

Hydraulischer Widder, Dreibündenstein, Churwalden GR

Trinkwasserversorgung für Sömmerungsvieh

- Hydraulisches Pumpsystem (Widder) mit einer Leistung von 10 l / min über eine positive Höhendifferenz von 520 m
- Verteilung des Wassers auf drei Alpen



Abbildung 1: Einbau der Widderpumpe

Ausführungsort / Beteiligte

Ort:	Churwalden / Malix, Dreibündenstein (2'757'121 / 1'185'370)
Bauherrschaft:	Gemeinde Churwalden
Bauleitung:	Beat Holzner (Malix), Alfred Kessler (Malix) und Beni Jörg (Chur)
Baumeisterarbeiten:	Lorenz Hobi, Baggararbeiten, Valens
Baujahr:	2018

Funktion / Anwendungsgrenzen

Ein hydraulischer Widder ist eine Wasserpumpe, die unter Ausnutzung eines Gefälles (statischen Druckes) einen mehrfach höheren Druck erzeugen kann, und dies ohne Fremdenergie (z.B. elektrischer Strom).

Dabei wird von einem Wasserreservoir / Quelfassung in der Tribleitung das Wasser dem Widder zugeführt. Am Anfang des Arbeitstaktes strömt Wasser in den Widder und verlässt ihn durch das Schlagventil, welches geöffnet ist. Bei zunehmender Wassergeschwindigkeit wird das Schlagventil "schlagartig" geschlossen und erzeugt damit eine Druckerhöhung in der Tribleitung, die je nach Auslegung das Fünf- bis Hundertfache des statischen Druckes betragen kann. Dieser nun entstandene Überdruck entweicht durch das Förderventil in einen Luftkessel, welcher mit der Förderleitung verbunden ist. Bei Erreichen des Druckausgleiches schliesst das Förderventil und das Schlagventil wird geöffnet: der nächste Arbeitstakt beginnt. Ein Teil des Wassers wird zum Antrieb benutzt und fliesst vom Widder ab.

Das maximale Verhältnis zwischen der Förderhöhe und dem Triebgefälle liegt ca. beim Faktor 20:1. Es wird zwischen herkömmlichen Widdern und Kompaktwiddern unterschieden, wobei letztgenannte durch ihre Bauart einen wesentlich höheren Betriebsdruck aushalten und somit grössere Förderhöhen leisten können.

Hydraulische Widdern werden oft zur Wasserversorgung in der Landwirtschaft, aber auch von Berghütten und Ferienhäusern eingesetzt. Die Technik ist sehr wartungsarm und kann eine hohe Lebensdauer erreichen.

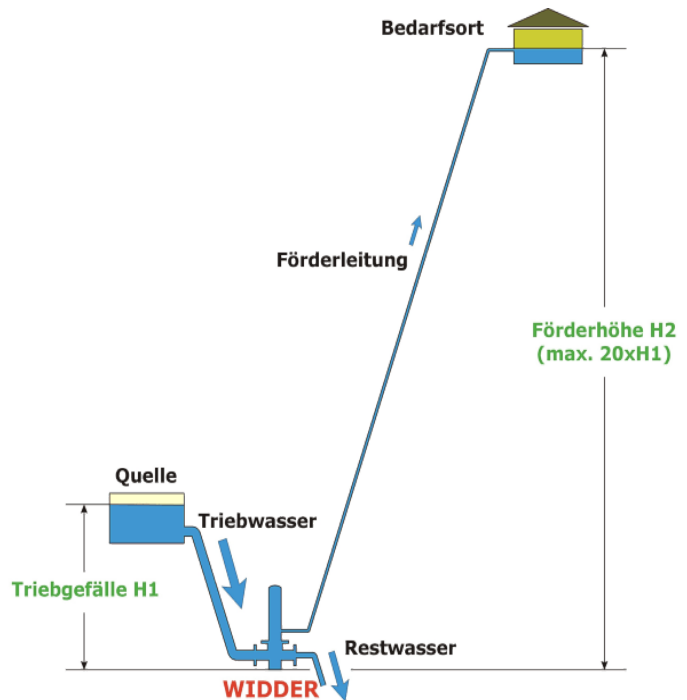


Abbildung 2: Funktionsprinzip des Hydraulischen Widders (Quelle: www.wasserpumpe-widder.ch)

Im vorliegenden Projekt wurden folgende Massnahmen durchgeführt:

- Einbau des hydraulischen Widders mit einer Förderleistung von 10l/min. und einer Förderhöhe von ca. 520 m, wofür der Anlage 40-100 l/min zur Verfügung stehen.
- Einbau verschiedener Wassertanks (12.5 m³, 1m³) und Versorgungsleitungen mit einer Gesamtlänge von 8000 m.

Voraussetzungen Baugrund

Das Widderaggregat stellt keine spezifischen Anforderungen an den Baugrund. Für das Leitungsnetz ist Festgestein oder ein hoher Skelettanteil im Boden nicht ideal, da es das Verlegen der Leitungen erschwert. Moderne Kunststoff-Trinkwasserleitungen sind ansonsten sehr anspruchslos und können auch mit kleineren Scherkräften im Boden umgehen.

Gesetze / Normen

- Gewässerschutzgesetz vom 24. Januar 1991 (GSchG)
- Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV)
- SIA Norm 118: Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten
- SIA Norm 205: Verlegung von unterirdischen Leitungen – Räumliche Koordination und technische Grundlagen

Projektierung

Normalien / Plan

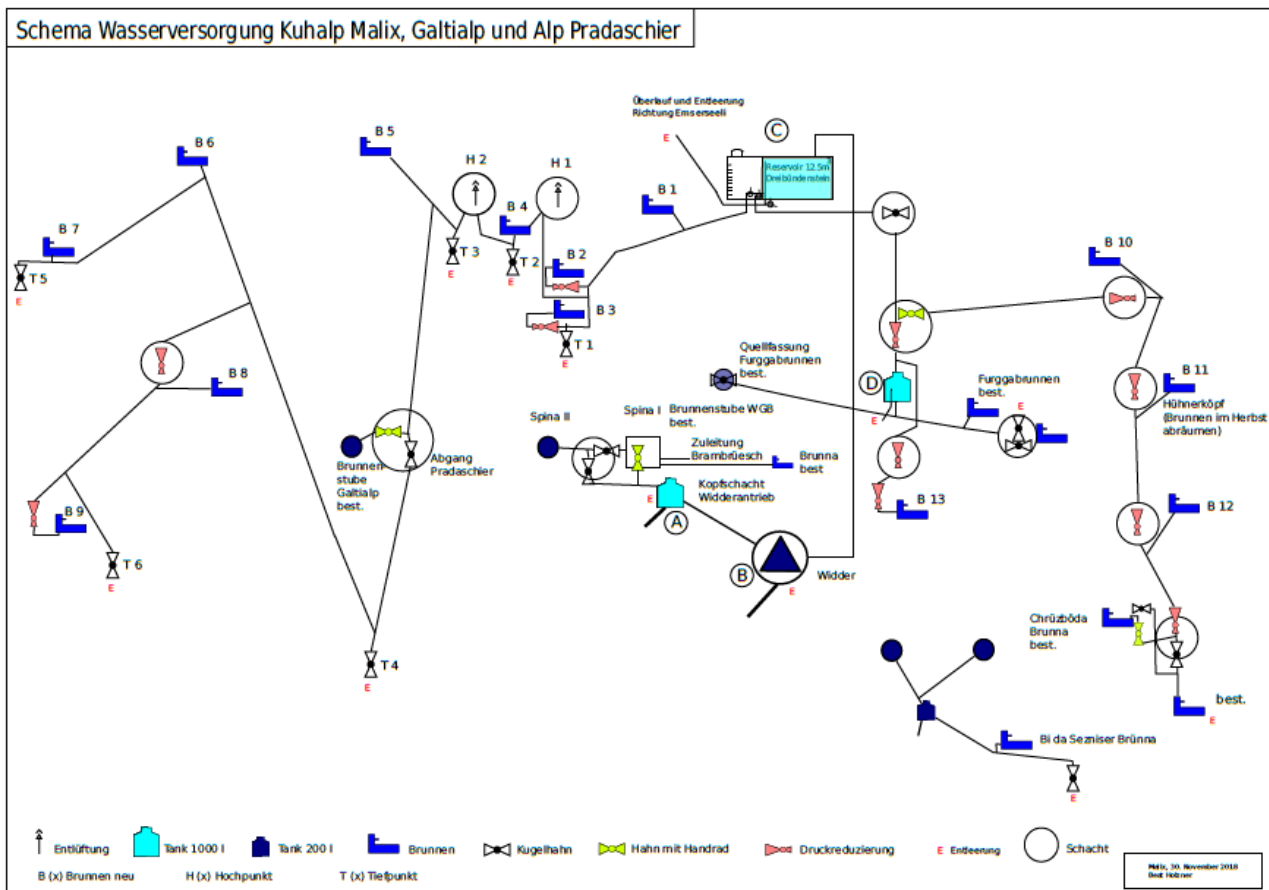


Abbildung 3: Übersichtsschema der neuen Wasserversorgung mit dem hydraulischen Widder als Herzstück.

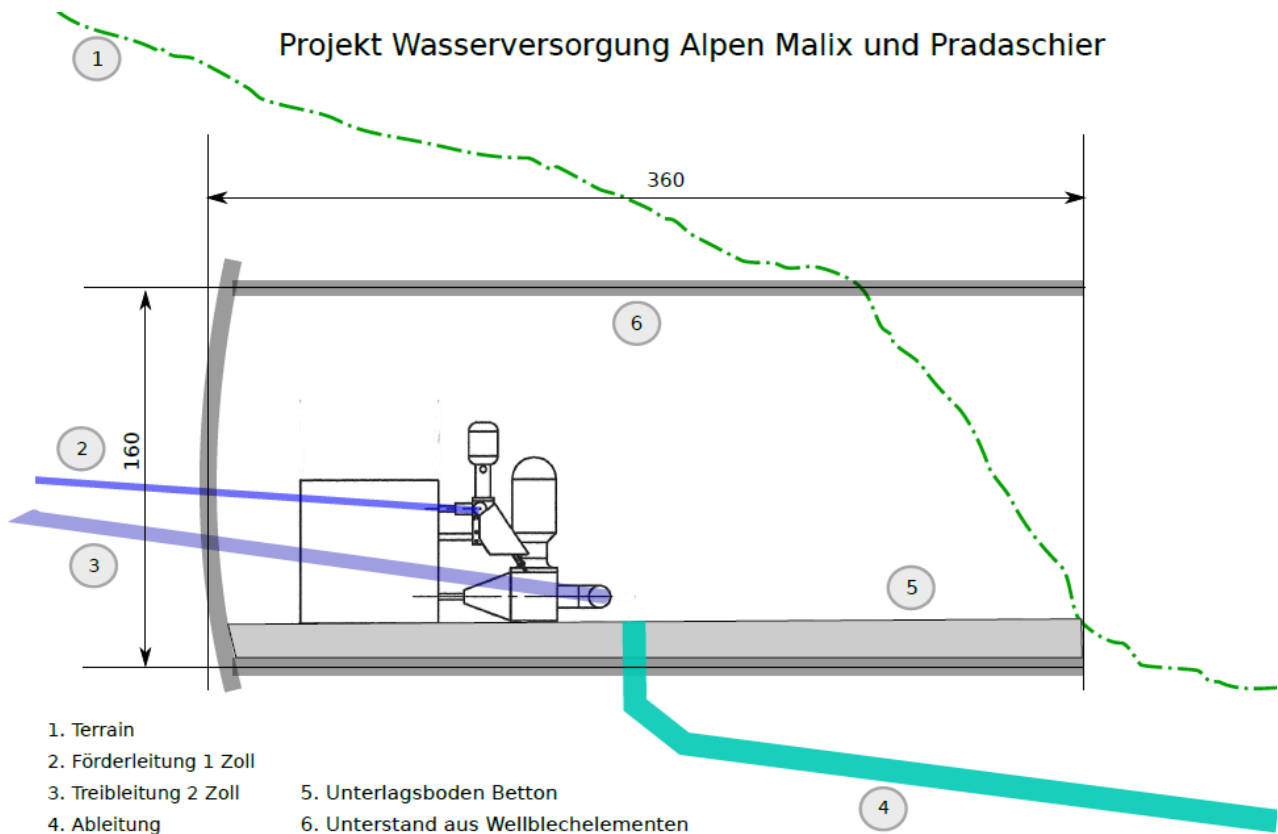


Abbildung 4: Längsschnitt des Widderunterstands

Tragwerksanalyse

Folgende Anforderungen wurden an das neue Wasserversorgungssystem gestellt:

- Förderleistung: mindestens 5 l pro Minute (7200 Liter täglich, auch in den Sommermonaten Juni - September), wobei die genaue Herleitung dieser Zahl in den Unterlagen nicht ersichtlich ist.
- Förderhöhe: ca. 520 m

Als mögliche Systeme waren sowohl rein mechanische Lösungen als auch konventionelle Pumpsysteme mit externer Energieversorgung (Strom, fossile Brennstoffe etc.) denkbar. Aufgrund des zur Verfügung stehenden Überwassers aus den Quellen Spina 1 und 2 konnte eine rein mechanische Lösung mittels hydraulischem Widder gefunden und auf Systeme mit externer Energieversorgung verzichtet werden.

Das System des hydraulischen Widders ist in sich typengeprüft.

Einwirkungen:

- Druckkräfte des Wassers
- Vibrationen (Betrieb des Schlagventils)
- Scherkräfte im Boden (Wasserleitungen)
- Witterung

Auswirkungen:

- Materialermüdung
- Korrosion
- Undichtheit

Bemessung

Geforderter Tränkewasserbedarf pro Tag:

- Galtialp Malix: 4500 Liter
- Kuhalp Malix: 3200 Liter
- Alp Pradaschier: 6000 Liter

Total: 13'700 Liter



Ausgangslage:

- h = Gefälle (vertikale Höhendifferenz in Metern): ca. 100 m
- H = Förderhöhe (vertikale Höhendifferenz in Metern): ca. 520 m
- Q = Quellwassermenge (Liter pro Minute): ca. 40-100 l/min
- R = Förderfaktor:

Höhen- verhältnis	Förderfaktor (Förder- menge/Zulaufmenge)
(h/H)	R
1/2	0,60
1/3	0,55
1/4	0,50
1/5	0,45
1/6	0,40
1/7	0,35
1/8	0,30

Abbildung 5: Förderfaktoren in Abhängigkeit m Verhältnis zwischen vertikaler Höhendifferenz der Treibleitung und Förderhöhe (Quelle: CERPCH 2002)

Die Fördermenge q kann mit folgender Formel abgeschätzt werden:

$$q = Q * \left(\frac{h}{H}\right) * R$$

$$q = ca. 100 \frac{l}{min} * \left(\frac{100 m}{520 m}\right) * 0.45 = 8.7 \frac{l}{min} = 12'528 \frac{l}{Tag}$$

Bei Standardanlagen sind die Leistungsdaten gegeben. Kompaktwider werden eigens für die projektspezifischen Nutzungsanforderungen konstruiert und optimiert. Zur Bemessung von hydraulischen Widdern gibt es verschiedene Online-Tools (z.B. http://www.schlumpf.ch/hp/hw/hw_dt.htm).

Die geplante Fördermenge der Widderpumpe liegt im vorliegenden Projekt bei 10.8 l/min. Tatsächlich wurde bei ersten Tests nach der Inbetriebnahme festgestellt, dass die installierte Anlage nur eine Fördermenge von 7 l/min leistet. Daher wird nachträglich ein zweiter, kleinerer Widder installiert, damit die angestrebte Fördermenge aus der Planung erreicht werden kann.

Ø Kosten pro Einheit

Gemäss Offerte:

Material und Arbeit	245'500 CHF
Widderpumpe	37'000 CHF
Unvorhergesehenes, Gebühren, Bewilligungen	17'500 CHF
Projektkosten und Bauleitung	10'000 CHF
Total Kosten inkl. Mehrwertsteuer	310'000 CHF
Total Kosten pro Liter, Nutzungsdauer 50 Jahre	0.005 CHF / l

Tun und Vermeiden

- Die Fördermenge der Widderanlage sollte überprüft werden. In diesem Projekt wird die geplante und offerierte Fördermenge von rund 10.8 l/min mit 7l/min deutlich



unterschritten. Der Mangel wird nachträglich mit einer zweiten kleineren Widderpumpe behoben.

- Die grossen Leitungsdistanzen im Netz haben nachträglich betrachtet nur wenige Unterbrechungsmöglichkeiten. Wiederholte Abstellmöglichkeiten wären praktisch.
- Flache Abschnitte in einem Versorgungsnetz sind zu vermeiden. Eingeschlossene Luft könnte zu Unterbrechungen des Wasserflusses führen. Deshalb sind in einem Leitungsnetz Abschnitte mit fallender und steigender Leitung gut erkennbar, gegeneinander abgegrenzt zu planen.

Materialien

Namen

Treibleitung:

PE Rohre 300 m Ø 63 mm PN 16 bar

Förderleitung:

PE Rohre 620 m Ø 25 mm innen PN 80 bar

PE Rohre 500 m Ø 32 mm PN 25 bar

PE Rohre 300 m Ø 32 mm PN 16 bar

Verteilleitung

PE Rohre 7'500 m Ø 32 mm PN 16 bar

Kopfschacht für Widderantrieb

Kunststoffschacht DN 80, Ausgang DN 110, nach 5 Metern reduziert auf DN 63

Entleerung Sifon DN 110

Quellschacht Inneri Furgga

Kunststoffschacht 1000 Liter Inhalt mit Schwimmer u. Entleerung

Quellschacht Sezniser Brünna

Kunststoffschacht 200 Liter Inhalt

Reservoir Dreibündenstein

Doppelwandiger PE-Tank

Reservoir 12'500 Liter Inhalt

Trockeneinstieg mit 2 Ausgängen

Entleerung mit Sifon DN 110

Druckreduzierungen

11 Stück

Entleerungen

7 Stück

Entlüftungen Hochpunkte

2 Stück

Tränkbrunnen

8 Stück Betonbrunnen mit Schwimmer

5 Stück mobile Kunststoffbrunnen mit Schwimmer

Zusätzlicher Tränkbrunnen mit ca. 700m Zuleitung

Widderanlage

Kompaktwidder für maximale Quellschüttung 100l/min

100 m Höhendifferenz Widderhaus aus vorh. Stahlelementen

Betonboden

Undichte Leitungen ersetzen

PE Rohre Ø 32 mm

NPK Kapitel / Position

Aushubarbeiten 237.200.XXX

Rohre und Formstücke 237.400.XXX

Rohre und Formstücke aus Polyethylen 237.450.XXX

Schächte und Abläufe aus Fertigteilen 237.600.XXX

Widderanlagen bedürfen schon ab der frühen Planungsphase eine Begleitung durch erfahrene Fachleute und können deshalb nicht via NPK befriedigend eingekauft werden.

Mindestanforderungen	Projektanforderungen siehe oben
Verarbeitung Tipp	-
Ø Menge pro Einheit	-

Mittel

Maschinen	Raupenbagger mit Seilwinde (18 t), Anbau-Grabenpflug und Löffel, Anbauverdichter, hydraulischer Abbauhammer, Raupendumper mit Kran für Material- und Maschinentransport, Geländewagen mit Anhänger
Geräte	Handwerkzeuge, GPS

Installation

Die Maschinen, Geräte und das Material wurden mit diversen Transportmitteln (Helikopter, Lastkraftwagen, Auto) zur Baustelle befördert.
Zur Erschliessung der Baustelle war es nötig, den Weg von der Kuhalp Malix in Richtung Hühnerköpfe auszubessern. Tiefe Gräben auf dem Weg wurden aufgeschüttet, für den geregelten Wasserabfluss wurden Querrinnen eingebaut.

Ausführung

Absteckung	Es waren keine speziellen Absteckungsarbeiten notwendig.
Erdarbeiten	Die Erdarbeiten für die Wasserleitungen wurden durch das Verlegeverfahren mittels Bagger und Anbaupflug auf ein Minimum reduziert. Für die Montage des Widders und die Schächte wurde ein Erdfundament ausgehoben.

Arbeitsschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Anlegen der Widderpumpe und mit Schutzdach versehen • Einlegen der Leitungen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Leitungen vorlegen 2. Wenn notwendig Graben mittels hydraulischem Bagger vorbereiten. 3. Schlitz in den Boden reissen mit Hilfe eines am Bagger befestigten Grabenpflugs und im gleichen Schritt die Rohre einziehen 4. Graben mit Bagger schliessen und Boden mittels Anbauverdichter verdichten. • Zusätzlicher Tränkbrunnen parallel zur Förderleitung anlegen. • Sanierung der best. Quellsfassung und Zuleitung bei den Sezniser Brünnen. • Alte, undichte Leitung zwischen Fassung und Brunnen bei der Inneren Furgga nachgraben und ersetzen. • Leitungsverlängerung bis zu den Brünnen Chrüzböden mit Armaturen. • Überprüfung der Wasserleitungen.
-----------------	--

Tun und Vermeiden
An Brunnenplätzen ging man von den üblichen PE-Transportleitungen direkt über auf starre Metallrohre der Schwimmer. Nachträgliche Setzungen der Brunnenplätze und Brunnen führten zu Spannungen und schliesslich dem Versagen der Schwimmerfunktion. Eine flexible Leitungsanordnung oder Übergangsstücke aus flexiblen Leitungsmaterialien sind daher wichtig.

Nach einer Entleerung eines Leitungsstranges und erneuter Inbetriebnahme muss an Scheitelpunkten Luft entweichen können (Brunnen oder Entlüftungshahn). Bei schwimmerregulierten Brunnen ist ein offenes Ventil dazu nötig (leeren des Brunnens).

Abschlussarbeiten
Das System muss jeden Frühling neu befüllt und jeweils im Herbst entleert werden.

Sicherheit
Besonders zu beachtende Sicherheitsaspekte:

immer	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 9 lebenswichtige Regeln für den Verkehrsweg- und Tiefbau (SUVA Publikation 88820) ▪ Notfallplanung (SUVA Publikation 67061) ▪ Arbeitsvorbereitung (AVOR) (SUVA Publikation 67124) 	
<input checked="" type="checkbox"/>	Naturgefahren, Gebirge (SUVA Publikation 33019, 67154)	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Maschineneinsatz (SUVA Publikation 67041, 67039, 67161, 1574)	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>
		<input checked="" type="checkbox"/>

Absturz am Arbeitsplatz inkl. Zugang
(SUVA Publikation 33016, 44002)

Graben und Baugruben (SUVA Publikation 67148)



- | | | | |
|-------------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Strom auf der Baustelle (SUVA Publikation 67081, 67092) | <input checked="" type="checkbox"/> | Zusammenarbeit mit Fremdfirmen (SUVA Publikation 66092/1) |
| <input type="checkbox"/> | Verkehr und Infrastruktur (SN 640886) | <input type="checkbox"/> | Waldarbeiten (SUVA Publikation 84034) |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 9 lebenswichtige Regeln für das Helikopter-Bodenpersonal (SUVA Publikation 88819) | <input type="checkbox"/> | Arbeiten am, im oder über Wasser (SUVA Publikation 67153) |

Werterhalt

betriebllich

Zum betrieblichen Unterhalt gehört das Entleeren der Anlage im Herbst (Schutz vor Frostschäden) sowie die jährliche Kontrolle der Widder-Ventile und des Drucks im Kessel. Das Austauschen von Verschleisssteilen (z.B. Dichtringe) ist ebenfalls Teil des betrieblichen Unterhalts.

baulich

Der Widder arbeitet bei regelmässig durchgeführtem betrieblichem Unterhalt jahrzehntelang ohne die Notwendigkeit eines baulichen Unterhalts (manche Widder laufen seit über 100 Jahren ohne Störung). Auch bei den PE-Leitungen wird von einer sehr langen Lebensdauer ausgegangen (bis zu 100 Jahre). Bauliche Unterhaltmassnahmen sind daher nicht vorgesehen, eher eine Erneuerung am Ender der Lebensdauer.

Rückbau

Bei einem allfälligen Rückbau müssen die PE-Rohre aus dem Boden geholt und entsorgt werden. Falls das Material noch nicht zu stark versprödet ist, können die Rohre eventuell etappenweise aus dem Boden gezogen werden. Ansonsten müssen die Rohre auf der ganzen Länge freigelegt werden. Die Schächte müssen ebenfalls ausgegraben und entsorgt werden.

PE-Rohre und Kunststoffabfälle im Allgemeinen dürfen in der Schweiz nicht deponiert werden. Folgende Entsorgungswege sind möglich:

- Werkstoffliche Verwertung
- Als Ersatzbrennstoff im Zementwerk (keine PVC-haltigen Bauabfälle)
- Verbrennung in der KVA unter Energierückgewinnung (energetische Verwertung)

Betonelemente wie die Brunnenröge und Teile des Widders werden via Recyclingverfahren für Beton entsorgt (Zerkleinerung, Trennung von Fremdmaterial (z.B. Stahlelemente)). RC-Betongranulat kann beispielsweise im Strassenbau wiederverwendet werden.

Haftungsausschluss:

Die vorliegende Dokumentation ist ein Erfahrungsbericht eines konkret realisierten Bauobjektes. Sie soll Planern und Ausführenden Lösungsmöglichkeiten aufzeigen, zum Nachdenken über die eigenen Vorgehensweisen anregen und Anhaltspunkte zur ähnlichen Realisierung geben. Obwohl alle Sorgfalt bei der Erarbeitung der Dokumentation verwendet wurde, können Fehler enthalten sein und kann für die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Daten weder eine explizite noch implizite Zusicherung und Gewährleistung abgegeben werden. Für die inhaltliche Richtigkeit, Vollständigkeit und Auswahl lehnt die Fachstelle für forstliche Bautechnik jede Haftung ab. Bei Verwendung von Informationen zu eigenen Zwecken sind die übergeordneten Normen einzuhalten und sind die Angaben situativ an die eigenen Gegebenheiten anzupassen.

Die Nutzung der Daten erfolgt somit auf eigene Gefahr. Insbesondere ist die Fachstelle für forstliche Bautechnik nicht verantwortlich, wenn der Nutzer im Vertrauen auf die Fehlerfreiheit und Vollständigkeit der Inhalte Handlungen vornimmt oder unterlässt und ihm im Folgenden daraus ein Schaden erwächst.



Bilder (Quelle: Beat Holzner)



Abbildung 6: Verlegen der Wasserleitung mit dem Anbau-Grabenflug am Bagger.



Abbildung 7: Nur ein kleiner Schlitz nach dem Verlegen der Leitung ist sichtbar.



Abbildung 8: Aufgeschnittenes Anschauungsmodell des hydraulischen Widders. Gut sichtbar sind die Druckkammer und das Schlagventil.



Abbildung 9: Montage / Positionierung des Widders in den eigens angefertigten Unterstand



Abbildung 10: Verdichten des geschlossenen Leitungsschlitz mittels Anbauverdichter



Abbildung 11: Strom für die elektrischen Geräte auf der Baustelle wird direkt von der Batterie des Baggers mittels Wechselrichter gewonnen.



Abbildung 12: Fertig gebauter Unterstand für den Widder mit der vorbereiteten Druck- bzw. Steigleitung.



Abbildung 13: Anlieferung des hydraulischen Widders mittels PKW-Anhänger.



Abbildung 14: Betonierte, bereits vorhandene Brunnenstube, wo das Wasser für die Treibleitung gewonnen wurde.



Abbildung 15: Raupendumper im extremen Gelände im Einsatz



Abbildung 16: Verlegen der Wasserleitung mittels des Anbau-Grabenpflugs. Gut sichtbar ist die auf dem Bagger montierte Hilfswinde.



Abbildung 17: Fertig installierter Brunnenrog mit Schwimmer vor der ersten Inbetriebnahme.