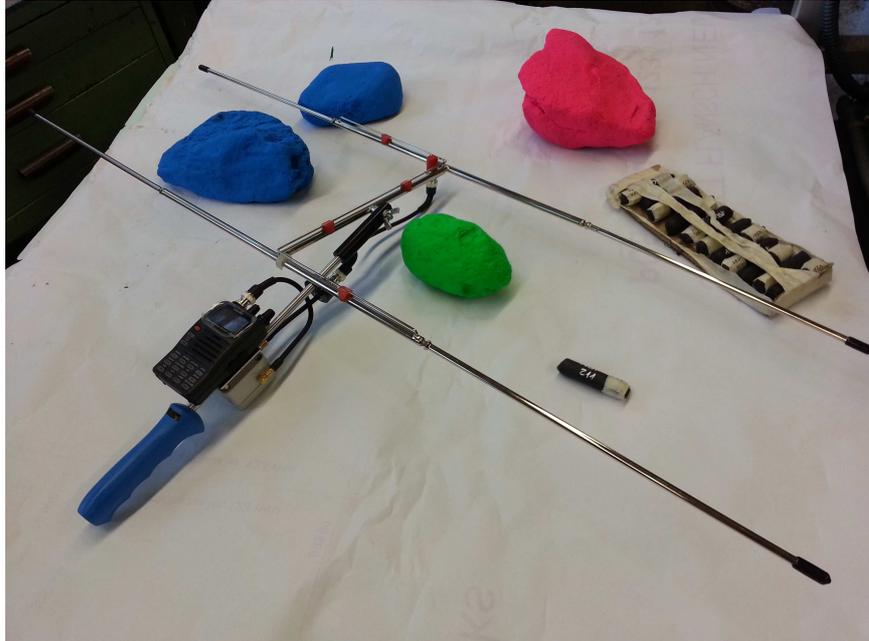


Abbildung 21: Übersichtsbild: Sender, Empfänger und Tracersteine

Die eingespeicherten Frequenzen der Sender können entweder manuell oder in verschiedenen Scanmodi abgesucht werden, um die Telemetrietracer zu orten.

Der Einsatz des YAESU VR-500 ist in einem Gebiet, wie jenem, das im Untersuchungsgebiet dieser Masterarbeit vorherrschend ist, aufgrund der steilen Talflanken nicht ideal, da es infolge der Schallausbreitung und Reflexion nur sehr schwer möglich ist, optisch nicht sichtbare Telemetrietracer eindeutig zu orten.

Um die aufgefundenen Tracersteine exakt zu kartieren, kommen häufig GPS-Messgeräte zum Einsatz. Hierbei dienen Satelliten als Bezugspunkte, um die Standorte exakt festzustellen. In Tälern kann die Genauigkeit der einzelnen Standorte sinken, da die Funkverbindung zwischen Satelliten und dem Empfänger teilweise nicht ausreichend ist.

3.3 Durchflussmessung

Die Fakten zu diesem Unterkapitel sind der ÖNORM B 2401 (2006) entnommen.

Zur Bestimmung des Durchflusses in offenen Gerinnen steht eine Vielzahl an Methoden zur Verfügung. Abgesehen von den volumetrischen Verfahren, zu denen Gefäß- und Auffüllmessungen zählen, kann der Durchfluss nur indirekt bestimmt werden.

Es werden folgende indirekte Messverfahren definiert:

- Verdünnungsmessungen mit unterschiedlichen Tracersubstanzen
- Durchflussermittlung über die Messung der mittleren Fließgeschwindigkeit und des Durchflussquerschnitts
- Hydraulische Verfahren durch Messung eines oder mehrerer Wasserstände
- Sonstige Verfahren

Nachfolgend werden in erster Linie jene Messverfahren zur Bestimmung des Durchflusses genauer erläutert, die für die Anwendung im Untersuchungsgebiet geeignet sind.

3.3.1 Gefäßmessung und Auffüllmessung

Bei dieser direkten Methode wird der Durchfluss als Quotient eines bekannten Gefäßvolumens und der Füllzeit ermittelt.

$$Q = \frac{V}{t}$$

mit: Q ...Durchfluss [m^3/s]

V ...Volumen [m^3]

t ...Messzeit [s]

Das Gefäß soll mindestens 10 Sekunden lang gefüllt und diese Füllung drei Mal wiederholt werden. Daraus ist das arithmetische Mittel der Einzeldurchflussmessungen zu bilden.

3.3.2 Verdünnungsmessung mit Tracersubstanzen

„In das Fließgewässer wird ein Markierungsstoff (Tracer) in bekannter Masse eingebracht und dessen Verdünnung nach einer Durchmischungsstrecke bestimmt. Unter der Annahme einer vollkommenen Durchmischung des Tracers mit dem fließenden Wasser ist die Verdünnung proportional zum Durchfluss im Gewässer“ (ÖNORM B 2401, 2006).

Der Einsatz von Verdünnungsmessungen zur Bestimmung des Durchflusses wird in Fließgewässern mit größerem Gefälle, sowie bei sehr turbulenten Strömungsverhältnissen empfohlen.

Als Tracer kommen folgende Stoffe zur Anwendung:

- Salze
- Fluoreszenzfarbstoffe
- Radioaktive Stoffe

Grundsätzlich werden zwei Arten der Zugabe der Markierungsstoffe unterschieden. Einerseits die Integrationsmethode, bei der eine plötzliche

Zugabe einer bekannten Tracermasse ins Fließgewässer erfolgt. Hierbei wird die Tracerkonzentration an einem Messquerschnitt nach einer bestimmten Durchmischungstrecke kontinuierlich gemessen. Andererseits kann die Tracermasse dem Fließgewässer kontinuierlich über einen längeren Zeitraum zugeführt werden, bis die Tracerkonzentration am Messquerschnitt konstant ist.

3.3.3 Messung von Querschnitt und Geschwindigkeit

Bei diesen Messmethoden wird die mittlere Fließgeschwindigkeit, sowie der zugehörige Durchflussquerschnitt ermittelt, um den Durchfluss zu berechnen. Die Anzahl der Messlotrechten, sowie der Messpunkte pro Lotrechte richtet sich nach der gewünschten Genauigkeit, der Form des Gerinnes, der Gewässerbreite, sowie den vorherrschenden Geschwindigkeitsverhältnissen. Die Messdauer pro Messpunkt sollte zwischen 15 und 60 Sekunden liegen. Abbildung 22 zeigt den Durchflussquerschnitt, sowie die Geschwindigkeitsverteilung an den Messlotrechten.

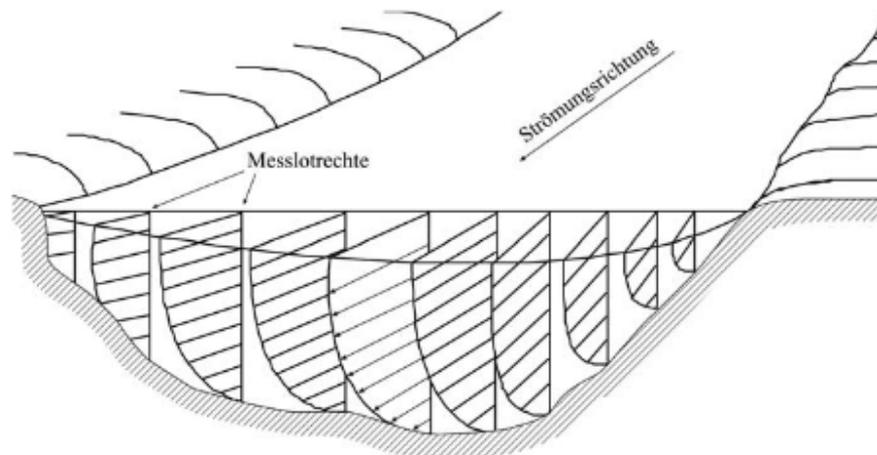


Abbildung 22: Räumliche Darstellung des Durchflussquerschnitts und der Geschwindigkeitsverteilung im Gerinne (Dyck&Peschke, 1995)

Zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeiten kam bei den in diesem Einzugsgebiet durchgeführten Untersuchungen die halbgraphische Abflussbestimmungsmethode zur Anwendung. Bei dieser Methode werden die Abflüsse für die einzelnen Teilflächen des Profils gesondert berechnet und am Ende summiert.

Für die Einteilung der einzelnen Messlotrechten wurde die Methode von Schweitzer verwendet, bei der das Querprofil in sechs Lotrechte unterteilt wird, wobei in jeder bis zu sechs Einzelmessungen, abhängig vom vorherrschenden Wasserstand, durchgeführt werden. Die Lage der Messlotrechten ist aus Abbildung 23 zu entnehmen.

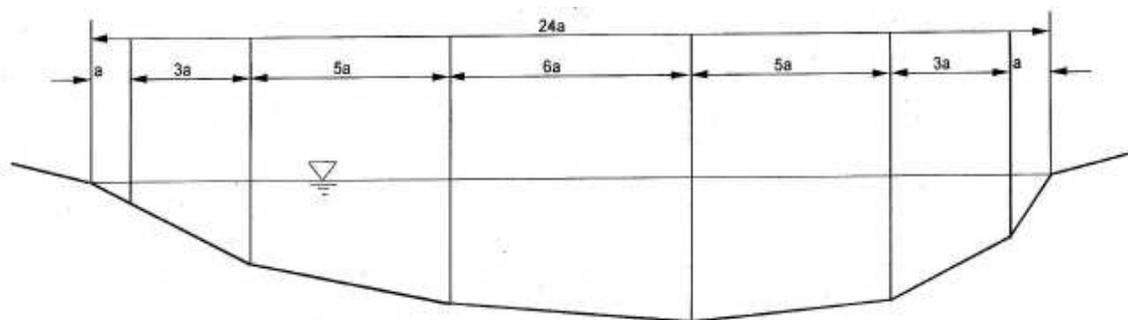


Abbildung 23: Einteilung des Fließquerschnitts nach Schweitzer (Knoblauch&Schneider, 2009)

Die Messsysteme, die für die Anwendung in Wildbacheinzugsgebieten am häufigsten Anwendung finden, werden nachfolgend beschrieben.

3.3.3.1 Hydrometrische Flügelmessung

Bei der Flügelmessung werden an zuvor festgelegten Messpunkten entlang einer Messlotrechten die Wassertiefe, sowie die Fließgeschwindigkeit bestimmt. Der hydrometrische Flügel (siehe Abbildung 24) erfasst die Anzahl der Umdrehungen, die ein Maß für die Fließgeschwindigkeit darstellt. Der Flügelkopf wird in Stromrichtung angeordnet.



Abbildung 24: Flügelmessung (Knoblauch&Schneider, 2009)

In kleineren Bächen, beispielsweise in Wildbächen, kommen Stangenflügelmessungen zum Einsatz. Diese können entweder von im Gewässer stehenden Personen oder von Brücken oder Booten aus angewendet werden. Die Wassertiefe kann bis zu zwei Meter betragen. Bei Gerinnen mit größeren Wassertiefen oder unzureichender Zugangsmöglichkeit werden Seilflügelmessungen angewendet, die mit Hilfe von Kranauslegern, beziehungsweise Seilkrananlagen durchgeführt werden.

3.3.3.2 Magnetisch-induktive Messung

Bei diesem Durchflussmessverfahren gibt es zwei unterschiedliche Methoden. Zum einen die punktuelle Messung der Fließgeschwindigkeit, und zum anderen die Integrationsmessung über den gesamten Durchflussquerschnitt. Im Folgenden wird nur auf die punktuelle Messung eingegangen, da diese vorrangig in kleineren Gewässern Anwendung findet.

- Punktuelle Messung (Nautilusmessung)

Bei dieser magnetisch-induktiven Methode wird ein Messkörper mit strömungsgünstiger Form in das Fließgewässer abgelassen, der mit Hilfe eines Magnetfelds eine Spannung induziert. Diese Spannung wird mit zwei im Messkörper integrierten Elektroden gemessen und ist proportional zur Fließgeschwindigkeit. Die Nautilusmessung findet besonders bei sehr niedrigen Abflüssen oder in verkrauteten Gerinnen Einsatz.

Der Durchfluss kann, wie bei der Flügelmessung, nach der halbgraphischen Abflussermittlung berechnet werden.

3.3.3.3 Ultraschallmessung nach dem Dopplerprinzip

Die Verwendung von Ultraschallmessgeräten (Acoustic Doppler Current Profiler) zur Bestimmung der Fließgeschwindigkeit wurde bereits in Kapitel 3.1.2.2 erläutert, da diese auch zur Feststoffmessung verwendet werden können.

Mit Ultraschallmessgeräten ist es möglich, die Geschwindigkeit an jedem Punkt unterhalb des Messgerätes zu erfassen. Im Untersuchungsgebiet der hier vorliegenden Arbeit wurde das Ultraschallmessgerät an einem kleinen Boot befestigt, das mit Hilfe eines an den Ufern gespannten Seils, bewegt wurde. In Abbildung 25 ist die ADCP Messung am Schöttlbach in Oberwölz ersichtlich.



Abbildung 25: ADCP Messung am Schöttlbach in Oberwölz

3.3.4 Messung von Wasserständen bei definierten Fließbedingungen

Bei dieser Messmethode wird eine Funktion, die den Zusammenhang zwischen dem Wasserstand und dem Durchfluss herstellt, ermittelt. Die grafische Darstellung dieser Funktion wird als Pegelkurve oder Schlüsselkurve bezeichnet. In Kapitel 4.5 ist die Erstellung der Pegelkurven im Einzugsgebiet detaillierter erklärt.

In offenen Gerinnen sollte der Messquerschnitt möglichst stabil, unveränderlich und hydraulisch leicht zu erfassen sein. Die Genauigkeit der Pegelschlüssel ist von der Anzahl und der Präzision der durchgeführten Einzelmessungen abhängig. Durchfluss- und zugehörige Wasserstandsmessungen sollten im Bereich von Nieder-, Mittel- und Hochwasser durchgeführt werden. Durch Inter- und Extrapolation der Messwerte mit Hilfe von Näherungsformeln kann der Pegelschlüssel erstellt werden.

Die Wasserstandshöhen können auf unterschiedliche Weisen erfasst werden. Im Rahmen dieser Masterarbeit werden die Pegelstände einerseits mittels Radarmesssensor und andererseits mit Hilfe eines Druckmesspegels ermittelt.

Ein Radarmesssensor funktioniert nach der Impuls-Radartechnologie. Die Sendeantenne sendet kurze Radarimpulse im 24 GHz ISM Band aus. Die separate Empfangsantenne empfängt die von der Wasseroberfläche reflektierten Impulse und ermittelt den Abstand zwischen Sensor und Wasseroberfläche. Die Laufzeit der Impulse ist proportional zur Distanz zwischen Sensor und Wasseroberfläche (Kolesnik, 2013).

Drucksonden basieren auf folgendem Prinzip: *„Zum Ermitteln des Wasserstandes misst die Drucksonde den hydrostatischen Druck der Wassersäule über eine Relativdruck-Messzelle. Durch eine Druckausgleichskapillare im Drucksondenkabel steht der Messzelle der momentane Umgebungsdruck als Referenz zur Verfügung“* (OTT Hydromet GmbH, undatiert).

Eine weitere Möglichkeit, Pegelkurven zu erstellen, bietet beispielsweise das Open Source Programm Bed Load Analyzer, das an der Technischen Universität Graz implementiert wurde. Der Bed Load Analyzer ist ein Programm zur Berechnung von hydraulischen und sedimentologischen Kennwerten in gegliederten Flussquerprofilen. Im Zuge dieser Masterarbeit wurden mit Hilfe dieser Software Pegelkurven an einem Wildbach im Einzugsgebiet erstellt.

Der Bed Load Analyzer ist ein Modul der Sustainicum Collection, einem Kooperationsprojekt der Universität für Bodenkultur Wien, der Universität Graz, sowie der Technischen Universität Graz (Sustainicum Collection, undatiert). Die Software steht auf der Homepage des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Graz zum freien Download.

Um Kalibrierungsmessungen zur Erstellung der Pegelkurven durchzuführen, werden häufig Nautilusmessungen eingesetzt. Dies wird im Kapitel 4.5 genauer behandelt.

Die Durchflussfunktion kann sich durch Veränderungen im Flussbett ständig ändern, dadurch sind regelmäßige Messungen und gegebenenfalls Anpassungen der Pegelkurve unabdingbar.

4. Projektgebiet

4.1 Hochwasser in Oberwölz

Am Nachmittag des 7. Juli 2011 kam es im steirischen Wölzertal, das sich im Bezirk Murau befindet, zu einem erheblichen Hochwasser. Abbildung 26 zeigt die Hintereggerbrücke, die sich im Stadtgebiet Oberwölz befindet, während des Hochwassers 2011 (Abbildung links) und bei Normalabfluss (Abbildung rechts). Besonders betroffen waren die Gemeinden Oberwölz Stadt, Niederwölz, Winklern bei Oberwölz sowie Sonnleiten.

Bereits am frühen Abend des 7.7.2011 wurde vom Land Steiermark der Katastrophen-Status verhängt.



Abbildung 26: Oberwölz Stadt: links - Hintereggerbrücke während des Hochwasserereignisses (Hübl et al., 2011), rechts – Hintereggerbrücke bei Normalabfluss

2.500 freiwillige Helfer der Feuerwehr, sowie 180 Soldaten des Bundesheers arbeiteten Tag und Nacht und investierten etwa 25.000 Stunden, um die Infrastruktur in den betroffenen Gemeinden wieder herzustellen (meine Woche, 2011).

Die Steiermärkische Landesregierung stellte innerhalb kurzer Zeit vier Millionen Euro als Soforthilfe zur Verfügung, weitere 10 Millionen Euro kamen aus dem

Katastrophenfond. Der geschätzte Gesamtaufwand für Sofortmaßnahmen, Sicherungsmaßnahmen sowie die Wiederherstellung der Infrastruktur liegt bei rund 35 Millionen Euro (Kalcher, 2011).

Abbildung 27 zeigt die Teileinzugsgebiete der einzelnen Wildbäche im Gebiet Oberwölz. Das gesamte Einzugsgebiet der Wildbäche um Oberwölz umfasst eine Fläche von 227 km² (Lämmerer, 2013).

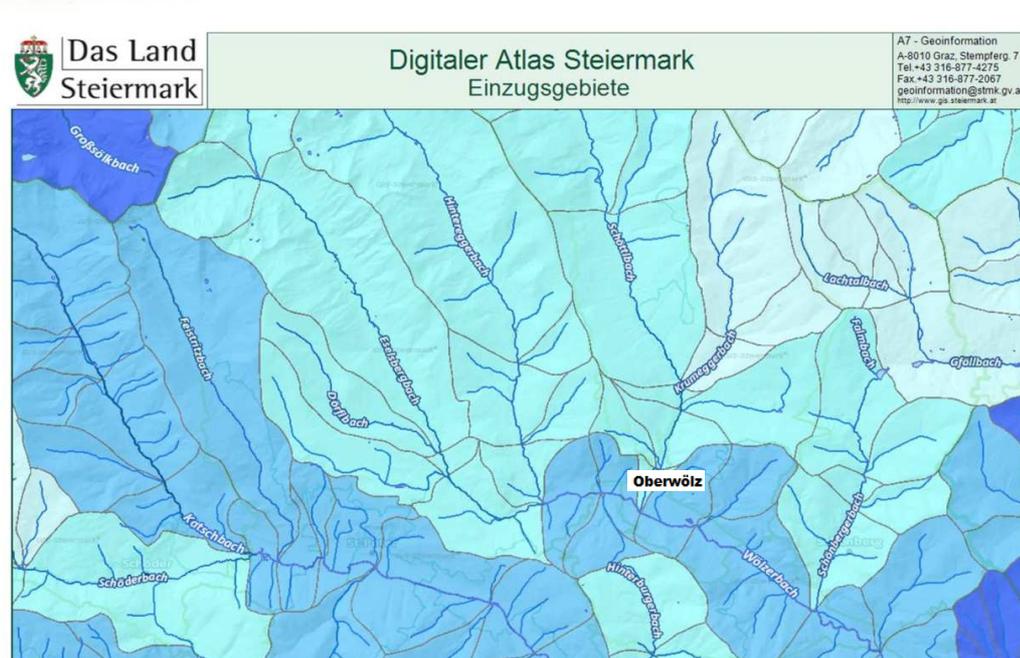


Abbildung 27: Teileinzugsgebiete Wölzertal (Amt der Stmk. Landesregierung, 2013)

In Tabelle 2 sind die Größe der einzelnen Einzugsgebiete, der 150-jährliche Hochwasserabfluss und die 150-jährliche Geschiebefracht zusammengefasst (Hübl et al., 2011).

Tabelle 2: Kennwerte der Teileinzugsgebiete (Hübl et al., 2011)

Einzugsgebiet	Größe [km ²]	HQ150 [m ³ /s]	GF150 [m ³]
Eselsbergerbach	29,42	n. erfasst	n. erfasst
Hintereggerbach	43,75	103,6	36.000
Schöttlbach	70,83	165,0	50.000
Sonnleitenbach	0,47	8,8	4.000

An zwei dieser Wildbäche, dem Schöttlbach und dem Hintereggerbach, wurden von der Wildbach- und Lawinenverbauung GBL Oberes Murtal im Nachhinein Referenzprofile aufgenommen, um auf die Abflüsse während des Hochwasserereignisses rückschließen zu können.

Diese Berechnungen führten im Schöttlbach schlussendlich zu einer geschätzten Abflussmenge von 80-90 m³/s und im Hintereggerbach zu einem Abfluss von 70-80 m³/s (Hübl et al., 2011). Dies entspricht etwa einem 100-jährlichen Hochwasserereignis.

Anrainer berichteten, dass der Niederschlag zwischen 14:30 und 15:00 einsetzte und etwa 2,5 Stunden andauerte. Gegen 17:00 war das Gewitter bereits wieder vorbei. Bei einer privaten Niederschlagsmessung am Schöttleck, etwa 5 km Luftlinie von der Stadt Oberwölz entfernt, wurden innerhalb von drei Stunden 142 l/m² registriert. Im Ortsgebiet von Oberwölz Stadt befindet sich eine Niederschlagsstation der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), die am 7. Juli 2011 innerhalb der 2,5 Stunden des Niederschlags 31,6 mm Niederschlagshöhe sowie die größte 5-Minuten Intensität mit 5,8 mm gemessen hat (Hübl et al., 2011).

Zusätzlich zu den Befragungen der ansässigen Bevölkerung wurde eine INCA - Analyse durchgeführt. „INCA – Analysen basieren auf einer Kombination aus Radar- und Stationsdaten. Da im Gebiet des größten Niederschlags (...) keine meteorologische Station vorhanden ist, führte die ZAMG im Auftrag der

Wildbach- und Lawinenverbauung, GBL Oberes Murtal eine INCA-Analyse für den Bereich Oberwölz durch“ (Hübl et al., 2011).

Aus diesen Untersuchungen ergab sich in den Einzugsgebieten des Schöttlbachs und dessen linksufrigem Zubringer Krumeeggerbach ein Niederschlagsmaximum von 100 bis 140 mm. Die maximale Niederschlagssumme der 15 Minuten – Auswertung ergab sich im Bereich Schießbeck mit 95 mm. Zuzufolge der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik liegen die wirklichen Niederschlagsmengen in der Mitte dieser zwei Auswertungen, was einer Niederschlagssumme von 100 bis 120 mm in 150 Minuten entspricht (Hübl et al., 2011).

4.1.1 Schöttlbach

Der Schöttlbach und seine Zubringer Krumeeggerbach und Schmiedbognerbach verursachten im Stadtgebiet von Oberwölz großflächige Überschwemmungen (siehe Abbildung 28), Verschlammungen, sowie Überschotterungen und sie traten an mehreren Stellen über die Ufer. Drei Brücken entlang dieses Wildbachs waren aufgrund des mobilisierten Wildholzes derartig verklaust, dass es zu starken Überflutungen von Siedlungsgebieten, sowie Straßen kam.



Abbildung 28: Schöttlbach - Überflutungen Oberwölz Stadt (Hübl et al., 2011)

In den Zubringern des Schöttelbachs konnten, aufgrund von Ablagerungen im Kegelbereich, murartige Feststofftransporte festgestellt werden. *„Ein murartiger Feststofftransport (...) ist ein Hochwasserabfluss, der durch sehr hohe Feststoffkonzentration (über 40 %) geprägt ist“* (BMLFUW, 2011).

Die drastischen Auswirkungen dieser Katastrophe waren im Oberlauf des Schöttlbachs kaum zu erkennen.

Der Mittellauf wurde von Geschiebeeinträgen aus Rutschungen an den Seitenböschungen, welche durch Erosion am Hangfuß verursacht wurden, heimgesucht. Tiefenerosion, sowie Seitenerosion entlang des Hauptgerinnes waren ebenfalls erkennbar (Hübl et al., 2011).

Es kam entlang des gesamten Flusslaufs zu massiven Geschiebeablagerungen in den flacheren Bereichen, sowie im Bereich von Geschiebesperren. *„Die Becken vor den beiden Wehranlagen im Krumeggerbach waren beide mit Geschiebe aufgefüllt (...)“* (Hübl et al., 2011).

Die Wehranlage im Unterlauf des Schöttlbachs wurde während dieses Ereignisses komplett verschüttet.

Die im Schöttlbach, oberhalb der Pionierbrücke vorhandenen Sperren waren bereits vor dem starken Unwetter vollständig verfüllt, wodurch es zu einer Umleitung des Gerinnes und aufgrund dessen zu einer Zerstörung des Wohnhauses an der orografisch rechten Seite kam. Abbildung 29 zeigt ein aktuelles Foto des betroffenen Hauses.



Abbildung 29: Durch Seitenerosion zerstörtes Wohnhaus am Schöttlbach

Die während dieses Ereignisses ermittelte Geschiebefracht beträgt etwa 90.000 m^3 und „setzt sich aus einem Erosionsvolumen von rund 137.000 m^3 und einem Ablagerungsvolumen von etwa 66.000 m^3 zusammen“ (Hübl et al., 2011).

Das ganze Ausmaß der Überflutungen des Schöttlbachs ist in Abbildung 30 dargestellt. Hier wurden allerdings nur die Überflutungen des Schöttlbach erfasst, nicht jedoch jene des Vorfluters Wölzerbach.

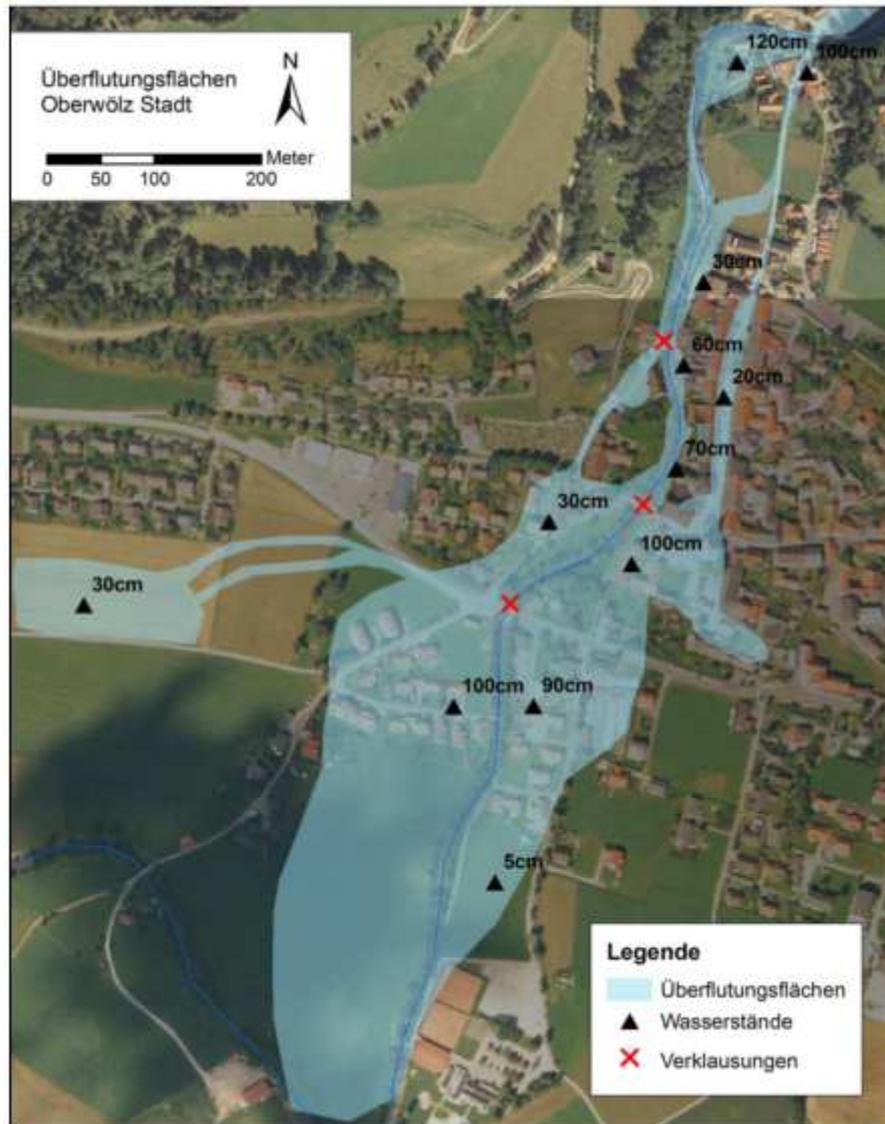


Abbildung 30: Überflutungsflächen der Stadt Oberwölz (Hübl et al., 2011)

4.1.2 Hintereggerbach

Die Fakten des folgenden Kapitels sind Hübl et al. (2011) entnommen.

Ähnlich dem Schöttlbach kam es auch am Hintereggerbach zu starken Überflutungen, Verschlammungen und Geschiebeansammlungen. Infolge einer Teilverkläusung der Landesstraßenbrücke konnten die Wassermengen nicht mehr ordnungsgemäß abtransportiert werden, was dazu führte, dass

naheliegende Anwesen, Siedlungen, sowie landwirtschaftliche Flächen überschwemmt wurden. In den Zubringern des Hintereggerbachs wurden murartige Feststofftransporte festgestellt.

Das massive Unwetter hatte, ähnlich wie beim Schöttlbach kaum Auswirkungen auf den Oberlauf des Hintereggerbachs. Im Mittellauf traten Tiefen- und Seitenerosion, sowie Translationsrutschungen auf.

Die linksufrigen Zubringer stellten große Geschiebeherde dar, wodurch die Folgen des Hochwasserereignisses deutlich negativ beeinflusst wurden.

Besonders die beiden Zubringer Schreinzgerbach und Wöhrybach (siehe Abbildung 31) waren von massiver Gerinneerosion betroffen. Die rote Linie in der nachfolgenden Abbildung zeigt den ursprünglichen Geländeverlauf. Aufgrund von Ablagerungen des Wöhrybachs und daraus resultierenden Überschwemmungen in diesem Bereich wurde eine Straße bei hm 41,3 zerstört.



Abbildung 31: Gerinneerosion im linksufrigen Zubringer Wöhrybach (Hübl et al., 2011)

Im Bereich von Sperren, beziehungsweise der Kraftwerksanlage bei hm 7,5 kam es im Mittellauf, sowie im Unterlauf des Hintereggerbachs zu Geschiebeablagerungen. Die Verlandungsräume der drei Sperren entlang des Wildbachs wurden während dieses Ereignisses vollkommen verfüllt. In flacheren Bereichen des Wildbachs konnten ebenfalls Ablagerungen festgestellt werden.

Die gesamte Geschiebefracht des Hintereggerbachs beträgt etwa 38.000 m³. Die Geschiebezugabe macht etwa 71.000 m³ aus, die Geschiebeablagerung rund 33.000 m³.

Das ganze Ausmaß der Überflutungen des Hintereggerbachs ist der Abbildung 32 zu entnehmen.

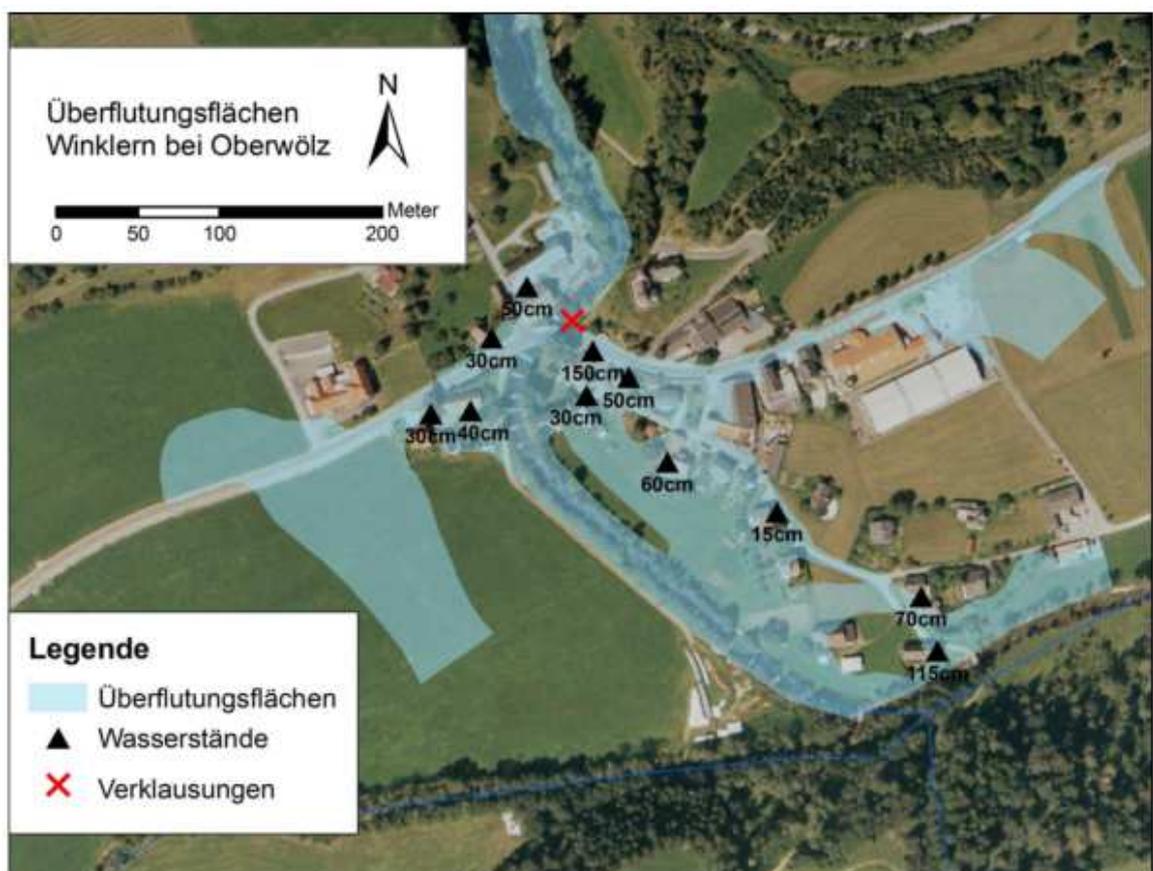


Abbildung 32: Überflutungsflächen der Gemeinde Winklern bei Oberwölz (Hübl et al., 2011)

4.1.3 Sonnleitenbach

Der Sonnleitenbach, der sich in der Gemeinde Winklern bei Oberwölz befindet, trat ebenfalls an der orographisch rechten sowie linken Seite über die Ufer und rief Überflutungen von Gebäuden, landwirtschaftlichen Flächen, sowie Wiesen hervor. Im Bereich bei hm 4,1 kam es zu großflächigen Schotterablagerungen aufgrund von Verklausungen.

Entlang des Hauptgerinnes traten Tiefen- und Seitenerosion auf. Bei hm 10,2 wurde eine Großrutschung, die ein Volumen von 40.000 – 50.000 m³ umfasst, aktiviert, die allerdings beim Ereignis selbst noch nicht mobilisiert wurde. Das gesamte Ablagerungsvolumen im Sonnleitenbach liegt bei etwa 3.500 m³ (Hübl et al., 2011).

Das Ausmaß der Überflutungen im Bereich des Sonnleitenbachs ist in Abbildung 33 dargestellt.



Abbildung 33: Überflutungsflächen der Ortschaft Sonnleiten (Hübl et al., 2011)

4.1.4 Schäden

In den vom Unwetter betroffenen Gemeinden Oberwölz Stadt, Oberwölz Umgebung, Wieden, Sonnleiten, Mainhartsdorf, Winklern und Niederwölz belaufen sich die entstandenen Schäden auf 6.300.000 Euro.

35 % der Schäden, das entspricht dem größten Prozentsatz der aufgetretenen Schäden, traten im Kellergeschoß und im Erdgeschoß der betroffenen Objekte auf, 22 % betrafen betriebliche Objekte und 19 % der Schäden traten nur im Kellergeschoß der Häuser auf (Hübl et al., 2011).

Die nachfolgende Abbildung gibt einen kompletten Überblick über die monetären Schäden nach den Orten des aufgetretenen Schadens.

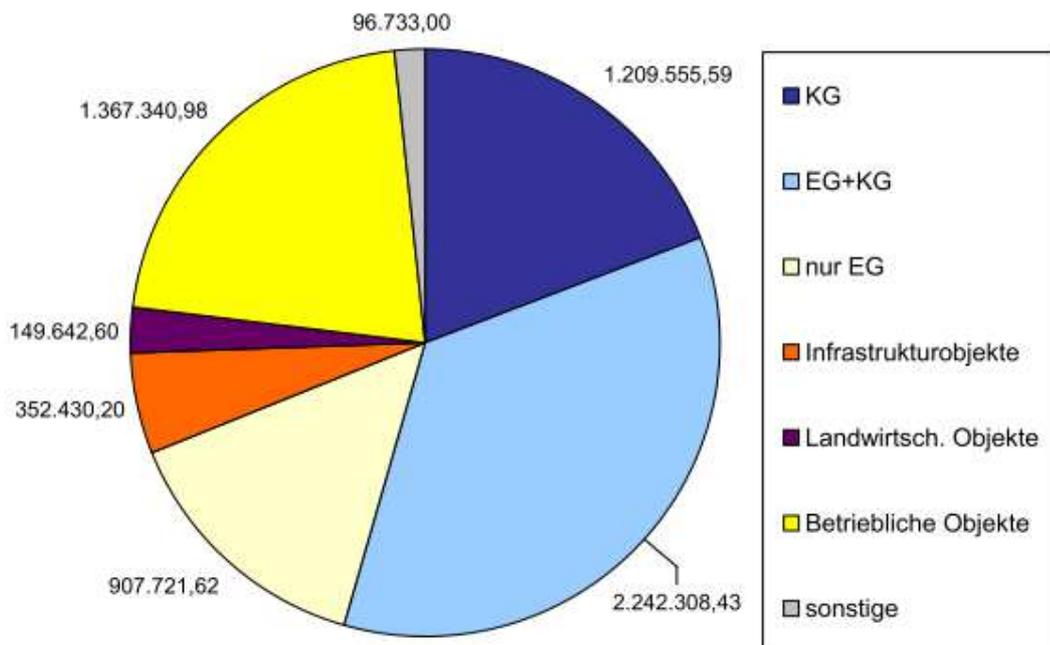


Abbildung 34: Aufstellung der monetären Schäden nach Schadensort (Hübl et al., 2011)

Die Intensität des aufgetretenen Schadens wurde mittels einer Grafik, die die Stufen S, M, L, XL beinhaltet, eingeteilt.

Das Gebiet um den Schöttlbach wurde mit der Prozessintensität Extrem (XL) beurteilt, da es hier zu großflächigen Überflutungen von Grundstücken und Gebäuden kam.

Der Schadensraum des Hintereggerbachs wurde mit Stark (L) bis Extrem (XL) beurteilt. Es kam zu Überflutungsflächen von etwa 70.000 m² und circa 15 betroffenen Gebäuden.

Das Gebiet um den Sonnleitenbach wurde mit einer Intensität von Stark (L) beurteilt. Hier wurden circa 10 Gebäude von den Wassermengen heimgesucht und ungefähr 50.000 m² Fläche überflutet (Hübl et al., 2011).

Dieses Ereignis zeigt, wie wichtig die Kenntnis über den Sedimenttransport in fließenden Gewässern, besonders in Wildbächen, ist. Zur Vorbeugung, beziehungsweise zum richtigen Verhalten im Katastrophenfall sind diesbezügliche Daten unerlässlich.

In Folge dieses Hochwasserereignisses in Oberwölz ist das Projekt „ClimCatch – Sedimentfracht und Klimawandel in alpinen Einzugsgebieten“ ins Leben gerufen worden.

4.2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet gehört zur Gemeinde Oberwölz, die mit 1.055 Einwohnern die kleinste Stadt der Steiermark ist (Steirisches Netzwerk zur Stärkung von Kleinregionen und ihrer Zentren, 2013). Die Stadt Oberwölz gehört zum politischen Bezirk Murau und liegt am Fuße der Wölzer Tauern, die ein Teil der Niederen Tauern sind. Die Niederen Tauern befinden sich wiederum in den Zentralalpen. Abbildung 35 zeigt die Lage der Stadt Oberwölz in der Übersicht.

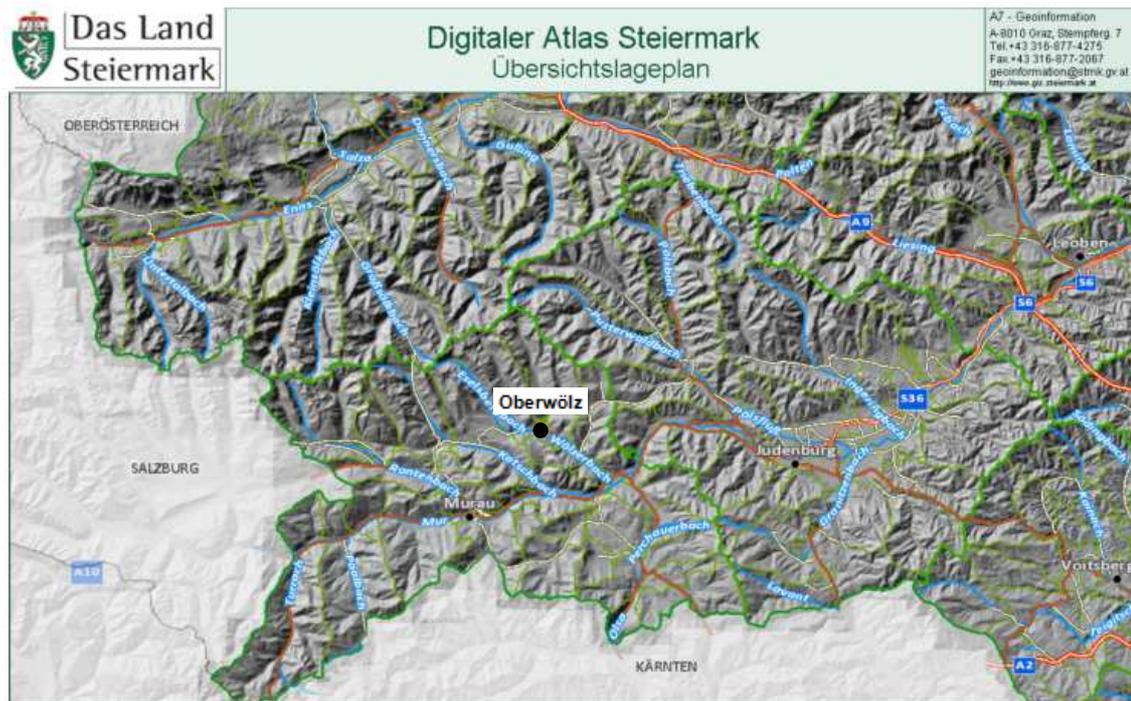


Abbildung 35: Übersichtslegeplan (Amt der Stmk. Landesregierung, 2013)

In dieser Region wird das Gebirge von Glimmerschiefer und Gneis beherrscht, wobei Einschaltungen von Amphiboliten, Kalkstein, Dolomit, Marmor und Quarzit vorhanden sind. Der höchste Punkt des Einzugsgebiets ist die Hochweberspitze, die auf 2.375 Metern liegt. Der höher gelegene Teil des Einzugsgebiets wird von steilen Gebirgswänden und Graslandschaften geprägt (Projektantrag ClimCatch, 2011; Götzinger&Wagreich, 2006).

Im Rahmen des „ClimCatch“ Projekts werden zwei Wildbäche in diesem Einzugsgebiet genauer betrachtet – der Schöttlbach und der Krumegegerbach. Der Schöttlbach weist ein Einzugsgebiet von 70,83 km² auf und entspringt aus mehreren hoch gelegenen Quellbächen. Der Krumegegerbach mündet oberhalb der Stadt Oberwölz in den Schöttlbach, der, beginnend bei seinem Ursprung, 16 Kilometer Fließweg aufweist bis er in den Wölzerbach mündet. Dieser mündet wiederum in Niederwölz in die Mur (Amt der Stmk. Landesregierung, 2013).

In Abbildung 36 ist ein Teil des Gefahrenzonenplans der Gemeinde Oberwölz dargestellt. „Die Rote Gefahrenzone umfaßt [sic] jene Flächen, die durch Wildbäche oder Lawinen derart gefährdet sind, daß [sic] ihre ständige Benützung für Siedlungs- und Verkehrszwecke wegen der voraussichtlichen Schadenswirkungen des Bemessungsereignisses oder der Häufigkeit der Gefährdung nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich ist. Die Gelbe Gefahrenzone umfaßt [sic] alle übrigen durch Wildbäche oder Lawinen gefährdeten Flächen, deren ständige Benützung für Siedlungs- oder Verkehrszwecke infolge dieser Gefährdung beeinträchtigt ist“ (Bundeskanzleramt, 1976).



Abbildung 36: Gefahrenzonenplan Oberwölz Stadt (Plattner, 2013)

Aus dieser Abbildung ist zu erkennen, dass große Teile der Stadt Oberwölz besonders aufgrund der regelmäßigen Überflutungen des Schöttl- und des Wölzerbachs der roten Gefahrenzone zuzuordnen sind. In diesen Gebieten herrscht absolutes Bauverbot für Neubauten.

4.3 Projekt ClimCatch

4.3.1 Allgemeine Informationen

Das Projekt "ClimCatch – Sedimentfracht und Klimawandel in alpinen Einzugsgebieten" (im Englischen „Impact of climate change on the sediment yield of alpine catchments“) ist als Kooperationsprojekt vom Institut für Geographie und Raumforschung der Karl-Franzens-Universität Graz (Projektleitung), dem Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Graz und dem Wegener Center der Karl-Franzens-Universität Graz entstanden.

Die Intention dieser Zusammenarbeit ist es, ein Sedimenttransportmodell am Schöttlbach und dessen linksufrigem Zubringer Krumeggerbach zu entwickeln, das den möglichen Einfluss des Klimawandels auf die Sedimentbilanz behandelt (Umweltbundesamt, undatiert). Der Schöttlbach ist jenes Gewässer, das, wie in Kapitel 4.1 beschrieben, im Juli 2011 nach einem Starkregenereignis große Zerstörung im Raum Oberwölz verursachte.

Im Jahr 2011 wurde die Förderung für dieses Projekt im Rahmen des 4. Klimafolgenforschungscalls des Austrian Climate Research Programs (ACRP) zugesichert. Die erhaltene Förderung in Höhe von 345.608 Euro deckt das bezifferte Projektvolumen. Die Untersuchungen im Zuge des ClimCatch Projekts starteten mit 01.04.2012 und enden voraussichtlich mit 31.03.2015 (Klima- und Energiefonds, 2011).

„Der inhaltliche Schwerpunkt des Austrian Climate Research Programs (ACRP) liegt in der Erforschung nationaler Ausprägungen und Auswirkungen des Klimawandels und der sich daraus ergebenden Anpassungserfordernisse bis hin zu inter- und transdisziplinären Vulnerabilitätsstudien, Risikomanagementansätzen und Policy-Analysen“ (Klima- und Energiefonds, 2011).

4.3.2 Projektziele

Aufgrund der interdisziplinären Zusammenarbeit von Geomorphologen, Flussbauingenieuren und Klimatologen ergeben sich breit gefächerte Projektziele. Diese werden folgendermaßen definiert (Projektantrag ClimCatch, 2011):

- Verständnis der Sedimentkaskaden des Einzugsgebiets des Schöttlbachs von den mobilisierbaren Geschiebemengen bis hin zur zeitlich begrenzten oder permanenten Sedimentation
- Erfassen und Verstehen der Gesamtheit der geomorphologischen Prozesse im Einzugsgebiet
- Erfassung der Feststoffdynamik innerhalb des Flusssystems
- Erweiterung der in Österreich noch relativ wenig erforschten Erkenntnisse zum Sedimenttransport in Flusssystemen inklusive einer Quantifizierung des Gesamtoutputs
- *„Ein durch downscaling aus regionalen Klimaszenarien gewonnenes Szenario des zukünftigen Niederschlagsverhaltens mit besonderer Berücksichtigung von Starkregenereignissen auf einer sub-täglichen Skala“* (Klima und Energiefonds, 2011)
- Entwicklung von Modellen zur Beurteilung zukünftiger Extremereignisse besonders unter dem Aspekt des fortschreitenden Klimawandels

Im Anschluss an das ClimCatch1 Projekt ist ein ClimCatch2 Projekt geplant, dessen Laufzeit mindestens über zehn Jahre angedacht ist. Im Zuge dieses zweiten Projektstadiums soll im Einzugsgebiet des Schöttlbachs ein fix installiertes Geschiebemesssystem zur Anwendung kommen. Basierend auf den gewonnenen Ergebnissen des ClimCatch1 Projekts, soll ein flächendeckendes Modell zur Abflussmessung sowie zur Erfassung des

Sedimenttransports entstehen. Zusätzlich sollen meteorologische Daten, wie beispielsweise Temperatur, Niederschlag, Schneefall, Schneeschmelze oder Verdunstung, Bodenwasserspeicherung und Abflussbildung in die Untersuchungen einfließen. Es ist geplant, den Einfluss der Flächennutzung und der Vegetation detailliert zu erforschen und die Untersuchungen des Sedimenttransports mit numerischen Modellen zu hinterlegen (Projektantrag ClimCatch, 2011).

Nach der Umsetzung beider ClimCatch Projekte soll einerseits die Eintrittswahrscheinlichkeit zukünftiger Katastrophenereignisse präzisiert und andererseits definiert werden können, welche Maßnahmen nachhaltigen Schutz gewährleisten können. Das Projekt soll darüber hinaus als Referenzprojekt für Einzugsgebiete mit ähnlicher Problemstellung dienen (Projektantrag ClimCatch, 2011).

Dieser zweite Teil soll mit Unterstützung der Wildbach- und Lawinenverbauung und des Hydrografischen Dienstes Steiermark umgesetzt werden (Projektantrag ClimCatch, 2011).

4.3.3 *Installierte Messsysteme*

Um das Einzugsgebiet flächendeckend zu untersuchen und die Vorgänge dieses komplexen Gebiets zu erfassen, werden unterschiedliche Methoden angewendet (Technische Universität Graz, 2011; Klima- und Energiefonds, 2011):

- um die Sedimentkaskaden im Einzugsgebiet zu erfassen, werden regelmäßige geomorphologische Kartierungen, sowie Airborne Laserscans (ALS) durchgeführt
- zur Beobachtung des vorherrschenden Geschiebebetriebs werden farbige Tracersteine, Telemetriesteine und Impact Sensoren eingesetzt

- um den Gesamtaustrag aus dem Einzugsgebiet zu messen, finden photogrammetrische Analysen und Laserscans im Geschieberückhaltebecken des Schöttlbachs Anwendung
- zur Quantifizierung geomorphologischer Vorgänge werden regelmäßig Terrestrial Laser Scans (TLS) eingesetzt

Abbildung 37 gibt einen Überblick der im Einzugsgebiet eingesetzten Messsysteme und Methoden.

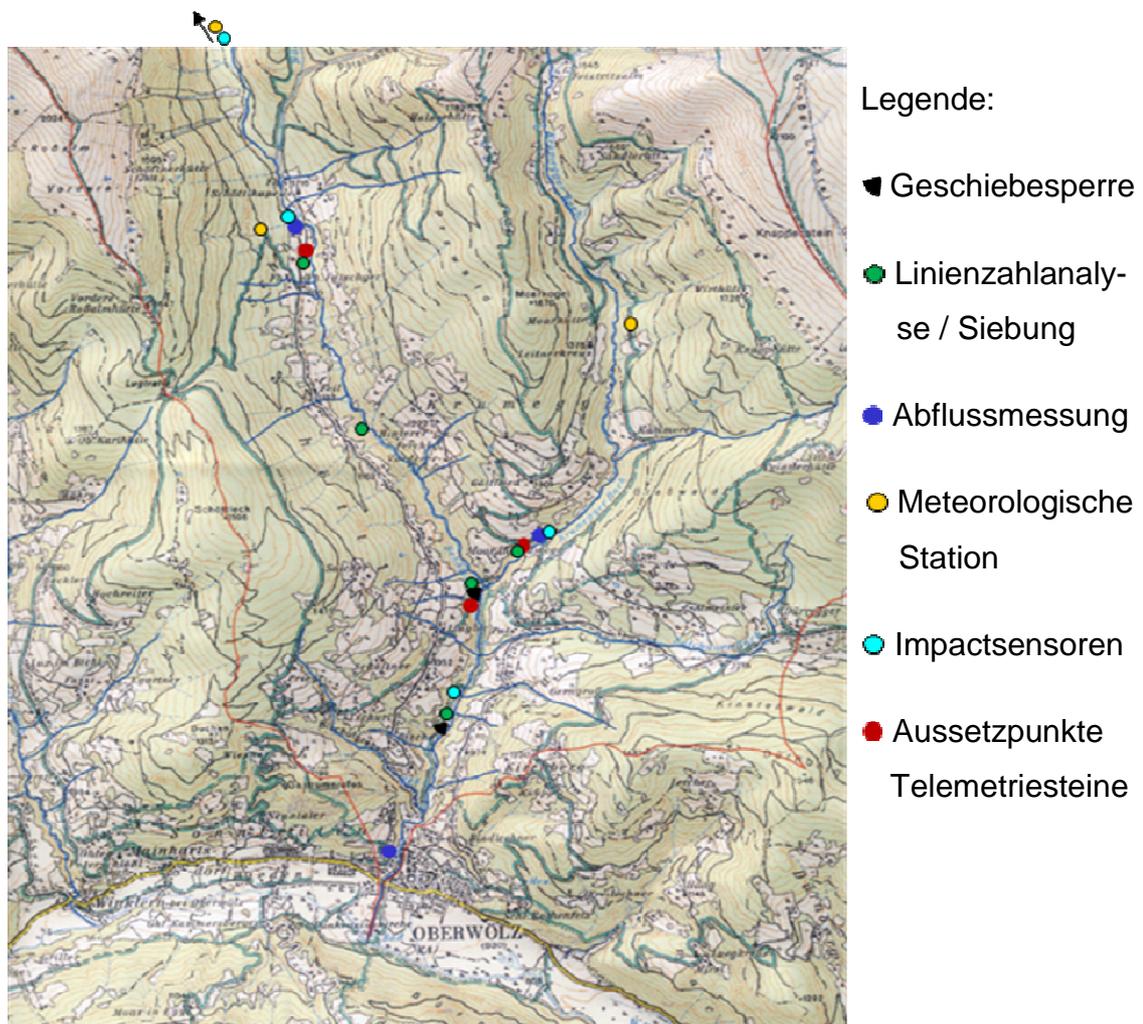


Abbildung 37: Übersichtskarte der Messsysteme

4.3.4 Abflussmessstationen

In Wildbacheinzugsgebieten tritt immer wieder die Problematik auf, geeignete Querschnitte für die Installation der Messeinrichtungen zu finden. Es sollten möglichst unveränderliche, trapezförmige Profile im Einzugsgebiet vorhanden sein. Sollten diese nicht existieren, muss der bestmögliche Kompromiss gewählt werden.

4.3.4.1 Messstation Hintereggertor – Schöttlbach

Die Messstation am Hintereggertor in der Stadt Oberwölz ist die umfangreichste Messeinrichtung, die im Rahmen des ClimCatch Projektes installiert wurde.

Die in Abbildung 38 ersichtlichen Messsensoren sind von der Firma Ott und geben folgende Informationen zum Schöttlbach an dieser Messstelle aus:

- Fließgeschwindigkeit
- Wasserstand
- Temperatur
- Leitfähigkeit
- Trübung
- Signalstärke
- Relativer Wasserstand
- Spannungsversorgung

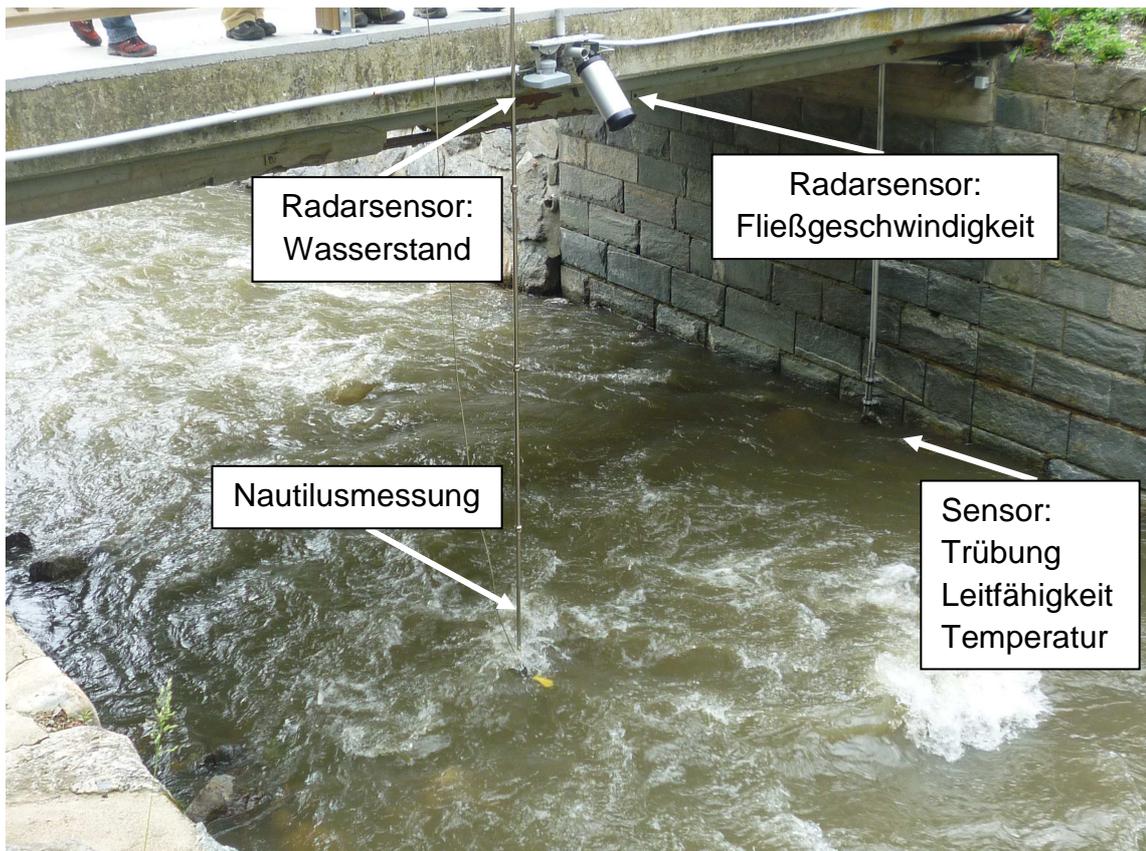


Abbildung 38: Messeinrichtung Hintereggertor

Die nachfolgenden Informationen zu den installierten Messeinrichtungen stammen von Herrn Christian Kolesnik, der Firma OTT Hydromet GmbH.

Der an der Brücke angebrachte Radarmesssensor zur Ermittlung des Wasserstandes funktioniert nach der Impuls-Radartechnologie (siehe Kapitel 3.3.4), bei der von der Wasseroberfläche reflektierte Impulse Aufschluss über die Pegelhöhe geben.

Die Erfassung der Fließgeschwindigkeit erfolgt mittels Dopplerprinzip, bei dem je nach Geschwindigkeit unterschiedliche Frequenzen vom Sensor registriert werden.

Temperatur, Leitfähigkeit und Trübung am Messquerschnitt werden mit einer Multiparameter-Sonde, die im Wasser montiert ist und mehrere Sensoren beinhaltet, erfasst.

Die Temperatur wird mit einem temperaturempfindlichen Bauteil erfasst, bei dem sich der Widerstand des Bauteils je nach Umgebungstemperatur, also der Temperatur des Wassers, ändert. Die Leitfähigkeit wird mit Hilfe einer minimalen Spannung gemessen, welche einen Ionenfluss erzeugt, der wiederum in Zusammenhang mit der Leitfähigkeit steht. Die Trübungsmessung erfolgt mit Hilfe einer Lichtquelle, hier kommt die Durchleuchtungsmethode zur Anwendung.

Alle Messwerte werden automatisch zu einem zentralen Datensammler weitergeleitet, der die Informationen sammelt und an einen FTP-Server der Technischen Universität Graz übermittelt.

Die gespeicherten Daten können vor Ort über eine Kommunikationsverbindung mit Hilfe eines angeschlossenen Computers ausgelesen werden.

4.3.4.2 Abflussmessstation Schöttlkapelle

Entlang des Schöttlbachs gestaltete sich die Wahl eines geeigneten Pegelprofils, um die Einrichtung zur Abflussmessung zu installieren als schwierig, da keine Regelquerschnitte zur Montage der Messeinrichtungen vorhanden sind. Schlussendlich wurde die Drucksonde im Bereich der sogenannten Schöttlkapelle montiert, da sich an dieser Stelle das Vorhandensein einer Brücke zum Anbringen der Sonde angeboten hat.



Abbildung 39: Messeinrichtung Schöttlkapelle

Wie in Abbildung 39 ersichtlich, wird die Messung der Wasserstandshöhe bei der Schöttlkapelle über eine Drucksonde (siehe Kapitel 3.3.4) realisiert. Die aufgezeichneten Messwerte stehen an einer Infrarot-Schnittstelle zum berührungslosen Auslesen mittels eines Computers zur Verfügung (OTT Hydromet GmbH, undatiert).

4.3.4.3 Abflussmessstation Krumeggerbach

Der Pegelstand am Krumeggerbach wird über dasselbe Messprinzip wie jener bei der Schöttlkapelle realisiert. Hierbei kommt die gleiche Drucksonde zum Einsatz. Abbildung 40 stellt die installierte Messeinrichtung am Krumeggerbach dar. Die Daten werden ebenfalls über eine Infrarot-Schnittstelle übertragen.

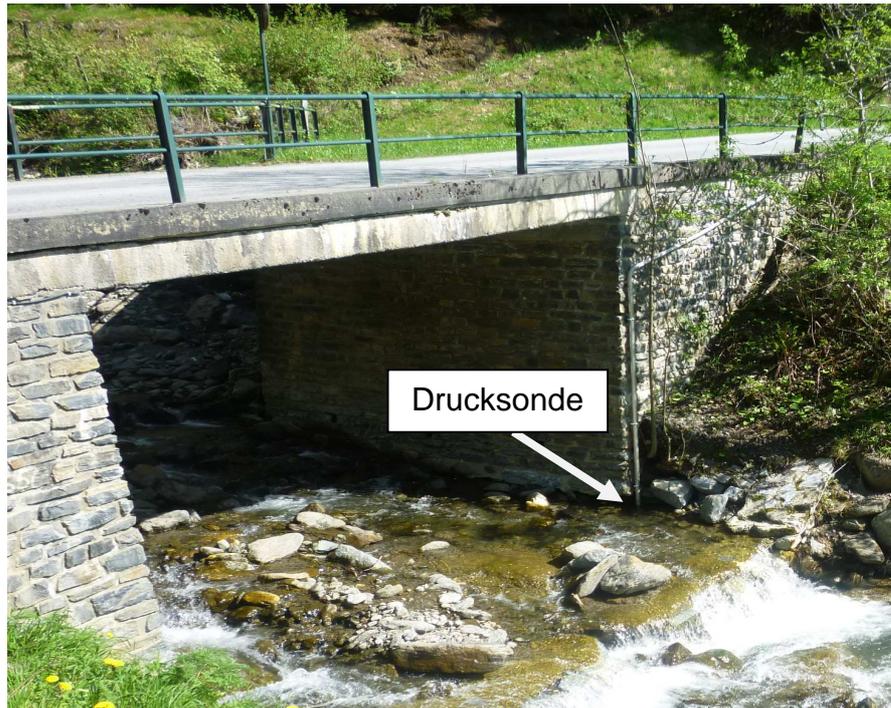


Abbildung 40: Messeinrichtung Krumeggerbach

4.4 Ganglinie des Wasserstandes über die Zeit

Mit Hilfe der von den Messeinrichtungen über die Jahre 2012 und 2013 aufgezeichneten Wasserstandshöhen lassen sich die nachfolgenden Diagramme erstellen. Die Darstellung der Wasserstände für die Jahre 2012 und 2013 an den drei Messquerschnitten am Schöttl- und Krumeggerbach sind in Abbildung 41 bis Abbildung 46bis dargestellt. Zur genaueren Übersicht ist dem Anhang eine detaillierte Darstellung der Wasserstandshöhen für jeweils zwei Monate zu entnehmen.

Alle in dieser Masterarbeit enthaltenen Diagramme wurden mit Hilfe der freien Programmiersprache R-Project erstellt.

Die maximalen Wasserstandshöhen am Hintereggertor, welches sich am Schöttlbach im Ortszentrum der Stadt Oberwölz befindet, waren in diesem Jahr am 21.07.2012 um 17:00 mit 0,941 Metern, am 12.09.2012 um 23:00 mit 0,727 Metern, sowie am 05.11.2012 um 5:00 mit 0,820 Metern. Der mittlere Wasserstand der gemessenen Monate dieses Jahres ergibt einen Wert von 0,44 Metern.

Die fehlenden Wasserstandsaufzeichnungen in Abbildung 41 sind auf Probleme am installierten Radarsensor zurückzuführen.

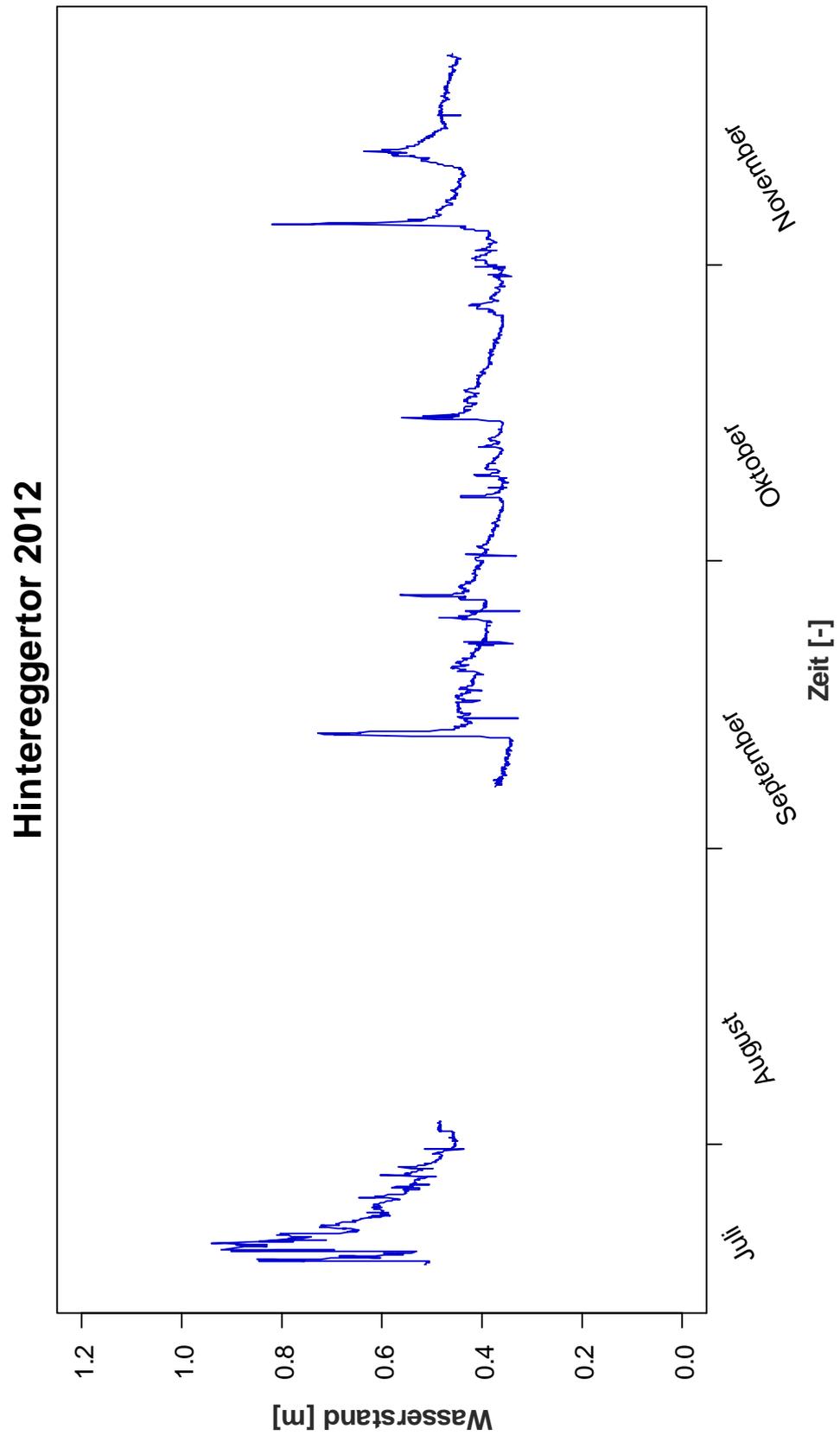


Abbildung 41: Darstellung des Wasserstandes am Hintereggertor (Schöttlbach) im Jahr 2012

Abbildung 42 zeigt, dass die maximal gemessenen Höhen am Hintereggertor im Jahr 2013 an folgenden Tagen eruiert wurden: 22.04.2013 um 19:00 (0,796 m), 02.06.2013 um 03:00 (0,921 m) sowie am 25.08.2013 um 15:00 (0,769 m). Der Mittelwert der Pegelmessungen beträgt 0,41 Meter.

In den Wintermonaten ist ein konstanter Wasserstand von etwa 0,3 Metern zu erkennen, der dann im Frühling zufolge der Schneeschmelze ansteigt. Die Wasserstandsspitzen in den Sommermonaten sind auf Starkregenereignisse im Einzugsgebiet zurückzuführen.

Die freien Bereiche in Abbildung 42 deuten ebenfalls auf fehlende Messwerte, hervorgerufen durch technische Probleme in den Monaten Jänner, Juni und Juli hin.

Mit Hilfe der Kontinuitätsgleichung $Q = v * A$ lässt sich die mittlere Fließgeschwindigkeit an diesem Querschnitt ermitteln. Hierzu wurde mit der durchschnittlichen Wasserstandshöhe des Jahres 2013 von 0,41 Metern der durchschnittliche Durchfluss berechnet. Mit Hilfe des im Bed Load Analyzer dargestellten Flussquerprofils (siehe Abbildung 47) kann die Fläche berechnet werden.

mit: $Q = 1,476m^3 / s$

$$A = 1,660m^2$$

$$\rightarrow v_m = \frac{Q}{A} = 0,89m / s$$

Die mittlere Fließgeschwindigkeit an diesem Messquerschnitt ergibt sich somit zu 0,89 m/s.

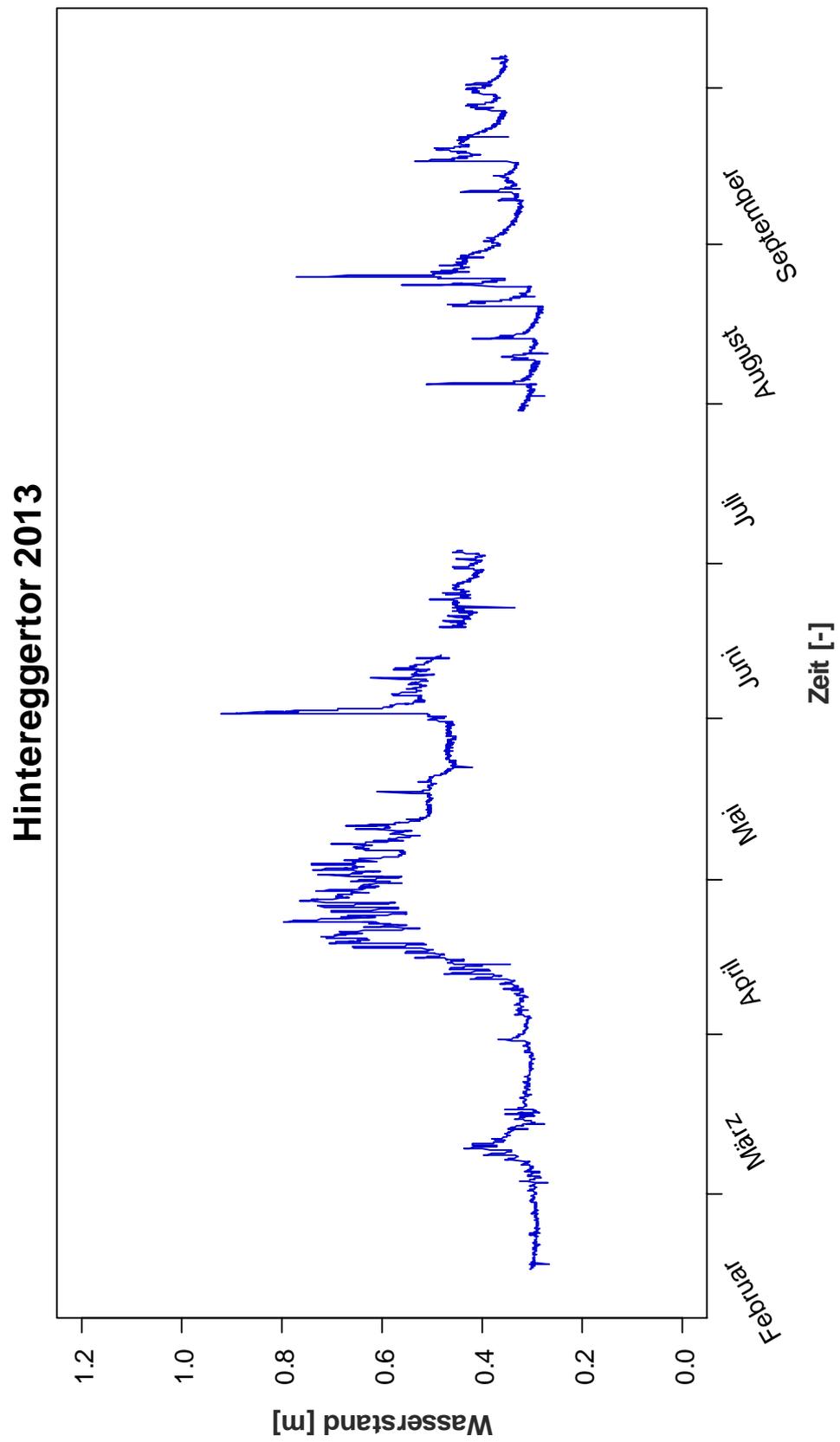


Abbildung 42: Darstellung des Wasserstandes am Hintereggertor (Schöttlbach) im Jahr 2013

Im Jahr 2012 kam es an der Messstation an der Schöttlkapelle am Schöttlbach zu mehreren Abflussspitzen. Die maximalen Wasserstände waren am 24.06.2012 um 13:00 (1,102 m), am 15.07.2012 um 09:00 (1,197 m) und am 21.07.2012 um 02:00 (1,130 m). Weitere erhöhte Messungen traten am 04.08.2012 um 17:00 (0,861 m), am 12.09.2012 um 19:00 (0,672 m) sowie am 05.11.2012 um 05:00 (0,806 m) auf. Dies ist in Abbildung 43 dargestellt. Im Jahr 2012 war der Wasserstand durchschnittlich 0,39 Meter hoch.

Da an der Hintereggerbrücke teilweise Messdaten, die an Tagen, an denen es zu höheren Abflüssen am Schöttlbach kam, fehlen, können nicht alle Abflussspitzen miteinander verglichen werden. Die maximalen Wasserstände an der Schöttlkapelle treten durchschnittlich etwa 1,5 Stunden später an der Hintereggerbrücke im Ortszentrum auf. Die Durchflüsse an der Hintereggerbrücke sind deutlich höher als jene an der Schöttlkapelle. Dies ist auf die vielen Zuflüsse, wie beispielsweise den Krumegegerbach, die oberhalb des Ortszentrums Oberwölz in den Schöttlbach münden, zurückzuführen (siehe Kapitel 4.6).

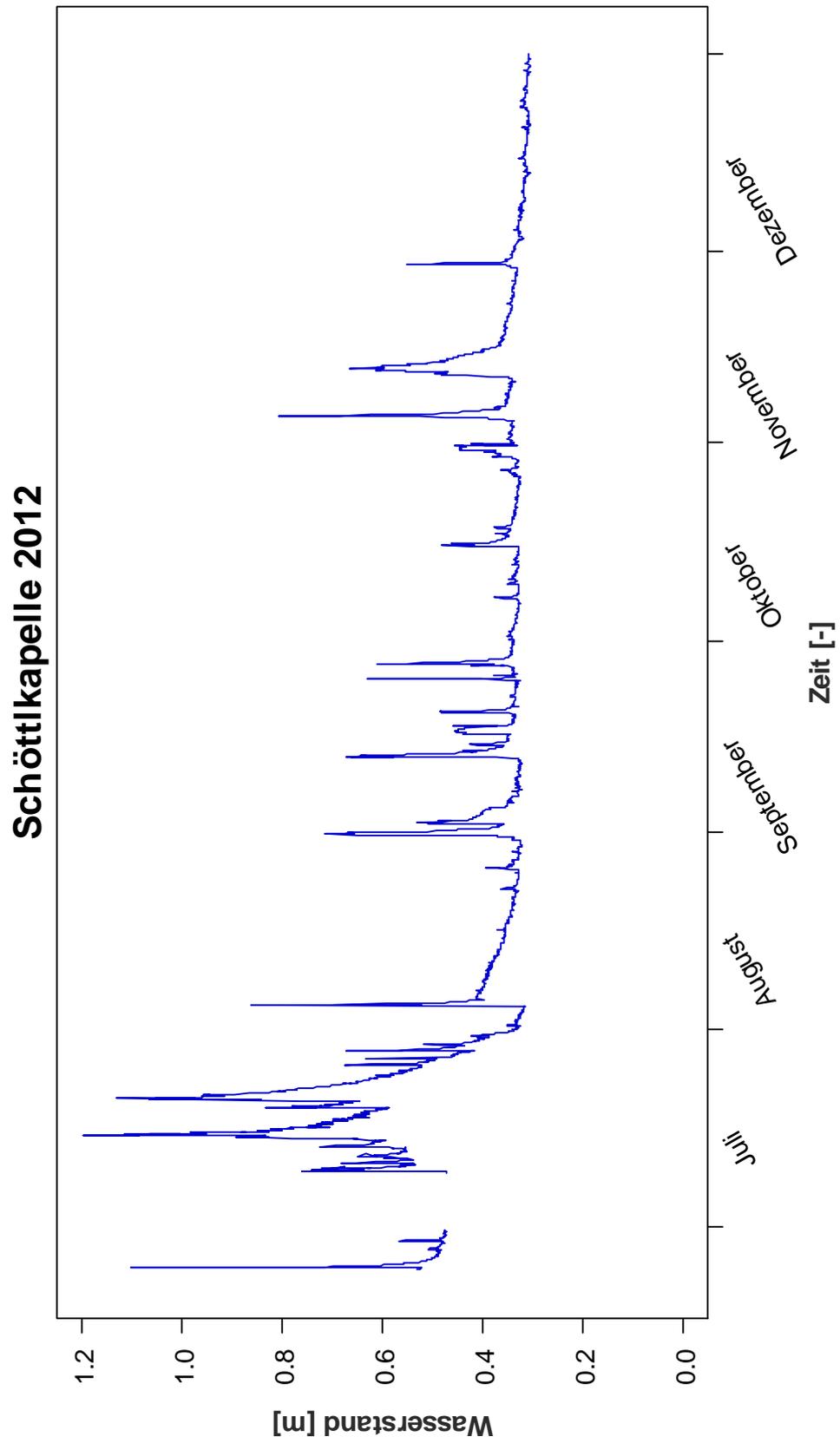


Abbildung 43: Darstellung des Wasserstandes an der Schöttlkapelle (Schöttlbach) im Jahr 2012

Abbildung 44 zeigt die Wasserstände an der Schöttlkapelle im Jahr 2013. Die wasserreichsten Tage in diesem Jahr waren am 02.06.2013 um 00:15 mit einer Höhe von 0,844 Metern, am 03.07.2013 um 15:30 mit 1,139 Metern und am 25.08.2013 um 14:30 mit 0,966 Metern. Im Jahr 2013 ergibt sich somit ein Mittelwert von 0,41 Metern.

Wie am Hintereggertor desselben Jahres kam es zu konstanten Wasserständen um die 0,3 Meter bis zum Beginn der Schneeschmelze Mitte April. Die höheren Abflüsse in den Sommermonaten sind ebenfalls wieder auf Starkregen, beziehungsweise Gewitter zurückzuführen.

Die aufgezeichneten Pegel verdeutlichen, dass die Abflussspitzen im Durchschnitt nach einer zeitlichen Verzögerung von 1,5 Stunden an der Messeinrichtung im Stadtzentrum auftreten. Der Durchfluss an der Hintereggerbrücke ist wie im Jahr 2012 deutlich höher als jener an der Schöttlkapelle.

Mit Hilfe der Kontinuitätsgleichung $Q = v * A$ lässt sich die mittlere Fließgeschwindigkeit an diesem Querschnitt ermitteln. Hierzu wurde mit der durchschnittlichen Wasserstandshöhe des Schöttlbachs für das Jahr 2013 von 0,41 Metern der durchschnittliche Durchfluss berechnet. Mit Hilfe des im Bed Load Analyzer dargestellten Flussquerprofils (siehe Abbildung 49) kann die Fläche berechnet werden.

mit: $Q = 0,616m^3 / s$

$$A = 1,027m^2$$

$$\rightarrow v_m = \frac{Q}{A} = 0,599m / s$$

Die mittlere Fließgeschwindigkeit an diesem Messquerschnitt ergibt sich somit zu 0,599 m/s.

Die durchschnittliche Fließzeit von der Schöttlkapelle bis zum Hintereggertor

lässt sich über die Beziehung $v = \frac{w}{t}$ bestimmen.

mit: $v = 0,599m/s$

$$w = 7500m$$

$$\rightarrow t = \frac{w}{v} \cong 12514 \text{ sec}$$

Die mittlere Fließzeit von der Schöttlkapelle zum Hintereggertor im Ortszentrum Oberwölz beträgt somit circa 3,5 Stunden.

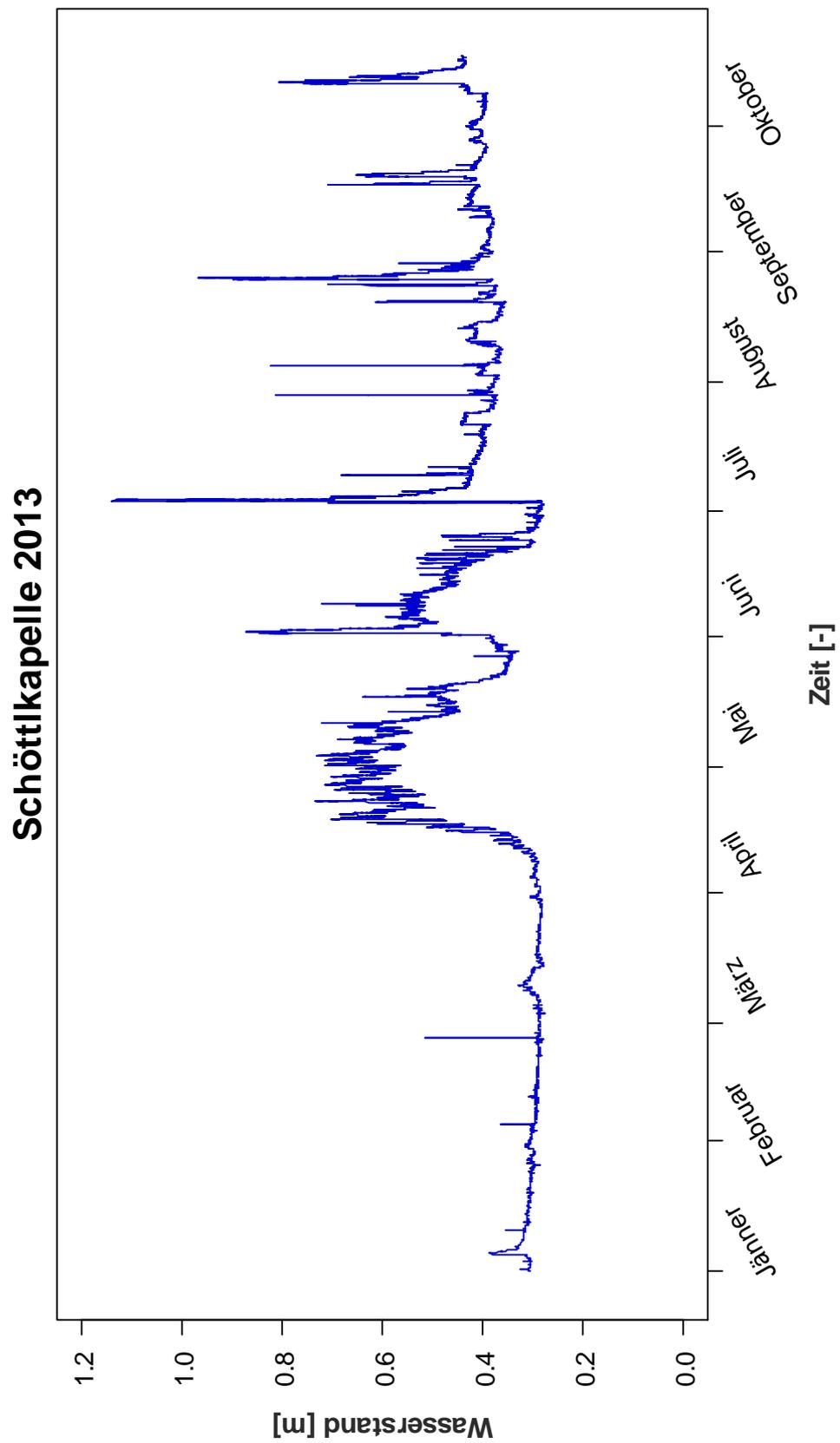


Abbildung 44: Darstellung des Wasserstandes an der Schöttlikapelle (Schöttlbach) im Jahr 2013

In Abbildung 45 sind die Wasserstandshöhen am Krumeggerbach im Jahr 2012 dargestellt. Zu den maximal aufgetretenen Messwerten kam es am 24.06.2012 um 13:00 mit einer Höhe von 1,061 Metern, am 15.07.2012 um 9:20 mit 0,653 Metern, am 21.07.2012 um 1:30 mit 0,632 Metern, am 04.08.2012 kam es um 18:00 zu einem Wasserstand von 0,599 Metern, am 12.09.2012 um 19:10 zu 0,430 Metern und am 05.11.2012 wurde um 5:40 eine Wasserstandshöhe von 0,512 Metern erfasst. Der Mittelwert der Pegelstände des Jahres 2012 von 0,12 Metern ist deutlich unter jenen vom Schöttlbach.

Dies zeigt, dass die Wasserstandsspitzen am Krumeggerbach an den gleichen Tagen, sowie zeitlich mit einer maximalen Differenz von einer Stunde verglichen mit dem Schöttlbach, auftreten.

Der eigenartige Verlauf der Wasserstandshöhen bei Niedrigwasser ergab sich durch den Einfluss eines Kleinkraftwerks am Krumeggerbach, das sich flussaufwärts der Messinstallation befindet.

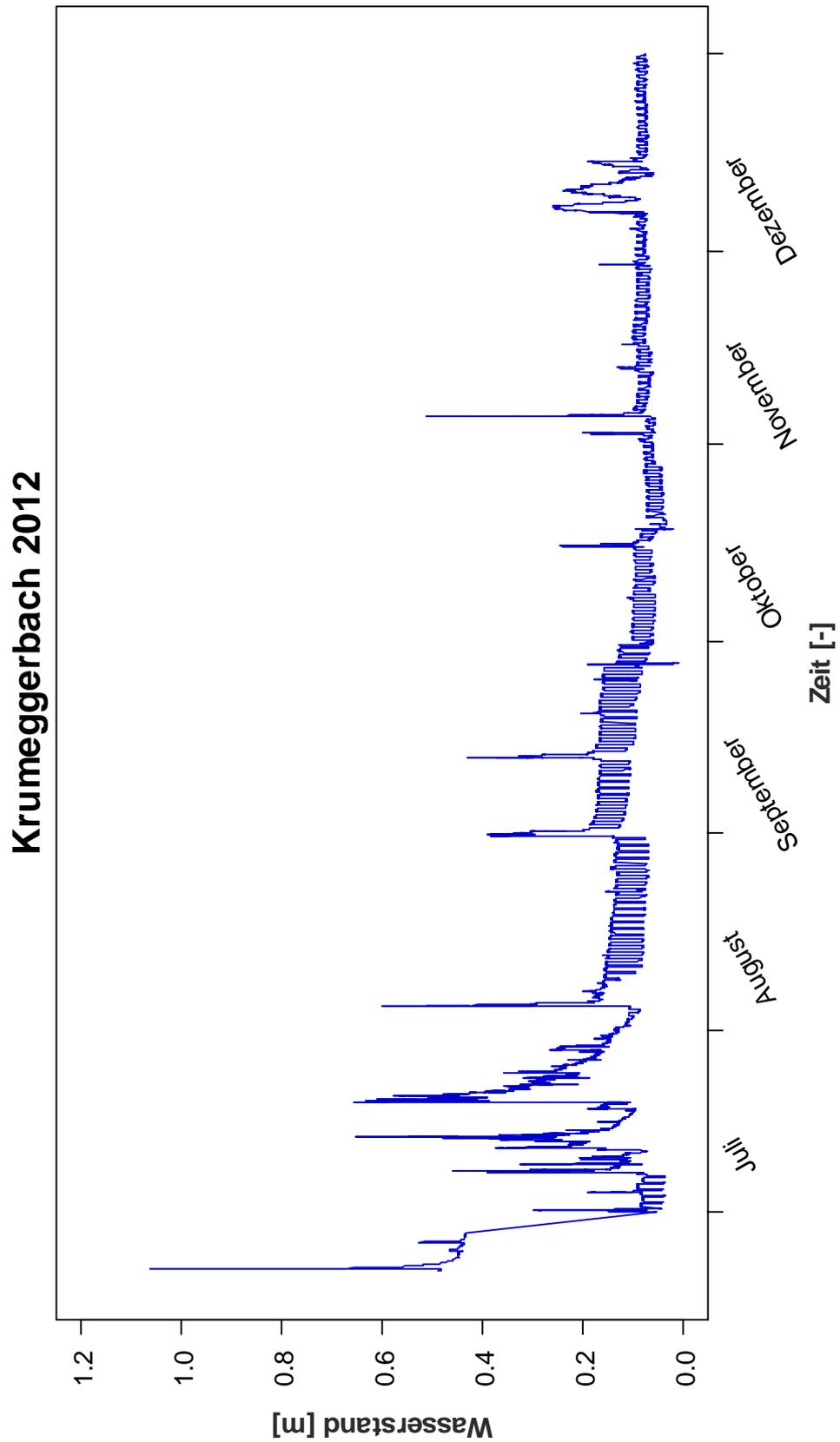


Abbildung 45: Darstellung des Wasserstandes am Krumeggerbach im Jahr 2012

Die gemessenen Wasserstände am Krumeeggerbach im Jahr 2013 sind sehr niedrig. Die mittlere Wasserstandshöhe ergibt einen Wert von 0,08 Metern, was deutlich unter jener vom Schöttlbach liegt. Am 20.03.2013 kam es um 5:55 zu einer Spitze von 0,486 Metern, am 19.04.2013 um 14:55 zu 0,350 Metern und am 02.06.2013 wurde um 03:15 ein Wasserstandstand von 0,477 Metern gemessen. Im Jahr 2012 ähnelten die Abflussspitzen des Schöttlbachs und die des Krumeeggerbachs einander, im Jahr 2013 war keine Ähnlichkeit mehr feststellbar. Einzig der hohe Pegelstand vom 2.Juni trat an beiden Wildbächen auf.

Aus Abbildung 46 kann, wie aus den Abbildungen des Schöttlbachs im selben Jahr, der Einfluss der Schneeschmelze Mitte April bis etwa Ende Mai abgelesen werden. Die Starkregenereignisse in den Sommermonaten, die am Schöttlbach ersichtlich sind, lassen sich am Wasserstand des Krumeeggerbachs nicht feststellen.

Der eigenartige Verlauf der Wasserstandshöhen bei Niedrigwasser ergibt sich wieder durch den Einfluss eines Kleinkraftwerks am Krumeeggerbach flussaufwärts der Messinstallation.

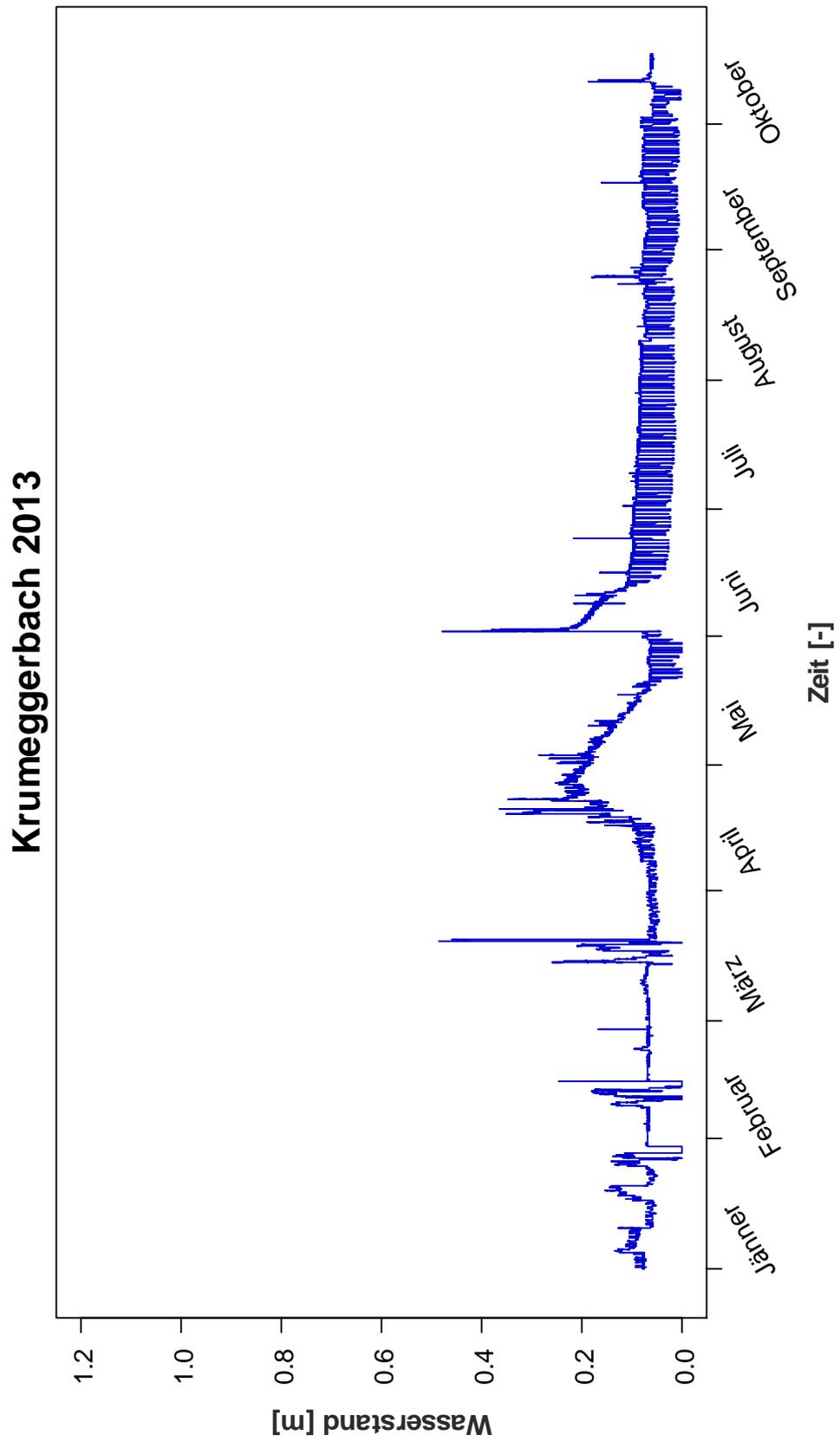


Abbildung 46: Darstellung des Wasserstandes am Krumeggerbach im Jahr 2013

4.5 Pegelschlüssel

Unter einem Pegelschlüssel wird in der ÖNORM B 2400 (2003) der *„Zusammenhang zwischen dem Wasserstand (...) und dem zugehörigen Durchfluss (...) in einem bestimmten Pegelprofil unter Voraussetzung eines stationären Durchflusses (...)“* verstanden. Die graphische Darstellung des Pegelschlüssels wird als Pegelkurve oder Schlüsselkurve bezeichnet (ÖNORM B 2400, 2003).

Da mit Hilfe der im Einzugsgebiet installierten Messeinrichtungen (siehe Kapitel 4.3.4) die Wasserstände regelmäßig aufgezeichnet werden, kann man nach der Erstellung der Pegelkurven permanent auf den Durchfluss im jeweiligen Querprofil rückschließen.

Zur Erstellung der Pegelkurven am Schöttlbach wurde das Open Source Programm Bed Load Analyzer herangezogen. Die im Bed Load Analyzer erstellten Pegelkurven wurden zusätzlich mit im Einzugsgebiet durchgeführten Nautilusmessungen kalibriert und die Rauigkeitswerte im Bed Load Analyzer entsprechend angepasst.

Während der Bearbeitung des ClimCatch Projekts werden sich die erstellten Kurven kontinuierlich verändern. Dies ist zum einen auf eine zunehmende Anzahl an Nautilusmessungen zurückzuführen, andererseits ändert sich die Sohle des Gerinnebetts laufend, was wiederum Auswirkungen auf den Wasserstand im Profil und somit auf die Pegelkurven hat.

4.5.1 Pegelkurve Hintereggertor

Zur Erstellung der Pegelkurve am Hintereggertor am Schöttlbach wurde das Pegelprofil im Bed Load Analyzer simuliert. In Abbildung 47 ist dieses Querprofil dargestellt.

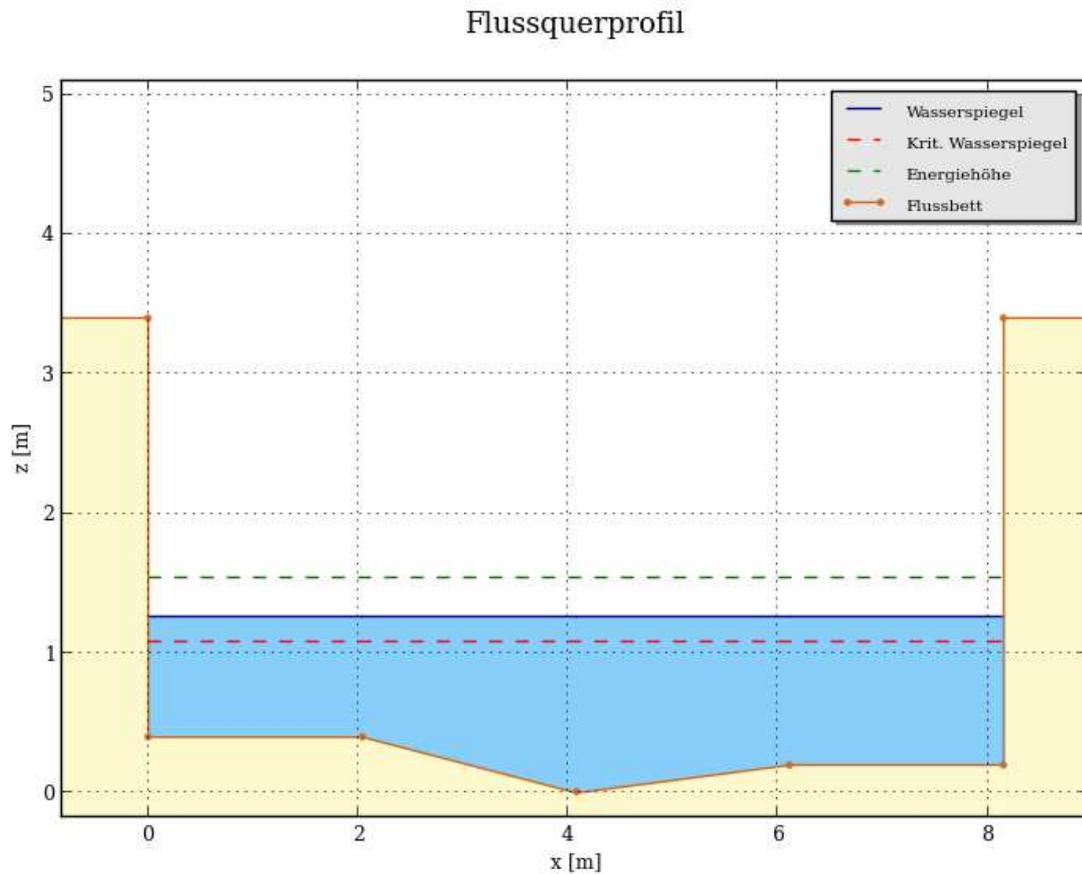


Abbildung 47: Flussquerprofil im Bed Load Analyzer am Hintereggertor (Schöttlbach)

Die im Bed Load Analyzer erstellte Pegelkurve wurde mit im Jahr 2012 und 2013 vom installierten Messsensor an diesem Messquerschnitt aufgezeichneten Wasserstandshöhen und Oberflächengeschwindigkeiten, die mit in diesem Zeitraum durchgeführten Nautilusmessungen korreliert wurden, verglichen. Die Pegelkurve, sowie die Werte der Kalibrierungsmessungen sind der Abbildung 48 zu entnehmen.

Pegelkurve Hintereggertor

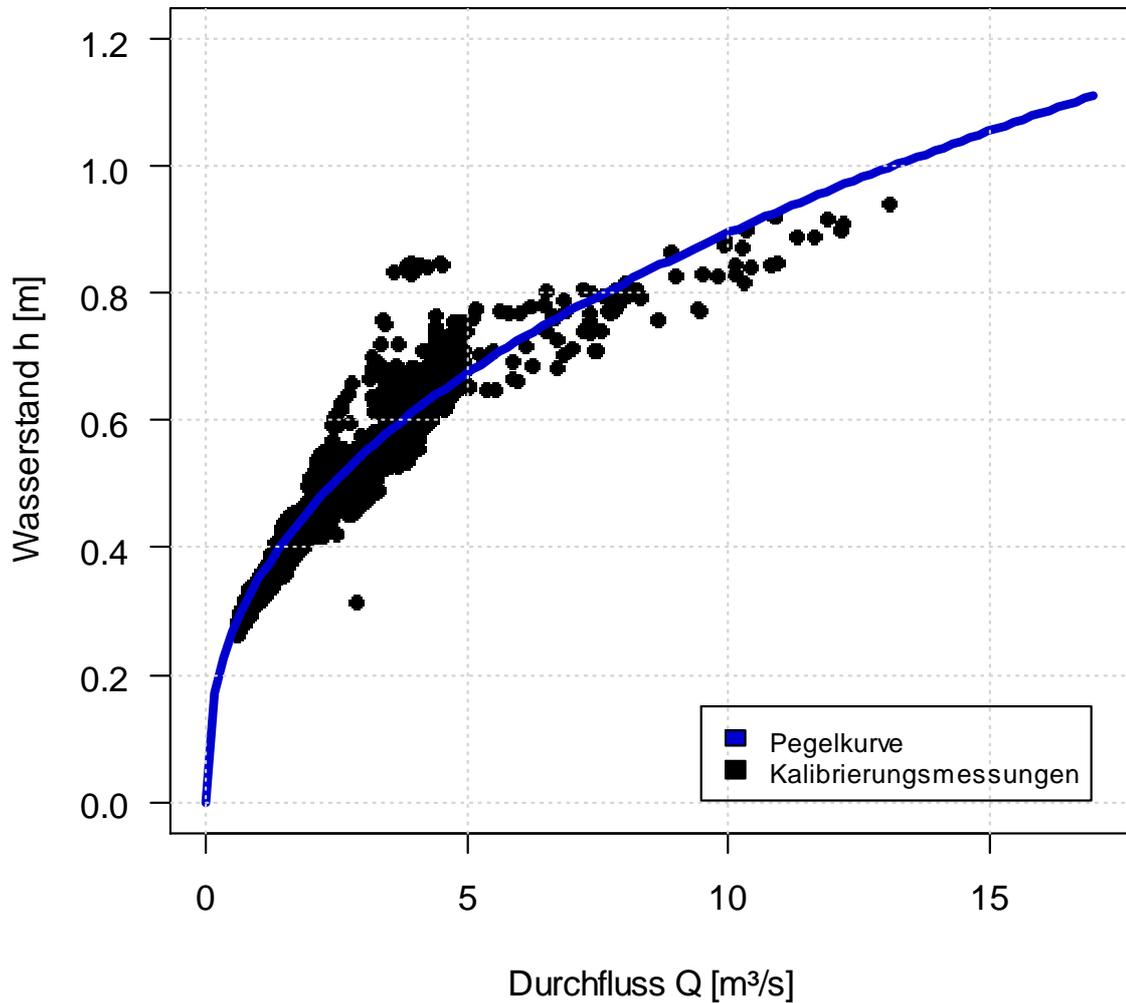


Abbildung 48: Darstellung der Pegelkurve am Hintereggertor

Die potentielle Funktion der Pegelkurve am Hintereggertor ergibt sich zu:

$$Q = 13,1330 * h^{2,4516}$$

4.5.2 Pegelkurve Schöttlkapelle

Zur Erstellung der Pegelkurve an der Schöttlkapelle wurde das Pegelprofil ebenfalls im Bed Load Analyzer dargestellt. Die nachfolgende Abbildung zeigt dieses.

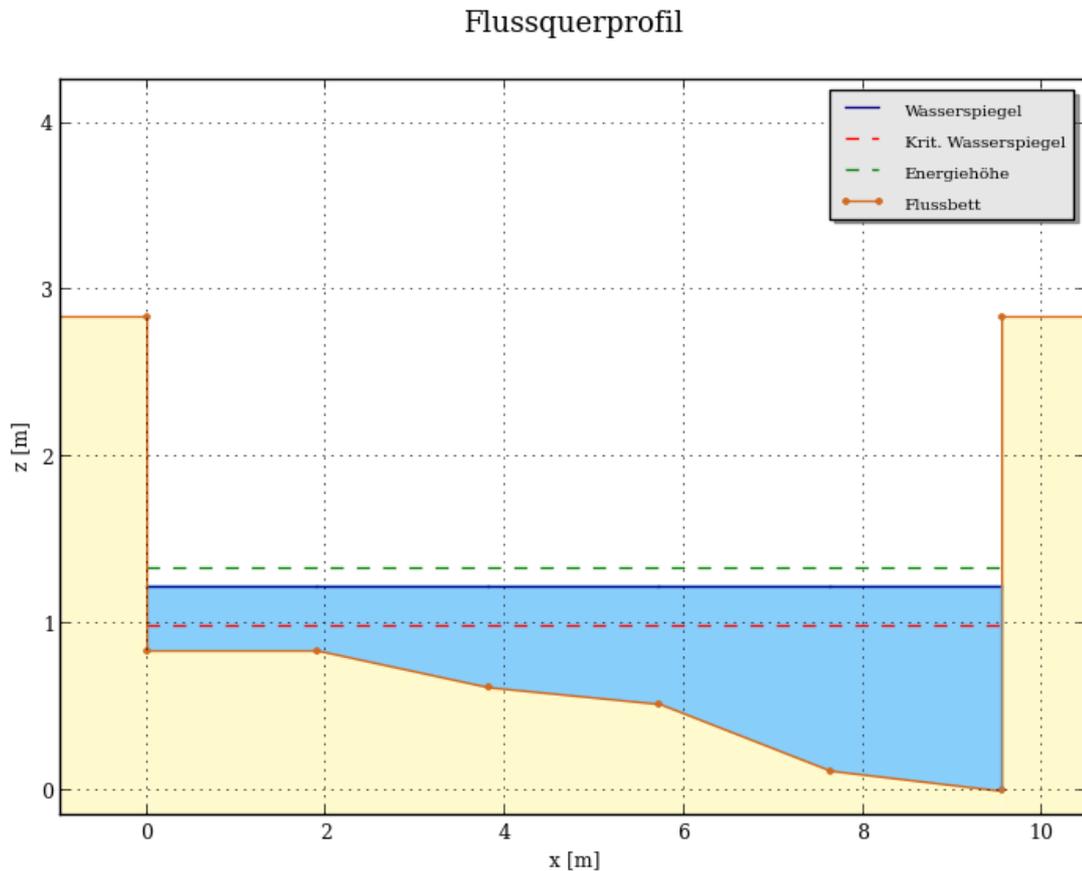


Abbildung 49: Flussquerprofil im Bed Load Analyzer an der Schöttlkapelle (Schöttlbach)

Zwischen dem 02.08.2012 und dem 19.07.2013 wurden an diesem Pegelquerschnitt neun Nautilusmessungen durchgeführt, mit denen die Pegelkurve des Bed Load Analyzers angepasst wurde.

Die Pegelkurve mit den Ergebnissen der Nautilusmessungen ist in Abbildung 50 dargestellt.

Pegelkurve Schöttlkapelle

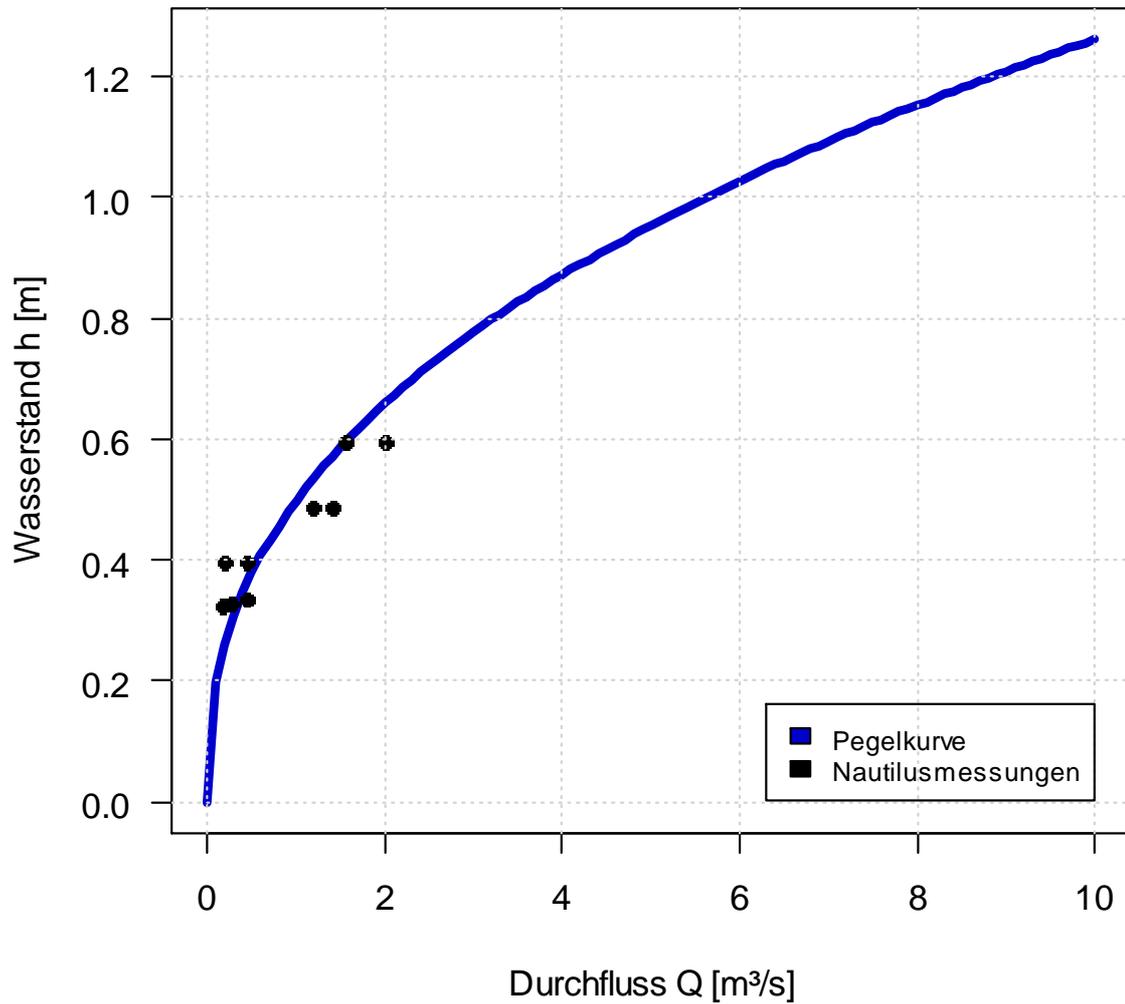


Abbildung 50: Darstellung der Pegelkurve an der Schöttlkapelle

Die potentielle Funktion der Pegelkurve an der Schöttlkapelle ergibt sich zu:

$$Q = 5,6250 * h^{2,4832}$$

4.5.3 *Pegelkurve Krumeggerbach*

Zur Erstellung der Pegelkurve am Krumeggerbach wurden fünf Salztracermessungen mit der Integrationsmethode (siehe Kapitel 3.3.2) im Zeitraum vom 25.06.2012 bis 25.06.2013 herangezogen. Abbildung 51 zeigt die Pegelkurve dieses Wildbachs. Da die Anzahl der zur Verfügung gestellten Salztracermessungen an diesem Querschnitt für die Erstellung einer potentiellen Beziehung nicht ausreichend war, konnte hier nur eine lineare Regression zur Abschätzung des Durchflusses erstellt werden. Diese wird im Laufe des ClimCatch Projektes noch zu einer potentiellen Funktion modifiziert werden.

Pegelkurve Krumeggerbach

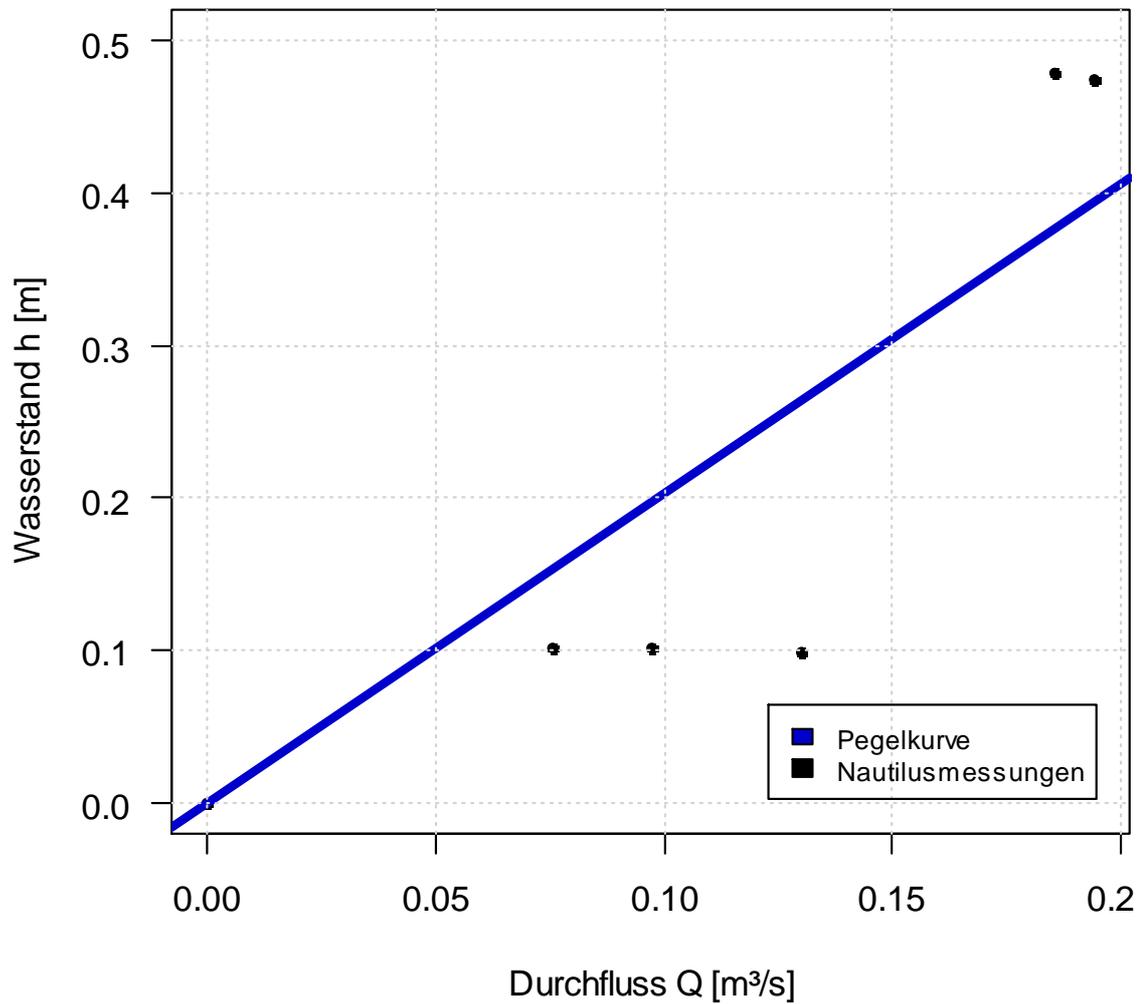


Abbildung 51: Darstellung der Pegelkurve am Krumeggerbach

Die lineare Regressionsfunktion ergibt sich zu:

$$Q = 0,4931 * h$$

4.6 Ganglinie des Durchflusses über die Zeit

Mit Hilfe der erstellten Pegelkurven an den drei Messquerschnitten am Schöttl- und Krumeggerbach lassen sich nun die Durchflussmengen für das Jahr 2012 und 2013 darstellen.

Der Verlauf des Durchflusses, wie in den folgenden Diagrammen ersichtlich, jenem der aufgezeichneten Wasserstandshöhen aus Kapitel 4.4.

Eine detaillierte Darstellung der Durchflüsse für jeweils zwei Monate ist im Anhang enthalten.

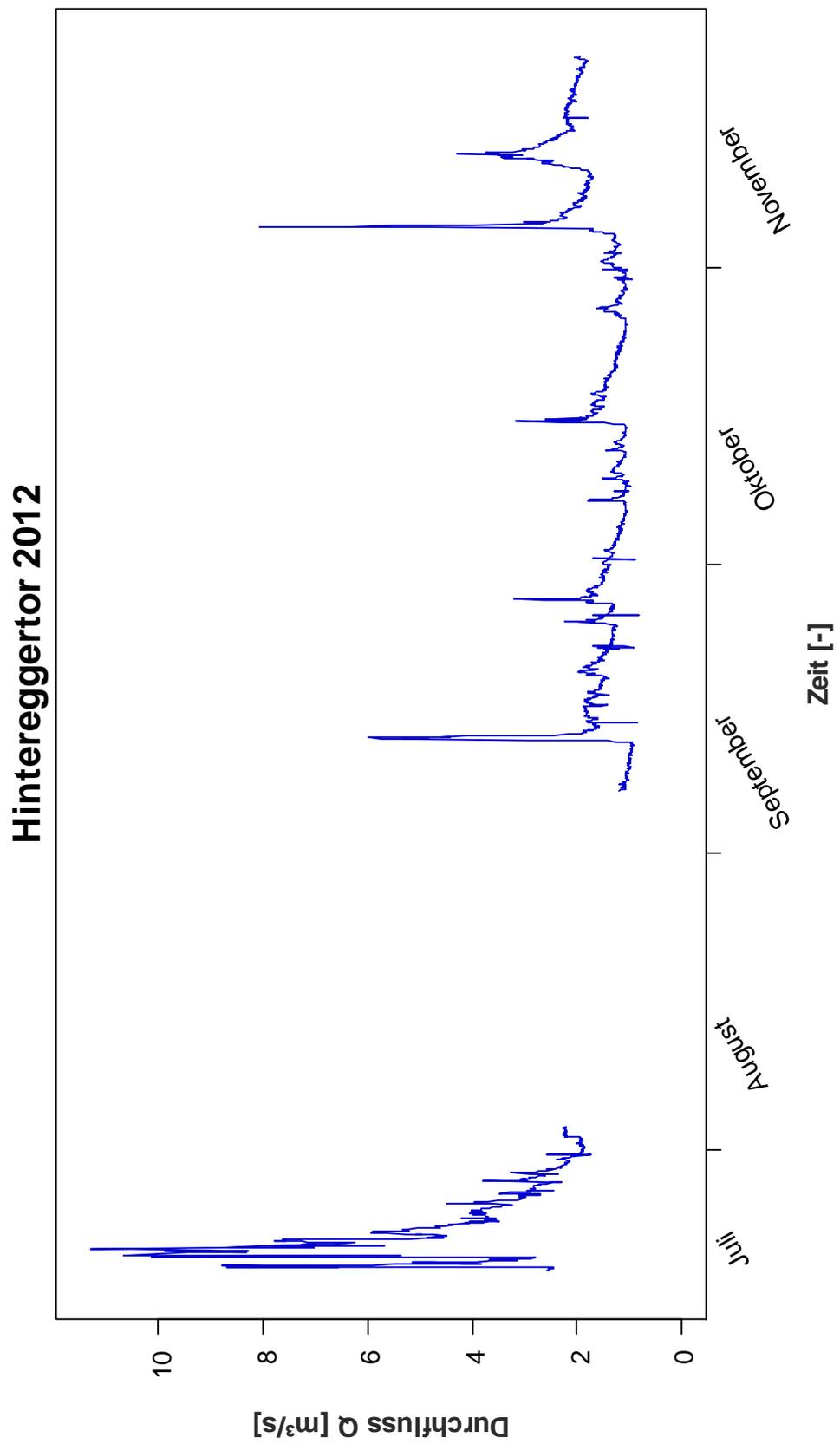


Abbildung 52: Darstellung des Durchflusses am Hintereggertor (Schöttlbach) im Jahr 2012

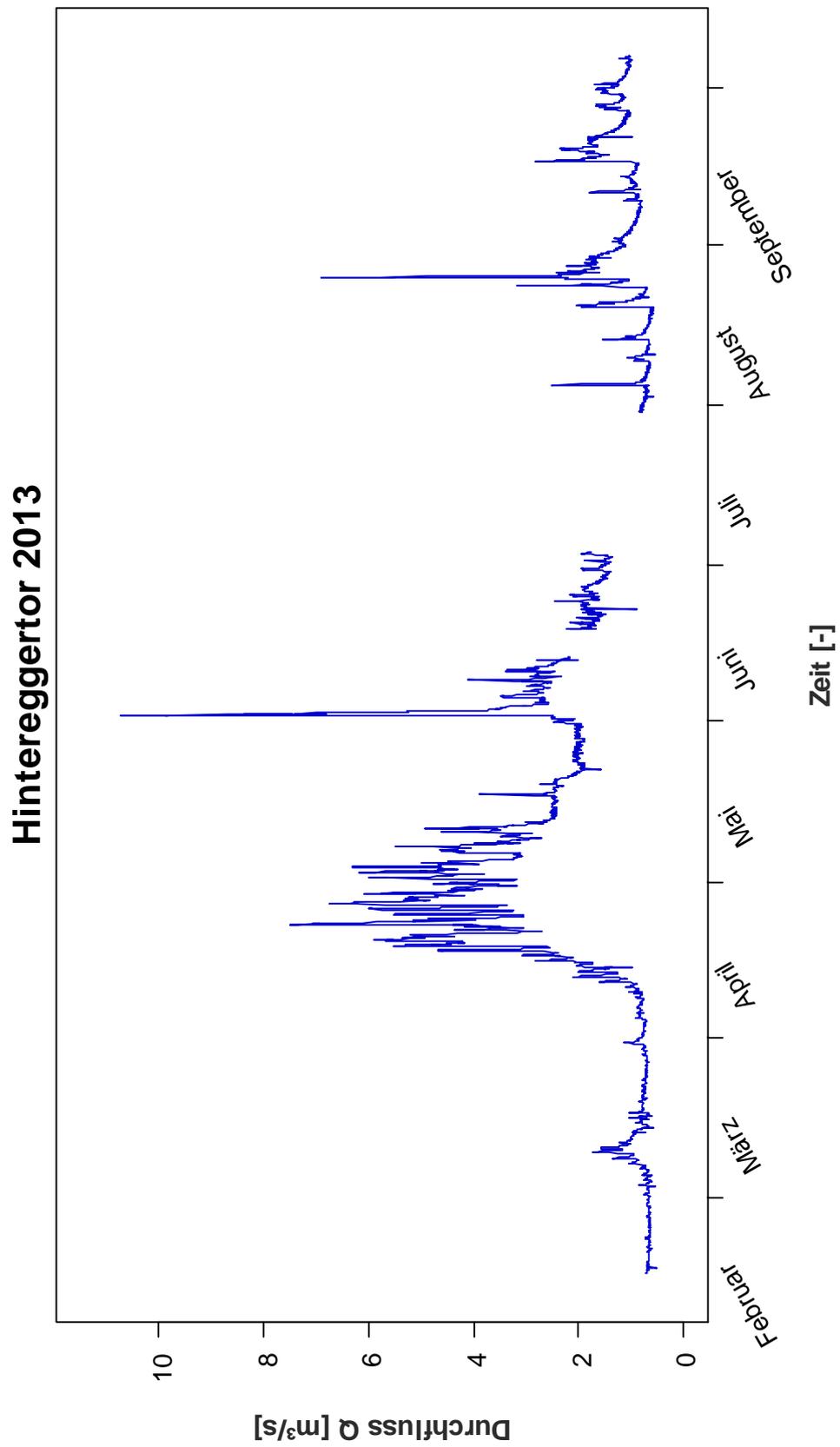


Abbildung 53: Darstellung des Durchflusses am Hintereggertor (Schöttlbach) im Jahr 2013

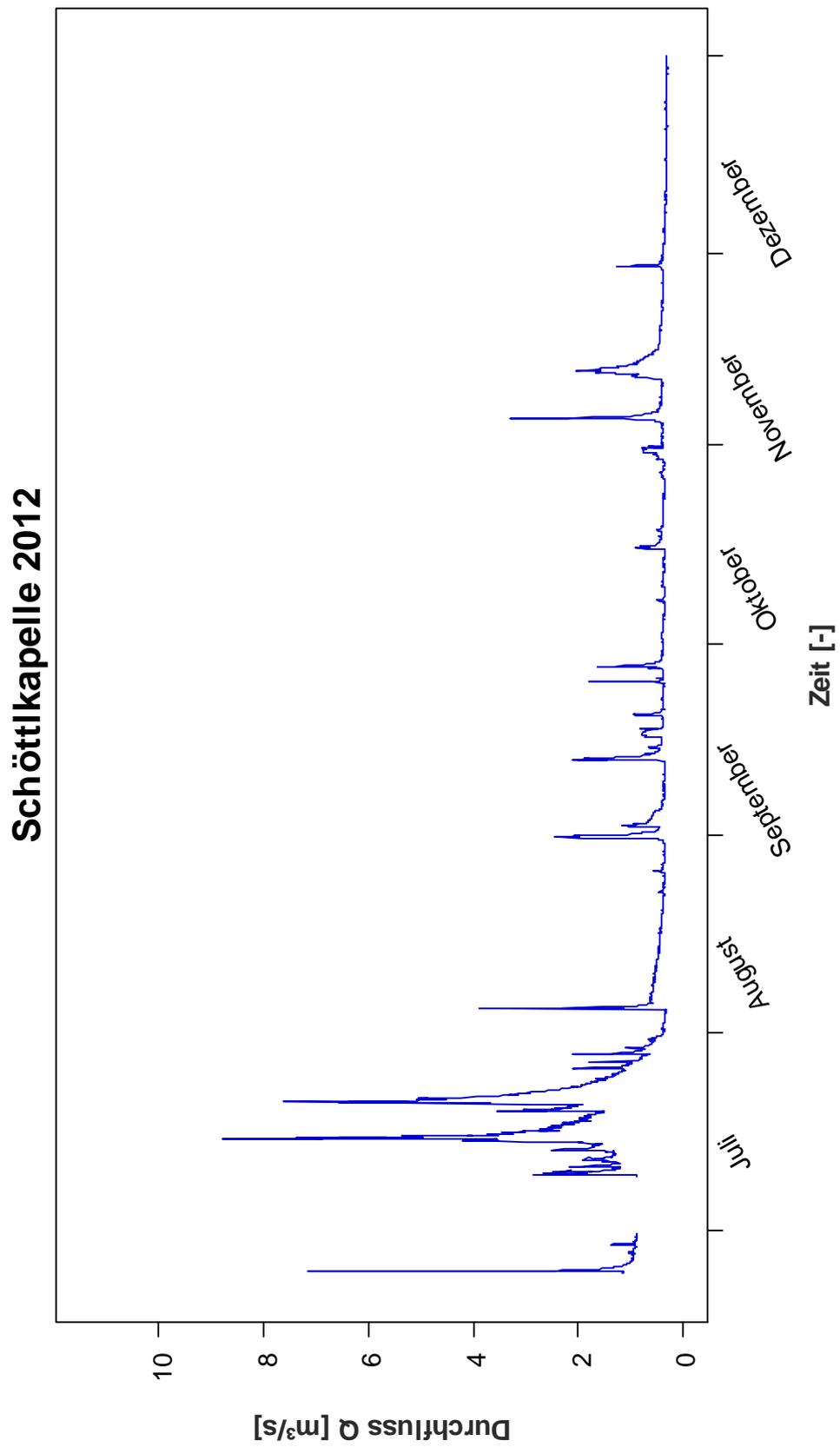


Abbildung 54: Darstellung des Durchflusses an der Schöttlkapelle (Schöttlbach) im Jahr 2012

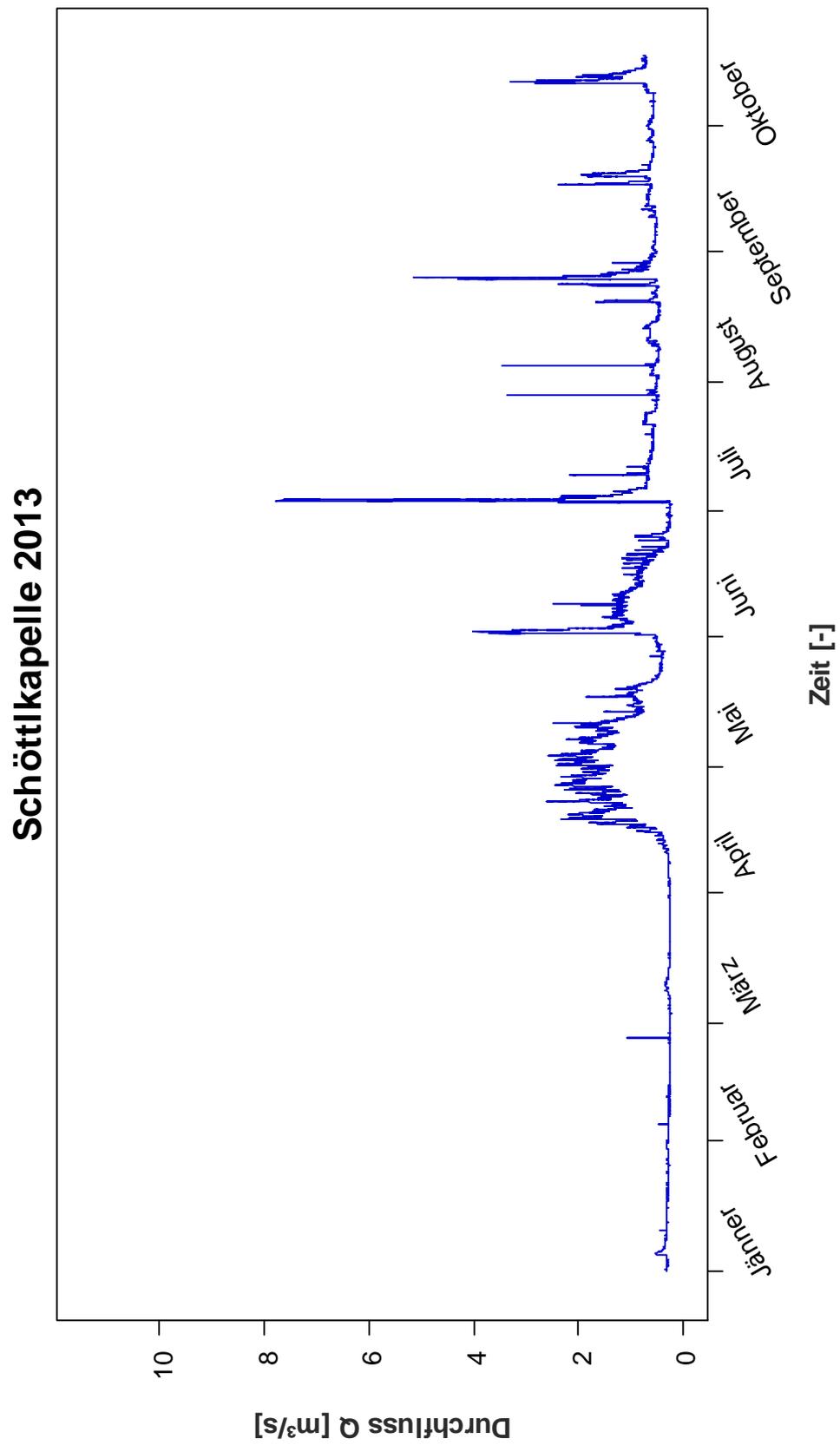


Abbildung 55: Darstellung des Durchflusses an der Schöttlkapelle (Schöttlbach) im Jahr 2013

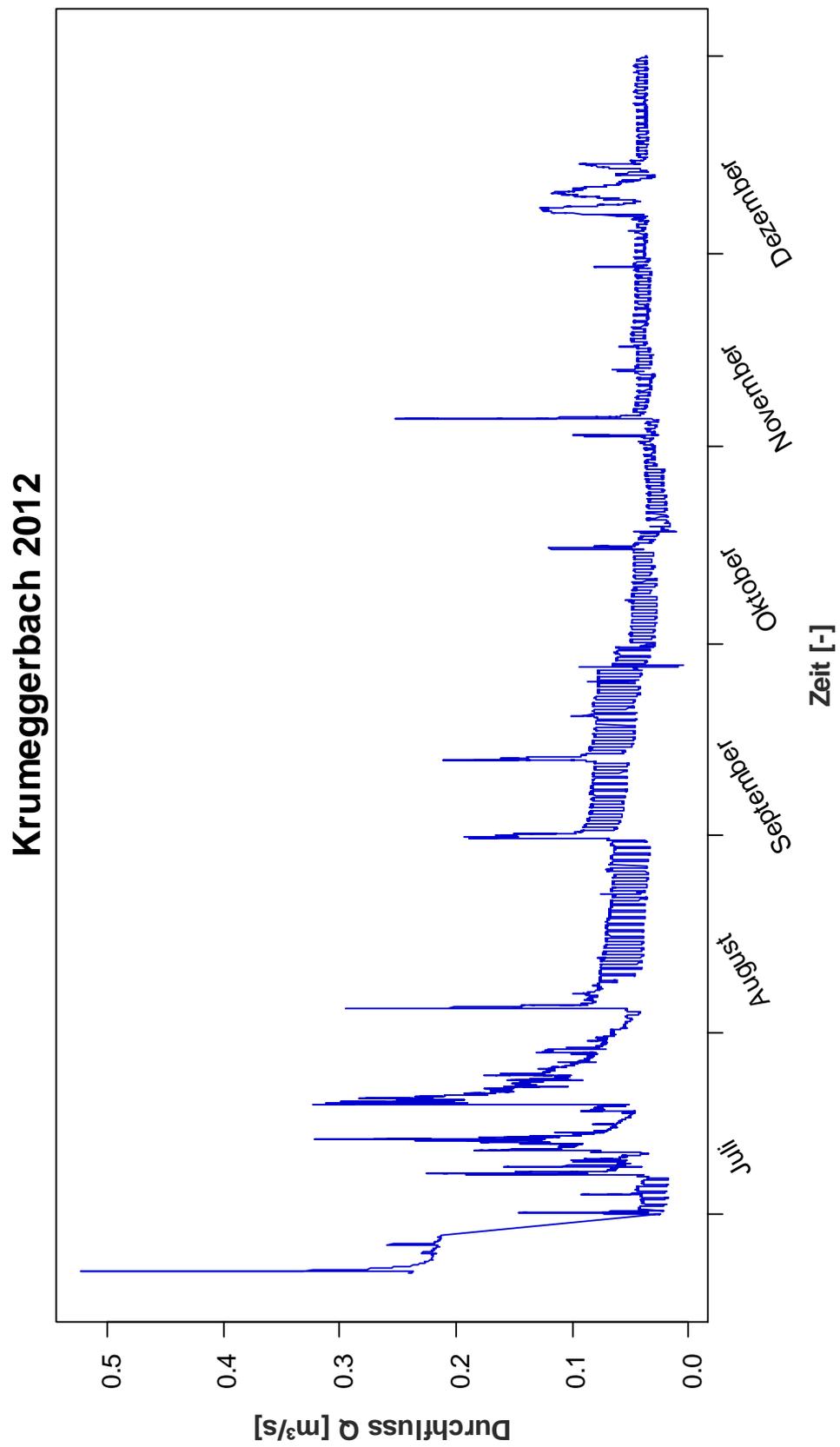


Abbildung 56: Darstellung des Durchflusses am Krumeggerbach im Jahr 2012

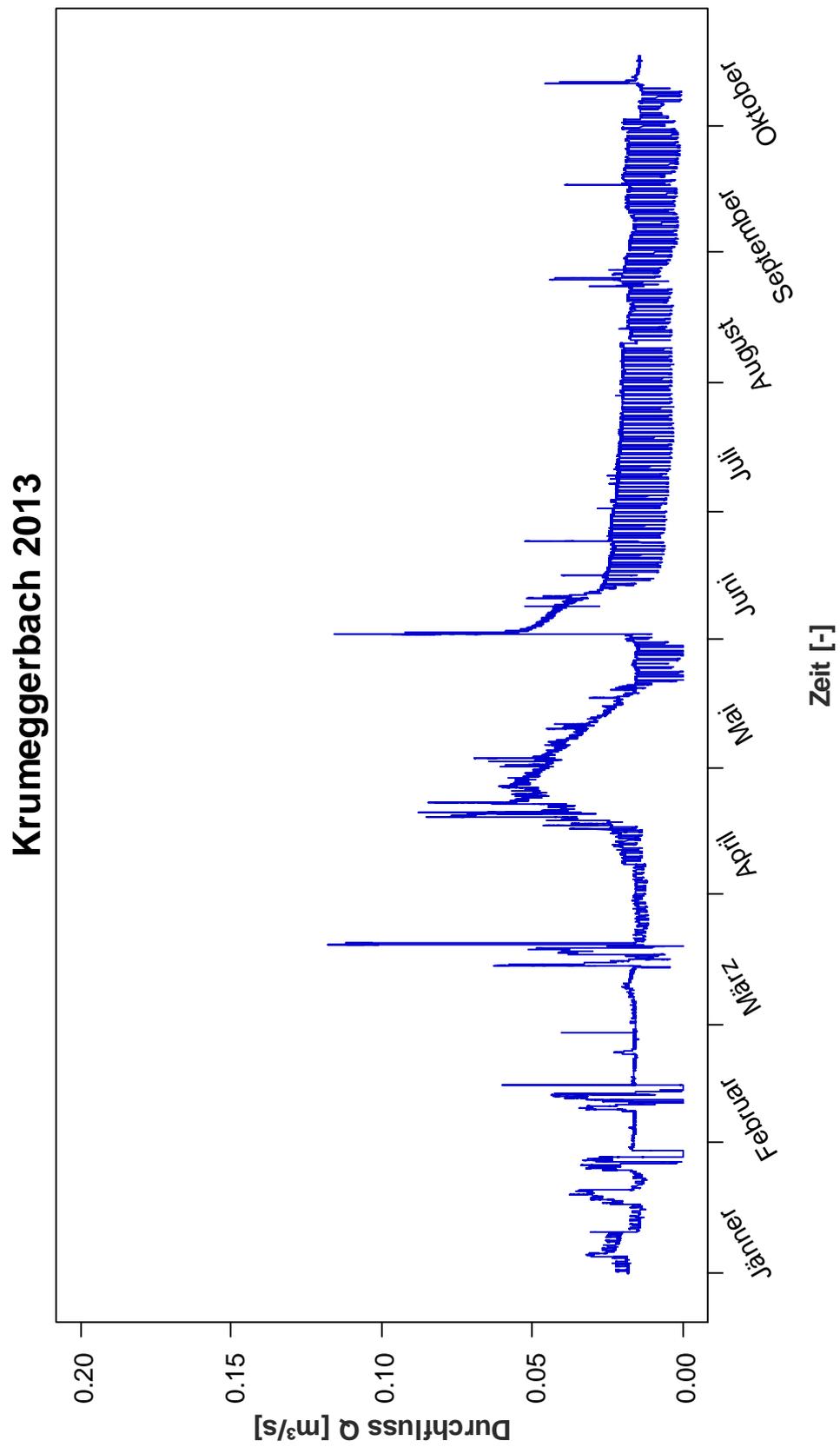


Abbildung 57: Darstellung des Durchflusses am Krumeeggerbach im Jahr 2013

5. Geschiebetransport im Einzugsgebiet

Zur Untersuchung des Geschiebetransports im Einzugsgebiet des Schöttl- und des Krumeggerbachs in Oberwölz und Umgebung wurden an den zwei zu untersuchenden Wildbächen Farb- sowie Telemetrietracer ausgesetzt. Die Markierungssteine am Schöttlbach wurden an der Schöttlkapelle ausgesetzt, jene am Krumeggerbach nahe der installierten Messeinrichtung. Sie wurden in regelmäßigen Abständen, etwa ein Mal pro Monat, vor Ort lokalisiert und kartiert. Um die aufgefundenen Tracersteine zuordnen zu können, gehörten eine Kofferwaage, eine Schieblehre, der YAESU VR-500 sowie ein GPS-Messgerät zur Grundausrüstung während der Untersuchungen im Gelände.

Die erste Begehung des Einzugsgebietes im Rahmen dieser Masterarbeit fand am 15.05.2013 statt. Diese Ersterkundung diente dazu, das Gebiet mit den vorhandenen Messeinrichtungen näher kennenzulernen und sich im Umgang mit dem YAESU VR-500 (siehe Kapitel 3.2.3), der die ausgesetzten Telemetriesteine ortet, vertraut zu machen. Des Weiteren wurden die letzten Farbtracer in den zwei Wildbächen ausgesetzt.

Zur Darstellung der Fundorte der einzelnen Tracersteine im nachfolgenden Kapitel kam das GIS Programm ArcMap der Firma ESRI zum Einsatz.

Detailliertere Informationen zu den Tracersteinen, sowie den Koordinaten der Auffindorte sind im Anhang dargestellt.

5.1 Tracersteine Schöttlbach

Zum Aussetzen der ersten Telemetriesteine am Schöttlbach kam es am 15.11.2012, der zweite Teil der insgesamt 20 Telemetrietracer, sowie 22 Farbtracer wurden am 08.01.2013 im Gerinne an der Schöttlkapelle platziert. Zusätzlich wurden im Zuge der ersten Begehung am 15.05.2013 die restlichen 11 Farbtracer ausgesetzt.

5.1.1 *Schöttlbach am 17.06.2013*

Während des erstmaligen Aufsuchens der Tracer am 17.06.2013 wurden am Schöttlbach nur die Telemetriesteine geortet, diese wurden allerdings nicht exakt dokumentiert. Die Farbtracer wurden bei den Beobachtungen an diesem Tag vernachlässigt.

5.1.2 *Schöttlbach am 25.06.2013*

Bei den Untersuchungen am 25.06. wurden die Telemetrietracer kartiert. Der Aussetzpunkt, sowie die einzelnen Auffindorte sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.



Abbildung 58: Schöttlbach: Auffindorte der Telemetrietracer 25.06.2013

5.1.3 Schöttlbach am 11.07.2013

An diesem Untersuchungstag wurden sowohl die Farb-, als auch die Telemetrietracer entlang des Schöttlbachs kartiert. Am 03.Juli trat der größte Abfluss des Jahres 2013 an diesem Wildbach auf, wodurch sich Tracersteine bis zu einer Masse von 30 Kilogramm mobilisierten. In Folge dieses hohen Durchflusses, bei dem ein Wert von $7,77 \text{ m}^3/\text{s}$ erfasst werden konnte, legte

beispielsweise ein Tracer mit 0,6 Kilogramm eine Distanz von über 400 Metern zurück.

Abbildung 59 stellt die aufgefundenen Tracersteine vom 25.06. mit jenen vom 11.07. gegenüber. Die in rot dargestellten Punkte sind die Telemetriesteine vom 25.06.2013, die in blau dargestellten sind jene georteten Tracer vom 11.07.2013. All jene Markierungssteine, die einen Sender integriert haben, sind ausschließlich mit einer Ziffer, Farbtracer sind zusätzlich mit dem Buchstaben „S“ gekennzeichnet.



Abbildung 59: Schöttlbach: Auffindorte der Tracer 25.06 und 11.07.2013

Da die Transportweite der Steine von ihrer Masse abhängt, wurden diese in vier Kategorien (XS, S, M, L) eingeteilt.

Die Einteilung der Tracer ist folgendermaßen:

- XS: 0 – 0,5 Kilogramm
- S: 0,5 – 3,0 Kilogramm
- M: 3,0 – 8,0 Kilogramm
- L: 8,0 – 31,1 Kilogramm

Das nachfolgende Diagramm zeigt die durchschnittlichen Transportweiten der Tracersteine infolge des Durchflusses vom 03.Juli 2013.

Durchschnittlicher Transportweg infolge Spitzenabfluss 2013

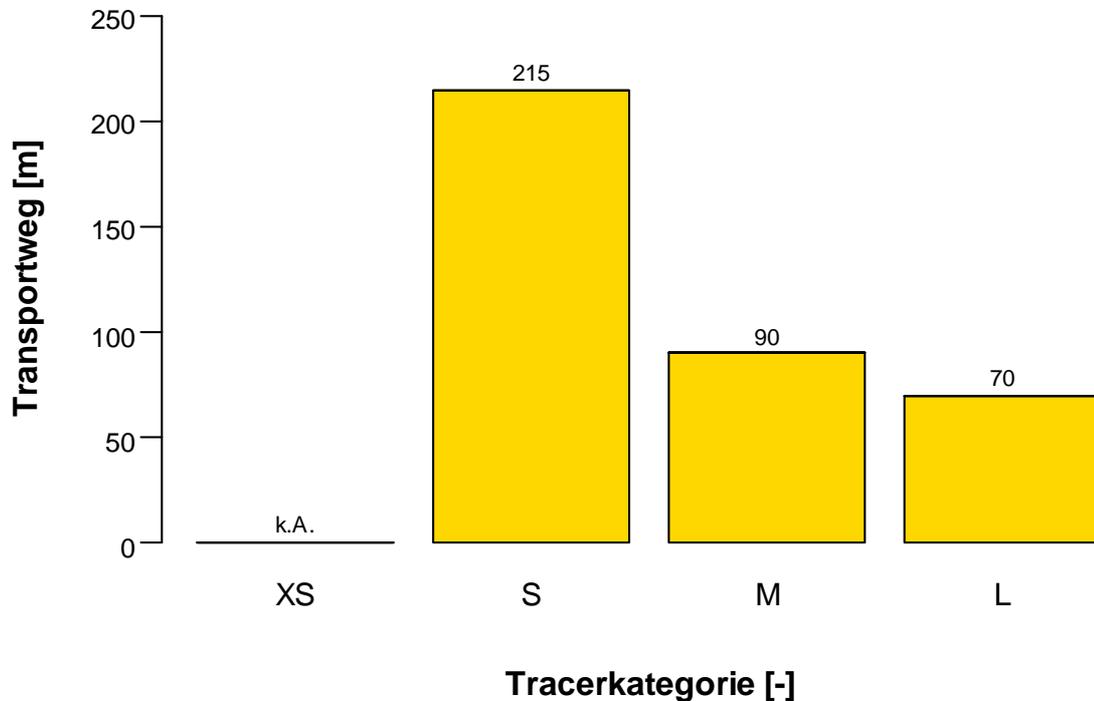


Abbildung 60: Durchschnittlicher Transportweg der Tracer infolge des Spitzenabflusses des Jahres 2013

Infolge des hohen Abflusses im Juli 2013 konnten keine Tracersteine der Kategorie „XS“ wieder gefunden werden, um auf die durchschnittliche Transportweite zu schließen. Tracersteine der Kategorie „S“ haben sich im Durchschnitt 215 Meter bewegt, jene der Kategorie „M“ 90 Meter. Die schwerste Kategorie „L“ konnte einen durchschnittlichen Transportweg von 70 Metern aufweisen.

5.1.4 Schöttlbach am 12.08.2013

Innerhalb des letzten Monats wurde ein maximaler Durchfluss von 3,45 m³/s festgestellt, bei dem sich Tracersteine bis zu einem Gewicht von etwa zwei Kilogramm in Bewegung setzten.

Abbildung 61 stellt die Auffindorte der Tracer vom 11.07.2013 und jene vom 12.08.2013 gegenüber. Die Standorte vom 11.07 sind in blau dargestellt und jene vom 12.08. in pink. Alle Tracer, die ihre Position innerhalb des letzten Untersuchungszeitraums nicht verändert haben, sind in gelb markiert.



Abbildung 61: Schöttlbach: Auffindorte der Tracer 11.07. und 12.08.2013

5.1.5 Schöttlbach am 05.09.2013

Bei einem maximal ermittelten Durchfluss von $5,16 \text{ m}^3/\text{s}$ bewegten sich Markierungssteine bis zu einem Gewicht von circa sieben Kilogramm.

Abbildung 62 stellt die Auffindorte der Tracer vom 12.08.2013 und jene vom 05.09.2013 gegenüber. Die Fundorte vom 12.08 sind in pink, jene vom

05.09.2013 sind in türkis dargestellt. Alle Tracer, die ihre Position innerhalb des Untersuchungszeitraums nicht verändert haben, sind in gelb markiert.

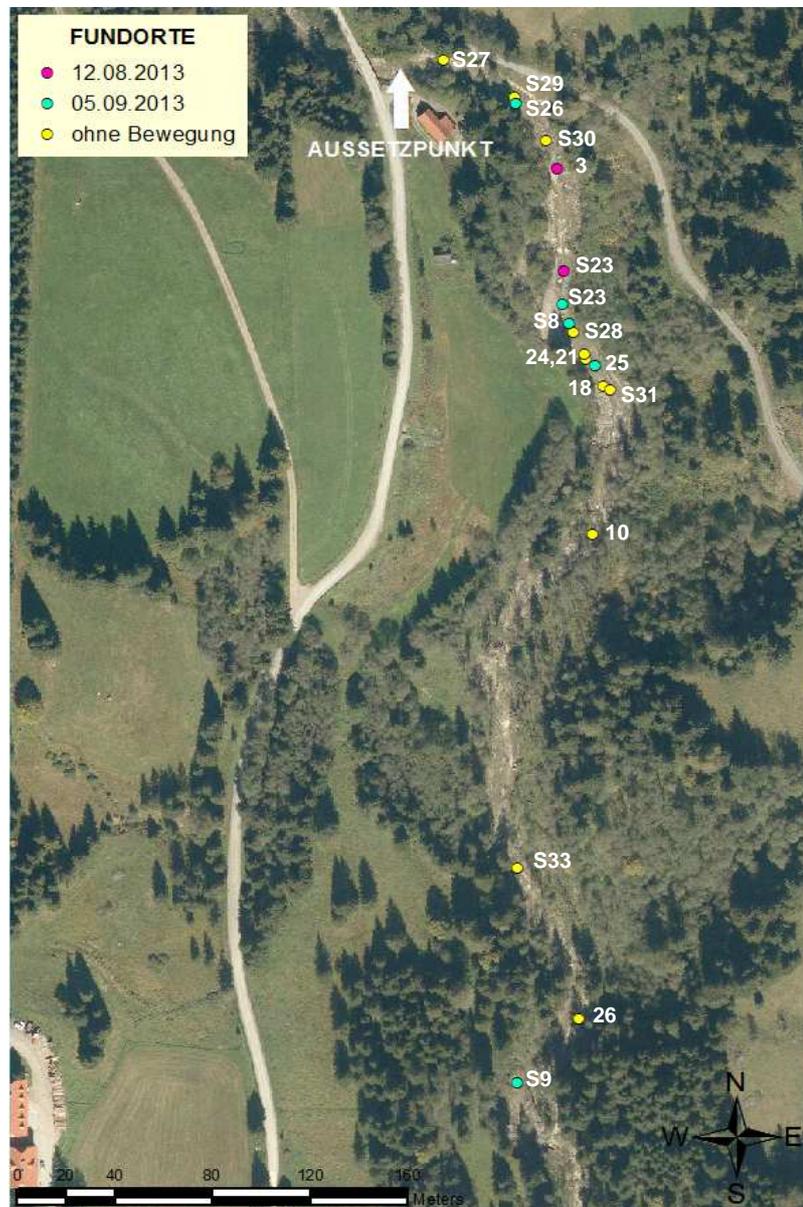


Abbildung 62: Schöttlbach: Auffindorte der Tracer 12.08. und 05.09.2013

5.1.6 Schöttlbach am 28.09.2013

Seit der letzten Untersuchung am Schöttlbach war keine merkliche Lageänderung der ausgesetzten Tracersteine erkennbar. Lediglich ein

Telemetrietracer wurde nicht mehr gefunden, was wahrscheinlich auf eine Schotterüberdeckung zurück zu führen ist. Des Weiteren wurde die Untersuchungsstrecke erweitert, wodurch ein zusätzlicher Telemetrietracer gefunden werden konnte. Bei einem maximalen Durchfluss von $2,39 \text{ m}^3/\text{s}$ wurden somit keine Tracer mobilisiert.

5.1.7 Schöttlbach am 17.10.2013

Ebenso wie bei der letzten Erkundung vor Ort setzten sich die Tracersteine, bei einem maximal berechneten Abfluss von $3,29 \text{ m}^3/\text{s}$, nicht in Bewegung. Dies könnte darauf zurückgeführt werden, dass ein großer Teil der leichteren Tracer nicht mehr gefunden werden konnte und einige der wiedergefundenen Tracer sehr fest in den Schotterbänken abgelagert sind. Dadurch werden diese Steine erst nach einem größeren Abfluss wieder mobilisiert. Abbildung 63 zeigt jene Schotterbank am Schöttlbach, bei der es zu den größten Ablagerungen der Tracersteine kam. In der rechten Abbildung ist einer dieser Tracer beispielhaft dargestellt.



Abbildung 63: Ablagerungsfläche am Schöttlbach

5.2 Transportbeginn am Schöttlbach

Abbildung 64 zeigt den wahrscheinlichen Transportbeginn der einzelnen Tracer je nach Durchfluss, die gemäß ihrer Masse in vier Kategorien eingeteilt wurden (siehe Kapitel 5.1.3). Auf den Beginn der Bewegung kann nur aufgrund des maximalen Durchflusswertes innerhalb der jeweiligen Untersuchungszeiträume rückgeschlossen werden, wodurch dieser somit nur einen Richtwert darstellt.

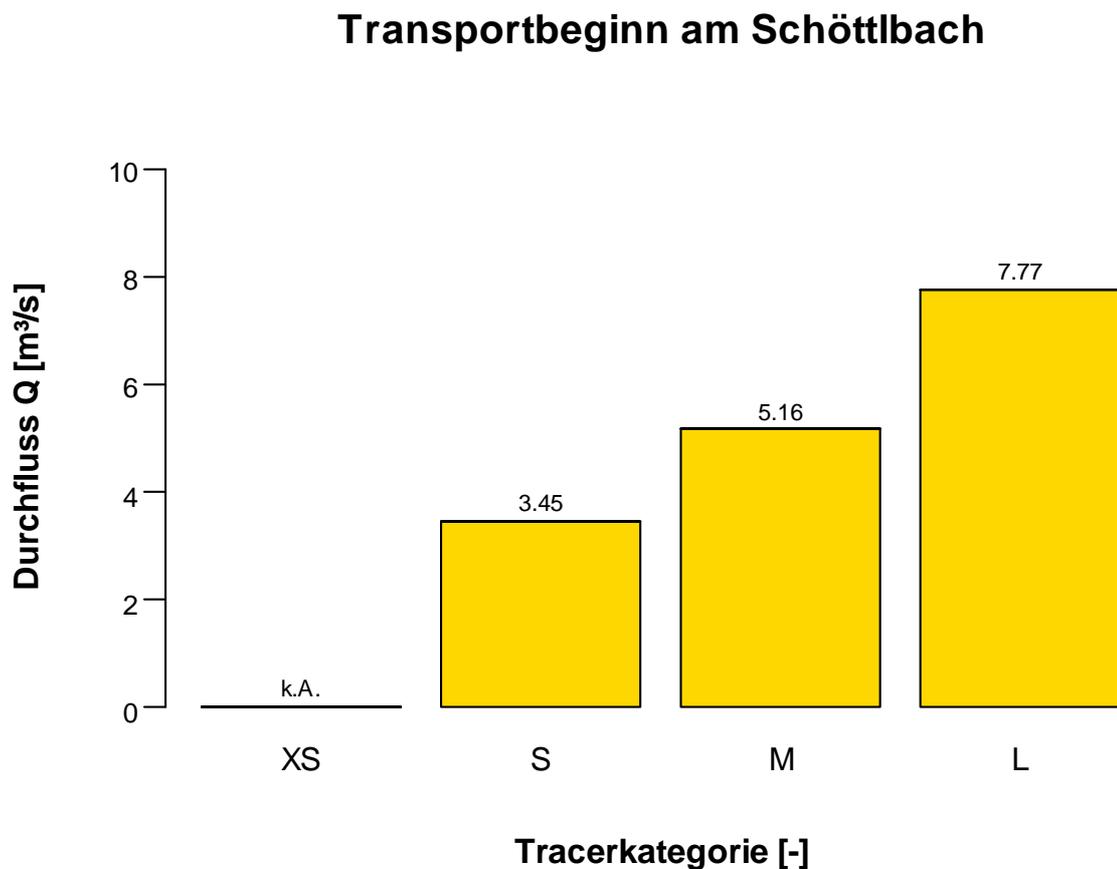


Abbildung 64: Transportbeginn am Schöttlbach

Über die Tracerkategorie „XS“ lassen sich keine Angaben machen, da kein Tracer, der insgesamt sieben ausgesetzten, die dieser Gruppe zugeteilt wurden, wieder gefunden werden konnte. Zum einen lässt sich dies erklären, weil kleine Steine am schnellsten von Sedimenten überlagert werden und somit

nicht mehr auffindbar sind, andererseits mobilisieren sich diese Tracer bereits bei geringeren Abflüssen, wodurch sie große Distanzen, bis außerhalb des untersuchten Bereichs zurücklegen können.

Es konnte festgestellt werden, dass sich die Tracer, die der Kategorie „S“ angehören, etwa bei einem Abfluss von 3,45 m³/s in Bewegung setzten. Der am weitesten bewegte Markierungsstein dieser Kategorie hat innerhalb des Untersuchungszeitraums einen Weg von 400 Metern bewältigt.

Tracersteine der Kategorie „M“ mobilisierten sich ab einem Abfluss von circa 5,16 m³/s. Der Tracer, der die größte Distanz zum Aussetzort zurückgelegt hat, gehört dieser Kategorie an. Jener Stein hat ein Gewicht von 4,85 Kilogramm und befand sich nach den Untersuchungen 600 Meter von der Schöttlkapelle entfernt. Bei diesem Abflussereignis setzten sich auch Steine der darunterliegenden Kategorien in Bewegung.

Da es während der Untersuchungen zu einem sehr hohen Abfluss im Juli kam, mobilisierten sich alle Steine der Kategorie „L“. Der schwerste ausgesetzte Tracer mit über 30 Kilogramm überwand eine Entfernung von 20 Metern.

5.3 Tracersteine Krumeggerbach

Im Krumeggerbach wurden insgesamt 10 Telemetrietracer und 17 Farbtracer ausgesetzt. Die Markierungssteine wurden an unterschiedlichen Tagen, dem 15.11.2012, dem 08.01.2013 sowie dem 15.05.2013 nahe der Brücke mit der installierten Messeinrichtung (siehe Abbildung 40), ausgesetzt.

Die zu untersuchende Strecke, an der die ausgesetzten Tracer wiedergefunden werden können, beträgt etwa 250 Meter. Nach dieser Distanz befindet sich ein Wasserfall, der das weitere Auffinden der Markierungssteine unmöglich macht. Dieser Wasserfall hat etwa auf halber Höhe Becken, die zum Aufsuchen der Tracer unzugänglich sind.

5.3.1 *Krumeggerbach am 17.06.2013*

Im Zuge des erstmaligen Aufsuchens der Tracer am 17.06.2013 wurden am Krumeggerbach nur die Telemetriesteine geortet, diese wurden allerdings nicht exakt kartiert. Die Farbtracer wurden bei der Suche an diesem Tag vernachlässigt.

5.3.2 *Krumeggerbach am 24.06.2013*

Am 24.06.2013 wurden die Auffindorte der Telemetriesteine dokumentiert. Diese sind in Abbildung 65 dargestellt.



Abbildung 65: Krumeggerbach: Auffindorte der Telemetrietracer 24.06.2013

5.3.3 *Krumeggerbach am 11.07.2013*

Die Telemetriesteine haben ihre Lage seit der letzten Messung am 24. Juni nicht verändert. Hinzu kommt, dass nun auch die Standorte der Farbtracer erfasst wurden.

5.3.4 *Krumeggerbach am 12.08.2013*

Innerhalb des letzten Monats konnte ein maximaler Durchfluss von $0,045 \text{ m}^3/\text{s}$ berechnet werden, wodurch sich am Krumeggerbach Tracersteine bis zu einem Gewicht von zwei Kilogramm in Bewegung gesetzt haben.

5.3.5 *Krumeggerbach am 05.09.2013*

Bei einem Durchfluss bis zu $0,089 \text{ m}^3/\text{s}$, zu dem es am 25. August kam, konnte festgestellt werden, dass sich zusätzlich zu den kleineren Tracern Markierungssteine bis zu einem Gewicht von fünf Kilogramm mobilisierten.

5.3.6 *Krumeggerbach am 28.09.2013*

Der maximale Abfluss seit der letzten Erkundung am Krumeggerbach ergab sich zu $0,079 \text{ m}^3/\text{s}$. Hierbei kam es zu keiner merklichen Bewegung der ausgesetzten Tracersteine.

5.3.7 *Krumeggerbach am 17.10.2013*

Bei den Untersuchungen an diesem Tag konnte erstmals Algenbewuchs auf den Markierungssteinen festgestellt werden. Der maximale Durchfluss innerhalb der 2,5 Wochen seit der letzten Erkundung vor Ort, betrug $0,093 \text{ m}^3/\text{s}$.

In Abbildung 66 sind die Auffindorte der ersten Untersuchung vom 11.07.2013, bei der sowohl Telemetrie- als auch Farbtracer kartiert wurden, im Vergleich zu jenen der letzten, am 17.10.2013 gekennzeichnet. Die in gelber Farbe markierten Standorte sind jene Markierungssteine, die ihre Lage im Laufe der Untersuchungen nicht verändert haben. Die Tracerstandorte der ersten Messung sind in blau, die der letzten in grün dargestellt, um die Veränderung

der Lage zu verfolgen. All jene Markierungssteine, die einen Sender integriert haben, sind ausschließlich mit einer Ziffer, Farbtracer sind zusätzlich mit dem Buchstaben „K“ gekennzeichnet.



Abbildung 66: Krumeggerbach: Auffindorte der Tracer 11.07 und 17.10.2013

Der am weitesten bewegte Tracerstein am Krumeggerbach, der ein Gewicht von 1,95 Kilogramm aufweist, hat innerhalb von vier Monaten eine Strecke von etwa 250 Metern zurückgelegt. Dieser Telemetrietracer wurde bei der letzten Untersuchung vor Ort mitgenommen und wird nach der Überprüfung des Sendesignals, sowie einer neuerlichen Farbmarkierung abermals am ursprünglichen Ausgangspunkt in diesem Wildbach ausgesetzt.

5.4 Transportbeginn am Krumeggerbach

Da der Transportbeginn der Steine, wie jener am Schöttlbach, von ihrer Masse abhängig ist, wurden diese, ihrem wahrscheinlichen Transportbeginn entsprechend, in fünf Kategorien (XS, S, M, L, XL) eingeteilt.

Die Einteilung der Tracer ist folgendermaßen:

- XS: 0 – 1,5 Kilogramm
- S: 1,5 – 2,5 Kilogramm
- M: 2,5 – 5,0 Kilogramm
- L: 5,0 – 6,0 Kilogramm
- XL: 6,0 – 25,0 Kilogramm

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Transportbeginn der einzelnen Steinkategorien, abhängig vom Durchfluss. Hierbei ist zu erwähnen, dass der Durchfluss nach der für den Krumeggerbach erstellten Pegelkurve (siehe Kapitel 4.5.3) berechnet wurde und dieser, wie bereits in diesem Kapitel erwähnt, aufgrund der unzureichenden Anzahl an Salztracermessungen, ungenau ist. Des Weiteren kann auf den Transportbeginn nur aufgrund des maximalen Durchflusswertes innerhalb der jeweiligen Untersuchungszeiträume rückgeschlossen werden, wodurch dieser nur einen Richtwert darstellt.

Transportbeginn am Krumeggerbach

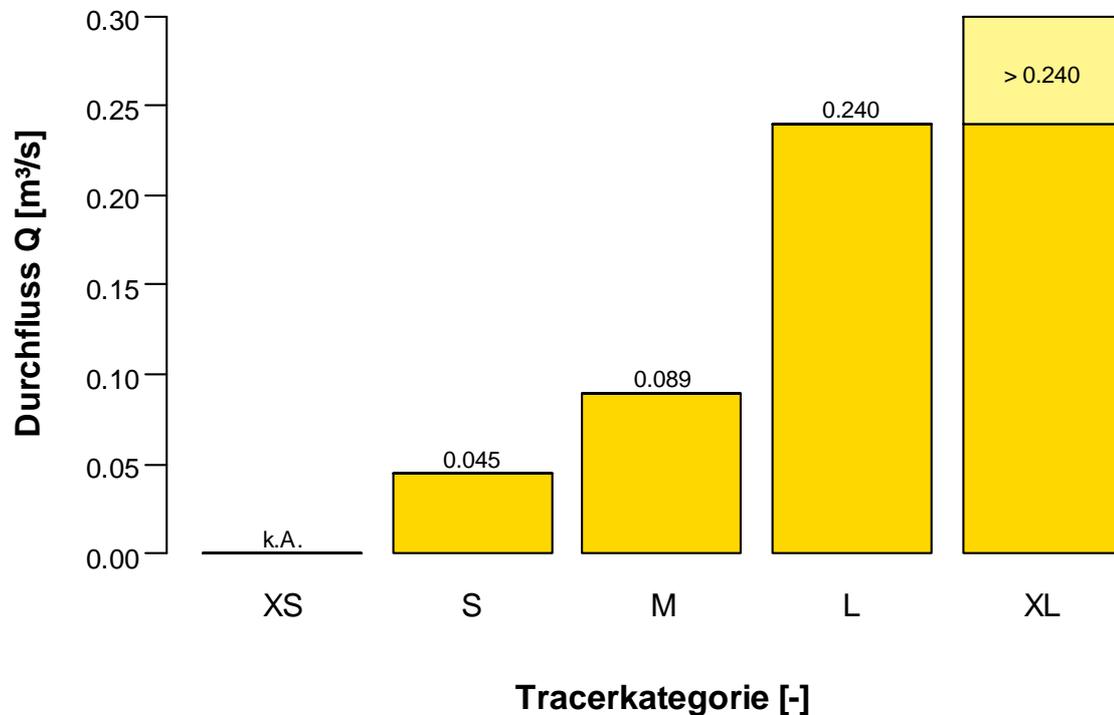


Abbildung 67: Transportbeginn am Krumeggerbach

Über die Tracerkategorie „XS“ lassen sich keine Angaben machen, da der größte Teil der nicht wiedergefundenen Tracer dieser Klasse angehört. Dies ist einerseits darauf zurück zu führen, dass kleinere Steine am schnellsten von Sedimenten überlagert werden und somit nicht mehr auffindbar sind und andererseits mobilisieren sich diese Tracer bereits bei geringeren Abflüssen, wodurch sie größere Distanzen bis außerhalb des untersuchbaren Bereichs hinter dem erwähnten Wasserfall zurücklegen können.

Es konnte festgestellt werden, dass sich die Tracer, die der Kategorie „S“ angehören, ab einem ungefähren Abfluss von 0,045 m³/s in Bewegung setzen. Die maximale Distanz, die ein wiedergefundener Tracerstein am

Krumeggerbach zurückgelegt hat, liegt bei etwa 250 Metern. Dieser Stein gehört der Klasse S an.

Tracersteine der Kategorie „M“ mobilisierten sich ab einem Abfluss von $0,089 \text{ m}^3/\text{s}$. Bei diesem Abflussereignis setzten sich auch Steine der darunterliegenden Kategorien in Bewegung.

Da zwei Tracersteine der Kategorie „L“ seit ihrem Aussetzen am Krumeggerbach eine Distanz von jeweils etwa 35 Metern zurückgelegt haben und der maximale Durchfluss innerhalb dieses Zeitraumes mit $0,240 \text{ m}^3/\text{s}$ berechnet wurde, lässt darauf schließen, dass sich diese Kategorie bei einem Abfluss zwischen $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ und $0,240 \text{ m}^3/\text{s}$ mobilisiert. Genauere Angaben hierzu lassen sich aufgrund fehlender Hochwasserereignisse während des Untersuchungszeitraums nicht machen.

Alle ausgesetzten Tracersteine, die der schwersten Gruppe „XL“ angehören, haben sich innerhalb der durchgeführten Beobachtungen am Krumeggerbach nicht in Bewegung gesetzt. Somit lässt sich über diese Kategorie nur sagen, dass sie sich bei einem undefinierten Durchfluss, der größer als $0,240 \text{ m}^3/\text{s}$ sein muss, mobilisieren lassen.

Der Transportbeginn der einzelnen Tracersteine sowohl am Schöttlbach als auch am Krumeggerbach ist deutlich von ihrer Lage im Gerinne und den vorherrschenden Anströmbedingungen abhängig. Dadurch setzen sich teilweise kleine Steine auch bei relativ hohen Abflusswerten nicht in Bewegung.

Um detailliertere Aussagen über das Transportverhalten des Geschiebes zu erhalten, reichen die durchgeführten Untersuchungen nicht aus. Die Tracer müssen im Rahmen der weiteren Projektbearbeitung in kürzeren Abständen sowie nach größeren Hochwasserereignissen kartiert werden.

5.5 Wiederfindwahrscheinlichkeit

Wie bereits in Kapitel 3.2.2 erläutert wurde, nimmt die Wiederfindwahrscheinlichkeit von Tracersteinen, insbesondere von Farbtracern, vor allem nach größeren Abflussereignissen deutlich ab. In den nachfolgenden Unterkapiteln wird diese Problematik anhand der beiden Wildbäche im Einzugsgebiet genauer betrachtet.

5.5.1 *Wiederfindwahrscheinlichkeit am Schöttlbach*

In Abbildung 68 sind die Wiederfindwahrscheinlichkeiten der gefundenen Telemetrie- und Farbtracer an den jeweiligen Suchtagen am Schöttlbach gegenübergestellt.

Wie hier ersichtlich ist, liegt die Auffindwahrscheinlichkeit beider Tracerarten schon am Beginn der Untersuchungen deutlich unter 50%. Die Wiederfindrate vom 17.06.2013 ist allerdings nicht repräsentativ, da bei diesen Untersuchungen der YAESU VR-500 noch nicht ideal eingestellt war und somit die Telemetriesteine größtenteils auf Sicht gefunden wurden, was zu einer geringeren Auffindrate führte.

Wiederfindwahrscheinlichkeit Schöttlbach

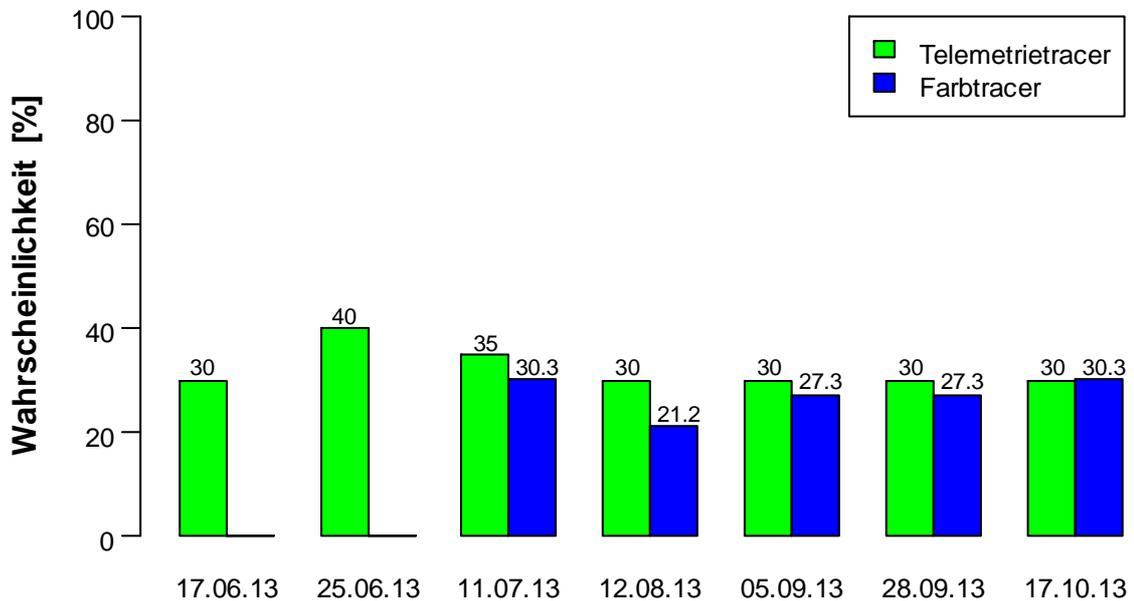


Abbildung 68: Wiederfindwahrscheinlichkeit am Schöttlbach: Telemetrie- und Farbtracer

Abbildung 69 stellt die Auffindwahrscheinlichkeit der gesamten am Schöttlbach ausgesetzten Tracersteine dar.

Die Wiederfindrate liegt etwa bei 30%. Da am 17.06.2013 und am 25.06.2013 nur Telemetrietracer kartiert wurden, werden diese Daten in der nachfolgenden Abbildung nicht dokumentiert.

Wiederfindwahrscheinlichkeit Schöttlbach

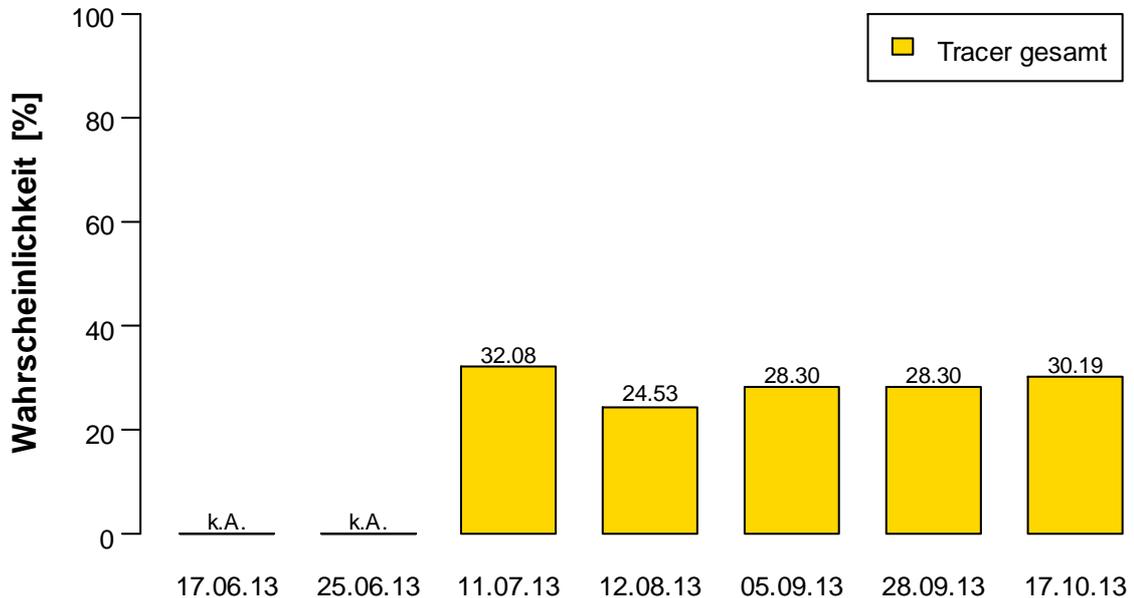


Abbildung 69: Wiederfindwahrscheinlichkeit am Schöttlbach: Tracer gesamt

5.5.2 Wiederfindwahrscheinlichkeit am Krumeggerbach

Nachfolgend wird die Auffindwahrscheinlichkeit am Krumeggerbach dargestellt.

Die Wiederfindrate entlang dieses Wildbaches ist deutlich höher als jene des Schöttlbachs, was den Einfluss der vorherrschenden Gerinnemorphologie verdeutlicht. Der zu untersuchende Teil des Krumeggerbachs ist um ein Vielfaches kürzer als jener des Schöttlbachs und wies während der Untersuchungen eine geringere Wasserführung, sowie weniger Geschiebetransport entlang des Gerinnes auf. Dies spiegelt sich deutlich in der großen Anzahl an gefundenen Tracern wieder. Hinzu kommt, dass sich die Position der Markierungssteine während der Untersuchungen aufgrund fehlender Hochwasser nur wenig verändert hat.

Die ausgesetzten Telemetrietracer konnten bei allen Untersuchungen im Feld wieder lokalisiert werden (siehe Abbildung 70).

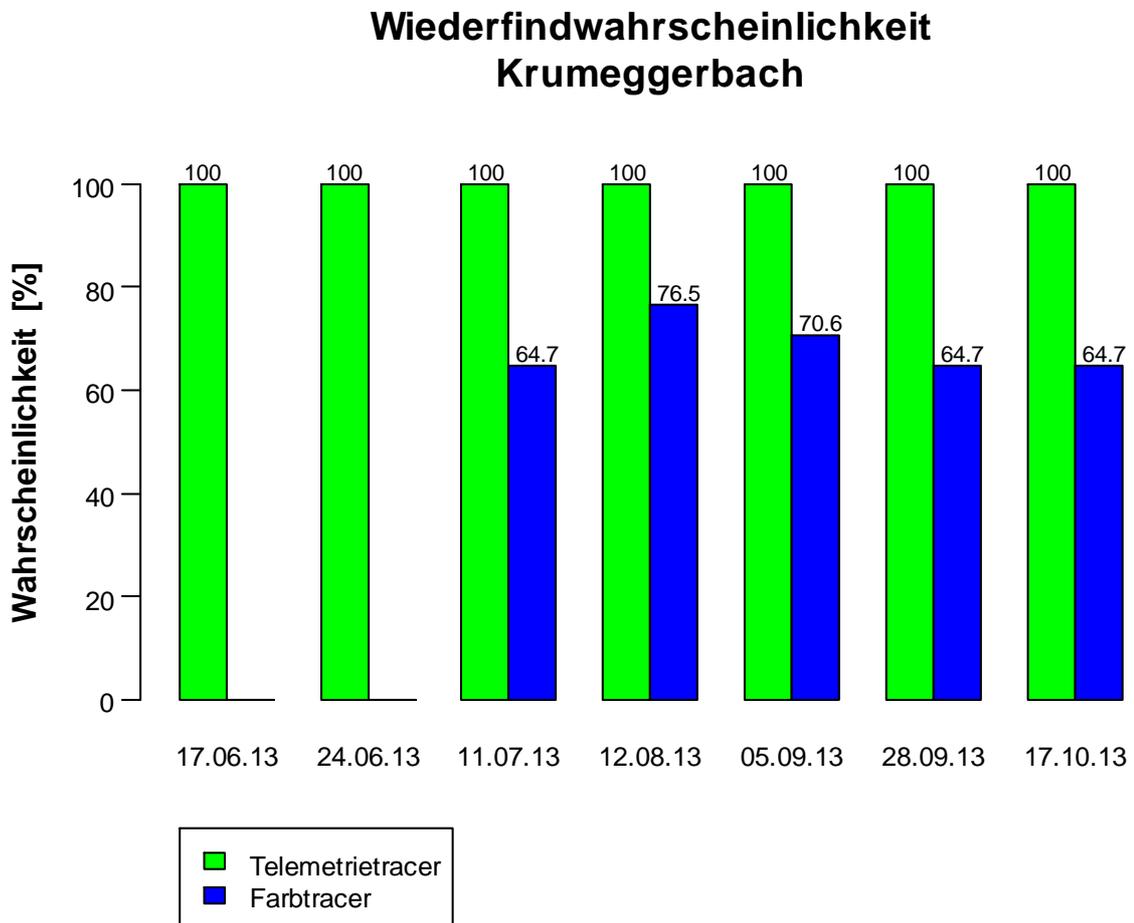


Abbildung 70: Wiederfindwahrscheinlichkeit am Krumeggerbach: Telemetrie- und Farbtracer

Abbildung 71, in der die Wiederfindrate der gesamten Tracersteine entlang des Krumeggerbachs dargestellt ist, zeigt mit durchschnittlich 80% Wiederfindwahrscheinlichkeit eine um etwa 50% höhere Wahrscheinlichkeit verglichen mit der des Schöttlbachs.

Wiederfindwahrscheinlichkeit Krumeggerbach

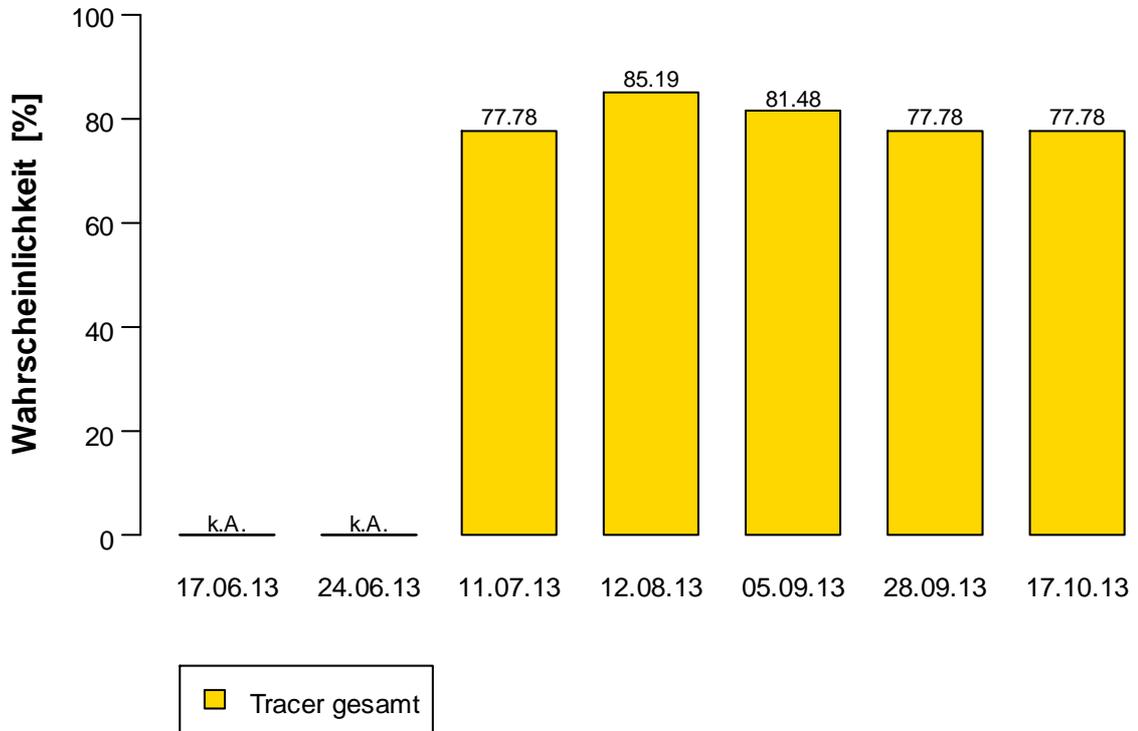


Abbildung 71: Wiederfindwahrscheinlichkeit am Krumeggerbach: Tracer gesamt

5.5.2.1 Ursachen geringer Wiederfindwahrscheinlichkeiten

Für die, hauptsächlich entlang des Schöttlbachs, sehr geringe Auffindwahrscheinlichkeit der Tracersteine gibt es unterschiedliche Gründe. In diesem Einzugsgebiet ist, wie bereits erwähnt, deutlich zu sehen, dass die Gerinnemorphologie signifikanten Einfluss ausübt, da entlang des Krumeggerbachs etwa 80% der ausgesetzten Markierungssteine regelmäßig wieder gefunden werden konnten.

Wie in Abbildung 72 deutlich erkennbar ist, ist das Identifizieren der Tracer im Schöttlbach entlang des Gerinnes sowie an den Ablagerungsflächen mit großen

Schwierigkeiten verbunden, was erkennbare Auswirkungen auf die Wiederfindrate hat.



Abbildung 72: Schwierigkeit beim Finden der Tracer

Andererseits kommt es mit der Zeit zu starkem Abrieb der Farbmarkierungen (siehe Abbildung 73), weshalb die Unterscheidung der Tracersteine mit normalem im Wildbach mitgeführtem Geschiebe deutlich erschwert wird.



Abbildung 73: Abrieb der Tracer im Einzugsgebiet

6. Zusammenfassung und Ausblick

Aufgrund immer häufiger auftretender Diskussionen bezüglich des Klimawandels und dessen Einfluss auf Extremereignisse gewinnt der Schutz der besiedelten Gebiete vor Naturgefahren zunehmend an Bedeutung. Um die Gefahren, die von einem Wildbach ausgehen, beurteilen zu können, ist die Kenntnis des Geschiebehaltss Voraussetzung.

Im theoretischen Teil dieser Masterarbeit wurden grundlegende Informationen zu Wildbachsystemen, sowie Feststoffen behandelt. Im Vordergrund standen die einzelnen Geschiebemesseinrichtungen mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen.

Am 7. Juli 2011 wurde in der steirischen Gemeinde Oberwölz nach einem Unwetterereignis der Katastrophenstatus verhängt. Dieses Hochwasser hatte starke Überschwemmungen, Ablagerungen, Verschlammungen und Zerstörungen in mehreren obersteirischen Gemeinden zur Folge.

Aufgrund dieser Naturkatastrophe wurde das Projekt "ClimCatch – Sedimentfracht und Klimawandel in alpinen Einzugsgebieten" als Kooperationsprojekt der Karl-Franzens-Universität Graz und der Technischen Universität Graz ins Leben gerufen. Ziel dieser Zusammenarbeit ist die Erstellung eines konzeptionellen Sedimenttransportmodells an zwei Wildbächen, dem Schöttlbach und dem Krumegegerbach, welches den Einfluss des Klimawandels auf die Sedimentbilanz behandelt. Durch den Einsatz von Geomorphologen, Flussbauingenieuren und Klimatologen ist die Möglichkeit gegeben, unterschiedlichste Aspekte dieser Teilgebiete und deren gegenseitige Beeinflussung gemeinsam zu erforschen.

Der Hauptteil dieser Masterarbeit beschäftigt sich mit der Untersuchung des Sedimenttransports an den beiden Wildbächen. Zu diesem Zweck wurden am Schöttlbach 20 Telemetrie- und 33 Farbtracer und am Krumegegerbach 10 Telemetrie-, sowie 17 Farbtracer ausgesetzt. Diese Markierungssteine wurden in regelmäßigen Abständen, etwa ein Mal monatlich, vor Ort gesucht und kartiert. Zur leichteren Zuordnung der Steine wurden die Telemetrietracer

ausschließlich in grüner Neonfarbe markiert, die Farbtracer erhielten blaue, pinke oder grüne Markierungen.

Den Telemetriesteinen wurden im Vorfeld aktivierte Sender eingebaut, die durchgehend Signale senden. Zur Ortung der ausgesetzten Telemetrietracer kam eine Telemetrieempfangsanlage zum Einsatz, die die voreingestellten Sendefrequenzen scannt. Die Auffindorte der einzelnen Steine wurden mit Hilfe eines GPS Messgerätes lokalisiert.

Die Untersuchungen am Schöttl- und am Krumeggerbach haben gezeigt, dass die Gerinnemorphologie deutlichen Einfluss auf das Transportverhalten der Tracersteine hat. Tracer aller Größen können sowohl an einem Standort, der gut geschützt liegt, das Hochwasser an Ort überdauern oder aber infolge des Abflusses weite Strecken zurücklegen.

Im Zuge der Ermittlungen im Einzugsgebiet konnten Richtwerte zum Transportbeginn der einzelnen Tracerkategorien erfasst werden. Die Tracersteine am Schöttlbach wurden abhängig von ihrer Masse in vier Kategorien (XS, S, M, L) eingeteilt. Über die Tracerkategorie „XS“ ließen sich keine Rückschlüsse ziehen, da kein Markierungsstein dieser Gruppe wieder gefunden werden konnte. Bei einem Abfluss bis etwa $3,45 \text{ m}^3/\text{s}$ mobilisierten sich Tracer der Kategorie „S“. Steine, die der Klasse „M“ zugeordnet wurden, setzten sich bei einem Abfluss von etwa $5,16 \text{ m}^3/\text{s}$ in Bewegung. Die schwersten Tracer mit einer Masse von über 30 Kilogramm mobilisierten sich bei einem Abfluss von ungefähr $7,77 \text{ m}^3/\text{s}$ zu dem es im Juli 2013 kam. Infolge dieses Spitzenabflusses konnte auf die Transportweiten der einzelnen Tracerkategorien am Schöttlbach bei einem Durchflusswert von $7,77 \text{ m}^3/\text{s}$ geschlossen werden. Tracer der Kategorie „S“ legten eine durchschnittliche Distanz von 215 Metern zurück, jene der Gruppe „M“ von 90 Metern und die der Kategorie „L“ konnten im Durchschnitt 70 Meter Transportweg verzeichnen.

Am Krumeggerbach wurden die ausgesetzten Tracersteine in fünf Kategorien (XS, S, M, L, XL) eingeteilt. Über die leichteste Kategorie lassen sich an diesem Wildbach ebenfalls keine Angaben machen. Tracer der Kategorie „S“ setzten

sich ab einem Durchfluss von $0,045 \text{ m}^3/\text{s}$ in Bewegung, die der Kategorie „M“ ab etwa $0,089 \text{ m}^3/\text{s}$ und jene der Klasse „L“ ab einem Durchfluss von $0,240 \text{ m}^3/\text{s}$. Da die Steine der schwersten Gruppe ihre Lage innerhalb des Untersuchungszeitraums nicht verändert haben, kann darauf geschlossen werden, dass sie sich bei einem Abfluss, der größer als $0,240 \text{ m}^3/\text{s}$ ist, mobilisieren werden.

Um ausführlichere Ergebnisse zum Sedimenttransport zu erhalten, sind Untersuchungen in kürzeren Intervallen, sowie nach größeren Abflüssen notwendig.

Die Auffindwahrscheinlichkeit am Schöttlbach liegt durchschnittlich nur bei circa 30 Prozent. An diesem Wildbach wurden allerdings alle ausgesetzten Tracer infolge eines hohen Abflusses mobilisiert. Ähnliche Projekte haben gezeigt, dass die Wiederfindwahrscheinlichkeit nach Hochwasserereignissen im Normalfall deutlich sinkt.

Der Krumeggerbach weist eine durchschnittliche Wiederfindrate von etwa 80 Prozent auf, die somit deutlich höher als jene am Schöttlbach ist. Hier kam es allerdings während des Untersuchungszeitraumes zu keinen hohen Abflüssen. An beiden Gewässern konnte festgestellt werden, dass die Auffindrate der kleinsten ausgesetzten Tracersteine am schnellsten abnimmt.

Im Zuge dieser Untersuchungen kam es zu folgenden Problemen: Aufgrund der engen Talform entlang der beiden Wildbäche sind die Standorte jener Telemetrietracer, die im Gerinne optisch nicht erkennbar sind, nicht genau bestimmbar, da die ausgestrahlten Senderfrequenzen fortwährend durch die steilen Talflanken reflektiert werden. Somit lassen sich in diesem Einzugsgebiet nur Telemetrietracer orten, die im Gerinne auch optisch sichtbar sind. Des Weiteren stimmen die vom GPS Messgerät aufgezeichneten Standorte der gefundenen Tracer nicht exakt mit den realen Auffindorten überein. Sobald sich die Gerinneform der Wildbäche aufweitet, kann allerdings eine erhöhte Genauigkeit festgestellt werden.

Um die Untersuchungen der Tracersteine zu erleichtern, wären Markierungen in regelmäßigen Abständen entlang der Wildbäche sinnvoll. Somit würde die Orientierung erleichtert werden und die Auffindorte der einzelnen Tracersteine ließen sich mit größerer Genauigkeit kartieren. Zusätzlich wird der Einsatz von Fotografien empfohlen, um die Orte, an denen die Tracer aufgefunden wurden, exakter bestimmen zu können. Der Einsatz eines GPS Messgeräts sollte eher der Kontrolle dienen, da das Gerät in diesem Untersuchungsgebiet aufgrund der Topographie ungenaue Messwerte liefert.

Die vorliegende Masterarbeit zur Erfassung des Geschiebetransports mittels Tracerverfahren dient als Grundlage für weitere Untersuchungen in diesem Einzugsgebiet. Weiterführende Analysen sind im Rahmen von Masterprojekten beziehungsweise Masterarbeiten am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Graz, sowie im Rahmen des ClimCatch Projekts geplant.

Ziel des Forschungsprojekts ist die Erarbeitung eines Referenzprojekts, das den Sedimenttransport in Wildbacheinzugsgebieten detailliert erfasst, um schlussendlich Untersuchungen in ähnlichen Gebieten zu erleichtern.

7. Literaturverzeichnis

AMT DER STMK. LANDESREGIERUNG, 2013:

Digitaler Atlas der Steiermark. Stand: 2013-08-01,
<http://www.gis.steiermark.at/cms/ziel/50190666/DE/>

BMLFUW (Hrsg.), 2011:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und
Wasserwirtschaft. Technische Richtlinie für die Wildbach- und
Lawinenverbauung. TRL-WLV gemäß § 3 Abs 1 Z 1 und Abs 2 WBF
1985.

BMLFUW (Hrsg.), 2012:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und
Wasserwirtschaft. Wildbach- und Lawinenverbauung in Österreich, Wien.

BUNDESKANZLERAMT, 1976:

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft vom 30.
Juli 1976 über die Gefahrenzonenpläne, Wien.

DIETRICH, B., MÄUSBACHER, R., PÖRTGE, K. & SCHMIDT, K. (Hrsg.), 1994:

Messungen in fluvialen Systemen. Feld- und Labormethoden zur
Erfassung des Wasser- und Stoffhaushaltes. 220 S., Berlin: Springer
Verlag.

DIN 19663, 1985:

Deutsches Institut für Normung. Wildbachverbauung. Begriffe, Planung
und Bau, Berlin: Beuth Verlag GmbH.

DVWK, 1992:

Deutscher Verband für Wasserkraft und Kulturbau. Regeln zur
Wasserwirtschaft. Geschiebemessungen, Hamburg: Verlag Paul Parey.

DYCK, S. & PESCHKE, G., 1995:

Grundlagen der Hydrologie: mit 72 Tafeln. 3. Aufl., 536 S., Berlin: Verl.
für Bauwesen.

FIEDLER, K., undatiert:

Erfassung hydromorphologischer Vorgänge bei Hochwasser mit Hilfe von ADCP-Messungen. Stand: 2013-06-15,
<http://www.wb.bgu.tum.de/fileadmin/w00boi/www/Publikationen/Berichtshefte/Band120.pdf>

FLOTRON AG INGENIEURE, undatiert:

Laserscanning. Stand: 2013-06-15,
<http://www.flotron.ch/de/Angebote/Laserscanning>

GeoDataZone, STOLZENBERGER-RAMIREZ, A. (Hrsg.), 2010:

ADCP Messverfahren. Stand: 2013-06-15,
<http://www.geodz.com/deu/d/ADCP-Messverfahren>

GERTSCH, E., 2009:

Geschiebelieferung alpiner Wildbachsysteme bei Grossereignissen – Ereignisanalysen und Entwicklung eines Abschätzverfahrens. 203 S., Dissertation an der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät, Universität Bern. Manuskript, unveröffentlicht.

GÖTZINGER, M. & WAGREICH, M., 2006:

Der geologische Aufbau der Steiermark – ein Überblick. Stand: 2013-08-01,
http://www.univie.ac.at/Mineralogie/docs/Geologie_der_Steiermark.pdf

GUSTEDT, E., KANNING, H., KIRSCH-STRACKE, R., SCHOLLES, F. & STASCHINSKI, C., 2004:

Erstellung einer planerischen Arbeit mit wissenschaftlichen Methoden. Zitierhinweise Fachbereich LAUM, Hannover.

HABERSACK, H., 1997:

Wiener Mitteilungen Wasser – Abwasser – Gewässer. Raum-Zeitliche Variabilitäten im Geschiebehaushalt und dessen Beeinflussung am Beispiel der Drau. Universität für Bodenkultur. Band 144. 295 S., Wien.

HABERSACK, H. & KLÖSCH, M., 2008:

Tracermessungen an der Grenzmuir. Beobachtungen des Geschiebetransports. In: Wasserland Steiermark. Die Wasserzeitschrift der Steiermark 1/2008. 20-23, Graz.

HABERSACK, H., SEITZ, H. & LIEDERMANN, M., 2010:

Integrated Automatic Bedload Transport Monitoring. In: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5091. 218-235, Vienna.

HEGG, C., RICKENMANN, D. & FORSTER, F., 2001:

Hochwasser und Feststofftransport in Wildbacheinzugsgebieten. Vol.6.

HOLMES, R. Jr., 2010:

Measurement of Bedload Transport in Sand-Bed Rivers: A Look at Two Indirect Sampling Methods. In: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5091. 236-252, Missouri.

HÜBL, J., EISL, J., HOHL, D., KOGELNIG, B. & MÜHLBÖCK, F., 2011:

Ereignisdokumentation und Ereignisanalyse Wölzerbach. Band 1: Ereignisdokumentation. IAN Report 143. Institut für Alpine Naturgefahren. Universität für Bodenkultur. 70 S., Wien.

JÄCKLE, S. & SCHICK, S., 2011:

Geschiebeproblematik in Wildbächen. 14 S., Seminararbeit am Geographischen Institut, Universität Bern. Manuskript, unveröffentlicht.

KALCHER, T., 2011:

Hochwasser 7.7.2011. Stand: 2013-04-09, http://www.oberwoelz-umgebung.at/index.php?option=com_content&task=view&id=74&Itemid=38

KARL-FRANZENS-UNIVERSITÄT GRAZ, undatiert:

ClimCatch Impact of Climate Change on the sediment budget of small catchments. Stand: 2013-07-21, <http://geographie.uni-graz.at/de/forschen/test/alpine-landschaftsdynamik/aladyn-projekte/climcatch/>

KLIMA- UND ENERGIEFONDS, 2011:

Der Klima- und Energiefonds der Bundesregierung. Stand: 2013-07-21,
<http://www.klimafonds.gv.at/>

KNOBLAUCH, H. & SCHNEIDER, J., 2009:

Fluss- und Sedimenthydraulik. 91 S., Vorlesungsskriptum am Institut für
Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz.
Manuskript, unveröffentlicht.

KOBOLTSCHNIG, G., HÜBL, J. & BRAUN, J. (Hrsg.), 2012:

12th Congress Interpraevent 2012. Conference Proceedings. Vol. 2. 23.-
26. April 2012. Grenoble – France. 493 S., Klagenfurt: International
Research Society Interpraevent.

KOLESNIK, C. (Mitarbeiter der Fa. Ott):

Messeinrichtungen in Oberwölz. Email vom 2013-10-22.

KRAUSE, A., 1997:

Einführung in S und S-Plus: mit Aufgaben und vollständigen Lösungen.
319 S., Berlin: Springer Verlag.

LÄMMERER, M., 2013:

Geschiebemessungen in Wildbächen mittels Tracersteinen. 29 S.,
Masterprojekt am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft,
Technische Universität Graz. Manuskript, unveröffentlicht.

LIEDERMANN, M., TRITTHART, M. & HABERSACK, H.: 2011:

Measured and modelled transport paths of artificial tracer stones at a
large gravel bed river. Wien.

MEINE WOCHE, undatiert:

„Land unter“ wurde aufgehoben. Stand: 2013-04-09,
<http://www.meinbezirk.at/oberwoelz-stadt/chronik/land-unter-wurde-aufgehoben-d271318.html>

MIKOŠ, M. & GUTKNECHT, D. (Hrsg.), 2004:

Interpraevent 2004. Changes within the natural and cultural habitat and consequences. Tagungspublikation. Band 1. 613 S., Klagenfurt: International Research Society Interpraevent.

MIKOŠ, M., HUEBL, J. & KOBOLTSCHNIG G. (Hrsg.), 2008:

Interpraevent 2008. Conference Proceedings. Vol.1. Protection of populated territories from floods, debris flow, mass movements, and avalanches. 26-30 May 2008. Dornbirn Vorarlberg Austria. 560 S., Klagenfurt: International Research Society Interpraevent.

NACHTNEBEL, H.P., 2004:

Gewässerkunde, Hydrometrie und Hydroinformatik. Studienblätter am Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau. Universität für Bodenkultur Wien. Manuskript, unveröffentlicht.

NACHTNEBEL, H.P., 2007:

Hydrologie und Flussgebietsmanagement. 368 S., Studienblätter am Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau. Universität für Bodenkultur Wien. Manuskript, unveröffentlicht.

NACHTNEBEL, H.P., 2008:

Konstruktiver Wasserbau und Flußgebietsmanagement. 451 S., Studienblätter am Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau. Universität für Bodenkultur Wien. Manuskript, unveröffentlicht.

ÖNORM B 2400, 2003:

Österreichisches Normungsinstitut. Hydrologie – Hydrographische Fachausdrücke und Zeichen. Ergänzende Bestimmungen zur ÖNORM EN ISO 772.

ÖNORM B 2401, 2006:

Österreichisches Normungsinstitut. Hydrometrie – Methoden zur Bestimmung des Durchflusses und der Geschwindigkeit in offenen Gerinnen.

OTT Hydromet GmbH, undatiert:

Betriebsanleitung Grundwasser-Datensammler OTT CTD. Deutsch.

PATT, H., JÜRGING, P. & KRAUS, W., 1998:

Naturnaher Wasserbau. Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern. 300S., Berlin: Springer Verlag.

PLANAT (Götz, A.), 2000:

Nationale Plattform Naturgefahren. Unwetter Wallis (2000). Stand: 2013-04-09, <http://www.planat.ch/de/bilder-detailansicht/datum/2011/07/18/unwetter-wallis-2000/>

PLANK, A., 2010:

Skript zum Umgang und zur multivariaten Datenanalyse mit R. Grafiken und Statistik in R. 232 S., Institut für Geologische Wissenschaften. FU Berlin.

PLATTNER, W. (Stadtamtsdirektor Oberwölz):

Gefahrenzonenplan Oberwölz. E-Mail vom 2013-10-16.

PROJEKTANTRAG CLIMCATCH, 2011:

ACRP – 4th Call. From Part A1. Version 1 - May 2011. 72S.

RAUDKIVI, A. J., 1982:

Grundlagen des Sedimenttransports. 255 S., Berlin: Springer Verlag.

SCHWER, P., RICKENMANN, D. & HEGG, C., 2000:

Beobachtungen zum Einzelkornttransport in Wildbächen. In: Hegg, C., Vonder Mühl, D. (Hrsg.): Beiträge zur Geomorphologie. Proceedings der Fachtagung der Schweizerischen Geomorphologischen Gesellschaft vom 8.-10.Juli 1999 in Bramois (Kt. Wallis). 65-75, Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt WSL.

SCHWINGSHACKL, I., 2012:

Geschiebemessungen in Wildbachsystemen. 30 S., Masterprojekt am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz. Manuskript, unveröffentlicht.

SPREAFICO, M., LEHMANN, C., JAKOB, A. & GRASSO, A., 2005:

Feststoffbeobachtung in der Schweiz. Ein Tätigkeitsgebiet der Landeshydrologie. Berichte des BWG. Serie Wasser Nr. 8. 800. Aufl., 100 S., Bern.

STEIRISCHES NETZWERK ZUR STÄRKUNG VON KLEINREGIONEN UND IHREN ZENTREN, undatiert:

Kleinregion Oberwölz. Stand: 2013-08-01,
<http://www.oberwoelz.istsuper.com/Kleinregion-Oberwoelz.551.0.html>

STREIT, D., KIPFER, A. & KIENHOLZ, H., 2000:

Geschiebefrachten in steilen Wildbächen. Entwicklung eines Messverfahrens mittels Waage. In: Interpraevent 2000 – Villach/Österreich. Internationales Symposium. 283 – 294, Klagenfurt: International Research Society Interpraevent.

SUSTAINICUM COLLECTION, undatiert:

Lehrmaterial für Bildung zur Nachhaltigkeit. Stand: 2013-11-17,
<http://www.sustainicum.at/de/home>

TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ, 2011:

Climcatch - Impact of climate change on the sediment yield of alpine catchments. Stand: 2013-07-21,
http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/TU_Graz/Einrichtungen/Institute/Homepages/i2130/forschung/forschung_aktuell/forschung_climcatch

TUROWSKI, J., 2011:

Geschiebetransport 2. Vorlesung für Hydro 1. 46 S.,
Vorlesungsunterlagen, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und
Landschaft WSL. Manuskript, unveröffentlicht.

TUROWSKI, J., BADOUX, A., RICKENMANN, D. & FRITSCHI, B., 2008:

Erfassung des Sedimenttransportes in Wildbächen und Gebirgsflüssen –
Anwendungsmöglichkeiten von Geophonmessenanlagen. In: Wasser
Energie Luft 100(1). 69-74. Baden.

UMWELTBUNDESAMT, undatiert:

ClimCatch - Sedimentfracht und Klimawandel in alpinen
Einzugsgebieten. ClimCatch - Impact of climate change on the sediment
yield of alpine catchments. Stand: 2013-07-21,
<http://www5.umweltbundesamt.at/klimawandel/abfrage/show/6ab2d47c-ba96-1030-be16-2a74ca989936>

WIESEMANN, J., 2009:

Mitteilungen 147. Zum Sedimenttransport auf quergeneigter Sohle. .
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft. Technisch Universität
Darmstadt. 170 S., Darmstadt.

WSL Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 2011:

Sediment transport. Bedload transport measurements at the Erlenbach.
Stand: 2013-04-25,
[http://www.wsl.ch/fe/gebirgshydrologie/testgebiet_alptal/sediment/index_](http://www.wsl.ch/fe/gebirgshydrologie/testgebiet_alptal/sediment/index_EN)
EN

YAESU, 2008:

Weitband Handempfänger VR-500. Bedienungsanleitung. Vertex
Standard Co., Ltd.

ZENZ, G. & SCHNEIDER, J., 2011:

Landschaftsgestaltung im Wasserbau. 120 S., Vorlesungsskriptum am
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität
Graz. Manuskript, unveröffentlicht.

8. Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: GESCHIEBEABLAGERUNG INFOLGE EINES HOCHWASSERS IN WALLIS (TUROWSKI, 2011)	2
ABBILDUNG 2: CHARAKTERISTISCHE ABIOTISCHE MERKMALE ENTLANG EINES LÄNGSSCHNITTES (PATT ET AL., 1998).....	6
ABBILDUNG 3: ÜBERSICHT WILDBACHSYSTEM (SPREAFICO ET AL., 2005).....	7
ABBILDUNG 4: GESCHIEBEABLAGERUNGEN VON MEHREREN METERN IN DER ORTSCHAFT BALTSCHIEDER NACH EINEM UNWETTER IM JAHR 2000 (PLANAT (GÖTZ, A.), 2000)	9
ABBILDUNG 5: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER KRÄFTE AN EINEM KORN (RAUDKIVI, 1982)	12
ABBILDUNG 6: HIDING-EFFEKT NACH RIBBERINK 1987 (DVWK, 1992)	13
ABBILDUNG 7: BEWEGUNGSBEGINN NACH SHIELDS (1936) MIT ANGABE DES BEWEGUNGSRIKOS (R) NACH ZANKE (1990) (DVWK, 1992).....	14
ABBILDUNG 8: BEWEGUNGSBEGINN NACH HJULSTRÖM (1935) (DVWK, 1992)	15
ABBILDUNG 9: BEWEGLICHER GESCHIEBEFÄNGER AM KRUMEGGERBACH IN OBERWÖLZ.....	19
ABBILDUNG 10: HELLEY-SMITH-FÄNGER (DVWK, 1992)	20
ABBILDUNG 11: GESCHIEBEFÄNGER DER BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE KOBLENZ (DVWK, 1992)	20
ABBILDUNG 12: BED LOAD TRANSPORT METER ARNHEM (DVWK, 1992).....	21
ABBILDUNG 13: GESCHIEBEFANGEinRICHTUNG VON PÖRTGE, 1979 (DVWK, 1992)	22
ABBILDUNG 14: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EINER AKUSTISCHEN MESSANLAGE (SPREAFICO ET AL., 2005)	24
ABBILDUNG 15: UNTER EINER STAHLPLATTE MONTIERTER GEOPHONSENSOR (TUROWSKI, 2011)	25
ABBILDUNG 16: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES ADCP MESSVERFAHRENS (GEODATAZONE, 2010)	26
ABBILDUNG 17: GESCHIEBESAMMLER IN OBERWÖLZ	30
ABBILDUNG 18: LASERSCAN DES RÜCKHALTEBECKENS IN OBERWÖLZ	34
ABBILDUNG 19: GRUNDIERUNG DER TRACER (LÄMMERER, 2013).....	35
ABBILDUNG 20: TELEMETRIETRACER MIT SENDER.....	36
ABBILDUNG 21: ÜBERSICHTSBILD: SENDER, EMPFÄNGER UND TRACERSTEINE	38
ABBILDUNG 22: RÄUMLICHE DARSTELLUNG DES DURCHFLUSSQUERSCHNITTS UND DER GESCHWINDIGKEITSVERTEILUNG IM GERINNE (DYCK&PESCHKE, 1995).....	41
ABBILDUNG 23: EINTEILUNG DES FLIEßQUERSCHNITTS NACH SCHWEITZER (KNOBLAUCH&SCHNEIDER, 2009)	42
ABBILDUNG 24: FLÜGELMESSUNG (KNOBLAUCH&SCHNEIDER, 2009).....	43
ABBILDUNG 25: ADCP MESSUNG AM SCHÖTTLBACH IN OBERWÖLZ.....	45
ABBILDUNG 26: OBERWÖLZ STADT: LINKS - HINTEREGGERBRÜCKE WÄHREND DES HOCHWASSEREREIGNISSES (HÜBL ET AL., 2011), RECHTS – HINTEREGGERBRÜCKE BEI NORMALABFLUSS	48

ABBILDUNG 27: TEILEINZUGSGEBIETE WÖLZERTAL (AMT DER STMK. LANDESREGIERUNG, 2013)	49
ABBILDUNG 28: SCHÖTTLBACH - ÜBERFLUTUNGEN OBERWÖLZ STADT (HÜBL ET AL., 2011)	52
ABBILDUNG 29: DURCH SEITENEROSION ZERSTÖRTES WOHNHAUS AM SCHÖTTLBACH	53
ABBILDUNG 30: ÜBERFLUTUNGSFLÄCHEN DER STADT OBERWÖLZ (HÜBL ET AL., 2011)	54
ABBILDUNG 31: GERINNEEROSION IM LINKSUFRIGEN ZUBRINGER WÖHRYBACH (HÜBL ET AL., 2011)..	55
ABBILDUNG 32: ÜBERFLUTUNGSFLÄCHEN DER GEMEINDE WINKLERN BEI OBERWÖLZ (HÜBL ET AL., 2011)	56
ABBILDUNG 33: ÜBERFLUTUNGSFLÄCHEN DER ORTSCHAFT SONNLEITEN (HÜBL ET AL., 2011)	57
ABBILDUNG 34: AUFSTELLUNG DER MONETÄREN SCHÄDEN NACH SCHADENSORT (HÜBL ET AL., 2011)	58
ABBILDUNG 35: ÜBERSICHTSLAGEPLAN (AMT DER STMK. LANDESREGIERUNG, 2013)	60
ABBILDUNG 36: GEFAHRENZONENPLAN OBERWÖLZ STADT (PLATTNER, 2013)	61
ABBILDUNG 37: ÜBERSICHTSKARTE DER MESSSYSTEME	65
ABBILDUNG 38: MESSEINRICHTUNG HINTEREGGERTOR	67
ABBILDUNG 39: MESSEINRICHTUNG SCHÖTTLKAPELLE	69
ABBILDUNG 40: MESSEINRICHTUNG KRUMEGGERBACH	70
ABBILDUNG 41: DARSTELLUNG DES WASSERSTANDES AM HINTEREGGERTOR (SCHÖTTLBACH) IM JAHR 2012	72
ABBILDUNG 42: DARSTELLUNG DES WASSERSTANDES AM HINTEREGGERTOR (SCHÖTTLBACH) IM JAHR 2013	74
ABBILDUNG 43: DARSTELLUNG DES WASSERSTANDES AN DER SCHÖTTLKAPELLE (SCHÖTTLBACH) IM JAHR 2012	76
ABBILDUNG 44: DARSTELLUNG DES WASSERSTANDES AN DER SCHÖTTLKAPELLE (SCHÖTTLBACH) IM JAHR 2013	79
ABBILDUNG 45: DARSTELLUNG DES WASSERSTANDES AM KRUMEGGERBACH IM JAHR 2012	81
ABBILDUNG 46: DARSTELLUNG DES WASSERSTANDES AM KRUMEGGERBACH IM JAHR 2013	83
ABBILDUNG 47: FLUSSQUERPROFIL IM BED LOAD ANALYZER AM HINTEREGGERTOR (SCHÖTTLBACH)	85
ABBILDUNG 48: DARSTELLUNG DER PEGELKURVE AM HINTEREGGERTOR	86
ABBILDUNG 49: FLUSSQUERPROFIL IM BED LOAD ANALYZER AN DER SCHÖTTLKAPELLE (SCHÖTTLBACH)	87
ABBILDUNG 50: DARSTELLUNG DER PEGELKURVE AN DER SCHÖTTLKAPELLE	88
ABBILDUNG 51: DARSTELLUNG DER PEGELKURVE AM KRUMEGGERBACH	90
ABBILDUNG 52: DARSTELLUNG DES DURCHFLUSSES AM HINTEREGGERTOR (SCHÖTTLBACH) IM JAHR 2012	92
ABBILDUNG 53: DARSTELLUNG DES DURCHFLUSSES AM HINTEREGGERTOR (SCHÖTTLBACH) IM JAHR 2013	93
ABBILDUNG 54: DARSTELLUNG DES DURCHFLUSSES AN DER SCHÖTTLKAPELLE (SCHÖTTLBACH) IM JAHR 2012	94

ABBILDUNG 55: DARSTELLUNG DES DURCHFLUSSES AN DER SCHÖTTLKAPELLE (SCHÖTTLBACH) IM JAHR 2013	95
ABBILDUNG 56: DARSTELLUNG DES DURCHFLUSSES AM KRUMEGGERBACH IM JAHR 2012.....	96
ABBILDUNG 57: DARSTELLUNG DES DURCHFLUSSES AM KRUMEGGERBACH IM JAHR 2013.....	97
ABBILDUNG 58: SCHÖTTLBACH: AUFFINDORTE DER TELEMETRIETRACER 25.06.2013	100
ABBILDUNG 59: SCHÖTTLBACH: AUFFINDORTE DER TRACER 25.06 UND 11.07.2013	101
ABBILDUNG 60: DURCHSCHNITTLICHER TRANSPORTWEG DER TRACER INFOLGE DES SPITZENABFLUSSES DES JAHRES 2013	103
ABBILDUNG 61: SCHÖTTLBACH: AUFFINDORTE DER TRACER 11.07. UND 12.08.2013	105
ABBILDUNG 62: SCHÖTTLBACH: AUFFINDORTE DER TRACER 12.08. UND 05.09.2013	106
ABBILDUNG 63: ABLAGERUNGSFLÄCHE AM SCHÖTTLBACH.....	107
ABBILDUNG 64:TRANSPORTBEGINN AM SCHÖTTLBACH.....	108
ABBILDUNG 65: KRUMEGGERBACH: AUFFINDORTE DER TELEMETRIETRACER 24.06.2013	110
ABBILDUNG 66: KRUMEGGERBACH: AUFFINDORTE DER TRACER 11.07 UND 17.10.2013	112
ABBILDUNG 67: TRANSPORTBEGINN AM KRUMEGGERBACH.....	114
ABBILDUNG 68: WIEDERFINDWAHRSCHEINLICHKEIT AM SCHÖTTLBACH: TELEMETRIE- UND FARBTRACER	117
ABBILDUNG 69: WIEDERFINDWAHRSCHEINLICHKEIT AM SCHÖTTLBACH: TRACER GESAMT.....	118
ABBILDUNG 70: WIEDERFINDWAHRSCHEINLICHKEIT AM KRUMEGGERBACH: TELEMETRIE- UND FARBTRACER.....	119
ABBILDUNG 71: WIEDERFINDWAHRSCHEINLICHKEIT AM KRUMEGGERBACH: TRACER GESAMT.....	120
ABBILDUNG 72: SCHWIERIGKEIT BEIM FINDEN DER TRACER	121
ABBILDUNG 73: ABRIEB DER TRACER IM EINZUGSGEBIET	121

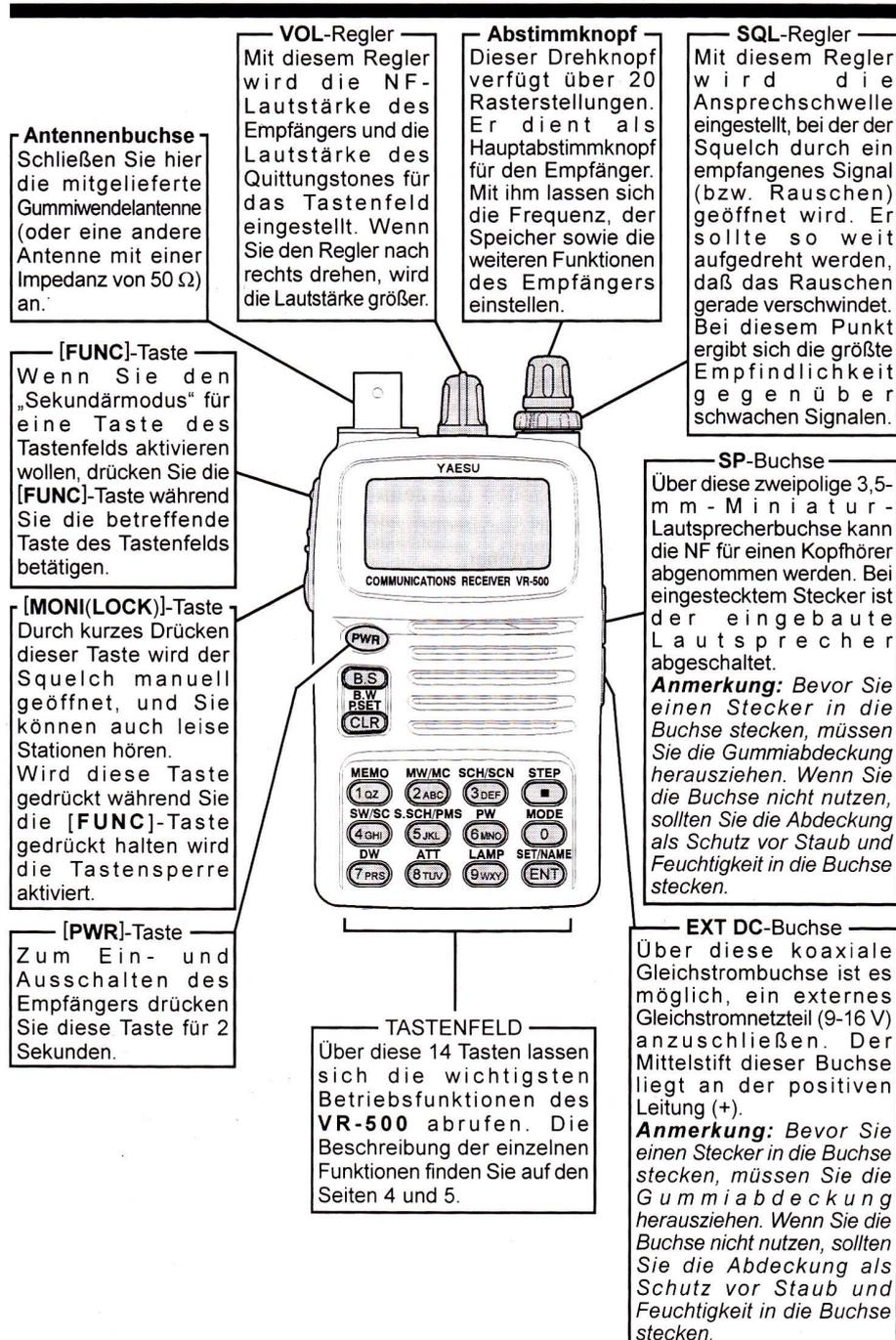
9. Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: VOR- UND NACHTEILE EINZELNER GESCHIEBEMESSSYSTEME (HABERSACK ET AL., 2010)	29
TABELLE 2: KENNWERTE DER TEILEINZUGSGEBIETE (HÜBL ET AL., 2011)	50

10. Anhang

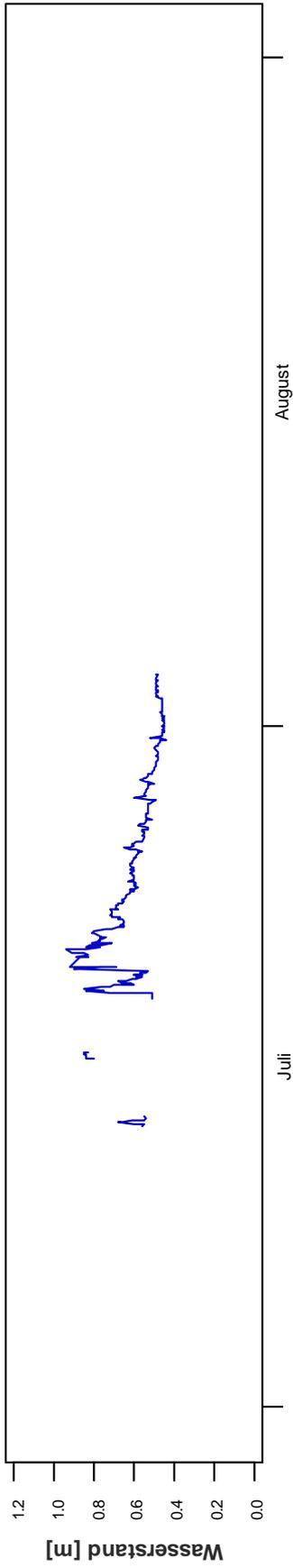
Die nachfolgende Abbildung zeigt die Bedienelemente und Anschlüsse des YAESU-VR 500 Handempfängers (YAESU, 2008).

Bedienelemente und Anschlüsse

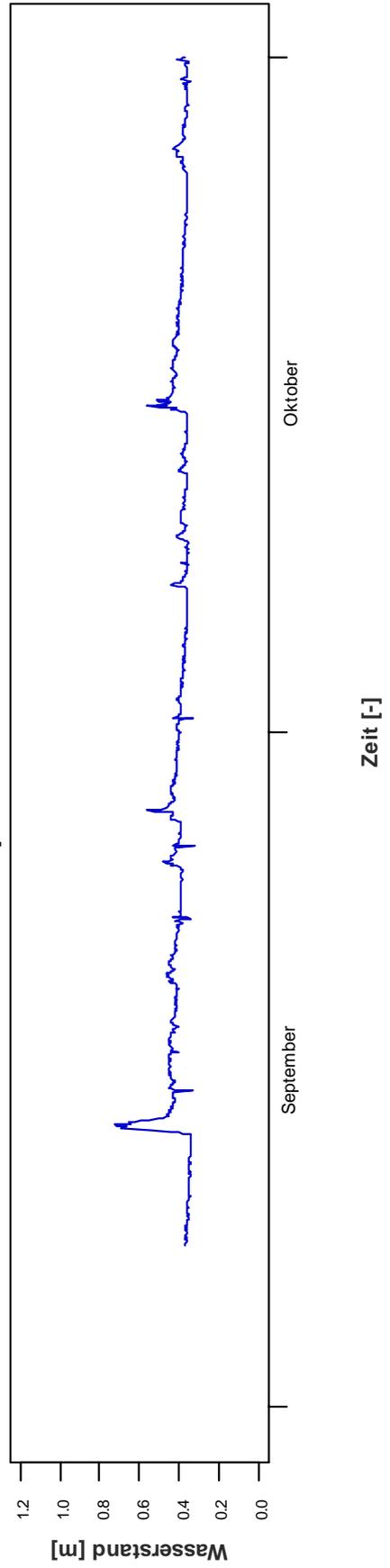


Nachfolgend werden die Wasserstände am Hintereggertor (Schöttlbach), an der Schöttlkapelle (Schöttlbach) und am Krumeeggerbach im Zwei-Monats-Intervall im Jahr 2012 und 2013 dargestellt.

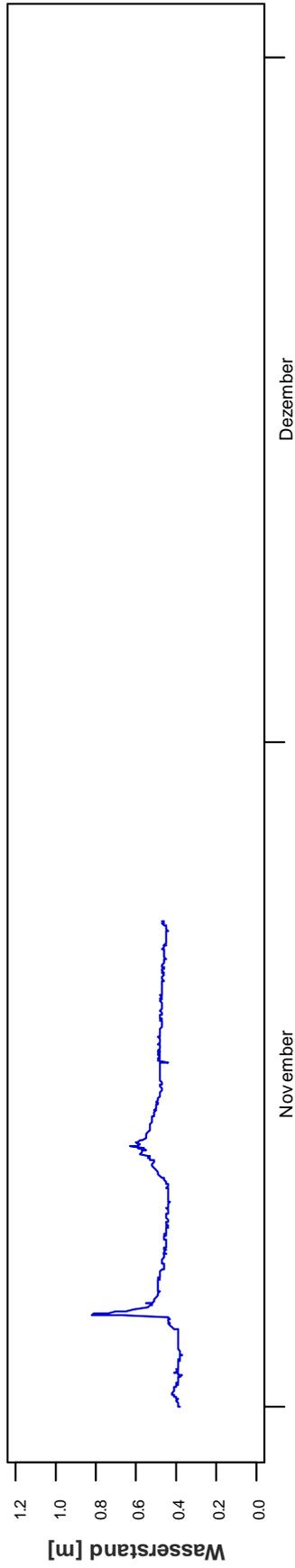
**Hintereggertor 2012
Juli - August**



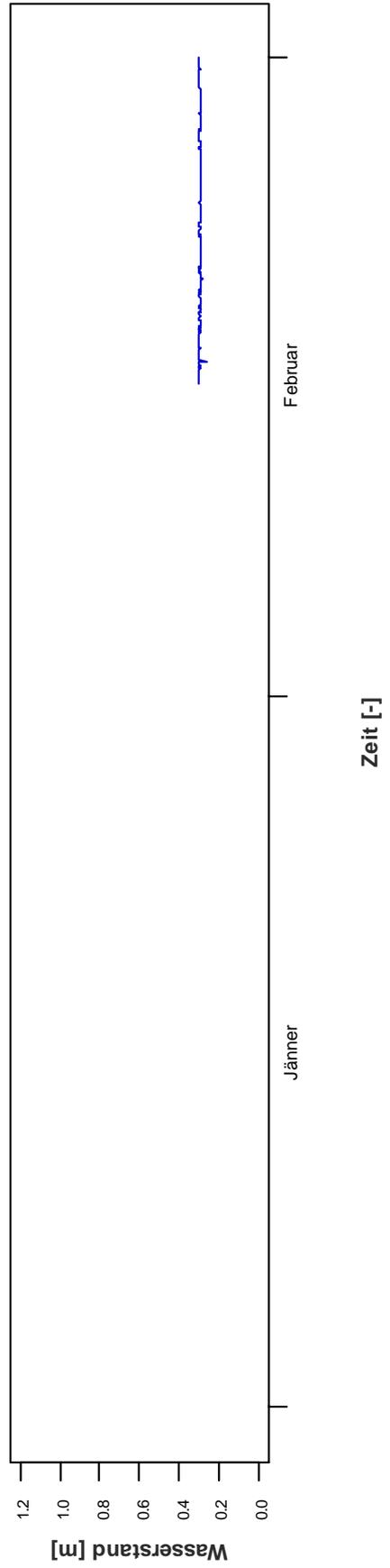
**Hintereggertor 2012
September - Oktober**



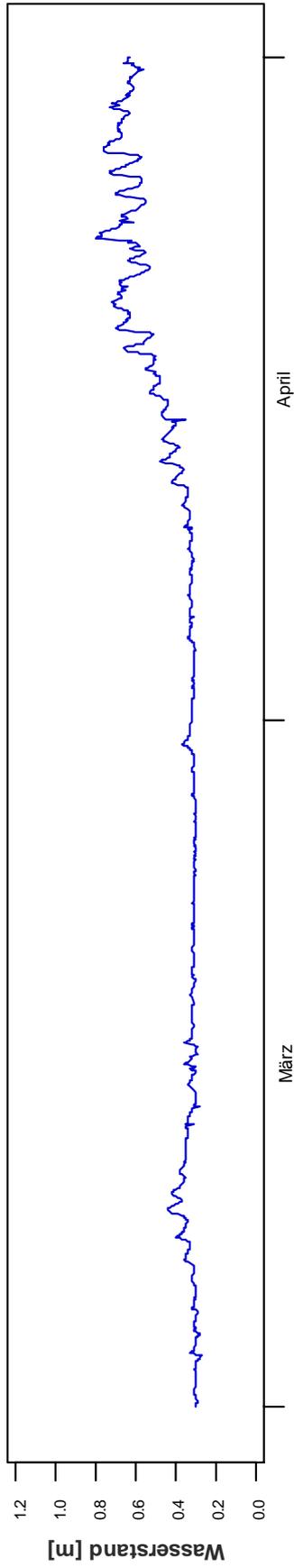
Hintereggertor 2012 November - Dezember



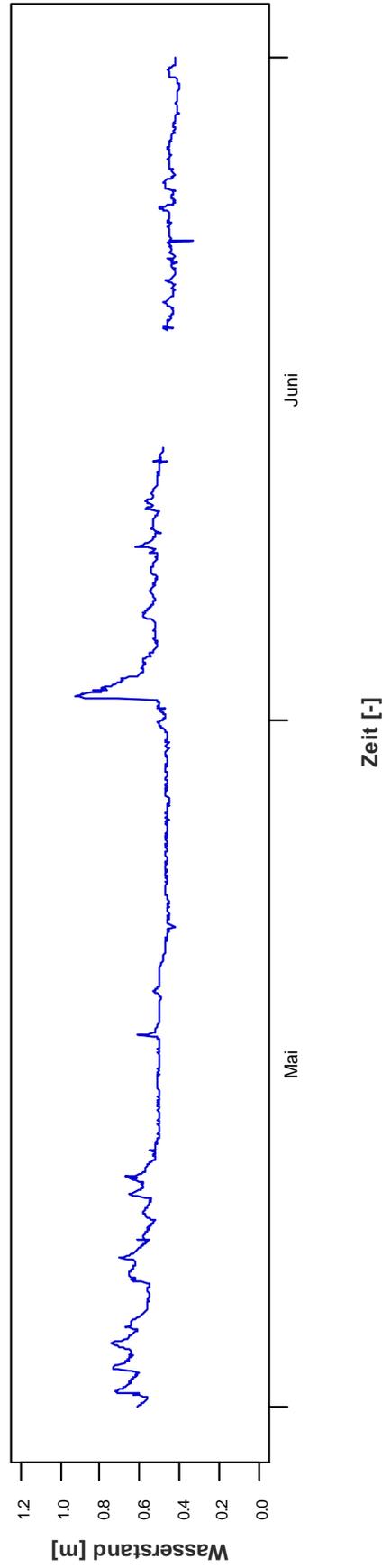
Hintereggertor 2013 Jänner - Februar



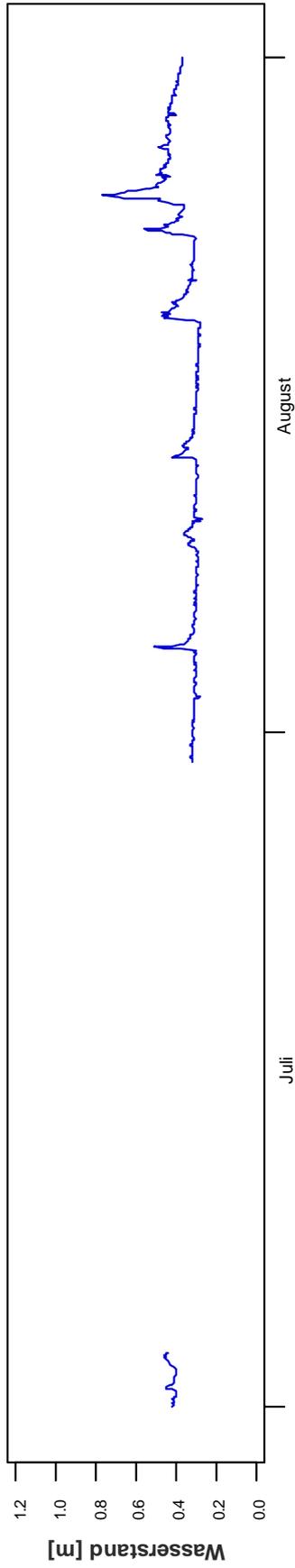
**Hintereggertor 2013
März - April**



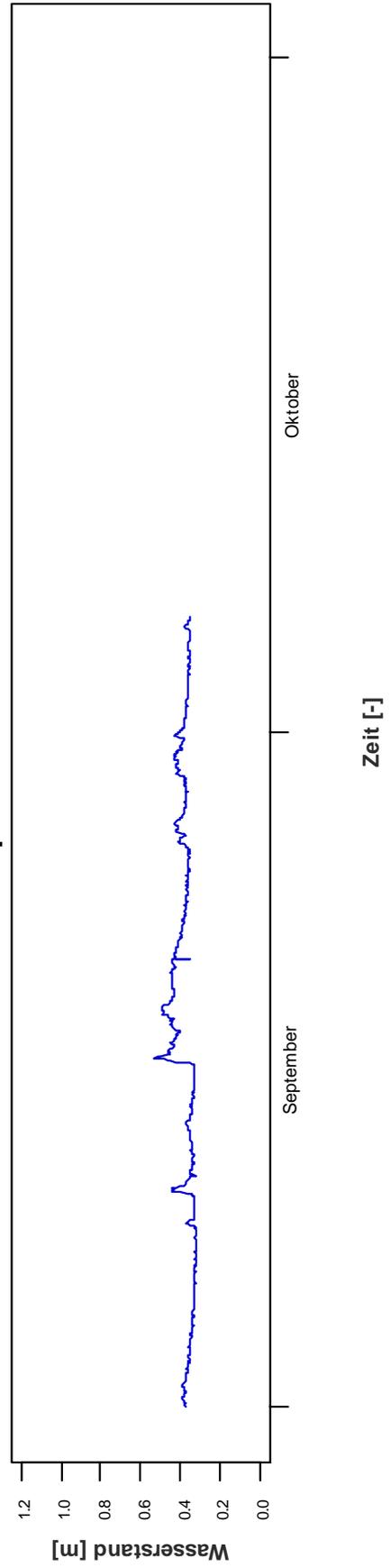
**Hintereggertor 2013
Mai - Juni**



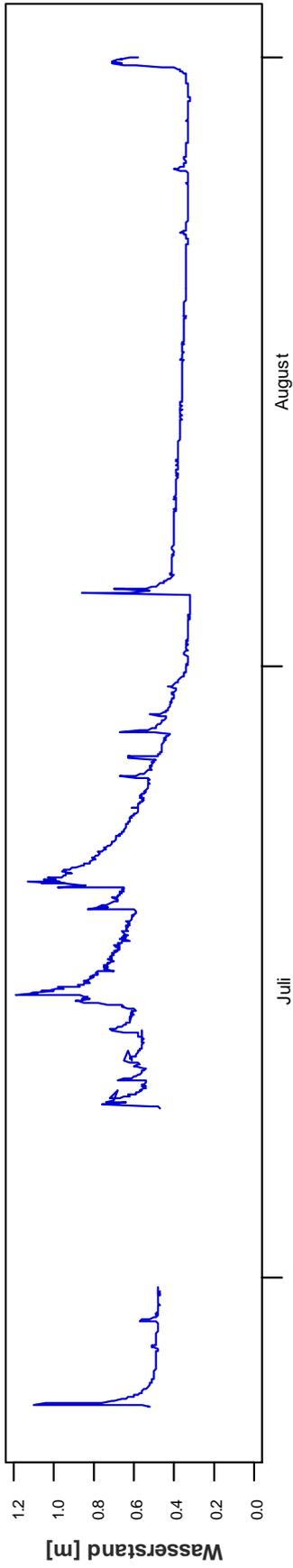
**Hintereggertor 2013
Juli - August**



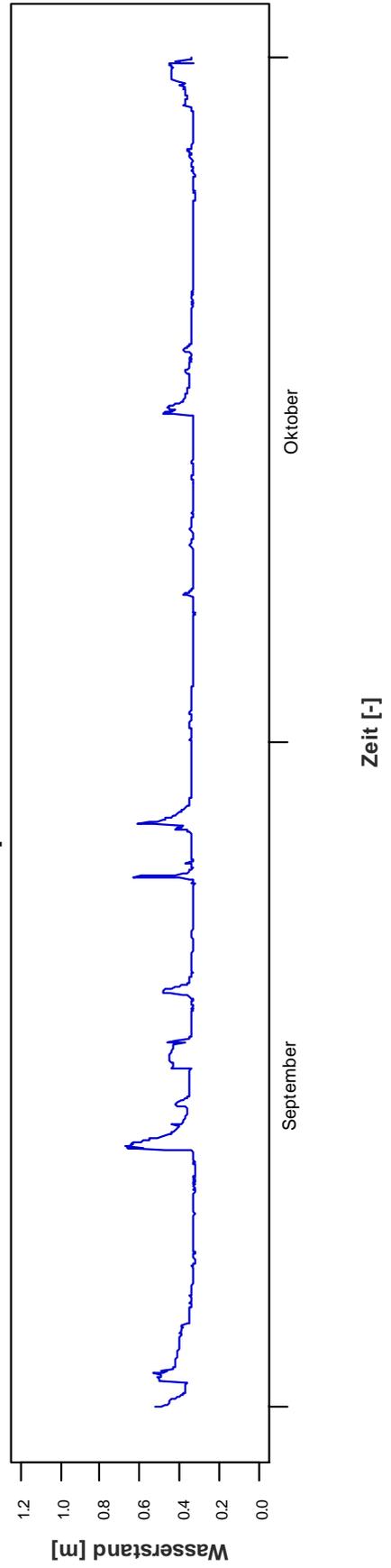
**Hintereggertor 2013
September - Oktober**



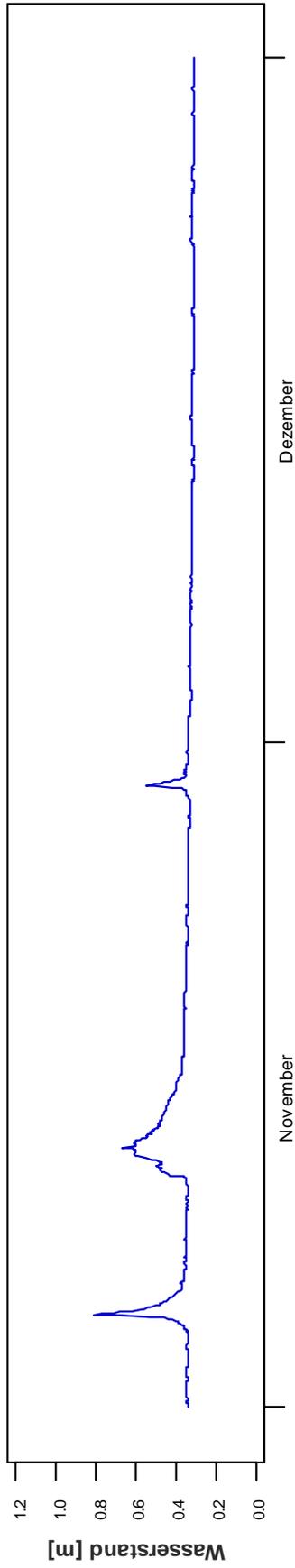
**Schöttlkapelle 2012
Juli - August**



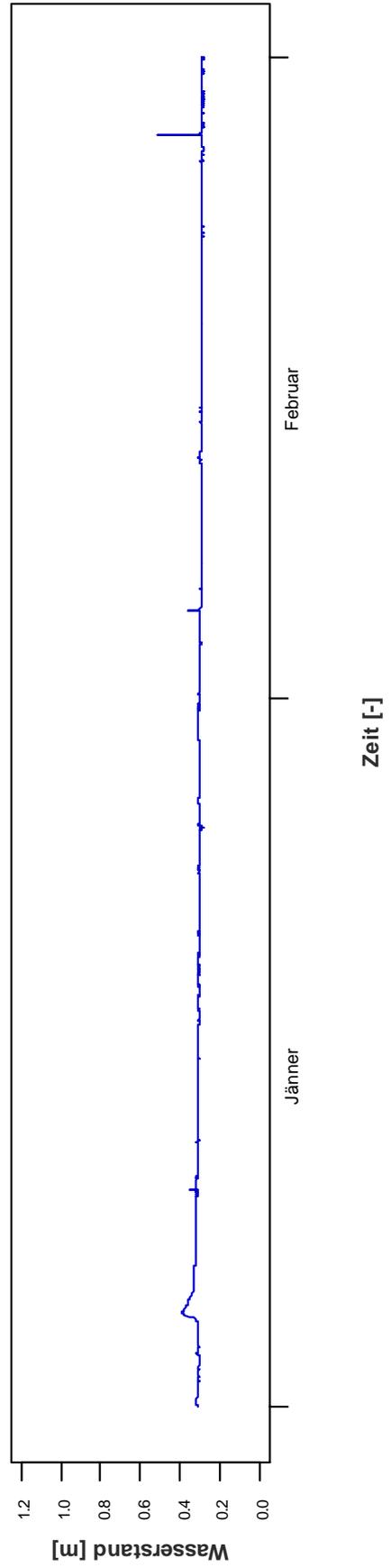
**Schöttlkapelle 2012
September - Oktober**



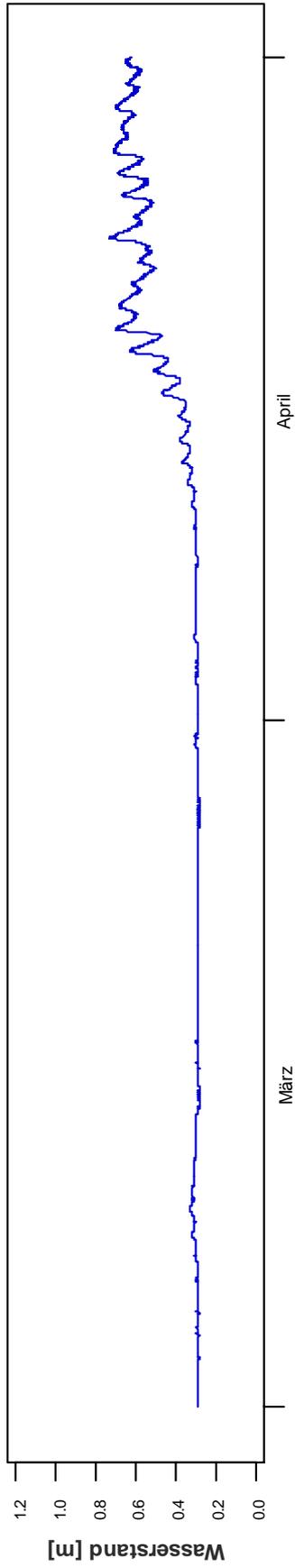
**Schöttlkapelle 2012
November - Dezember**



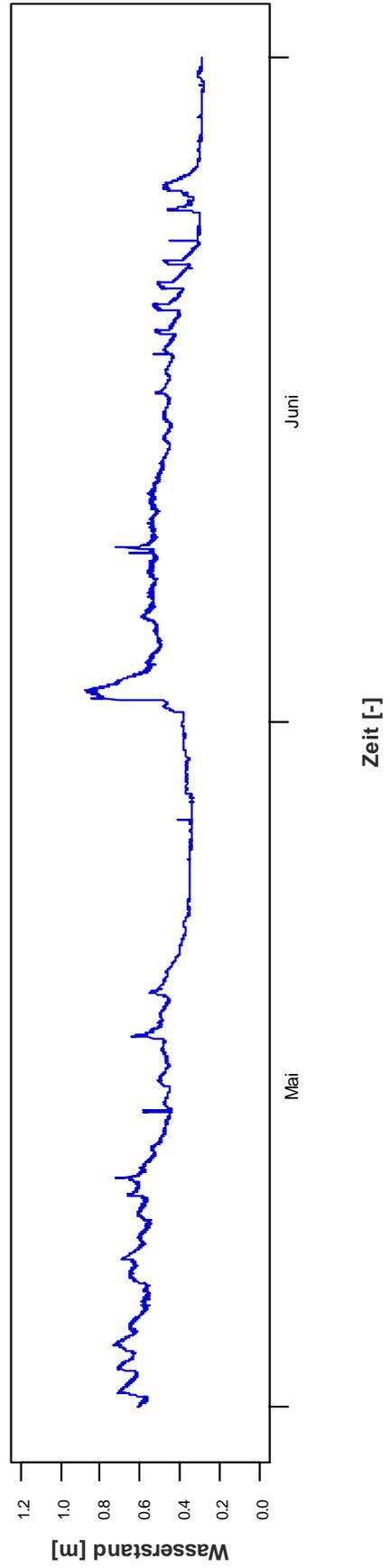
**Schöttlkapelle 2013
Jänner - Februar**



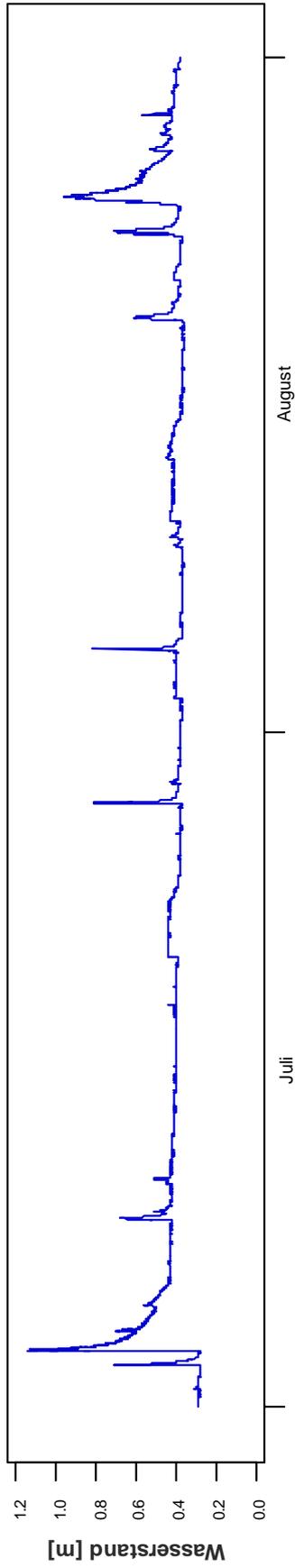
**Schöttlkapelle 2013
März - April**



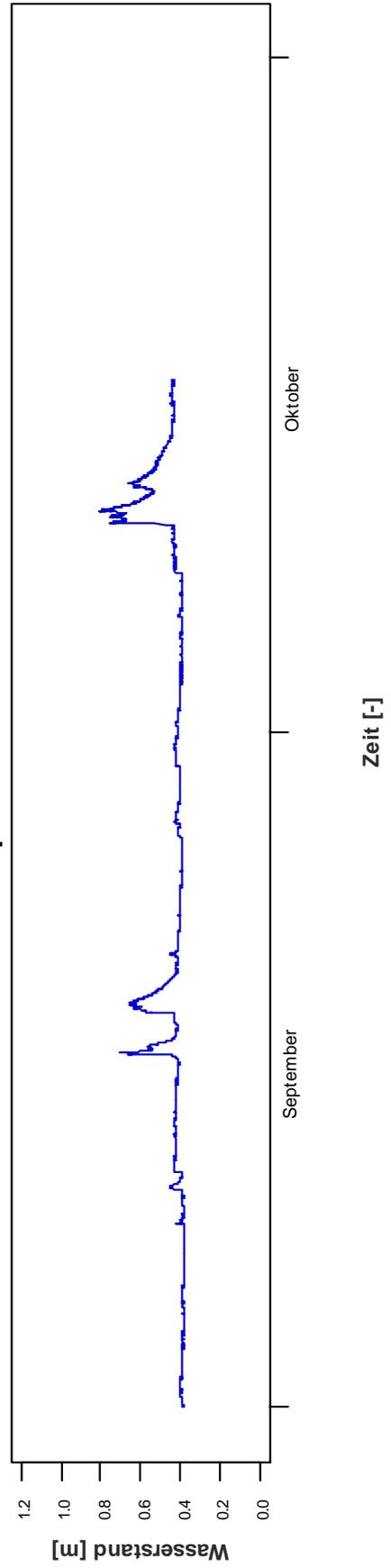
**Schöttlkapelle 2013
Mai - Juni**



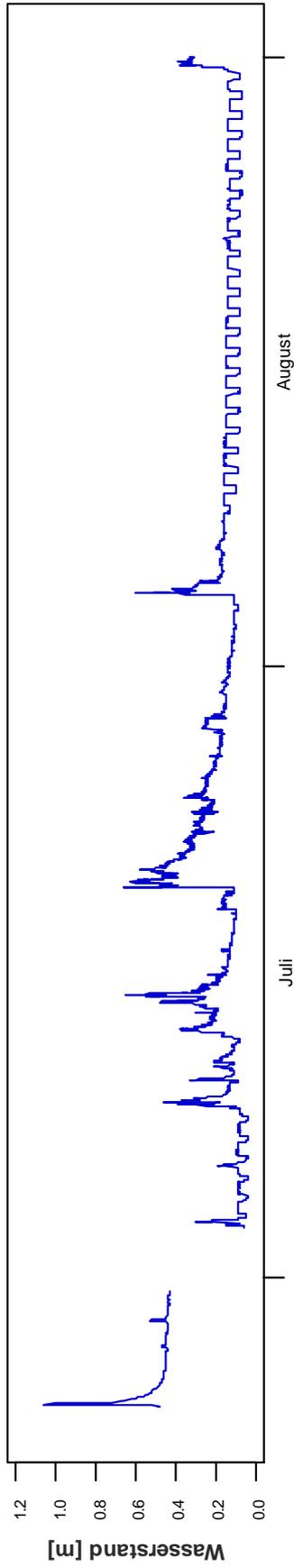
**Schöttlkapelle 2013
Juli - August**



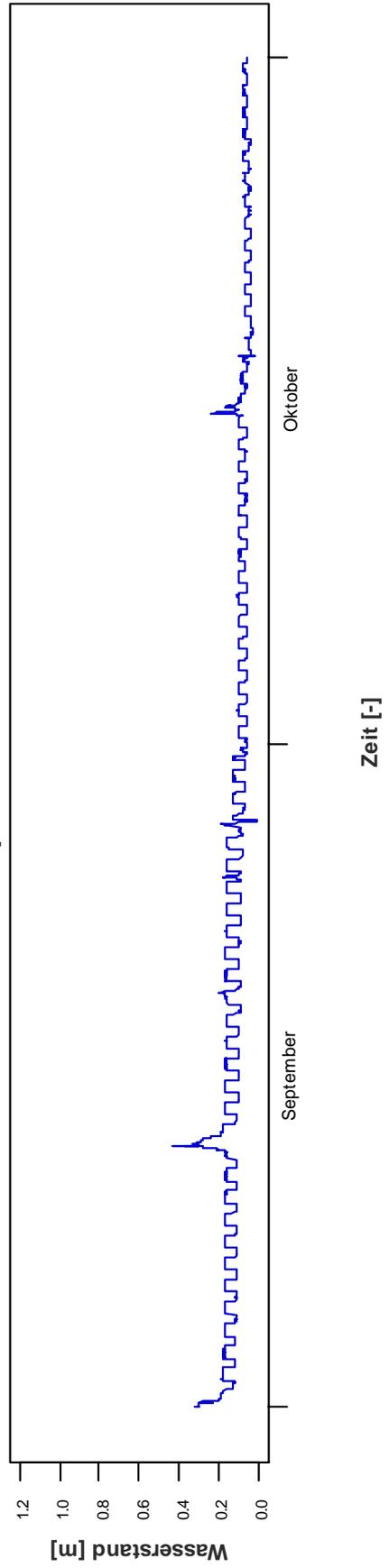
**Schöttlkapelle 2013
September - Oktober**



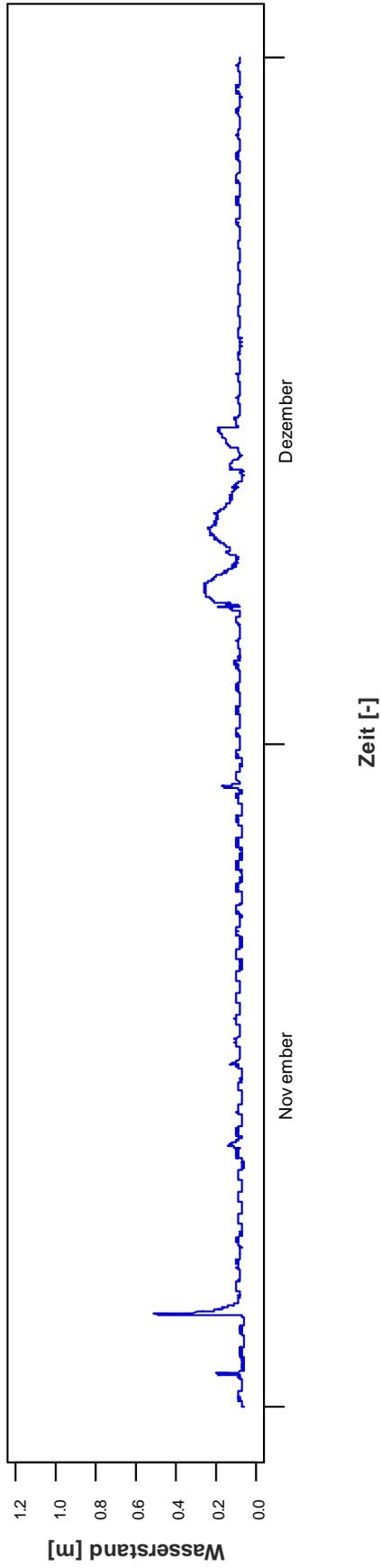
**Krumeggerbach 2012
Juli - August**



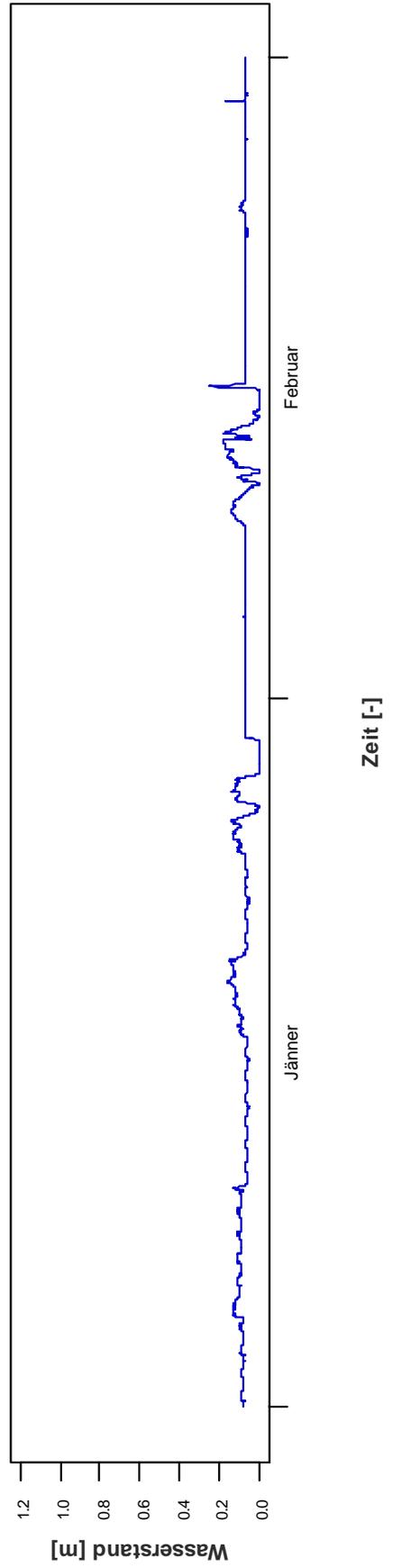
**Krumeggerbach 2012
September - Oktober**



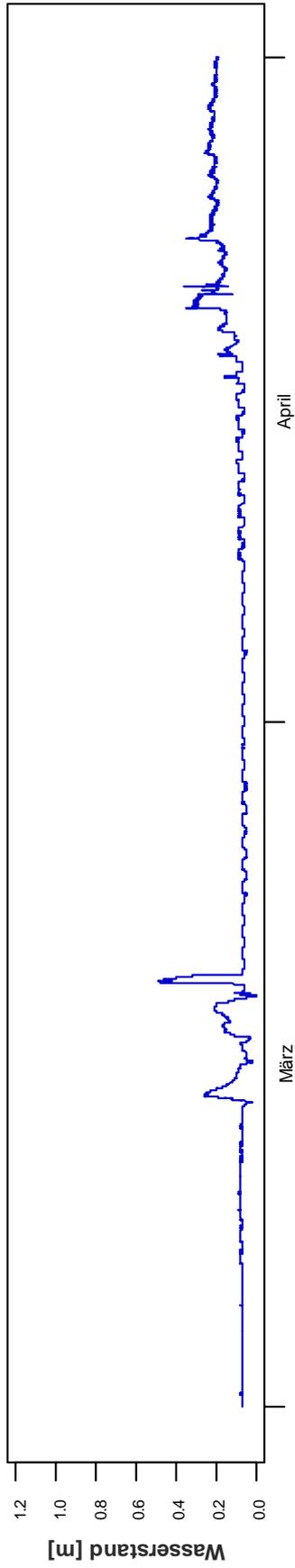
**Krumeggerbach 2012
November - Dezember**



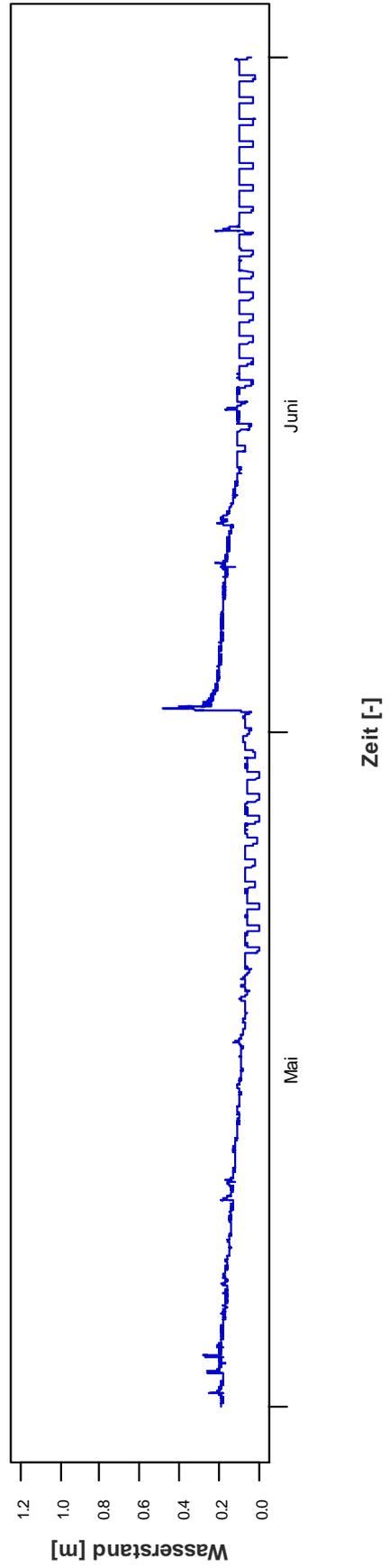
**Krumeggerbach 2013
Jänner - Februar**



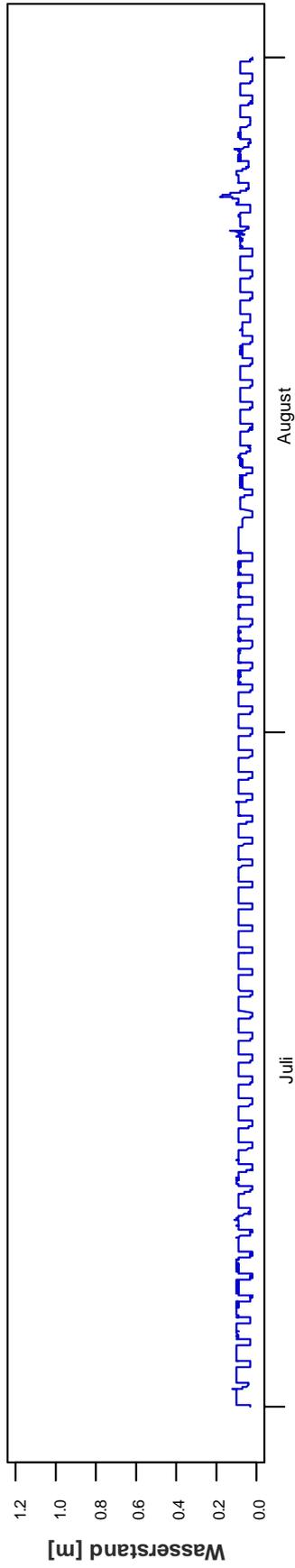
**Krumeggerbach 2013
März - April**



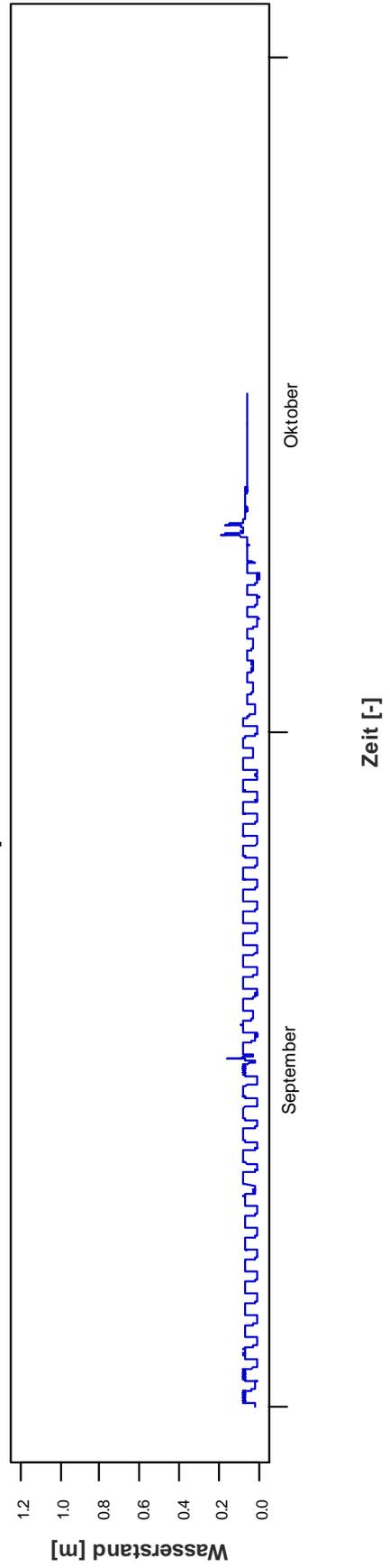
**Krumeggerbach 2013
Mai - Juni**



**Krumeggerbach 2013
Juli - August**

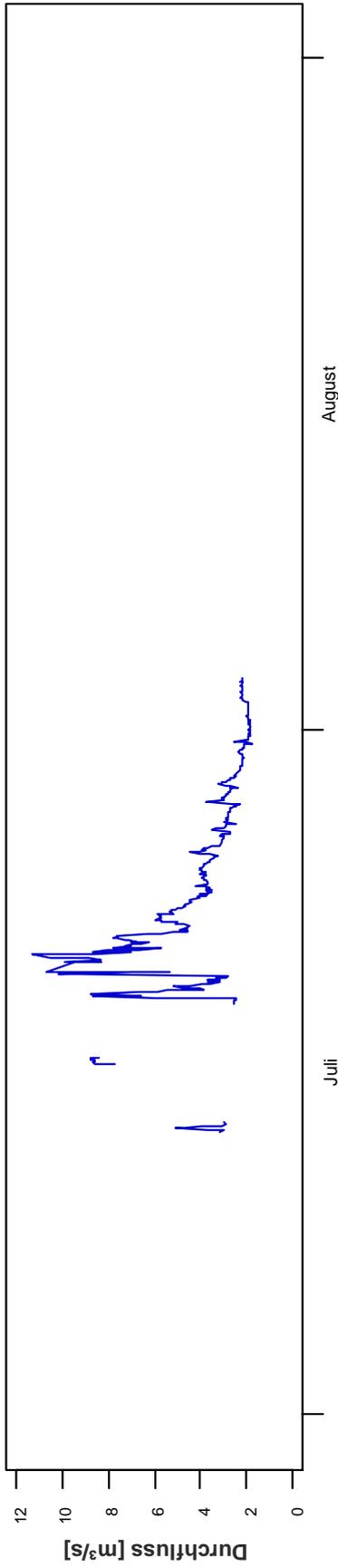


**Krumeggerbach 2013
September - Oktober**

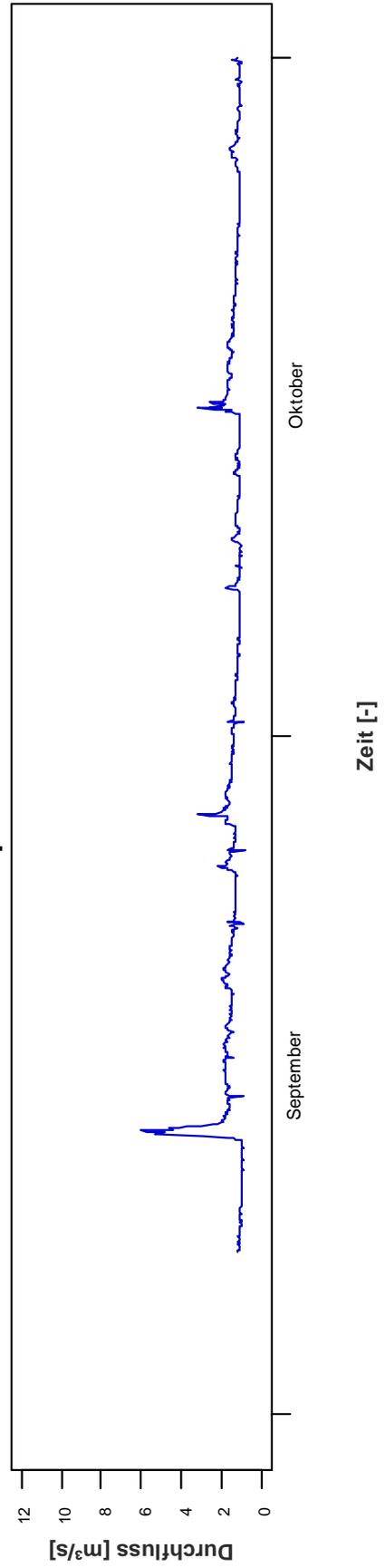


Die folgenden Diagramme zeigen die Durchflüsse am Hintereggertor (Schöttlbach), an der Schöttlkapelle (Schöttlbach) und am Krumeggerbach im Zwei-Monats-Intervall für die Jahre 2012 und 2013.

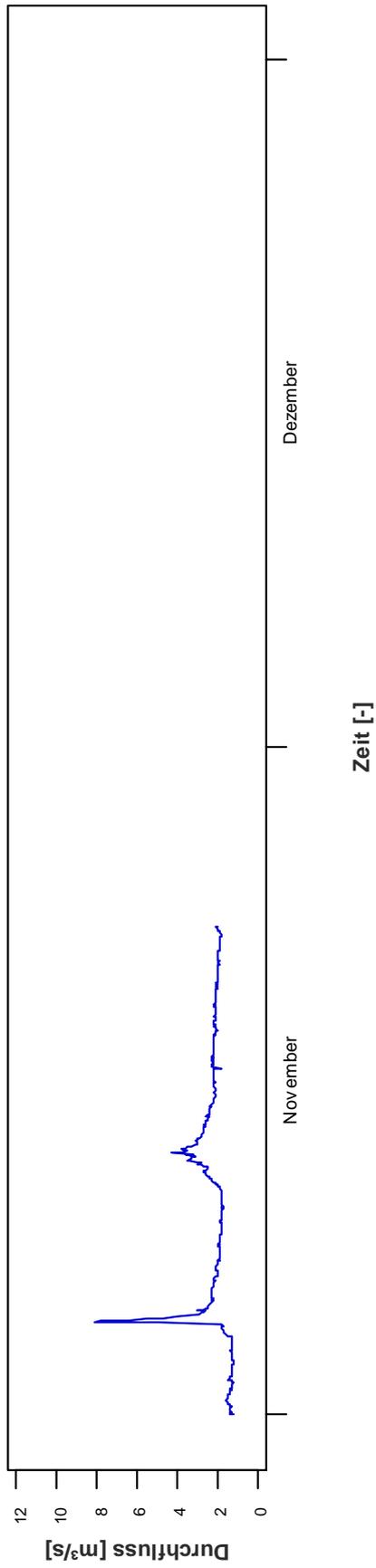
**Hintereggertor 2012
Juli - August**



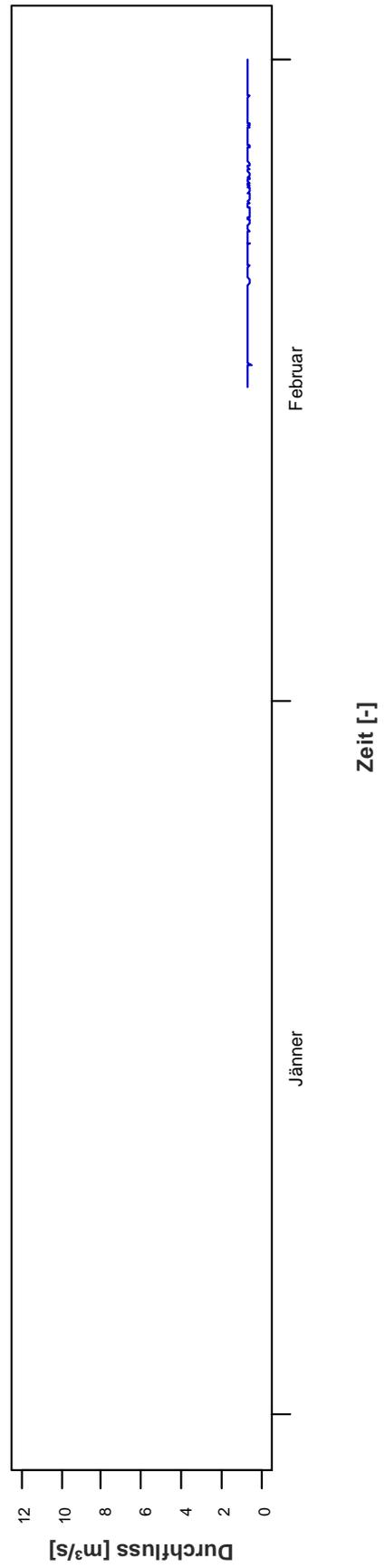
**Hintereggertor 2012
September - Oktober**



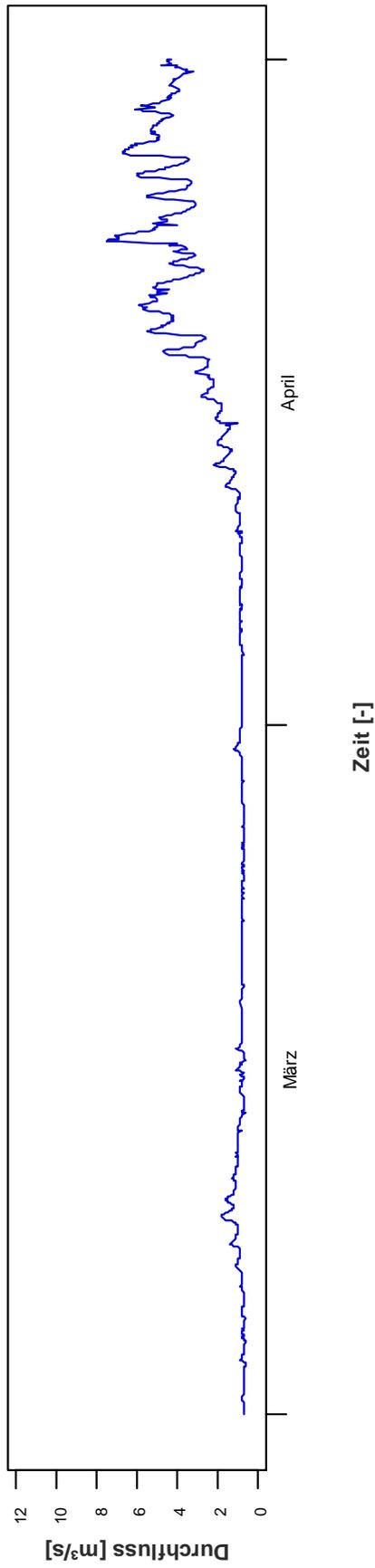
**Hintereggertor 2012
November - Dezember**



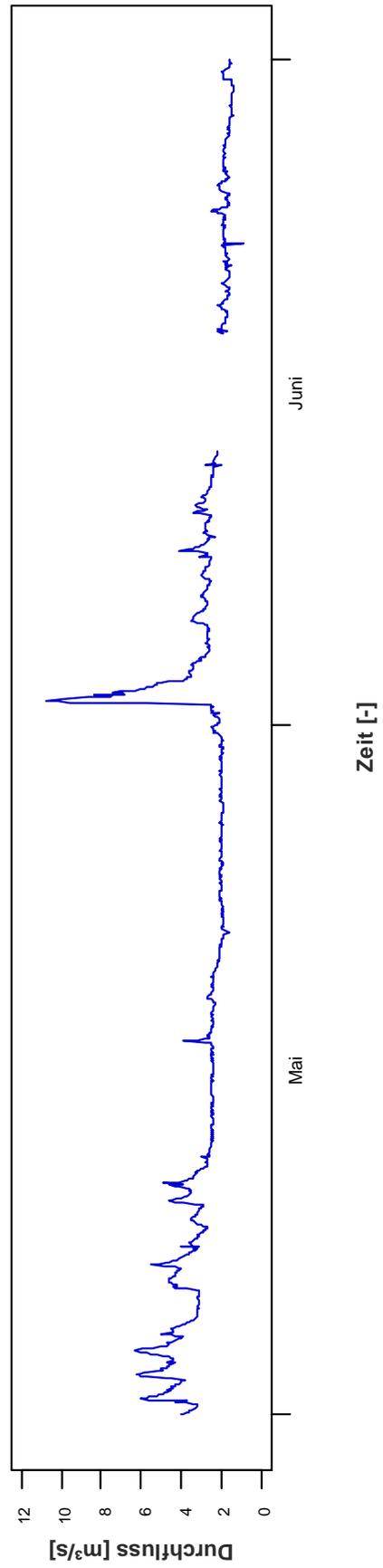
**Hintereggertor 2013
Jänner - Februar**



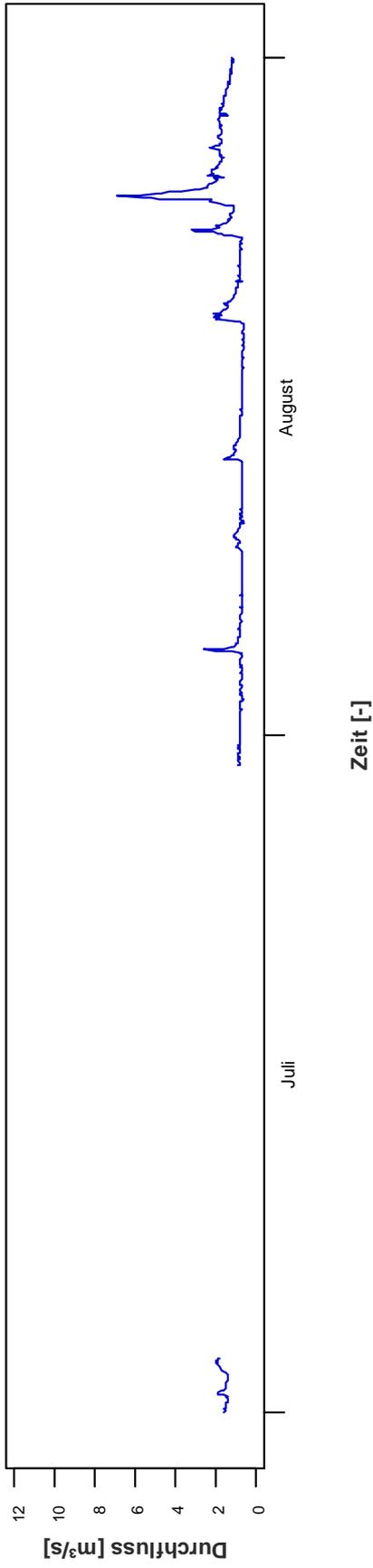
**Hintereggertor 2013
März - April**



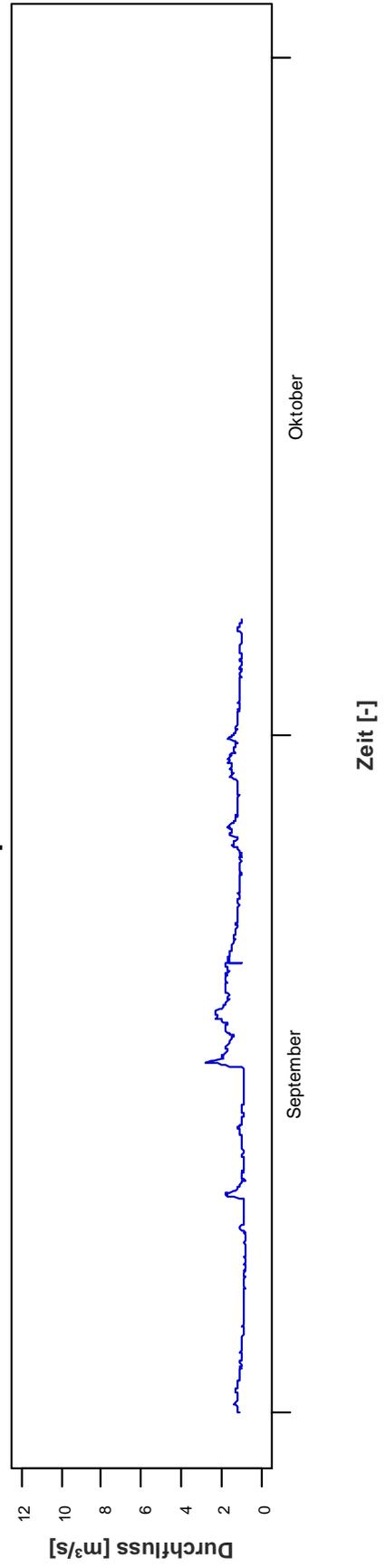
**Hintereggertor 2013
Mai - Juni**



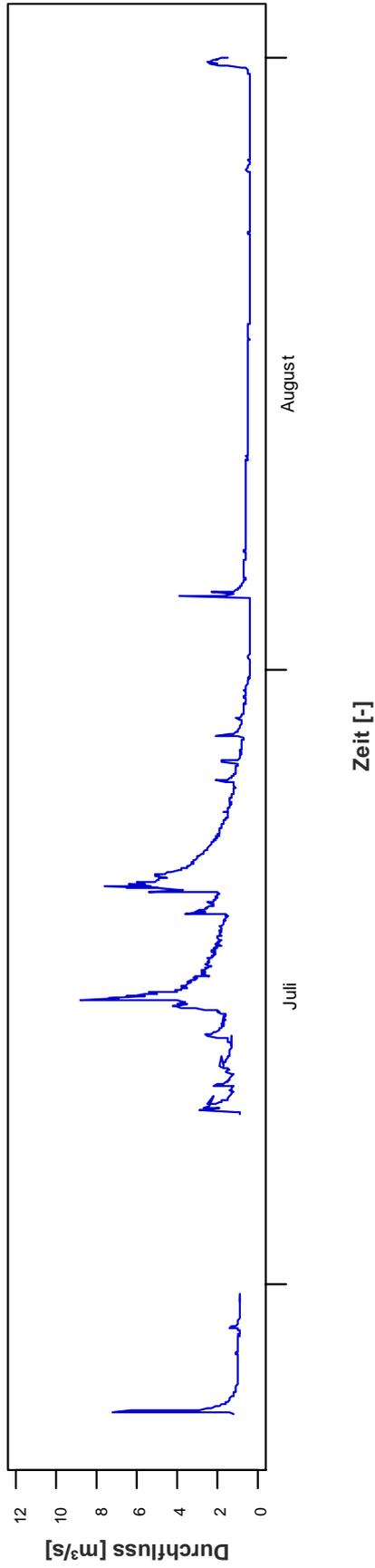
**Hintereggertor 2013
Juli - August**



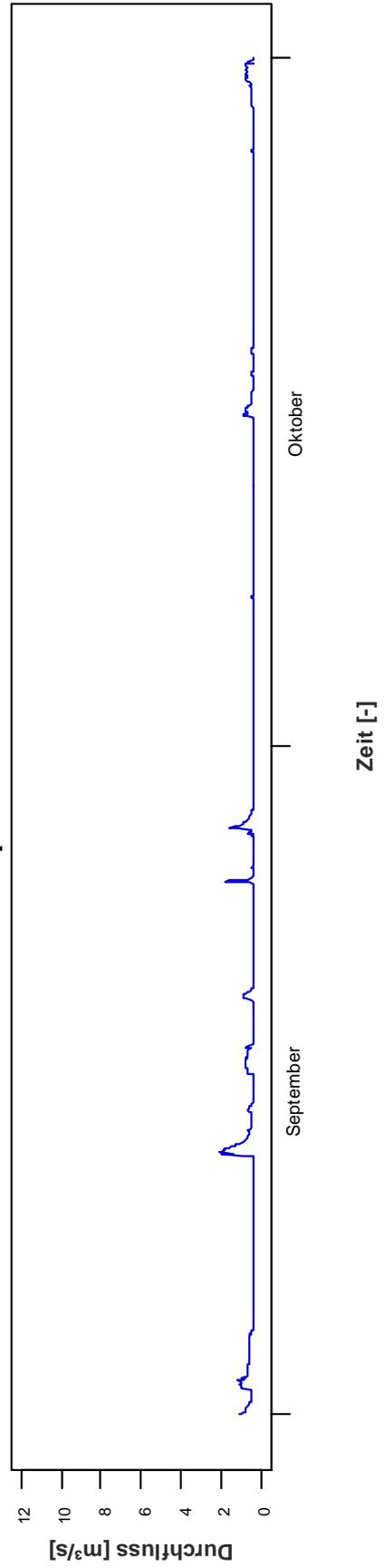
**Hintereggertor 2013
September - Oktober**



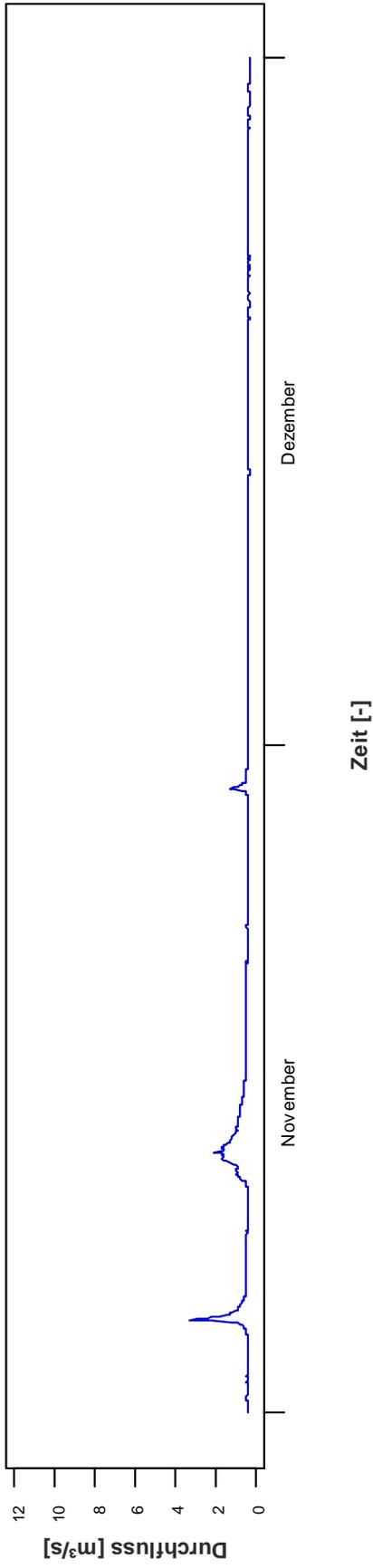
**Schöttlkapelle 2012
Juli - August**



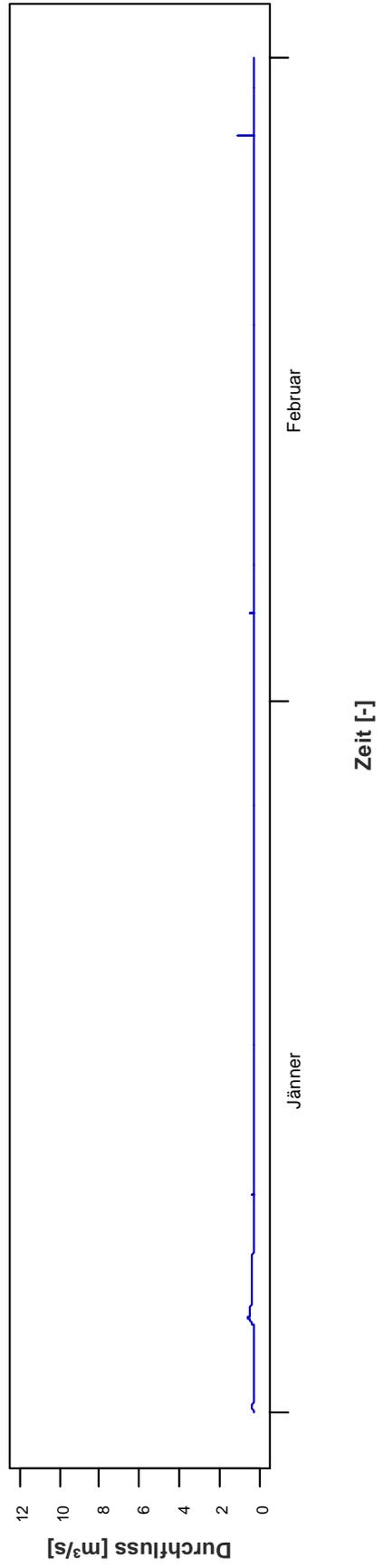
**Schöttlkapelle 2012
September - Oktober**



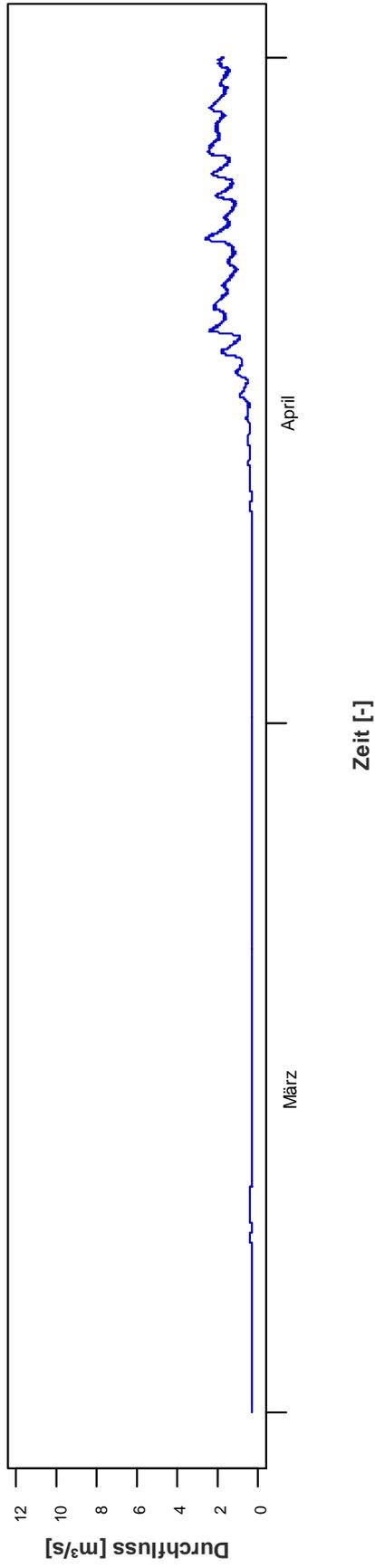
**Schöttlkapelle 2012
November - Dezember**



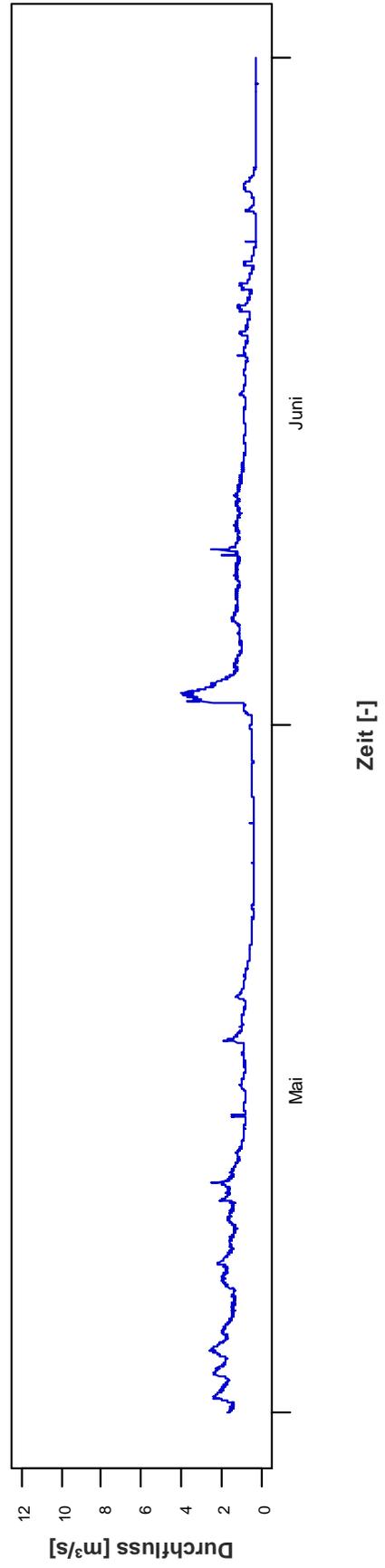
**Schöttlkapelle 2013
Jänner - Februar**



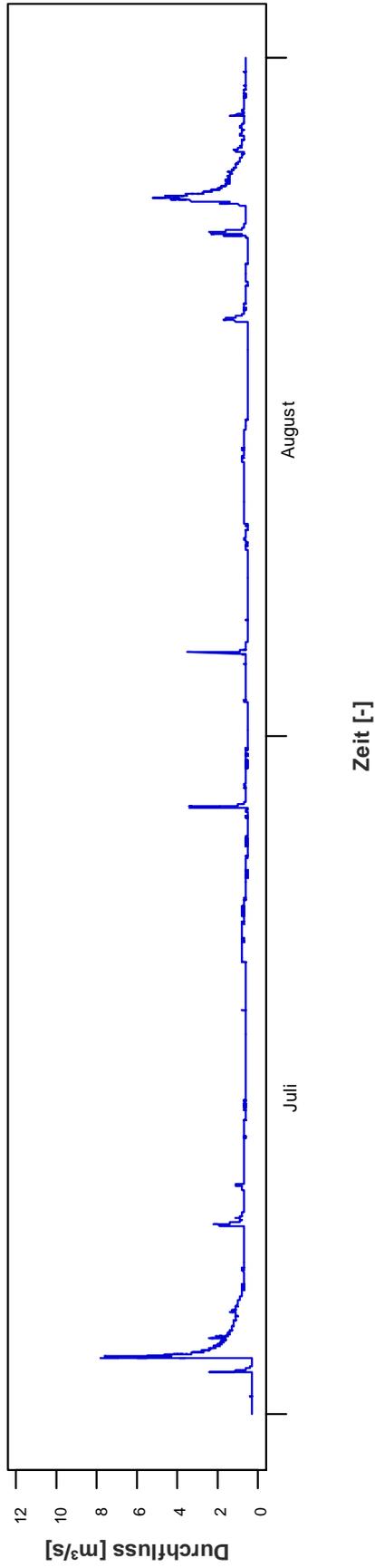
**Schöttlkapelle 2013
März - April**



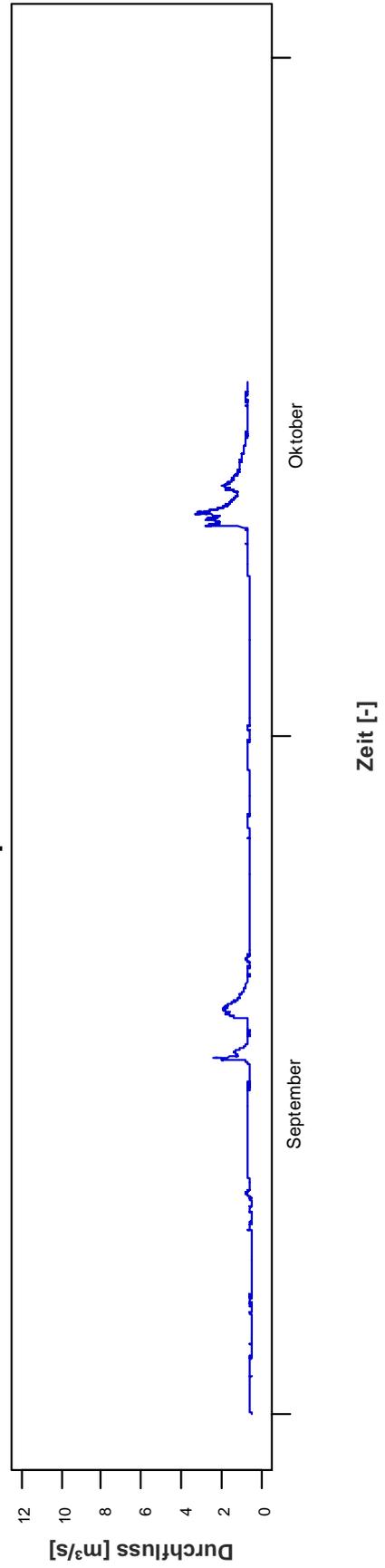
**Schöttlkapelle 2013
Mai - Juni**



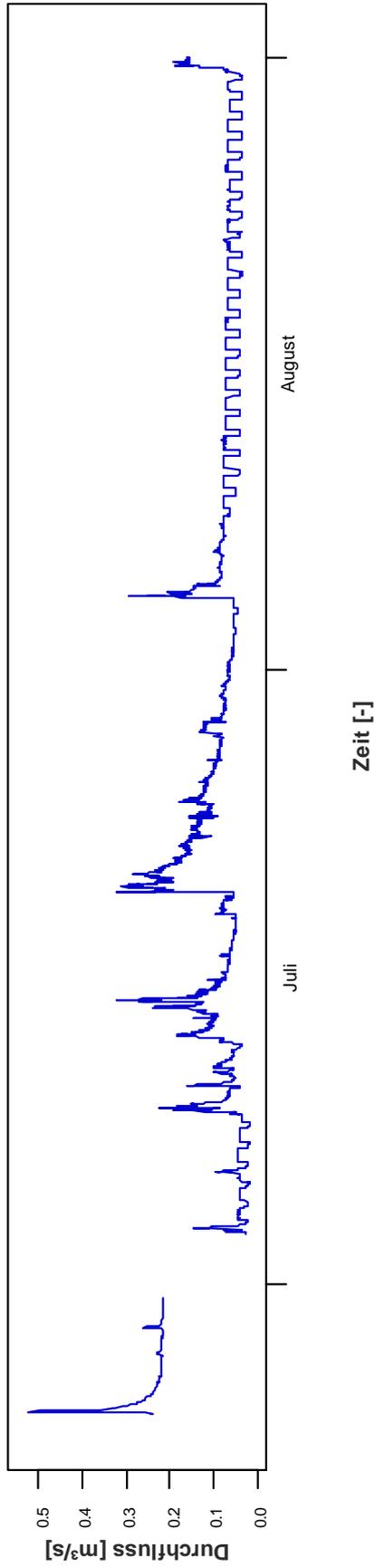
**Schöttlkapelle 2013
Juli - August**



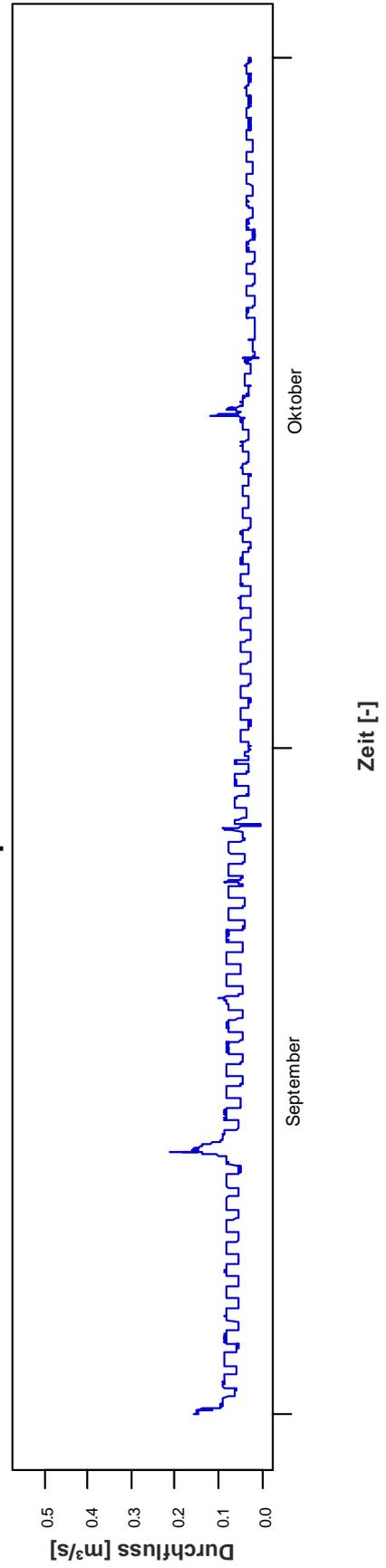
**Schöttlkapelle 2013
September - Oktober**



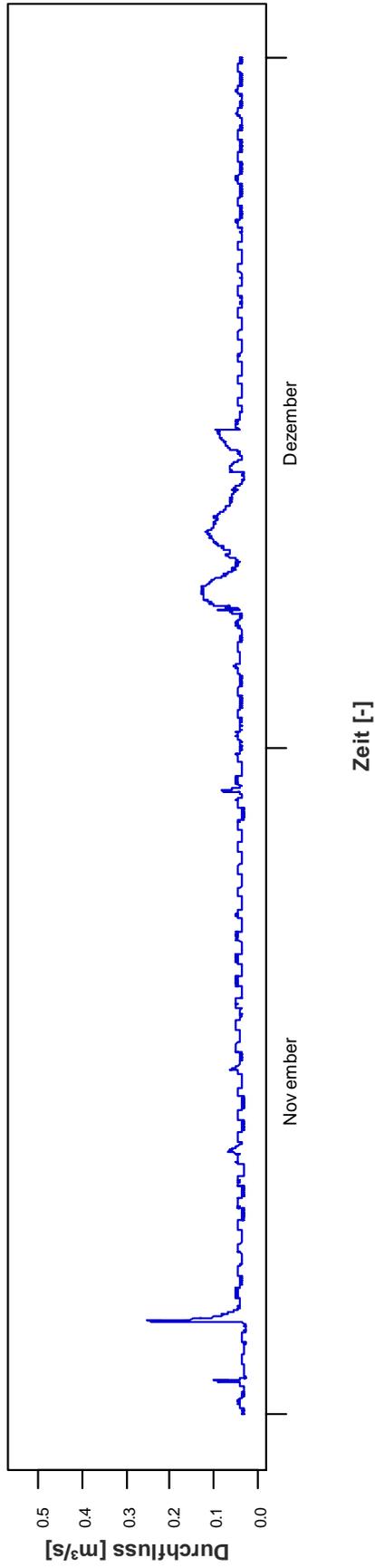
**Krumeggerbach 2012
Juli - August**



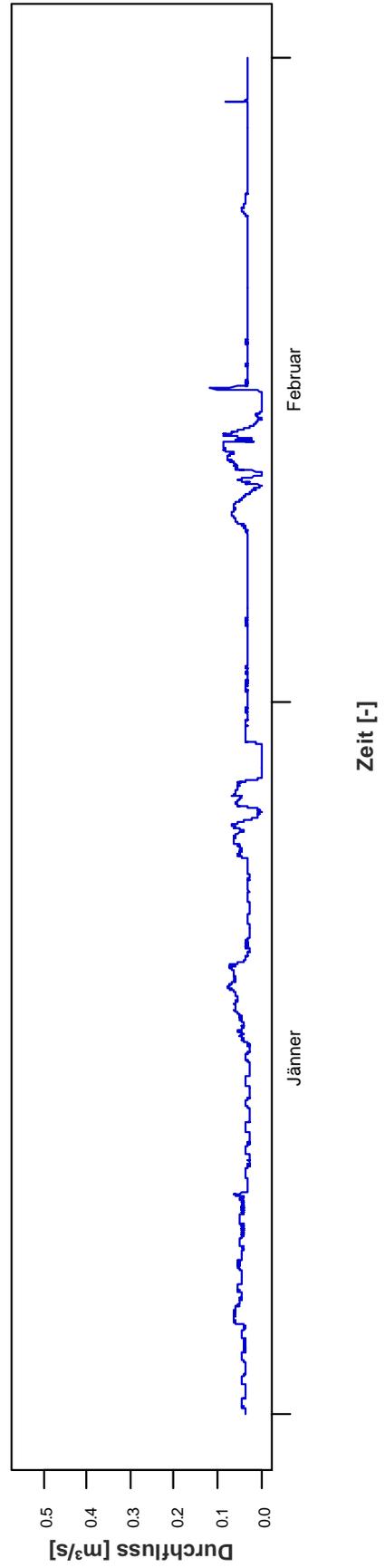
**Krumeggerbach 2012
September - Oktober**



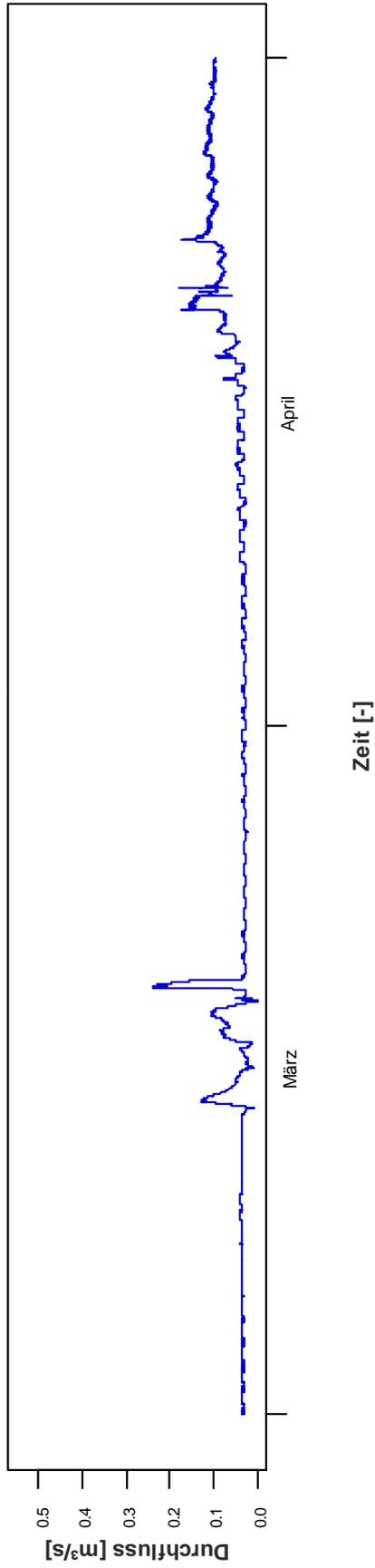
**Krumeggerbach 2012
November - Dezember**



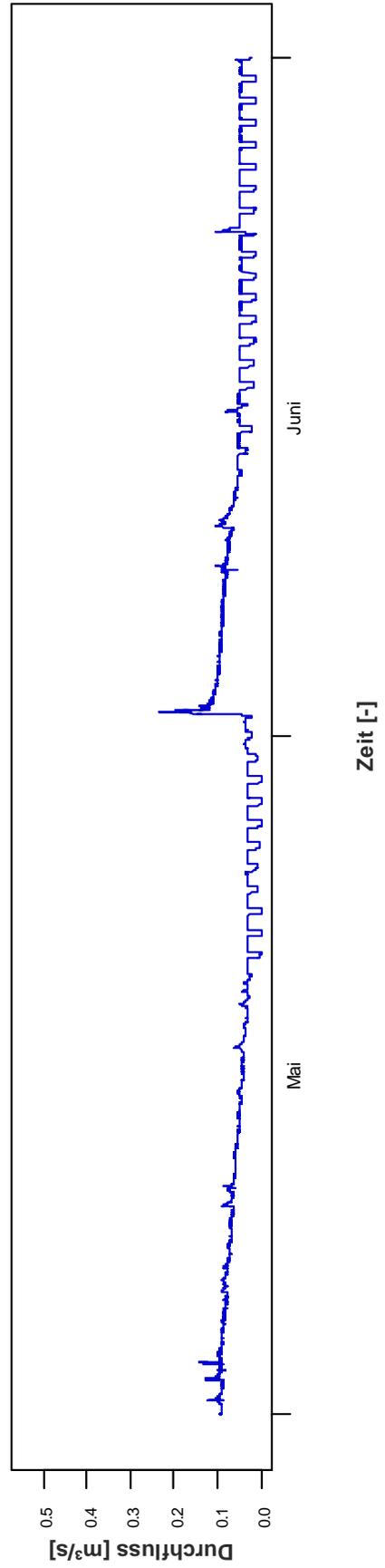
**Krumeggerbach 2013
Jänner - Februar**



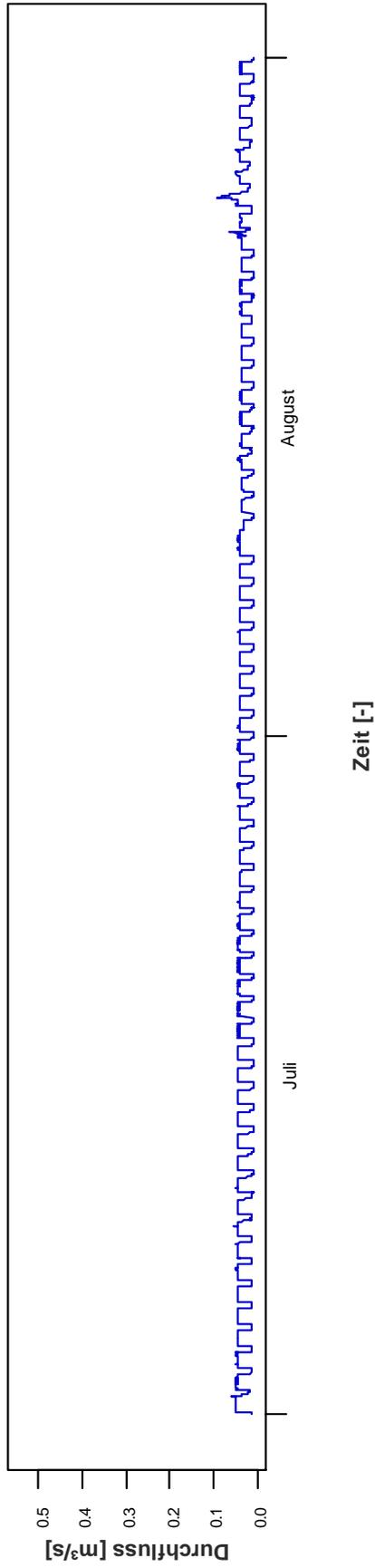
**Krumeggerbach 2013
März - April**



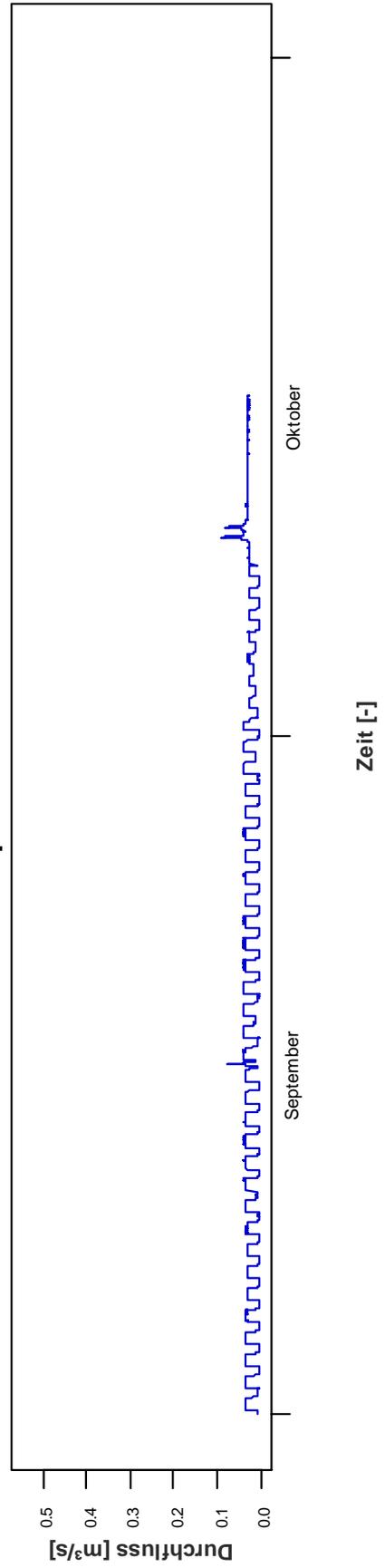
**Krumeggerbach 2013
Mai - Juni**



**Krumeggerbach 2013
Juli - August**



**Krumeggerbach 2013
September - Oktober**



Detaillierte Informationen zu den am Schöttlbach und am Krumeggerbach ausgesetzten Tracersteine sind den nachfolgenden Abbildungen zu entnehmen.

Telemetrietracer - Schöttlbach

Sender	Frequenz	Steingewicht	A	B	C	Datum:	25.06.2013		11.07.2013		Distanz[m]
							Breitengrad	Längengrad	Breitengrad	Längengrad	
3	150,071	6,25	24,0	17,0	11,0	15.11.2012	47°15'25.85"N	14°16'17.97"E	47°15'24.92"N	14°16'18.51"E	30
4	150,081	4,50	23,5	15,0	10,5	15.11.2012	/	/	/	/	
5	150,091	8,00	21,0	20,0	14,0	15.11.2012	47°15'24.35"N	14°16'18.57"E	47°15'23.63"N	14°16'18.53"E	20
9	150,131	4,35	18,0	14,0	11,0	15.11.2012	/	/	/	/	
10	150,141	6,75	23,0	17,0	12,5	15.11.2012	47°15'22.32"N	14°16'18.83"E	47°15'19.74"N	14°16'19.11"E	90
14	150,171	11,00	30,0	17,5	13,5	15.11.2012	47°15'23.34"N	14°16'18.65"E	/	/	
15	150,181	2,95	16,0	11,0	8,5	15.11.2012	/	/	/	/	
16	150,191	4,85	19,0	15,0	12,0	15.11.2012	47°15'20.17"N	14°16'19.31"E	/	/	
17	150,201	5,40	22,5	12,5	11,5	08.01.2013	/	/	/	/	
18	150,211	3,60	16,0	12,0	9,5	15.11.2012	/	/	47°15'21.83"N	14°16'19.37"E	190
19	150,221	1,50	13,0	10,5	6,5	15.11.2012	/	/	/	/	
20	150,231	2,00	13,5	13,0	7,0	15.11.2012	/	/	/	/	
21	150,241	4,10	28,0	14,5	8,0	15.11.2012	/	/	47°15'22.22"N	14°16'19.03"E	170
22	150,331	3,50	17,0	11,0	8,0	08.01.2013	/	/	/	/	
23	150,251	3,75	16,0	13,0	10,0	08.01.2013	/	/	47°15'20.47"N	14°16'19.40"E	230
24	150,261	3,80	22,0	13,5	8,5	15.11.2012	47°15'23.87"N	14°16'18.73"E	47°15'22.29"N	14°16'19.01"E	50
25	150,271	2,65	18,0	12,5	9,0	15.11.2012	47°15'25.42"N	14°16'18.41"E	/	/	
26	150,281	5,25	20,0	13,5	9,5	08.01.2013	47°15'23.04"N	14°16'18.67"E	/	/	
28	150,301	2,85	15,0	12,0	9,5	15.11.2012	/	/	/	/	
29	150,311	1,90	12,5	10,5	7,0	15.11.2012	/	/	/	/	

Telemetrietracer - Schöttlbach

Sender	Frequenz	Steingewicht	A	B	C	Datum:	12.08.2013			05.09.2013		
							Breitengrad	Längengrad	Distanz[m]	Breitengrad	Längengrad	Distanz[m]
3	150,071	6,25	24,0	17,0	11,0	15.11.2012	47°15'24.92"N	14°16'18.51"E	0	/	/	0
4	150,081	4,50	23,5	15,0	10,5	15.11.2012	/	/		/	/	
5	150,091	8,00	21,0	20,0	14,0	15.11.2012	/	/		/	/	
9	150,131	4,35	18,0	14,0	11,0	15.11.2012	/	/		/	/	
10	150,141	6,75	23,0	17,0	12,5	15.11.2012	47°15'19.74"N	14°16'19.11"E	0	47°15'19.74"N	14°16'19.11"E	0
14	150,171	11,00	30,0	17,5	13,5	15.11.2012	/	/		/	/	
15	150,181	2,95	16,0	11,0	8,5	15.11.2012	/	/		/	/	
16	150,191	4,85	19,0	15,0	12,0	15.11.2012	/	/		/	/	
17	150,201	5,40	22,5	12,5	11,5	08.01.2013	/	/		/	/	
18	150,211	3,60	16,0	12,0	9,5	15.11.2012	47°15'21.83"N	14°16'19.37"E	0	47°15'21.83"N	14°16'19.37"E	0
19	150,221	1,50	13,0	10,5	6,5	15.11.2012	/	/		/	/	
20	150,231	2,00	13,5	13,0	7,0	15.11.2012	/	/		/	/	
21	150,241	4,10	28,0	14,5	8,0	15.11.2012	47°15'22.22"N	14°16'19.03"E	0	47°15'22.22"N	14°16'19.03"E	0
22	150,331	3,50	17,0	11,0	8,0	08.01.2013	/	/		/	/	
23	150,251	3,75	16,0	13,0	10,0	08.01.2013	/	/		/	/	
24	150,261	3,80	22,0	13,5	8,5	15.11.2012	47°15'22.29"N	14°16'19.01"E	0	47°15'22.29"N	14°16'19.01"E	0
25	150,271	2,65	18,0	12,5	9,0	15.11.2012	/	/		47°15'22.12"N	14°16'19.21"E	170
26	150,281	5,25	20,0	13,5	9,5	08.01.2013	47°15'12.87"N	14°16'18.74"E	340	47°15'12.87"N	14°16'18.74"E	0
28	150,301	2,85	15,0	12,0	9,5	15.11.2012	/	/		/	/	
29	150,311	1,90	12,5	10,5	7,0	15.11.2012	/	/		/	/	

Telemetrietracer - Schöttlbach

Sender	Frequenz	Steingewicht			Datum:	28.09.2013			17.10.2013		
		A	B	C		Breitengrad	Längengrad	Distanz[m]	Breitengrad	Längengrad	Distanz[m]
3	150,071	6,25	24,0	17,0	11,0	15.11.2012	/	/	/	/	
4	150,081	4,50	23,5	15,0	10,5	15.11.2012	/	/	/	/	
5	150,091	8,00	21,0	20,0	14,0	15.11.2012	/	/	/	/	
9	150,131	4,35	18,0	14,0	11,0	15.11.2012	/	/	/	/	
10	150,141	6,75	23,0	17,0	12,5	15.11.2012	47°15'19.74"N	14°16'19.11"E	0	47°15'19.74"N	14°16'19.11"E
14	150,171	11,00	30,0	17,5	13,5	15.11.2012	/	/	/	/	
15	150,181	2,95	16,0	11,0	8,5	15.11.2012	/	/	/	/	
16	150,191	4,85	19,0	15,0	12,0	15.11.2012	47°15'10.93"N	14°16'18.48"E	415	47°15'10.93"N	14°16'18.48"E
17	150,201	5,40	22,5	12,5	11,5	08.01.2013	/	/	/	/	
18	150,211	3,60	16,0	12,0	9,5	15.11.2012	47°15'21.83"N	14°16'19.37"E	0	47°15'21.83"N	14°16'19.37"E
19	150,221	1,50	13,0	10,5	6,5	15.11.2012	/	/	/	/	
20	150,231	2,00	13,5	13,0	7,0	15.11.2012	/	/	/	/	
21	150,241	4,10	28,0	14,5	8,0	15.11.2012	47°15'22.22"N	14°16'19.03"E	0	47°15'22.22"N	14°16'19.03"E
22	150,331	3,50	17,0	11,0	8,0	08.01.2013	/	/	/	/	
23	150,251	3,75	16,0	13,0	10,0	08.01.2013	/	/	/	/	
24	150,261	3,80	22,0	13,5	8,5	15.11.2012	47°15'22.29"N	14°16'19.01"E	0	47°15'22.29"N	14°16'19.01"E
25	150,271	2,65	18,0	12,5	9,0	15.11.2012	47°15'22.12"N	14°16'19.21"E	0	47°15'22.12"N	14°16'19.21"E
26	150,281	5,25	20,0	13,5	9,5	08.01.2013	/	/	/	/	
28	150,301	2,85	15,0	12,0	9,5	15.11.2012	/	/	/	/	
29	150,311	1,90	12,5	10,5	7,0	15.11.2012	/	/	/	/	

Farbtracer - Schöttlbach

Nummer	Farbe	Steingewicht	A	B	C	Datum:	11.07.2013			12.08.2013		
							Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]	Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]
S1	grün	0,25	8,0	7,0	3,0	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S2	grün	0,25	8,0	5,5	3,5	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S3	grün	0,50	11,0	7,0	4,0	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S4	grün	0,70	10,5	7,5	5,0	08.01.2013	47°15'19.74"N	14°16'19.11"E	90	/	/	/
S5	grün	0,65	10,0	8,0	4,5	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S6	grün	0,80	11,0	7,5	5,5	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S7	grün	1,20	14,5	7,0	6,5	08.01.2013	47°15'15.83"N	14°16'17.44"E	370	/	/	/
S8	grün	1,10	12,0	9,5	5,0	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S9	grün	1,15	12,0	7,5	7,5	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S10	blau	0,45	8,5	6,5	5,5	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S11	blau	0,35	8,0	6,0	4,5	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S12	blau	0,35	8,5	6,5	4,0	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S13	blau	0,40	7,5	7,0	4,5	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S14	blau	0,80	10,0	8,5	6,0	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S15	blau	1,10	10,5	10,5	5,0	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S16	blau	1,15	13,5	9,5	5,0	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S17	blau	2,10	15,0	12,0	6,0	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S18	blau	2,55	18,0	13,0	6,5	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S19	blau	2,55	14,0	10,0	8,5	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S20	blau	3,20	21,5	13,0	8,0	08.01.2013	/	/	/	/	/	/

Farbtracer - Schöttlbach

Nummer	Farbe	Steingewicht	A	B	C	Datum:	11.07.2013			12.08.2013		
							Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]	Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]
S21	blau	2,90	22,0	10,0	6,0	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S22	blau	5,25	26,0	12,0	11,5	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
S23	blau	0,65	13,5	8,0	5,0	15.05.2013	47°15'23.68"N	14°16'18.71"E	130	47°15'23.46"N	14°16'18.62"E	5
S24	blau	0,75	10,0	9,5	6,5	15.05.2013	/	/	/	/	/	/
S25	blau	1,50	13,0	10,5	10,0	15.05.2013	/	/	/	/	/	/
S26	blau	4,25	22,0	15,5	10,0	15.05.2013	/	/	/	/	/	/
S27	blau	30,10	45,0	30,0	17,5	15.05.2013	47°15'26.46"N	14°16'16.33"E	20	47°15'26.46"N	14°16'16.33"E	0
S28	blau	16,85	23,0	21,0	20,0	15.05.2013	47°15'22.59"N	14°16'18.79"E	160	47°15'22.59"N	14°16'18.79"E	0
S29	blau	18,70	36,0	22,0	16,0	15.05.2013	47°15'25.94"N	14°16'17.72"E	60	47°15'25.94"N	14°16'17.72"E	0
S30	blau	19,65	35,0	24,0	18,0	15.05.2013	47°15'25.32"N	14°16'18.31"E	85	47°15'25.32"N	14°16'18.31"E	0
S31	pink	3,70	17,0	14,0	10,5	15.05.2013	47°15'21.77"N	14°16'19.49"E	190	47°15'21.77"N	14°16'19.49"E	0
S32	grün	0,85	11,5	8,0	6,5	15.05.2013	47°15'24.99"N	14°16'18.58"E	90	/	/	/
S33	grün	0,60	11,0	8,0	5,0	15.05.2013	47°15'15.03"N	14°16'17.57"E	400	47°15'15.03"N	14°16'17.57"E	0

Farbtracer - Schöttlbach

Nummer	Farbe	Steingewicht	05.09.2013			28.09.2013			17.10.2013		
			Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]	Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]	Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]
S1	grün	0,25	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S2	grün	0,25	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S3	grün	0,50	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S4	grün	0,70	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S5	grün	0,65	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S6	grün	0,80	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S7	grün	1,20	/	/	/	/	/	/	/	/	40
S8	grün	1,10	47°15'22.73"N	14°16'18.73"E	150	47°15'22.73"N	14°16'18.73"E	0	47°15'22.73"N	14°16'18.73"E	0
S9	grün	1,15	47°15'11.98"N	14°16'17.53"E	380	47°15'11.98"N	14°16'17.53"E	0	47°15'11.98"N	14°16'17.53"E	0
S10	blau	0,45	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S11	blau	0,35	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S12	blau	0,35	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S13	blau	0,40	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S14	blau	0,80	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S15	blau	1,10	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S16	blau	1,15	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S17	blau	2,10	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S18	blau	2,55	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S19	blau	2,55	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S20	blau	3,20	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Farbracer - Schöttlbach

Nummer	Farbe	Steingewicht	05.09.2013			28.09.2013			17.10.2013		
			Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]	Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]	Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]
S21	blau	2,90	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S22	blau	5,25	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S23	blau	0,65	47°15'23.00"N	14°16'18.60"E	15	47°15'23.00"N	14°16'18.60"E	0	47°15'23.00"N	14°16'18.60"E	0
S24	blau	0,75	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S25	blau	1,50	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S26	blau	4,25	47°15'25.84"N	14°16'17.73"E	65	47°15'25.84"N	14°16'17.73"E	0	47°15'25.84"N	14°16'17.73"E	0
S27	blau	30,10	47°15'26.46"N	14°16'16.33"E	0	47°15'26.46"N	14°16'16.33"E	0	47°15'26.46"N	14°16'16.33"E	0
S28	blau	16,85	47°15'22.59"N	14°16'18.79"E	0	47°15'22.59"N	14°16'18.79"E	0	47°15'22.59"N	14°16'18.79"E	0
S29	blau	18,70	47°15'25.94"N	14°16'17.72"E	0	47°15'25.94"N	14°16'17.72"E	0	47°15'25.94"N	14°16'17.72"E	0
S30	blau	19,65	47°15'25.32"N	14°16'18.31"E	0	47°15'25.32"N	14°16'18.31"E	0	47°15'25.32"N	14°16'18.31"E	0
S31	pink	3,70	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S32	grün	0,85	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S33	grün	0,60	47°15'15.03"N	14°16'17.57"E	0	47°15'15.03"N	14°16'17.57"E	0	47°15'15.03"N	14°16'17.57"E	0

Telemetrietracer - Krumeggerbach

Sender	Frequenz	Steingewicht	A	B	C	Datum:	24.06.2013			11.07.2013		
							Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]	Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]
0	150.041	2,40	18,5	10,0	8,0	15.11.2012	47°13'51.71"N	14°17'53.81"E	0	47°13'51.71"N	14°17'53.81"E	0
1	150.051	3,10	13,5	12,0	9,0	15.11.2012	47°13'50.92"N	14°17'53.22"E	0	47°13'50.92"N	14°17'53.22"E	0
2	150.061	1,90	16,0	10,5	8,0	15.11.2012	47°13'50.15"N	14°17'52.08"E	0	47°13'50.15"N	14°17'52.08"E	0
6	150.101	8,75	23,0	15,5	13,5	08.01.2013	47°13'52.91"N	14°17'55.82"E	0	47°13'52.91"N	14°17'55.82"E	0
7	150.111	4,35	15,5	14,0	10,0	08.01.2013	47°13'50.22"N	14°17'52.15"E	0	47°13'50.22"N	14°17'52.15"E	0
8	150.121	4,75	19,5	13,0	9,0	11.07.2013	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0
11	150.151	5,50	30,0	15,5	7,5	15.11.2012	47°13'52.28"N	14°17'54.45"E	0	47°13'52.28"N	14°17'54.45"E	0
12	150.161	2,50	15,0	11,0	8,5	15.11.2012	47°13'49.85"N	14°17'51.05"E	0	47°13'49.85"N	14°17'51.05"E	0
13	150.321	5,55	21,0	16,5	7,5	08.01.2013	47°13'52.31"N	14°17'54.50"E	0	47°13'52.31"N	14°17'54.50"E	0
27	150.291	1,95	12,0	9,5	8,0	15.11.2012	47°13'48.73"N	14°17'47.24"E	0	47°13'48.73"N	14°17'47.24"E	0

Sender	Frequenz	Steingewicht	A	B	C	Datum:	12.08.2013			05.09.2013		
							Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]	Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]
0	150.041	2,40	18,5	10,0	8,0	15.11.2012	47°13'51.71"N	14°17'53.81"E	0	47°13'51.66"N	14°17'53.75"E	2
1	150.051	3,10	13,5	12,0	9,0	15.11.2012	47°13'50.92"N	14°17'53.22"E	0	47°13'50.77"N	14°17'53.10"E	5
2	150.061	1,90	16,0	10,5	8,0	15.11.2012	47°13'49.94"N	14°17'51.79"E	8	47°13'49.86"N	14°17'51.32"E	11
6	150.101	8,75	23,0	15,5	13,5	08.01.2013	47°13'52.91"N	14°17'55.82"E	0	47°13'52.91"N	14°17'55.82"E	0
7	150.111	4,35	15,5	14,0	10,0	08.01.2013	47°13'50.22"N	14°17'52.15"E	0	47°13'50.02"N	14°17'51.86"E	7
8	150.121	4,75	19,5	13,0	9,0	11.07.2013	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0
11	150.151	5,50	30,0	15,5	7,5	15.11.2012	47°13'52.28"N	14°17'54.45"E	0	47°13'52.28"N	14°17'54.45"E	0
12	150.161	2,50	15,0	11,0	8,5	15.11.2012	47°13'49.85"N	14°17'51.05"E	0	47°13'49.85"N	14°17'51.05"E	0
13	150.321	5,55	21,0	16,5	7,5	08.01.2013	47°13'52.31"N	14°17'54.50"E	0	47°13'52.31"N	14°17'54.50"E	0
27	150.291	1,95	12,0	9,5	8,0	15.11.2012	47°13'48.73"N	14°17'47.24"E	0	47°13'48.73"N	14°17'47.24"E	0

Telemetrietracer - Krumegegerbach

Sender	Frequenz	Steingewicht	A	B	C	Datum:	28.09.2013			17.10.2013		
							Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]	Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]
0	150.041	2,40	18,5	10,0	8,0	15.11.2012	47°13'51.66"N	14°17'53.75"E	0	47°13'51.66"N	14°17'53.75"E	0
1	150.051	3,10	13,5	12,0	9,0	15.11.2012	47°13'50.77"N	14°17'53.10"E	0	47°13'50.77"N	14°17'53.10"E	0
2	150.061	1,90	16,0	10,5	8,0	15.11.2012	47°13'49.86"N	14°17'51.32"E	0	47°13'49.92"N	14°17'51.31"E	0
6	150.101	8,75	23,0	15,5	13,5	08.01.2013	47°13'52.91"N	14°17'55.82"E	0	47°13'52.91"N	14°17'55.82"E	0
7	150.111	4,35	15,5	14,0	10,0	08.01.2013	47°13'50.02"N	14°17'51.86"E	0	47°13'49.88"N	14°17'51.57"E	8
8	150.121	4,75	19,5	13,0	9,0	11.07.2013	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0
11	150.151	5,50	30,0	15,5	7,5	15.11.2012	47°13'52.28"N	14°17'54.45"E	0	47°13'52.28"N	14°17'54.45"E	0
12	150.161	2,50	15,0	11,0	8,5	15.11.2012	47°13'49.85"N	14°17'51.05"E	0	47°13'49.90"N	14°17'50.95"E	2
13	150.321	5,55	21,0	16,5	7,5	08.01.2013	47°13'52.31"N	14°17'54.50"E	0	47°13'52.31"N	14°17'54.50"E	0
27	150.291	1,95	12,0	9,5	8,0	15.11.2012	47°13'48.73"N	14°17'47.24"E	0	47°13'48.73"N	14°17'47.24"E	0

Farbracer - Krumegeberbach

Nummer	Farbe	Steingewicht	A	B	C	Datum:	11.07.2013			12.08.2013		
							Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]	Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]
K1	rosa	4,20	20,5	16,0	6,5	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
K2	rosa	6,80	25,0	18,0	15,0	08.01.2013	47°13'52.91"N	14°17'55.82"E	0	47°13'52.91"N	14°17'55.82"E	0
K3	rosa	3,05	21,0	15,0	6,5	08.01.2013	47°13'50.39"N	14°17'52.40"E	115	47°13'50.39"N	14°17'52.40"E	0
K4	rosa	2,15	18,0	8,0	7,5	08.01.2013	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0
K5	rosa	1,25	13,0	9,5	5,0	08.01.2013	/	/	/	47°13'48.92"N	14°17'48.67"E	210
K6	rosa	1,60	14,5	9,5	8,5	08.01.2013	47°13'49.85"N	14°17'50.92"E	150	47°13'49.90"N	14°17'50.72"E	5
K7	rosa	0,95	11,0	9,0	5,5	08.01.2013	47°13'52.89"N	14°17'55.74"E	0	47°13'52.89"N	14°17'55.74"E	0
K8	rosa	0,50	9,0	8,5	4,5	08.01.2013	47°13'52.33"N	14°17'54.52"E	35	47°13'52.33"N	14°17'54.52"E	0
K9	rosa	0,30	7,5	6,5	3,5	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
K10	rosa	0,30	7,0	5,5	4,5	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
K11	rosa	0,65	10,0	8,0	5,5	08.01.2013	/	/	/	/	/	/
K12	rosa	23,60	47,0	29,0	19,0	15.05.2013	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0
K13	rosa	16,85	37,0	28,0	14,5	15.05.2013	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0
K14	rosa	13,00	32,0	23,0	13,0	15.05.2013	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0
K15	rosa	4,35	22,0	18,0	11,0	15.05.2013	/	/	/	47°13'52.88"N	14°17'55.57"E	0
K16	rosa	1,40	18,0	12,0	6,0	15.05.2013	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0
K17	rosa	1,00	11,5	10,0	7,0	15.05.2013	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0

Farbtracer - Krumeggerbach

Nummer	Farbe	05.09.2013			28.09.2013			17.10.2013		
		Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]	Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]	Breitengrad	Längengrad	Distanz [m]
K1	rosa	/	/	/	/	/	/	/	/	/
K2	rosa	47°13'52.91"N	14°17'55.82"E	0	47°13'52.91"N	14°17'55.82"E	0	47°13'52.91"N	14°17'55.82"E	0
K3	rosa	47°13'50.27"N	14°17'52.30"E	4	47°13'50.27"N	14°17'52.30"E	0	47°13'50.26"N	14°17'52.26"E	3
K4	rosa	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0
K5	rosa	47°13'48.92"N	14°17'48.67"E	0	47°13'48.92"N	14°17'48.67"E	0	47°13'48.92"N	14°17'48.67"E	0
K6	rosa	47°13'49.91"N	14°17'50.67"E	1	47°13'49.91"N	14°17'50.67"E	0	47°13'49.78"N	14°17'50.70"E	0
K7	rosa	47°13'52.89"N	14°17'55.74"E	0	47°13'52.89"N	14°17'55.74"E	0	47°13'52.89"N	14°17'55.74"E	0
K8	rosa	47°13'52.33"N	14°17'54.52"E	0	/	/	/	/	/	/
K9	rosa	/	/	/	/	/	/	/	/	/
K10	rosa	/	/	/	/	/	/	/	/	/
K11	rosa	/	/	/	/	/	/	/	/	/
K12	rosa	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0
K13	rosa	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0
K14	rosa	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0
K15	rosa	/	/	/	/	/	/	/	/	/
K16	rosa	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0	47°13'52.92"N	14°17'55.92"E	0
K17	rosa	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0	47°13'52.89"N	14°17'55.60"E	0