

Projekt zur Verbesserung des Reproduktionserfolges der Bachforelle (*Salmo trutta*) im Nationalpark Thayatal

Bericht:

Monitoring der künstlich geschaffenen Laichplätze



Auftraggeber:

Nationalpark Thayatal GmbH

Auftragnehmer:

Ingenieurbüro für Landschaftsplanung & Landschaftspflege DI Georg Holzer

Schwerpunkt: Gewässer- und Fischökologie



Wien, Januar 2012



Kontakt Daten Verfasser:

Ingenieurbüro für Landschaftsplanung und Landschaftspflege DI Georg Holzer

Schwerpunkt: Gewässer- und Fischökologie

Büro: Schönbrunner Alle 30/5, 1120 Wien

Privat: Fendigasse 26/27, 1050 Wien

Tel. Nr.: 0676/6048234

e-mail: holzer.georg@chello.at

Freilanderhebungen:

Mag. Michael Gallowitsch & DI Georg Holzer

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	4
2	Methodik.....	4
2.1	Anlegen der künstlichen Laichplätze.....	4
2.2	Vermessung der Laichplätze.....	6
2.3	Messen der Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen am Laichplatz.....	6
2.4	Sauerstoffmessungen.....	6
2.5	Bestimmung der Feinsedimentablagerungen am Laichplatz	7
3	Hydrologie.....	9
4	Ergebnisse.....	12
4.1	Vermessung der Laichplätze.....	12
4.1.1	Geschütteter Laichplatz.....	12
4.1.2	Aufgebrochener Laichplatz.....	12
4.2	Messung der Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten am Laichplatz.....	13
4.2.1	Geschütteter Laichplatz.....	13
4.2.2	Aufgebrochener Laichplatz.....	17
4.3	Sauerstoffmessungen im Interstitial der Laichplätze.....	20
4.3.1	Geschütteter Laichplatz.....	20
4.3.2	Aufgebrochener Laichplatz.....	20
4.4	Bestimmung der Feinsedimentablagerungen am Laichplatz	21
4.4.1	Geschütteter Laichplatz.....	21
4.4.2	Aufgebrochener Laichplatz.....	27
5	Diskussion.....	33
5.1	Wassertiefen am Laichplatz	33
5.2	Fließgeschwindigkeiten am Laichplatz.....	34
5.3	Substrat am Laichplatz.....	36
5.4	Sauerstoff	36
5.5	Feinsedimente am Laichplatz.....	38
6	Beobachtung der künstlich angelegten Laichplätzen.....	41
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	42
7.1	Zusammenfassung.....	42
7.2	Ausblick.....	43
8	Literatur.....	44

1 EINLEITUNG

Ein weiteres Arbeitspaket des Projektes „Verbesserung der Fischreproduktion der Bachforelle im Nationalpark Thayatal“ behandelt das Thema „Monitoring der beiden künstlich geschaffenen Laichplätze“. Es sind zwar Projekte von Laichplatzschüttungen bekannt (Pulg et. al 2011, Barlaup et. al 2008, Pederson et. Al 2009) jedoch über Laichplatzschüttungen in stark von Schwall beeinflussten Flüssen existieren keine Daten. Daher kann dieses Projekt als Pilotprojekt angesehen werden.

Hierzu wurde auf den beiden künstlich geschaffenen Laichplätzen die Funktionsfähigkeit mit Brutboxen überprüft. Für diese Untersuchung wurde erstmals das Eimaterial des aufzubauenden Mutterfischstammes aus Kl. Kamp Fischen verwendet. Die Ergebnisse dieser Untersuchung wurden schon in einem separaten Bericht vorgelegt (Holzer 2011).

Weitere Arbeitsschritte waren der Einbau von Feinsedimentboxen zur Überprüfung der Feinsedimentablagerungen in den Laichplätzen mit anschließender Erstellung von Siebkurven, sowie Sauerstoffmessungen im Interstitial der Laichplätze an unterschiedlichen Terminen und die Vermessung der Laichplätze. Neben Breiten- und Längenmessungen wurde auch die Lage des Laichplatzes im Gewässer erhoben und Tiefen- sowie Fließgeschwindigkeitsmessungen am gesamten Laichplatz durchgeführt. Diese Daten werden mit Bachforellenlaichplatzdaten aus der Literatur verglichen und somit die Funktionsfähigkeit der künstlichen Laichplätze bestimmt. Ebenso wurden an mehreren Terminen die Laichplätze aufgesucht um nach geschlagenen Laichgruben Ausschau zu halten.

2 METHODIK

2.1 ANLEGEN DER KÜNSTLICHEN LAICHPLÄTZE

Das Anlegen der beiden künstlichen Laichplätze erfolgte am 15. und 16. Oktober 2010. Die Lage im Untersuchungsgebiet sowie die bautechnische Ausführung wurde schon im Bericht „Darstellung von Methoden zur künstlichen Gestaltung von Laichplätzen“ abgehandelt (Holzer 2010). Daher erfolgt hier anschließend nur eine kurze Darstellung der bautechnischen Umsetzung der Laichplätze.

Künstlicher Laichplatz 1 (Aufgebrochener Laichplatz):

An dieser Stelle wurde die stark kolmatierte Gewässersohle mit einem Bagger aufgebrochen. Anschließend wurden mit der Hand die größeren Gesteinsbrocken aus dem Laichplatz entfernt.



Abb. 1-3: Schaffung des künstlichen Laichplatzes 1



Abb. 4: Fertiggestellter künstlicher Laichplatz 1

Künstlicher Laichplatz 2 (geschütteter Laichplatz):

An dieser Stelle wurde eine Flussschotterdecke mit einer Mächtigkeit von ca. 20 cm eingebracht. Verwendet wurde ein Flussschottergemisch der Körnungen 16/32 und 32/64 im Verhältnis 1:1.



Abb. 5-7: Baumaßnahmen am künstlichen Laichplatz 2



Abb. 8: Fertiggestellter künstlicher Laichplatz 2

2.2 VERMESSUNG DER LAICHPLÄTZE

Die erste Vermessung der Laichplätze erfolgte am 13.12.2010. Hier wurden mit einem Rollmeter die Längen und Breiten der beiden Laichplätze erhoben, ebenso wurden die Entfernungen vom linken bzw. rechten Flussufer vermessen. Zusätzlich wurden am Ufer am oberen und unteren Laichplatzende Eisenstangen in den Boden geschlagen und Sperrmaße aufgenommen.

Weitere Kontrollmessungen der Laichplätze erfolgten am 17.03.2011 und 08.10.2011. Leider wurden in der Zwischenzeit wegen Mäharbeiten die Eisenstangen am Ufer entfernt. Daher kann die Verlagerung des geschütteten Laichplatzes flussab nur anhand von Fotos rekonstruiert werden und daher handelt es sich hier um Schätzwerte.

2.3 MESSEN DER FLIEßGESCHWINDIGKEITEN UND WASSERTIEFEN AM LAICHPLATZ

Die Messung der Wassertiefen erfolgte am 13.12.2010 mit einer Messlatte. Hierfür wurden an beiden Laichplätzen im regelmäßigen Abstand, Transekte in den Fluss gelegt und entlang dieser Geraden Punktmessungen durchgeführt.

Die Aufnahme der Fließgeschwindigkeit erfolgte mit einem induktiven Strömungsmessgerät (Flomate®). Die Messungen erfolgten an denselben Stellen, an denen auch die Wassertiefen erhoben wurden. Die Messung der Fließgeschwindigkeit erfolgte knapp über der Gewässersohle, in 40% der Wassertiefe und knapp unter der Wasseroberfläche. Diese Dreipunktmessung ermöglicht auch eine Angabe der mittleren Fließgeschwindigkeit (cm/s) an den Messstellen.

Die Berechnung der mittleren Fließgeschwindigkeit erfolgt nach folgender Formel:

$$V_{\text{mittel}} = 0,31 \times (v_{40\%} + 0,634 \times v_{\text{Oberfläche}}) \quad (\text{Zanke 2001})$$

Das Messen der Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten erfolgte bei Abflüssen zwischen 3,83 m³/s und 4,12 m³/s (kein Schwall). Bei Schwallbetrieb wurden keine Messungen durchgeführt, da bei diesen Wassermengen die Laichplätze aus Sicherheitsgründen nicht betreten werden konnten.

2.4 SAUERSTOFFMESSUNGEN

Die Sauerstoffmessungen fanden am 13.12.2010, 17.03.2011 und 08.10.2011 statt. Verwendet wurde das Sauerstoffmessgerät DO-5509. An diesen drei Terminen wurde jeweils der Sauerstoffgehalt in der frei fließenden Welle erhoben, sowie Interstitialmessungen in 10cm bzw. 20cm Tiefe an mehreren Stellen der Laichplätze durchgeführt. Hierfür wurde ein hohles Metallrohr, mit kleinen Öffnungen am unteren Ende des Rohres in den Boden auf die gewünschte Tiefe geschlagen. Anschließend wurde einige Minuten gewartet, bis sich das Metallrohr mit Interstitialwasser füllt. Sobald dies geschehen war, wurde die Sauerstoff-Messsonde in das Rohr eingeführt und der Sauerstoffgehalt des Interstitialwassers gemessen.

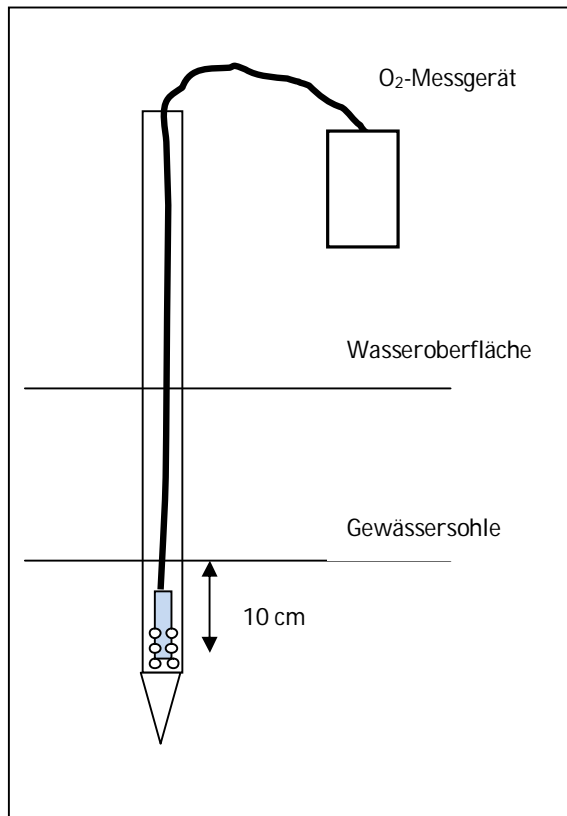


Abb. 9: Schematische Darstellung der O₂-Messung Abb. 10: O₂-Messung am Laichplatz

2.5 BESTIMMUNG DER FEINSEDIMENTABLAGERUNGEN AM LAICHPLATZ

Die Feinsedimentanreicherung in den Laichplätzen wurde mit Sedimentboxen überprüft. Hierzu wurden am 13.12.2010 auf beiden künstlichen Laichplätzen jeweils vier Sedimentboxen vergraben. Jeweils zwei dieser Boxen wurden am 17.03.2011 entnommen, die verbliebenen Boxen wurden erst am 29.08.2011 entfernt. Daher geben die im März heraus genommenen Boxen einen Einblick über die Feinsedimentablagerungen während der Eiinkubationszeit und die im Oktober entfernten Boxen zeigen die Ablagerungen nach ca. 10 Monaten.

Zwei der vier Sedimentboxen wurden stehend vergraben (vgl. Abb. 13) um den Feinsedimenteintrag von oben zu bestimmen und die anderen zwei Boxen liegend (vgl. Abb. 13), um den seitlichen Feinsedimenteintrag zu bestimmen. Aufgefüllt würden die Sedimentboxen mit dem angelieferten Flussschotter mit einer Körnung von 16 bis 32 mm. Alle feineren Fraktionen wurden daher während der Expositionszeit eingeschwemmt.

Nach der Entnahme der Sedimentboxen, wurde der Sedimentinhalt getrocknet und eine Feinsiebanalyse durchgeführt.



Abb. 11: Sedimentboxen (seitlicher Eintrag)



Abb. 12: Sedimentboxen (Eintrag von Oben)

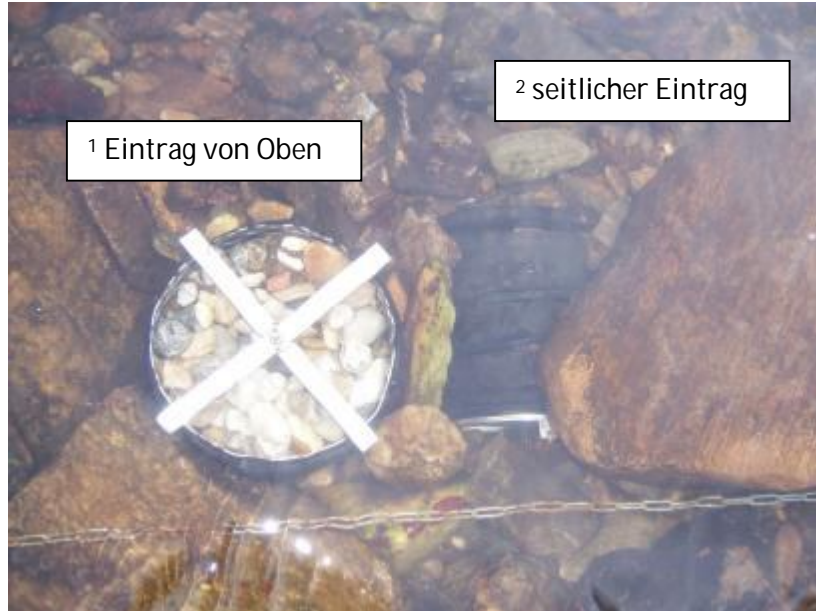


Abb. 13: Einbau der Sedimentboxen in den Laichplatz (1 Eintrag von Oben, 2 seitlicher Eintrag)

3 HYDROLOGIE

In den Abb. 14 bis Abb. 25 sind die monatlichen Abflussdaten des Pegel Hardegg vom Oktober 2010 bis September 2011 dargestellt. Es handelt sich hierbei um Stundenwerte in m³/s.

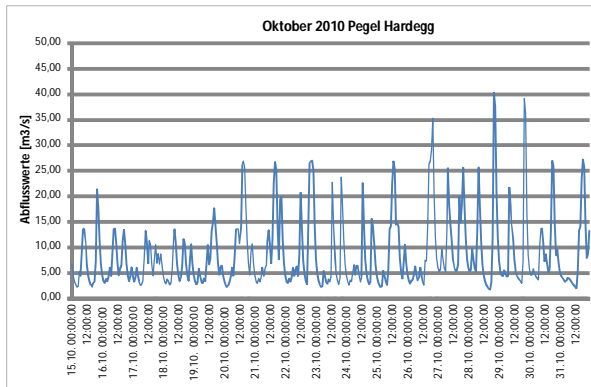


Abb. 14: Abflusswerte Oktober 2010

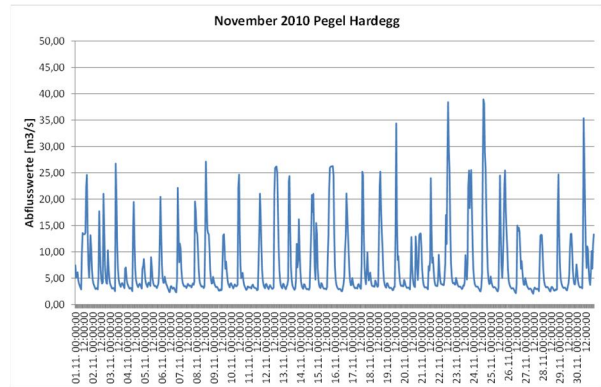


Abb. 15: Abflusswerte November 2010

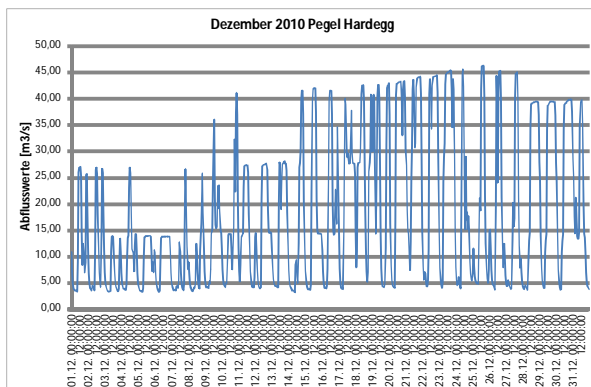


Abb. 16: Abflusswerte Dezember 2010

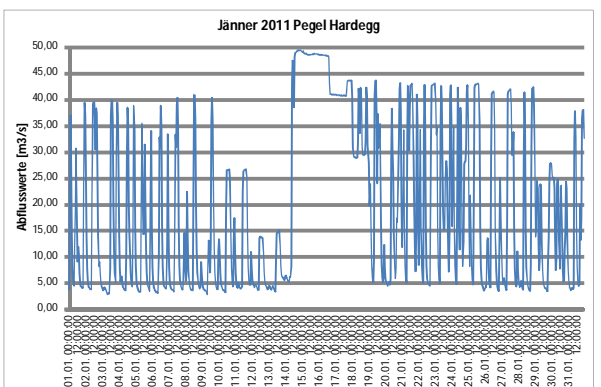


Abb. 17: Abflusswerte Januar 2011

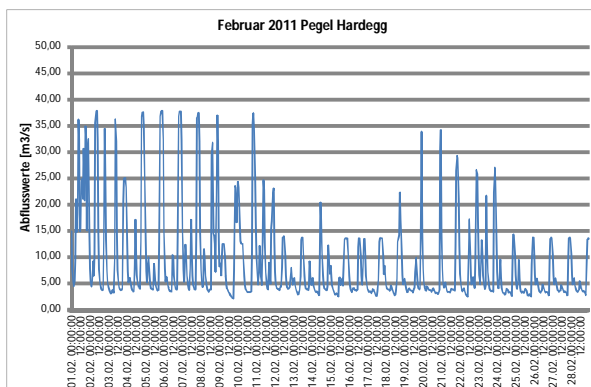


Abb. 18: Abflusswerte Februar 2011

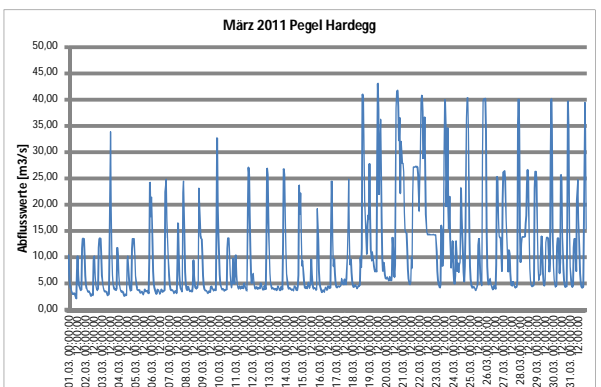


Abb. 19: Abflusswerte März 2011

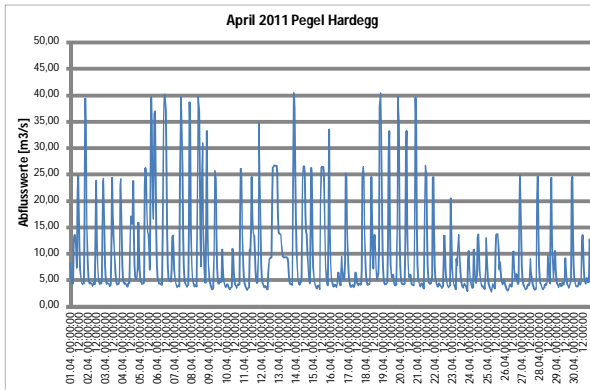


Abb. 20: Abflusswerte April 2011

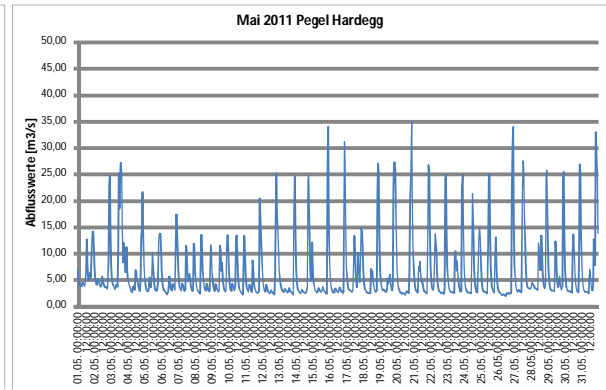


Abb. 21: Abflusswerte Mai 2011

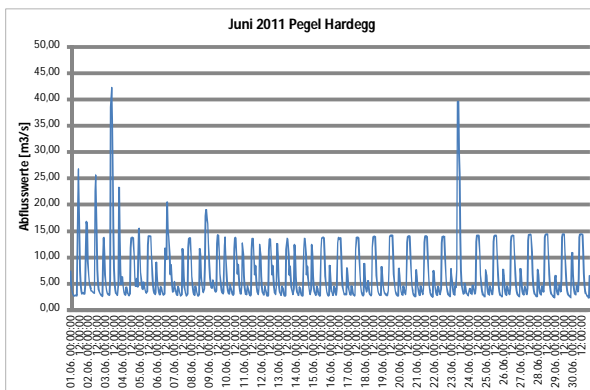


Abb. 22: Abflusswerte Juni 2011

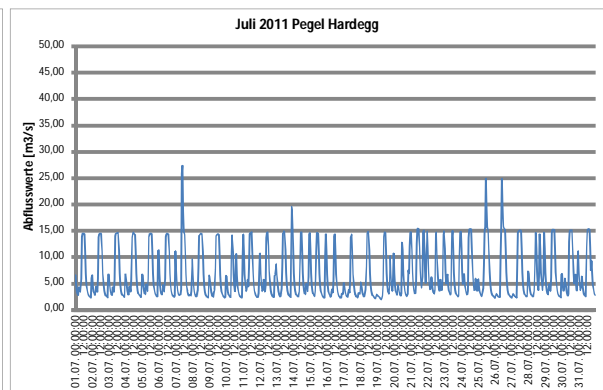


Abb. 23: Abflusswerte Juli 2011

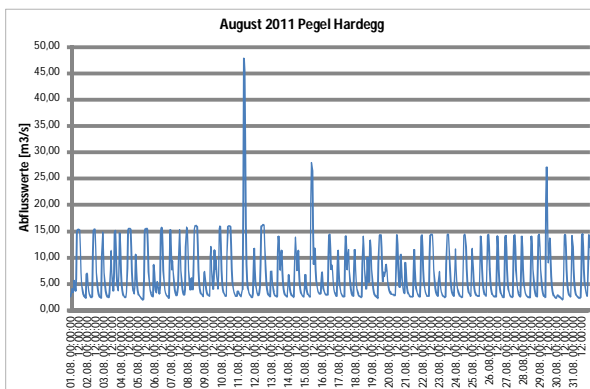


Abb. 24: Abflusswerte August 2011

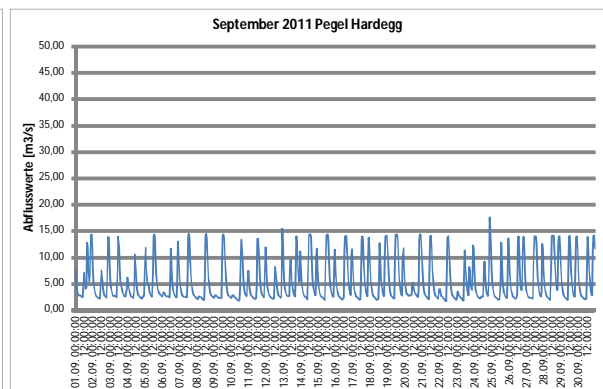


Abb. 25: Abflusswerte September 2011

In der Tabelle 1 sind die Abflussdaten des Untersuchungszeitraumes Oktober 2010 bis September 2011 zusammengefasst. Der niedrigste Abflusswert wurde im Oktober 2010 mit $1,38\text{ m}^3/\text{s}$ gemessen, der höchste Werte hingegen wurde im Januar 2011 festgestellt und liegt bei $49,25\text{ m}^3/\text{s}$. Im Untersuchungszeitraum von 11,5 Monaten wurden 327 Schwallereignisse zwischen 10 und $20\text{ m}^3/\text{s}$, 142 Ereignisse zwischen 20 und $30\text{ m}^3/\text{s}$, 87 Ereignisse zwischen 30

und 40 m³/s und 57 Ereignisse zwischen 40 und 50 m³/s aufgezeichnet. Das ergibt 613 Schwallereignisse >10 m³/s in 11,5 Monaten.

Ebenfalls ist zu sehen, dass im gesamten Untersuchungszeitraum kein Hochwasser an der Thaya stattgefunden hat. Eine Unregelmäßigkeit fand jedoch im Januar 2011 statt (vgl. Abb.17). Hier wurde über einen Zeitraum von 4,5 Tagen ein konstanter Abfluss zwischen 40 und 50 m³/s abgelassen. Ob hier alle Turbinen über dieses Zeitraum eingeschaltet waren oder ob es sich hier um eine Spülung handelte, kann ohne Auskunft vom Kraftwerksbetreiber nicht gesagt werden.

Tab. 1: Abflussdaten Pegel Hardegg vom Oktober 2010 bis September 2011

Abflussdaten Pegel Hardegg	Oktober 2010	November 2010	Dezember 2010	Januar 2011	Februar 2011	März 2011
Zeitraum	15.10.-31.10.	01.11.-30.11.	01.12.-31.12.	01.01.-31.01.	01.02.-28.01.	01.03.-31.03.
max. Wert	40,02 m ³ /s	38,95 m ³ /s	46,03 m ³ /s	49,25 m ³ /s	37,68 m ³ /s	42,82 m ³ /s
min. Wert	1,38 m ³ /s	2,06 m ³ /s	2,88 m ³ /s	2,55 m ³ /s	1,86 m ³ /s	1,88 m ³ /s
Schwallereignisse zw. 10 u. 20 m ³ /s	17 Ereignisse	16 Ereignisse	14 Ereignisse	10 Ereignisse	21 Ereignisse	18 Ereignisse
Schwallereignisse zw. 20 u. 30 m ³ /s	15 Ereignisse	18 Ereignisse	12 Ereignisse	12 Ereignisse	13 Ereignisse	20 Ereignisse
Schwallereignisse zw. 30 u. 40 m ³ /s	3 Ereignisse	4 Ereignisse	9 Ereignisse	21 Ereignisse	16 Ereignisse	13 Ereignisse
Schwallereignisse zw. 40 u. 50 m ³ /s	0 Ereignisse	0 Ereignisse	22 Ereignisse	26 Ereignisse	0 Ereignisse	5 Ereignisse
Abflussdaten Pegel Hardegg	April 2011	Mai 2011	Juni 2011	Juli 2011	August 2011	September 2011
Zeitraum	01.04.-30.04.	01.05.-31.05.	01.06.-30.06.	01.07.-31.07.	01.08.-30.08.	01.09.-31.09.
max. Wert	40,19 m ³ /s	34,80 m ³ /s	42,00 m ³ /s	27,11 m ³ /s	47,60 m ³ /s	17,34 m ³ /s
min. Wert	2,49 m ³ /s	1,67 m ³ /s	2,05 m ³ /s	1,69 m ³ /s	1,70 m ³ /s	1,41 m ³ /s
Schwallereignisse zw. 10 u. 20 m ³ /s	18 Ereignisse	26 Ereignisse	38 Ereignisse	46 Ereignisse	55 Ereignisse	48 Ereignisse
Schwallereignisse zw. 20 u. 30 m ³ /s	24 Ereignisse	19 Ereignisse	4 Ereignisse	3 Ereignisse	2 Ereignisse	0 Ereignisse
Schwallereignisse zw. 30 u. 40 m ³ /s	15 Ereignisse	5 Ereignisse	1 Ereignisse	0 Ereignisse	0 Ereignisse	0 Ereignisse
Schwallereignisse zw. 40 u. 50 m ³ /s	2 Ereignisse	0 Ereignisse	1 Ereignisse	0 Ereignisse	1 Ereignisse	0 Ereignisse
Gesamt	Okt.10 - Sep.11					
max. Wert	49,25 m ³ /s					
min. Wert	1,38 m ³ /s					
Schwallereignisse zw. 10 u. 20 m ³ /s	327 Ereignisse					
Schwallereignisse zw. 20 u. 30 m ³ /s	142 Ereignisse					
Schwallereignisse zw. 30 u. 40 m ³ /s	87 Ereignisse					
Schwallereignisse zw. 40 u. 50 m ³ /s	57 Ereignisse					

4 ERGEBNISSE

4.1 VERMESSUNG DER LAICHPLÄTZE

4.1.1 GESCHÜTTETER LAICHPLATZ

Der geschüttete Laichplatz wurde am 13.12.2010 vermessen. Die Länge des Laichplatzes beträgt 27 m und besitzt eine Breite von 10m (oberes Ende) bzw. 9m (unteres Ende). Daraus ergibt sich eine Gesamtfläche von ca. 260 m². Der Laichplatz ist vom rechten Ufer ca. 6 m und vom linken Ufer ca. 16 m entfernt. Die Mächtigkeit der Schotterdecke beträgt ca. 20 cm (vgl. Abb. 26).

Am 17.03.2011 wurde eine Verlagerung des Laichplatzes um ca. 3m flussab festgestellt und am 08.10.2011 eine Verlagerung um weitere 2 m. Daher kann gesagt werden, dass die täglichen Schwall und Sunk Ereignisse in 11,5 Monaten zu einer Verlagerung des Laichplatzes von ca. 5m geführt hat. Die Mächtigkeit des Laichplatzes hat sich kaum verändert und war nach ca. 10 Monaten an fast allen Stellen nach wie vor ca. 20 cm dick.

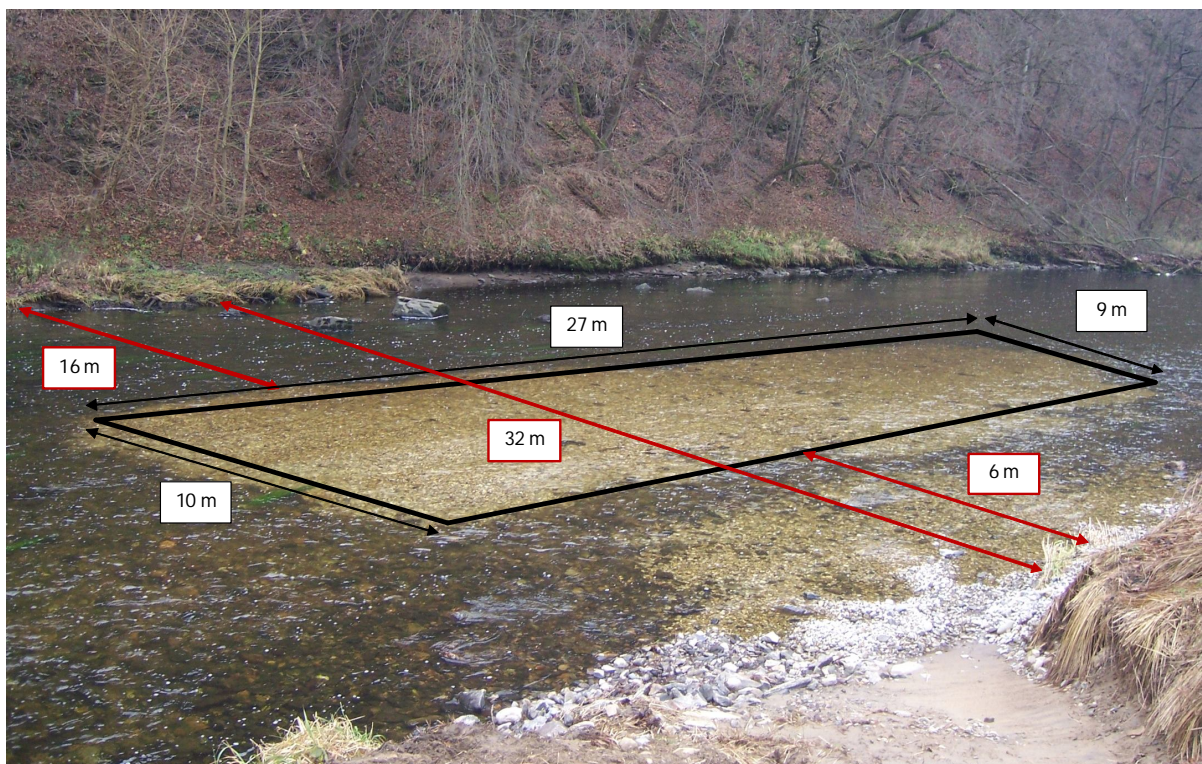


Abb. 26: Vermessung und Lage des geschütteten Laichplatzes

4.1.2 AUFGEBOCHENER LAICHPLATZ

Der aufgebrochene Laichplatz wurde ebenfalls am 13.12.2010 vermessen. Die Länge des Laichplatzes beträgt ca. 40m und die gemessene Breite liegt bei ca. 16m. Das ergibt eine

Gesamtfläche von ca. 640m². Die Entfernung vom rechten Ufer beträgt 1m bzw. 15m vom linken Ufer (vgl. Abb. 27).

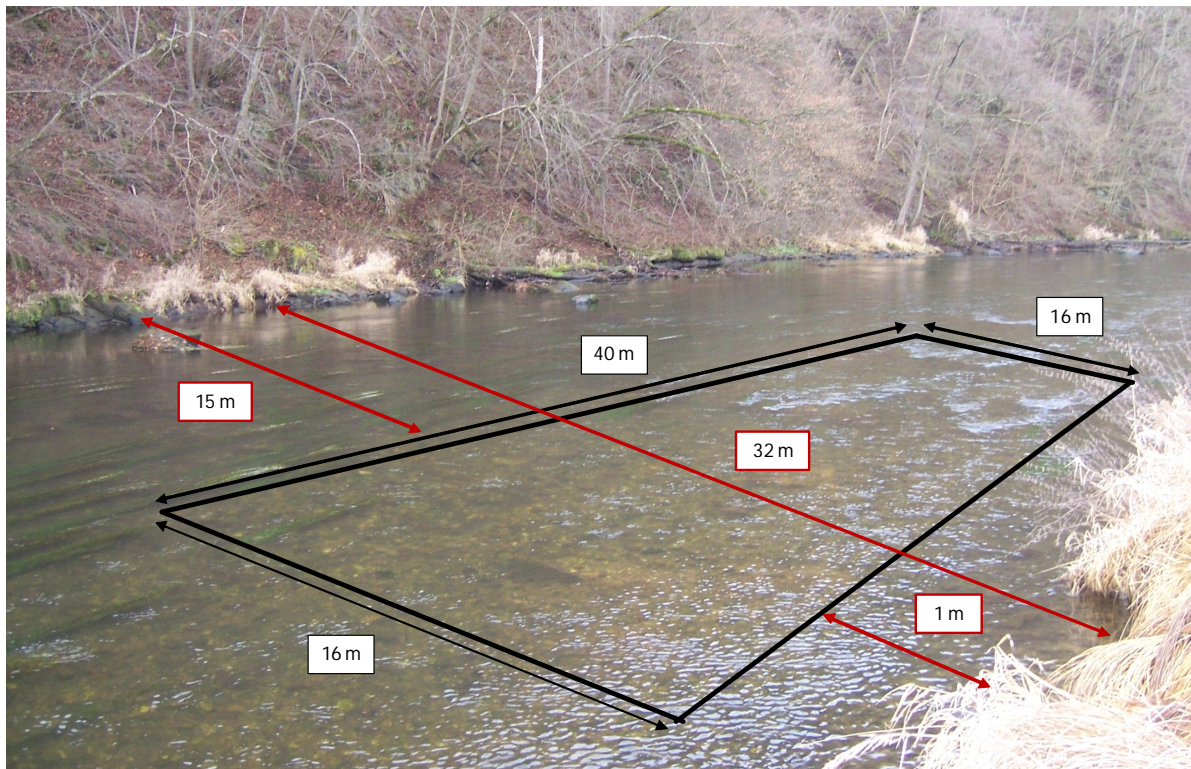


Abb. 27: Vermessung und Lage des aufgebrochenen Laichplatzes

4.2 MESSUNG DER WASSERTIEFEN UND FLIEßGESCHWINDIGKEITEN AM LAICHPLATZ

4.2.1 GESCHÜTTETER LAICHPLATZ

In den geschütteten Laichplatz wurden insgesamt 6 Transsekte gelegt und insgesamt 35 Punktmessungen (Wassertiefe & Fließgeschwindigkeit) durchgeführt (vgl. Abb.28).

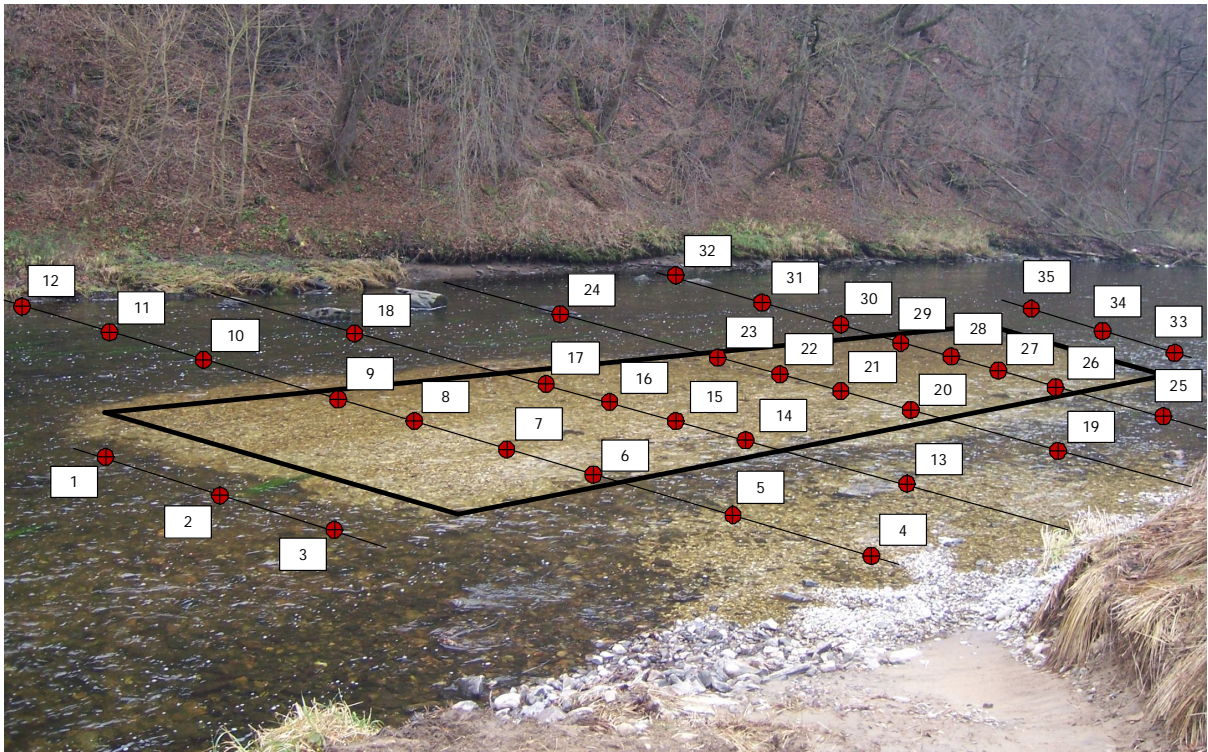


Abb. 28: Vermessungsnetz der Wassertiefen und Fließgeschwindigkeitsmessungen am geschütteten Laichplatz

Die Wassertiefen reichen in den Transekten von 17 bis 66 cm. Die sohnahen Fließgeschwindigkeiten liegen zwischen 1 und 53 cm/s, die Fließgeschwindigkeiten in 40% Wassertiefe liegen zwischen 7 und 93 cm/s und die oberflächennahen Fließgeschwindigkeiten reichen von 9 bis 97 cm/s. Die berechneten mittleren Fließgeschwindigkeiten liegen zwischen 3,9 und 47,9 cm/s (vgl. Tab. 2).

Die gemessenen Wassertiefen auf dem geschütteten Laichplatz liegen hingegen zwischen 17 und 56 cm. Die sohnahen Fließgeschwindigkeiten liegen hier zwischen 1 und 48 cm/s, die Fließgeschwindigkeiten in 40% Wassertiefe reichen von 25 bis 93 cm/s und die oberflächennahen Fließgeschwindigkeiten bewegen sich zwischen 27 und 97 cm/s. Die berechneten mittleren Fließgeschwindigkeiten liegen zwischen 13,1 und 47,9 cm/s (vgl. Tab. 2).

Tab. 2: Gemessene Wassertiefen und sohlnahe, oberflächennahe und v 40% Fließgeschwindigkeiten sowie die mittlere Fließgeschwindigkeit im Bereich des geschütteten Laichplatzes

geschütteter LP	Wassertiefe [cm]	FG (Sohle) [cm/s]	FG (40%) [cm/s]	FG (Wasseroberfläche) [cm/s]	mittlere FG [cm/s]
Punkt 1	38	25	54	56	27,7
Punkt 2	34	4	38	40	19,6
Punkt 3	38	24	42	45	21,9
Punkt 4	31	11	57	60	29,5
Punkt 5	28	16	35	37	18,1
Punkt 6	28	46	52	55	26,9
Punkt 7	21	48	66	67	33,6
Punkt 8	31	46	93	97	47,9
Punkt 9	56	8	40	53	22,8
Punkt 10	46	1	38	41	19,8
Punkt 11	36	2	21	25	11,4
Punkt 12	39	1	17	19	9,0
Punkt 13	26	53	88	92	45,4
Punkt 14	27	35	37	40	19,3
Punkt 15	17	36	40	42	20,7
Punkt 16	24	16	64	67	33,0
Punkt 17	23	3	54	57	27,9
Punkt 18	49	17	59	62	30,5
Punkt 19	30	31	72	73	36,7
Punkt 20	25	17	51	55	26,6
Punkt 21	20	1	25	27	13,1
Punkt 22	26	32	61	67	32,1
Punkt 23	29	16	35	37	18,1
Punkt 24	45	5	59	64	30,9
Punkt 25	28	29	35	39	18,5
Punkt 26	31	26	42	44	21,7
Punkt 27	37	2	32	35	16,8
Punkt 28	26	25	45	47	23,2
Punkt 29	28	1	67	68	34,1
Punkt 30	32	1	63	66	32,5
Punkt 31	66	11	28	30	14,6
Punkt 32	41	5	7	9	3,9
Punkt 33	37	16	23	28	12,6
Punkt 34	47	4	36	39	18,8
Punkt 35	42	15	47	49	24,2
von-bis (alle)	17 bis 66	1 bis 53	7 bis 93	9 bis 97	3,9 bis 47,9
von-bis (Laichplatz)	17 bis 56	1 bis 48	25 bis 93	27 bis 97	13,1 bis 47,9
Mittelwert (alle)	33,77	18	46	49	24,1
Mittelwert (Laichplatz)	28,06	22	50	54	26,1

Graue Farbe: Laichplatzpunkte

In Abb. 29 bis Abb. 33 sind die abiotischen Parameter des künstlich geschütteten Laichplatzes einzeln dargestellt. Hier werden in jeder Grafik die gemessenen Laichplatzpunkte den gesamten aufgenommenen Profilpunkten gegenübergestellt.

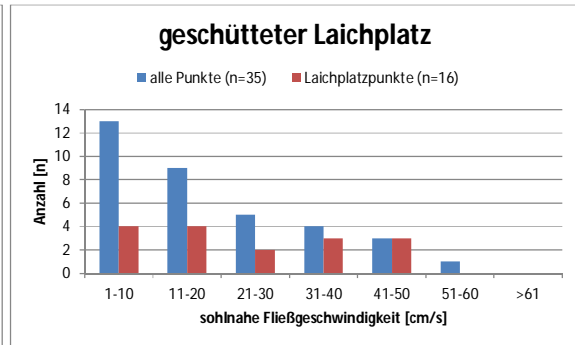
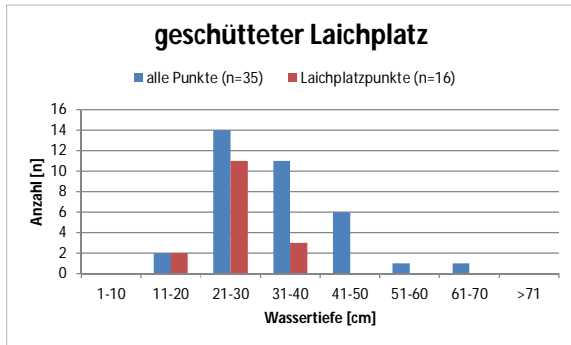


Abb. 29: Wassertiefen im Bereich des geschütteten LP Abb. 30: sohlnahe Fließgeschwindigkeit im Bereich des geschütteten LP

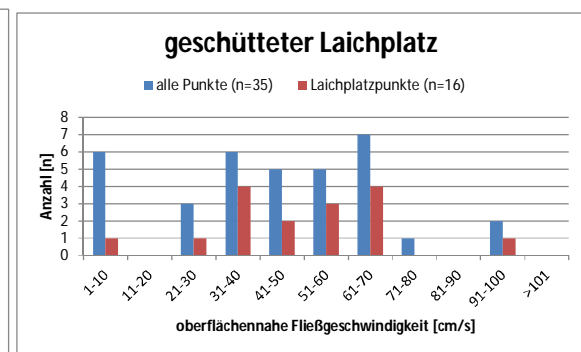
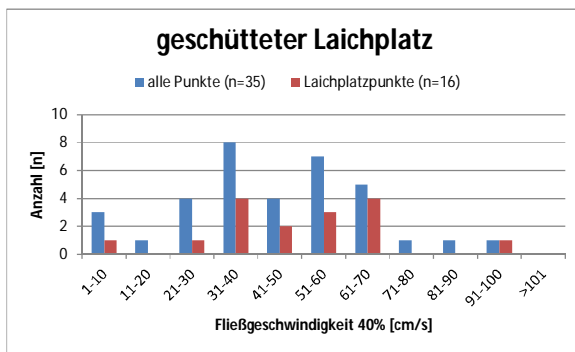


Abb. 31: Fließgeschwindigkeit v40% im Bereich des geschütteten Laichplatzes

Abb. 32: oberflächennahe Fließgeschwindigkeit im Bereich des geschütteten Laichplatzes

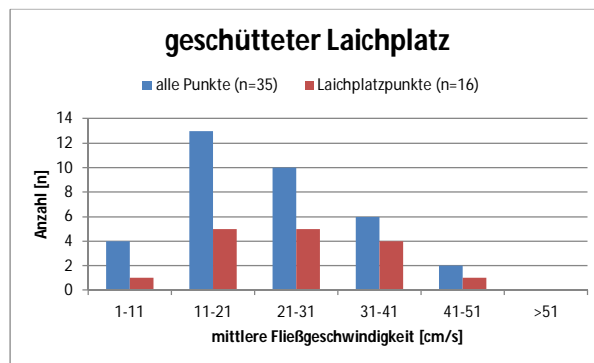


Abb. 33: mittlere Fließgeschwindigkeit im Bereich des geschütteten Laichplatzes

4.2.2 AUFGEBOCHENER LAICHPLATZ

In den aufgebrochenen Laichplatz wurden insgesamt 4 Transsekte mit insgesamt 28 Punktmessungen gelegt (vgl. Abb. 34).

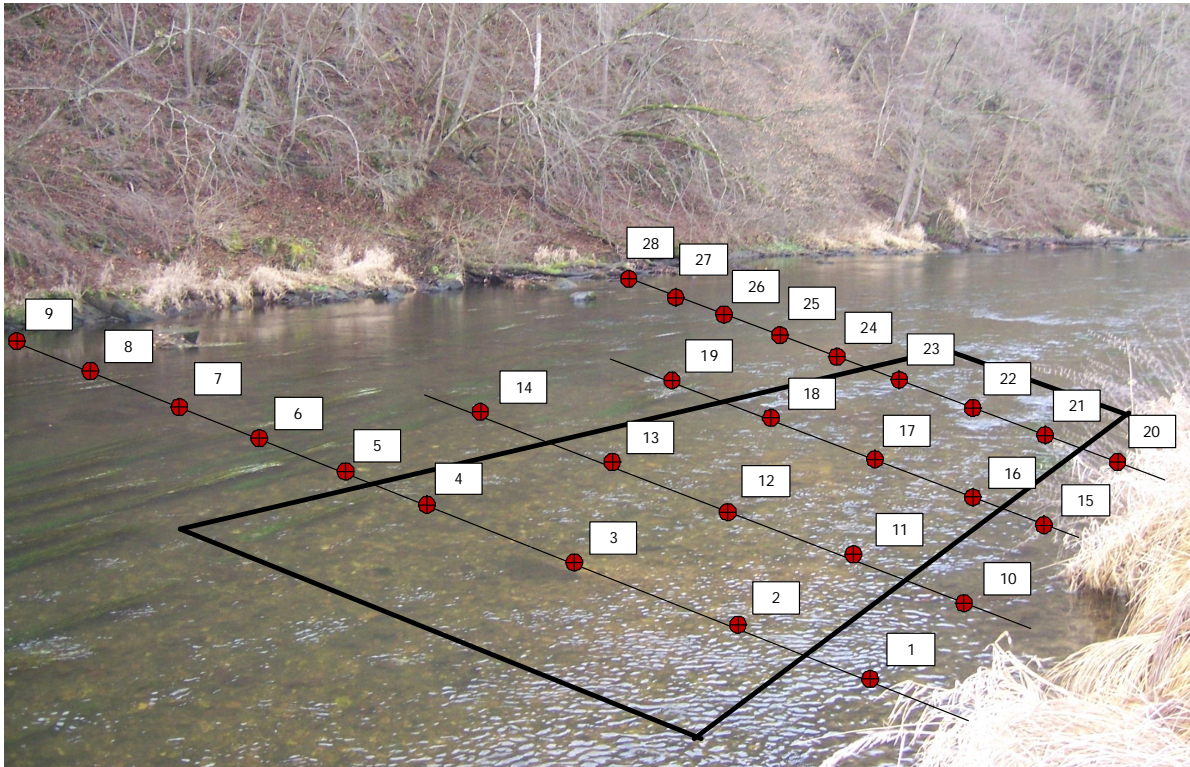


Abb. 34: Vermessungsnetz der Wassertiefen und Fließgeschwindigkeitsmessungen am aufgebrochenen Laichplatz

Die Wassertiefen reichen in den Transekten von 18 bis 68 cm. Die sohnahen Fließgeschwindigkeiten liegen zwischen 1 und 37 cm/s, die Fließgeschwindigkeiten in 40% Wassertiefe liegen zwischen 10 und 79 cm/s und die oberflächennahen Fließgeschwindigkeiten reichen von 11 bis 82 cm/s. Die berechneten mittleren Fließgeschwindigkeiten liegen zwischen 5,3 und 40,6 cm/s (vgl. Tab. 3).

Die gemessenen Wassertiefen auf dem aufgebrochenen Laichplatz liegen hingegen zwischen 27 und 46 cm. Die sohnahen Fließgeschwindigkeiten liegen hier zwischen 1 und 37 cm/s, die Fließgeschwindigkeiten in 40% Wassertiefe reichen von 25 bis 58 cm/s und die oberflächennahen Fließgeschwindigkeiten bewegen sich zwischen 28 und 61 cm/s. Die berechneten mittleren Fließgeschwindigkeiten liegen zwischen 13,3 und 30,0 cm/s (vgl. Tab. 3).

Tab. 3: Gemessene Wassertiefen und sohlnahe, oberflächennahe und v 40% Fließgeschwindigkeiten sowie die mittlere Fließgeschwindigkeit im Bereich des aufgebrochenen Laichplatzes

aufgebrochener LP	Wassertiefe [cm]	FG (Sohle) [cm/s]	FG (40%) [cm/s]	FG (Wasseroberfläche) [cm/s]	mittlere FG [cm/s]
Punkt 1	18	10	28	31	14,8
Punkt 2	28	18	42	45	21,9
Punkt 3	31	36	42	46	22,1
Punkt 4	41	21	41	44	21,4
Punkt 5	46	18	68	37	28,4
Punkt 6	51	3	35	38	18,3
Punkt 7	61	2	45	49	23,6
Punkt 8	38	5	17	22	9,6
Punkt 9	36	30	30	35	16,2
Punkt 10	24	17	27	29	14,1
Punkt 11	32	15	57	60	29,5
Punkt 12	37	1	32	36	17,0
Punkt 13	46	19	58	61	30,0
Punkt 14	46	2	53	55	27,2
Punkt 15	21	19	38	40	19,6
Punkt 16	27	26	45	47	23,2
Punkt 17	38	8	25	28	13,3
Punkt 18	42	14	58	61	30,0
Punkt 19	43	5	79	82	40,6
Punkt 20	18	20	26	29	13,8
Punkt 21	28	37	54	55	27,5
Punkt 22	32	5	35	36	17,9
Punkt 23	45	31	40	42	20,7
Punkt 24	50	12	29	32	15,3
Punkt 25	59	9	37	40	19,3
Punkt 26	68	16	28	31	14,8
Punkt 27	30	8	17	19	9,0
Punkt 28	29	1	10	11	5,3
von-bis (alle)	18 bis 68	1 bis 37	10 bis 79	11 bis 82	5,3 bis 40,6
von-bis (Laichplatz)	27 bis 46	1 bis 37	25 bis 58	28 bis 61	13,3 bis 30,0
Mittelwert (alle)	38,03	14,57	39	41	20,1
Mittelwert (Laichplatz)	35,58	19,25	44	47	22,9

Graue Farbe: Laichplatzpunkte

In Abb. 35 bis Abb. 39 sind die abiotischen Parameter des künstlich geschütteten Laichplatzes einzeln dargestellt. Hier werden wiederum in jeder Grafik die gemessenen Laichplatzpunkte den gesamten aufgenommenen Profilpunkten gegenübergestellt.

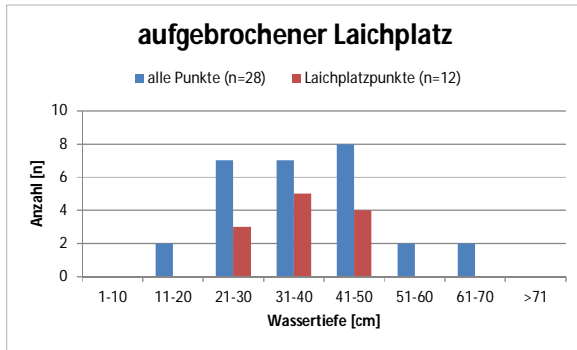


Abb. 35: Wassertiefen im Bereich des aufgebrochenen LP

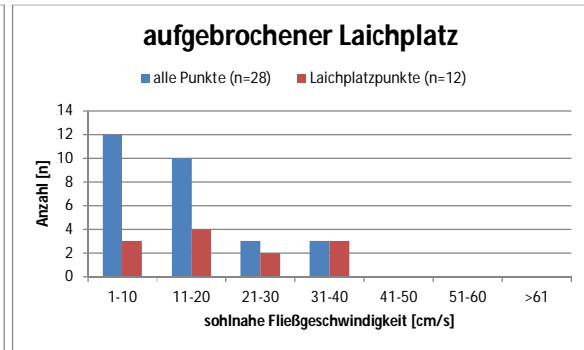


Abb. 36: sohlnahe Fließgeschwindigkeit im Bereich des aufgebrochenen LP

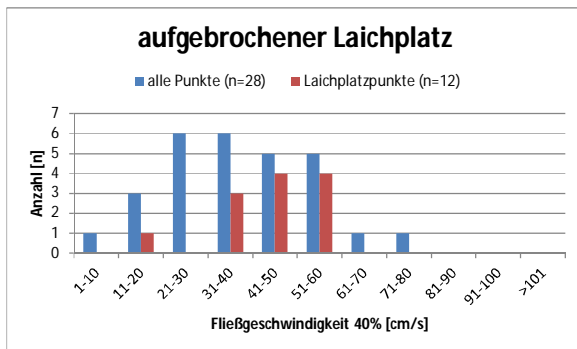


Abb. 37: Fließgeschwindigkeit v40% im Bereich des aufgebrochenen Laichplatzes

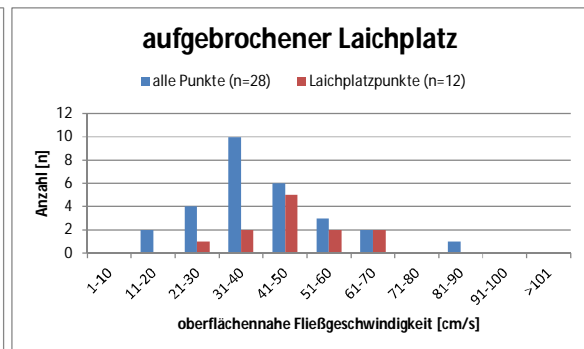


Abb. 38: oberflächennahe Fließgeschwindigkeit im Bereich des aufgebrochenen Laichplatzes

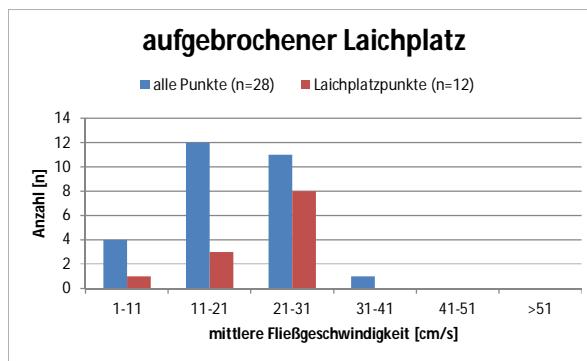


Abb. 39: mittlere Fließgeschwindigkeit im Bereich des aufgebrochenen Laichplatzes

4.3 SAUERSTOFFMESSUNGEN IM INTERSTITIAL DER LAICHPLÄTZE

4.3.1 GESCHÜTTETER LAICHPLATZ

Die gemessenen Sauerstoffwerte in der freien Wasserwelle lagen an den drei Untersuchungsterminen zwischen 9,9 mg/L und 12,8 mg/L. Die höchsten Sauerstoffwerte wurden am 13.12.2010 gemessen. Hier lagen die Sauerstoffwerte bei einer Wassertemperatur von 4,9°C bei 12,8 mg/L bzw. 12,3 mg/L. Im März 2011 lagen die Sauerstoffwerte bei einer Wassertemperatur von 5,3°C bei 11,8 mg/L und 11,9 mg/L und Ende September lagen die Werte bei einer Wassertemperatur von 13,8°C bei 9,9 mg/L bzw. 10,0 mg/L. Die Abnahme der Sauerstoffwerte ist jahreszeitlich bedingt, da sich die Löslichkeit von Sauerstoff im Wasser mit zunehmender Wassertemperatur und abnehmendem Druck vermindert (Henry'sches Gesetz).

Die gemessenen Sauerstoffwerte in 10 cm Tiefe des Substrates lagen während des Untersuchungszeitraumes zwischen 7,7 mg/L und 11,3 mg/L. Auch hier wurde eine jahreszeitlich bedingte Reduktion (steigende Wassertemperatur) der Sauerstoffwerte festgestellt. In 20 cm Tiefe des Substrates liegen die gemessenen Sauerstoffwerte zwischen 2,3 mg/L und 9,7 mg/L (vgl. Tab. 4).

Tab. 4: Gemessene Sauerstoffwerte am geschütteten Laichplatz

geschütteter Laichplatz	13.12.2010	17.03.2011	28.09.2011
Messung in 10 cm Tiefe des Substrats			
1 Messung	11,3 mg/L	9,9 mg/L	8,3 mg/L
2 Messung	10,2 mg/L	8,3 mg/L	7,7 mg/L
3 Messung	10,1 mg/L	8,9 mg/L	8,1 mg/L
Messung in 20 cm Tiefe des Substrats			
1 Messung	9,7 mg/L	7,1 mg/L	2,3 mg/L
2 Messung	9,2 mg/L	7,3 mg/L	3,3 mg/L
3 Messung	9,5 mg/L	7,0 mg/L	3,4 mg/L
Messung in freier Wasserwelle			
1 Messung	12,8 mg/L	11,8 mg/L	9,9 mg/L
2 Messung	12,3 mg/L	11,9 mg/L	10,0 mg/L
Wassertemperatur	4,9°C	5,3°C	13,8°C

4.3.2 AUFGEBROCHENER LAICHPLATZ

Am aufgebrochenen Laichplatz ergibt sich hinsichtlich der gemessenen Sauerstoffwerte folgendes Bild. In der freien Wasserwelle wurden Werte zwischen 10,1 und 12,4 mg/L gemessen. In 10 cm Tiefe des Substrates reichen die Werte von 5,6 bis 10,8 mg/L und in 20 cm Tiefe des Substrates liegen die Werte zwischen 2,1 und 7,9 mg/L (vgl. Tab. 5).

Tab. 5: Gemessene Sauerstoffwerte am aufgebrochenen Laichplatz

aufgebrochener Laichplatz	13.12.2010	17.03.2011	28.09.2011
Messung in 10 cm Tiefe des Substrats			
1 Messung	10,8 mg/L	8,7 mg/L	6,3 mg/L
2 Messung	10,1 mg/L	8,2 mg/L	5,6 mg/L
3 Messung	10,6 mg/L	8,3 mg/L	5,8 mg/L
Messung in 20 cm Tiefe des Substrats			
1 Messung	7,7 mg/L	7,1 mg/L	3,3 mg/L
2 Messung	7,9 mg/L	7,2 mg/L	3,2 mg/L
3 Messung	7,7 mg/L	7,1 mg/L	2,1 mg/L
Messung in freier Wasserwelle			
1 Messung	12,2 mg/L	11,7 mg/L	10,2 mg/L
2 Messung	12,4 mg/L	11,8 mg/L	10,1 mg/L
Wassertemperatur	5,0°C	5,4°C	13,7°C

4.4 BESTIMMUNG DER FEINSEDIMENTABLAGERUNGEN AM LAICHPLATZ

4.4.1 GESCHÜTTETER LAICHPLATZ

Alle Sedimentfallen wurden mit einem Flussschotter von 16 mm bis 32 mm aufgefüllt. Daher sind alle Fraktionen <16 mm während der Expositionszeit in die Boxen eingeschwemmt worden.

Eintrag in Sedimentbox von Oben

In Tab. 6 ist die Siebanalyse der Sedimentbox mit Eintrag von Oben im Zeitraum vom 13.12.2010 bis 17.03.2011 dargestellt und in Tab. 7 der Eintrag von Oben im Zeitraum zwischen dem 13.12.2010 und 28.09.2011.

Tab. 6: Sedimentanalyse, Laichplatz geschüttet, Eintrag von Oben, 13.12.2010 bis 17.03.2011

LP geschüttet, Eintrag von oben, 13.12.2010 bis 17.03.2011							
Sieb	Gewicht Sieb (kg)	Gewicht + Siebe	Rückstand (kg)	Rückstand (%)	Durchgang (%)	Fraktion	Durchgang gesamt
pan		1,69	1,72	0,03	0,21		
0,125	1,02	1,06	0,04	0,28	0,21	0,125	0,21
0,25	1,05	1,15	0,1	0,71	0,28	0,25	0,49
0,5	1,23	2,42	1,19	8,39	0,71	0,5	1,20
1	1,36	2,71	1,35	9,52	8,39	1	9,59
2	1,53	1,75	0,22	1,55	9,52	2	19,11
4	1,59	1,69	0,1	0,71	1,55	4	20,66
8	1,67	1,72	0,05	0,35	0,71	8	21,37
11,2	1,78	2,03	0,25	1,76	0,35	11,2	21,72
16	1,86	3,29	1,43	10,08	1,76	16	23,48
22,4	1,8	6,71	4,91	34,63	10,08	22,4	33,57
31,5	1,76	6,27	4,51	31,81	34,63	31,5	68,19
56	1,73	1,73	0	0,00	31,81	56	100,00
63	1,83	1,83	0	0,00	0,00	63	100,00
90	1,74	1,74	0	0,00	0,00	90	100,00
125	1,84	1,84	0	0,00	0,00	125	100,00
Summe		14,18					

Tab. 7: Sedimentanalyse, Laichplatz geschüttet, Eintrag von Oben, 13.12.2010 bis 28.09.2011

LP geschüttet, Eintrag von oben, 13.12.2010 bis 28.09.2011							
Sieb	Gewicht Sieb (kg)	Gewicht + Siebe	Rückstand (kg)	Rückstand (%)	Durchgang (%)	Fraktion	Durchgang gesamt
pan		1,69	1,72	0,03	0,20		
	0,125	1,02	1,06	0,04	0,27	0,125	0,20
	0,25	1,05	1,12	0,07	0,48	0,25	0,48
	0,5	1,23	2,27	1,04	7,09	0,48	0,95
	1	1,36	3,1	1,74	11,86	1	8,04
	2	1,53	1,9	0,37	2,52	11,86	2
	4	1,59	1,8	0,21	1,43	2,52	4
	8	1,67	1,76	0,09	0,61	1,43	8
	11,2	1,78	2,13	0,35	2,39	0,61	11,2
	16	1,86	4,24	2,38	16,22	2,39	16
	22,4	1,8	6,91	5,11	34,83	16,22	22,4
	31,5	1,76	5	3,24	22,09	34,83	31,5
	56	1,73	1,73	0	0,00	22,09	56
	63	1,83	1,83	0	0,00	0,00	63
	90	1,74	1,74	0	0,00	0,00	90
	125	1,84	1,84	0	0,00	0,00	125
	Summe		14,67				

Seitlicher Eintrag in die Sedimentbox

In Tab. 8 ist die Siebanalyse der Sedimentbox mit seitlichem Eintrag im Zeitraum vom 13.12.2010 bis 17.03.2011 dargestellt und in Tab. 9 die Siebanalyse der Sedimentbox mit seitlichem Eintrag im Zeitraum vom 13.12.2010 bis 28.09.2011.

Tab. 8: Sedimentanalyse, Laichplatz geschüttet, seitlicher Eintrag, 13.12.2010 bis 17.03.2011

LP geschüttet, seitlicher Eintrag, 13.12.2010 bis 17.03.2011							
Sieb	Gewicht Sieb (kg)	Gewicht + Siebe	Rückstand (kg)	Rückstand (%)	Durchgang (%)	Fraktion	Durchgang gesamt
pan		1,69	1,75	0,06	0,46		
	0,125	1,02	1,1	0,08	0,61	0,125	0,46
	0,25	1,05	1,13	0,08	0,61	0,25	1,07
	0,5	1,23	1,95	0,72	5,50	0,61	1,68
	1	1,36	2,17	0,81	6,19	5,50	7,18
	2	1,53	1,73	0,2	1,53	6,19	13,37
	4	1,59	1,67	0,08	0,61	1,53	14,90
	8	1,67	1,69	0,02	0,15	0,61	15,51
	11,2	1,78	1,97	0,19	1,45	0,15	15,66
	16	1,86	3,35	1,49	11,38	1,45	17,11
	22,4	1,8	6,39	4,59	35,06	11,38	28,50
	31,5	1,76	6,53	4,77	36,44	35,06	63,56
	56	1,73	1,73	0	0,00	36,44	100,00
	63	1,83	1,83	0	0,00	0,00	100,00
	90	1,74	1,74	0	0,00	0,00	100,00
	125	1,84	1,84	0	0,00	0,00	100,00
	Summe		13,09				

Tab. 9: Sedimentanalyse, Laichplatz geschüttet, seitlicher Eintrag, 13.12.2010 bis 28.09.2011

LP geschüttet, Eintrag seitlich, 13.12.2010 bis 28.09.2011							
Sieb	Gewicht Sieb (kg)	Gewicht + Siebe	Rückstand (kg)	Rückstand (%)	Durchgang (%)	Fraktion	Durchgang gesamt
pan		1,69	1,72	0,03	0,23		
	0,125	1,02	1,06	0,04	0,30	0,125	0,23
	0,25	1,05	1,07	0,02	0,15	0,30	0,53
	0,5	1,23	1,87	0,64	4,82	0,15	0,68
	1	1,36	2,34	0,98	7,38	4,82	5,50
	2	1,53	1,81	0,28	2,11	7,38	12,88
	4	1,59	1,73	0,14	1,05	2,11	14,98
	8	1,67	1,76	0,09	0,68	1,05	16,04
	11,2	1,78	2,42	0,64	4,82	0,68	16,72
	16	1,86	5,19	3,33	25,08	4,82	21,54
	22,4	1,8	6,22	4,42	33,28	25,08	46,61
	31,5	1,76	4,43	2,67	20,11	33,28	79,89
	56	1,73	1,73	0	0,00	20,11	100,00
	63	1,83	1,83	0	0,00	0,00	100,00
	90	1,74	1,74	0	0,00	0,00	100,00
	125	1,84	1,84	0	0,00	0,00	100,00
	Summe		13,28				

In Tab. 10 sind die Ergebnisse der Sedimentanalyse einer direkt aus dem geschütteten Laichplatz gezogenen Probe (ohne Box) vom 28.09.2011 dargestellt.

Tab. 10: Sedimentanalyse einer direkt aus dem geschütteten Laichplatz gezogenen Probe (ohne Box) vom 28.09.2011

Probe aus LP geschüttet, 28.09.2011 ohne Sedimentbox							
Sieb	Gewicht Sieb (kg)	Gewicht + Siebe	Rückstand (kg)	Rückstand (%)	Durchgang (%)	Fraktion	Durchgang gesamt
pan		1,69	1,7	0,01	0,08		
0,125		1,02	1,04	0,02	0,15	0,125	0,08
0,25		1,05	1,07	0,02	0,15	0,15	0,23
0,5		1,23	1,7	0,47	3,57	0,15	0,38
1		1,36	1,82	0,46	3,49	3,57	3,95
2		1,53	1,83	0,3	2,28	3,49	7,44
4		1,59	1,79	0,2	1,52	2,28	9,71
8		1,67	1,83	0,16	1,21	1,52	11,23
11,2		1,78	2,25	0,47	3,57	1,21	12,44
16		1,86	4,81	2,95	22,38	3,57	16,01
22,4		1,8	6,49	4,69	35,58	22,38	38,39
31,5		1,76	4,5	2,74	20,79	35,58	73,98
56		1,73	2,05	0,32	2,43	20,79	94,76
63		1,83	2,2	0,37	2,81	2,43	97,19
90		1,74	1,74	0	0,00	2,81	100,00
125		1,84	1,84	0	0,00	0,00	100,00
	Summe		13,18				

Anschließend werden die wichtigsten Ergebnisse der Siebanalysen grafisch dargestellt und interpretiert. In Abb. 40 sind die Ergebnisse der Siebanalyse am geschütteten Laichplatz mit seitlichem Eintrag und Eintrag von oben im Zeitraum vom 13.12.2010 bis 17.03.2011 gegenübergestellt. Man sieht, dass die Kurven der Feinanteile <1mm fast ident sind und daher kein Unterschied im seitlichen Eintrag bzw. Eintrag von oben festgestellt wurde. Einen Unterschied sieht man allerdings bei den Korngrößen >1mm bis 16 mm. Der Eintrag von oben liegt hier ca. 5% höher als der seitliche Eintrag. Dieses Ergebnis zeigt, dass Korngrößen >1mm bis 16 mm in der freien Welle stärker transportiert werden als im Interstitial.

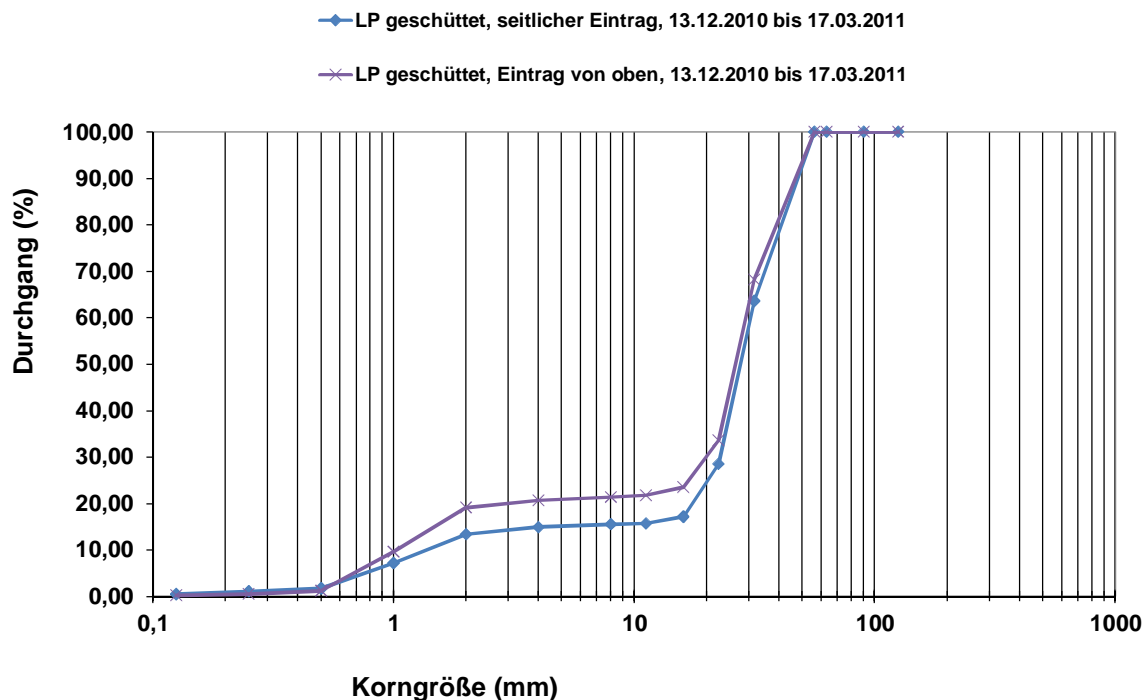


Abb. 40: Grafische Darstellung der beiden Siebkurven des geschütteten Laichplatzes (seitlicher Eintrag 13.12.2010 bis 17.03.2011 & Eintrag von oben 13.12.2010 bis 17.03.2011)

In Abb. 41 sind die Ergebnisse der Siebanalyse am geschütteten Laichplatz mit seitlichem Eintrag und Eintrag von Oben im Zeitraum vom 13.12.2010 bis 28.09.2011 gegenübergestellt. Diese Graphik zeigt, dass sich dieser oben beschriebene Trend auch nach ca. 10 Monaten fortsetzt und der Eintrag von Oben bis zum Untersuchungsende größer bleibt.

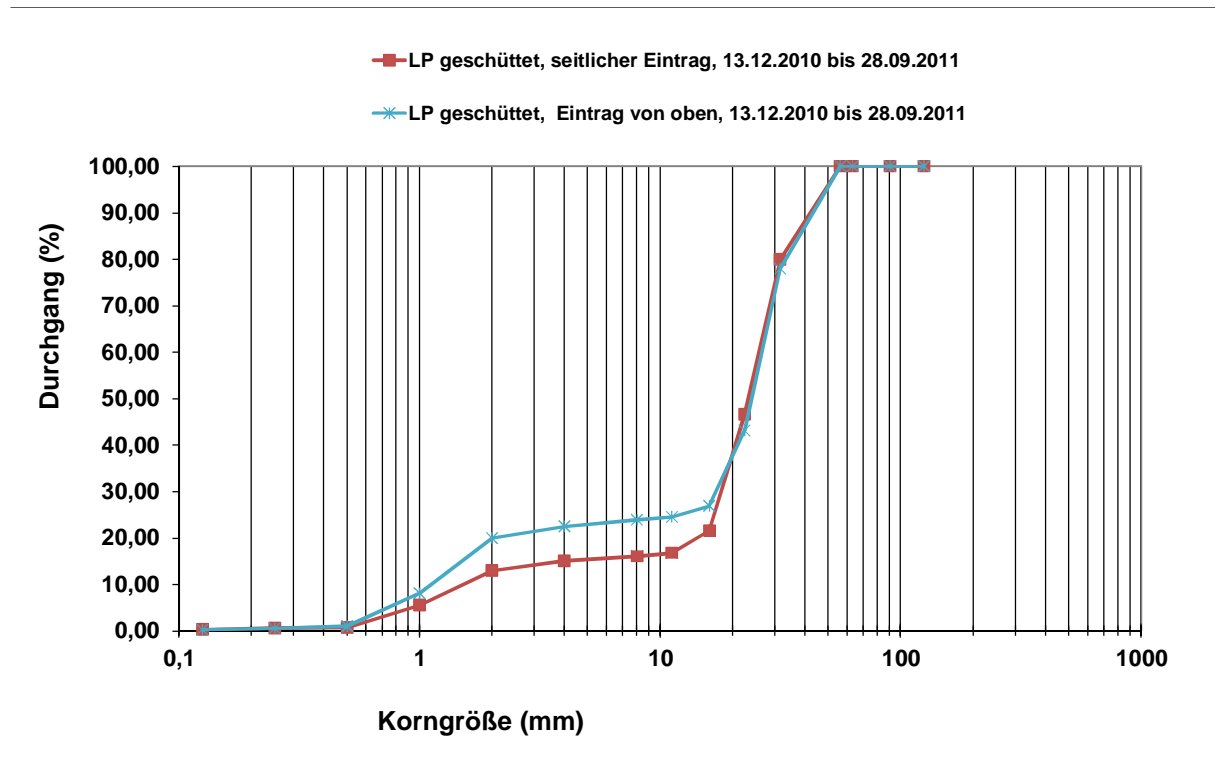


Abb. 41: Grafische Darstellung der beiden Siebkurven des geschütteten Laichplatzes (seitlicher Eintrag 13.12.2010 bis 28.09.2011 & Eintrag von Oben 13.12.2010 bis 28.09.2011)

Ein weiteres interessantes Ergebnis erhält man, wenn man die beiden Siebkurven vom geschütteten Laichplatz mit Eintrag von Oben vergleicht. Man sieht, dass die beiden Kurven fast identisch sind, obwohl der Unterschied in der Expositionszeit bei ca. 7 Monaten liegt. Eine Erklärung dafür wäre, dass die Sedimentbox nach ca. 3 Monaten schon fast zur Gänze aufgefüllt war und daher bei der längeren Expositionszeit keine wesentlichen Veränderungen mehr festgestellt wurden. Diese Gegenüberstellung zeigt, dass in der Thaya viele Feinsedimente <16 mm transportiert werden und schon nach 3 Monaten die Sedimentboxen fast komplett aufgefüllt waren. Dieses Ergebnis wurde sowohl in den Sedimentboxen mit Eintrag von Oben als auch bei den Sedimentboxen mit seitlichem Eintrag festgestellt (vgl. Abb. 42 & Abb. 43).

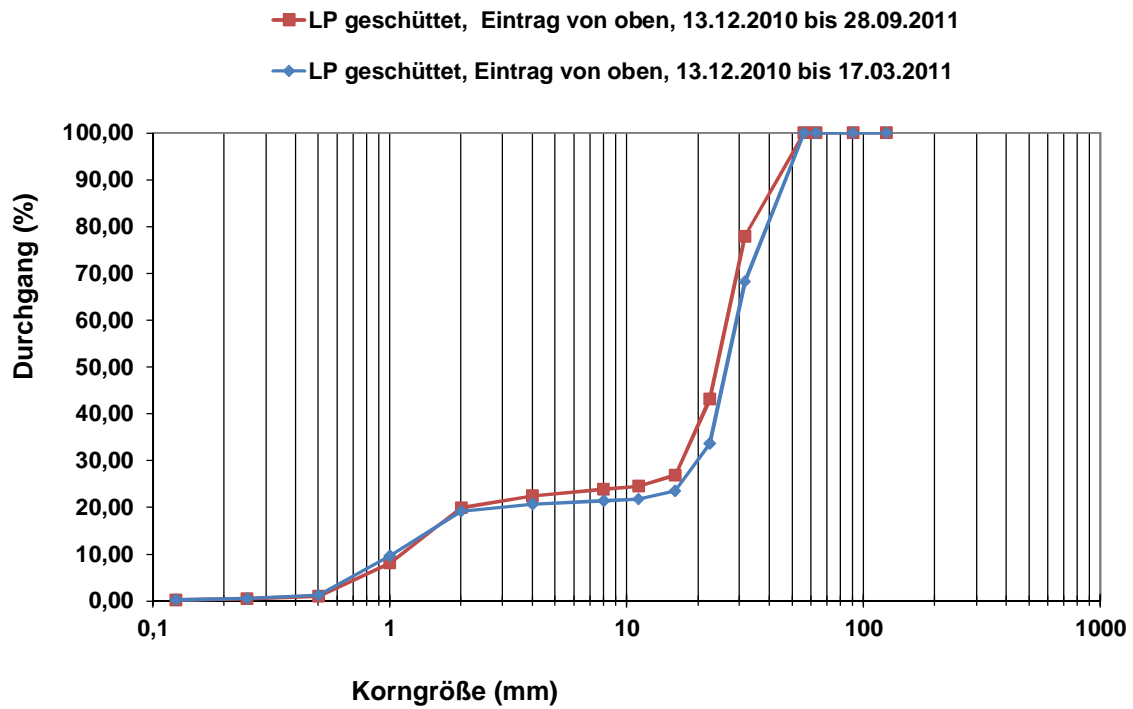


Abb. 42: Grafische Darstellung der beiden Siebkurven des geschütteten Laichplatzes mit kurzer (13.12.2010 bis 17.03.2011) und langer (13.12.2010 bis 28.09.2011) Expositionszeit (Eintrag von Oben)

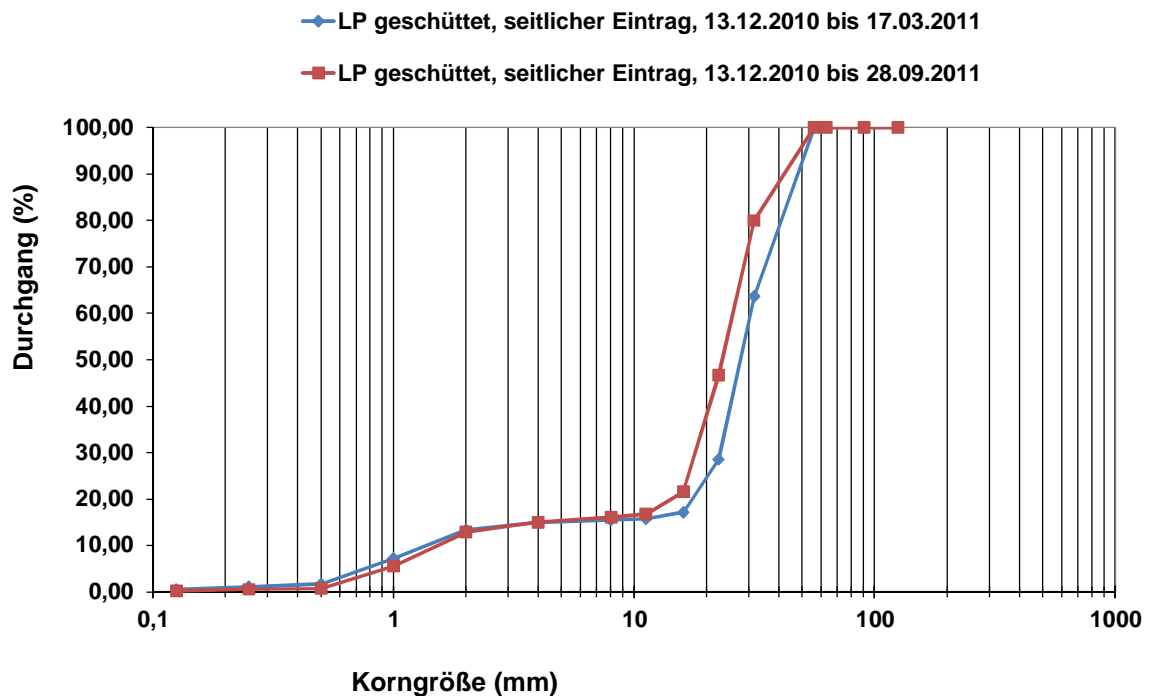


Abb. 43: Grafische Darstellung der beiden Siebkurven des geschütteten Laichplatzes mit kurzer (13.12.2010 bis 17.03.2011) und langer (13.12.2010 bis 28.09.2011) Expositionszeit (seitlicher Eintrag)

In Abb. 44 sind nun alle 4 Feinsiebkurven des geschütteten Laichplatzes dargestellt. Zusätzlich ist in dieser Abbildung die Siebkurve einer Probe, die direkt am 28.09.2011 aus dem geschütteten Laichplatz gezogen wurde, dargestellt (grüne Linie). Die Feinanteile <16 mm bis 1mm liegen hier deutlich unter den Werten in den Sedimentboxen. Dies zeigt, dass Sedimentboxen wie auch oft in der Literatur beschrieben, Sedimentfallen sind. Einmal eingeschwemmte Feinsedimente bleiben in der Box und es gibt keine Möglichkeit, dass sie wieder ausgeschwemmt werden. Die gezogene Probe direkt aus dem Laichplatz zeigt jedoch, dass die hydrologischen Verhältnisse (Schwall & Sunk) im Untersuchungszeitraum dazu führen, dass abgelagerte Feinsedimente bei höheren Abflusswerten auch wieder ausgeschwemmt und weitertransportiert werden.

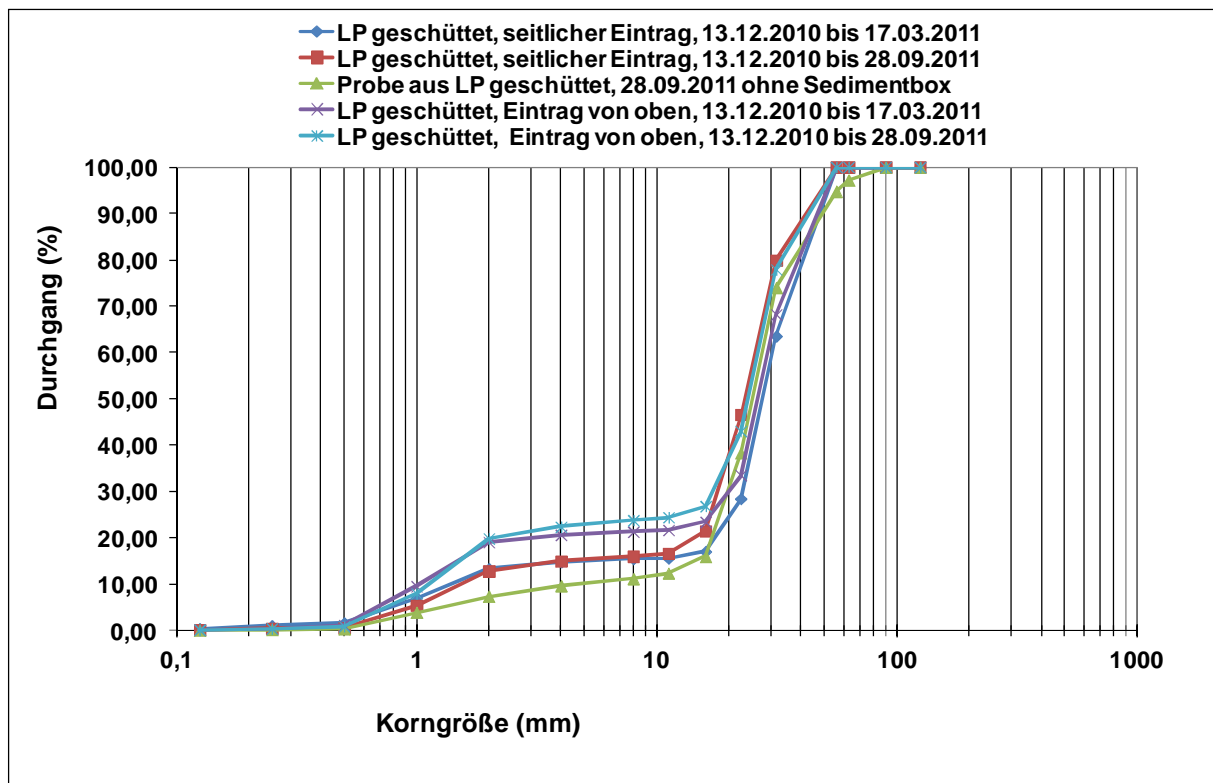


Abb. 44: Grafische Darstellung von allen 4 Siebkurven des geschütteten Laichplatzes mit kurzer (13.12.2010 bis 17.03.2011) und langer (13.12.2010 bis 28.09.2011) Expositionszeit (seitlicher Eintrag & Eintrag von Oben) und die Darstellung der Siebkurve, die direkt aus dem Laichplatz gezogen wurde.

4.4.2 AUFGEBOCHENER LAICHPLATZ

Eintrag in Sedimentbox von Oben

In Tab. 11 ist die Siebanalyse der eingebrachten Sedimentbox mit Eintrag von Oben im Zeitraum vom 13.12.2010 bis 17.03.2011 am aufgebrochenen Laichplatz dargestellt und in Tab. 12 die Siebanalyse der Sedimentbox mit Eintrag von Oben mit ca. 10 monatiger Expositionszeit.

Tab. 11: Sedimentanalyse, Laichplatz aufgebrochen, Eintrag von Oben, 13.12.2010 bis 17.03.2011

LP aufgebrochen, Eintrag von Oben, 13.12.2010 bis 17.03.2011							
Sieb	Gewicht Sieb (kg)	Gewicht + Siebe	Rückstand (kg)	Rückstand (%)	Durchgang (%)	Fraktion	Durchgang gesamt
pan		1,69	1,72	0,03	0,22		
	0,125	1,02	1,07	0,05	0,37	0,125	0,22
	0,25	1,05	1,21	0,16	1,18	0,37	0,59
	0,5	1,23	2,53	1,3	9,62	1,18	1,78
	1	1,36	2,33	0,97	7,18	9,62	11,40
	2	1,53	1,73	0,2	1,48	7,18	18,58
	4	1,59	1,71	0,12	0,89	1,48	20,06
	8	1,67	1,76	0,09	0,67	0,89	20,95
	11,2	1,78	2,09	0,31	2,29	0,67	21,61
	16	1,86	4,37	2,51	18,58	2,29	23,91
	22,4	1,8	6,35	4,55	33,68	18,58	42,49
	31,5	1,76	4,98	3,22	23,83	33,68	76,17
	56	1,73	1,73	0	0,00	23,83	100,00
	63	1,83	1,83	0	0,00	0,00	100,00
	90	1,74	1,74	0	0,00	0,00	100,00
	125	1,84	1,84	0	0,00	0,00	100,00
	Summe		13,51				

Tab. 12: Sedimentanalyse, Laichplatz aufgebrochen, Eintrag von Oben, 13.12.2010 bis 28.09.2011

LP aufgebrochen, Eintrag von Oben, 13.12.2010 bis 28.09.2011							
Sieb	Gewicht Sieb (kg)	Gewicht + Siebe	Rückstand (kg)	Rückstand (%)	Durchgang (%)	Fraktion	Durchgang gesamt
pan		1,69	1,72	0,03	0,21		
	0,125	1,02	1,07	0,05	0,35	0,125	0,21
	0,25	1,05	1,14	0,09	0,63	0,35	0,56
	0,5	1,23	1,98	0,75	5,28	0,63	1,20
	1	1,36	2,77	1,41	9,93	5,28	6,48
	2	1,53	2,13	0,6	4,23	9,93	16,41
	4	1,59	1,89	0,3	2,11	4,23	20,63
	8	1,67	1,85	0,18	1,27	2,11	22,75
	11,2	1,78	2,27	0,49	3,45	1,27	24,01
	16	1,86	4,37	2,51	17,68	3,45	27,46
	22,4	1,8	6,8	5	35,21	17,68	45,14
	31,5	1,76	4,55	2,79	19,65	35,21	80,35
	56	1,73	1,73	0	0,00	19,65	100,00
	63	1,83	1,83	0	0,00	0,00	100,00
	90	1,74	1,74	0	0,00	0,00	100,00
	125	1,84	1,84	0	0,00	0,00	100,00
	Summe		14,2				

Seitlicher Eintrag in die Sedimentbox

In Tab. 13 und 14 sind die Siebanalysen der Sedimentboxen mit seitlichem Eintrag am aufgebrochenen Laichplatz mit kurzer (Tab. 13) und langer Expositionszeit (Tab. 14) dargestellt.

Tab. 13: Sedimentanalyse, Laichplatz aufgebrochen, seitlicher Eintrag, 13.12.2010 bis 17.03.2011

LP aufgebrochen, seitlicher Eintrag, 13.12.2010 bis 17.03.2011							
Sieb	Gewicht Sieb (kg)	Gewicht + Siebe	Rückstand (kg)	Rückstand (%)	Durchgang (%)	Fraktion	Durchgang gesamt
pan		1,69	1,78	0,09	0,71		
	0,125	1,02	1,14	0,12	0,95	0,125	0,71
	0,25	1,05	1,24	0,19	1,51	0,25	1,67
	0,5	1,23	2,01	0,78	6,19	0,5	3,17
	1	1,36	1,83	0,47	3,73	1	9,37
	2	1,53	1,65	0,12	0,95	2	13,10
	4	1,59	1,63	0,04	0,32	4	14,05
	8	1,67	1,69	0,02	0,16	8	14,37
	11,2	1,78	2,21	0,43	3,41	11,2	14,52
	16	1,86	4,98	3,12	24,76	16	17,94
	22,4	1,8	6,45	4,65	36,90	22,4	42,70
	31,5	1,76	4,33	2,57	20,40	31,5	79,60
	56	1,73	1,73	0	0,00	56	100,00
	63	1,83	1,83	0	0,00	63	100,00
	90	1,74	1,74	0	0,00	90	100,00
	125	1,84	1,84	0	0,00	125	100,00
	Summe		12,6				

Tab. 14: Sedimentanalyse, Laichplatz aufgebrochen, seitlicher Eintrag, 13.12.2010 bis 28.09.2011

LP aufgebrochen, seitlicher Eintrag, 13.12.2010 bis 28.09.2011							
Sieb	Gewicht Sieb (kg)	Gewicht + Siebe	Rückstand (kg)	Rückstand (%)	Durchgang (%)	Fraktion	Durchgang gesamt
pan		1,69	1,76	0,07	0,54		
	0,125	1,02	1,12	0,1	0,77	0,125	0,54
	0,25	1,05	1,17	0,12	0,92	0,25	1,30
	0,5	1,23	1,83	0,6	4,60	0,5	2,22
	1	1,36	2,36	1	7,67	1	6,83
	2	1,53	1,95	0,42	3,22	2	14,49
	4	1,59	1,77	0,18	1,38	4	17,71
	8	1,67	1,72	0,05	0,38	8	19,10
	11,2	1,78	2,11	0,33	2,53	11,2	19,48
	16	1,86	3,77	1,91	14,65	16	22,01
	22,4	1,8	6,44	4,64	35,58	22,4	36,66
	31,5	1,76	5,38	3,62	27,76	31,5	72,24
	56	1,73	1,73	0	0,00	56	100,00
	63	1,83	1,83	0	0,00	63	100,00
	90	1,74	1,74	0	0,00	90	100,00
	125	1,84	1,84	0	0,00	125	100,00
	Summe		13,04				

In Tab. 15 sind die Ergebnisse der Sedimentanalyse einer direkt aus dem aufgebrochenen Laichplatz gezogenen Probe (ohne Box) vom 28.09.2011 dargestellt.

Tab. 15: Sedimentanalyse einer direkt aus dem aufgebrochenen Laichplatz gezogenen Probe (ohne Box) vom 28.09.2011.

Probe aus LP aufgebrochen, 28.09.2011 ohne Sedimentbox							
Sieb	Gewicht Sieb (kg)	Gewicht + Siebe	Rückstand (kg)	Rückstand (%)	Durchgang (%)	Fraktion	Durchgang gesamt
pan		1,69	1,69	0	0,00		
0,125	1,02	1,05	0,03	0,27	0,00	0,125	0,00
0,25	1,05	1,12	0,07	0,63	0,27	0,25	0,27
0,5	1,23	1,81	0,58	5,25	0,63	0,5	0,90
1	1,36	2,05	0,69	6,24	5,25	1	6,15
2	1,53	1,88	0,35	3,17	6,24	2	12,40
4	1,59	2,21	0,62	5,61	3,17	4	15,57
8	1,67	2,13	0,46	4,16	5,61	8	21,18
11,2	1,78	2,57	0,79	7,15	4,16	11,2	25,34
16	1,86	2,86	1	9,05	7,15	16	32,49
22,4	1,8	3,21	1,41	12,76	9,05	22,4	41,54
31,5	1,76	3,96	2,2	19,91	12,76	31,5	54,30
56	1,73	3,26	1,53	13,85	19,91	56	74,21
63	1,83	3,15	1,32	11,95	13,85	63	88,05
90	1,74	1,74	0	0,00	11,95	90	100,00
125	1,84	1,84	0	0,00	0,00	125	100,00
Summe		11,05					

Anschließend werden wieder die wichtigsten Ergebnisse der Siebanalysen graphisch dargestellt und interpretiert. In Abb. 45 werden die Siebkurven (seitlicher Eintrag & Eintrag von Oben) vom aufgebrochenen Laichplatz mit kurzer Expositionszeit (13.12.2010 bis 17.03.2010) dargestellt. Man sieht, dass der Eintrag von Feinsedimenten < 1mm in beiden Boxen sehr ähnlich ist. Der Eintrag von Korngrößen zwischen >1mm und 16mm jedoch von Oben stärker als der seitliche Eintrag ist. Dieses Ergebnis deckt sich gut mit dem Ergebnis am geschütteten Laichplatz.

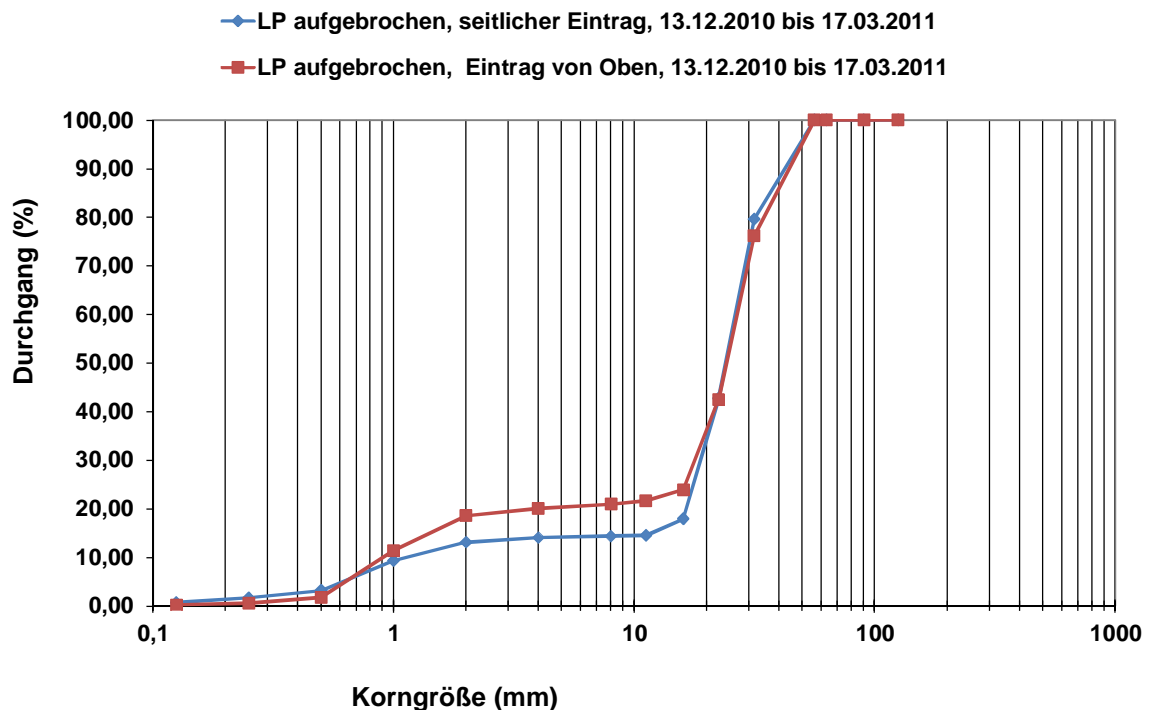


Abb. 45: Grafische Darstellung der beiden Siebkurven des aufgebrochenen Laichplatzes (seitlicher Eintrag 13.12.2010 bis 17.03.2011 & Eintrag von Oben 13.12.2010 bis 17.03.2011)

In Abb. 46 sind die beiden Siebkurven (seitlicher Eintrag & Eintrag von Oben) vom aufgebrochenen Laichplatz mit langer Expositionszeit (ca. 10 Monate) gegenübergestellt. Man sieht, dass sich dieser oben beschriebene Trend bis zum Schluss der Untersuchung fortsetzt. Der Eintrag der Korngrößen >1mm bis 16 mm bleibt von Oben größer, obwohl die Siebkurve vom seitlichen Eintrag näher an die Siebkurve mit Eintrag von Oben rückt.

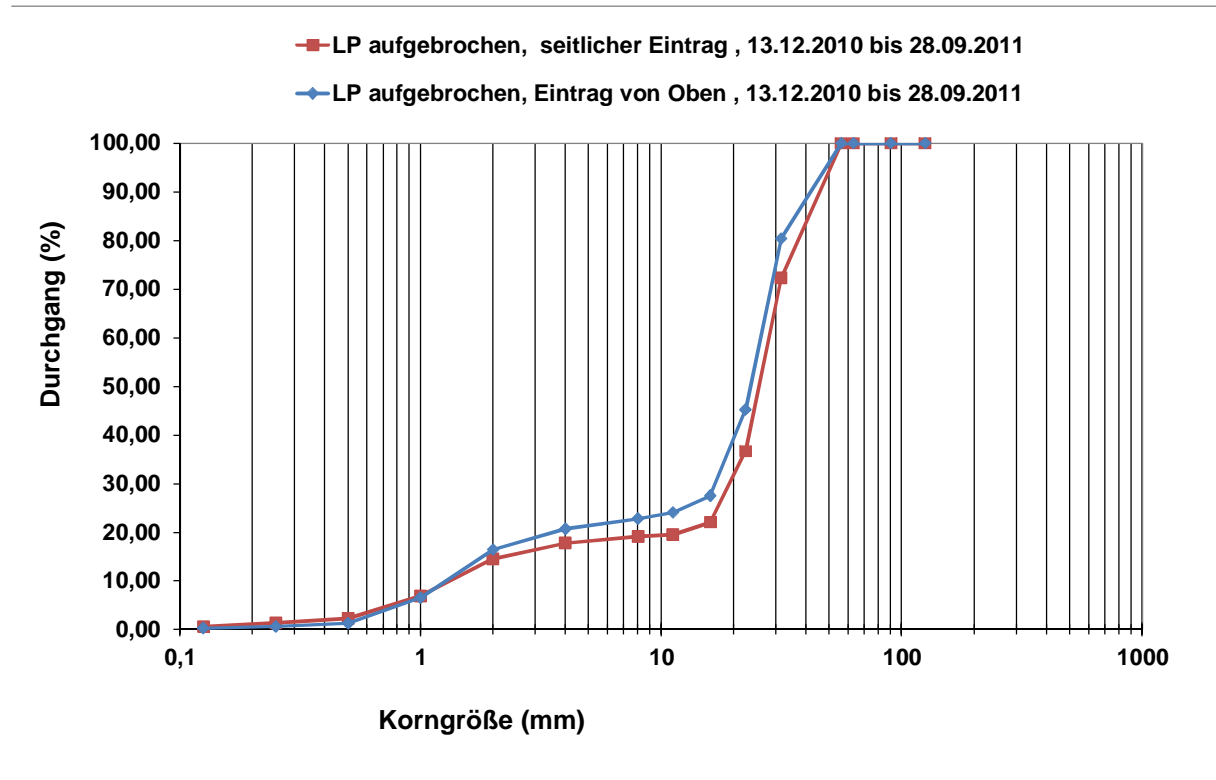


Abb. 46: Grafische Darstellung der beiden Siebkurven des aufgebrochenen Laichplatzes (seitlicher Eintrag 13.12.2010 bis 28.09.2011 & Eintrag von Oben 13.12.2010 bis 28.09.2011)

Anschließend werden wieder die Sedimentkurven (Eintrag von Oben) des aufgebrochenen Laichplatzes mit kurzer und langer Expositionszeit dargestellt. Hier liegen die beiden Sedimentkurven fast übereinander und zeigen somit, dass schon nach 3 Monaten (kurze Expositionszeit) die Sedimentbox komplett aufgefüllt war. Ein ähnliches Ergebnis erhält man bei den Sedimentboxen mit seitlichem Eintrag mit kurzer und langer Expositionszeit (vgl. Abb.47 & 48).

Diese Ergebnisse decken sich wieder sehr gut mit den Ergebnissen am geschütteten Laichplatz und zeigen, dass in der Thaya Korngrößen zwischen > 1mm und 16 mm in großen Mengen transportiert werden.

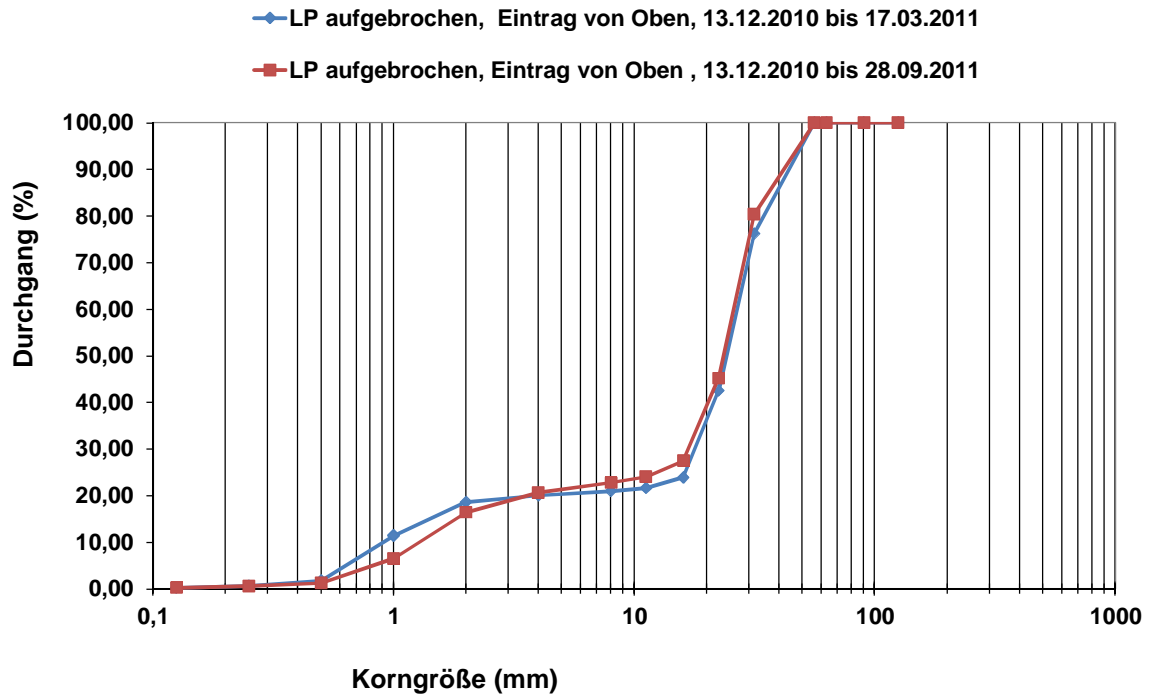


Abb. 47: Grafische Darstellung der beiden Siebkurven des aufgebrochenen Laichplatzes mit kurzer (13.12.2010 bis 17.03.2011) und langer (13.12.2010 bis 28.09.2011) Expositionszeit (Eintrag von Oben)

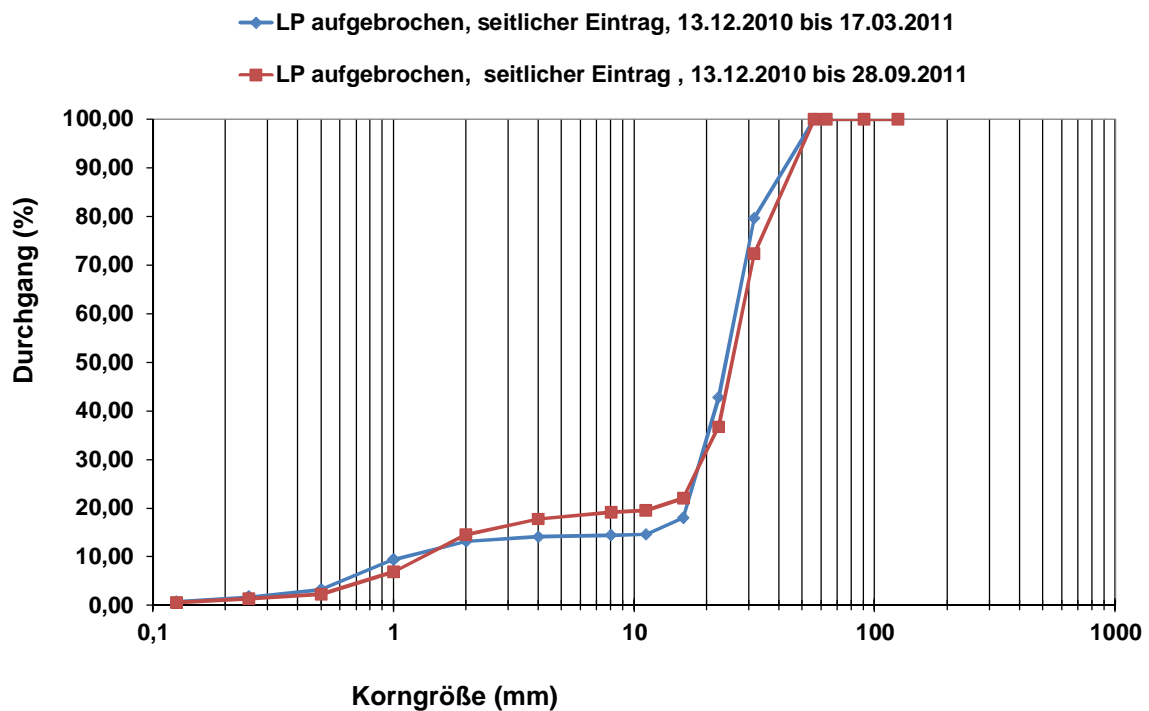


Abb. 48: Grafische Darstellung der beiden Siebkurven des aufgebrochenen Laichplatzes mit kurzer (13.12.2010 bis 17.03.2011) und langer (13.12.2010 bis 28.09.2011) Expositionszeit (seitlicher Eintrag)

Abschließend sind wieder alle 4 Siebkurven des aufgebrochenen Laichplatzes dargestellt. Zusätzlich ist in dieser Graphik die Siebkurve der Probe, die direkt aus dem Laichplatz gezogen wurde dargestellt. Es ist zu sehen, dass die Sedimentprobe aus dem Laichplatz deutlich anders zusammengesetzt ist wie die Sedimentproben aus den Sedimentboxen (vgl. Abb. 49).

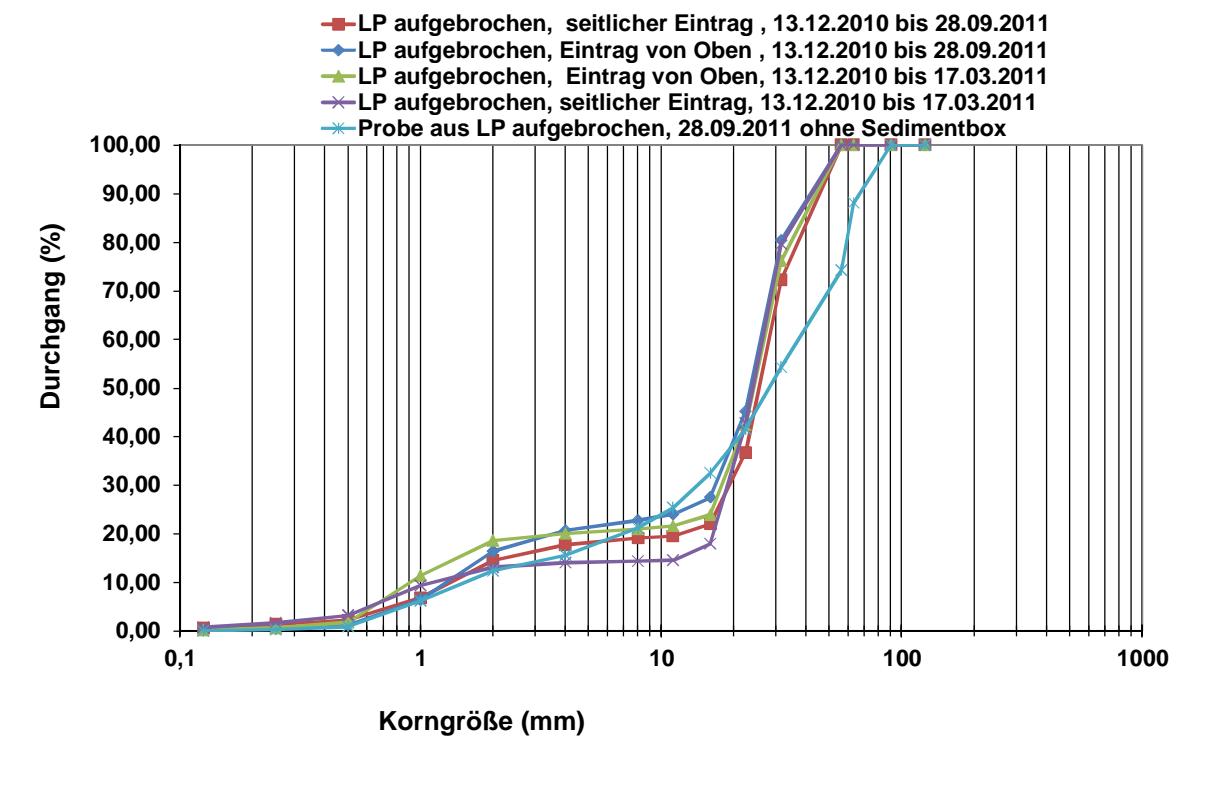


Abb. 49: Grafische Darstellung von allen 4 Siebkurven des aufgebrochenen Laichplatzes mit kurzer (13.12.2010 bis 17.03.2011) und langer (13.12.2010 bis 28.09.2011) Expositionszeit (seitlicher Eintrag & Eintrag von Oben) und die Darstellung der Siebkurve, die direkt aus dem Laichplatz gezogen wurde.

Einen besseren Einblick in diese Unterschiede erhält man, wenn man die gezogene Sedimentprobe aus dem geschütteten Laichplatz mit der gezogenen Probe aus dem aufgebrochenen Laichplatz vergleicht (vgl. Abb. 50).

Bei den Feinsedimenten <1mm sind kaum Unterschiede festzustellen. Deutliche Unterschiede sind jedoch bei den Korngrößenfraktionen zwischen >1mm und <16 mm abzulesen. Hier sieht man, dass im aufgebrochenen Laichplatz diese Anteile durchwegs höher liegen. Die für das Abblachen entscheidenden Korngrößen zwischen >16 mm und <63 mm unterscheiden sich ebenfalls stark voneinander und man sieht, dass der geschüttete Laichplatz zu 81% und der aufgebrochene Laichplatz nur zu 55% aus diesen Korngrößen besteht. Weiters sind am aufgebrochenen Laichplatz auch mehr Kornfraktionen > 63 mm vorhanden.

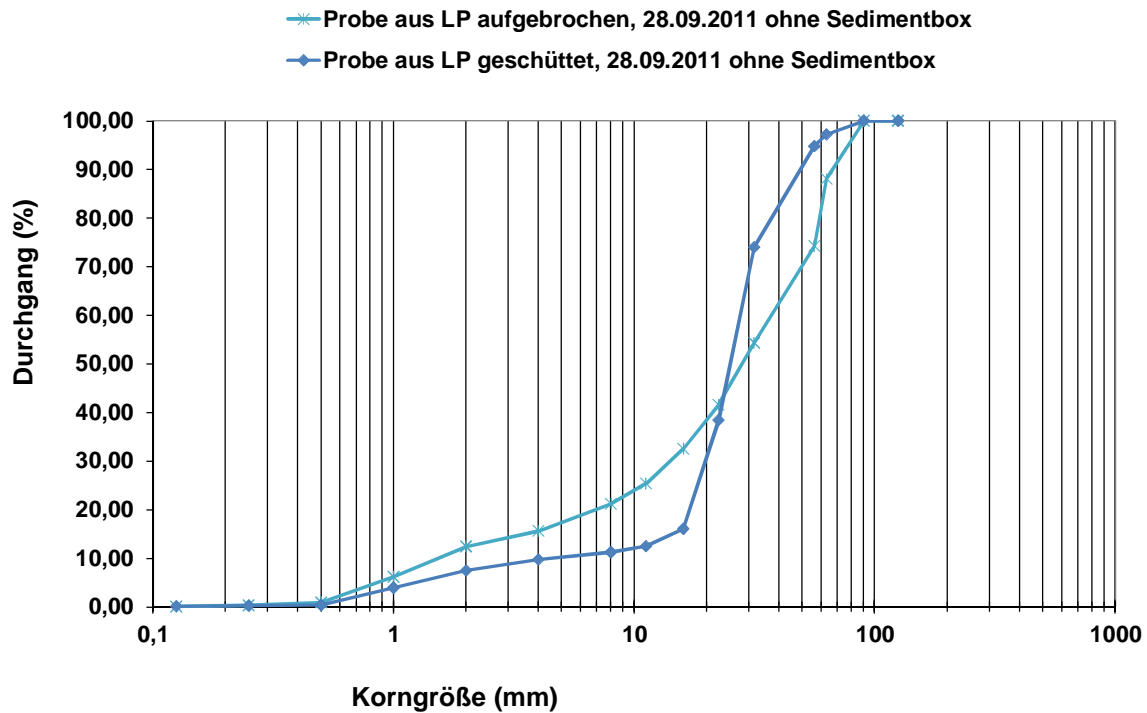


Abb. 50: Vergleich der Siebkurven der gezogenen Sedimentproben direkt aus den Laichplätzen (geschüttet & aufgebrochen)

5 DISKUSSION

Anschließend werden die erhobenen Parameter auf den künstlichen Laichplätzen mit den Parametern auf echten Bachforellenplätzen aus der Literatur verglichen.

5.1 WASSERTIEFEN AM LAICHPLATZ

In der Literatur gibt es zahlreiche Angaben zu Wassertiefen auf Bachforellenlaichplätzen. In der Studie von Louhi et al. 2008 werden insgesamt 17 Bachforellen Laichplatzuntersuchungen [Shirvell & Dungey (1983), Jarvisalo et al. (1984), Heggberget et al. (1988), Takkunen (1993), Tähtinen (1997), Smith (1973), Ottaway et al. (1981), Witzel & MacCrimmon (1983a), Crisp & Carling (1989), Kondolf et al. (1991), Beard & Carline (1991), Essington et al. (1998), Zimmer & Power (2006), Witzel & MacCrimmon (1983b), Olsson & Persson (1986), Rubin & Glimsäter (1996), Rubin (1998)] berücksichtigt und die Ergebnisse in Nutzungskurven zusammengefasst.

Die Wassertiefen auf Bachforellenlaichplätzen reichen in dieser Studie hauptsächlich von 15-45 cm (optimaler genutzter Bereich Nutzungsindex >0,75; kleine Flüsse <10m³/s). In größeren Flüssen (>10 m³/s) liegen die Wassertiefen zwischen 20 und 55 cm.

Die aus diesen 17 Bachforellen-Untersuchungen erstellten Nutzungskurven sind in Abb. 51 dargestellt.

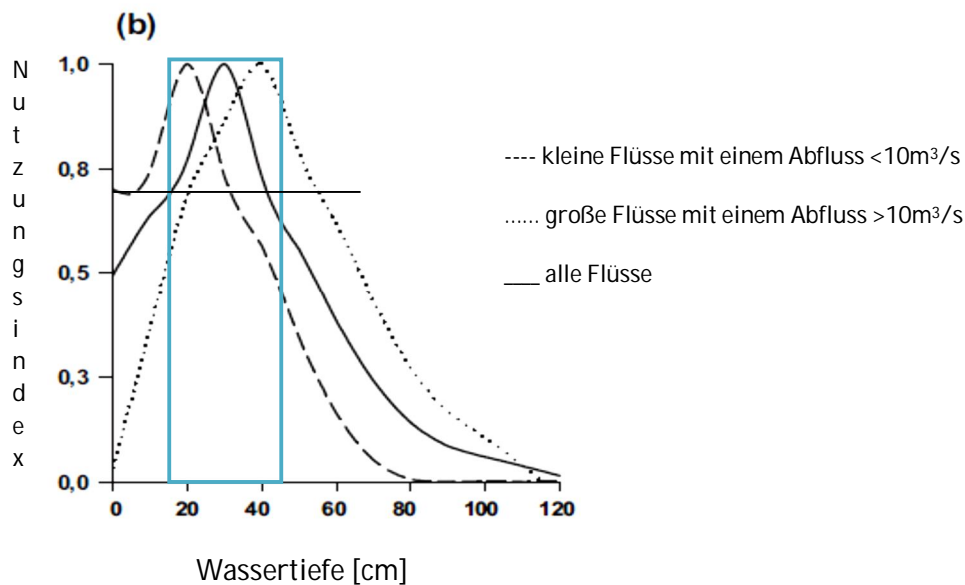


Abb. 51: Nutzungskurven von Wassertiefen auf Bachforellenlaichplätzen (aus Louhi et al. 2008)

Vergleicht man nun die Wassertiefen aus der Literatur mit den Wassertiefen auf den beiden künstlich geschaffenen Laichplätzen (geschütteter LP 17 bis 56 cm, aufgebrochener LP 27 bis 46 cm vgl. Abb. 52 & 53), liegen diese Werte durchgehend innerhalb der Literaturangaben.

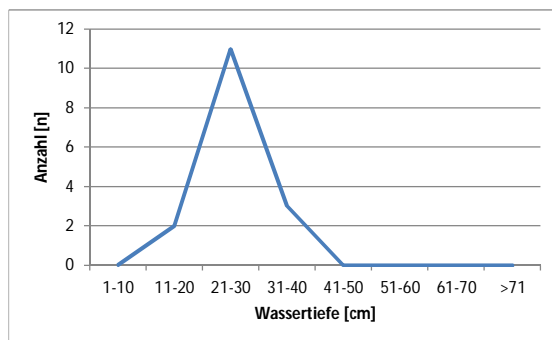


Abb. 52: Wassertiefen [cm] am geschütteten LP

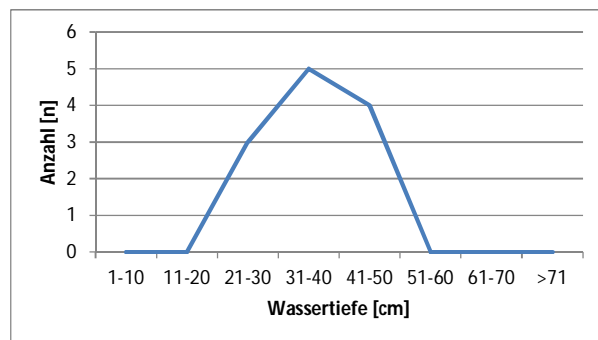


Abb. 53: Wassertiefen am aufgebrochenen LP

5.2 FLIEßGESCHWINDIGKEITEN AM LAICHPLATZ

Über Fließgeschwindigkeiten an Bachforellenlaichplätzen gibt es ebenfalls zahlreiche Untersuchungen. Louhi et al. 2008 geben auch für diesen Parameter einen Überblick aus 17 unterschiedlichen Bachforellenstudien. Die hauptsächlich genutzten mittleren Fließgeschwindigkeiten werden in diesen Studien mit 20 bis 55 cm/s angegeben (optimaler genutzter Bereich Nutzungsindex > 0,75; alle Flüsse). Betrachtet man nur die größeren Flüsse (>10m³/s) ist die mittlere Fließgeschwindigkeit auf den Laichplätzen etwas geringer und liegt

zwischen 20 und 40 cm/s. In Abb. 54 sind wieder die erstellten Nutzungskurven aus all diesen Studien für die mittlere Fließgeschwindigkeit dargestellt.

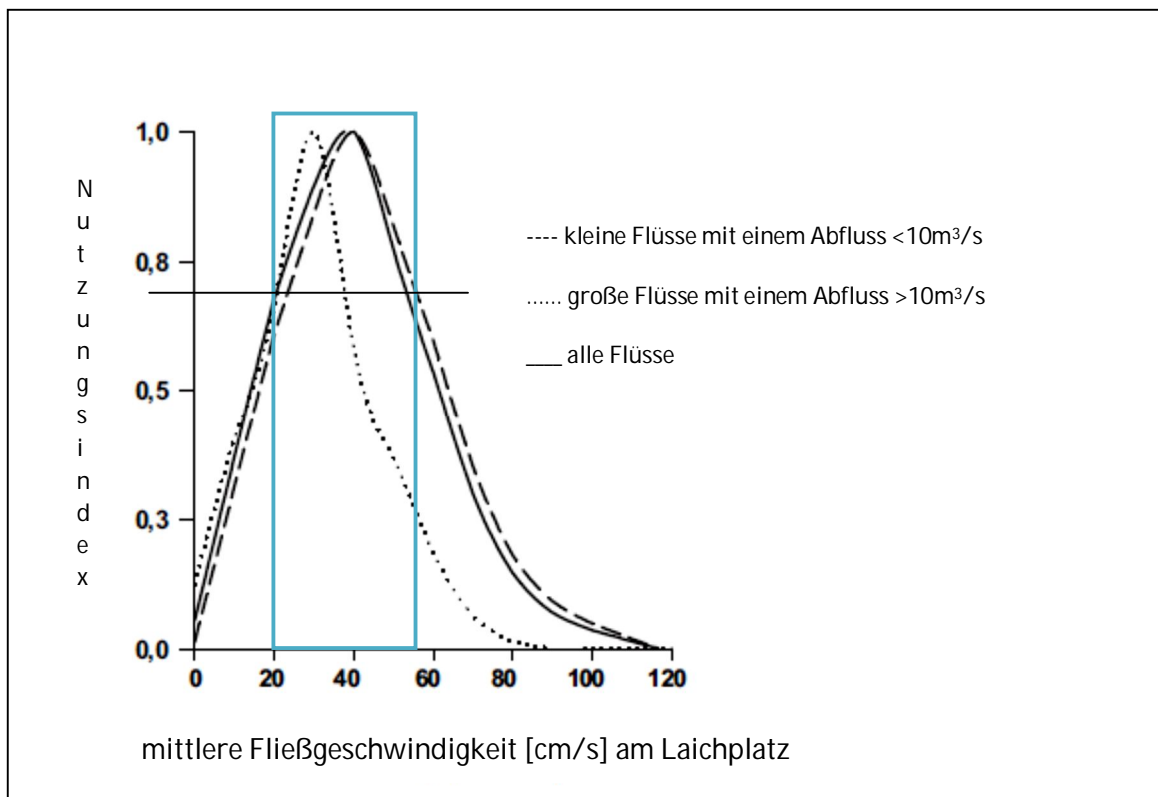


Abb. 54: Nutzungskurven der mittleren Fließgeschwindigkeit [cm/s] von Bachforellenlaichplätzen (aus Louhi et al. 2008)

Vergleicht man nun die Werte der mittleren Fließgeschwindigkeit aus der Literatur mit den mittleren Fließgeschwindigkeiten auf den beiden künstlich geschaffenen Laichplätzen (geschütteter LP 13,1 bis 47,9 cm/s, aufgebrochener LP 13,3 bis 30 cm/s vgl. Abb. 55 & 56), liegen alle Werte durchgehend innerhalb der Literaturangaben.

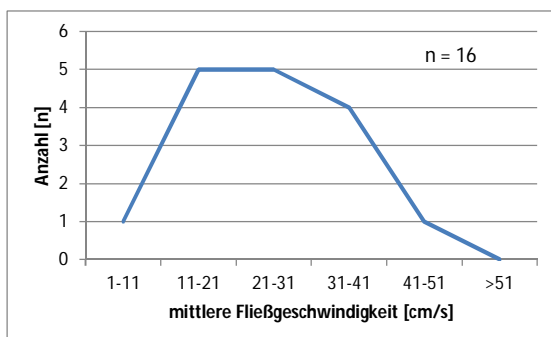


Abb. 55: mittlere FG am geschütteten LP

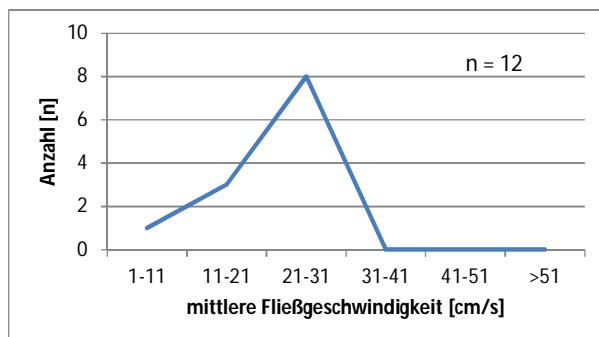


Abb. 56: mittlere FG am aufgebrochenen LP

5.3 SUBSTRAT AM LAICHPLATZ

Das Bachforellenlaichsubstrat wird in der Literatur mit Korngrößen zwischen 16 und 64 mm angegeben (optimal genutzter Bereich Nutzungsindex >0,75; vgl. Abb. 57).

Am geschütteten Laichplatz wurden genau diese Korngrößen (16/32 mm & 32/64 mm im Verhältnis 1:1) eingebracht und machen nach 11,5 Monaten immer noch ca. 80% des gesamten Substratgemisches aus (vgl. Abb. 50).

Der aufgebrochene Laichplatz besteht nach 11,5 Monaten zu nur 56% aus Korngrößen >16 mm bis 64 mm. Daher ist dieses Substratgemisch nicht als optimales Laichsubstrat zu bezeichnen.

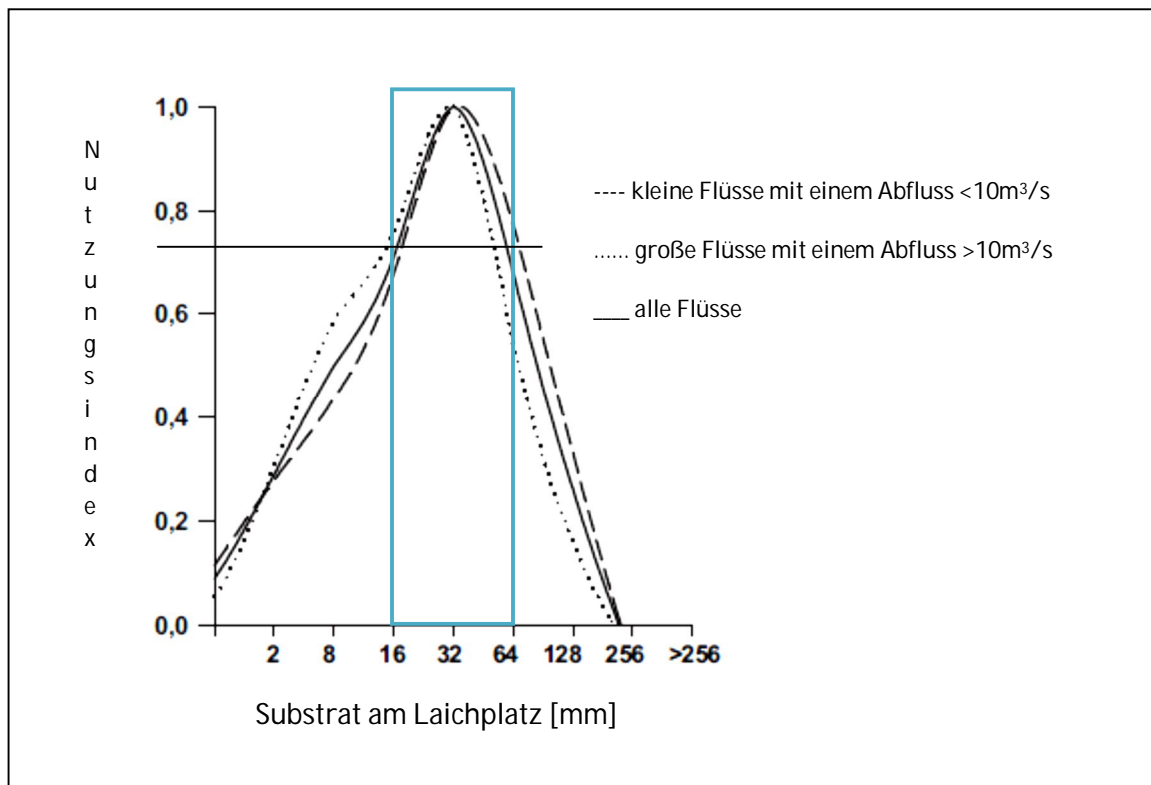


Abb. 57: Nutzungskurven des Substrates von Bachforellenlaichplätzen (aus Louhi et al. 2008)

5.4 SAUERSTOFF

Der Sauerstoffbedarf von Eiern nimmt mit steigender Wassertemperatur und voranschreitender Embryonalentwicklung zu. Beim Schlupf der Larve aus dem Ei werden die höchsten Sauerstoffkonzentrationen (um 7mg/L) benötigt. Frühere Eientwicklungsstadien benötigen weitaus weniger Sauerstoff und tolerieren Werte bis zu 0,8 mg/L (Louhi et al. 2008, vgl. Tab. 16).

Tab. 16: Der Sauerstoffbedarf von Eiern für unterschiedliche Entwicklungsstadien bei unterschiedlichen Wassertemperaturen (aus Louhi et al. 2008).

Stage of development	O ₂ (mg l ⁻¹)	Temperature (°C)	Species*	Reference
Early eggs	0.8	5.5	S	Lindroth (1942) from Davis (1975)
Hatching eggs	10.0	17	S	Lindroth (1942) from Davis (1975)
Hatching eggs	7.1	10	S	Hayes <i>et al.</i> (1951) from Davis (1975)
During intragravel stages	6.0	n/a	S	Elson (1975) from Stanley and Trial (1995)
During intragravel stages	5.0	n/a	S and T	Everest <i>et al.</i> (1987)
During intragravel stages	5.0	n/a	S and T	Bjornn and Reiser (1991)
During intragravel stages	5.0	n/a	S	Gibson (1993)
During intragravel stages	10.0	n/a	T	Rubin and Glimsäter (1996)
During intragravel stages	>7.0	<12.5	S and T	Crisp (1996)
During intragravel stages	2.0–8.0	n/a	S and T	Kondolf (2000)
During intragravel stages	>7.0	n/a	S and T	Crisp (2000)

*S = Atlantic salmon, T = Brown trout.
n/a: information not available.

Vergleicht man nun die Werte aus der Literatur mit den gemessenen Werten (freie Welle, Interstitial in 10 und 20 cm Tiefe) am geschütteten Laichplatz sieht man, dass die Interstitial-Sauerstoffwerte auch noch nach ca. 10 Monaten der Untersuchung im Toleranzbereich liegen.

Die einzige Ausnahme stellt die dritte Messung (28.09.2011) in 20 cm Tiefe dar. Hier liegen die gemessenen Werte weit unter dem Toleranzbereich (vgl. Tab. 17). Jedoch können Bachforelleneier nur von sehr großen Weibchen in dieser Tiefe vergraben werden. Ein Großteil der Weibchen vergräbt seine Eier eher in Tiefen zwischen 1 und 10 cm.

Tab. 17: Gemessene Sauerstoffwerte am geschütteten Laichplatz

geschütteter Laichplatz	13.12.2010	17.03.2011	28.09.2011
Messung in 10 cm Tiefe des Substrats			
1 Messung	11,3 mg/L	9,9 mg/L	8,3 mg/L
2 Messung	10,2 mg/L	8,3 mg/L	7,7 mg/L
3 Messung	10,1 mg/L	8,9 mg/L	8,1 mg/L
Messung in 20 cm Tiefe des Substrats			
1 Messung	9,7 mg/L	7,1 mg/L	2,3 mg/L
2 Messung	9,2 mg/L	7,3 mg/L	3,3 mg/L
3 Messung	9,5 mg/L	7,0 mg/L	3,4 mg/L
Messung in freier Wasserwelle			
1 Messung	12,8 mg/L	11,8 mg/L	9,9 mg/L
2 Messung	12,3 mg/L	11,9 mg/L	10,0 mg/L
Wassertemperatur	4,9°C	5,3°C	13,8°C

Am aufgebrochenen Laichplatz lagen alle gemessenen Sauerstoffwerte während der Inkubationszeit (13.12.2010 und 17.03.2011) im Toleranzbereich (>7mg/L) der Bachforelle. Nach ca. 10 Monaten (28.09.2011) liegen die Werte in 10 cm Tiefe knapp unterhalb und in 20 cm Tiefe stark unterhalb des Toleranzbereiches für Bachforellen (vgl. Tab. 18). Das heißt, dass die Sauerstoffwerte für einen guten Schlupf nicht ausreichen würden und hohe Mortalitäten die Folge wäre. Daher wäre es notwendig den aufgebrochenen Laichplatz vor der nächsten Laichperiode erneut vom Feinsubstrat zu säubern, um eine ausreichende Versorgung mit Sauerstoff zu gewährleisten.

Tab. 18: Gemessene Sauerstoffwerte am aufgebrochenen Laichplatz

aufgebrochener Laichplatz	13.12.2010	17.03.2011	28.09.2011
Messung in 10 cm Tiefe des Substrats			
1 Messung	10,8 mg/L	8,7 mg/L	6,3 mg/L
2 Messung	10,1 mg/L	8,2 mg/L	5,6 mg/L
3 Messung	10,6 mg/L	8,3 mg/L	5,8 mg/L
Messung in 20 cm Tiefe des Substrats			
1 Messung	7,7 mg/L	7,1 mg/L	3,3 mg/L
2 Messung	7,9 mg/L	7,2 mg/L	3,2 mg/L
3 Messung	7,7 mg/L	7,1 mg/L	2,1 mg/L
Messung in freier Wasserwelle			
1 Messung	12,2 mg/L	11,7 mg/L	10,2 mg/L
2 Messung	12,4 mg/L	11,8 mg/L	10,1 mg/L
Wassertemperatur	5,0°C	5,4°C	13,7°C

Vergleicht man den geschütteten Laichplatz mit dem aufgebrochenen Laichplatz, schneidet der geschüttete Laichplatz hinsichtlich der Sauerstoffwerte im Interstitial besser ab. Dieses Ergebnis überrascht nicht, da beim geschütteten Laichplatz ein optimales Flussschottergemisch ohne Feinanteile eingebracht wird und im Gegensatz am aufgebrochenen Laichplatz das Flussschottergemisch breiter gestreut und nicht so einheitlich ist und auch nicht alle Feinsedimente ausgewaschen werden. Daher liegen die gemessenen Sauerstoffwerte durchwegs unter den gemessenen Werten am geschütteten Laichplatz.

5.5 FEINSEDIMENTE AM LAICHPLATZ

In der Literatur gibt es eine große Anzahl an Studien die sich mit Feinsedimentablagerungen in Bachforellenlaichplätzen <15 mm beschäftigen. Viele dieser Studien zeigen, dass eine Ablagerung von Feinsedimenten <2 mm einen großen Einfluss auf das Überleben von Bachforelleneier hat (vgl. Tab. 19). Die Ablagerung von Feinsedimenten reduziert die Durchlässigkeit im Laichsubstrat und somit werden die Eier mit weniger Sauerstoff versorgt (Chapman 1988, Lisle 1989, Pauwels & Haines 1994, Sear 1993). Das führt zu niedrigen Überlebensraten oder zu einem vorzeitigen Schlupf der Larven (Tappel & Bjornn 1983, Olsson & Näslund 1985).

Abhängig von der Korngröße der abgelagerten Feinsedimente, reagieren die Eier und Larven auf unterschiedliche Weise. Korngrößen < 1mm oder < 2mm (Sandfraktionen) verschließen die Oberfläche des Laichplatzes und daher haben die geschlüpften Larven Schwierigkeiten aus dem Substrat zu emergieren (Kondolf 2000). Die Angaben in der Literatur streuen hier stark, aber als kritisch werden Anteile von >10 bis >20% am Gesamtlaihs substrat angesehen (vgl. Tab. 19).

Andere Studien zeigen, dass schon 1,5% von Feinanteilen <0,125 mm (Ton, Schlamm) ausreichen um die Sauerstoffaufnahme von Eiern stark einzuschränken und damit hohe Mortalitäten hervorzurufen (Lapointe et al. 2004, Greig et al. 2005, Julien & Bergeron 2006).

Tab. 19: Die Korngröße (mm) und der Anteil (%) von Feinsedimenten im Substrat von Salmoniden-Laichplätzen

Critical sediment		Species	Reference
(mm)	(%)		
<2.2	n/a	<i>S. salar</i>	Peterson (1978)
<2.0	>10	<i>S. trutta</i>	Ottaway <i>et al.</i> (1981)
<9.2	n/a	<i>S. trutta</i>	Witzel and MacCrimmon (1983b)
<4.8	n/a	<i>S. trutta</i>	Olsson and Persson (1986)
<15.0	n/a	<i>S. trutta</i>	Rubin and Glimsäter (1996)
<1.0	>15	<i>Salmo sp.</i>	Crisp (1996)
<15.0	n/a	<i>S. trutta</i>	Rubin (1998)
<1.0	>10	<i>S. salar</i>	O'Connor and Andrew (1998)
<10.0	n/a	<i>Salmo sp.</i>	Kondolf (2000)
<1.0	>14	<i>S. trutta</i>	Milan <i>et al.</i> (2000)
<2.0	>23	<i>Salmo sp.</i>	Soulsby <i>et al.</i> (2001)

n/a: information not available.

Vergleicht man nun wieder die Angaben aus der Literatur mit den Werten der künstlich geschaffenen Laichplätze sieht man, dass die Feinanteile <0,125 mm in allen Proben weit unter dem kritischen Wert liegen und daher diese Kornfraktionen in der Thaya keine negativen Auswirkungen haben (vgl. Tab. 20 & 21).

Betrachtet man die Korngrößen <2 mm liegen die erhobenen Werte in den künstlichen Laichplätzen ebenfalls alle, manche sogar deutlich unter der 20% Marke (vgl. Tab. 20 & 21).

Daher kann gesagt werden, dass die Feinsedimentablagerungen in den künstlichen Laichplätzen im Zeitraum von 10 Monaten innerhalb es Toleranzbereiches liegen und daher die Laichplätze nach wie vor als funktionsfähig angesehen werden können.

Tab. 20: Feinsiebanalysen vom geschütteten Laichplatz (Durchgang gesamt in %)

Fraktion (mm)	geschütteter Laichplatz				
	oben 1. Termin	oben 2. Termin	seitlich 1. Termin	seitlich 2. Termin	Probe aus LP ohne Box
	Durchgang gesamt	Durchgang gesamt	Durchgang gesamt	Durchgang gesamt	Durchgang gesamt
0,125	0,21	0,20	0,46	0,23	0,08
0,25	0,49	0,48	1,07	0,53	0,23
0,5	1,20	0,95	1,68	0,68	0,38
1	9,59	8,04	7,18	5,50	3,95
2	19,11	19,90	13,37	12,88	7,44
4	20,66	22,43	14,90	14,98	9,71
8	21,37	23,86	15,51	16,04	11,23
11,2	21,72	24,47	15,66	16,72	12,44
16	23,48	26,86	17,11	21,54	16,01
22,4	33,57	43,08	28,50	46,61	38,39
31,5	68,19	77,91	63,56	79,89	73,98
56	100,00	100,00	100,00	100,00	94,76
63	100,00	100,00	100,00	100,00	97,19
90	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
125	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Tab. 21: Feinsiebanalysen vom aufgebrochenen Laichplatz (Durchgang gesamt in %)

Fraktion (mm)	aufgebrochener Laichplatz				
	oben 1. Termin	oben 2. Termin	seitlich 1. Termin	seitlich 2. Termin	Probe aus LP ohne Box
	Durchgang gesamt	Durchgang gesamt	Durchgang gesamt	Durchgang gesamt	Durchgang gesamt
0,125	0,22	0,21	0,71	0,54	0,00
0,25	0,59	0,56	1,67	1,30	0,27
0,5	1,78	1,20	3,17	2,22	0,90
1	11,40	6,48	9,37	6,83	6,15
2	18,58	16,41	13,10	14,49	12,40
4	20,06	20,63	14,05	17,71	15,57
8	20,95	22,75	14,37	19,10	21,18
11,2	21,61	24,01	14,52	19,48	25,34
16	23,91	27,46	17,94	22,01	32,49
22,4	42,49	45,14	42,70	36,66	41,54
31,5	76,17	80,35	79,60	72,24	54,30
56	100,00	100,00	100,00	100,00	74,21
63	100,00	100,00	100,00	100,00	88,05
90	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
125	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Abschließend wird hier eine weitere Studie, die sich mit künstlichen Laichplätzen beschäftigt, angeführt (Pulg et. al 2011). Die Untersuchung ergab, dass die Überlebensraten von Bachforellenbrut mit der durchschnittlichen Korngröße (Dm) (vgl. Tab. 22), dem Sauerstoffgehalt im Interstitial und dem prozentuellen Feinsedimentanteil am künstlichen Laichplatz korreliert.

Ein Überleben von Bachforellenbrut wurde nur festgestellt, bei einer durchschnittlichen Korngröße von Dm >5,7 mm, bei einem Feinsedimentanteil (<0,85 mm) <18,5% und einer Sauerstoffkonzentration im Interstitial (10cm Tiefe) >6.7 mg/L.

Vergleicht man diese Angaben mit den Ergebnissen an der Thaya, liegen alle gemessenen Werte an der Thaya im Toleranzbereich dieser Studie.

Tab. 22: Feinsiebanalyse der untersuchten künstlichen Laichplätze an der Thaya mit den Angaben zu der durchschnittlichen Korngröße (dm).

	geschütteter LP Eintrag v. Oben 1. Termin	geschütteter LP Eintrag seitlich 1. Termin	geschütteter LP Eintrag v. Oben 2. Termin	geschütteter LP Eintrag seitlich 2. Termin	aufgebrochener LP Eintrag v. Oben 1. Termin	aufgebrochener LP Eintrag seitlich 1. Termin	aufgebrochener LP Eintrag v. Oben 2. Termin	aufgebrochener LP Eintrag seitlich 2. Termin	Probe aus LP geschüttet 2. Termin	Probe aus LP aufgebrochen 2. Termin
(mm)										
dm	25,755	28,01	22,944	23,576	23,729	24,261	22,516	25,262	27,416	33,203
U	28,205	22,189	23,574	16,837	29,582	23,379	20,231	21,028	6,035	24,233
Cc	13,208	12,381	9,838	8,194	13,201	12,025	8,527	9,901	3,099	3,508
d10	1,03	1,371	1,121	1,526	0,904	1,124	1,279	1,332	4,566	1,533
d20	2,978	17,426	2,056	14,277	3,889	16,454	3,607	12,052	16,989	6,915
d30	19,886	22,729	17,077	17,924	17,866	18,849	16,792	19,223	19,745	14,131
d40	23,864	25,05	21,014	20,498	21,412	21,593	20,313	23,128	22,748	21,153
d50	26,334	27,609	23,97	23,192	24,169	23,963	23,479	25,454	25,035	28,081
d60	29,059	30,428	26,435	25,693	26,744	26,282	25,866	28,014	27,552	37,14
d70	32,548	34,872	29,153	28,465	29,593	28,826	28,496	30,831	30,322	49,585
d80	39,002	40,836	33,262	31,599	34,552	31,857	31,393	36,997	37,213	58,829
d90	46,734	47,821	43,159	42,066	43,988	42,238	41,785	45,517	49,085	66,776
d16	1,595	12,177	1,592	7,793	1,559	13,069	1,944	2,768	15,984	4,218
d84	41,928	43,498	36,915	35,431	38,055	35,662	35,053	40,194	41,572	60,866

6 BEOBACHTUNG DER KÜNSTLICH ANGELEGTEN LAICHPLÄTZEN

Eine der Fragestellungen war, ob die neu geschaffenen Laichareale von Bachforellen aus der Thaya angenommen werden. Daher wurden am 26.11.2010 und am 13.12.2010 die Laichplätze aufgesucht und nach Laichaktivitäten bzw. geschlagenen Laichgruben Ausschau gehalten. An beiden Terminen konnten jedoch keinerlei Laichaktivitäten auf den künstlichen Laichplätzen festgestellt werden.

Daher wurde am 13.12.2010 die gesamte Schleife um den Umlaufberg nach Laichgruben abgesucht. Konnten im Winter 2008 bei der durchgeführten Laichplatzkartierung in diesem Bereich 45 Bachforellen-Laichgruben festgestellt werden, war im Winter 2010 keine einzige Laichgrube zu finden.

Am 19.01.2011 wurden die beiden künstlichen Laichplätze sowie die Schleife um den gesamten Umlaufberg nochmals besichtigt. Wiederum konnten auf den beiden Laichplätzen so wie am gesamten Umlaufberg keine Laichgruben festgestellt werden.

Aufgrund dieser dreimaligen Besichtigung kann gesagt werden, dass im Winter 2010 im gesamten Bereich des Umlaufberges kein Ablachen der Bachforelle stattgefunden hat. Die Gründe für das vollständige Fehlen von Laichaktivitäten im Winter 2010/2011 im Bereich des Umlaufberges sind unbekannt.

Am 10.01.2012 erfolgte eine weitere Besichtigung des Laichplatzes. An diesem Termin konnten erstmals 2 natürlich angelegte Laichplätze am geschütteten Laichplatz festgestellt werden.



Abb. 58: Zwei natürlich angelegte Laichplätze am geschütteten Laichplatz

7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

7.1 ZUSAMMENFASSUNG

- Die **Schlupfraten** in den Brutboxen lagen am geschütteten und aufgebrochenen Laichplatz **bei 91% bzw. 93%**. Daher können die beiden künstlichen Laichplätze für ein Larvenaufkommen als sehr gut bewertet werden.
- Das **verwendete Eimaterial vom aufgebauten Mutterfischstamm** kann aufgrund der hohen Schlupfraten ebenfalls **als sehr gut beurteilt werden**.
- Die **erhobenen Parameter (Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit)** auf den beiden künstlichen Laichplätzen wurden mit den Angaben von Bachforellenlaichplätzen aus der Literatur verglichen und **alle Werte liegen durchwegs innerhalb der Toleranzbereiche**. Daher kann die **bautechnische Umsetzung** der Laichplatzschaffung ebenfalls mit **sehr gut bewertet werden**.

Die **Substratzusammensetzung am aufgebrochenen Laichplatz zeigt**, dass die **zum Abbläuen so notwendigen Korngrößen zwischen 16 und 64 mm nur 55%** vom Gesamtsubstrat ausmachen. Im Gegensatz dazu machen diese Kornfraktionen **am geschütteten Laichplatz fast 81%** aus.
- Die **gemessenen Sauerstoffwerte in 10 cm Tiefe** des Interstitial **des geschütteten Laichplatzes liegen nach 10 Monaten alle innerhalb des Toleranzbereiches** für Bachforelleneier und Larven. **In 20 cm Tiefe** des Substrates **liegen die gemessenen Werte während der Inkubationsphase (13.12.2010 bis 17.03.2011) ebenfalls innerhalb des Toleranzbereiches**, nach 10 Monaten am 28.09.2011 **liegen die Werte jedoch stark unterhalb der notwendigen Grenzwerte**. Da jedoch nur sehr große Bachforellen ihre Eier in dieser Tiefe ablegen können, wird die **Sauerstoffsituation im geschütteten Laichplatz im Untersuchungszeitraum mit gut beurteilt**.

Am aufgebrochenen Laichplatz liegen die Sauerstoffwerte während der Inkubationsphase (13.12.2010 bis 17.03.2011) in 10 und 20 cm Tiefe im Toleranzbereich, nach 10 Monaten **liegen die Werte in 10 cm Tiefe knapp unterhalb und in 20 cm Tiefe deutlich unterhalb der benötigten Sauerstoffkonzentrationen**. Daher wäre es notwendig den Laichplatz erneut aufzubrechen, um bessere Verhältnisse im Interstitial zu schaffen. **Daher muss der aufgebrochene Laichplatz nach 10 Monaten aufgrund der gemessenen Sauerstoffwerte negativ beurteilt werden**.
- Betrachtet man die **eingeschwemmten Feinanteile <0,125 mm (Ton, Schlamm)** in allen Proben, **liegen diese weit unter dem kritischen Wert von 1,5%** und daher haben diese Kornfraktionen in der Thaya **keine negativen Auswirkungen** auf die künstlich angelegten Laichplätze.

Betrachtet man **die Korngrößen <2 mm** liegen die erhobenen Werte in den künstlich geschaffenen Laichplätzen **ebenfalls alle, manche sogar deutlich unter der aus der Literatur angegebenen 20% Marke**.

Daher werden die beiden künstlichen Laichplätze nach Ende der Untersuchungszeit (10 Monate) als funktionstüchtig beurteilt.
- Die Untersuchung zeigt, **dass große Mengen an Sandfraktionen (1 bis 4 mm) in der Thaya transportiert werden** und schon nach ca. 3 Monaten die eingebauten

Sedimentboxen komplett aufgefüllt waren. Ebenso zeigt aber die direkt aus dem Laichplatz gezogene Probe, **dass die stattfindenden Sunk- und Schwallereignisse auch wieder zu einer Auswaschung und zu einem Weitertransport dieser Korngrößen führen.**

- Die Feinsiebanalyse aus dem aufgebrochenen Laichplatz zeigt, **dass die für das Abbläuen notwendigen Korngrößen (16-63 mm) nur 55%** vom Gesamtsubstrat ausmachen. Daher ist ein Einbringen dieser Korngrößen dringend notwendig, um bessere Laichbedingungen zu schaffen.
- **Die Sunk- und Schwall-Ereignisse führten während der Untersuchung zu einer Verlagerung des geschütteten Laichplatzes um ca. 5m flussab.** Dennoch reichen diese **Abflussschwankungen (1 bis 50 m³/s) nicht aus um den gesamten Laichplatz abzutragen.** Daher kann gesagt werden, dass bei normalen Sunk- und Schwall-Ereignissen in der Thaya der geschüttete Laichplatz vor Ort liegen bleibt und kein völliger Abtrag des Laichplatzes zu befürchten ist.
- **Hochwässer kamen im Untersuchungszeitraum nicht vor.** Daher kann über den Erhalt von den künstlichen Laichplätzen in Hochwassersituationen keine Auskunft gegeben werden.
- **Die künstlichen Laichplätze wurden in der ersten Bachforellenlaichzeit (2010/2011) von in der Thaya wild lebenden Bachforellen nicht angenommen. In der zweiten Bachforellenlaichzeit (2011/2012) konnten jedoch eindeutig zwei geschlagene Laichplätze am geschütteten Laichplatz nachgewiesen werden.** Am aufgebrochenen Laichplatz waren auch in der zweiten Saison keine Laichplätze zu finden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der geschüttete Laichplatz bis zum Untersuchungsende voll funktionsfähig war und daher eine positive Gesamtbeurteilung abgegeben werden kann.

Der aufgebrochene Laichplatz weist vor allem Defizite bei den Sauerstoffwerten im Interstitial auf. Daher müsste dieser Laichplatz erneut aufgebrochen werden um bessere Bedingungen im Interstitial zu schaffen. Die Korngrößen zwischen 16 und 63 mm (typisches Laichsubstrat) machen nur ca. 55% des Gesamtsubstrates aus und aufgrund dieser Defizite fällt die Gesamtbeurteilung für diese Laichplatzvariante negativ aus.

Vergleicht man den geschütteten mit dem aufgebrochenen Laichplatz, ist die geschüttete Variante auf jeden Fall dem aufgebrochenen Laichplatz vorzuziehen.

7.2 AUSBLICK

Nach Abschluss dieser ersten Laichplatzuntersuchungen wäre es sinnvoll diese Untersuchungen fortzuführen. Bei einer längeren Beobachtung des geschütteten Laichplatzes könnten Aussagen über die längerfristigen Laichplatzbedingungen getroffen werden und Fragen „Wie lange ist der künstlich geschüttete Laichplatz für Bachforellen nutzbar“ und „ Welches Hochwasserereignis führt zu einem völligen Abtrag des künstlichen Laichplatzes“ könnten beantwortet werden.

Eine weitere wichtige Information könnte man erhalten, wenn man Sedimentproben aus natürlich angelegten Laichplätzen in der Thaya entnimmt und diese mit den Sedimentproben an den künstlich geschaffenen Laichplätzen vergleicht. Dieser Vergleich würde eine Feinjustierung der künstlich geschütteten Laichplätze ermöglichen.

In weiterer Folge sollten auf jedem Fall eine größere Anzahl an künstlich geschütteten Laichplätzen angelegt werden. In Kombination mit Gewässeraufweitungen an monotonen Abschnitten der Thaya könnten Situationen geschaffen werden, an denen der eingebrachte Flussschotter auch im Hochwasserfall liegen bleibt. Eine weitere Variante wäre das Anlegen von künstlichen Strukturen (z.B.: Stein- oder Holzbühnen) an geeigneten Stellen, an denen sich flussab ebenfalls Laich-Schotterkörper ausbilden könnten.

8 LITERATUR

BARLAUP B.T., GABRIELSEN S.E., SKOGLUND H., WIERS T. (2008): Addition of spawning gravel-a means to restore spawning habitat of Atlantic salmon, anadromous and resident trout in regulated rivers. *River Research and Applications* 24: 543-550.

BEARD T.D. JR., CARLINE R.F. (1991): Influence of spawning and other stream habitat features on spatial variability of wild brown trout. *Transactions of the American Fisheries Society* 120: 711-722.

BJORNN T.C., REISER D.W. (1991): Habitat requirements of salmonids in streams. In *Influences of Forest and Rangeland Management on Salmonid fishes and their Habitats*, Meehan WR (ed.). American Fisheries Society Special Publications 19, Bethesda, Maryland; 83-138.

CHAPMAN D.W. (1988) Critical review of variables used to define effects of fines in redds of large salmonids. *Transactions of the American Fisheries Society* 117: 1-121.

CRISP D.T. (1996): Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in fresh water with particular relevance to physical and chemical aspects. *Hydrobiologia* 323: 201-221.

CRISP D.T. (2000): *Trout and Salmon. Ecology Conservation and Rehabilitation*. Blackwell Science: Oxford; 212.

CRISP D.T., CARLING P.A. (1989): Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. *Journal of Fish Biology* 34: 119-134.

DAVIS J.C. (1975): Minimal dissolved oxygen requirements of aquatic life with emphasis on Canadian species: a review. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 32: 2295-2332.

ELSON P.F. (1975): Atlantic salmon rivers, smolt production and optimal spawning: an overview of natural production. *International Atlantic salmon Foundation Special Publication Series* 6: 96-119.

ESSINGTON T.E., SORENSEN P.W., PARON D.G. (1998): High rate of redd superimposition by brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and brown trout (*Salmo trutta*) in a Minnesota stream cannot

be explained by habitat availability alone. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 2310–2316.

EVEREST F.H., BESCHTA R.L., SCRIVENER J.C., KOSKI K.V., SEDELL J.R., CEDERHOLM C.J. (1987): Fine sediment and salmonid production: a paradox. In *Streamside Management and Forestry and Fishery Interactions*, Salo EO, Cundy TW (eds). Contribution no. 57. College of Forest Resources, University of Washington; 89–142.

GIBSON R.J. (1993): The Atlantic salmon in fresh water: spawning, rearing and production. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 3: 39–73.

GREIG S.M., SEAR D.A., SMALLMAN D., CARLING P.A. (2005): Impact of clay particles on the cutaneous exchange of oxygen across the chorion of Atlantic salmon eggs. *Journal of Fish Biology* 66: 1681–1691.

HAYES F.R., WILMOT I.R., LIVINGSTONE D.A. (1951): The oxygen consumption of the salmon egg in relation to development and activity. *Journal of Experimental Zoology* 116: 377–395.

HEGGBERGET T.G., HAUKEBØ T., MORK J., STAHL G. (1988): Temporal and spatial segregation of spawning in sympatric populations of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. and brown trout, *Salmo trutta* L. *Journal of Fish Biology* 33: 347–356.

Holzer G. (2011): Projekt zur Verbesserung des Reproduktionserfolges der Bachforelle (*Salmo trutta*) im Nationalpark Thayatal Bericht: Anlegen der beiden künstlichen Laichplätze und Überprüfung der Funktionsfähigkeit mit Brutboxen. Im Auftrag Nationalpark Thayatal GmbH, 9pp.

JÄRVISALO O., HEIKKILÄ T., KÄRKKÄINEN P. (1984): Spawning habitat of landlocked trout (*Salmo trutta m. lacustris*) in Äyskoski. *Vesihallituksen monistesarja* 255. Kuopio, 18p3 pp. (In Finnish).

JULIEN H.P., BERGERON N.E. (2006): Effect of fine sediment infiltration during the incubation period on Atlantic salmon (*Salmo salar*) embryo survival. *Hydrobiologia* 563: 61–71.

KONDOLF G.M., CADA G.F., SALE M.J., FELANDO T. (1991): Distribution and stability of potential salmonid spawning gravels in steep boulder-bed streams of the Eastern Sierra Nevada. *Transactions of the American Fisheries Society* 120: 177–186.

KONDOLF G.M. (2000): Assessing salmonid spawning gravel quality. *Transactions of the American Fisheries Society* 129: 262–281.

LAPOINTE M.F., BERGERON N.E., BERUBE F., POULIOT M.A., JOHNSTON P. (2004): Interactive effects of substrate sand and silt contents, redd-scale hydraulic gradients, and interstitial velocities on egg-to-emergence survival of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61: 2271–2277.

LEVASSEUR M., BERGERON N.E., LAPOINTE M.F., BERUBE F. (2006): Effects of silt and very fine sand dynamics in Atlantic salmon (*Salmo salar*) redds on embryo hatching success. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63: 1450–1459.

LINDROTH A. (1942): Sauerstoffverbrauch der Fische. I. Verschiedene Entwicklungs- und Altersstadien vom Lachs und Hecht. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie* 29: 583–594.

- LISLE T.E. (1989): Sediment transport and resulting deposition in spawning gravels, North Coastal California. *Water Resources Research* 25: 1303–1319.
- LOUHI P., A. MÄKI-PETÄ YS & J. ERKINARO (2008): Spawning habitat of Atlantic salmon and Brown trout: General criteria and intragravel factors. *River. Res. Applic.* 24: 330–339 (2008).
- MILAN D.J., PETTS G.E., SAMBROOK. H. (2000): Regional variations in the sediment structure of trout streams in southern England: benchmark data for siltation assessment and restoration. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 10: 407–420.
- O'CONNOR W.C.K., ANDREW T.E. (1998): The effects of siltation on Atlantic salmon, *Salmo salar* L., embryos in the river Bush. *Fisheries Management and Ecology* 5: 393–401.
- OLSSON T.I., NÄSLUND I. (1985): Effects of mire drainage and peat extraction on benthic invertebrates and fish. *International Peat Society Symposium, Sweden* 17: 147–152.
- OLSSON T.I., PERSSON B.G. (1986): Effects of gravel size and peat material concentrations on embryo survival and alevin emergence of brown trout, *Salmo trutta* L. *Hydrobiologia* 135: 9–14.
- OTTAWAY E.M., CARLING P.A., CLARKE A., READER N.A. (1981): Observations on the structure of brown trout, *Salmo trutta Linnaeus*, redds. *Journal of Fish Biology* 19: 593–607.
- PAUWELS S.J., HAINES T.A. (1994): Survival, hatching, and emergence success of Atlantic salmon eggs planted in three Maine streams. *North American Journal of Fisheries Management* 14: 125–130.
- PETERSON R.H. (1978): Physical characteristics of Atlantic salmon spawning gravel in some New Brunswick streams. *Fisheries Marine Services Technical Report* 785; 28 pp.
- PEDERSON M.L., KRISTENSEN E.A., KRONVANG B., THODSEN H. (2009): Ecological effects of re-introduction of spawning gravel in lowland Danish streams. *River Research Applications* 25: 626–638.
- PULG U., BARLAUP B., STERNECKER K., TREPL L., UNFER G. (2011): Restoration of spawning habitats of brown trout (*Salmo trutta*) in a regulated chalk stream. *River Res. Applic.* (2011) DOI:10.1002/rra.1594.
- RUBIN J.F., GLIMSÄTER C. (1996): Egg-to-fry survival of the sea trout in some streams of Gotland. *Journal of Fish Biology* 48: 585–606.
- RUBIN J.F. (1998): Survival and emergence pattern of sea trout fry in substrata of different compositions. *Journal of Fish Biology* 53: 84–92.
- SEAR D.A. (1993): Fine sediment infiltration into gravel spawning beds within a regulated river experiencing floods: ecological implications for salmonids. *Regulated Rivers: Research and Management* 8: 373–390.
- SHIRVELL C.S., DUNGEY R.G. (1983): Microhabitats chosen by brown trout for feeding and spawning in rivers. *Transactions of the American Fisheries Society* 112: 355–367.
- SMITH A.K. (1973): Development and application of spawning velocity and depth criteria for Oregon salmonids. *Transactions of the American Fisheries Society* 102: 312–316.

- STANLEY J.G., TRIAL J.G. (1995): Habitat Suitability Index Models: Nonmigratory Freshwater Life Stages of Atlantic salmon, Biological Science Report 3. U.S. Department of the Interior: Washington, D.C.; 16.
- SOULSBY C., YOUNGSON A.F., MOIR H.J., MALCOLM I.A. (2001): Fine sediment influence on salmonid spawning habitat in a lowland agricultural stream: a preliminary assessment. *Science of the Total Environment* 265: 295–307.
- TAKKUNEN T. (1993): Number of redds and spawning habitat of landlocked trout (*Salmo trutta m. lacustris*) in riffles of Rautalampi in years 1986–1989. In setting out of trouts and its reproduction in riffles of Rautalampi. Licentiate's dissertation, Takkunen, T, University of Kuopio (In Finnish), 63 pp.
- TÄHTINEN P. (1997): Spawning habitat characteristics of brown trout (*Salmo trutta L.*) in Kilsikoski, river Livojoki. M. Sc. thesis, University of Oulu (In Finnish), 79 p.
- TAPPEL P.D., BJORNN T.C. (1983): A new method of relating size of spawning gravel to salmonid embryo survival. *North American Journal of Fisheries Management* 3: 123–135.
- WITZEL L.D., MACCRIMMON H.R. (1983a): Redd-site selection by brook trout and brown trout in Southwestern Ontario streams. *Transactions of the American Fisheries Society* 112: 760–771.
- WITZEL L.D., MACCRIMMON H.R. (1983b): Embryo survival and alevin emergence of brook charr, *Salvelinus fontinalis*, and brown trout, *Salmo trutta*, relative to redd gravel composition. *Canadian Journal of Zoology* 61: 1783–1792.
- ZANKE, U. (2001): Hydraulik. – In: Lecher, K., Lühr, H.P. & Zanke, U. (ed.), *Taschenbuch der Wasserwirtschaft*, 8. Aufl., Verlag Paul Parey, Hamburg, pp. 189-221.
- ZIMMER M.P., POWER M. (2006): Brown trout spawning habitat selection preferences and redd characteristics in the Credit River, Ontario. *Journal of Fish Biology* 68: 1333–1346.