Kanton Bern
Canton de Berne

IUB Engineering

CO2 NEUTRAL KÄSTLI

Gemeinde Köniz

Renaturierung
Régénération des eaux

Scherlibach, Köniz
Schlüsselhölzer

Amt für Landwirtschaft und Natur

Gemeinde Köniz

Abteilung Umwelt und Landschaft
Muhlernstrasse 101
3098 Köniz

RENATURIERUNGSFONDS

Amt für Landwirtschaft und Natur
Fischereiinspektorat / Renaturierungsfonds
Schwand 17
3110 Münsingen

CO2 NEUTRAL KÄSTLI

Kästli Bau AG
Bierigutstrasse 16
Postfach 102
3608 Thun

Revitalisierung des Scherlibachs mit Schlüsselhölzern

Bauleiterbericht

Bern, 28.07.2017

Hauptsitz

IUB Engineering AG
Belpstrasse 48
Postfach
CH-3000 Bern 14
Tel. +41 31 357 11 11
Fax +41 31 357 11 12
info@iub-ag.ch
www.iub-ag.ch

Zweigniederlassungen

Altdorf
Hellgasse 23
CH-6460 Altdorf
Tel. +41 41 874 72 30

Fribourg
Route André Piller 33 a
Case postale 70
CH-1762 Givisiez
Tel. +41 26 460 24 11

Luzern
Obergrundstrasse 50
CH-6003 Luzern
Tel. +41 41 444 27 40

Meiringen
Kirchgasse 22
Postfach
CH-3860 Meiringen
Tel. +41 33 972 12 00

Olten
Riggenbachstrasse 6
Postfach
CH-4601 Olten
Tel. +41 62 296 00 64

Zürich
Heinrichstrasse 147
CH-8005 Zürich
Tel. +41 44 533 17 30

Impressum

IUB Engineering AG
Belpstrasse 48
300 Bern 14

Matthias Mende und Luzia Meier

Auflistung der Änderungen

Version	Datum	Änderungen	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
1.0	28.02.2017	Entwurf	Lum, Me	Me	
2.0	30.06.2017	Rückmeldung von O. Hartmann	Lum, Me	Me	
3.0	28.07.2017	Endfassung	Lum, Me	Me	OH

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangslage und Zielsetzung 6

2 Projektteam 7

3 Randbedingungen und Drittprojekte 8

4 Verwendete Materialen und Gerätschaften 8

4.1 Materialien 8
4.1.1 Totholz 8
4.1.1.1 Schlüsselhölzer 8
4.1.1.2 Raubäume 9
4.1.1.3 Wurzelstämme 9
4.1.1.4 Wurzelstöcke 9
4.1.1.5 Äste und Strauchschnitt 10
4.1.2 Lebende Gehölze 10
4.1.2.1 Forstware 10
4.1.2.2 Ausschlagfähige Weidenäste und -zweige 10
4.1.2.3 Ausschlagfähige Wurzelstöcke von Haselsträuchern 11
4.1.3 Blocksteine und Kies 11
4.1.4 Kleinmaterial zur Verankerung 11
4.2 Gerätschaften 12
4.2.1 Schreitbagger 12
4.2.2 Rückeschlepper 12
4.2.3 Drucklufthammer 13
4.2.4 Weitere Gerätschaften 13

5 Grundsätzliche Überlegungen 14

6 Ausführung 15

6.1 Bauweisen und Massnahmen im Uferbereich 15
6.1.1 Wurzelstöcke 15
6.1.1.1 Verankerung auf Fels 15
6.1.1.2 Verankerung mit Blockstein 16
6.1.2 Lebende Abweiser 18
6.1.3 Raubäume 19
6.1.4 Einseitige Schlüsselhölzer 22
6.1.5 Gehölzpflanzungen 23
6.2 Bauweisen und Massnahmen in der Sohle 24
6.2.1 Wurzelstämme 24
6.2.2 Kiesschüttungen 26
6.3 Schwellenähnliche Bauweisen 26
6.3.1 Wurzelstämme beidseitig mit Querholz 26
6.3.2 Kombinationen von Wurzelstämmen mit lebenden Abweisern 27
6.3.3 Totholzschwelle aus einem Schlüsselholz 28
6.3.4 Offene V-Schwelle 30

7 Zusammenstellung eingebaute Materialmengen und Baukosten 32

8 Unterhalt 33

Anhang: Fotodokumentation Vergleich Vorher / Nachher 35

Abschnitt 1 36
Abschnitt 2 37
Abschnitt 3 38
Abschnitt 4 39

Beilagenverzeichnis

Technischer Bericht:

Ausführungsprojekt Scherlibach (IUB, 2016)

Pläne:

- Abschnitt 1: Situationsplan (M 1:250)
- Abschnitt 2: Situationsplan (M 1:250)
- Abschnitt 3: Situationsplan (M 1:250)
- Abschnitt 4: Situationsplan (M 1:250)

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Projektteam des Revitalisierungsprojekts Scherlibach 7
Tabelle 2: Pflanzliste 10
Tabelle 3: Geschätzte eingebaute Mengen an Blocksteinen, Aarekies und Totholz 32
Tabelle 4: Baukosten 33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kartenausschnitt des Projektgebiets mit den vier Abschnitten, die mit Schlüsselhölzern revitalisiert wurden (IUB, 2016) 6
Abbildung 2: Raubäume aus dem Scherligraben (links) und Wurzelstämme von der Alten Aare auf dem Deponieplatz im Scherligraben (rechts) 9
Abbildung 3: Wurzelstöcke von der Alten Aare auf dem Deponieplatz (Bauhelm als Grössenvergleich) (links) und Äste und Strauchschnitt werden mit dem Schreitbagger für die Hinterfüllung transportiert (rechts) 9
Abbildung 4: Ausschlagfähige Weidenzweige gebündelt (links) und ausschlagfähige Wurzelstöcke von Haselsträuchern (rechts) 11
Abbildung 5: Aarekies (links) und Blocksteine (rechts) 11
Abbildung 6: Drahtseil auf Holzbobine (links) und Unterlagsplatte / Werkzeug (rechts) 11
Abbildung 7: Für Schlaufen oder den Abschluss des Drahtseils (Stahlseil) werden ein bis zwei Seilklemmen (in violett) verwendet, die in einem Abstand von ca. 10 cm befestigt werden. 12
Abbildung 8: Felsanker / Ankerstab (links) und Felsanker mit Ringmutter (Ringanker) (rechts) 12
Abbildung 9: Schreitbagger (links) mit Löffel und Greifer (www.menzimuck.ch) (rechts) 12
Abbildung 10: Rückeschlepper 13
Abbildung 11: Drucklufthammer (links) und Spitze des Drucklufthammers (rechts) 13
Abbildung 12: Planausschnitt von Abschnitt 4 (nicht massstäblich, IUB 2016) 14
Abbildung 13: Wurzelstock am Ufer mit Felsanker in der Felssohle befestigt (links) und Detail zur Befestigung (Schweissmutter und Unterlagsplatte; rechts) 15
Abbildung 14: Befestigter Wurzelstock mit versenktem Blockstein im Ufer. Das Aushubprofil wurde noch nicht verfüllt. 16
Abbildung 15: Skizze Bauweise: befestigter Wurzelstock mit versenktem Blockstein (Situation links und Längsschnitt rechts) 16
Abbildung 16: Befestigung des Wurzelstocks mit Drahtseilen an der Ringmutter und die Fixierung mit Drahtseilklemmen (Bild links und Skizze rechts) 17
Abbildung 17: Wurzelstämme mit Blockstein im Ufer: Verankerung an Blockstein (links) und offenes Aushubprofil mit zwei Wurzelstämmen (rechts) 17
Abbildung 18: Skizze Bauweise: Lebende Abweiser in Kombination mit Wurzelstamm 18
Abbildung 19: Lebende Abweiser im Ufer (links) und lebende Abweiser in Kombination mit Raubäumen (rechts) 18
Abbildung 20: Lebende Abweiser im Ufer ca. 4 Monate nach dem Einbau 18
Abbildung 21: Raubäume im Abschnitt 2 (links) und Raubäume im Abschnitt 3 (rechts) 19
Abbildung 22: Befestigungsmöglichkeiten: Blockstein (links) und Fels (rechts) 19
Abbildung 23: Bohrloch mit einer Tiefe von 0.4 - 0.6 m oder 0.6 - 1.4 m 20
Abbildung 24: Dywidag-Stab mit Felsanker und Drahtseilschlaufe (Stahlseil) beim Blockstein 20

Abbildung 25: Einbringen des Raubaums und, falls kein weiterer Raubaum am Dywidag-Stab befestigt wird, Anbringen der Unterlagsplatte und Mutter. 21
Abbildung 26: Befestigung eines zweiten Raubaums und kürzen des Dywidag-Stabs. 21
Abbildung 27: Befestigung mit Drahtseil (Stahlseil) am Ufer, falls möglich. 21
Abbildung 28: Befestigung der Raubäume: im Fels (links) und an bestehender Struktur im Ufer (rechts) 22
Abbildung 29: Schlüsselhölzer im Abschnitt 3 zwischen der Metrierung 10.00 und 30.00 22
Abbildung 30: Verankerung in der Sohle (links) und Befestigung an einer bestehenden Uferstruktur (rechts) 23
Abbildung 31: Verankerung in der Sohle (links) und Befestigung an einer bestehenden Uferstruktur (rechts). Die fotografierten Bereiche entsprechen denen von Abbildung 29 ca. 2 Monate später. 23
Abbildung 32: Steckhölzer im Abschnitt 1 - ca. 2 Monate nach dem Setzten der Hölzer 24
Abbildung 33: Wurzelstamm mit dem Wurzelteller Oberstrom, Pfeil in blau zeigt in Fliessrichtung 24
Abbildung 34: Schemaskizze Wurzelstein, klein (links) und Wurzelstein, gross (rechts) (David Hausammann, Kästli Bau AG, 2017) 25
Abbildung 35: Erstellung des Aushubprofils für den Blockstein im Bachbett (Schritt 1) (links) und Bohrung mit dem Drucklufthammer in einen Blockstein (Schritt 3) (rechts) 25
Abbildung 36: Bohrung der Bohrmaschinein einen Wurzelstamm (Arbeitsschritt 4) (links) und Wurzelstamm positionieren (Arbeitsschritt 5) (rechts) 25
Abbildung 37: Abgeschlossene Befestigung auf einem Blockstein (links) und Befestigung des Wurzelstamms, wobei die Ankerstäbe noch abgesägt werden müssen (rechts) (Arbeitsschritt 6) 26
Abbildung 38: Kiesschüttung im Abschnitt 1 26
Abbildung 39: Baumstamm in die Ankerstäbe einführen (links) und Anpassung ans Ufer (rechts) 27
Abbildung 40: Wurzelstamm kombiniert mit lebenden Abweisern (Abschnitt 4) 28
Abbildung 41: Skizze Totholzschwelle aus einem Schlüsselholz 28
Abbildung 42: Aushubprofil mit Baumstamm und Blocksteinen (Arbeitsschritt 2): Blick von oben (links) und Blick von der Schwelle aus zum Ufer (rechts) 29
Abbildung 43: Befestigung am Stein bachaufwärts (links) und Befestigung am Stein bachabwärts (rechts) 29
Abbildung 44: Fertiggestellte Totholzschwelle im Abschnitt 1: Direkt nach dem Einbau (links), ca. 1 Monat nach dem Einbau (Mitte) und ca. 4 Monate nach dem Einbau (rechts) 29
Abbildung 45: Wurzelstämme beidseitig oder offene V-Schwelle 30
Abbildung 46: Stammende mit dem Ankerstab und Blockstein für den linken Wurzelstamm inklusive Markierung für die Bohrung (links) und Wurzelteller mit Ankerstab (rechts) 31
Abbildung 47: Transport des Wurzelstammes (links) und Bohrung mit Drucklufthammer in den Blockstein (rechts) 31
Abbildung 48: Schlüsselhölzer beidseitig. Ca. 4 Monate nach dem Einbau. Der obere Teil ist verklaust und das Wasser fliesst linksseitig unter dem Wurzelstamm und rechtsseitig über den Wurzelstamm. 32
Abbildung 49: Verankerung (Mutter gelb umkreist), die kontrolliert und gegebenenfalls nachgezogen werden soll. 33
Abbildung 50: Vor dem Baubeginn (oben), direkt nach Bauabschluss (Mitte) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss, wobei der grünmarkierte Baum gefällt wurde, (unten): Zwischen ca. 70.00 bis 90.00 m Abschnitt 1 36
Abbildung 51: Vor dem Baubeginn (oben), direkt nach Bauabschluss (Mitte) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss: Zwischen 190.00 bis 230.00 m Abschnitt 1 36
Abbildung 52: Vor dem Baubeginn (oben), direkt nach Bauabschluss (Mitte) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss (unten): Zwischen 20.00 bis 30.00 m Abschnitt 2 37
Abbildung 53: Vor dem Baubeginn (oben), direkt nach Bauabschluss (Mitte) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss (unten): Zwischen 60.00 bis 80.00 m Abschnitt 2 37
Abbildung 54: Direkt nach Bauabschluss (oben) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss (unten): Zwischen 70.00 bis 90.00 m Abschnitt 3 38
Abbildung 55: Direkt nach Bauabschluss (oben) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss (unten): Zwischen 70.00 bis 90.00 m Abschnitt 3 38
Abbildung 56: Vor dem Baubeginn (oben), direkt nach Bauabschluss (Mitte) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss (unten): Zwischen 90.00 bis 110.00 m Abschnitt 3 38
Abbildung 57: Vor dem Baubeginn (oben), direkt nach Bauabschluss (Mitte) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss (unten): Zwischen 10.00 bis 20.00 m Abschnitt 4 39
Abbildung 58: Vor dem Baubeginn (oben), direkt nach Bauabschluss (Mitte) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss (unten): Zwischen 40.00 bis 60.00 m Abschnitt 4 39

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Der Scherlibach ist eines der grössten Nebengewässer der Sense, ihm kommt daher für ihr gesamtes Flusssystem eine hohe Bedeutung zu. Mit dem Bau einer Pendelrampe im Mündungsbereich des Scherlibachs wurde das Gewässer im Jahr 2007 wieder fischgängig an die Sense angebunden, so dass auch die biologische Vernetzung gegeben ist.

Der Scherlibach ist heute grundsätzlich als naturnah zu bezeichnen. Sein Unterlauf liegt in einer bewaldeten Schlucht (Scherligraben) mit nur lokaler und kleinparzelliger Wiesennutzung. Trotz seiner Naturnähe weist der Bach jedoch einen nur mässigen Fischbestand auf, was vor allem auf die weitgehend fehlende Kiesauflage (Laichsubstrat, Lebensraum für Wirbellose) und einen Mangel an Fischunterständen (inkl. Totholz) zurückgeführt wird.

Im Gewässerentwicklungskonzept (GEK) Sense (www.sense21.ch) besteht ein Massnahmenblatt (Massnahmen Morphologie und Aufweitungen - A1) zur Revitalisierung sommerkühler Seitenbäche (Tiefbauamt Kantone Bern und Freiburg, 2015). Mit dem vorliegenden Projekt Schlüsselhölzer Scherlibach konnte somit eine Massnahme gemäss GEK Sense umgesetzt werden.

Zur Aufwertung des Lebensraums Scherlibach wurden im Winter 2016/2017 in vier Abschnitten (Abbildung 1) mit einer Gesamtlänge von ca. 650 m annähernd natürliche Totholzmengen eingebaut. Die Mengen und auch die Grössenklassen des eingebauten Holzes orientierten sich an den Empfehlungen des Oregon Department of Fish and Wildlife (ODFW), wonach Fliessgewässer je 100 m Gewässerlänge idealerweise mindestens folgende Totholzmengen bzw. Volumen aufweisen (OCSRI 1997, Sanders 2012):

- min. 20 Stück grobes Totholz (Ø > 15 cm, Länge > 3 m)
- min. 3 Schlüsselhölzer (Ø > 50 cm, Länge > 10 m)
- insgesamt min. 30 m^3 grobes Totholz.

Die Vorgabe war somit, auf der 650 m langen Strecke mindestens 130 Stück grobes Totholz, 20 Schlüsselhölzer und insgesamt 195 m^3 Totholz einzubauen. Der Einbau derart grosser Mengen je Gewässerlänge ist schweiz- oder vermutlich sogar europaweit einmalig, das Projekt besitzt damit einen ausgeprägten Pilotcharakter. Der Pilotcharakter des Projekts wird zusätzlich dadurch unterstrichen, dass die Schweiz im Gegensatz zum für Revitalisierungen mit grossen Totholzmengen bekannten US-Bundesstaat Oregon sehr dicht besiedelt ist. Ein Verdriften der Totholzeinbauten ist daher in der Schweiz unbedingt zu verhindern, weshalb im Rahmen des Projekts auch neue Bautypen inkl. Befestigungsmethoden entwickelt werden mussten.

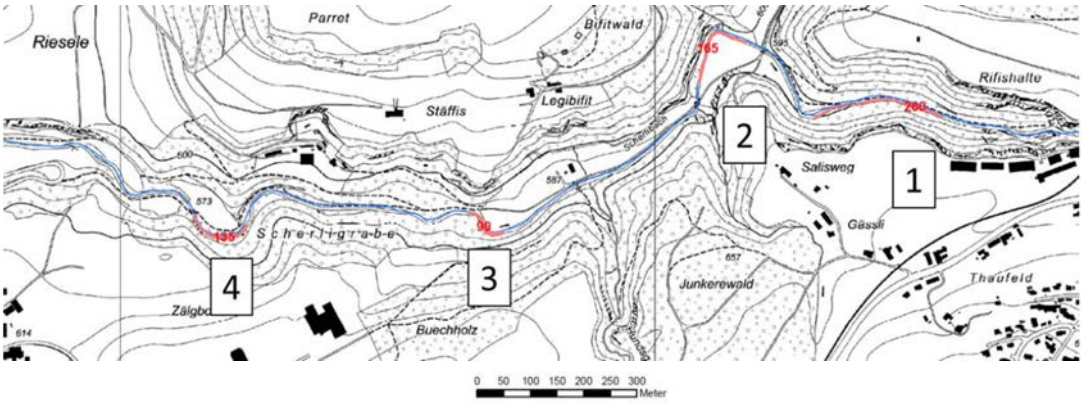

Abbildung 1: Kartenausschnitt des Projektgebiets mit den vier Abschnitten, die mit Schlüsselhölzern revitalisiert wurden (IUB, 2016)

Neben der ökologischen Aufwertung sollten mit dem Projekt auch Erfahrungen bei der Verwendung grosser Totholzmengen und -strukturen in der Schweiz gesammelt werden. Im vorliegenden Bericht geht es insbesondere um die bei der Realisierung des Projekts gewonnenen Erfahrungen und die Beantwortung der Frage, wie Totholzstrukturen unter den gegebenen Randbedingungen (Kap. 3) lagestabil eingebaut werden können.

Zusätzlich sollen auch Erkenntnisse zur Entwicklung des Projekts im Laufe der Zeit gewonnen werden. Unter anderem soll das Projekt Fragen zur Haltbarkeit der eingebauten Totholzstrukturen, zur Entwicklung der Ufergehölze und zur ökologischen Wirkung beantworten. Es wird eine mehrjährige fischökologische Wirkungskontrolle durchgeführt. Dabei werden die Parameter: Habitatangebot, Fischbestand und Habitatnutzung untersucht. Die erste Monitoringkampagne (vor der Realisierung des Schlüsselholzprojekts) wurde im Oktober 2016 durchgeführt. Die Ergebnisse des Monitorings werden in einem separaten Bericht aufbereitet, der nach jeder Kampagne ergänzt wird.

Als übergeordnetes Ziel des Schlüsselholzprojekts am Scherlibach ist die Erhöhung der Akzeptanz von Totholz in Fliessgewässern zu nennen. Nach wie vor gibt es in weiten Teilen der Bevölkerung und auch der Fachwelt nicht selten unbegründete Vorbehalte gegenüber der Verwendung oder schon dem Belassen von Totholz, denen mit dem Projekt entgegen gewirkt werden soll. Mit dem Projekt soll daher auch gezeigt werden, dass von "richtig" eingebautem Totholz keine Gefahr ausgeht und sogar Gewässerstrukturierung und -stabilisierung Hand in Hand gehen können. Aus diesem Grund wurden die Totholzstrukturen oft so angeordnet, dass sie lokal (z.B. in Bereichen mit Ufererosion) neben der strukturierenden auch eine stabilisierende Wirkung haben. Vom scheinbaren "Totholzdurcheinander" profitieren somit nicht nur Flora und Fauna, sondern auch die Anwohner und nicht zuletzt die Unterhaltspflichtigen.

Zusätzlich soll mit dem vorliegenden Projekt auch ein positives Beispielprojekt für die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Wasserbau, Forstwirtschaft und Fischerei aufgezeigt werden. Das aus Schutzgründen gefällte Holz in den Gerinneeinhängen wird zur Strukturierung ins Gewässer eingebaut, sorgt gleichzeitig für eine stabile Sohlenlage und verbessert den Schutz vor Hangerosion.

2 Projektteam

Das Projektteam (Tabelle 1) setzte sich aus Vertretern der Bauherrschaft Gemeinde Köniz und des Renaturierungsfonds des Kantons Bern zusammen. Die weiteren Projektbeteiligten können Tabelle 1 entnommen werden.

Die Revitalisierung des Scherlibachs wurde durch den Renaturierungsfonds des Kanton Berns finanziert, wobei sich die Baukosten auf ca. 250'000 Fr. beliefen (s.a. Kap. 7).

Tabelle 1: Projektteam des Revitalisierungsprojekts Scherlibach

Funktion	**Vertreter**
Bauherrschaft: Gemeinde Köniz, Abteilung Umwelt und Landschaft	Rolf Fuchs und Simon Urfer
Finanzgeber: LANAT - Fischereiinspektorat / Renaturierungsfonds. Kanton Bern	Olivier Hartmann und Martin Schmid
Oberaufsicht: TBA - Oberingenieurkreis II	Thomas Wüthrich und Bruno Gerber
Unternehmer: Kästli Bau AG	Markus Engeloch (Bereichsleiter Wasserbau), David Hausammann (Bauführer), Marco Bühler (Baggerführer) und Rudolf Krebs (Polier)
Unternehmer: Forst & Holz Service	Daniel Winzenried und Mitarbeitende
Ingenieurleistungen: IUB Engineering AG	Matthias Mende (Projektleiter), Nathanael Inniger und Luzia Meier
Revierförster	Urs Minder
Vertreter Anwohner	Elisabeth Niederhäuser und Samuel Felber

3 Randbedingungen und Drittprojekte

Der Scherlibach ist für die Umsetzung eines Schlüsselholzprojekts grundsätzlich gut geeignet. Der Bereich der Pilotstrecken liegt in einer bewaldeten Schlucht mit nur lokaler Wiesennutzung und weist abgesehen von Abschnitt 1, in dem eine bachparallele Kanalisationsleitung verläuft, ein geringes Schadenspotential auf. Zudem würden möglicherweise verdriftete Schlüsselhölzer oder Wurzelstöcke im neuen Schwemmholzfang unterhalb des Projektgebiets zurückgehalten, so dass sie keinen grösseren Schaden anrichten können.

Trotz des meist geringen Schadenspotentials sollten ein Verdriften von eingebautem Totholz und auch durch Totholz hervorgerufene Uferschäden jedoch unbedingt vermieden werden. Zum einen entstünden hierdurch unnötige Kosten, zum anderen würde die Akzeptanz des Projekts und von Totholz im Allgemeinen wesentlich verschlechtert.

Bei der Planung und Realisierung des Schlüsselholzprojekts waren folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Der Scherlibach verläuft meist in einem tief eingeschnittenen Querprofil mit steilen Böschungen.
- Der Bach besitzt eine nur geringe Kies-/Schotterauflage und verläuft teilweise direkt auf dem Fels.
- Im Projektgebiet gibt es drei Brücken, die durch grobes verdriftetes Totholz verklausen können.
- Die Uferbereiche des Bachs bestehen abgesehen von eingebautem Blocksatz meist aus feinkörnigem und somit erosionsgefährdetem Material (kein Schotter).
- Die Zugänglichkeit war in allen vier Abschnitten durch eine Schotterstrasse gegeben. Diese musste nach Abschluss der Baumassnahme insbesondere in Abschnitt 1 wieder instand gestellt werden. Teilweise waren kurze Strecken über Kulturland (Wiese in Abschnitt 2 und 3) zurückzulegen. Die hierbei entstandenen leichten Flurschäden wurden ebenfalls nach Abschluss der Baumassnahmen behoben.
- In Abschnitt 1 verläuft eine grosse Kanalisationsleitung in geringem Abstand zum linken Bachufer (s.o.). Ufererosion ist in diesem Bereich unbedingt zu vermeiden.

Zeitgleich zum Schlüsselholzprojekt wurde im Scherligraben ein sogenanntes Gerinneeinhangprojekt durchgeführt, bei dem umsturzgefährdete Bäume auf den steilen Böschungen und Hängen aus Sicherheitsgründen geschlagen wurden. Hierdurch ergaben sich zahlreiche Synergien. Insbesondere konnte das frisch geschlagene Holz ohne Zwischentransporte im Schlüsselholzprojekt verwertet werden, darüber hinaus konnten im Bedarfsfall auch kurzfristig Maschinen und Personal des Forstunternehmens in das Projekt eingebunden werden.

4 Verwendete Materialen und Gerätschaften

4.1 Materialien

4.1.1 Totholz

4.1.1.1 Schlüsselhölzer

Als Schlüsselholz wird eingebautes Totholz mit einem Stammdurchmesser Ø > 50 cm und einer Stammlänge > 10 m definiert (siehe Kap. 1, OCSRI 1997 und Sanders 2012). Das Vorkommen von Schlüsselhölzern ist die wesentliche Voraussetzung für die Bildung grosser und auch dauerhafter Totholzstrukturen wie z.B. Totholzdämmen. Die Schlüsselhölzer wurden aus der Umgebung des Scherligrabens entnommen. Dies erfolgte im Rahmen der Waldpflege des Gerinneeinhangs durch die Gemeinde Köniz (s.o.). Bei den Schlüsselhölzern handelt es sich ausschliesslich um Nadelhölzer (ca. ¾ Weisstanne und ¼ Fichte).

4.1.1.2 Raubäume

Die eingebauten Raubäume (Abbildung 2, links) sind beastete Nadelhölzer (¾ Weisstanne und ¼ Fichte). Beim Fällen und Einbauen der Raubäume ist ein sorgsamer Umgang mit den Bäumen gefragt, damit die für die Wirkung wichtigen Seitenzweige nicht abbrechen.

Bei entsprechender Länge und Stammdurchmesser können Raubäume per Definition (Kap. 4.1.1.1) auch Schlüsselhölzer sein.

Abbildung 2: Raubäume aus dem Scherligraben (links) und Wurzelstämme von der Alten Aare auf dem Deponieplatz im Scherligraben (rechts)

4.1.1.3 Wurzelstämme

Als Wurzelstämme (Abbildung 2, rechts) werden Baumwurzeln mit einem Wurzeltellerdurchmesser Ø > 1.5 m und einem Stammansatz von mindestens 3 m definiert. Der Stammansatz bietet gute Verankerungsmöglichkeiten sowohl im Ufer als auch auf bzw. in der Sohle.

Die Wurzelstämme konnten ebenso wie Wurzelstöcke (Kap. 4.1.1.4) von der ausführenden Baufirma Kästli AG aus dem Gebiet des Hochwasserschutzprojekts Alte Aare zugeführt werden. Im Projekt Alte Aare fanden umfangreiche Rodungen statt. Eine Entnahme im Projektgebiet Scherlibach wurde ausgeschlossen, da hierdurch eine Verstärkung der Hangerosionen erwartet wurde.

Es wurden Wurzelstämme von mehreren Baumarten verwendet.

Sowohl beim Ausgraben/Roden an der Alten Aare wie auch beim Transport ist ein sorgsamer Umgang mit den Wurzelstämmen und Wurzelstöcken wichtig. Es ist darauf zu achten, dass möglichst keine Seitenwurzeln abbrechen.

4.1.1.4 Wurzelstöcke

Im Unterschied zu den Wurzelstämmen (Kap. 4.1.1.3) besitzen Wurzelstöcke (Abbildung 3, links) einen Stammansatz von nur ca. 1.5 m. Der Durchmesser des Wurzeltellers soll ebenfalls Ø > 1.5 m betragen. Der kurze Stammansatz schränkt die Verankerungsmöglichkeiten ein. Wurzelstöcke kommen daher vor allem für die Stabilisierung und Strukturierung von Uferbereichen in Betracht, wo sie entweder ins Ufer eingebunden oder an bestehendem Blocksatz befestigt werden können.

Abbildung 3: Wurzelstöcke von der Alten Aare auf dem Deponieplatz (Bauhelm als Grössenvergleich) (links) und Äste und Strauchschnitt werden mit dem Schreitbagger für die Hinterfüllung transportiert (rechts)

4.1.1.5 Äste und Strauchschnitt

Für die Hinterfüllung von Totholzstrukturen wie Raubäume (Kap. 6.1.3) und den Bau von lebenden Abweisern wurden Äste und Strauchschnitte (Abbildung 3, rechts) von den Forstarbeiten am Scherligraben verwendet. Die Hölzer sind zu mindestens ¾ ihrer Länge ins Ufer einzubinden bzw. zu überschütten, um ein Verdriften ausschliessen zu können.

4.1.2 Lebende Gehölze

4.1.2.1 Forstware

Für die Gehölzpflanzung wurde Forstware von einer lokalen Baumschule bezogen. (Pflanzliste s. Tabelle 2). Bisher wurden 250 Gehölze bestellt und in den Abschnitten 1 und 2 gepflanzt. Weitere Gehölze werden im Herbst 2017 in den Abschnitten 3 und 4 gesetzt. Durch die Pflanzung in Kombination mit den Totholzeinbauten kann sich dauerhaft ein standorttypischer Gehölzsaum entwickeln, der zahlreiche wichtige ökologische Funktionen erfüllt (z.B. Beschattung, Unterstände im Bereich von Baumwurzeln, Laubeintrag, Nahrungsgrundlage für Insekten, Brutplatz für Vögel etc.) und gleichzeitig das Ufer stabilisiert. Wenn die Totholzeinbauten nach mehreren Jahrzehnten ihre Wirkung verlieren, übernimmt vermehrt der Gehölzsaum ihre Funktion, so dass die Nachhaltigkeit des Projekts gegeben ist.

Ein grosser Teil der gepflanzten Gehölze bestand aus Erlen (33% Schwarzerle, 10% Weisserle), die sich durch eine starke Wurzelbildung auch unter dem Mittelwasserspiegel auszeichnen. Sie wirken somit uferstabilisierend und bieten gleichzeitig durch die ins Wasser ragenden Wurzeln ideale Fischeinstände.

Die Pflanzung der Gehölze in den Abschnitten 1 und 2 erfolgte nach Abschluss der eigentlichen Bauarbeiten durch die Jungjäger der Gemeinde Köniz unter Anleitung des Forstunternehmers. Die Abshcnitte 3 und 4 werden im Herbst 2017 bepflanzt (s.o.).

Tabelle 2: Pflanzliste

Pflanzenname	***Lateinischer Name***	**Bestellung [Stückzahl]**
Schwarzerle	*Alnus glutinosa*	80
Weisserle	*Alnus incana*	30
Traubenkirsche	*Prunus padus*	30
Pfaffenhütchen	*Euonymus europaeus*	20
Rote Heckenkirsche	*Lonicera xylosteum*	20
Faulbaum	*Frangula alnus*	10
Zimt-Rose	*Rosa majalis*	10
Schwarzer Holunder	*Sambucus nigra*	10
Feldahorn	*Acer campestre*	10
Flatterulme	*Ulmus laevis*	10
Weissdorn	*Crataegus monogyna*	10
Gemeiner Schneeball	*Viburnum opulus*	10

4.1.2.2 Ausschlagfähige Weidenäste und -zweige

Die Gehölzpflanzung wurde durch den Einbau ausschlagfähiger Weiden ergänzt. Weiden sind als Pioniergehölze schnellwüchsig und tragen so rasch zum Aufbau eines Gehölzsaums und zur Stabilisierung der Ufer bei. Im Rahmen des Unterhalts sind sie mittelfristig zu Gunsten der gepflanzten Gehölze zurückzuschneiden. Die Weidenäste und -zweige (Abbildung 4, links) stammten aus der Umgebung des Scherligrabens. Es handelt sich um kleinblättrige Strauchweiden (ohne Salweiden).

Abbildung 4: Ausschlagfähige Weidenzweige gebündelt (links) und ausschlagfähige Wurzelstöcke von Haselsträuchern (rechts)

4.1.2.3 Ausschlagfähige Wurzelstöcke von Haselsträuchern

Die ausschlagfähigen Wurzelstöcke von Haselsträuchern (Abbildung 4, rechts) stammten, wie die Wurzelstöcke (Kap. 4.1.1.4) von der Alten Aare. Der Vorteil von ausschlagfähigen Wurzelstöcken von Haselsträuchern ist, dass diese sehr robust sind, schnell wachsen und bereits kurz nach Einbau grossen hydraulischen Belastungen standhalten.

4.1.3 Blocksteine und Kies

Der verwendete Kies (Abbildung 5, links) stammt aus der Aare im Stadtgebiet von Bern (Schwellenmätteli) und besitzt eine weite Sieblinie mit einem d90 von ca. 100 mm. Er weist damit grosse Ähnlichkeit mit dem vorhandenen Sohlenmaterial des Scherlibachs auf. Durch die weite Sieblinie inkl. Geröllanteil (Ø > 63 mm) in Kombination mit den kiesrückhaltenden Totholzeinbauten kann davon ausgegangen werden, dass der eingebrachte Kies nur langsam transportiert und somit lange ökologisch wirksam ist.

Für die Verankerung der Totholzstrukturen wurden Blocksteine (Abbildung 5, rechts) aus Alpenkalk mit einer Masse von 1.0 - 2.0 t verwendet.

Abbildung 5: Aarekies (links) und Blocksteine (rechts)

4.1.4 Kleinmaterial zur Verankerung

Drahtseil (Stahlseil)

Beim verwendeten Drahtseil handelt es sich um ein Drahtseil Konstr. 6 x 36 WS + FC, Durchmesser 13 mm, verzinkt, sZ, Mindestbruchkraft 109 kN. Abbildung 6 (links) zeigt das Drahtseil auf der Holzbobine.

Abbildung 6: Drahtseil auf Holzbobine (links) und Unterlagsplatte / Werkzeug (rechts)

Drahtseilklemmen/Seilklemmen (DIN 741, galvanisch verzinkt, Seil - 13 mm)

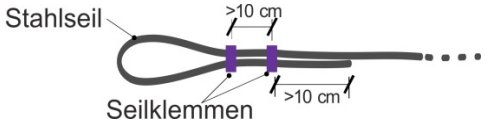

Abbildung 7: Für Schlaufen oder den Abschluss des Drahtseils (Stahlseil) werden ein bis zwei Seilklemmen (in violett) verwendet, die in einem Abstand von ca. 10 cm befestigt werden.

Drahtseilschere (FELCO C 16, für Seile 14 mm)

Unterlagsplatte (130 x 90 mm mit Loch für DW 15 mm und 20 mm) (Abbildung 6, rechts)

Schweissmutter (50 mm für DW 15 mm)

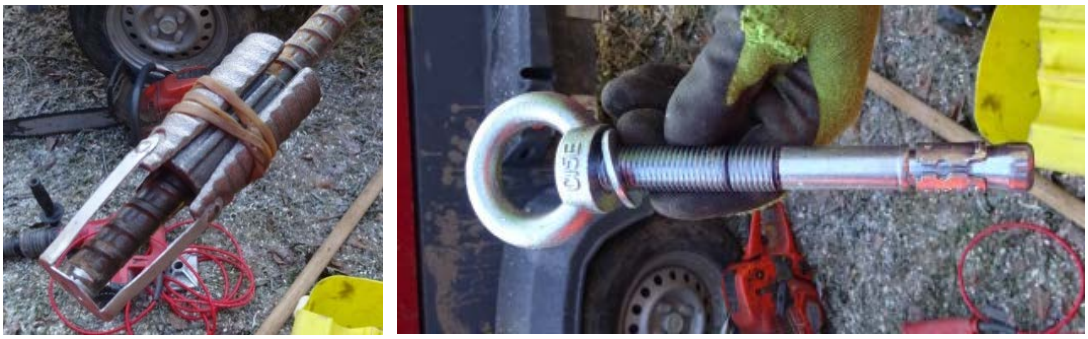

Abbildung 8: Felsanker / Ankerstab (links) und Felsanker mit Ringmutter (Ringanker) (rechts)

Felsanker (DW 15 mm) (Abbildung 8, links)

Ankerstab (DW 15 mm, schweissbar, Länge 6 m) (Abbildung 8, links)

Ringmutter (DIN 582 M20) (Abbildung 8, rechts)

4.2 Gerätschaften

4.2.1 Schreitbagger

Für die Arbeiten stand ein Schreitbagger zur Verfügung (Abbildung 9, links). Als Aufsätze wurden eine Steinzange, ein Löffel sowie ein Greifer (Abbildung 9, rechts) verwendet.

Abbildung 9: Schreitbagger (links) mit Löffel und Greifer (www.menzimuck.ch) (rechts)

4.2.2 Rückeschlepper

Zusätzlich wurde ein Rückeschlepper HSM 805 (Abbildung 10) mit einer Doppelwinde und einem Kran eingesetzt.

Abbildung 10: Rückeschlepper

4.2.3 Drucklufthammer

Zur Verankerung der Totholzstrukturen mit Felsankern mussten zunächst mit einem Drucklufthammer (umgangssprachlich Presslufthammer) Löcher in den Fels bzw. die Blocksteine gebohrt werden (Abbildung 11: Drucklufthammer links und Spitze rechts). Es handelt sich um einen Drucklufthammer 18 kg mit verschiedenen Bohrgestängen mit Längen zwischen 0.6 und 1.4 m. Der Drucklufthammer wurde mit einem Kompressor-Stromaggregat Kombigerät 12 kVA betrieben.

Da es sich beim Fels um Sandstein handelt, wurden die Bohrungen idealerweise unter Wasser durchgeführt, so dass Bohrmaterial durch das Wasser aus dem Bohrloch gespült wurde.

Abbildung 11: Drucklufthammer (links) und Spitze des Drucklufthammers (rechts)

4.2.4 Weitere Gerätschaften

Weitere Gerätschaften, die für die Arbeiten verwendet wurden, sind im Folgenden aufgelistet (nicht abschliessend):

- Trennschleifer (350 mm, 4 kW)
- Kombihammer, Elektromotor (12 kg)
- Bohrmaschine mit Verbrennungsmotor
- Kettensäge
- Forsttraktor
- Kipperanhänger
- Traktor mit Forstkrananhänger
- Pritschenwagen.

5 Grundsätzliche Überlegungen

Im Folgenden sind die wichtigsten Überlegungen und Erkenntnisse aus dem Projekt zusammengestellt.

- Für die Ausführung des Projekts wurde pro Abschnitt ein Plan (Beispiel s. Abbildung 12) im Massstab 1:200 erstellt. Die Pläne dienen als Leitfaden und zeigen das detaillierte Konzept. Direkt vor Ort muss jedoch über den genauen Standort und die Art der Bauweisen entschieden werden. Bei der Realisierung muss die Wirkung der Bauweisen auf die Strömung und somit auf das gesamte Flusssystem abgeschätzt werden.

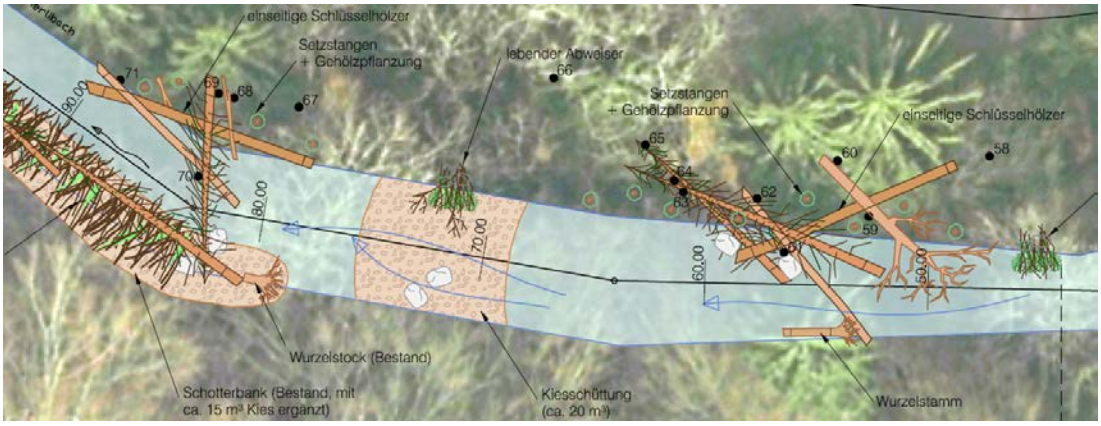

Abbildung 12: Planausschnitt von Abschnitt 4 (nicht massstäblich, IUB 2016)

- Nicht jedes Detail über die Bauweise kann auf einem Plan festgehalten werden.
- Lokale Besonderheiten und auch Chancen zur Gestaltung sowie Integration vorhandener Naturwerte und Strukturen (z.B. vorhandener Bewuchs) sollten genutzt werden.
- Die Einbauten sollen natürlich wirken, d.h. die entwickelten Bautypen müssen ständig (leicht) variiert werden. Daher kann eine Bauweise nicht nach dem „Schema F“ erstellt werden.
- Die Wurzelstämme und Raubäume sollten an den Enden möglichst abgebrochen sein und nicht geradlinig geschnitten werden. Dadurch wird ein natürlicheres Erscheinungsbild erzielt.
- Die Verankerungen (Unterlagsplatten, Mutter und Drahtseile) sind an Stellen anzubringen, die nicht gut sichtbar sind.
- Es sind die Strömungsverhältnisse bei verschiedenen Abflusszuständen zu berücksichtigen. Die Strömung ändert sich in der Regel gravierend, wenn z.B. eine Struktur überströmt wird oder sich Schwemmholzansammlungen bilden.
- Bei der Ausführung wird mit schweren Maschinen und grossen Stämmen gearbeitet. Daher ist darauf zu achten, dass die benötigten Wege wieder in Stand gestellt werden. Weiter ist zu empfehlen, dass die Arbeiten auf Landwirtschaftsland nur bei gefrorenem Boden stattfinden. Dadurch entsteht ein geringer Landschaden.
- Während der Ausführung zeigte sich schnell, dass von den Empfehlungen aus dem Ausführungsprojekt, wonach ein Grossteil der Einbauten ohne gewässerfremde Befestigungen erstellt werden sollte, abgewichen werden musste. Der Boden in Ufernähe war durchgängig zu feinkörnig und somit besonders erosionsgefährdet, so dass die Stabilität von Einbauten ins Ufer allein durch eine grosse Einbindetiefe und aufliegende Blocksteine nicht erreicht werden konnte.
- Damit keine Böschungserosion bei der Überströmung der Totholzstrukturen entsteht, sind die Einbauten inklinant anzuordnen.

- Die Erosion in "Tosecken" (z.B. quer zur Strömung verlaufende Schnittflächen von uferparallen Raubäumen) kann durch grosse und böschungsnah eingebaute Wurzelstöcke verhindert werden.
- Durch den Anzug der Totholzstrukturen gegen das Ufer, wird die Strömung auf die Gewässermitte (also weg vom Ufer) konzentriert.
- Bei einseitigen Totholzstrukturen mit einer einengenden Wirkung müssen die gegenüberliebenden Böschungen ebenfalls gesichert werden.
- Die Arbeiten und der Bau von Totholzstrukturen verlangt sowohl viel Erfahrung der Arbeiter als auch Teamwork. Je besser das Team eingespielt ist, desto qualitativ hochwertiger und effizienter erfolgt der Einbau.

6 Ausführung

6.1 Bauweisen und Massnahmen im Uferbereich

6.1.1 Wurzelstöcke

Es wurden drei Varianten zur Befestigung der Wurzelstöcke verwendet: Die Befestigung auf dem Fels (Kap. 6.1.1.1), die Verankerung an einem versenkten Blockstein (Kap. 6.1.1.2) und die Verankerung am bestehenden Blocksatz. Letztgenannte erfolgt analog zur Befestigung auf dem Fels. Auf sie wird in den Kapiteln 6.1.1.1 und 6.1.3 ausführlicher eingegangen.

6.1.1.1 Verankerung auf Fels

Die Wurzelstöcke werden direkt mit Ankern auf der Felssohle oder am bestehenden Blocksatz befestigt. Um einen lagestabilen Einbau zu gewährleisten, müssen sie ausserdem so mit bestehenden Uferstrukturen (z.B. leicht aus dem Uferschutz herausragender Blockstein) kombiniert werden, dass sich die Wurzelstöcke nicht drehen können (Abbildung 13, links).

Abbildung 13: Wurzelstock am Ufer mit Felsanker in der Felssohle befestigt (links) und Detail zur Befestigung (Schweissmutter und Unterlagsplatte; rechts)

Material:

- Wurzelstock (Kap. 4.1.1.4)
- Befestigungsmaterial (Kap. 4.1.4): Felsanker, Ankerstab und Schweissmutter

Vorgehen:

1. Mit dem Drucklufthammer wird bis in ca. 0.6 - 1.4 m Tiefe in den Fels gebohrt.
2. Der Stamm wird nahe des Wurzelansatzes durchbohrt.
3. Der Ankerstab mit dem Felsanker wird ins Loch im Fels gestossen und allenfalls mit einem Hammer hineingeschlagen.

4. Der Wurzelstock wird durch den vorstehenden Ankerstab geführt.
5. Mit einer Schweissmutter wird der Wurzelstock befestigt und mit einem Hebel vorgespannt. Zwischen Schweissmutter und Stamm wird die Unterlagsplatte gelegt (Abbildung 13, rechts).

Skizzen: Die Skizzen sind analog der Befestigung eines einseitigen Raubaums auf der Felssohle (Kap. 6.1.3 - Abbildung 22 bis Abbildung 28, jeweils rechte Skizze).

6.1.1.2 Verankerung mit Blockstein

Wenn am Einbauort des Wurzelstocks kein stabiler Fels ansteht und kein intakter Blocksatz vorhanden sind, wird ein Blockstein im Bachbett oder im Ufer (Abbildung 14) versetzt und der Wurzelstock an diesem verankert.

Abbildung 14: Befestigter Wurzelstock mit versenktem Blockstein im Ufer. Das Aushubprofil wurde noch nicht verfüllt.

Material:

- Wurzelstock (Kap. 4.1.1.4)
- Blockstein mit einer Masse von ca. 1.0 - 2.0 t
- Felsanker mit Ringmutter
- Drahtseil und Drahtseilklammern

Skizzen:

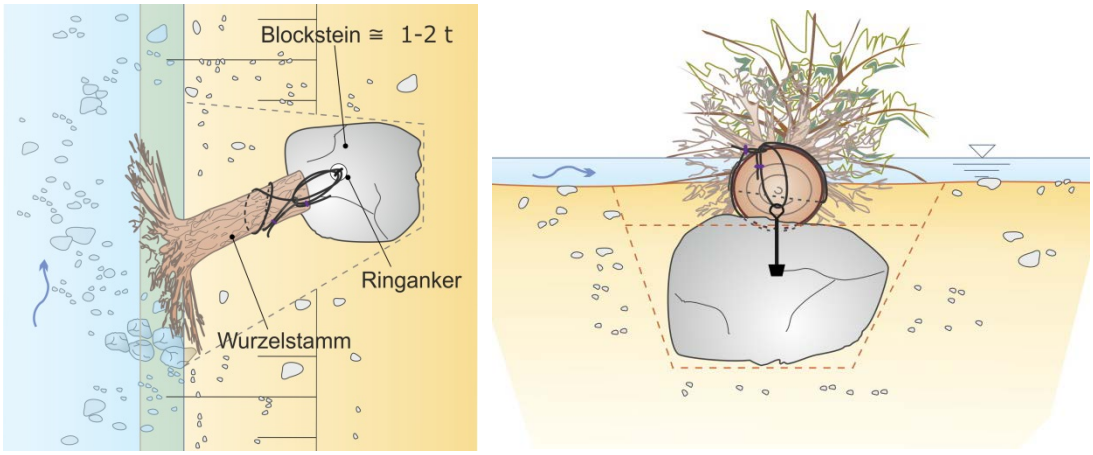

Abbildung 15: Skizze Bauweise: befestigter Wurzelstock mit versenktem Blockstein (Situation links und Längsschnitt rechts)

Vorgehen:

1. Für den Einbau des Blocksteins wird im Ufer oder im Bachbett ein Aushub erstellt. Der Blockstein wird eingebaut und das Aushubprofil wieder mit Aushubmaterial verfüllt (Abbildung 15, rechts).
2. In den Blockstein wird ein Loch gebohrt, damit der Ringanker befestigt werden kann.
3. Anschliessend wird der Wurzelstock auf den Blockstein gelegt und das Drahtseil (Abbildung 16) durch und um den Wurzelstock gezogen, gelegt, geschlauft und mit Drahtseilklemmen fixiert.
4. Nach einer Kontrolle der Befestigung wird der Blockstein mit dem Aushubmaterial überdeckt. Beim Einbau des Aushubmaterials sollten gleichzeitig Weiden und bewurzelte Gehölze eingelegt werden.

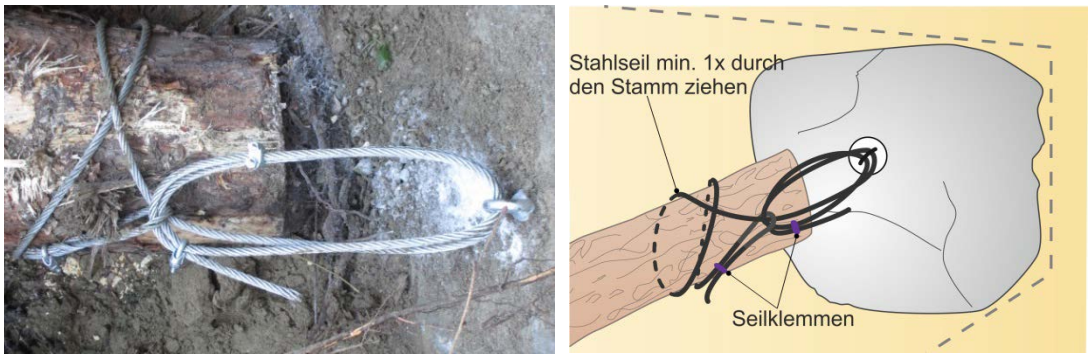

Abbildung 16: Befestigung des Wurzelstocks mit Drahtseilen an der Ringmutter und die Fixierung mit Drahtseilklemmen (Bild links und Skizze rechts)

Nach dem gleichen Prinzip können auch Wurzelstämme (Abbildung 17) ins Ufer eingebaut werden.

Abbildung 17: Wurzelstämme mit Blockstein im Ufer: Verankerung an Blockstein (links) und offenes Aushubprofil mit zwei Wurzelstämmen (rechts)

Fazit:

- Die Totholzstruktur Wurzelstock ist einfach einzubauen.
- Verankerungen mit Blocksteinen vor dem Blocksatz oder im Ufer wirken natürlich, da die Anker kaum wahrnehmbar sind.
- Die Wirkung der Struktur wird sich in Zukunft durch den Rückhalt von Geschwemmsel noch verstärken.
- Beim Einbau ins Ufer waren auf Grund des vorhandenen Feinmaterials in der Uferböschung Ankersteine notwendig (Abschnitt 1). Beim Wiedereinbau des Aushubmaterials sollten ausschlagfähige Weiden und bewurzelte Gehölze mit eingelegt wer-

den, damit das Ufer schnell begrünt (s.o.). Alternativ kann auf den Wurzeln aufliegend ein lebender Abweiser (s.u.) eingebaut werden.

- Teilweise wurden auch Wurzelstämme (Abbildung 16), d.h. Wurzelstöcke mit längerem Stammansatz, ins Ufer eingebaut (vgl. 6.2.1).

6.1.2 Lebende Abweiser

Zur Einbringung der lebenden Abweiser (Abbildung 19 und Abbildung 20) wird ein Aushub erstellt. Der Einbau von ausschlagfähigem Ast-/Strauchschnitt, totem Ast- und Strauchmaterial und Aushubmaterial erfolgt schichtweise (Abbildung 18). Die lebenden Abweiser können, wie in Abbildung 18 ersichtlich, mit einem befestigten Wurzelstamm kombiniert werden.

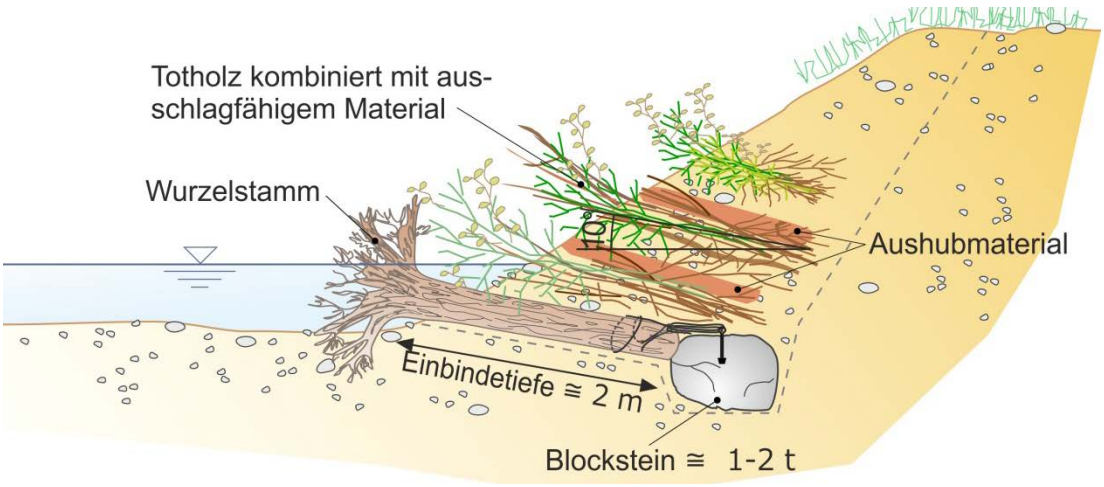

Abbildung 18: Skizze Bauweise: Lebende Abweiser in Kombination mit Wurzelstamm

Abbildung 19: Lebende Abweiser im Ufer (links) und lebende Abweiser in Kombination mit Raubäumen (rechts)

Abbildung 20: Lebende Abweiser im Ufer ca. 4 Monate nach dem Einbau

Fazit:

Der Bau von lebenden Abweisern wurde oft sowohl mit Wurzelstöcken und Wurzelstämmen im Ufer als auch mit Raubäumen (Kap. 6.1.3) kombiniert. Die lebenden Abweiser wurden zwischen die verschiedenen Lagen der Raubäumen (Abbildung 19, rechts) eingebunden.

6.1.3 Raubäume

Die Raubäume wurden mehrheitlich uferparallel und mehrlagig (d.h. mehrere Raubäume übereinander) eingebaut. Die Beispiele in der Abbildung 21 stammen aus den Abschnitten 2 (links) und 3 (rechts).

Abbildung 21: Raubäume im Abschnitt 2 (links) und Raubäume im Abschnitt 3 (rechts)

Material:

- Baumstämme mit Ästen und Krone (Kap. 4.1.1.2)
- Drahtseil befestigt mit Drahtseilklammern
- Gegebenenfalls Blocksteine für die Verankerung
- Aushub- oder zugeführtes Material und feineres Astwerke für die Hinterfüllung (Kap. 4.1.1.5)

Vorgehen und Skizzen:

Im Folgenden wird der Einbau von Raubäumen mit Blocksteinen und auf Fels erläutert. Auf der linken Seite sind die Arbeitsschritte bei einer kiesigen Sohle beschrieben und auf der rechten Seite jene bei anstehendem Fels.

Bei einer kiesigen Sohle wird ein Blockstein (1 - 2 t) in die Bachsohle eingebaut. Wenn Fels ansteht, wird der Raubaum auf dem Fels befestigt (Abbildung 22). Der verwitterte Fels ist zu entfernen und die Totholzstruktur auf dem unverwitterten Fels einzubauen.

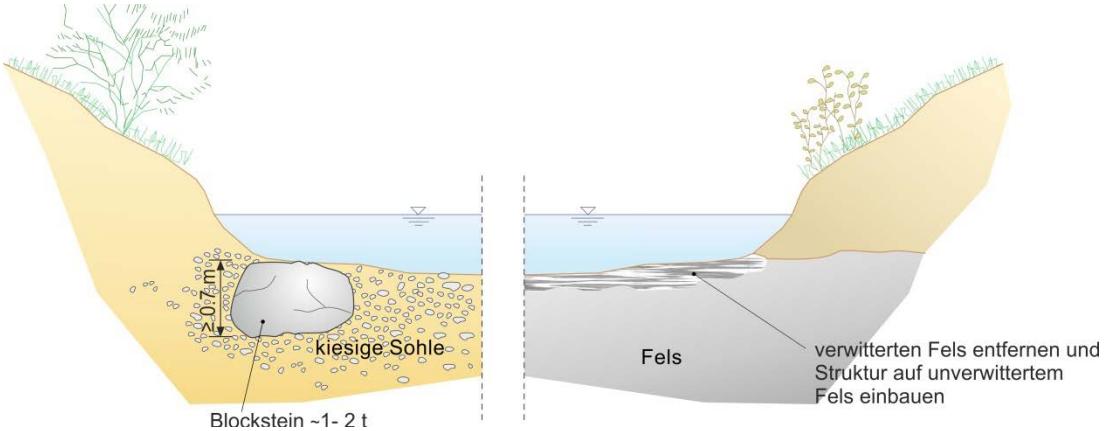

Abbildung 22: Befestigungsmöglichkeiten: Blockstein (links) und Fels (rechts)

Mit dem Drucklufthammer wird ein Bohrloch mit einer Länge von 0.4 - 0.6 m (Blockstein) oder 0.6 - 1.4 m (Fels) erstellt (Abbildung 23). Dazu werden verschiedene Bohrstablängen verwendet. Es ist darauf zu achten, dass der Stamm des Raubaums und der Fels bzw. der

Blockstein im Bereich des Ankers gut aufeinanderliegen, um eine gute Kraftübertragung durch den Felsanker zu gewährleisten. Daher wird der Fels gegebenenfalls entsprechend der Form des Raubaums eingetieft.

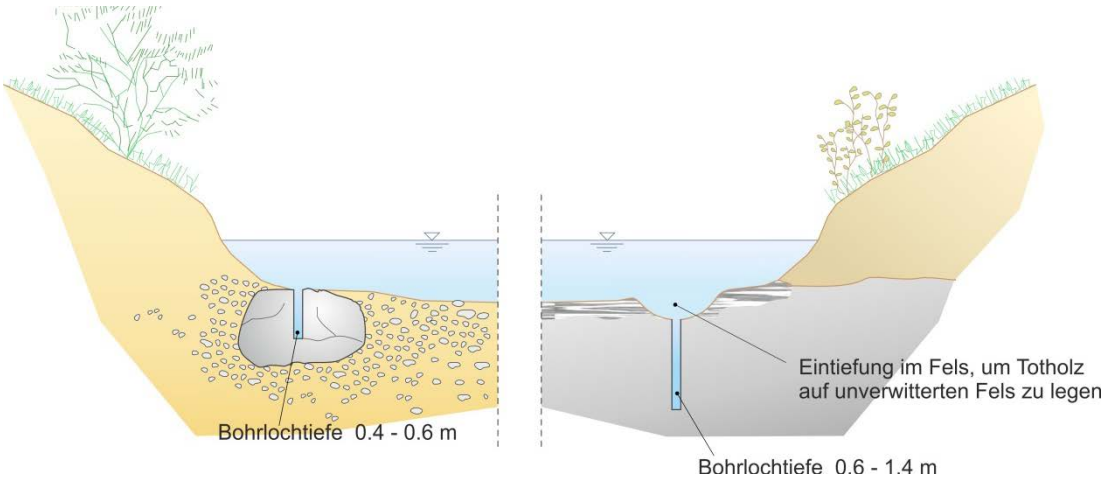

Abbildung 23: Bohrloch mit einer Tiefe von 0.4 - 0.6 m oder 0.6 - 1.4 m

Der Dywidag-Stab mit dem Felsanker wird ins Bohrloch hineingestossen (Abbildung 24). Nach Gegebenheit sollte der Dywidag-Stab genügend weit aus dem Bohrloch ragen, damit sicher einer oder sogar zwei Raubäume befestigt werden können. Wenn ein intakter Blocksatz am Ufer vorhanden ist, kann der Raubaum am Schluss noch mit einem Drahtseil befestigt werden. Daher sollte vor dem Raubaum die Endschlaufe des Drahtseils über den Dywidag-Stab gelegt werden (Abbildung 24, links).

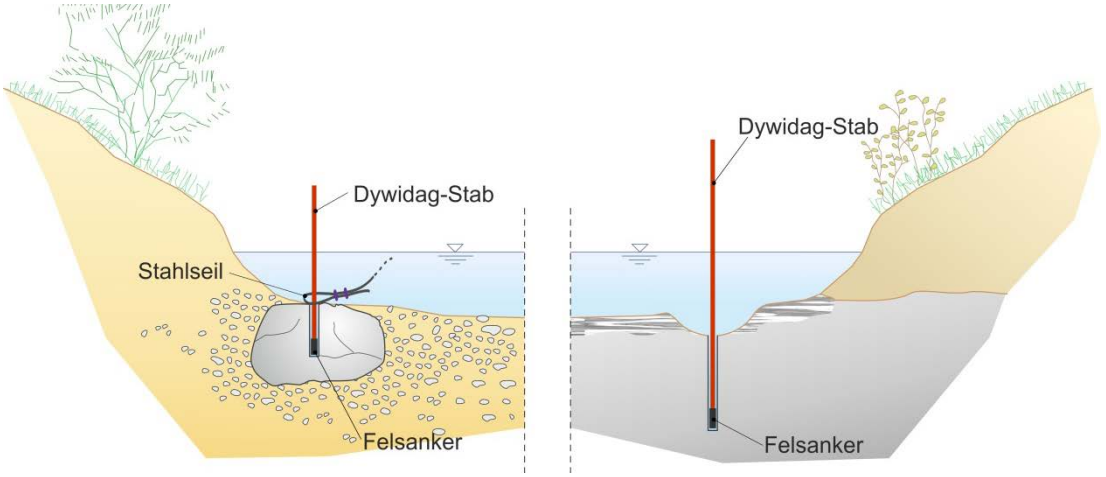

Abbildung 24: Dywidag-Stab mit Felsanker und Drahtseilschlaufe (Stahlseil) beim Blockstein

Anschliessend wird der zuvor durchbohrte Raubaum über den Dywidag-Stab eingebracht (Abbildung 25). Die Bohrlöcher im Stamm müssen mit exakt dem gleichen Abstand wie die Anker erstellt werden. Der Raubaum wird durch die Dywidag-Stäbe eingefädelt. Der Baumwipfel des Raubaums zeigt in Fliessrichtung. Wie bereits erwähnt, ist darauf zu achten, dass der Raubaum und der Fels bzw. Blockstein bündig aufeinander liegen.

Die Raubäume werden an zwei Befestigungspunkten montiert. Daher muss bei den Bohrungen sowohl im Fels/Blockstein als auch durch den Raubaum präzise gearbeitet werden, da die Dywidag-Stäbe nur beschränkt gebogen werden können.

Falls kein weiterer Raubaum am Dywidag-Stab befestigt werden sollte, wird dieser mit einer Unterlagsplatte und Mutter abgeschlossen. Pro Dywidag-Stab sollten nicht mehr als zwei bis maximal drei Raubäume befestigt werden.

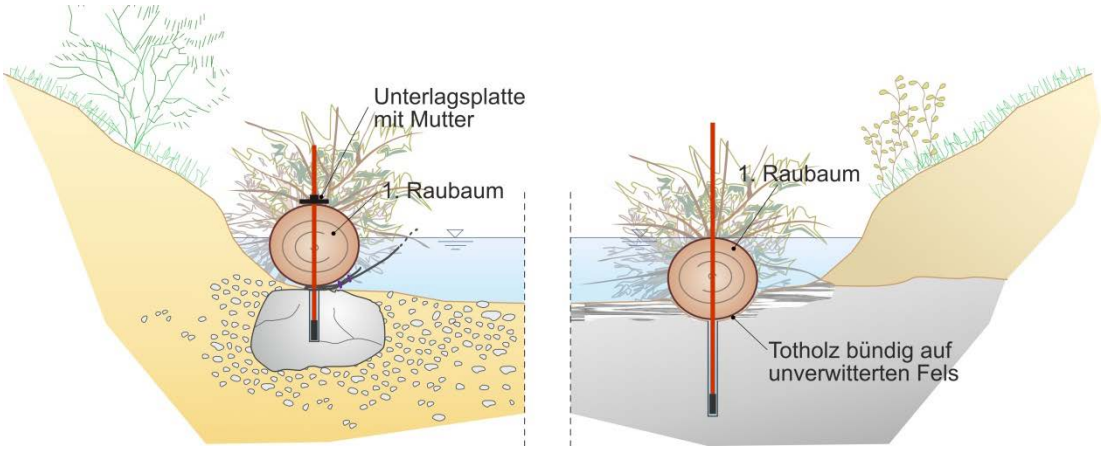

Abbildung 25: Einbringen des Raubaums und, falls kein weiterer Raubaum am Dywidag-Stab befestigt wird, Anbringen der Unterlagsplatte und Mutter.

Ein zweiter Raubaum wird mit demselben Dywidag-Stab befestigt und anschliessend mit einer Unterlagsplatte und Mutter abgeschlossen. Es kann auch ein weiterer Dywidag-Stab durch den Raubaum zur Befestigung eines zweiten Raubaums gezogen werden (Abbildung 26). Dywidag-Stäbe, die zu lang sind, werden gekürzt.

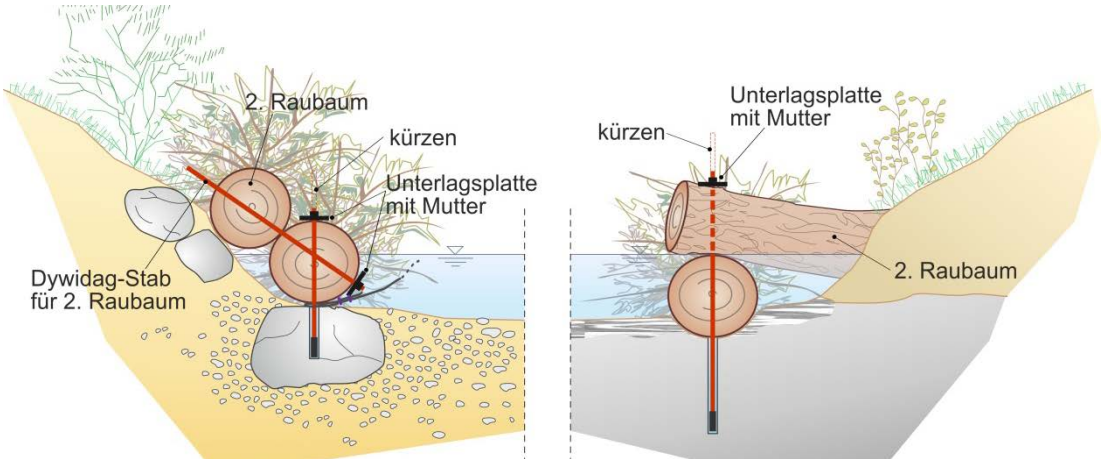

Abbildung 26: Befestigung eines zweiten Raubaums und kürzen des Dywidag-Stabs.

An Ufern mit einem stabilen Blocksatz oder anderen fixen Strukturen (z.B. Baumstümpfe), werden die Raubäume mit Drahtseil und Ringanker befestigt (Abbildung 27).

An den stark angeströmten Stammenden werden in der Regel Wurzelstöcke als Strömungsabweiser eingebaut (Kapitel 6.1.1).

Der entstandene Freiraum zwischen der Uferböschung und Raubaum oder auch zwischen Raubäumen wird mit feinerem Material hinterfüllt.

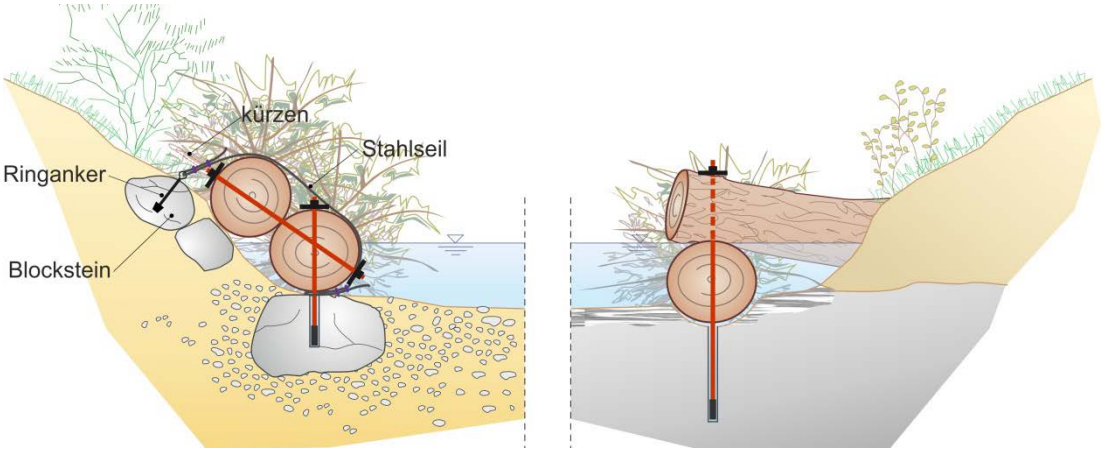

Abbildung 27: Befestigung mit Drahtseil (Stahlseil) am Ufer, falls möglich.

Die Abbildung 28 zeigt die Befestigung von Raubäumen am anstehenden Fels im Uferbereich (links) und an Baumstümpfen (rechts).

Abbildung 28: Befestigung der Raubäume: im Fels (links) und an bestehender Struktur im Ufer (rechts)

Fazit:

- Die Raubaumstrukturen an den Ufern wirken natürlich.
- Es ist zu beachten, dass ein grosser Materialbedarf besteht, wenn die gesamte Böschung gesichert und nicht nur der Uferfuss strukturiert bzw. gesichert werden soll.
- Die Bepflanzung inkl. des Einbaus von Weiden musste nachträglich erfolgen, da der Boden gefroren war. Ebenfalls bestand die Befürchtung, dass die eingebauten Gehölze (Kap. 4.1.2) durch weitere einzubauende Raubäume beschädigt werden.
- Material der erodierenden Böschungen hinter den Raubäumen bleibt hinter bzw. auf der Struktur liegen. So können auf der Böschung wieder Gehölze aufkommen.

6.1.4 Einseitige Schlüsselhölzer

Material:

- Baumstämme mit den Massen von Schlüsselhölzern (Kap. 4.1.1.1)
- Drahtseil befestigt mit Drahtseilklammern
- Gegebenenfalls Blocksteine für die Verankerung

Vorgehen:

- Die Baumstämme werden an Baumstümpfen an den Ufern befestigt, wie auch an einem Blockstein in der Mitte der Sohle (Abbildung 29, links).
- Die Schlüsselhölzer (Abbildung 29) wurden zwischen den Bäumen 39/40 und 41/42 (Lage der Bäume s. Situationsplan Abschnitt 3) eingebaut.
- Die Enden der Schlüsselhölzer wurden im Scherlibach mit Blocksteinen verankert (Abbildung 29, rechts und Abbildung 30, links).
- Die Schlüsselhölzer wurden teilweise an bestehenden Uferstrukturen befestigt (Abbildung 30, rechts).

Abbildung 29: Schlüsselhölzer im Abschnitt 3 zwischen der Metrierung 10.00 und 30.00

Abbildung 30: Verankerung in der Sohle (links) und Befestigung an einer bestehenden Uferstruktur (rechts)

Fazit:

- Bei Totholzstrukturen mit einer einengenden Wirkung (Beispielsweise Abbildung 31, rechts) muss die gegenüber liegende Böschung gesichert (in diesem Beispiel mit Raubäumen) werden.
- Bereits nach einer kurzen Zeit hat sich an den Schlüsselhölzern eine grosse Menge an Totholz abgelagert (Abbildung 31), die die Wirkung verstärken und zu einem sehr natürlichen Erscheinungsbild führen. Die Fotos wurden ca. 4 Monate nach Fertigstellung gemacht.

Abbildung 31: Verankerung in der Sohle (links) und Befestigung an einer bestehenden Uferstruktur (rechts). Die fotografierten Bereiche entsprechen denen von Abbildung 29 ca. 2 Monate später.

6.1.5 Gehölzpflanzungen

Die Bepflanzung erfolgte im Frühling nach den abgeschlossenen Arbeiten, als der Boden nicht mehr gefroren war. Einerseits wurde Forstware gepflanzt (Kap. 4.1.2.1), andererseits wurden Steckhölzer und Setzstangen in den Boden geschlagen.

Die Weiden müssen mit mindestens ¾ ihrer Länge im Boden eingeschlagen werden und sollten nur 10 bis 20 cm herausragen. Am besten wird mit einem Stecheisen ein Loch vorgeschlagen, damit die Weiden beim Einschlagen nicht verletzt werden. Diese Vorgaben konnten bei der Pflanzaktion mit Laien (Jungjänger) nicht immer eingehalten werden (Abbildung 32). Wenige Wochen nach der Pflanzung scheinen die Weiden dennoch gut angegangen zu sein, was auf das kühle und feuchte Klima im Scherligraben zurückgeführt wird. Es ist zu beobachten, wie sich die Weiden in den nächsten Jahren entwickeln. Ggf. sind zu einem späteren Zeitpunkt weitere Steckhölzer zu setzen.

Abbildung 32: Steckhölzer im Abschnitt 1 - ca. 2 Monate nach dem Setzten der Hölzer

Fazit:

- Pflanzaktionen mit Laien stärken die Akzeptanz einer Bachrevitalisierung und sollten wo immer möglich realisiert werden. Ein geringfügiger Mehrausfall bei den gepflanzten Gehölzen ist dabei in Kauf zu nehmen. Am Scherlibach zeichnet sich ab, dass dieser Ausfall aufgrund des günstigen Lokalklimas sehr gering ist.

6.2 Bauweisen und Massnahmen in der Sohle

6.2.1 Wurzelstämme

Abbildung 33 zeigt einen Wurzelstamm, der mit Blocksteinen im Bachbett befestigt wurde. Das Einbauprinzip entspricht dem der Darstellung in Abbildung 25. Es ist zu beachten, dass für die Befestigung zwei Blocksteine nötig sind (Abbildung 33). Die Blocksteine müssen genügend tief in die Flusssohle versenkt werden.

Abbildung 33: Wurzelstamm mit dem Wurzelteller Oberstrom, Pfeil in blau zeigt in Fliessrichtung

Je nach Befestigungsart im Fels oder mit Blocksteinen wird anderes Material benötigt. Die Fixierung des Wurzelstamms im Fels entspricht dem Beschrieb in Kapitel 6.1.1.1 bzw. mit Blocksteinen im Kapitel 6.1.1.2. Es müssen jedoch je nach Standort mehrere Felsanker gesetzt werden.

Skizzen:

Die Schemaskizzen von Kästli Bau AG zeigen sowohl einen eingebauten Wurzelstock mit einem Blockstein (Abbildung 34, links) als auch einen Wurzelstamm mit zwei Blocksteinen (Abbildung 34, rechts).

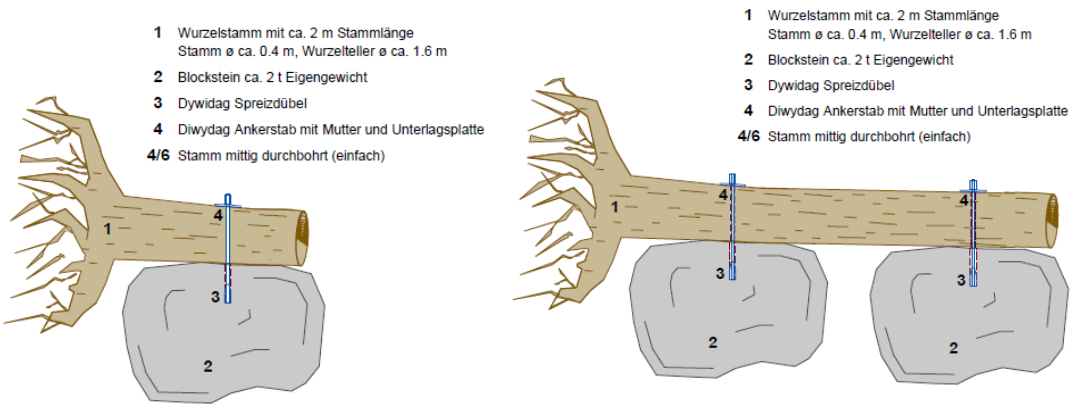

Abbildung 34: Schemaskizze Wurzelstein, klein (links) und Wurzelstein, gross (rechts) (David Hausammann, Kästli Bau AG, 2017)

Vorgehen:

1. Für die Blocksteine erfolgt ein Aushub im Bachbett (Abbildung 35, links).

Abbildung 35: Erstellung des Aushubprofils für den Blockstein im Bachbett (Schritt 1) (links) und Bohrung mit dem Drucklufthammer in einen Blockstein (Schritt 3) (rechts)

2. Die Blocksteine werden in den Aushubprofilen versenkt.
3. Mit dem Drucklufthammer wird in jeden Blockstein ein Loch gebohrt (Abbildung 35, rechts), ein Ankerstab mit einem Felsanker ins Loch gesteckt und allenfalls mit einem Hammer hineingeschlagen.

Abbildung 36: Bohrung der Bohrmaschinein einen Wurzelstamm (Arbeitsschritt 4) (links) und Wurzelstamm positionieren (Arbeitsschritt 5) (rechts)

4. Auf dem Wurzelstamm werden die Positionen der Ankerstäbe gekennzeichnet und mit einer Bohrmaschine ebenfalls Löcher gebohrt. (Abbildung 36, links)

5. Der Wurzelstamm wird durch den vorstehenden Ankerstab in den Blocksteinen geführt. Allenfalls müssen Anpassungen vorgenommen werden. Die Ankerstäbe können geringfügig gebogen werden. (Abbildung 36, rechts)

Abbildung 37: Abgeschlossene Befestigung auf einem Blockstein (links) und Befestigung des Wurzelstamms, wobei die Ankerstäbe noch abgesägt werden müssen (rechts) (Arbeitsschritt 6)

6. Anschliessend wird der Wurzelstamm auf dem Ankerstab mit einer Schweissmutter und einer Unterlagsplatte befestigt. (Abbildung 37, rechts)

Fazit:

Die Wurzelstämme wirken natürlich und ihre Verankerung ist kaum sichtbar. Die Wirkung als Geschwemmselfänger zeigte sich bereits beim ersten erhöhten Abfluss. Die Sohlenstrukturierende Wirkung wird sich mit der Zeit noch verstärken. Die Wirkung deutet sich bereits an, obwohl bis jetzt kein grösseres Ereignis aufgetreten ist.

6.2.2 Kiesschüttungen

Kiesschüttungen (Abbildung 38) wurden nur im Abschnitt 1 realisiert, da in diesem Abschnitt auf weiter Strecke Felssohle ansteht. Im Verlaufe des Projektes wurde die eingebaute Kiesmenge zu Gunsten von Totholzelementen reduziert. Die Notwendigkeit von Kiesschüttungen in den Abschnitten 2 bis 4 wurde nicht mehr gesehen, da lokal genügend Kies vorhanden ist. Es wird davon ausgegangen, dass sich dieser Kies eigendynamisch verteilt und dann an den eingebauten Totholzstrukturen verstärkt zurückgehalten wird.

Abbildung 38: Kiesschüttung im Abschnitt 1

6.3 Schwellenähnliche Bauweisen

6.3.1 Wurzelstämme beidseitig mit Querholz

Material:

- Baumstamm mit einer Länge entsprechend der Bachbreite zuzüglich der Einbindung ins Ufer und einem Durchmesser von ca. 0.4 - 0.5 m
- Zwei Wurzelstämme

- Felsanker, Ankerstab, Schweissmuttern und Unterlagsplatte

Vorgehen:

1. Mit dem Drucklufthammer werden zwei Bohrlöcher in den Fels bis in eine Tiefe von ca. 0.8 - 1.4 m gebohrt und die Ankerstäbe eingesetzt.
2. Der Baumstamm für die Schwelle wird an den Enden passend für die Uferanbindung zugeschnitten. (Abbildung 39, rechts)
3. Auf dem Baumstamm werden die Positionen der beiden Bohrlöcher eingezeichnet und anschliessend gebohrt.
4. Der Baumstamm wird in die Ankerstäbe eingeführt (Abbildung 39, links).
5. Mit einer Schweissmutter mit Unterlagsplatte wird der Baumstamm befestigt und abschliessend der Dywidag-Stab gekürzt.

Abbildung 39: Baumstamm in die Ankerstäbe einführen (links) und Anpassung ans Ufer (rechts)

Fazit:

- Der Bau der Totholzschwelle aus Wurzelstämmen mit Querhölzern stellte sich als aufwändig heraus.
- Das Bauwerk wirkt etwas künstlich.
- Durch die Totholzschwelle wird die Fliessgeschwindigkeit reduziert und es entstehen Ablagerungen von Sohlenmaterial auf dem anstehenden Fels.
- Oberhalb der Totholzschwelle entsteht ein (zumindest temporärer) Aufstau.
- Eine Totholzschwelle ohne Eintiefung im Stamm oder weitere Becken kann die Fischwanderung einschränken. Die Fischgängigkeit kann mit einem diagonalen Wurzelstamm und/oder Blockstein verbessert werden, der unterstrom der Schwelle eingebaut wird. Unterhalb der Totholzschwelle sollte Kies anstehen, damit sich schnell ein Kolk bilden kann.

6.3.2 Kombinationen von Wurzelstämmen mit lebenden Abweisern

Wie bereits in den Kapitel 6.1.2 und 6.2.1 erläutert, können verschiedene Bauweisen miteinander kombiniert werden. Geeignet sind z.B. Wurzelstämme in Kombination mit lebenden Abweisern. Dies wurde beispielsweise im Abschnitt 4 realisiert: in Abbildung 40 ist zu sehen, dass die Totholzschwelle nicht bis ans linke Ufer gezogen wurde, um die Strömungsvielfalt zu erhöhen und die biologische Durchgängigkeit zu erhalten.

Abbildung 40: Wurzelstamm kombiniert mit lebenden Abweisern (Abschnitt 4)

6.3.3 Totholzschwelle aus einem Schlüsselholz

Material:

- Baumstamm mit einer Länge entsprechend der Bachbreite
- Vier Blocksteine mit einem Eigengewicht von ca. 1 - 2 t
- Felsanker, Ankerstab, Schweissmuttern und Unterlagsplatten
- Drahtseil befestigt mit Drahtseilklammern
- Pflanzenmaterial für Lebendabweiser

Skizze:

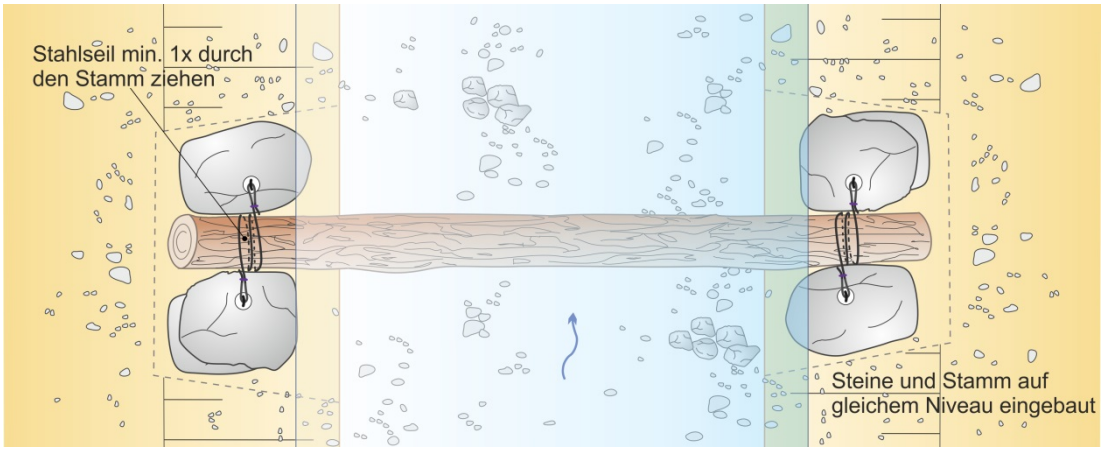

Abbildung 41: Skizze Totholzschwelle aus einem Schlüsselholz

Vorgehen:

1. Für die Totholzschwelle wurde auf beiden Uferseiten jeweils ein Aushubprofil erstellt.
2. Links und rechts vom Stamm für die Schwelle werden zwei Blocksteine positioniert (Abbildung 42). Diese sind Ringmuttern (Ringanker) versehen. Der Baumstamm wird zwischen den beiden Blocksteinen mit Drahtseilen fixiert. Die Drahtseile werden mit Drahtklammern zusammengehalten. (Abbildung 43)

Abbildung 42: Aushubprofil mit Baumstamm und Blocksteinen (Arbeitsschritt 2): Blick von oben (links) und Blick von der Schwelle aus zum Ufer (rechts)

Abbildung 43: Befestigung am Stein bachaufwärts (links) und Befestigung am Stein bachabwärts (rechts)

3. Bei der Einbringung des Stamms ist zu beachten, dass dieser ein leichtes Gefälle (ca. 20 - 30 cm über die gesamte Länge) hat. Der Hochpunkt kommt am Ufer mit dem höheren Schadenspotential zu liegen. Ausserdem ist die Anordnung leicht inklinant zum zu schützenden Ufer, wie bei allen Schwellen, zu gestalten. Ziel dieser Anordnung ist es, die Strömung vom zu schützenden Ufer wegzulenken und dadurch das Ufer zu entlasten.
4. Das Aushubprofil wird mit Kies aufgeschüttet. Idealerweise können beim Auffüllen des Aushubprofils noch lebende Abweiser miteingebaut werden. Diese stabilisieren und strukturieren das Ufer zusätzlich.

Diese Totholzschwelle (Abbildung 44) wurde kurz nach Einbau nahe des rechten Ufers unterströmt. Mit der Zeit wird sich dieser Bereich vermutlich wieder mit Geschwemmsel verschliessen. Zusätzlich wird durch die Schwelle weiteres Totholz zurückgehalten, so dass sich die strukturierende Wirkung verstärkt. versetzen.

Abbildung 44: Fertiggestellte Totholzschwelle im Abschnitt 1: Direkt nach dem Einbau (links), ca. 1 Monat nach dem Einbau (Mitte) und ca. 4 Monate nach dem Einbau (rechts)

Fazit:

- Die Voraussetzung für den Bau einer Totholzschwelle aus einem Schlüsselholz ist, dass das Ufer beidseitig unverbaut ist, damit die Enden des Stamms ins Ufer eingebunden und mit Blocksteinen fixiert werden können.
- Durch die geringe Überfallhöhe und partielle (temporäre) Unterströmung ist die freie Fischwanderung gewährleistet.
- Der quergeneigte Einbau der Totholzschwelle sorgt für die Ausbildung eines ufernahen Niederwassergerinnes.

6.3.4 Offene V-Schwelle

Diese Totholzstruktur (Abbildung 45) besteht aus zwei Wurzelstämmen, die V-förmig angeordnet und mit Blocksteinen im Bachbett fixiert werden. Die Wurzelstämme steigen zum Ufer hin leicht an, zusätzlich bleibt eine Teilbreite der Sohle in der Gewässermitte unverbaut, so dass die Fischgängigkeit trotz sohlenstabilisierender Wirkung uneingeschränkt gewährleistet ist. Zusätzlich entwickeln sich ein vielfältiges Strömungsbild und ein ausgeprägter langgestreckter Kolk.

Abbildung 45: Wurzelstämme beidseitig oder offene V-Schwelle

Vorgehen:

Der Bau der V-Form erfolgt analog zum Einbau von zwei Wurzelstämmen auf der Sohle (Kap. 6.2.1). Die Wurzelteller werden jedoch unterstrom platziert, um grosse Totholzansammlungen in der Gewässermitte zu verhindern und die Ausbildung einer Niederwasserrinne zu ermöglichen. Die Wurzelteller werden zusammen mit lebenden Abweisern (Kap. 6.1.2) verbaut und allenfalls auch mit weiteren Wurzelstöcken (Kap. 6.1.1) kombiniert.

Die Erstellung dieser Bauweise entspricht weitgehend der auf den Skizzen in Abbildung 16 und im Kapitel 6.1.3.

1. Vier Blocksteine werden für die zwei Wurzelstämme im Bachbett versenkt, zwei in der Mitte des Gerinnes oberstrom und zwei an den jeweiligen Ufern unterstrom. (Abbildung 46, links)
2. Der rechte Wurzelstamm wird an den zwei, in der rechten Gerinnehälfte eingebauten Blockstein mit Hilfe von Ankerstangen befestigt. (Abbildung 46, rechts)
3. Der zweite Wurzelstamm wird, wie auch zuvor der erste, mit der Steinzange in Position gebracht (Abbildung 47, links) und an den beiden in der linken Bachhälfte eingebauten Blocksteinen analog zum ersten Wurzelstamm befestigt.

Abbildung 46: Stammende mit dem Ankerstab und Blockstein für den linken Wurzelstamm inklusive Markierung für die Bohrung (links) und Wurzelteller mit Ankerstab (rechts)

Abbildung 47: Transport des Wurzelstammes (links) und Bohrung mit Drucklufthammer in den Blockstein (rechts)

Fazit:

- Die V-Schwelle ist uneingeschränkt fischgängig und es entsteht kein nennenswerter Rückstau. Zusätzlich werden die Ziele Stabilisierung der Sohlenlage und Geschieberückhalt erreicht. Durch die hervorgerufene Strömungsvielfalt entsteht ein strukturreicher Gewässerbereich mit einem ausgeprägten Kolk.
- Diese Bauweise ist einfacher zu erstellen als durchlaufende Querhölzer über die gesamte Bachbreite.
- Der Kopf, d.h. die Schnittflächen der Wurzelstämme, sollten etwa auf Sohleniveau eingebaut werden. Andernfalls bleibt Geschwemmsel daran hängen, verstopf die Niederwasseröffnung in der Bachmitte und das Wasser fliesst verstärkt über die Stämme, so dass wiederum ein Absturz und verstärkter Rückstau entstehen. Beim Scherlibach war jedoch ein tieferer Einbau wegen der anstehenden Felssohle nicht möglich, was zu besagter Verstopfung führte (Abbildung 48).
- Grundsätzlich ist die V-Schwelle aus ökologischer und bautechnischer Sicht eine deutliche Verbesserung gegenüber Schwellen aus Querhölzern (Kap. 6.3.1)

Abbildung 48: Schlüsselhölzer beidseitig. Ca. 4 Monate nach dem Einbau. Der obere Teil ist verklaust und das Wasser fliesst linksseitig unter dem Wurzelstamm und rechtsseitig über den Wurzelstamm.

7 Zusammenstellung eingebauter Materialmengen und Baukosten

Tabelle 3 zeigt die Zusammenstellung des eingebauten Materials. Die gesamte Strecke über alle vier Abschnitte beträgt ca. 650 m.

Aus der Berechnung und Abschätzung ergibt sich, dass über die gesamte Strecke rund 268 m^3 Totholz eingebaut wurde. Dies entspricht weit mehr als den Vorgaben und Empfehlungen von OCSRI 1997, Sanders 2012 mit 195 m^3. Nicht in die Mengenberechnung eingeflossen ist das Totholzvolumen der Äste (Feinmaterial, Kap. 4.1.1.5), die als Hinterfüllung verwendet wurden. Das wesentliche Fazit ist, dass das Ziel von ca. 200 m^3 eigebautem Totholz sogar übertroffen wurde.

Als Grund für den erhöhten Holzbedarf ist Zustand des vorhandenen Blocksatzes zu nennen, der an vielen Stellen schlechter war als zunächst angenommen. Dies hatte zur Folge, dass zur Ufersicherung mehr Raubäume als ursprünglich geplant eingebaut wurden, was jedoch aus ökologischer Sicht durchaus positiv zu beurteilen ist. .

Tabelle 3: Geschätzte eingebaute Mengen an Blocksteinen, Aarekies und Totholz

Material	**Stück**	**Gesamtmenge**
Blocksteine	-	90 t
Aarekies	-	32.6 m^3

Wurzelstöcke	44 Stück mit je ca. 0.5 m^3	22 m^3
Wurzelstämme	54 Stück mit je ca. 0.75 m^3	40.5 m^3
Raubäume	-	205.5 m^3
Totholzmenge Total		**268 m^3**

Nebst dem Totholz wurden auch Steckhölzer gesetzt und Forstware gepflanzt. Die bestellte Forstware kann der Tabelle 2 im Kapitel 4.1.2.1 entnommen werden.

In der Tabelle 4 sind die Baukosten der Abschnitte 1 bis 4 zusammengestellt. In den Baukosten sind sowohl der Installationsplatz als auch die Instandstellung des Weges im Abschnitt 1 und der Landwirtschafsflächen enthalten.

Tabelle 4: Baukosten

Abschnitt	**Abs. 1**	**Abs. 2**	**Abs. 3**	**Abs. 4**	**Gesamtsumme**
Länge	260 m	165 m	90 m	135 m	**650 m**
Baukosten	111'000 CHF	41'700 CHF	26'300 CHF	69'900 CHF	**249'000 CHF**

Die Kosten sind in Abschnitt 1 am höchsten, wofür es mehrere Gründe gibt:

- Abschnitt 1 ist der längste Abschnitt.
- Durch die uferparallel verlaufende Kanalisationsleitung ist das Schadenspotential hier besonders hoch. Der Blocksatz war über längere Strecken in einem schlechten Zustand, weshalb das Ufer in verstärktem Masse mit Raubäumen gesichert werden musste.
- Mit den Arbeiten wurde im Abschnitt 1 begonnen. Die Arbeitenden mussten zu Beginn mit den Randbedingungen, Maschinen, Totholzstrukturen und den Bedingungen am Scherlibach vertraut werden und sich zunächst einarbeiten.

8 Unterhalt

Die Totholzstrukturen sollen in Form eines Unterhaltskonzepts regelmässig kontrolliert und bei Bedarf ausgebessert bzw. unterhalten werden, um deren Verhalten über die Jahre zu dokumentieren und Schäden zu vermeiden. Beim Scherlibach ist zu empfehlen, dass der Unterhalt durch Forst & Holz Service (D. Winzenried) erfolgt, da dieses Unternehmen auch am Bau der Strukturen beteiligt war und weiss, auf welche Punkte besonders geachtet werden muss.

Im Folgenden werden einige Punkte festgehalten, die beim Unterhalt zu berücksichtigen sind.

- Die Weiden sind in den ersten Jahren im 2- bis 3-Jahresrhythmus zurückzuschneiden, damit sich auch andere Gehölze durchsetzen können. Es ist ein gemischter Bestand von Gehölzen gewünscht.
- In einem regelmässigen Abstand (Vorschlag ca. einmal pro Jahr, im Winterhalbjahr) sollen die Anker, respektive die Muttern, kontrolliert und bei Bedarf nachgezogen werden. Bei der ersten Kontrolle wird empfohlen die Verankerungen auf Plänen festzuhalten, um so die Kontrolle in den Folgejahren zu vereinfachen.

Abbildung 49: Verankerung (Mutter gelb umkreist), die kontrolliert und gegebenenfalls nachgezogen werden soll.

- Verankerungen, die sich beispielsweise im Ufer befinden und daher nicht sichtbar sind, können verständlicherweise nicht kontrolliert werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass mittelfristig die Pflanzen (insbesondere gepflanzte Erlen und Weiden) die uferschützende Funktion der eingebauten Totholzstrukturen übernehmen und daher auch ohne ein Nachziehen der Anker von ihnen keine Gefahr ausgeht.

- Insbesondere in den ersten Jahren wird empfohlen, die Totholzstrukturen nach Hochwasserereignissen zu kontrollieren sowie deren Verhalten zu beobachten und allenfalls zu dokumentieren.
- Es ist angedacht, dass Anker, bei denen die Totholzstrukturen ihre Lebensdauer erreicht haben, zur Befestigung neuer Totholzstrukturen wiederverwendet werden. Dies ist natürlich nur an den Stellen möglich, an denen die Anker zugänglich sind, beispielsweise die Verankerungen auf der Gewässersohle.
- Aus Erfahrungen an anderen Gewässern kann abgeleitet werden, dass die Schlüsselhölzer sicher deutlich mehr als 10 Jahre wirksam sind. Die ständig überströmten Einbauten werden sogar noch länger halten. Nichts desto trotz werden die Totholzeinbauten mit den Jahrzehnten verwittern. Die damit verbundenen Veränderungen (Dynamik) sind durchaus erwünscht und Teil des Projekts. Die Funktion der Totholzeinbauten kann mittelfristig teilweise durch die gepflanzten Gehölze übernommen werden. Zusätzlich ist im Rahmen des Unterhalts immer wieder neues Totholz zu ergänzen. Somit ist gewährleistet, dass einerseits ständig ausreichende Totholzmengen im Bach vorhanden sind, andererseits aber auch Totholz unterschiedlicher Zerfallsstadien, was den ökologischen Wert zusätzlich erhöht.

Anhang: Fotodokumentation Vorher / Nachher

Im Folgenden sind einige Massnahmen im Vergleich vor und direkt nach dem Einbau der Totholzstrukturen sowie ca. 4 Monate nach dem Einbau zusammengestellt. Zur Orientierung ist jeweils die Metrierung aus den Plangrundlagen angegeben.

Abschnitt 1

Abbildung 50: Vor dem Baubeginn (oben), direkt nach Bauabschluss (Mitte) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss, wobei der grünmarkierte Baum gefällt wurde, (unten): Zwischen ca. 70.00 bis 90.00 m Abschnitt 1

Abbildung 51: Vor dem Baubeginn (oben), direkt nach Bauabschluss (Mitte) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss: Zwischen 190.00 bis 230.00 m Abschnitt 1

Abschnitt 2

Abbildung 52: Vor dem Baubeginn (oben), direkt nach Bauabschluss (Mitte) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss (unten): Zwischen 20.00 bis 30.00 m Abschnitt 2

Abbildung 53: Vor dem Baubeginn (oben), direkt nach Bauabschluss (Mitte) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss (unten): Zwischen 60.00 bis 80.00 m Abschnitt 2

Abschnitt 3

Abbildung 54: Direkt nach Bauabschluss (oben) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss (unten): Zwischen 70.00 bis 90.00 m Abschnitt 3

Abbildung 55: Direkt nach Bauabschluss (oben) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss (unten): Zwischen 70.00 bis 90.00 m Abschnitt 3

Abbildung 56: Vor dem Baubeginn (oben), direkt nach Bauabschluss (Mitte) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss (unten): Zwischen 90.00 bis 110.00 m Abschnitt 3

Abschnitt 4

Abbildung 57: Vor dem Baubeginn (oben), direkt nach Bauabschluss (Mitte) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss (unten): Zwischen 10.00 bis 20.00 m Abschnitt 4

Abbildung 58: Vor dem Baubeginn (oben), direkt nach Bauabschluss (Mitte) und ca. 4 Monate nach Bauabschluss (unten): Zwischen 40.00 bis 60.00 m Abschnitt 4

Literaturverzeichnis

IUB Engineering AG (2016): Revitalisierung des Scherlibachs mit Schlüsselhölzern. Technischer Bericht zum Ausführungsprojekt. Bauherr: Gemeinde Köniz, Abteilung Umwelt und Landschaft; Finanzierung: Amt für Landwirtschaft und Natur, Fischereiinspektorat / Renaturierungsfonds, Münsingen, 32 S.

Kästli AG (2015): Totholzstrukturen in der Aare Hunzigenau - Dokumentation Realisierung. Auftraggeber: Amt für Landwirtschaft und Natur, Fischereiinspektorat / Renaturierungsfonds, Münsingen

OCSRI (1997): Oregon Coastal Salmon Recovery Initiative Conservation Plan, Monitoring Program Draft Revision 2/24/97, Monitoring Appendix II: Development of Benchmark Values for Evaluation and Analysis; 25 S.

ODFW (2014): Aquatic Inventories Project - Methods for Stream Habitat Surveys. Conservation and Recovery Program, Oregon Department of Fish and Wildlife, 83 S.

Sanders, I. (2012): Large Wood an Stream Restoration - Restoring Salmon Habitat with Large Woody Debris, Vortrag von Isaac Sanders, Stream Restoration Biologist, ODFW

Tiefbauamt Kantone Bern und Freiburg (2015): Gewässerentwicklungskonzept Sense 21 – Teil E: Strategien und Massnahmen, Kantone Bern und Freiburg