



Fachbericht Hydroakustik **Untersuchungen zum Fischeufstieg**

Anlage D7.05.02

29.11.2017

Berichtverfasser:

LFV Hydroakustik GmbH

im Rahmen der

Arbeitsgemeinschaft Bosch & Partner / BNGF

Im Auftrag von

Kraftwerk Reckingen AG



RKR2020 – Umweltplanung Modul 2

Fachbericht Hydroakustik Anlage D7.05.02

Projektleitung:	Dr. Kurt Seifert M. Sc. Matthias Abele
Bearbeitung:	Manuel Langkau Marc Zeyer Dr. Marc Schmidt

Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Anlass und Aufgabenstellung.....	1
2.	Material und Methoden	2
2.1	Hydroakustik	2
2.2	DIDSON-Sonar	2
2.3	Datenerfassungen (Setups).....	3
2.3.1	Turbinenabstrom M1	3
2.3.2	Turbinenabstrom M2	5
2.3.3	Bestehender Fischaufstieg (Schweizer Seite)	7
2.4	Datenauswertung (Post-processing)	10
3.	Ergebnisse.....	12
3.1	Turbinenabstrom M1	12
3.2	Turbinenabstrom M2.....	15
3.3	Bestehender Fischaufstieg (Schweizer Seite).....	18
3.4	Vergleich Fischgrößen: Linkes Ufer vs. rechtes Ufer	21
4.	Zusammenfassung und Diskussion.....	23
5.	Literatur	25
6.	Index Beispielvideos.....	26

Tabellenverzeichnis

Seite

Tab. 1: Überblick zu den drei Untersuchungseinheiten und zugehörigen Setups mit Auswertungsmodi.	11
--	----

Abbildungsverzeichnis

Seite

Abb. 1: Dual-Frequency Identification Sonar (DIDSON) montiert auf fernsteuerbarem Schwenk- und Neigekopf (links) und Schallkegelgeometrie (schematisch, rechts).	2
Abb. 2: Die drei Versuchsanordnungen zur Datenerfassung mit dem DIDSON-Sonar im Unterwasser auf dem Trennpfeiler über der Schweizer Turbine (M1).	4
Abb. 3: Abfluss und Wassertemperatur (Tagesmittelwerte) im Verlauf der Untersuchungswoche und der Datenerfassung (farbig markierte Bereiche). Quelle: BAFU, http://www.hydrodaten.admin.ch/de/2143.html	4
Abb. 4: Die zwei Versuchsanordnungen (schematisch) zur Datenerfassung mit dem DIDSON-Sonar im Unterwasser auf der deutschen Seite (M2).	5
Abb. 5: Darstellung der Setups 1 und 2 zur Datenerfassung im Unterwasser über M2 anhand eines DIDSON-Schwenkbildes über den Bereich (vgl. auch Abb. 4).	6
Abb. 6: Abfluss und Wassertemperatur im Verlauf der Untersuchungswoche und der Datenerfassung (farbig markierte Bereiche). Quelle: BAFU, http://www.hydrodaten.admin.ch/de/2143.html	6
Abb. 7: Die drei Versuchsanordnungen zur Datenerfassung mit dem DIDSON-Sonar im Unterwasser am linken Ufer (Schweizer Seite) in der potentiellen Einstiegskulisse der bestehenden Fischtreppe.	7
Abb. 8: Darstellung der drei Versuchsanordnungen zur Datenerfassung mit dem DIDSON-Sonar im Unterwasser am linken Ufer (Schweizer Seite) anhand von Sonarstandbildern mit Fischkontakten.	8
Abb. 9: Abfluss und Wassertemperatur im Verlauf der Untersuchungswoche und der Datenerfassung (farbig markierte Bereiche). Quelle: BAFU, http://www.hydrodaten.admin.ch/de/2143.html	9
Abb. 10: Schematische Darstellung der Auswertung von DIDSON-Sonardaten mit der Software Sonar 5 Pro anhand von Echogrammen und korrespondierenden Videosequenzen.	10
Abb. 11: Anzahl der Fischkontakte im Setup 1 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 1 (Beginn Trennpfeiler, 06.-08.05.2015) (Auswertung hier: 30 min jeder zweiten Stunde - Hochrechnung auf die ganze Stunde - Bem.: Jede zweite Stunde dargestellt).	12
Abb. 12: Anzahl der Fischkontakte im Setup 2 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 1 (Beginn Trennpfeiler, 08.-10.05.2015).	13
Abb. 13: Anzahl der Fischkontakte im Setup 3 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 1 (Beginn Trennpfeiler, 10.-12.05.2015).	13
Abb. 14: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 1 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 1 (Beginn Trennpfeiler, 06.-08.05.2015). Bem.: Die Klasse 0-10 cm Klasse ist unterrepräsentiert, da nur sichere Kontakte kleiner Fische berücksichtigt wurden. Für die Längenhäufigkeitsverteilung in Setup 1 wurde eine Unterprobe von N=140 zufällig ausgewählten Kontakten vermessen.	14
Abb. 15: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 2 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 1 (Beginn Trennpfeiler, 08.-10.05.2015). Bem.: Die Klasse 0-10 cm Klasse ist unterrepräsentiert, da nur sichere Kontakte kleiner Fische berücksichtigt wurden.	14
Abb. 16: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 3 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 1 (Beginn Trennpfeiler, 10.-12.05.2015). Bem.: Die Klasse 0-10 cm Klasse ist unterrepräsentiert, da nur sichere Kontakte kleiner Fische berücksichtigt wurden.	15

Abb. 17: Anzahl der Fischkontakte im Setup 1 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 2 (24.-25.06.2015) (Auswertung hier: 15 Minuten Subsamples jeder Stunde - hochgerechnet auf die ganzen Stunden).....	16
Abb. 18: Anzahl der Fischkontakte im Setup 2 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 2 (25.-26.06.2015) (Auswertung hier: 15 Minuten Subsamples jeder Stunde - hochgerechnet auf die ganzen Stunden).....	16
Abb. 19: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 1 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 2 (24.-25.06.2015). Bem.: Die Klasse 0-10 cm Klasse ist unterrepräsentiert, da nur sichere Kontakte kleiner Fische berücksichtigt wurden.	17
Abb. 20: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 2 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 2 (25.-26.06.2015). Bem.: Die Klasse 0-10 cm Klasse ist unterrepräsentiert, da nur sichere Kontakte kleiner Fische berücksichtigt wurden.	17
Abb. 21: Anzahl der Fischkontakte pro Stunde im Setup 1 vor dem Einstieg der bestehenden Fischaufstiegsanlage auf dem linken Ufer (Schweizer Seite - 24 Stunden Aufzeichnung: 13:00 Uhr – 05.04.2016 bis 13:00 Uhr – 06.04.2016)	18
Abb. 22: Anzahl der Fischkontakte pro Stunde im Setup 2 vor dem Einstieg der bestehenden Fischaufstiegsanlage auf dem linken Ufer (Schweizer Seite - Daten vor 0 Uhr konnten aus technischen Gründen nicht ausgewertet werden)	19
Abb. 23: Anzahl der Fischkontakte pro Stunde im Setup 3 vor dem Einstieg der bestehenden Fischaufstiegsanlage auf dem linken Ufer (Schweizer Seite)	19
Abb. 24: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 1 der DIDSON-Untersuchungen am Einstieg der bestehenden Fischaufstiegsanlage auf dem linken Ufer vom 04.-08.04.2016. Bem.: Die Klasse >0-10 cm wurde nicht berücksichtigt, da die akustischen Bedingungen eine eindeutige Erkennbarkeit nicht zuließen.....	20
Abb. 25: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 2 der DIDSON-Untersuchungen am Einstieg der bestehenden Fischaufstiegsanlage auf dem linken Ufer vom 04.-08.04.2016. Bem.: Die Klasse >0-10 cm wurde nicht berücksichtigt, da die akustischen Bedingungen eine eindeutige Erkennbarkeit nicht zuließen.....	20
Abb. 26: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 3 der DIDSON-Untersuchungen am Einstieg der bestehenden Fischaufstiegsanlage auf dem linken Ufer vom 04.-08.04.2016. Bem.: Die Klasse >0-10 cm wurde nicht berücksichtigt, da die akustischen Bedingungen eine eindeutige Erkennbarkeit nicht zuließen.....	21
Abb. 27: Relative Längenfrequenzverteilung der drei Untersuchungsstandorte (Setups gepooled), Turbinenabstrom M1, Turbinenabstrom M2 (rechte Uferseite) und Einstieg FAA (linke Uferseite) im Vergleich.	22

1. Anlass und Aufgabenstellung

Im Rahmen der Neukonzessionierung des Kraftwerks Reckingen (RKR2020) wurden im Unterwasser des Kraftwerks stationäre hydroakustische Untersuchungen mit einem bildgebenden („Imaging“) Sonarsystem durchgeführt.

Ziel der Untersuchungen in den Frühjahren 2015 und 2016 waren Erfassung der Fischkontaktzahlen und Größenklassenverteilungen unter Berücksichtigung der Planung einer potenziellen Einstiegskulisse für den Bau einer neuen Fischaufstiegsanlage am rechten Ufer.

Die Fischdetektion erfolgte an drei unterschiedlichen Standorten: Im Abstrom der Maschine 1 („Schweizer Turbine“) am Beginn des Trennpfeilers zwischen Krafthaus und Wehranlage, im Abstrom der Maschine 2 („Deutsche Turbine“ am rechten Ufer) und im Einstiegsbereich der bestehenden Fischaufstiegsanlage (FAA) auf der linken Seite („Schweizer FAA“). Innerhalb einer Untersuchungseinheit wurden mehrere Setups, d.h. räumlich unterschiedlich orientierte Sonarblickwinkel, umgesetzt. Der vorliegende Bericht umfasst eine Beschreibung der Methodik und der einzelnen Untersuchungseinheiten, die Ergebnisdarstellung und deren zusammenfassende Diskussion im fachlichen Kontext.

2. Material und Methoden

2.1 Hydroakustik

Der Einsatz von Echoloten und Sonaren (Hydroakustik) zur Untersuchung angewandter und wissenschaftlicher Fragestellungen gewinnt in der Binnenfischerei immer mehr an Bedeutung (Schmidt 2008). Für einige Bereiche stellen (nicht-invasive) hydroakustische Methoden häufig die einzige Möglichkeit zur zielgerichteten Beantwortung offener Fragen dar.

In Abhängigkeit von der Fragestellung kommen verschiedene technische Gerätschaften zum Einsatz. Split-Beam-Echolote im mobilen Einsatz vom Boot aus ermöglichen u. a. die Erfassung von räumlichen und zeitlichen Fischverteilungen (Schmidt et al. 2004a und b) und in Kombination mit herkömmlichen Fischereimethoden die Quantifizierung von Fischbeständen hinsichtlich Abundanz und Biomasse (Schmidt et al. 2005). Darüber hinaus sind auch die Untersuchung von Gewässerstrukturen und die stationäre Anwendung (z. B. Fischzählungen) wichtige Einsatzgebiete.

2.2 DIDSON-Sonar

Das Dual-Frequency IDentification SONar (DIDSON, Abb. 1, links) wurde ursprünglich für die Observation technischer Gerätschaften und Bauteile sowie für militärische Zwecke entwickelt. Die Möglichkeiten zur Bearbeitung angewandter fischereibiologischer Fragestellungen sind frühzeitig erkannt worden, sodass die Technik in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung in der Anwendung nicht-invasiver fischereilicher Methoden gewonnen hat. Das DIDSON arbeitet nach dem Prinzip der akustischen Linsen je nach Ausführung im Frequenzbereich von 0.7 bis 1.8 MHz. Der Schallkegel setzt sich frequenzabhängig aus 48-96 einzelnen Schallkegeln zusammen (Multi-beam-Sonar) und der Abstrahlwinkel beträgt etwa 14° (vertikal) und 29° (horizontal).

Bedingt durch die vertikale Anordnung der einzelnen Schallkegel (Abb. 1, rechts) ist die räumliche Erfassung von Objekten durch die Entfernung vom Sonar (Range) sowie durch den Winkel bzw. Abstand zur akustischen Achse definiert (keine dreidimensionale Erfassung von Fischen oder anderen Objekten). In Abhängigkeit von der Anwendung und den definierten Aufnahmeparametern werden durch das Sonar bis zu 10 Bilder pro Sekunde erfasst und so die Aufzeichnung von videogleichen Bildsequenzen ermöglicht.

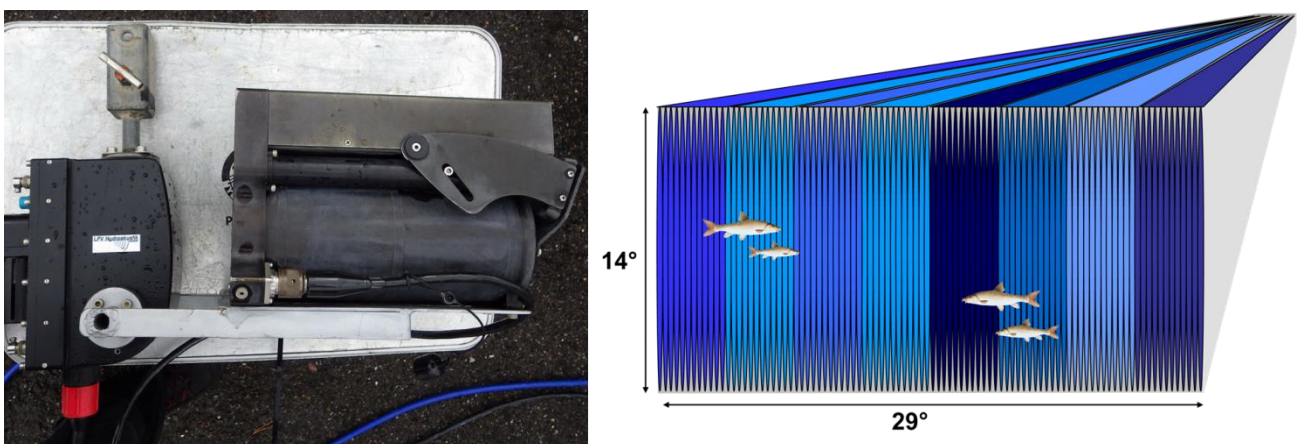


Abb. 1: Dual-Frequency Identification Sonar (DIDSON) montiert auf fernsteuerbarem Schwenk- und Neigekopf (links) und Schallkegelgeometrie (schematisch, rechts).

Die Reichweiten zur Datenerfassung sind frequenzabhängig und liegen zwischen maximal 15 - 30 (Standard DIDSON mit 1.1 bzw. 1.8 MHz) und 60 m (Long Range DIDSON mit 0.7 bzw. 1.2 MHz).

Das DIDSON-Sonar stellt den Stand der Technik der sog. Visualisierungs-Sonare dar und erzeugt videogleiche Bildsequenzen unabhängig von Lichtverhältnissen und extremer Wassertrübung (Schmidt 2008). Damit ist diese Technik mobil und stationär überall dort einsetzbar, wo optische Sensoren und Kameras aufgrund schwieriger Bedingungen versagen. Die Einsatzmöglichkeiten des DIDSON-Sonars sind sehr vielfältig und ermöglichen u. a. die Erfassung und Untersuchung von Fischwanderungen, Fischverhalten an Wasserkraftanlagen und Bypasssystemen, Wehren und Wanderbarrieren, Fischauf- und -abstiegsanlagen sowie passiven und aktiven Fanggeräten. In den letzten drei Jahren sind vermehrt wissenschaftliche Arbeiten zum Einsatz des DIDSON veröffentlicht worden, die sich u. a. mit der automatisierten Erfassung von Fischen an aktiven Fanggeräten (Handegard & Williams 2008), der Beobachtung in reich strukturierten Habitaten (Torres & Luo 2008), der computergesteuerten Identifikation von Aalen (Mueller et al. 2008) sowie der Untersuchung und Quantifizierung von Wirbellosen (Han & Uye 2009) beschäftigen haben.

2.3 Datenerfassungen (Setups)

2.3.1 Turbinenabstrom M1

Die DIDSON-Untersuchungen im Turbinenabstrom der Maschine 1 erfolgten vom 06.-12.05.2015. Der Schwerpunkt lag bei der Erfassung des Fischaufkommens im Rahmen der Feststellung des Ist-Zustandes und einer potentiellen Einstiegskulisse für die geplante Fischaufstiegsanlage am deutschen Ufer.

Die Montage des DIDSON-Sonars erfolgte im Unterwasser am Anfang des Trennpfeilers zwischen Krafthaus und Wehr im Bereich über dem Saugschlauch der Schweizer Turbine (Abb. 2).



Abb. 2: Die drei Versuchsanordnungen zur Datenerfassung mit dem DIDSON-Sonar im Unterwasser auf dem Trennpfeiler über der Schweizer Turbine (M1).

Die Datenerfassung mit einer Frequenz von 1.8 MHz und einer Reichweite von 10 m wurde in drei verschiedenen Anordnungen (Setups) für einen Zeitraum von je 40-48 h durchgeführt: Setup 1 mit Ausrichtung auf den Bereich über dem Saugschlauch, Setup 2 im 90° Winkel zum Abstrom bzw. zur Fließrichtung und Setup 3 stromab entlang des Trennpfeilers.

Zum Zeitpunkt der Untersuchungen lag der mittlere Abfluss zwischen 600 und 800 m³/s. Die Wassertemperaturen lagen zum Beginn der Untersuchungen bei 12 °C und stiegen mit einem leichten Einbruch am 10.05.2015 bis zum Ende der Untersuchungen auf 14 °C an (Abb. 3).

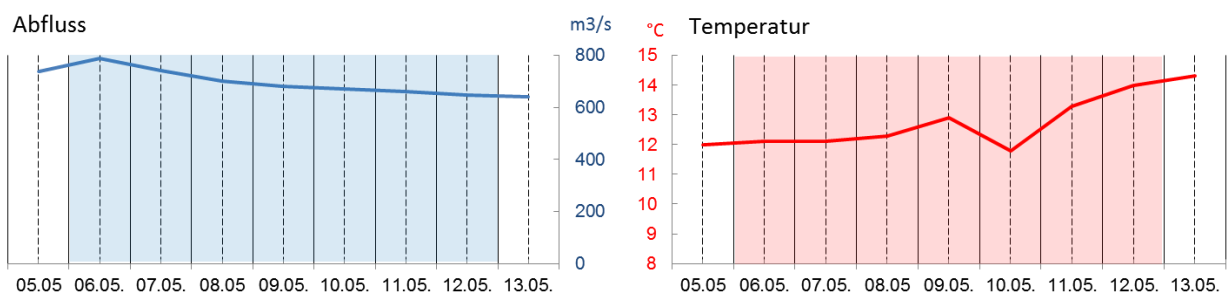


Abb. 3: Abfluss und Wassertemperatur (Tagesmittelwerte) im Verlauf der Untersuchungswoche und der Datenerfassung (farbig markierte Bereiche). Quelle: BAFU, <http://www.hydrodaten.admin.ch/de/2143.html>

2.3.2 Turbinenabstrom M2

Die DIDSON-Untersuchungen im Turbinenabstrom der Maschine 2 erfolgten vom 22.-26.06.2015. Der Schwerpunkt lag bei der Erfassung des Fischeaufkommens im Rahmen der Feststellung des Ist-Zustandes und einer potentiellen Einstiegskulisse für den Fischeaufstieg.

Die Montage des DIDSON-Sonars erfolgte im Unterwasser am (vom rechten Ufer aus gesehenen) ersten Pfeiler der „Transformatorenbrücke“ über dem Saugschlauch der deutschen Maschine (M2). Die Datenerfassung mit einer Frequenz von 1.8 MHz und einer Reichweite von 10 m wurde in 2 verschiedenen Anordnungen (Setups) für einen Zeitraum von je 24 bzw. 22 h durchgeführt: Setup 1 mit Ausrichtung auf den Bereich über dem Saugschlauch Richtung vordere Kante (Galerieboden), Setup 2 Richtung Saugschlauchende/Deutsche Wand. Abb. 4 gibt einen Überblick zu den DIDSON-Untersuchungen (Foto), Abb. 5 zeigt die Setups auf der Basis eines DIDSON-Schwenkbildes über den Bereich mit entsprechenden Kennzeichnungen.

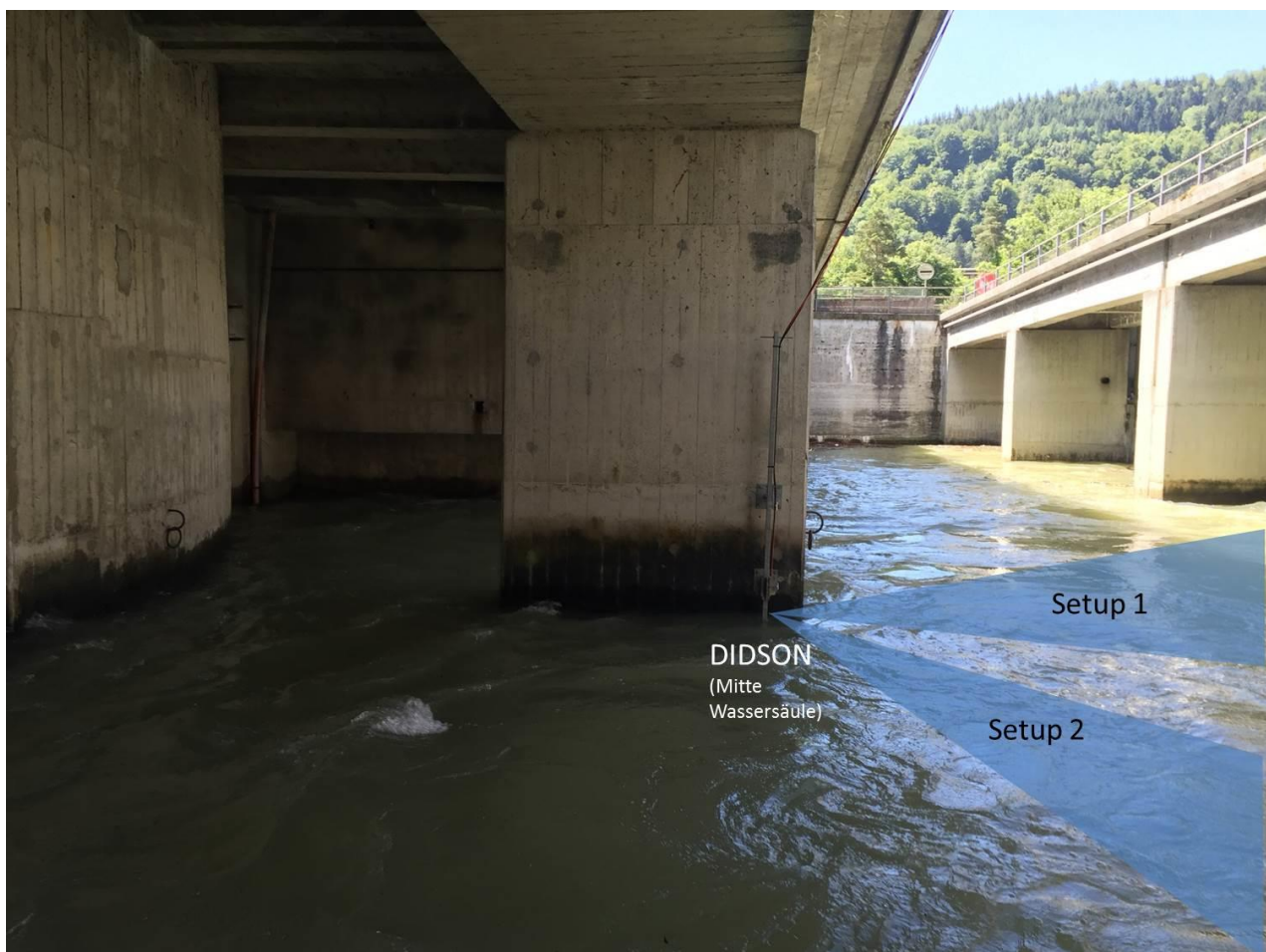


Abb. 4: Die zwei Versuchsanordnungen (schematisch) zur Datenerfassung mit dem DIDSON-Sonar im Unterwasser auf der deutschen Seite (M2).

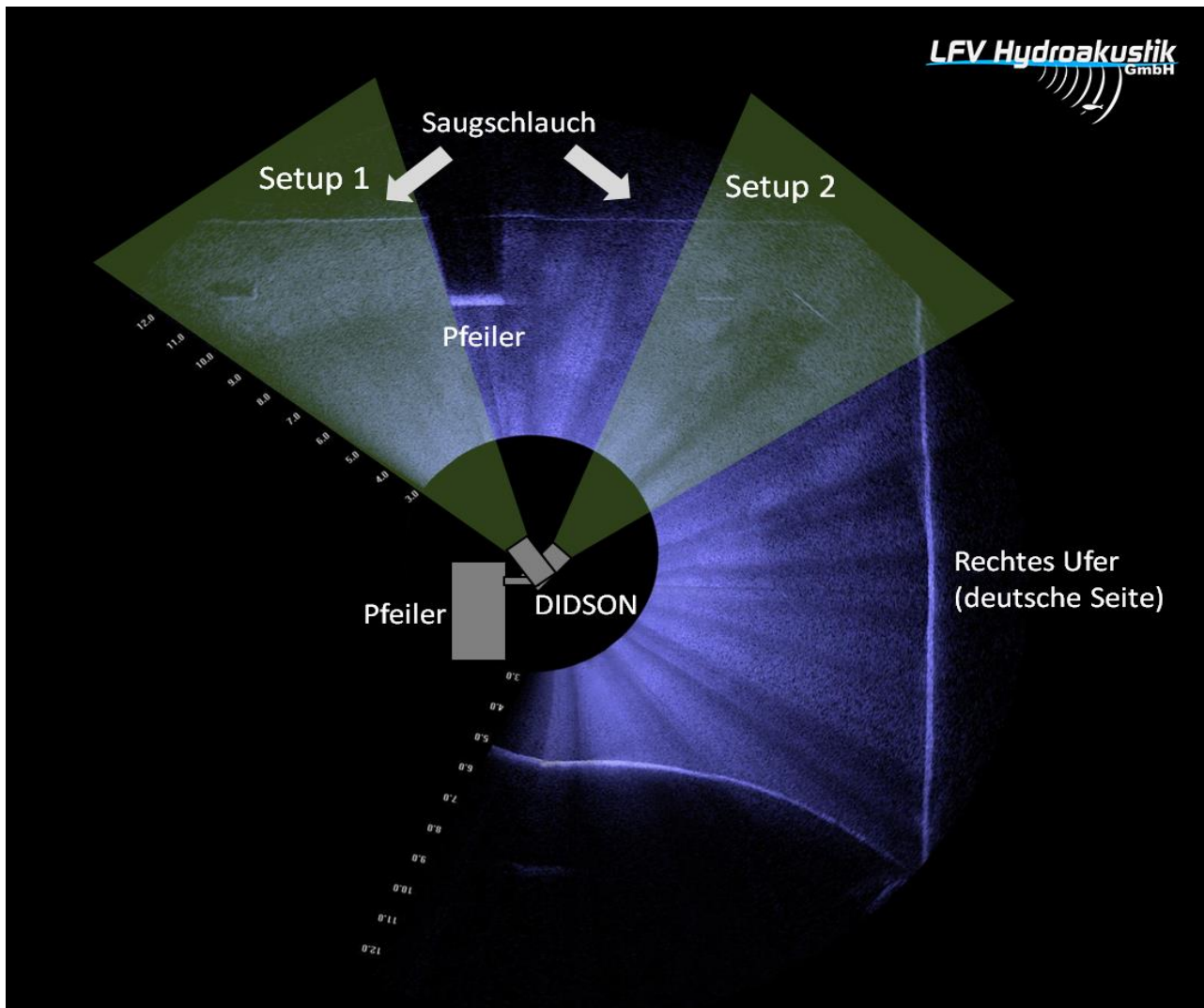


Abb. 5: Darstellung der Setups 1 und 2 zur Datenerfassung im Unterwasser über M2 anhand eines DIDSON-Schwenkbildes über den Bereich (vgl. auch Abb. 4).

Zum Zeitpunkt der Untersuchungen lag der mittlere Abfluss zwischen 600 und 800 m³/s mit einer Spitze von knapp 1000 m³/s am 23.06.2015. Die Wassertemperaturen lagen zum Beginn und Ende der Untersuchungen zwischen 17 und 18°C. Die Abflussspitze am 13.06.2015 führte im Nachgang zu einer kurzfristigen Abnahme der Wassertemperatur in den Bereich um 15 °C (Abb. 6).

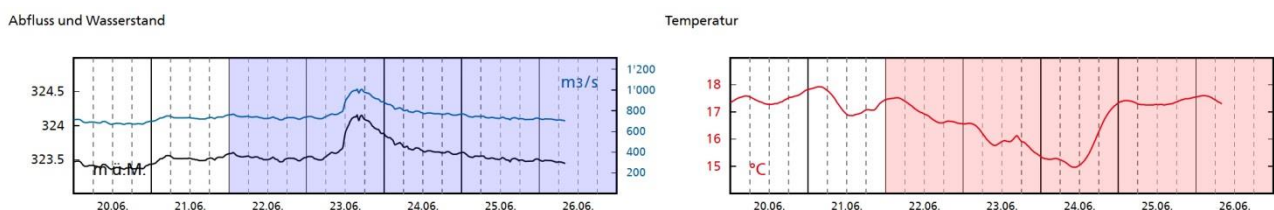


Abb. 6: Abfluss und Wassertemperatur im Verlauf der Untersuchungswoche und der Datenerfassung (farbig markierte Bereiche). Quelle: BAFU, <http://www.hydrodaten.admin.ch/de/2143.html>

2.3.3 Bestehender Fischaufstieg (Schweizer Seite)

Die DIDSON-Untersuchungen im Unterwasser am Einstieg der bestehenden Fischaufstiegshilfe auf der Schweizer Seite erfolgten vom 04.-08.04.2015. Der Schwerpunkt lag bei der Erfassung des Fischaufkommens in der Einstiegskulisse des bestehenden Fischaufstiegs.

Die Montage des DIDSON-Sonars erfolgte im Unterwasser des linken Ufers direkt unterhalb der Einstiegsöffnung der bestehenden Schweizer Fischtreppe. Im Untersuchungszeitraum wurden drei unterschiedliche Sonarjustierungen inkl. Datenerfassung (Setups) durchgeführt: Setup 1 erfasste den Abstrom bzw. die Lockströmung der Fischtreppe (Abstrom und Strömungskante im Schallkegel, Blickrichtung mit der abfließenden Lockströmung in Richtung Wehr). Setup 2 erfasste Daten von der gleichen Position in einem 90° Winkel zur Uferkante in das Unterwasser der Wehranlage. Setup 3 erfolgte mit Sonarausrichtung entlang der betonierten Uferbefestigung im potentiellen Aufstiegskorridor stromab. Abb. 7 zeigt eine Übersicht zu den einzelnen Setups.

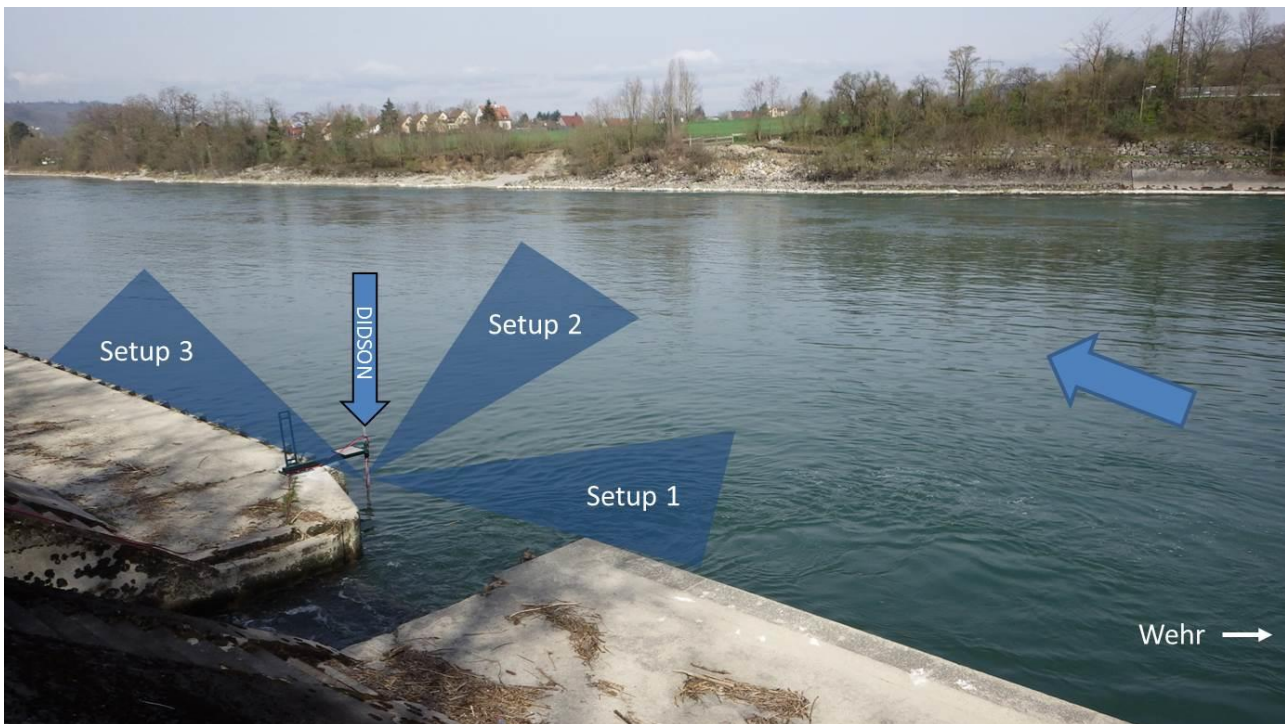


Abb. 7: Die drei Versuchsanordnungen zur Datenerfassung mit dem DIDSON-Sonar im Unterwasser am linken Ufer (Schweizer Seite) in der potentiellen Einstiegskulisse der bestehenden Fischtreppe.

Alle Setups wurden mit der maximal möglichen Frequenz von 1,8 MHz durchgeführt. Die Länge des Erfassungsbereichs („Fensterlänge“ des Sonars) entsprach bei Setup 1 fünf Meter und begann in 1,25 m Entfernung zum Sonar („Fensterstart“). Diese kurze Fensterlänge wurde gewählt, um im Einstiegsbereich der FAA Daten mit nahezu maximaler Auflösung zu erfassen. Die Setups 2 und 3 wurden mit einer Fensterlänge von zehn Metern bei einem Fensterstart von 0,42 m durchgeführt, um potentiell aufstiegswillige Fische auch in etwas größerer Entfernung zu detektieren. Abb. 8 gibt einen Setup-Überblick anhand von DIDSON-Sonar-Standbildern.

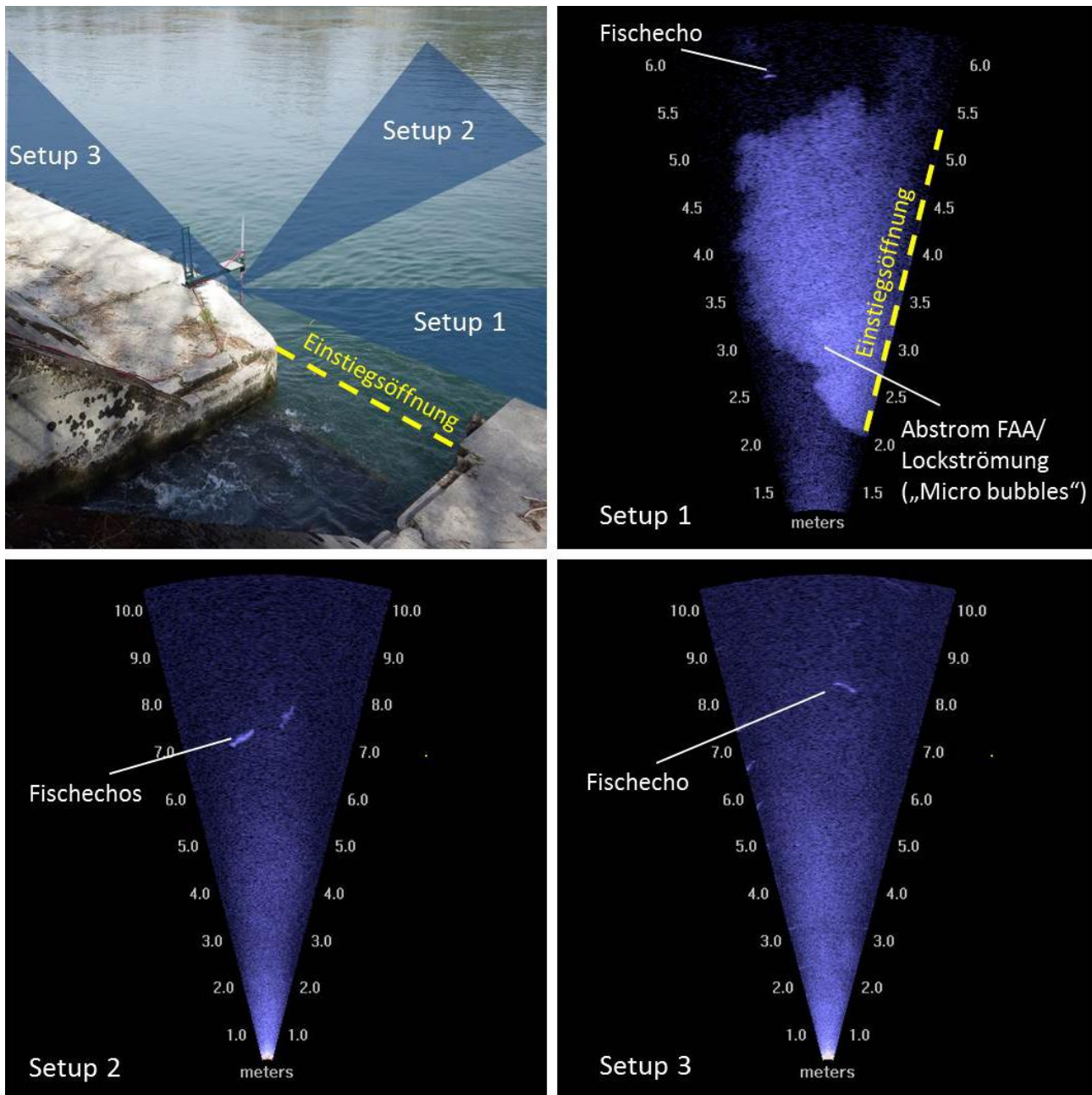
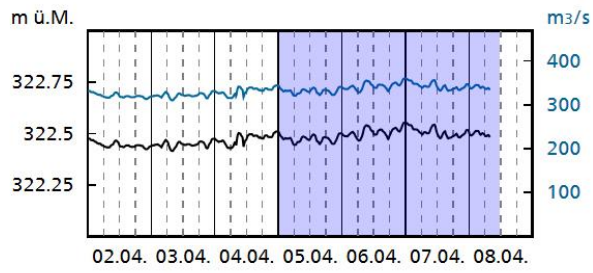


Abb. 8: Darstellung der drei Versuchsanordnungen zur Datenerfassung mit dem DIDSON-Sonar im Unterwasser am linken Ufer (Schweizer Seite) anhand von Sonarstandbildern mit Fischkontakten.

Zum Zeitpunkt der Untersuchungen lag der mittlere Abfluss konstant bei 320-330 m³/s (kein Wehrüberfall) und war damit für alle drei Setups vergleichbar. Die Wassertemperatur stieg kurz vor der Datenerfassung von unter 8 °C auf knapp 10 °C an. Zum Ende der Untersuchungen lag die Wassertemperatur nach einem Rückgang bei 8 °C (Abb. 9).

Abfluss und Wasserstand



Temperatur

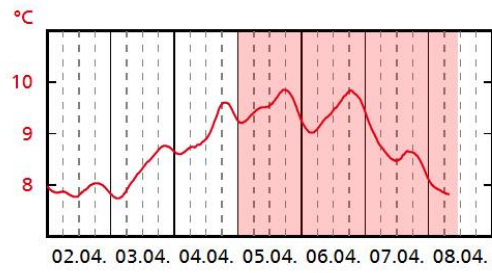


Abb. 9: Abfluss und Wassertemperatur im Verlauf der Untersuchungswoche und der Datenerfassung (farbig markierte Bereiche). Quelle: BAFU, <http://www.hydrodaten.admin.ch/de/2143.html>

2.4 Datenauswertung (Post-processing)

Die DIDSON-Rohdaten wurden in der Post-processing Software Sonar 5 Pro in Echogramme konvertiert. Parallel zu den Echogrammen, die eine zeitlich effizientere Analyse auf Fischkontakte ermöglichen, gibt es eine korrespondierende Sonar-Videosequenz, die eine Beobachtung und Bewertung des Fischverhaltens sowie eine Längenmessung erlaubt (Abb. 10). Die Videodatenzeichnungen der Sonaruntersuchungen wurden ausgewertet und das Auswertungsergebnis im vorliegenden Fachbericht dargestellt und bewertet.

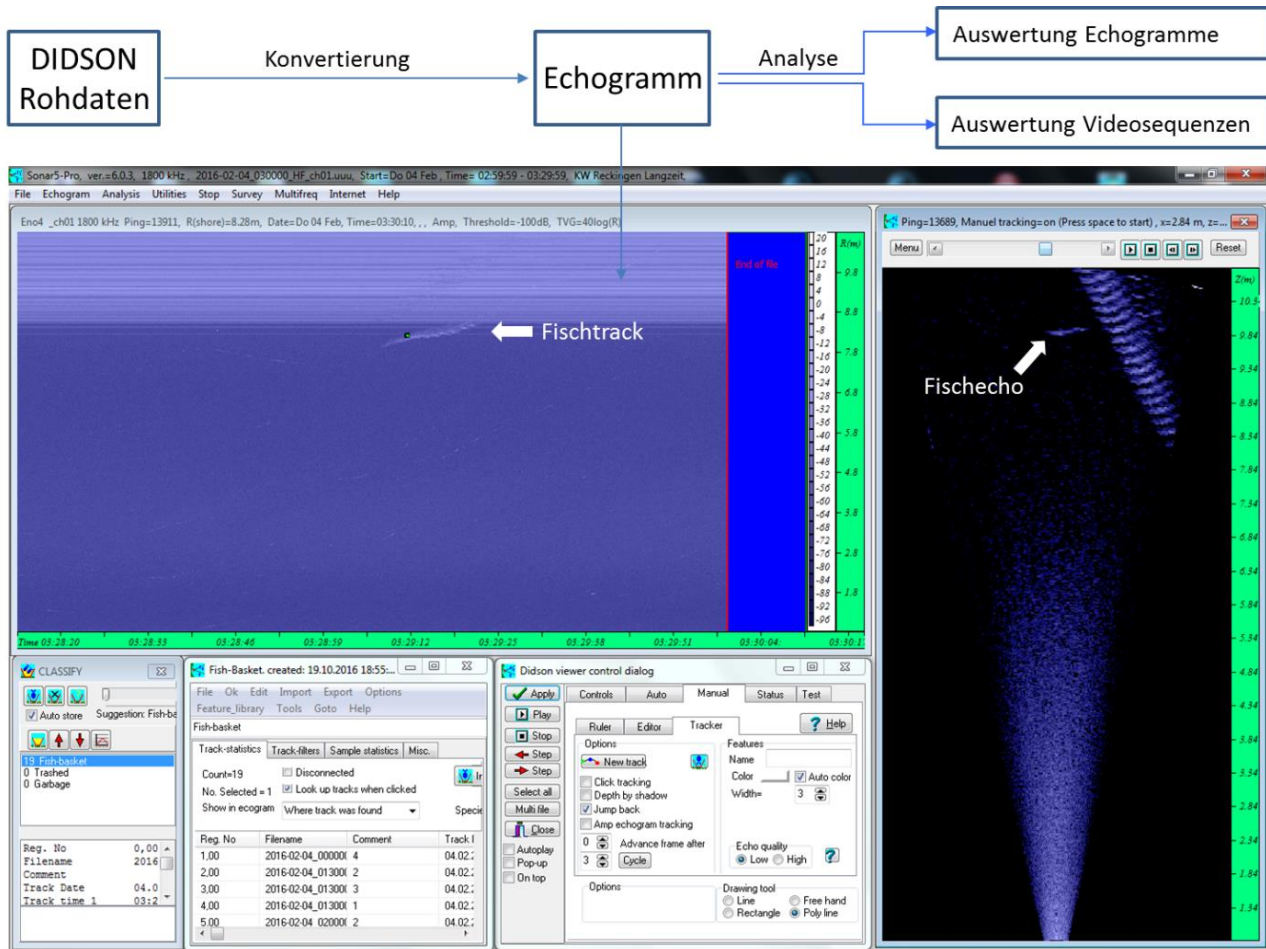


Abb. 10: Schematische Darstellung der Auswertung von DIDSON-Sonardaten mit der Software Sonar 5 Pro anhand von Echogrammen und korrespondierenden Videosequenzen.

Grundsätzlich wurde versucht, die erhobenen Daten vollumfänglich auszuwerten. In einzelnen Fällen wurden Unterproben auf der Basis von Zeitintervallen ausgewertet, um auch bei einer großen Anzahl von Fischkontakten eine repräsentative Analyse zu gewährleisten. Für den Vergleich wurden die Ergebnisse in solchen Fällen hochgerechnet. Tab. 1 gibt einen Überblick über die drei Untersuchungseinheiten mit den zugehörigen Setups und Auswertungsmodi. Die Darstellung der Längen-Häufigkeiten erfolgte auf der Grundlage der Messungen in der Software. Aufgrund unterschiedlicher Signalstärken der Fischechos durch variierende akustische Bedingungen konnten in manchen Fällen sehr kleine Fischgrößen nicht exakt erfasst werden und sind somit ggf. unterrepräsentiert. In diesen Fällen wird das im Ergebnisteil und den entsprechenden Abbildungen berücksichtigt.

Tab. 1: Überblick zu den drei Untersuchungseinheiten und zugehörigen Setups mit Auswertungsmodi.

Untersuchungseinheit	Setup 1	Setup 2	Setup 3
Turbinenabstrom Maschine M1 (rechtes Ufer) 06.-12.05.2015	Auswertung: 30 min Subsamples jeder zweiten Stunde Hochrechnung auf volle Stunde	Auswertung: Vollständige Sichtung des Datensatzes	Auswertung: Vollständige Sichtung des Datensatzes
Turbinenabstrom Maschine M2 (rechtes Ufer) 22.-26.06.2015 <small>Hochwasserspitze bis zum 23.06.2015 Aufzeichnungen erst ab 24.06.2015 möglich</small>	Auswertung: 15 min Subsamples jeder Stunde Hochrechnung auf volle Stunde	Auswertung: 15 min Subsamples jeder Stunde Hochrechnung auf volle Stunde	<hr/>
Einstieg bestehende Fischtreppe (Schweizer Seite – linkes Ufer)	Auswertung: Vollständige Sichtung des Datensatzes Fische < 10 cm konnten nicht berücksichtigt werden.	Auswertung: Vollständige Sichtung des Datensatzes Fische < 10 cm konnten nicht berücksichtigt werden. Daten aus techn. Gründen erst ab 0 Uhr (07.04.2016) verwendbar.	Auswertung: Vollständige Sichtung des Datensatzes Fische < 10 cm konnten nicht berücksichtigt werden.

3. Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt zunächst separat für jede der drei Untersuchungseinheiten im Unterwasser, d. h. M1 und M2 am rechten Ufer und Einstiegsbereich des bestehenden Fischaufstiegs am linken Ufer (Schweizer Seite).

3.1 Turbinenabstrom M1

Die Untersuchungseinheit am Ende des Saugschlauchs von Maschine M1 erfolgte in der Zeit vom 06.-12.05.2015 mit drei verschiedenen Setups. Die Abbildungen 11-13 zeigen die Anzahlen der erfassten Fischkontakte pro Stunde, die Abbildungen 14-16 die dazugehörigen Größenklassenverteilungen.

Die Zahl der in den drei Setups erfassten Fischkontakte war vergleichbar. Die durchschnittlichen Kontaktzahlen pro Stunde lagen bei 13 K/h (Setup 1), 11 K/h (Setup 2) und 12 K/h (Setup 3). Es gab jedoch vor allem in Setup 2 und 3 deutliche Unterschiede in der diurnalen (tageszeitlichen) Verteilung der Kontakte. Tagsüber konnte hier eine insgesamt höhere Fischaktivität beobachtet werden als nachts (Abb. 12 und Abb. 13). In Abb. 12 erkennt man mit Beginn des Sonnenaufgangs am 09.05.2015 einen Anstieg der Kontaktzahlen gegenüber der Nacht.

Die mittlere Länge der vermessenen Fische betrug 46 ± 15 cm (Setup 1), 36 ± 14 cm (Setup 2) und 36 ± 14 cm (Setup 3). Die Längenhäufigkeiten zeigten jeweils eine glockenförmige Verteilung. Während Setup 1 ein Maximum bei der Größenklasse >50-60 cm zeigte, lagen die Maxima für Setup 2 und 3 bei der Klasse >40-50 cm (Abb. 14 - Abb. 16). Die Größenklasse >0-10 cm war aufgrund der starken Turbulenzen im Unterwasser des Kraftwerks nur schlecht zu erfassen und dadurch unterrepräsentiert.

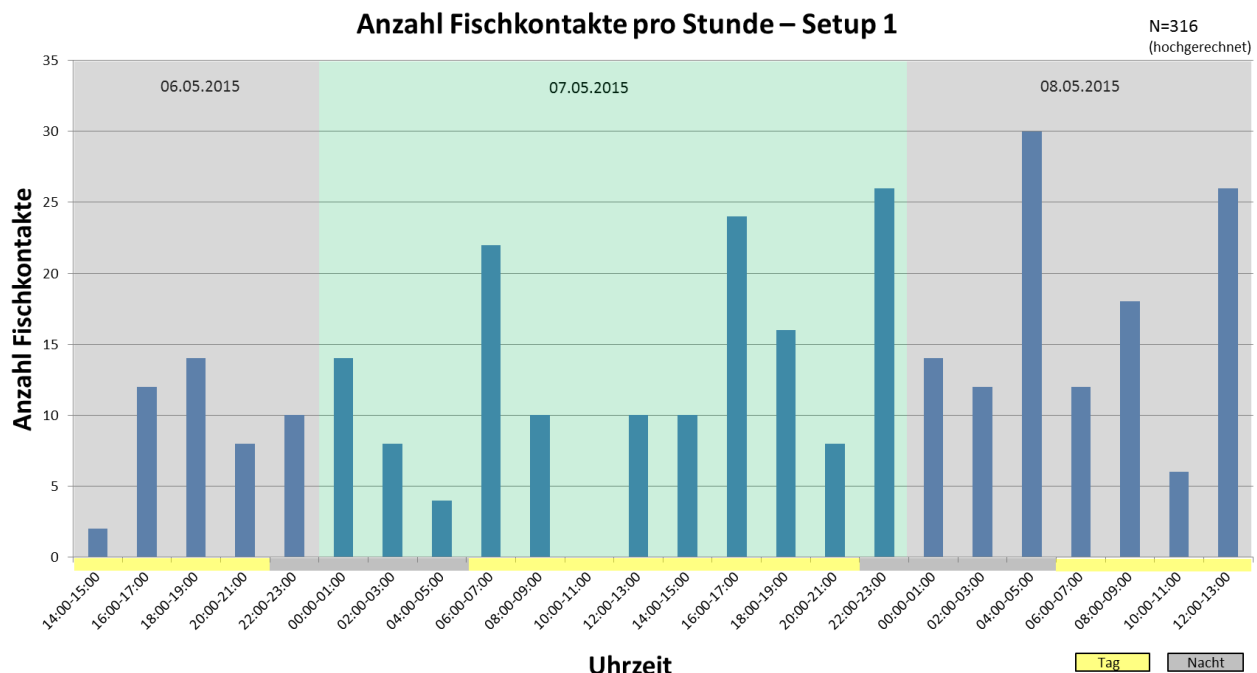


Abb. 11: Anzahl der Fischkontakte im Setup 1 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 1 (Beginn Trennpfeiler, 06.-08.05.2015) (Auswertung hier: 30 min jeder zweiten Stunde - Hochrechnung auf die ganze Stunde - Bem.: Jede zweite Stunde dargestellt).

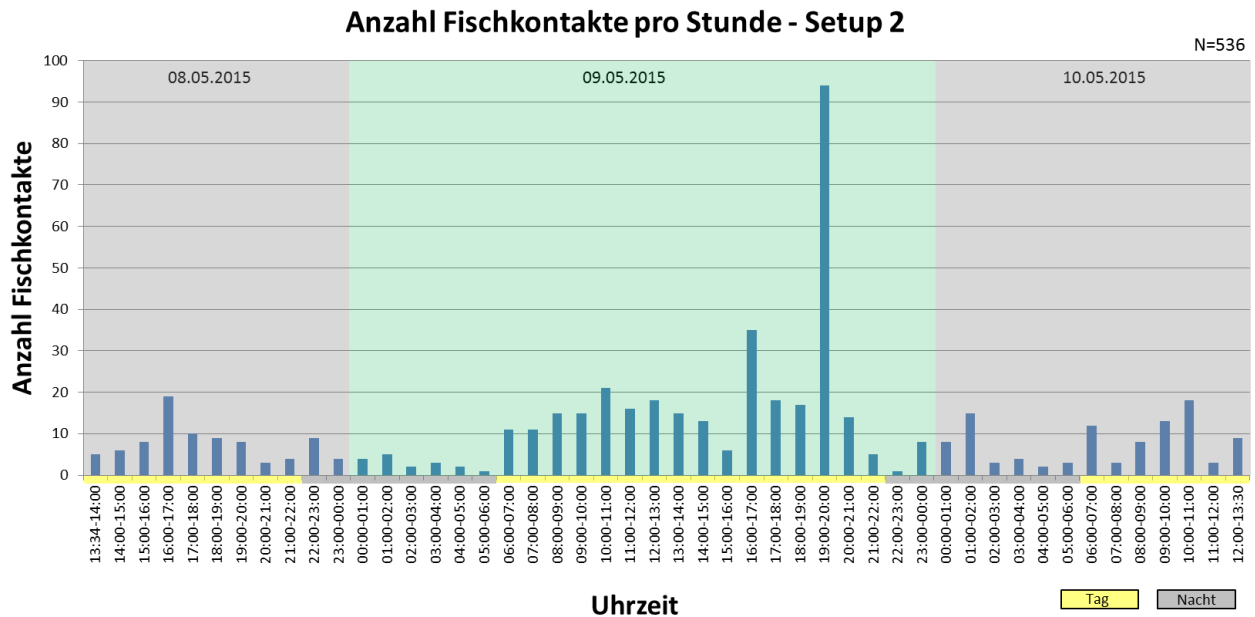


Abb. 12: Anzahl der Fischkontakte im Setup 2 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 1 (Beginn Trennpfeiler, 08.-10.05.2015).

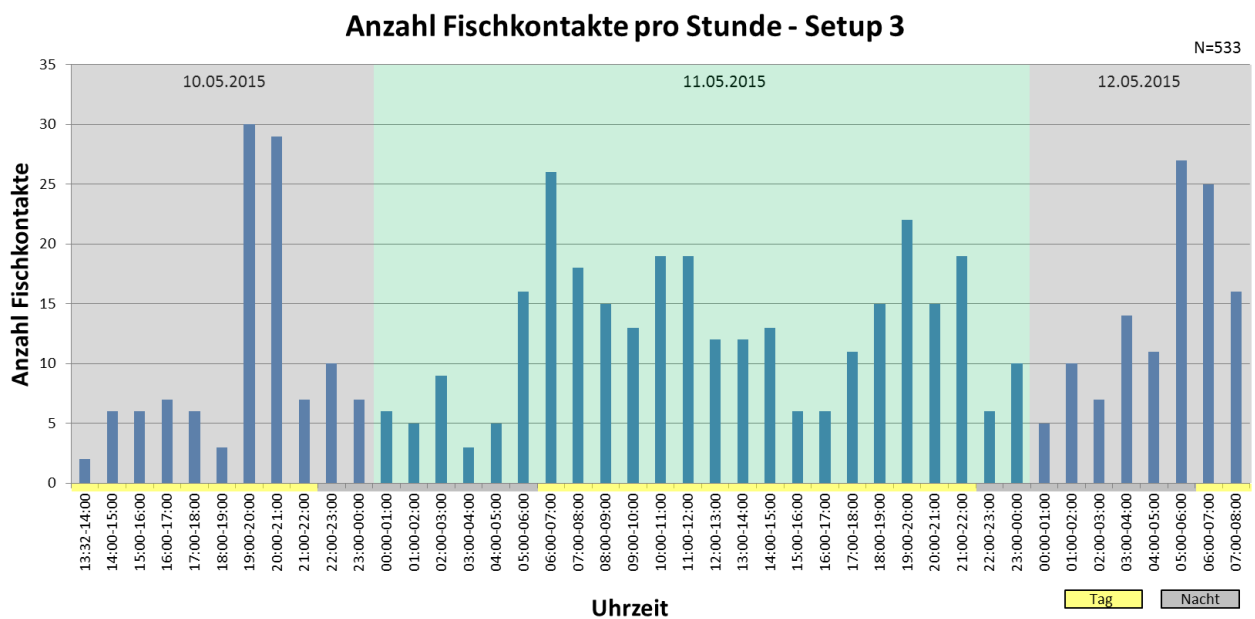


Abb. 13: Anzahl der Fischkontakte im Setup 3 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 1 (Beginn Trennpfeiler, 10.-12.05.2015).

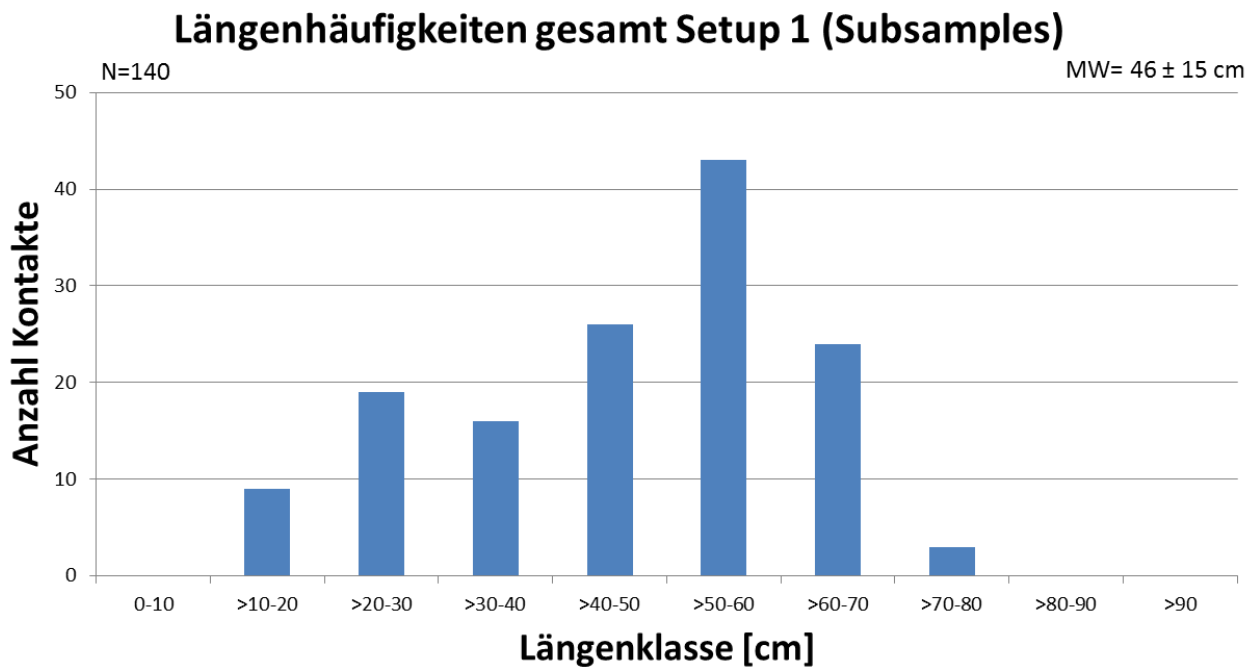


Abb. 14: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 1 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 1 (Beginn Trennpfeiler, 06.-08.05.2015). Bem.: Die Klasse 0-10 cm Klasse ist unterrepräsentiert, da nur sichere Kontakte kleiner Fische berücksichtigt wurden. Für die Längenhäufigkeitsverteilung in Setup 1 wurde eine Unterprobe von N=140 zufällig ausgewählten Kontakten vermessen.

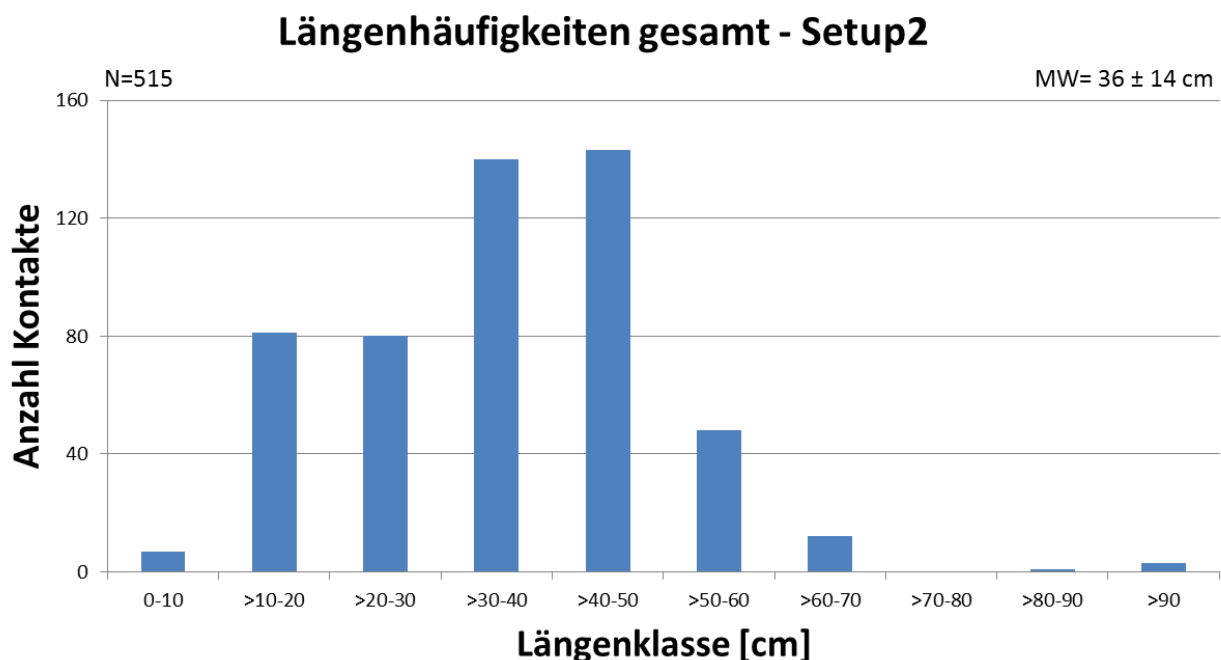


Abb. 15: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 2 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 1 (Beginn Trennpfeiler, 08.-10.05.2015). Bem.: Die Klasse 0-10 cm Klasse ist unterrepräsentiert, da nur sichere Kontakte kleiner Fische berücksichtigt wurden.

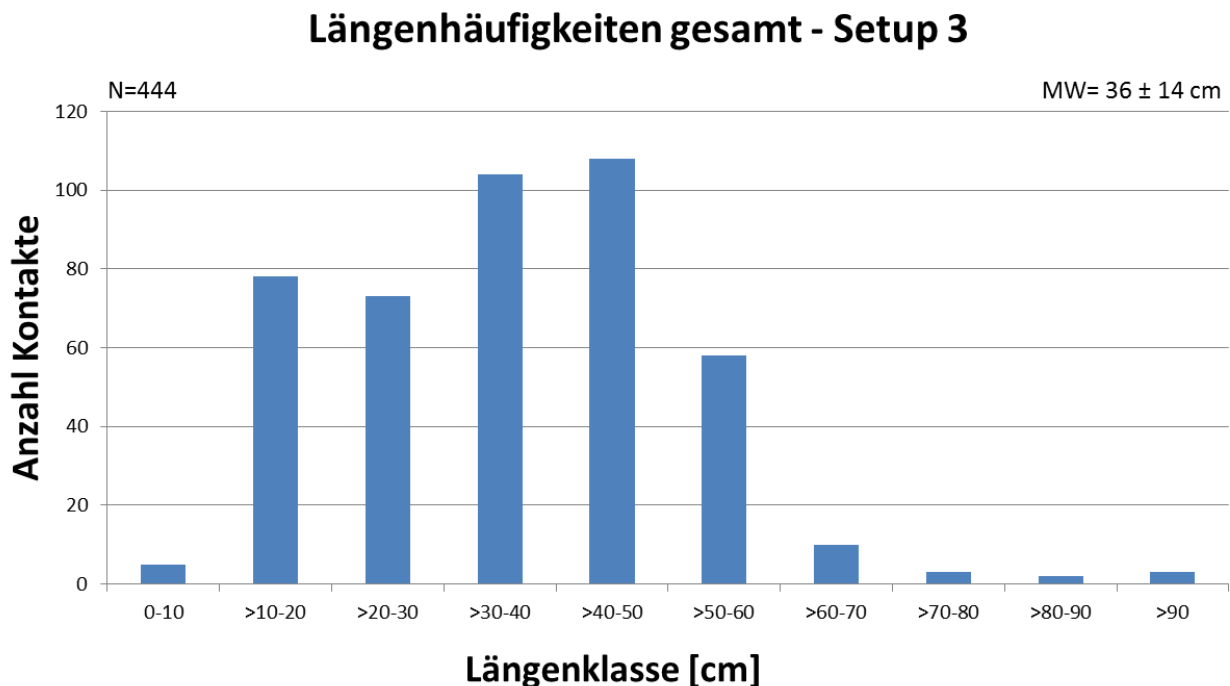


Abb. 16: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 3 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 1 (Beginn Trennpfeiler, 10.-12.05.2015). Bem.: Die Klasse 0-10 cm Klasse ist unterrepräsentiert, da nur sichere Kontakte kleiner Fische berücksichtigt wurden.

3.2 Turbinenabstrom M2

Die Untersuchungseinheit im Turbinenabstrom der Maschine M2 erfolgte vom 22.-26.06.2015 mit zwei verschiedenen Setups. Die Abb. 17 und Abb. 18 zeigen die Anzahlen der erfassten Fischkontakte pro Stunde, die Abb. 19 und Abb. 20 die dazugehörigen Größenklassenverteilungen.

Die Zahl der Fischkontakte war in Setup 2 höher als in Setup 1. Im Durchschnitt lagen die Kontaktzahlen pro Stunde bei 188 K/h (Setup 1) und 341 K/h (Setup 2). In beiden Setups konnte eine deutliche Diurnalität (Tag-Nacht-Rhythmus) festgestellt werden. Tagsüber war immer ein Anstieg in den Kontaktzahlen zu verzeichnen, während es mit Einsetzen der Nacht zu einem Abfall in den Kontaktzahlen kam (Abb. 17 und Abb. 18). In beiden Setups waren Aktivitätspeaks zwischen 16-17 Uhr erkennbar. Die mittlere Länge der erfassten Fische betrug 34 ± 13 cm (Setup 1) und 36 ± 11 cm (Setup 2). Die Längenhäufigkeitsverteilungen beider Setups zeigten eine glockenförmige Verteilung über die Größenklassen. Die 20-30 cm großen Fische waren in Setup 1 am häufigsten. Das Maximum für Setup 2 lag bei der Klasse der 30-40 cm großen Fische. Die Größenklasse >0-10 cm war aufgrund der starken Turbulenzen im Unterwasser des Kraftwerks nur schlecht zu erfassen und dadurch unterrepräsentiert.

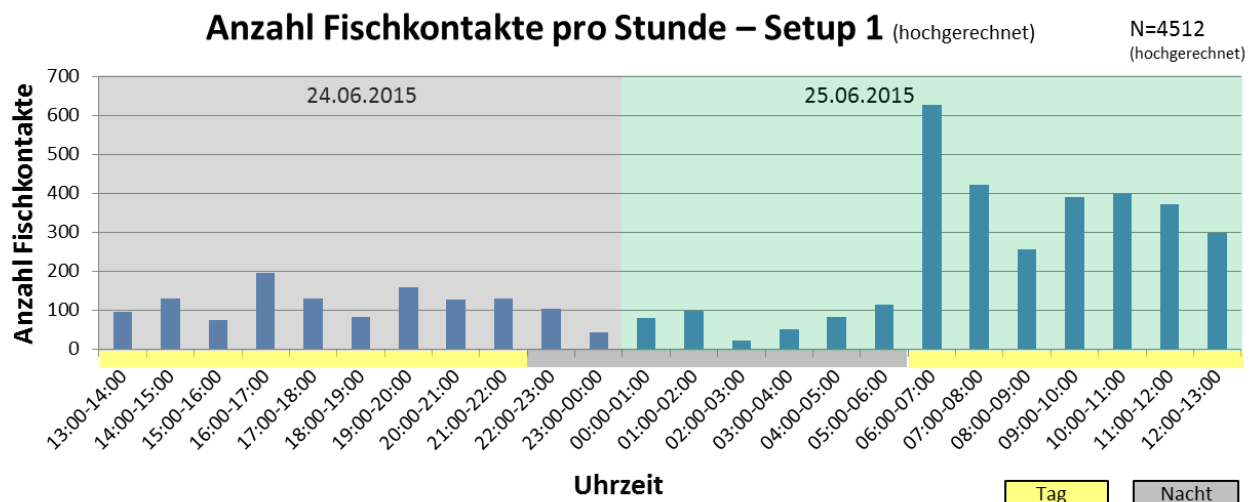


Abb. 17: Anzahl der Fischkontakte im Setup 1 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 2 (24.-25.06.2015) (Auswertung hier: 15 Minuten Subsamples jeder Stunde - hochgerechnet auf die ganzen Stunden).

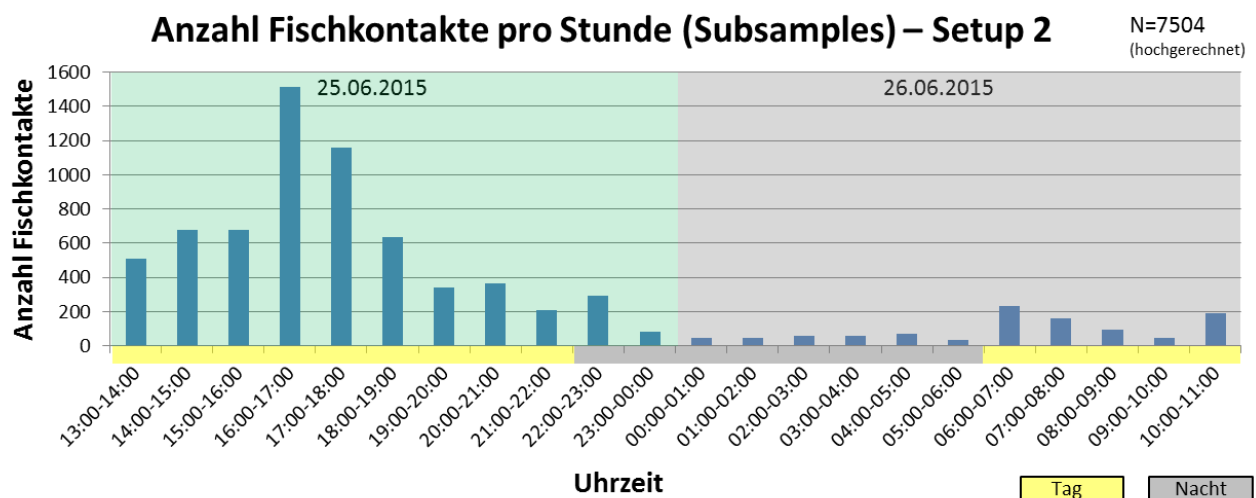


Abb. 18: Anzahl der Fischkontakte im Setup 2 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 2 (25.-26.06.2015) (Auswertung hier: 15 Minuten Subsamples jeder Stunde - hochgerechnet auf die ganzen Stunden).

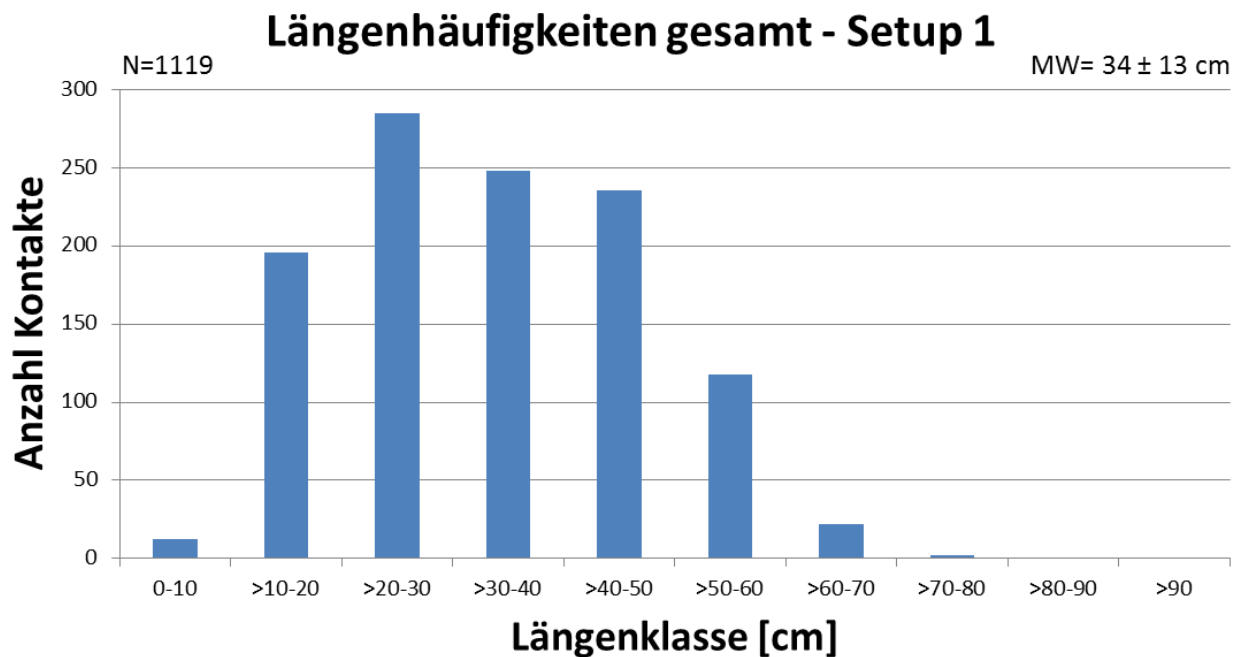


Abb. 19: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 1 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 2 (24.-25.06.2015). Bem.: Die Klasse 0-10 cm Klasse ist unterrepräsentiert, da nur sichere Kontakte kleiner Fische berücksichtigt wurden.

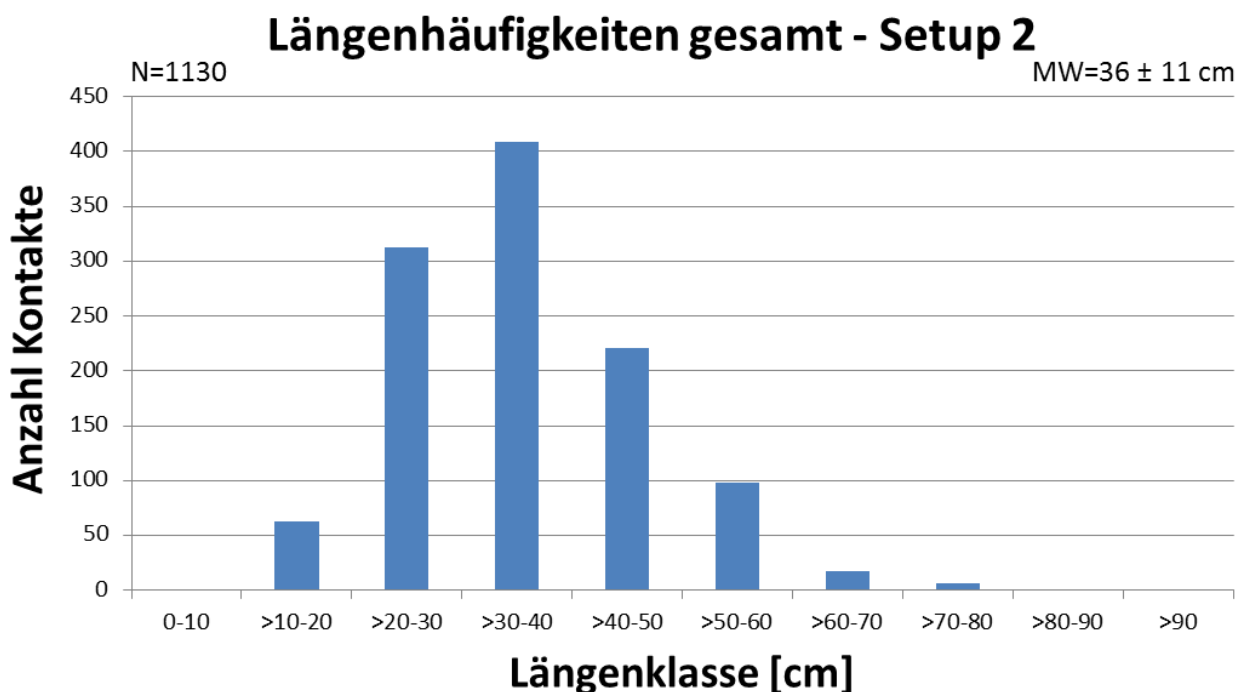


Abb. 20: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 2 der DIDSON-Untersuchungen am Ende des Saugschlauchs der Maschine 2 (25.-26.06.2015). Bem.: Die Klasse 0-10 cm Klasse ist unterrepräsentiert, da nur sichere Kontakte kleiner Fische berücksichtigt wurden.

3.3 Bestehender Fischaufstieg (Schweizer Seite)

Die Untersuchungseinheit vor dem Einstieg der bestehenden Fischaufstiegsanlage auf dem linken Ufer (Schweizer Seite) erfolgte in der Zeit vom 04.-08.04.2016 mit drei verschiedenen Setups. Die Abbildungen 21-23 zeigen die Anzahlen der erfassten Fischkontakte pro Stunde, die Abbildungen 24-26 die dazugehörigen Größenklassenverteilungen.

Die durchschnittlichen Kontaktzahlen in den drei Setups lagen bei 26 K/h (Setup 1), 64 K/h (Setup 2) und 17 K/h (Setup 3). Hier ist zu beachten, dass die Erfassungsränge in Setup 1 bei 5 m und in Setup 2 und 3 bei 10 m lag.

Die stündlichen Kontaktzahlen in Setup 1 (Abb. 21) zeigten keine eindeutige Diurnalität und bewegten sich ohne deutliche Aktivitätspeaks um den Mittelwert. Das Aktivitätsmaximum lag bei 5-6 Uhr am 06.04.2016. Basierend auf den in Setup 2 erfassten 11 Stunden lassen sich keine eindeutigen Schlüsse auf diurnale Aktivitätsmuster ziehen. Nachts konnten hier tendenziell mehr Fische erfasst werden als tagsüber. Die Aktivitätsmaxima lagen bei 0-2 Uhr und 6-7 Uhr (Abb. 22). Abb. 23 zeigt die Kontaktzahlen aus Setup 3. Am 07.04.2016 konnte ein Aktivitätspeak tagsüber zwischen 14-16 Uhr beobachtet werden. Auch in den Dämmerungsphasen waren erhöhte Kontaktzahlen zu verzeichnen.

Die mittlere Länge der erfassten Fische betrug 23 ± 17 cm (Setup 1), 16 ± 13 cm (Setup 2) und 23 ± 17 cm (Setup 3). Die Verteilung der Größenklassen war in allen drei Setups ähnlich. Die Klasse >10 -20 cm machte immer den mit Abstand größten Teil der erfassten Fische aus (Abb. 24 - Abb. 26). In Setup 2 wurden weniger Fische zwischen 30-60 cm registriert (Abb. 25).

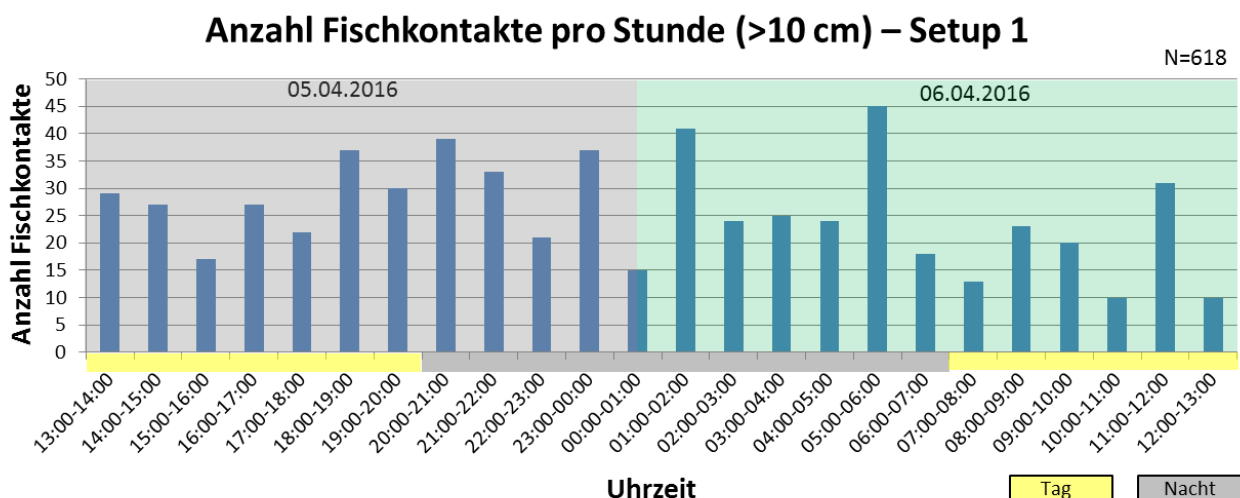


Abb. 21: Anzahl der Fischkontakte pro Stunde im Setup 1 vor dem Einstieg der bestehenden Fischaufstiegsanlage auf dem linken Ufer (Schweizer Seite - 24 Stunden Aufzeichnung: 13:00 Uhr – 05.04.2016 bis 13:00 Uhr – 06.04.2016)

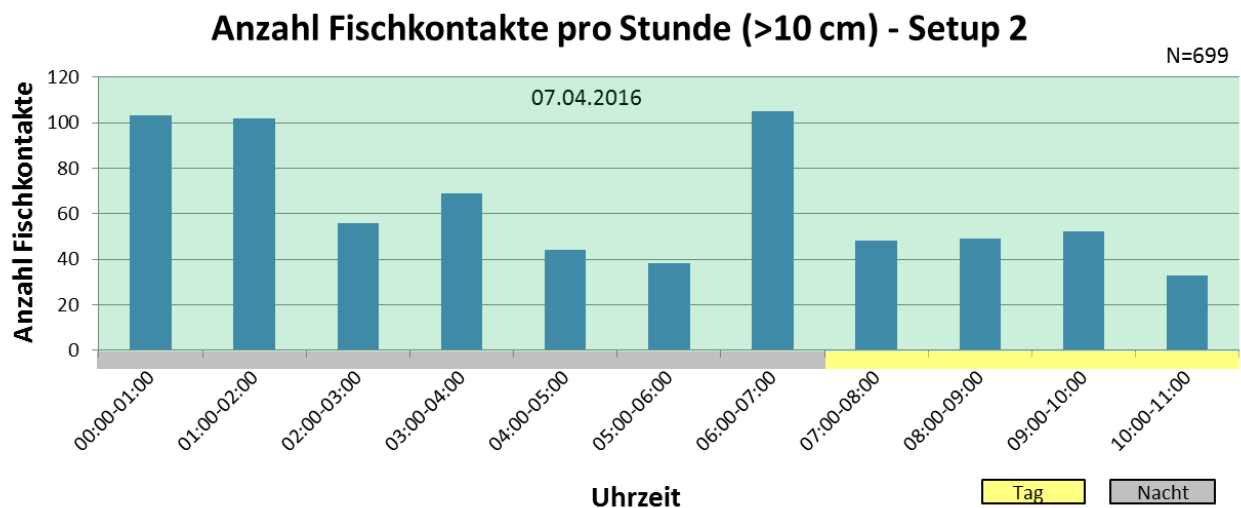


Abb. 22: Anzahl der Fischkontakte pro Stunde im Setup 2 vor dem Einstieg der bestehenden Fischeufstiegsanlage auf dem linken Ufer (Schweizer Seite - Daten vor 0 Uhr konnten aus technischen Gründen nicht ausgewertet werden)

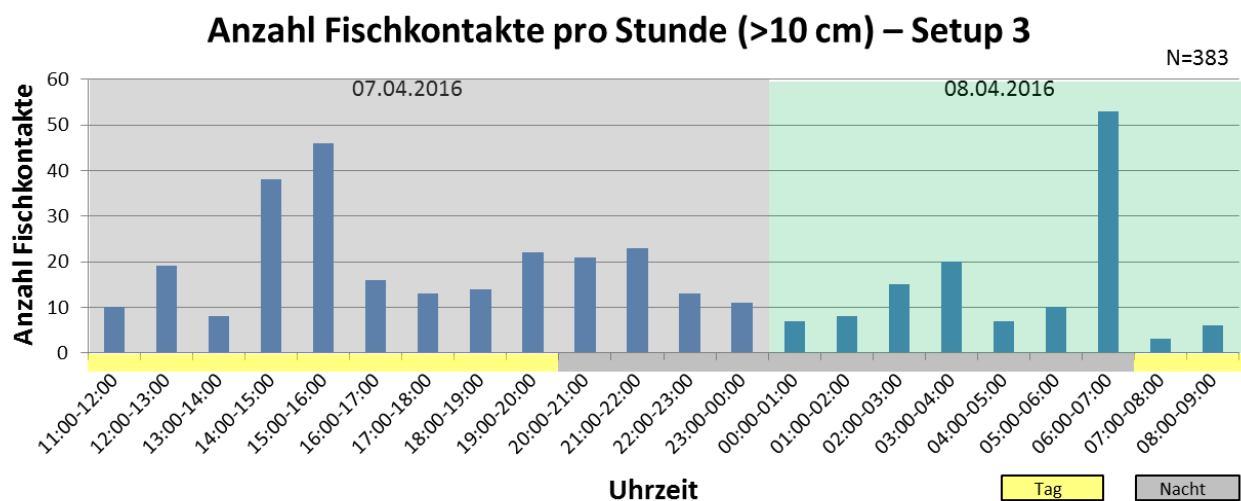


Abb. 23: Anzahl der Fischkontakte pro Stunde im Setup 3 vor dem Einstieg der bestehenden Fischeufstiegsanlage auf dem linken Ufer (Schweizer Seite).

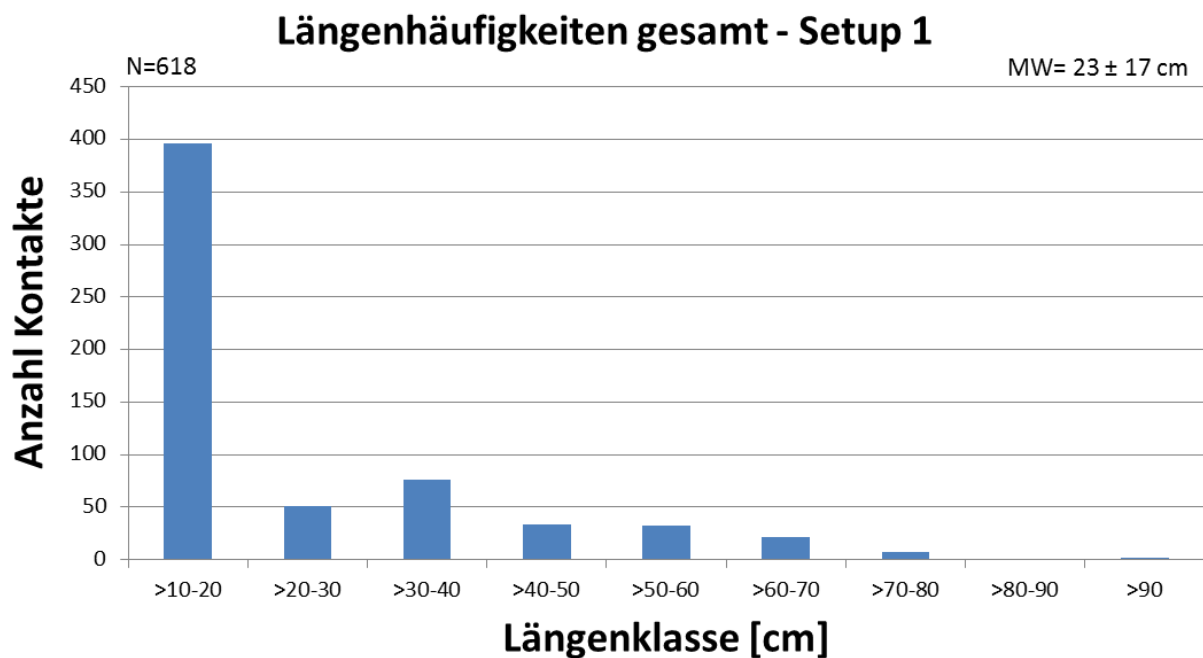


Abb. 24: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 1 der DIDSON-Untersuchungen am Einstieg der bestehenden Fischaufstiegsanlage auf dem linken Ufer vom 04.-08.04.2016. Bem.: Die Klasse >0-10 cm wurde nicht berücksichtigt, da die akustischen Bedingungen eine eindeutige Erkennbarkeit nicht zuließen.

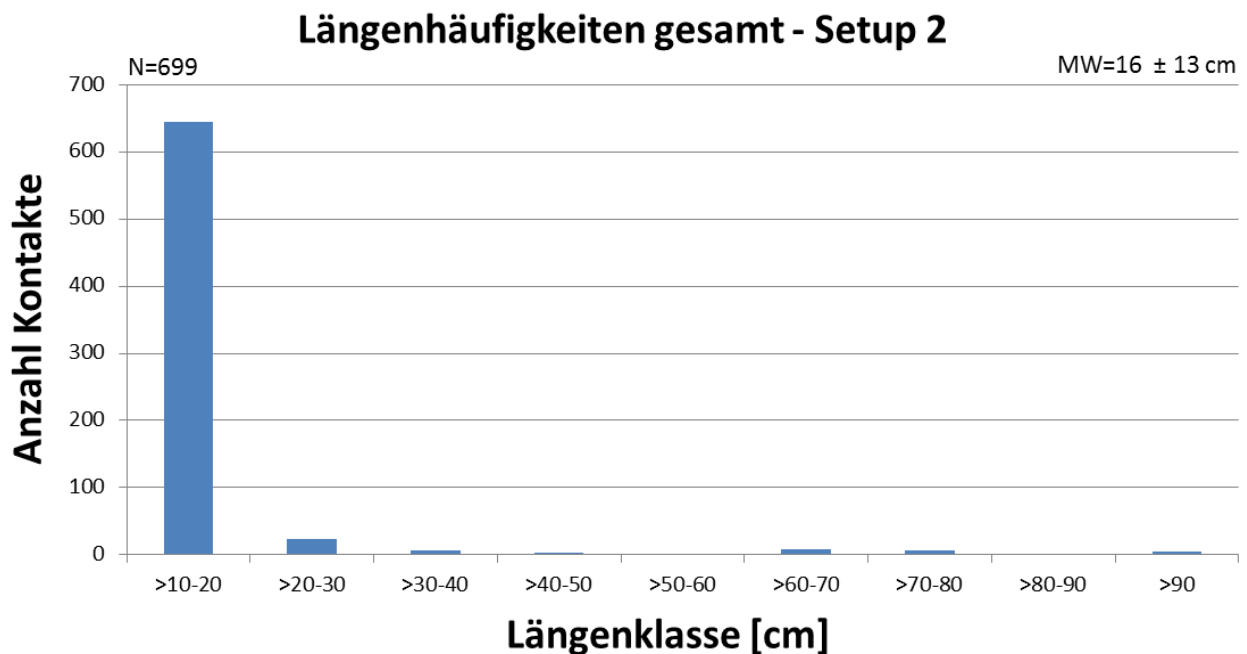


Abb. 25: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 2 der DIDSON-Untersuchungen am Einstieg der bestehenden Fischaufstiegsanlage auf dem linken Ufer vom 04.-08.04.2016. Bem.: Die Klasse >0-10 cm wurde nicht berücksichtigt, da die akustischen Bedingungen eine eindeutige Erkennbarkeit nicht zuließen.

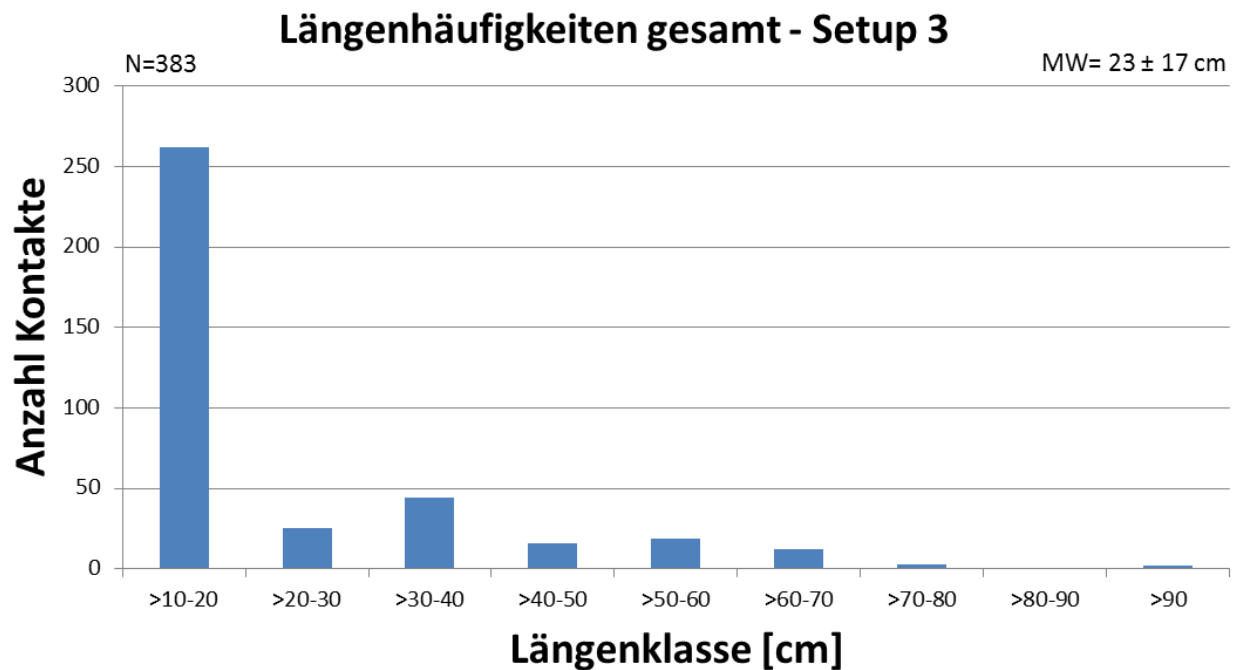


Abb. 26: Absolute Längenhäufigkeit als Größenklassenverteilung im Setup 3 der DIDSON-Untersuchungen am Einstieg der bestehenden Fischaufstiegsanlage auf dem linken Ufer vom 04.-08.04.2016. Bem.: Die Klasse >0-10 cm wurde nicht berücksichtigt, da die akustischen Bedingungen eine eindeutige Erkennbarkeit nicht zuließen.

3.4 Vergleich Fischgrößen: Linkes Ufer vs. rechtes Ufer

Der Vergleich der relativen Abundanzen der Längenklassen an den drei Untersuchungsstandorten (Daten der einzelnen Setups gepoolt) zeigt für die beiden Untersuchungseinheiten im Abstrom von M1 und M2 eine vergleichbare glockenförmige Verteilung mit den Maxima bei den Klassen >40-50 cm und >30-40 cm. Im Kontrast dazu steht die rechtsschiefe Verteilung vor der FAA auf der linken Uferseite. Die Größenklasse >10-20 cm stellte hier mit 76,6 % den Großteil aller Kontakte. Große Fische waren vergleichsweise unterrepräsentiert (Abb. 27).

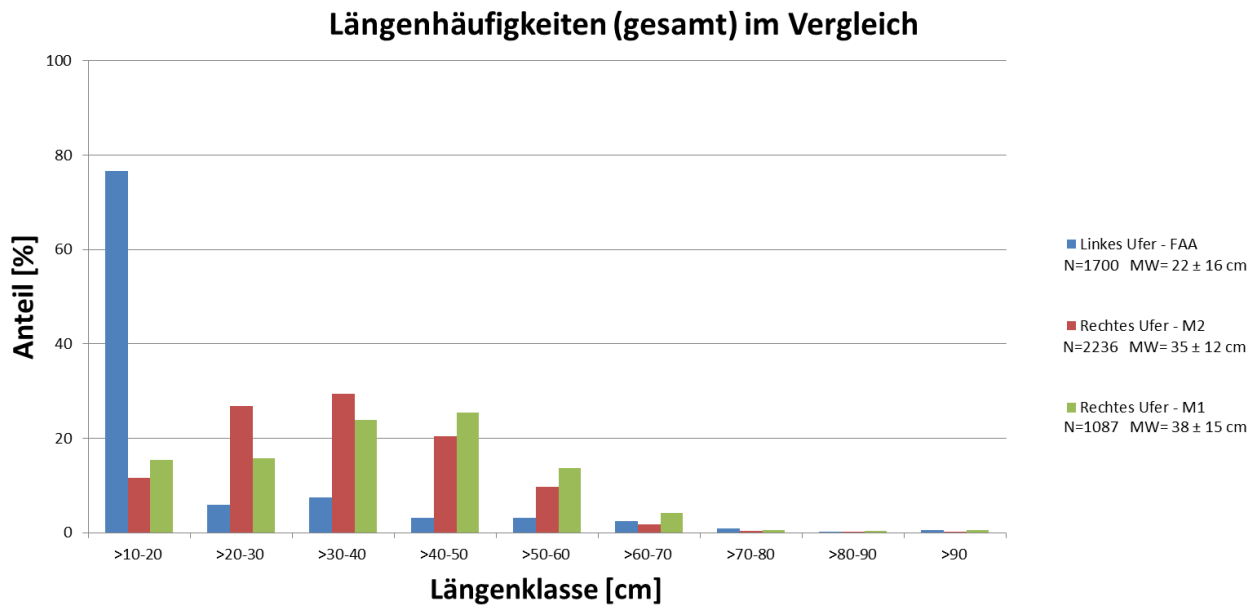


Abb. 27: Relative Längenfrequenzverteilung der drei Untersuchungsstandorte (Setups gepooled), Turbinenabstrom M1, Turbinenabstrom M2 (rechte Uferseite) und Einstieg FAA (linke Uferseite) im Vergleich.

4. Zusammenfassung und Diskussion

Die hydroakustischen Sonaruntersuchungen im Unterwasser des KW Reckingen in den Frühjahren 2015 und 2016 lieferten Erkenntnisse über die am rechten und linken Ufer auftretenden Fischgrößen, tageszeitliche Aktivitätsrhythmen sowie durchschnittliche Fischkontaktzahlen zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten.

Ein direkter Vergleich der Untersuchungseinheiten untereinander war bedingt durch die unterschiedlichen Temperatur- und Abflussbedingungen nicht ohne Weiteres möglich. Für die Untersuchung vor dem Einstieg der FAA am linken Ufer war es Voraussetzung, dass es keinen Wehrüberfall gab, da der massive Lufteintrag den Einsatz eines Sonars nicht zulässt.

Auf der rechten Uferseite (Saugschlauch) wurden verhältnismäßig viele große Fische detektiert. In beiden Untersuchungseinheiten vor M1 und M2 war eine glockenförmige Längenhäufigkeitsverteilung mit den Maxima bei den Klassen >40-50 cm und >30-40 cm erkennbar (Abb. 27). Die Fischlängenhäufigkeitsverteilung am linken Ufer hatte dagegen eine rechtsschiefe Verteilung. Die Größenklasse >10-20 cm bildete hier mit 76,6 % den Großteil der Kontakte (Abb. 27). Im Mittel waren die Fische in den Untersuchungseinheiten am Saugschlauch größer (Abb. 14 - Abb. 16; Abb. 19 - Abb. 20; Abb. 24 - Abb. 26).

Zur frühjährlichen Laichzeit der Cypriniden (Karpfenartige) unternehmen adulte (geschlechtsreife) Individuen stromaufwärtsgerichtete Migrationen. Dabei orientieren sich die Fische an der Strömung. Der Hauptstrom des Rheins läuft am KW Reckingen, durch die Turbinen geleitet, am rechten Ufer. Je nach Wasserführung des Flusses kommt es vor der linken Uferseite zum Wehrüberfall. Die erfassten Fischgrößen vor M1 und M2 belegen die Anwesenheit großer Fische vor den Saugschläuchen unterhalb des Kraftwerks während der für den Hochrhein beschriebenen Laichzeit der Barben. Basierend auf Fischpasskontrollen (Guthruf 2008) ist daher davon auszugehen, dass es sich bei den im Sonar detektierten Fischen vorwiegend um adulte Cypriniden (z.B. Barben und Döbel) handelte. Zum Zeitpunkt der Untersuchung waren große Fische vor dem Einstieg der FAA am linken Ufer unterrepräsentiert. Es ist davon auszugehen, dass sowohl die jahreszeitlich bedingte noch relativ geringen Wassertemperaturen als auch der durch den fehlenden Wehrüberfall bedingte strömungsberuhigte Bereich vor der FAA dafür verantwortlich waren. Ohne Wehrüberfall gab es vor dem Einstieg am linken Ufer eine zur Hauptfließrichtung des Rheins gegensätzlich (stromaufwärts) gerichtete Kehrströmung.

Basierend auf den stündlichen Kontaktzahlen konnte für die beiden Untersuchungseinheiten am rechten Ufer eine tageszeitliche Abhängigkeit der Fischaktivität nachgewiesen werden. So war vor M1 in Setup 2 und 3 und vor M2 in allen Setups tagsüber eine gesteigerte Fischaktivität zu beobachten (Abb. 12 - Abb. 13 und Abb. 17 - Abb. 18). Das Merkblatt DWA-M 509 beschreibt eine hohe Variabilität und Komplexität in der tageszeitlichen Aufstiegsaktivität verschiedener Arten und eine saisonale Abhängigkeit. Die dort aus Nöthlich (2001) zitierten Ergebnisse eines zweijährigen Videomonitorings an der Fischaufstiegsanlage der Staustufe Iffezheim geben für Barben eher eine nächtlich gesteigerte Aktivität und für Döbel eine starke Aufstiegsaktivität um 15 Uhr, 19 Uhr und 1-2 Uhr an. Die Sonaranalysen vor M1 und M2 am KW Reckingen zeigten wiederholte Aktivitätsspeaks gegen 16-17 Uhr und gegen 19-20 Uhr. Zwischen 5-7 Uhr und 10-11 Uhr wurden ebenfalls wiederkehrend Aktivitätsspeaks beobachtet. Ähnlich gelagerte diurnale Effekte waren vor der FAA am linken Ufer teilweise in Setup 1 und 2 und eindeutiger in Setup 3 zu erkennen.

Die durchschnittlichen Fischkontaktzahlen (Kontakte pro Stunde) der drei Untersuchungseinheiten variierten. Die größte Anzahl an Kontakten wurde mit 188 und 341

Kontakten/h (Setup 1 und 2) im Juni 2015 am rechten Ufer vor M2 beobachtet. Dies ist vermutlich den im Vergleich höheren Wassertemperaturen und der damit verbundenen gesteigerten Aktivität von Cypriniden im Juni zuzuordnen.

Die Untersuchungen im Abstrom der Maschinen M1 und M2 haben in allen Setups deutlich die Präsenz von Fischen belegt. Diese waren bis in unmittelbarer Nähe zur Kraftwerksbarriere abundant.

5. Literatur

BALK H. ET AL. (2014): Sonar4 and Sonar5 post processing systems, Operator manual version 6.0.3 Lindem Data Acquisition, Oslo, 464 S.

DWA (2014): Merkblatt DWA-M 509 Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. DWA e.V. Hennef 334 S.

FRIAS-TORRES, S. & LUO, J. (2008): Using dual-frequency sonar to detect juvenile goliath grouper *Epinephelus itajara* in mangrove habitat. *Endangered Species Research*, doi: 10.3354/esr00138.

GUTHRUF, J. (2008): Fischaufstieg am Hochrhein. Koordinierte Zählung 2005/06. *Umwelt-Wissen* Nr. 8010. Bundesamt für Umwelt, Bern. 161 S.

HAN, C.-H. & UYE, S.-I. (2009): Quantification of the abundance and distribution of the common jellyfish *Aurelia aurita* s.l. with a Dual-frequency Identification Sonar (DIDSON). *Journal of Plankton Research* 31, 805-814.

HANDEGARD, N. O. & WILLIAMS, K. (2008): Automated tracking of fish in trawls using the DIDSON (Dual-frequency Identification Sonar). *ICES Journal of Marine Science* 65, 636-644.

MUELLER, A.M., MULLIGAN, T. & WITHLER, P.K. (2008): Classifying Sonar Images: Can a Computer-Driven Process Identify Eels? *North American Journal of Fisheries Management* 28, 1876-1886.

NÖTHLICH, I. ET AL. (2001): Untersuchungsergebnisse zur Fischwanderung in der neuen Fischaufstiegsanlage Iffezheim. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz 69 S.

SCHMIDT, M., KÜHLMANN, M., GASSNER, H. & MEYER, E.I. (2004a) Hydroakustische Untersuchungen zum Fischbestand in der Hennetalsperre. Landesfischereiverband Westfalen und Lippe. Band III. 48 S.

SCHMIDT, M., GASSNER, H., KÜHLMANN, M., MATTES, H. & MEYER, E.I. (2004b) Hydroakustische Untersuchungen zum Fischbestand der Hennetalsperre (Sauerland). *Fischer & Teichwirt* ,1: 487-490.

SCHMIDT M.B., GASSNER H. & MEYER E. I. (2005) Distribution and total biomass of a vendace, *Coregonus albula* L., population in a mesotrophic German reservoir. *Fisheries Management and Ecology*, 12: 169-175

SCHMIDT, M.B. (2008): Echolote und Sonare in der Binnenfischerei – Möglichkeiten und Perspektiven. *VDSF-Schriftenreihe Fischerei und Gewässerschutz* 3, 35-37.

SIMMONDS, E.J. & MACLENNAN, D.N. (2005) *Fisheries acoustics*, 2nd Edition. Blackwell Science, Oxford. 437 S.

6. Index Beispielvideos

Beispielvideos

- Video_01 - Kleiner Fisch der Kategorie 1
 - Video_02 - Kleiner Fisch der Kategorie 1
 - Video_03 - Kleiner Fisch der Kategorie 1 (Kick & Glide Schwimmmodus)
 - Video_04 - Kleiner Fisch der Kategorie 1 (Flucht / Kick & Glide Schwimmmodus)
 - Video_05 - Kleiner Fisch der Kategorie 1 (Flucht / Kick & Glide Schwimmmodus)
 - Video_06 - Kleiner Fisch der Kategorie 1 (Kick & Glide Schwimmmodus)
 - Video_07 - Fisch der Kategorie 1 (gesteigerte Schwimmbewegung und Rechenkontakt)
 - Video_08 - Kleiner Fisch der Kategorie 2 (durchtritt den Rechen)
 - Video_09 - Kleiner Fisch der Kategorie 4 (wird vor dem Rechen gefressen)
(weiterer kleiner Fisch nähert sich dem Rechen)
 - Video_10 - Kleiner Fisch der Kategorie 4 (wird vor dem Rechen gefressen)
 - Video_11 - Großer Fisch der Kategorie 1
 - Video_12 - Großer Fisch der Kategorie 1
 - Video_13 - Großer Fisch der Kategorie 1
 - Video_14 - Zwei große Fische der Kategorie 1
 - Video_15 - Größerer Fisch der Kategorie 1
 - Video_16 - Großer Fisch der Kategorie 3
 - Video_17 - Großer Fisch der Kategorie 3
 - Video_18 - Schwarm von Kleinfischen dicht gedrängt am Rechen bei ausgeschalteter Turbine M2
 - Video_19 - Großer Aal entfernt sich vom Rechen
 - Video_20 - Großer Aal schwimmt dicht am Rechen und bekommt Rechenkontakt
 - Video_21 - Großer Aal schwimmt mit der Strömung abwärts und verschwindet am Rechen
 - Video_22 - Großer Fisch (Prädator) wird vom Rechenreiniger vertrieben
 - Video_23 - Großer Fisch (Prädator) selektiert Beute und verschmäht Beutefisch
 - Video_24 - Fisch selektiert und ignoriert antreibenden Partikel / Kleinfisch.
-