

Erneuerung Kraftwerk Hagneck

Wirkungskontrolle Fischaufstieg

**Teil A: Nachweis der Funktionstüchtigkeit des Umgehungsgewässers als
Fischaufstiegshilfe und der Eignung als Lebensraum für Fische**



2019



WFN – Wasser Fisch Natur AG

Brunnmattstrasse 15
3007 Bern

031 533 50 20
info@wfn.ch

Bearbeitung	Martina Breitenstein Arthur Kirchhofer Luca Hoppler Laura Bruppacher Markus Flück	<i>WFN - Wasser Fisch Natur AG</i> Brunnmattstrasse 15 3007 Bern
Fischzählung	Abegglen Peter, Baur Jörg, Brügger Erich, Brunner Hansruedi, Dasen Werner, Fürst Ernst, Gatschet Hans, Häusler Fritz, Herren Erich, Hirschi Roland, Hurni Gerhard, Köhli René, Moser Kurt, Tanner Paul, Wytttenbach Martin	
Projektkoordination	Thomas Richli	Bielerseekraftwerke AG
Auftraggeber	Bielerseekraftwerke AG Gottstattstrasse 4 2500 Biel	
Dank	Wir danken allen beteiligten Helfern der Fischaufstiegszählungen und für die tatkräftige Unterstützung durch das Fischereinspektorat des Kantons Bern (Daniel Bernet, Jörg Ramseier), sowie den Mitarbeitern der BKW (Silvio Zingg, Stephan Schneider, James Chopard, Hans Mori und Stefan Bachmann)	
Titelbild	BIK AG / Beat App	
Fischzeichnungen	Beatrice Gysin	

Bern, 10.03.2019

Inhalt

Zusammenfassung	1
1 Einleitung	
1.1 Ausgangslage	3
1.2 Auftrag und zeitlicher Ablauf	3
1.3 Wieso wandern Fische?	4
2 Rahmenbedingungen und Situationsbeschreibung	
2.1 Historischer Rückblick und Grosswasserkraftwerke im Seeland	5
2.2 Fischfauna Hagneckkanal und Bielersee	6
2.3 Anlagenbeschreibung	8
2.4 Fischwanderhilfen	10
2.4.1 Fischaufstieg	10
2.4.2 Fischabstieg	14
2.4.3 Fischzählbecken	15
3 Umgebungsgewässer als Lebensraum für Fische	
3.1 Vorgehen	17
3.2 Resultate	
3.2.1 Artenspektrum und gefährdete Arten	18
3.2.2 Fischdichten und relative Häufigkeiten	19
3.2.3 Längenklassen	20
3.2.4 Fortpflanzung der Forelle	21
3.2.5 Fortpflanzung weiterer litho-rheophiler Arten	22
3.2.6 Weitere Beobachtungen	24
3.2.7 Impressionen des Umgebungsgewässers	26
3.3 Gesamtbeurteilung des Umgebungsgewässers als Lebensraum	27

4 Umgehungsgewässer als Fischwanderhilfe	
4.1 Technische Wirkungskontrolle	
4.1.1 Methodik	29
4.1.2 Resultate	30
4.1.3 Zusammenfassende Beurteilung	32
4.2 Fischzählungen	
4.2.1 Methodik	33
4.2.2 Resultate der Zählungen	35
4.2.3 Zusammenfassende Beurteilung	50
4.3 Gesamtbeurteilung der FAH als Wanderhilfe	56
5 Schlussfolgerungen und Ausblick	57

Anhang

Factsheets zu ausgewählten Fischarten

Zusammenfassung

Um die gesetzlich geforderte freie Fischwanderung zu gewährleisten, wurde im Zuge des Neubaus des Wasserkraftwerks Hagneck ein Umgehungsgewässer (UGG) mit Verteilbecken und mehreren Armen von insgesamt rund 550 m Länge erstellt. Im Rahmen einer technischen Funktionskontrolle wurden die hydraulischen Parameter vor Ort gemessen und mit den Soll-Werten gemäss Planung verglichen. Um die Funktionstüchtigkeit bezüglich aufsteigender Fische zu dokumentieren, fanden ab März 2017 während einem Jahr Zählungen der aufsteigenden Fische mittels Umleitung in ein Fischzählbecken statt.

Zusätzlich wurde der Aspekt «UGG als Lebensraum für Fische» mittels Elektrobefischungen und visuellen Beobachtungen zu verschiedenen Jahreszeiten untersucht. Im Rahmen der Befischungen des UGG konnten 18 Fischarten nachgewiesen werden, unter anderem auch die gefährdeten Arten Bachneunauge, Aal und Schneider. Ausserdem konnte belegt werden, dass sich Alet und Forellen wiederholt erfolgreich im UGG fortgepflanzt haben.

Die Resultate der technischen Wirkungskontrolle zeigten, dass die Planungswerte bezüglich Höhendifferenzen und maximalen Fließgeschwindigkeiten in den Blockdurchlässen weitgehend eingehalten werden, da in jedem Blockriegel mehrere Durchlässe mit unterschiedlichen Strömungen vorhanden sind. Die vorgesehenen Dotierwassermengen wurden ebenfalls eingehalten, ausser wenn wegen Verstopfungen und Verklausungen die Wasserzufuhr über Fischabstieg und Dotierkraftwerke gestört war. Nach baulichen Verbesserungen und regelmässigem Unterhalt sollen diese Wasserdotationen zukünftig sichergestellt werden.

Rund 44'500 aufsteigende Fische konnten im Verlauf des Zähljahres im Zählbecken registriert werden, insgesamt 27 Arten. Mit rund 70% aller aufgestiegenen Fische, waren Rotaugen und Laube klar die häufigsten. Im Vergleich zum bekannten Fischartenspektrum des Bielersees, konnten mit Ausnahme von Wels, Karpfen, Felchen, Zander und Seesaibling alle anderen Arten mittels

Aufstiegszählungen oder Befischungen im UGG nachgewiesen werden.

Bei den Zählungen konnten sowohl kleine (< 5 cm), als auch grosse Fische (> 50 cm) erfasst werden. Der längste Fisch war eine Seeforelle mit 85 cm Länge. 97% aller gezählten Fische waren kleiner als 20 cm und rund die Hälfte mass weniger als 10 cm. Aussergewöhnlich ist auch die hohe Anzahl Rotaugen (12'670), welche mit einer Länge < 5 cm das UGG passierten. Obschon die kleinen Fische im Verhältnis den Aufstieg klar dominierten, konnten von den meisten grosswüchsigen Arten (u.a. Alet, Barben oder Brachsamen) auch adulte Individuen mit Längen > 30 cm festgestellt werden.

Mit den hier durchgeführten Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die hydraulischen Grenzwerte für den Fischaufstieg im UGG eingehalten werden. Das grosse erfasste Artenspektrum zeigte, dass die Fischaufstiegshilfe keine artenselektierende Komponente aufweist, ebenso bestehen keine Hinweise auf eine Selektion bezüglich Fischlänge.

Das Umgehungsgewässer weist ferner viele zusätzliche Lebensräume für diverse Tier- und Pflanzenarten auf, selbst der Biber benutzt dieses als Wanderkorridor und Nahrungsgrund.

Die Aufstiegszahlen sind als Minimalangabe der aufsteigenden Fische zu verstehen. Durch die Zählinstallationen und die Zählungen wurde zeitweise der freie Aufstieg behindert. Zudem war für gewisse Fische der Einstieg in das Zählbecken womöglich erschwert und einige - auch grössere Individuen zu Beginn der Untersuchung - wanderten wieder via Reuse fischpassabwärts. Im Vergleich zu anderen Zählungen an Aarekraftwerken der letzten Jahre, sind die Zahlen dennoch als sehr hoch einzuordnen.

Gesamthaft kann das neue Umgehungsgewässer aufgrund der vorliegenden Resultate als funktionstüchtige Fischaufstiegshilfe eingestuft werden. Weitere Fragestellungen von übergeordnetem Interesse werden in der «Wirkungskontrolle Teil B» 2019-2022 untersucht.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Beim neu gebauten Kraftwerk Hagneck der Bielersee Kraftwerke AG (BIK) wurde eine Fischaufstiegshilfe für die ganze Anlage und beim neuen und alten Kraftwerk je eine Fischabstiegsanlage erstellt, um die nach Bundesgesetz über die Fischerei (BGF) geforderte Wiederherstellung der Fischgängigkeit sicherzustellen. Nach erfolgter Inbetriebnahme ist durch den Eigentümer und Betreiber mit einem Monitoring die Funktionstüchtigkeit der Anlagen nachzuweisen (Konzessionsauflage).

Die Fischwanderhilfen des Kraftwerks Hagneck weisen einige Besonderheiten auf, die zum Teil in der Schweiz Pilotcharakter haben, insbesondere die mehrarmige Aufstiegshilfe und die Anlagen zum Fischabstieg. Ein allfälliger Erkenntnisgewinn aus einer Funktionskontrolle ist daher von grosser Bedeutung für die Planung weiterer Anlagen, die in der Schweiz im Rahmen der Sanierungen der Fischdurchgängigkeit in den nächsten Jahren in grosser Zahl zu realisieren sein werden.

1.2 Auftrag und zeitlicher Ablauf

Die «Wirkungskontrolle Fischwanderhilfen Kraftwerk Hagneck» wird zweistufig durchgeführt: Teil A ist Bestandteil der Auflagen im Rahmen der Neukonzessionierung, Teil B wird als zusätzliche, ergänzende Untersuchung durchgeführt. Der Fokus von Teil B liegt auf der Beurteilung der Auffindbarkeit und Passierbarkeit, der Funktionsüberprüfung der Collection Gallery und der Fischabstiegseinrichtungen, sowie der Klärung, welche Einstiegsportalen am meisten aufsteigende Fische liefern. Diese Informationen sind auch von übergeordnetem, gesamtschweizerischen Interesse im Rahmen der laufenden Sanierungsmassnahmen der Fischwanderhilfen gemäss revidiertem Gewässerschutzgesetz

[A] In einem ersten Schritt wurde mit einer technischen Wirkungskontrolle die Einhaltung der planerischen Vorgaben zu den hydraulischen Verhältnissen im UGG überprüft. In der anschliessenden biologischen Wirkungskontrolle wurden während eines ganzen Jahres alle aufsteigenden Fische nach Art und Länge erfasst. *WFN - Wasser Fisch Natur AG* wurde von den BIK beauftragt, diese «Wirkungskontrolle Teil A» 2017-2018 unter Einbezug der örtlichen Fischer durchzuführen.

[B] In einem zweiten Schritt soll eine möglichst grosse Anzahl Fische mit PIT-Tags (passiven Mikrochips) markiert und mithilfe elektronischer Registriervorrichtungen an verschiedenen Stellen im Umgehungsgewässer deren Wege aufgezeichnet werden. Zusätzlich sollen die Abstiegsmöglichkeiten beim alten und beim neuen Kraftwerk mit verschiedenen Methoden (Videoanalysen, Netzfänge etc.) überprüft werden. Diese «Wirkungskontrolle Teil B» wird 2019 - 2022 durchgeführt.

Im vorliegende Bericht werden Methodik und Resultate der «Wirkungskontrolle Teil A» detailliert dargestellt und darauf abgestützt die Funktionstüchtigkeit der Fischaufstiegshilfe beurteilt.

1.3 Wieso wandern Fische?

Die freie Wanderung der Fische flussauf- und -abwärts ist ein ausschlaggebender Faktor für die Aufrechterhaltung einer funktionierenden Fischbiozönose und eine langfristige Erhaltung der Fischbestände. Je nach Lebensphase der Fische stellen diese unterschiedliche Ansprüche an ihren Lebensraum (Habitat). Man unterscheidet zwischen verschiedenen Haupthabitaten: Fortpflanzungs-, Ernährungs- und Überwinterungshabitat. Zwischen diesen Habitaten müssen sie frei zirkulieren können (Abbildung 1).

Als wichtigste Typen von Wanderungen gelten:

- ⇒ Laichwanderung: vor der Fortpflanzungszeit, Wanderung zu den Fortpflanzungsgebieten
- ⇒ Überwinterungswanderung: Wanderungen zwischen Sommer- und Winterhabitaten;
- ⇒ Nahrungswanderung: kleinräumige tageszeitliche Wanderungen zwischen Ruhe- und Ernährungshabitaten.
- ⇒ Ausbreitungswanderung (Dispersionswanderung): Verbreitung von Jungfischen zur Erschliessung neuer Lebensräume;
- ⇒ Kompensationswanderung: nach Abdrift durch Hochwasser, Rückwanderung in ursprüngliche Habitate.

Der Beginn grösserer Wanderaktivitäten kann durch verschiedene artspezifische Auslösemechanismen (Trigger) hervorgerufen werden. Wichtige Trigger sind z. B. Wassertemperatur, Abflussverhältnisse, Lichtverhältnisse/Tageslänge, Mondphasen.

Die zurückgelegten Wanderdistanzen sind je nach Fischart und Typ der Wanderung sehr unterschiedlich. Man unterscheidet zwischen Langdistanzwanderern (Aal, Lachs), welche Wanderungen zwischen Süss- und Salzwasser durchführen, Mitteldistanzwanderern (Barbe, Nase, See-/Bachforelle) und Kurzdistanzwanderern (die meisten anderen Fischarten).

Um die Wanderung von Fischen zu erfassen, gibt es verschiedene Methoden:

- Aktive (Radiotelemetrie, akustische Telemetrie) und passive (PIT-Tagging) Biotelemetrie.
- Zählungen in Zählvorrichtungen von Kraftwerken: mittels Umleitung in Zählbecken oder Fang in Reusen, Videoaufnahmen, Licht- oder Leitfähigkeitsschleusen (VAKI, Resistivity counter).

Je nach Fragestellung wird die entsprechende Methode gewählt. Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich auf die Erfassung des Fischaufstieges mittels Fischzählbecken. Im Rahmen einer grösseren Zusatzuntersuchung ab 2019 werden die Wanderaktivitäten der Fische in den Fischwanderhilfen mit PIT-Tag, Videoaufnahmen und Netzfängen detaillierter untersucht.

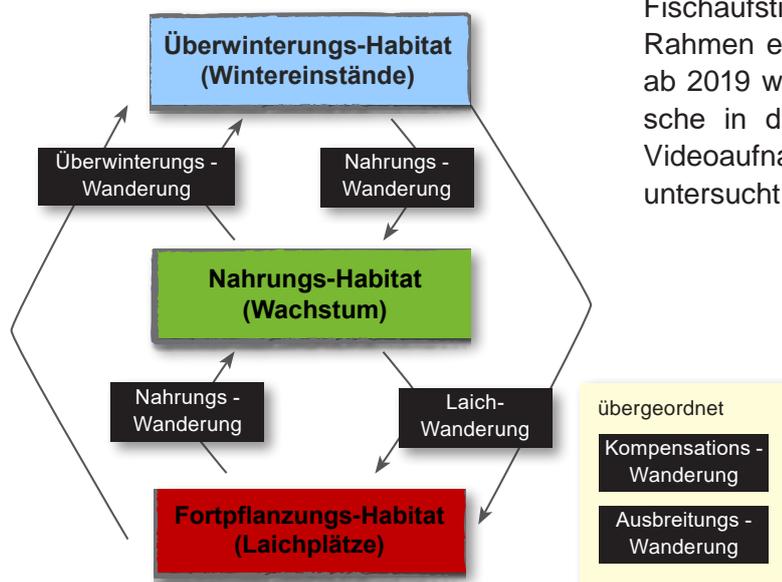


Abbildung 1: Wichtigste Fischhabitats und Typen von Wanderungen¹ (abgeändert).

¹ NORTHCOTE, T. G. 1978: Migratory strategies and production in freshwater fishes. In: Ecology of Freshwater Production (ed. S. D. Gerking), Blackwell, Oxford: pp. 326–359.

2 Rahmenbedingungen und Situationsbeschreibung

2.1 Historischer Rückblick und Grosswasserkraftwerke im Seeland

Im Zuge der ersten Juragewässerkorrektion 1868-1891 wurde die Aare ab Aarberg über den künstlich geschaffenen Hagneckkanal in den Bielersee umgeleitet. Um der fortschreitenden Rückwärtserosion des Kanals Einhalt zu gebieten, wurde vor der Mündung in den Bielersee von 1897-1899 das Wehr Hagneck erbaut und mit einem Kraftwerk ergänzt.

Die Konzession des Wasserkraftwerkes Hagneck ist im November 2004 abgelaufen. Nach einem umfangreichen Variantenstudium reichte die Bielersee Kraftwerke AG (BIK) als Eigentümerin des Kraftwerks Hagneck ein Gesuch für eine neue Konzession mit einem Bericht zur Umweltverträglichkeit ein. Diese wurde vom Grossen Rat des Kantons Bern 2010 erteilt. In der Folge reichte die BIK ein Baugesuch für den Abbruch des alten Wehrs und den Bau eines neuen Kraftwerks mit einem Bericht zur Umweltverträglichkeit 2. Stufe ein. Im Sommer 2011 wurde mit den Bauarbeiten begonnen und im Herbst 2015 war die Anlage fertig erstellt und konnte in Betrieb genommen werden.

Das Abflussregime wird - nebst den jahreszeitlich unterschiedlichen Schwankungen - stark durch das Schwall-Sunk-Regime des Kraftwerks Schiffenen (Saane FR) geprägt. Im Unterwasser hat die Regulierung des Seepiegels durch die Wehranlage des Kraftwerks Port einen grossen Einfluss.

Im näheren Perimeter finden sich aktuell sechs Wasserkraftwerke (Abbildung 2). Gemäss Strategischer Planung zur Sanierung der Wasserkraft des Kantons Bern aus dem Jahr 2013 muss bei vier Wasserkraftwerken die Fischwanderung abwärts und aufwärts bis 2020 bzw. 2025 saniert werden. Das KW Hagneck mit den neuen Anlagen zur Fischwanderung wurde bei dieser Planung bezüglich Aufstieg und Abstieg als nicht sanierungspflichtig eingestuft, weil die technischen Einrichtungen des neuen Kraftwerks den gesetzlichen Vorgaben entsprechen.

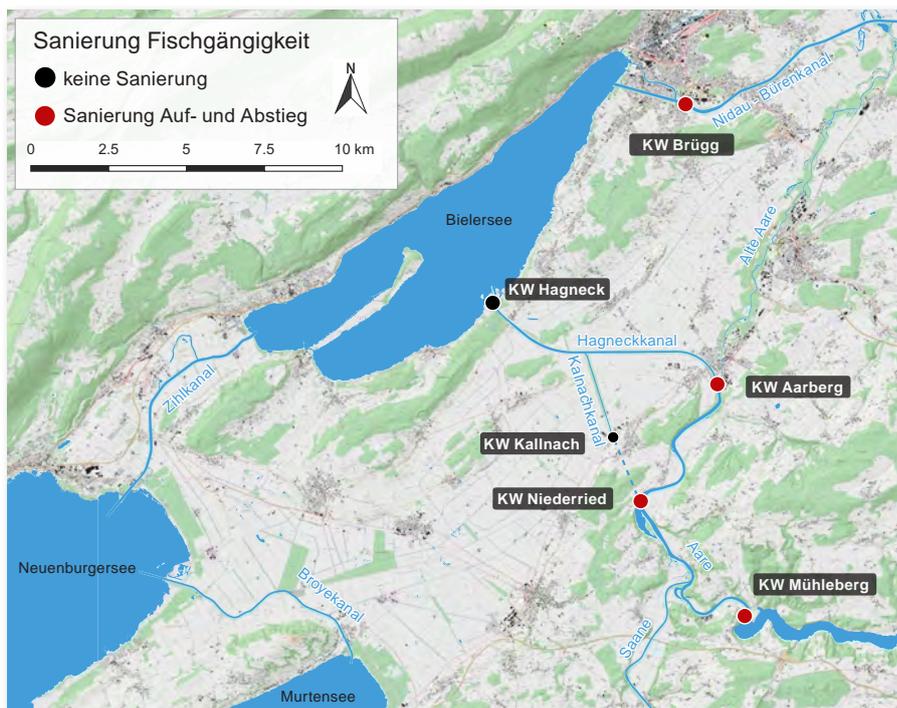


Abbildung 2: Lage des Wasserkraftwerks Hagneck im Berner Seeland und Übersicht über das Gewässernetz und die umliegenden Wasserkraftwerke mit Fischwanderhindernissen und deren Sanierungsbedarf (Geodaten © swisstopo).

2.2 Fischfauna Hagneckkanal und Bielersee

Die Fischfauna des Bielersees wurde 2017 im Rahmen des «Projet Lac» mittels standardisierten Methoden (Elektro- und Netzfischerei) untersucht². Im Hagneckkanal und im Kallnachkanal wurden in den letzten Jahren verschiedene ökologische Aufwertungen durchgeführt^{2,3}. Im Zuge einer Wirkungskontrolle wurde die Entwicklung des Fischbestandes mit elektrischen Befischungen (Abbildung 3) und Äschenlarvenkartierungen erfasst. Ergänzt mit der Fischfangstatistik des Kantons Bern (Daten: Fischereinspektorat), konnten insgesamt 30 heimische Fischarten in Bielersee und Hagneckkanal erfasst werden (Tabelle 1).

Mit Bachneunauge, Aal, Bitterling, Karpfen, Nase, Schneider, Seeforelle, Seesaibling und Äsche sind 9 Arten in der Roten Liste als «gefährdet», «stark gefährdet» oder als «vom Aussterben bedroht» aufgeführt⁵. Die in der Schweiz heimischen Arten Schwarzfeder, Stichling und Südliche Dorngrundel kamen ursprünglich nicht im Bielersee vor und gelten deshalb als standortfremd in dessen Einzugsgebiet.

Mit Sonnenbarsch, Regenbogenforelle und Zander besiedeln zudem drei landesfremde Fischarten den Bielersee und den Hagneckkanal.

Egli, Felchen und Rotaugen sind die häufigsten Arten im Bielersee. Diese wurden sowohl im Rahmen des «Projet Lac», als auch durch die Angel- und Berufsfischer am häufigsten gefangen. In der Uferzone des Bielersees sind neben Egli und Rotaugen auch Alet und Schneider stellenweise häufig. Die Laube zählt zu den häufigsten Arten im Freiwasser.

Im Hagneckkanal ist das Egli die am häufigsten gefangene Fischart der Angelfischer, gefolgt von Äsche und Rotaugen. Durch die elektrischen Befischungen im Uferbereich wurden in erster Linie juvenile Alet, Barben, Rotaugen und Rotfedern sowie Groppen, Gründlinge und Schneider gefangen. Der Fortpflanzungserfolg der Äsche im Hagneckkanal wurde in den letzten Jahren meist als schlecht bis mässig beurteilt. 2018 konnten seit langem abschnittsweise wieder relativ hohe Äschenlarvendichten festgestellt werden.



Abbildung 3: Elektrische Befischungen im Uferbereich des Hagneckkanals im Rahmen der Wirkungskontrolle des Hochwasserschutzprojektes Sanierung Hagneckkanal.

Tabelle 1: Aktuelles Artenspektrum und Beurteilung der Häufigkeiten (● = selten ●● = häufig ●●● = sehr häufig) der Fischfauna im Hagneckkanal und im Bielersee. Als Datengrundlage dienten elektrische Befischungen im Uferbereich des Hagneck- und des Kallnachkanals zwischen 2005 und 2018^{2,3} Daten aus dem Projet Lac 2017⁴ und die Fischfangstatistik (FASTAT) der Angel- und Berufsfischer im Bielersee und im Hagneckkanal der letzten 10 Jahre (Daten: Fischereinspektorat des Kantons Bern (FI Bern). Zusätzlich ist der Rote-Liste⁵ Status (RL) angegeben (x = standortfremd im Einzugsgebiet des Bielersees; xx = landesfremd nach VBGF).

Familie	Fischart	RL	Hagneckkanal		Bielersee		
			WFN	FASTAT	Projet Lac	FASTAT	
Petromyzontidae	Bachneunauge	<i>Lampetra planeri</i>	EN	●		●	
Anguillidae	Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	VU		●		●
Cobitidae	Südliche Dorngrundel	<i>Cobitis bilineata</i>	x			●	
Coregonidae	Felchen	<i>Coregonus sp.</i>		●		●●●	●●●
Cottidae	Groppe	<i>Cottus gobio</i>		●●		●	
Cyprinidae	Alet	<i>Squalius cephalus</i>		●●●	●●	●	●
	Barbe	<i>Barbus barbus</i>		●●●	●	●	●
	Bitterling	<i>Rhodeus amarus</i>	EN	●		●	
	Blicke	<i>Blicca bjoerkna</i>		●	●	●	●●
	Brachsmen	<i>Abramis brama</i>		●	●	●	●●
	Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>		●			
	Gründling	<i>Gobio gobio</i>		●●●		●●	
	Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>		●	●●●	●	●●●
	Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	VU		●		●
	Laube	<i>Alburnus alburnus</i>		●		●●	
	Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>	CR	●			
	Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>		●●	●●●	●●●	●●●
	Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>		●●	●●●	●●	●●●
	Schwarzfeder	<i>Scardinius hesperidicus</i>	x	●		●●	
	Schleie	<i>Tinca tinca</i>		●	●	●	●
	Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	VU	●●●		●●	
Esocidae	Hecht	<i>Esox lucius</i>		●	●	●	●●
Gadidae	Trüsche	<i>Lota lota</i>		●		●	●●
Gasterosteidae	Stichling	<i>Gasterosteus gymnurus</i>	x	●		●●	
Nemacheilidae	Schmerle	<i>Barbatula barbatula</i>		●		●	
Percidae	Egli	<i>Perca fluviatilis</i>		●	●●●	●●●	●●●
	Zander	<i>Sander lucioperca</i>	xx		●	●	●●
Salmonidae	Forelle	<i>Salmo trutta</i>	(EN)	●	●		●
	Seesaibling	<i>Salvelinus sp.</i>	VU		●		●
	Regenbogenforelle	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	xx		●		
Siluridae	Wels	<i>Silurus glanis</i>			●	●	●●
Thymallidae	Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	VU	●	●●		●
Centrarchidae	Sonnenbarsch	<i>Lepomis gibbosus</i>	xx			●	●
Anzahl Arten				23	19	25	20

2 ALNUS, WFN, MOSIMANN&STREBEL, ZUMBACH, WISLER 2018: Sanierung Hagneckkanal - Wirkungskontrollen 2016-2020, Zwischenbericht 2018. Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern, 3011 Bern.

3 ALNUS, WFN, MOSIMANN&STREBEL, WISLER 2018: Renaturierungen Kallnach-Kanal, Wirkungskontrolle 2014-2017

4 VONLANTHEN, P. & G. PÉRIAT 2018: Standardisierte Befischung Bielersee – Resultate der Erhebungen vom September 2017 («Projet Lac»). Aquabios GmbH. Amt für Landwirtschaft und Natur (Fischereinspektorat) des Kantons Bern, Münsingen: 49 S.

5 KIRCHHOFFER, A., M. BREITENSTEIN & B. ZAUGG 2007: Rote Liste der Fische & Rundmäuler der Schweiz. BAFU & CSCF. Umwelt-Vollzug Nr. 0734: 64 S.

2.3 Anlagenbeschreibung

Das neue Kraftwerk Hagneck besteht aus einem Wehr mit Wehrbrücke und vier Segmentklappenschützen zur Hochwasserentlastung und einem rechtsufrig direkt angebauten Maschinenhaus. Die zwei 4.4 m grossen Rohrturbinen verarbeiten je 140 m³/s Wasser. Am Ende des alten Oberwasserkanals steht nach wie vor das alte Kraftwerksgebäude. Von den ursprünglich fünf Turbinen ist noch eine in Betrieb. Normalerweise werden mit dieser 35 m³/s turbiniert. Der alte Unterwasserkanal musste redimensioniert werden und wurde zu einer Auenlandschaft im Einflussbereich der Seespiegelschwankungen umgestaltet.

Die Konzessionsstrecke des Kraftwerks Hagneck erstreckt sich mit der neuen Konzession vom Ende des Hagneckdurchstichs bis zur Mündung in den Bielersee (Abbildung 4).



Abbildung 4: Konzessionsgebiet des Kraftwerks Hagneck (blau eingezeichnet), sowie alte (oben) und neue Zentrale.



Abbildung 5: Übersicht der Anlage Kraftwerk Hagneck.

2.4 Fischwanderhilfen

2.4.1 Fischaufstieg

Linienführung / Morphologie

Um die gesetzlich geforderte freie Fischwanderung sicherzustellen, wurde zwischen neuem und altem Unterwasserkanal ein Umgehungsgewässer (UGG) von rund 700 m Länge erstellt. Dieses neue Gewässer wurde als naturnahes Gerinne mit verschiedenen Abschnitten - z.T. mit Beckenstruktur, z.T. als flaches oder tiefes Raugerinne mit oder ohne Querriegeln - konzipiert. Um eine hohe Strukturdiversität zu erreichen, wurde das UGG planerisch in neun verschiedene Sequenzen unterteilt, die jede ihre eigene Charakteristik mit geometrischen und hydraulischen Grenz-/Richtwerten aufweist (Tabelle 2). Gesamthaft wurde die Hydraulik auf die Grenzwerte für die Leitfischarten Grosssalmoniden (Lachs, Seeforelle) und Barbe ausgelegt und an den zum Zeitpunkt der Projektierung vorliegenden Vorgaben nach DWA2010 ausgerichtet.

Für die aufwandernden Fische stehen folgende Einstiegsmöglichkeiten ins Umgehungsgewässer zur Verfügung:

Alte Zentrale

- 1 Einstieg direkt unterhalb des Turbinenauslaufs (Maschine 5) der alten Zentrale.

Neue Zentrale:

- 2 Haupteinstieg rund 80 m unterhalb des Turbinenauslaufes.
- 3 Drei Einstiegöffnungen über den neuen Turbinen (Collection Gallery)
- 4 Die verschiedenen Einstiegsmöglichkeiten werden über mehrere Arme in ein grosses Verteilbecken geführt.
- 5 Via einen verzweigten Hauptarm werden die Fische aufwärts bis zum Ausstieg in den alten Oberwasserkanal geführt.

Die verschiedenen Arme weisen jeweils mit Blockriegeln abgetrennte Becken auf. Zwischen den Blöcken sind pro Riegel zwei bis vier Öffnungen unterschiedlicher Breite vorhanden, welche je nach Fischart für den Aufstieg genutzt werden können. In sechs Bereichen verzweigt sich das Gerinne in einen flacheren und einen tieferen Arm, um so Strukturen, Fischunterstände und eventuell auch Laichmöglichkeiten für verschiedene Fischarten zu schaffen.

Tabelle 2: Sollwerte des Umgehungsgewässers beim Kraftwerk Hagneck in neun Sequenzen (von oben nach unten). VB = Verteilbecken, CG = Collection Gallery, AZ = alte Zentrale.

Sequenz	Abschnitte gemäss Ausführungsplan									Anforderung DWA 2010	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Lage	Hauptarm oben	Hauptarm bis VB	VB links abwärts	Teilgerinne zur CG	Verbindung zu CG	VB rechts abwärts	unterster Abs. rechts	Arm alte Zentrale oben	Arm alte Zentrale unten		
Typ	Beckenstruktur	Raugerinne	Raugerinne	Beckenstruktur	Betonkanal	Raugerinne	Beckenstruktur	Raugerinne/Steinschnellen	Beckenstruktur		
Länge [m]	168	90	30	52	80	48	58	100	70		
Anzahl Becken	38			14			16		8		
	Auslegung Projektierung										
Überfallhöhe [cm]	10 - 13			10 - 13			10 - 13		10 - 13	≤ 0.13 - 0.20	
Beckenlänge [m]	3		3 - 6	3		3				≥ 2.75 - 3.0	
Beckenbreite [m]	4.2		2 - 9	2.5		1.8	4.2			≥ 1.8	
Tiefe [m]	0.8	0.3 - 0.8	0.3 - 0.8	0.8	0.8	0.3 - 0.8	0.8	0.3 - 0.8		≥ 0.75	
Schlitzbreite ca. [m]	0.3		0.35 - 1.4		0.3			0.3		≥ 0.3	
Fliessgeschwindigkeit [m/s]	1.2 - 1.5	max. 1.4	1.2 - 1.5	1.2 - 1.5	max. 1.4	max. 1.4	1.2 - 1.5	max. 1.4	1.2 - 1.5	≤ 1.6 - 1.8	
Leistungsdichte [W7m ²]	60		78	78		78	74	74	32	32	≤ 150 - 200
Q [l/s]	800	800 - 1'100	600	400		400	800	500	800		
plus Lockwasser							2'600				
% Q _{Ausbau} (inkl. Lockwasser)							1.1%		2.3%	1 - 5%	



Abbildung 6: Einzelne Elemente der Fischaufstiegshilfe des Kraftwerks Hagneck (oben), sowie Anlagenübersicht (vgl. Abbildung 8).

Dotation

Das Umgehungsgewässer ist mehrheitlich auf einen Abfluss von 800 – 1'100 l/s, in einzelnen Abschnitten 200 – 600 l/s ausgelegt. Die Speisung der verschiedenen Gewässerarme erfolgt über mehrere zusätzliche Dotationsquellen (Abbildung 7 und Abbildung 8):

- (A) Über einen Schieber beim Ausstieg am oberen Ende des Umgehungsgewässers werden konstant 500 l/s zugeleitet.
- (B) 30 m unterhalb des obersten Abschnittes mit dem Fischzählbecken werden aus dem Fischabstieg der neuen Zentrale 300 l/s zugegeben.
- (C) Vom Fischabstieg bei der alten Zentrale werden weitere 300 l/s eingespeist.
- (D) Aus dem Verteilbecken wird jeder Arm mit 800 l/s dotiert. Dazu werden über ein unterirdisches Kleinkraftwerk (M4) 0.9 m³/s ins Verteilbecken zugegeben.
- (E) Mit einem weiteren Kleinkraftwerk (M3) werden zusätzliche 3.8 m³/s als Lockwasser turbinert und anschliessend auf die drei Einstiegsöffnungen über den Turbinen (je 400 l/s) und auf den Haupteinstieg (2.6 m³/s) verteilt. Damit soll eine Lockwasserströmung erzeugt werden, die mindestens 1% der Nutzwassermenge beträgt und den wandernden Fischen den Weg zu einem der zur Verfügung stehenden Einstiege deutlich zeigt.

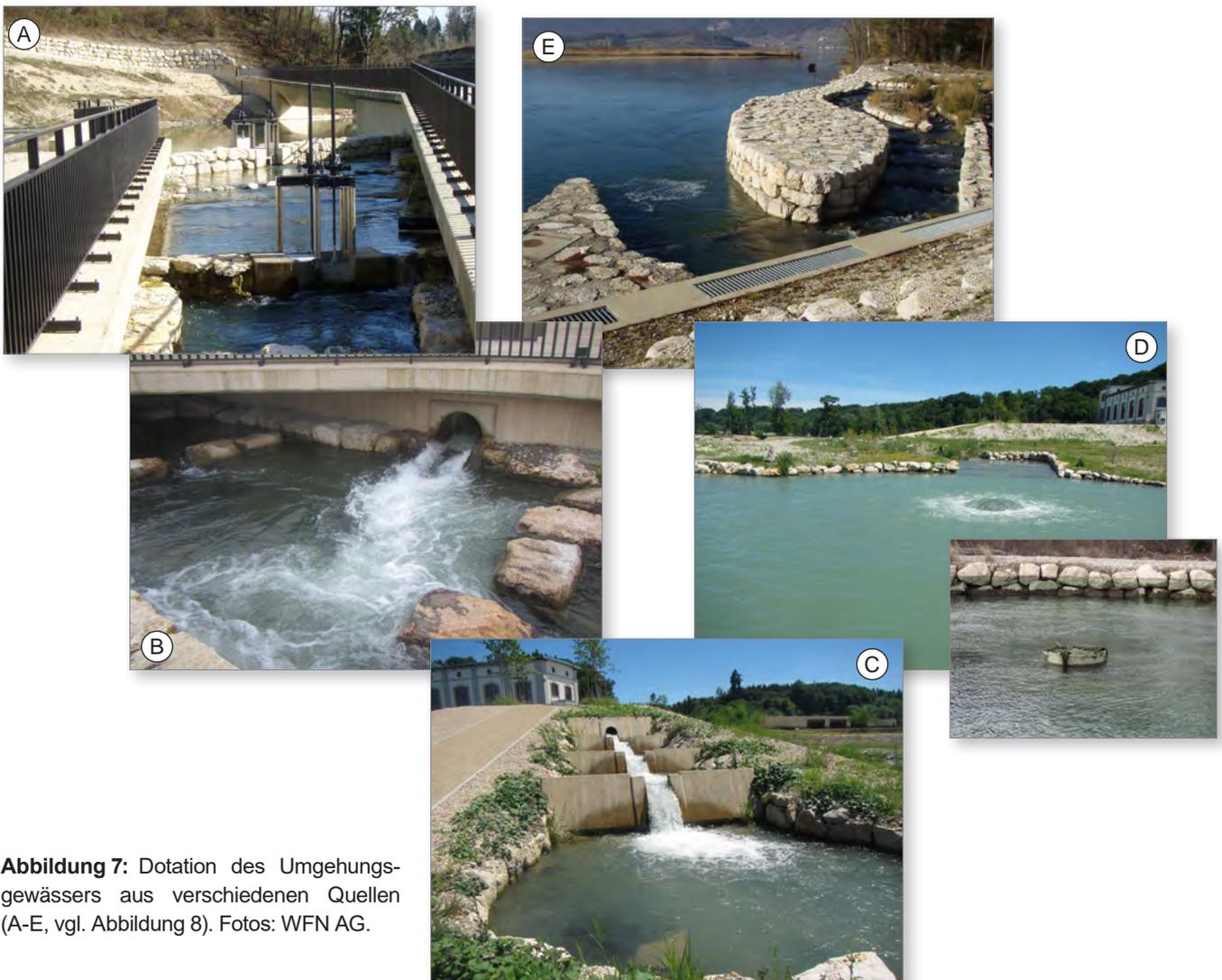


Abbildung 7: Dotation des Umgehungsgewässers aus verschiedenen Quellen (A-E, vgl. Abbildung 8). Fotos: WFN AG.

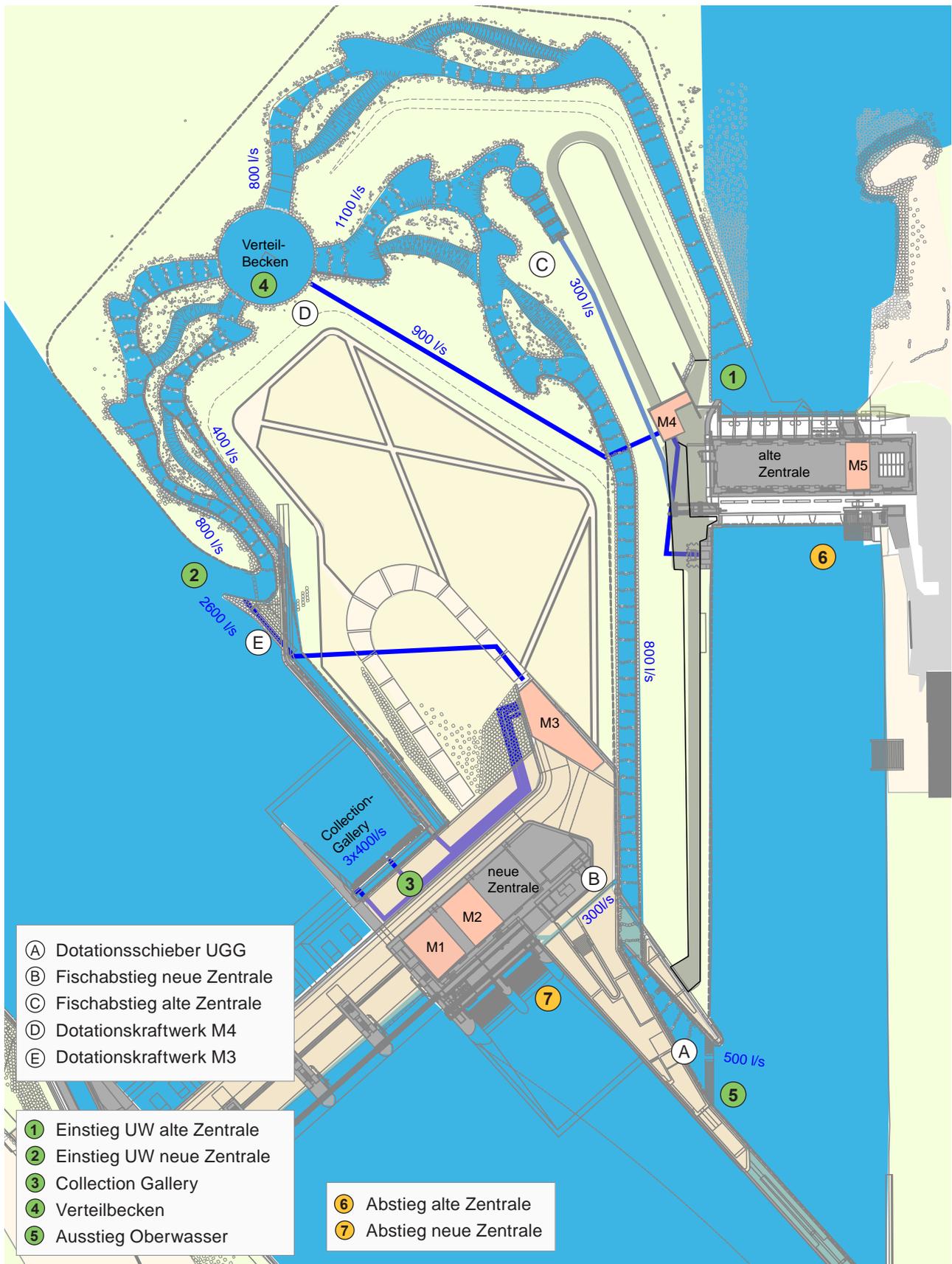


Abbildung 8: Umgebungsgewässer des Kraftwerks Hagneck mit den Dotiereinrichtungen (A-E) und Elementen für den Fischaufstieg (grün) sowie Einrichtungen für den Fischabstieg (gelb).

2.4.2 Fischabstieg

Zum Zeitpunkt der Projektierung des neuen Kraftwerkes bestanden noch sehr wenig Kenntnisse bezüglich einer sicheren Abwärtswanderung der Fische bei Grosskraftwerken. Es wurde deshalb entschieden, bei jeder Zentrale eine mögliche Variante auszuführen, welche anschliessend mit einem ausführlichen Monitoring durchleuchtet wird:

6 Bei der alten Zentrale wurde für die verbleibende Turbine am rechten Rand des Oberwasserkanals ein neuer Rechen eingebaut. Dieser ist um 30° geneigt und weist oben in der Mitte einen Einschnitt auf. Über diesen Einschnitt gelangen wandernde Fische in einen Bypasskanal. Dieser fliesst über eine dreistufige Kaskade mit drei Disipationsbecken und mündet oberhalb des Verteilbeckens in das Umgehungsgerinne.

7 In den Trennpfeilern oberhalb der Turbineneinläufe der Neuen Zentrale wurden seitlich zwei oberflächennah angeordnete «Trompeten» eingebaut, durch welche die Fische via einen Bypass ins Umgebungsgewässer gelangen (Abbildung 8). Damit soll zumindest den oberflächennah wandernden Arten und Grössenklassen auf der Abwärtswanderung eine Umgehungsmöglichkeit geboten werden.

Mit der «Wirkungskontrolle Teil B» sollen Funktionstüchtigkeit und Effizienz dieser beiden Hilfen für die Abwärtswanderung ab 2019 überprüft werden. Ebenso soll geklärt werden, ob die eher suboptimale Rückgabe der Fische in das Umgebungsgewässer nicht zusätzlich ein hydraulisches Aufstiegshindernis bildet und ob die gegebenenfalls absteigenden Fische weiter flussabwärts wandern.

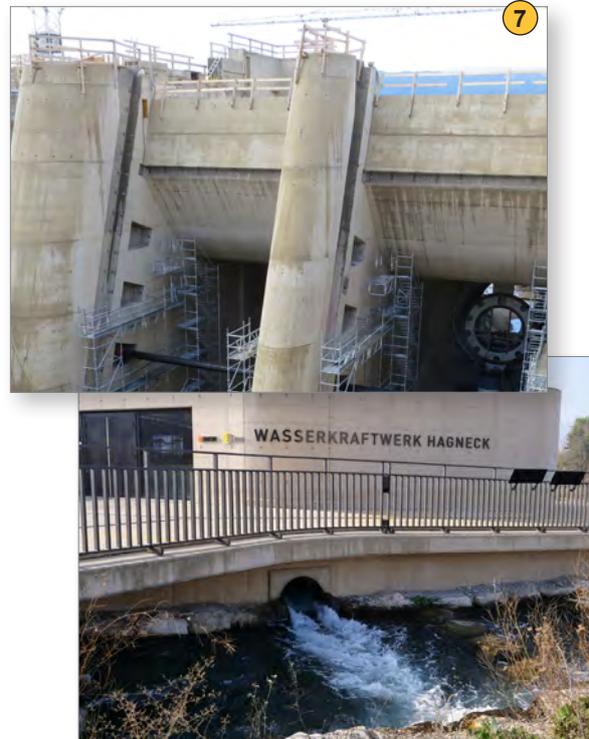


Abbildung 9: Installationen für den Fischabstieg bei der alten Zentrale (links) und der neuen Zentrale (rechts.)
Fotos: WFN AG.

2.4.3 Fischzählbecken

Am oberen Ende des Umgehungsgewässers befindet sich eine Vorrichtung, um aufwandernde Fische in ein Zählbecken (3.8 m x 6.20 m) umzuleiten. Dieses Becken bildet eine Sackgasse und ermöglicht die Zählung der aufgestiegenen Fische. Der Einstieg in das Zählbecken ist mit einer Reusenkehle versehen, welche das Entweichen der Fische erschweren soll. Das Zählbecken verfügt über Einrichtungen zur Entleerung und eine kleine Arbeitsfläche zur Erleichterung der Zählarbeiten.

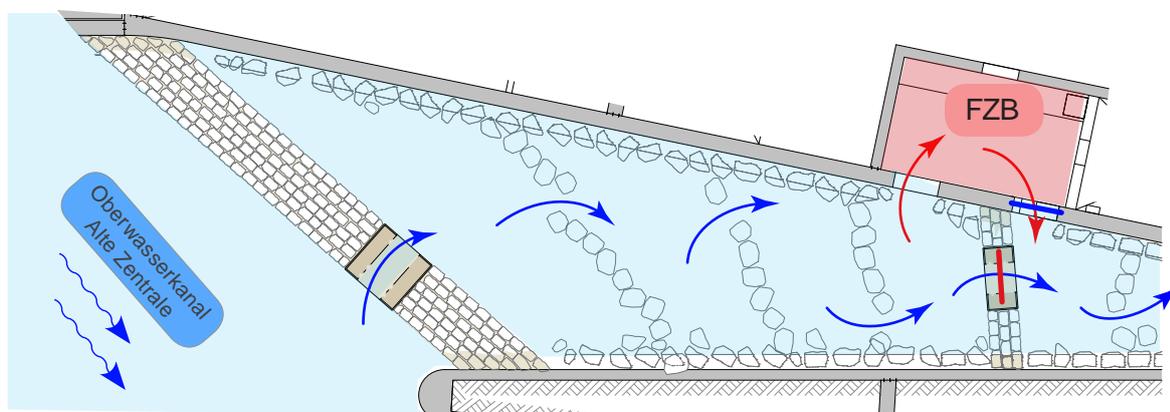
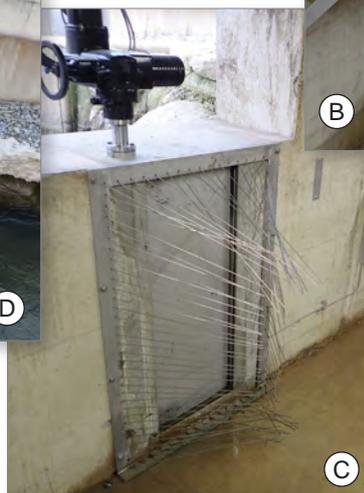


Abbildung 10: Schematische Darstellung des Fischzählbeckens (FZB, rot): Blau = FZB ausser Betrieb; Rot = FZB in Betrieb mit geschlossenem Schieber in UGG und Wasserumleitung. Detailbilder: (A) FZB gefüllt in Betrieb, (B) Einlaufvorrichtung bei leerem Zustand, (C) Reusenkehle beim Einstieg, (D) Auslauf und geschlossener Schieber im Blockriegel beim FZB in Betrieb. Plan: BIK AG, Fotos: WFN AG.

3 Umgehungsgewässer als Lebensraum für Fische

3.1 Vorgehen

Um die Eignung des Umgehungsgewässers als Lebensraum für die Fischfauna, insbesondere für strömungsliebende Arten, zu untersuchen, wurden zu verschiedenen Jahreszeiten insgesamt 10 Strecken mehrmals elektrisch befischt (Abbildung 11). Die elektrischen Befischungen wurden nach der Punktsammelmethode («Point Abundance Sampling») durchgeführt. Dabei wurde bei jedem Eintauchen der Anode die Zahl der gefangenen Fische, deren Artzugehörigkeit und Länge in 5 cm Klassen registriert. Mittels diesen Daten konnte eine relative Fischdichte pro Art und Längensklasse berechnet werden (CPUE = «Catch Per Unit Effort» = Fang pro Punkt).

Zusätzlich zu den elektrischen Befischungen wurde das Umgehungsgewässer zu verschiedenen Zeitpunkten begangen und visuelle Beobachtungen festgehalten. Insbesondere wurden Kartierungen der Forellenlaichgruben im Winter und der Äschenlarven im Frühling durchgeführt, um die Eignung des Gewässers als Fortpflanzungshabitat für strömungsliebende und kieslaichende Arten zu untersuchen.

Die Entwicklung der Wasserpflanzengesellschaften wurde im Spätsommer 2017 analysiert.

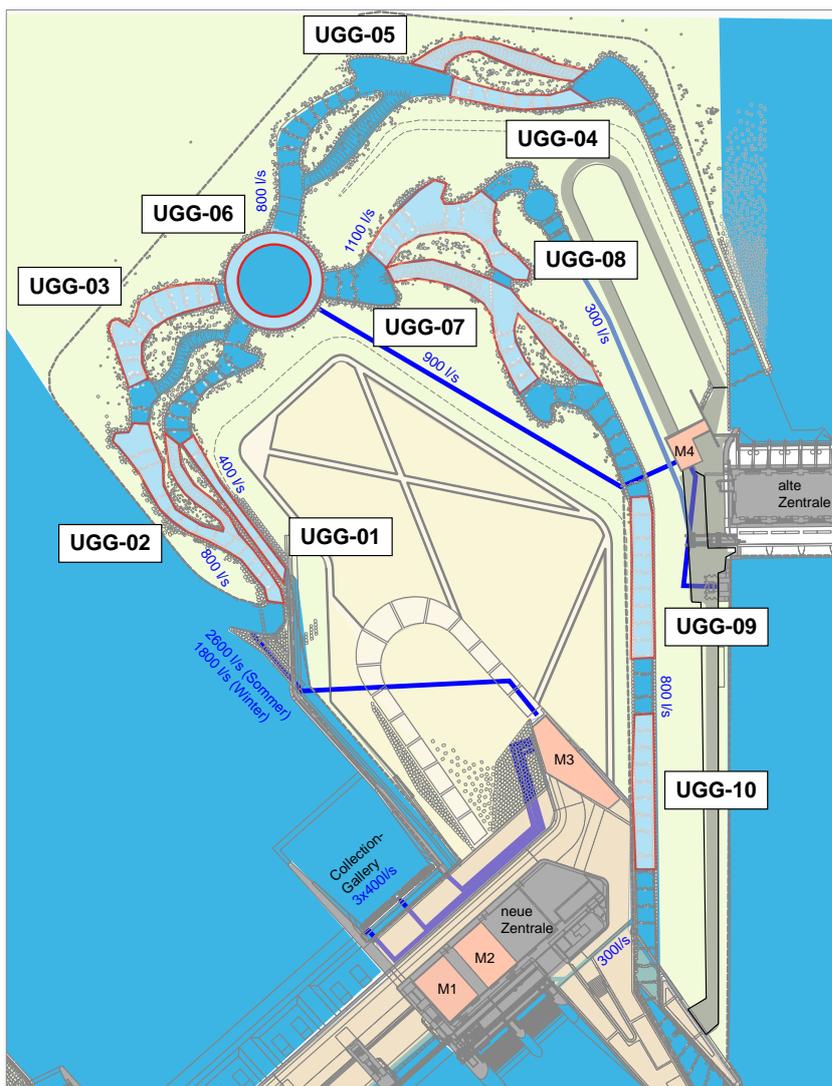


Abbildung 11: Lage der elektrisch befischten Strecken im Umgehungsgewässers des Kraftwerks Hagneck.

3.2 Resultate

3.2.1 Artenspektrum und gefährdete Arten

Insgesamt konnten im Umgebungsgewässer 18 einheimische Fische und Rundmäuler nachgewiesen werden. Mit Bachneunauge, Aal und Schneider wurden auch drei Arten der Roten Liste belegt (Tabelle 3).

Die Zahl der nachgewiesenen Arten schwankte stark zwischen den Jahreszeiten. So wurden die meisten Arten (n = 16) im Herbst 2017 und die wenigsten (n = 8) im Frühling 2018 festgestellt. Die rheophilen Arten Forelle, Schneider, Barbe, Gründling und Alet konnten bei allen Erhebungen nachgewiesen werden. Einige der festgestellten Individuen nutzen das Umge-

gebungsgewässer vermutlich über einen längeren Zeitraum als Lebensraum und nicht nur als Wanderkorridor. Andere Arten wie die Rotfeder oder die Schleie konnten hingegen nur einmal nachgewiesen werden.

Ob diese limnophilen Arten das Umgebungsgewässer primär als Lebensraum oder als Wanderkorridor nutzen soll mittels der geplanten PIT-Tag Untersuchung verifiziert werden.

Tabelle 3: Relative Häufigkeit (über alle Strecken gemittelt und eingefärbt nach CPUE) und Rote Liste Status (RL) der während den einzelnen Erhebungszeitpunkten gefangenen Fischarten.

Fischart	RL	2017				2018	Total
		9.5.	6.7.	30.10.	18.6.		
Bachneunauge <i>Lampetra planeri</i>	EN					0.005	
Aal <i>Anguilla anguilla</i>	VU					0.001	
Forelle <i>Salmo trutta</i>						0.103	
Brachsmen <i>Abramis brama</i>						0.002	
Schneider <i>Alburnoides bipunctatus</i>	VU					0.125	
Laube <i>Alburnus alburnus</i>						0.002	
Barbe <i>Barbus barbus</i>						0.060	
Gründling <i>Gobio gobio</i>						0.202	
Hasel <i>Leuciscus leuciscus</i>						0.043	
Alet <i>Squalius cephalus</i>						0.186	
Rotaugen <i>Rutilus rutilus</i>						0.109	
Rotfeder <i>Scardinius erythrophthalmus</i>						0.001	
Schleie <i>Tinca tinca</i>						0.006	
Dorngrundel <i>Cobitis bilineata</i>						0.008	
Schmerle <i>Barbatula barbatula</i>						0.037	
Trüsche <i>Lota lota</i>						0.005	
Egli <i>Perca fluviatilis</i>						0.031	
Groppe <i>Cottus gobio</i>						0.033	
relative Fischdichte [CPUE]		0.42	1.04	2.16	0.51	0.96	
Anzahl Arten		13	12	16	8	18	

CPUE

- < 0.10
- 0.10 - 0.25
- 0.25 - 0.50
- 0.50 - 1.00
- > 1.00

3.2.2 Fischdichten und relative Häufigkeiten

Bei der ersten Erhebung im Frühling 2017 war die Forelle (überwiegend 0+-Individuen) mit einem Anteil von > 30% aller gefangenen Fische die häufigste Art im Umgebungsgewässer (Abbildung 12). Im Sommer 2017 wurden vorwiegend Alet, Rotaugen und Gründlinge gefangen. Gründlinge zählten bei den dritten Aufnahmen im Herbst 2017 noch immer zu den häufigsten Arten. Ausserdem waren Schneider relativ häufig. Im Frühling 2018 war, wie bereits im Sommer 2017, der Alet die häufigste Art. Gründlinge waren hingegen deutlich weniger häufig als im Vorjahr und Rotaugen konnten keine nachgewiesen werden.

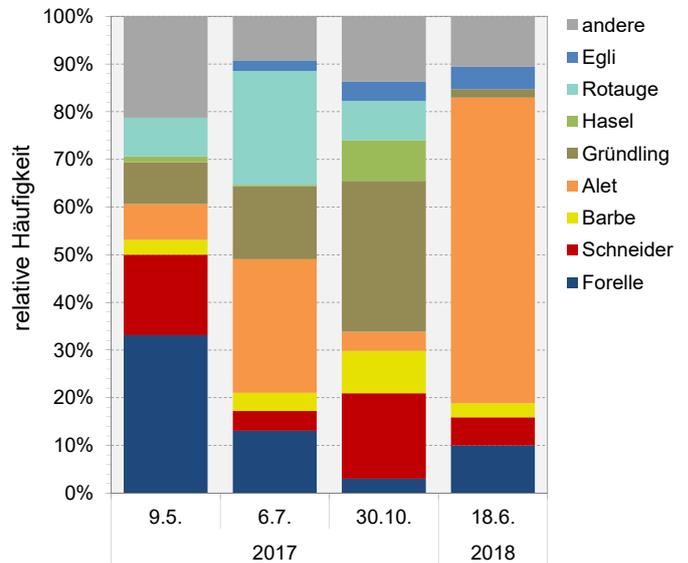


Abbildung 12: Dominanzverhältnisse der während der einzelnen Untersuchungskampagnen nachgewiesenen Fischarten.

Bezüglich der Fischdichte konnten in den meisten Untersuchungsstrecken dasselbe Muster beobachtet werden: Im Frühling waren die Dichten am tiefsten und nahmen dann bei den Folgeaufnahmen bis in den Herbst zu (Abbildung 13).

Der Unterschied der Fischdichte zwischen den einzelnen Strecken war eher gering. Am wenigsten Fische wurden jeweils im Verteilbecken (UGG-06) gefangen. Aufgrund der grossen

Tiefe konnte hier jedoch nur der Randbereich befischt werden, wodurch die Fischdichte mit Sicherheit unterschätzt wurde. Bei den visuellen Beobachtungen wurden jeweils deutlich mehr Fische im Verteilbecken gesichtet als in den anderen Abschnitten.

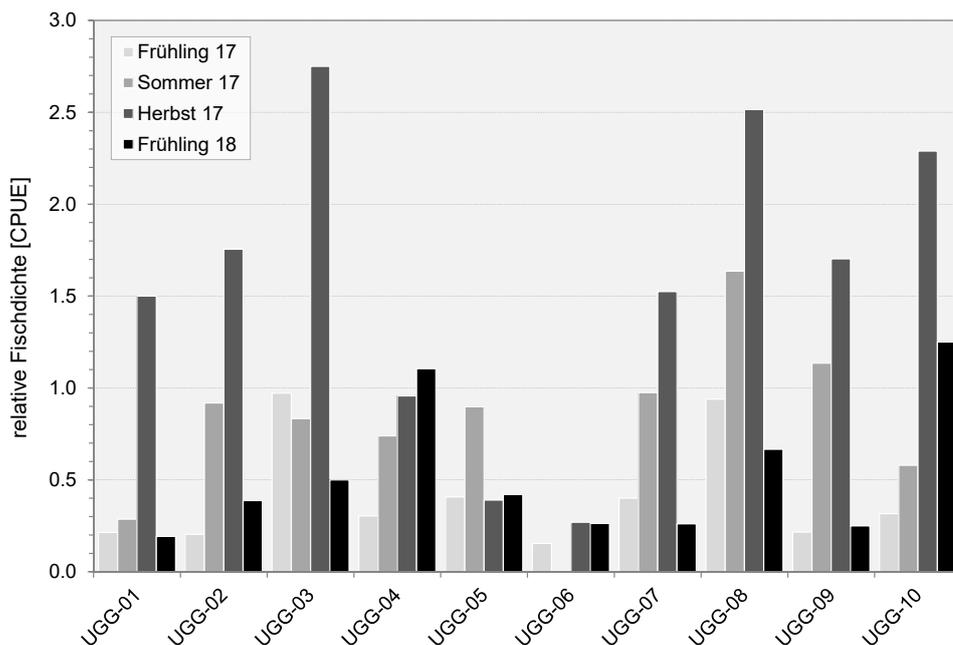


Abbildung 13: Relative Fischdichte in den einzelnen Untersuchungsstrecken im Umgebungsgewässer während den vier Befischungskampagnen.

3.2.3 Längenklassen

Es wurden vom wenige Zentimeter langen Forellenbrütling bis zum adulten Alet alle Längenklassen im Umgebungsgewässer nachgewiesen. Im Frühling 2017 waren die meisten gefangenen Fische < 5 cm. Im Frühsommer 2017 und 2018 wurden jeweils viele grosse Alet > 25 cm festgestellt. Im Juli 2017 waren Fische < 15 cm deutlich zahlreicher als ein Jahr später

im Juni 2018. Dies ist in erster Linie auf das Fehlen juveniler Rotaugen und die geringere Gründlingsdichte im Juni 2018 zurückzuführen. Im Herbst 2017 war die Mehrzahl aller Fische zwischen 6 - 15 cm lang. Das Artenspektrum und die Dominanzverhältnisse waren vergleichbar mit den Aufnahmen im Juli. Grosse Fische wurden kaum mehr registriert.

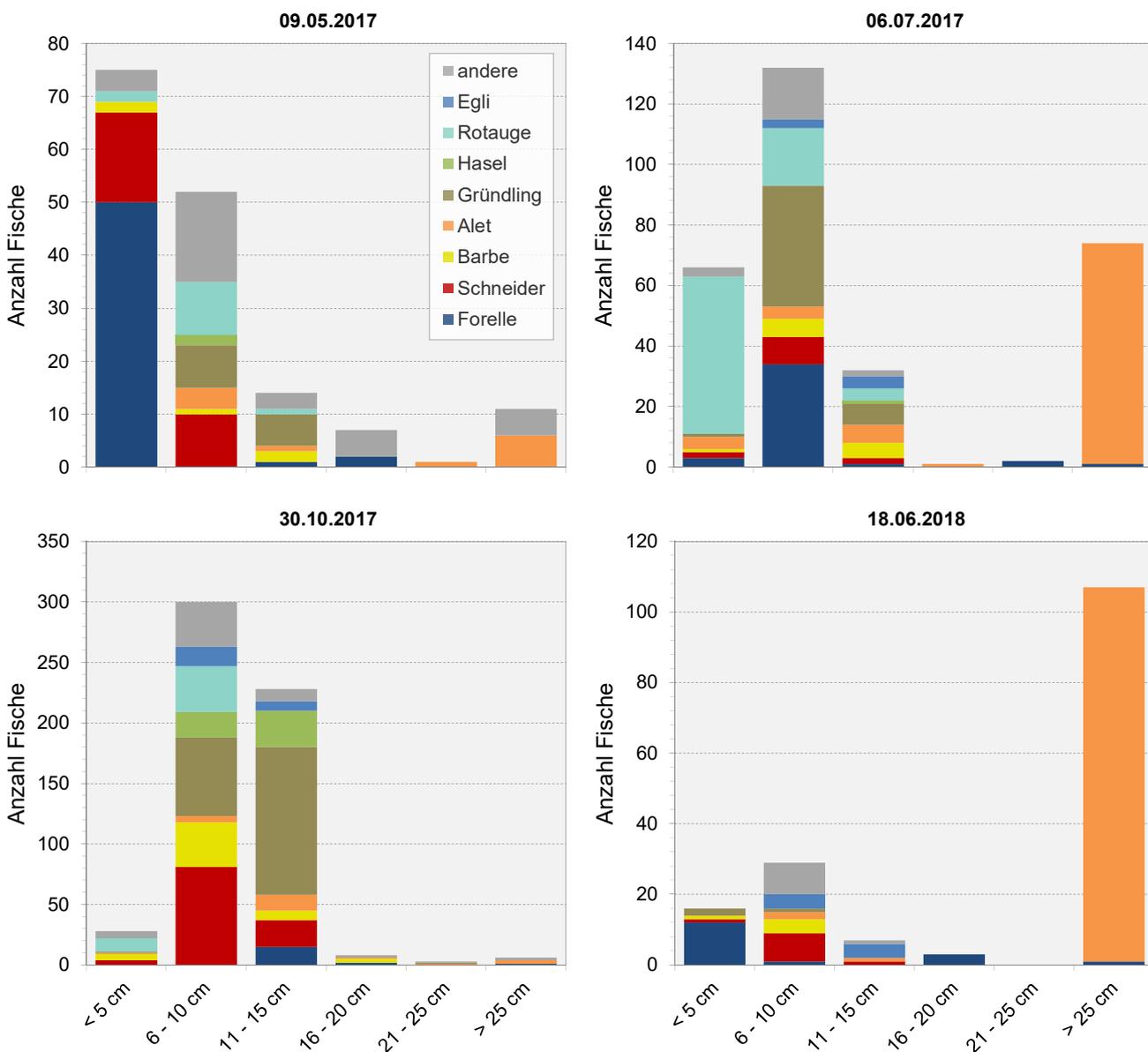


Abbildung 14: Längenverteilung der gefangenen Fische während den vier Befischungskampagnen im Umgebungsgewässer aufgegliedert nach den acht häufigsten Arten.

3.2.4 Fortpflanzung der Forelle

In den Wintern 2017/18 und 2018/19 wurde des Umgehungsgewässer zwischen November und Januar jeweils mehrmals begangen, um eventuelle Laichgruben der Forellen zu kartieren (Abbildung 15). 2017/18 konnten insgesamt 10 Laichgruben gezählt werden. 2018/19 war aufgrund der zeitweisen Trübung und der Aktivität des Bibers keine verlässliche Zählung möglich.

Im Rahmen der elektrischen Befischungen im Frühling 2017 und 2018 wurde jeweils auch die Dichte der Forellenbrütlinge bestimmt. Im Mai 2017 konnten ab der Strecke UGG-08 bis auf das Verteilbecken (UGG-06) an allen Standorten Forellenbrütlinge nachgewiesen werden (Abbildung 16). In einzelnen Strecken wurden relativ hohe Brütlingdichten festgestellt. 2018 fanden die Aufnahmen etwas später statt. Es wurden noch in 5 von 10 Strecken Forellenbrütlinge nachgewiesen. Deren Dichte war an allen Standorten geringer als bei den Erhebungen im Mai 2017.

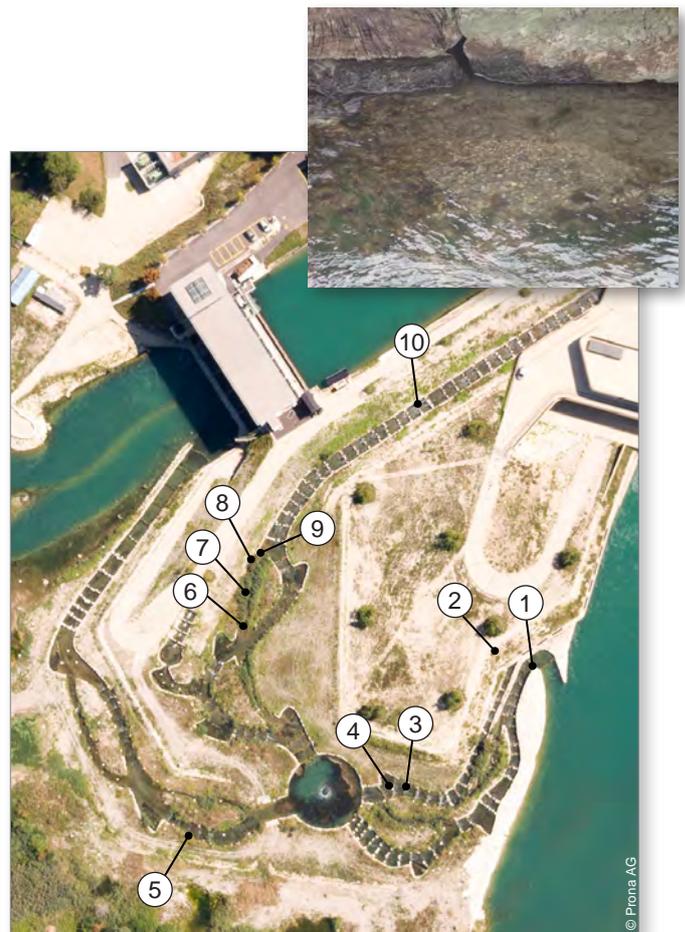


Abbildung 15: Lage der am 5.12.2017 erfassten Forellen - Laichgruben (Nr. 1 - 10) und Nahaufnahme einer Laichgrube im Umgehungsgewässer.

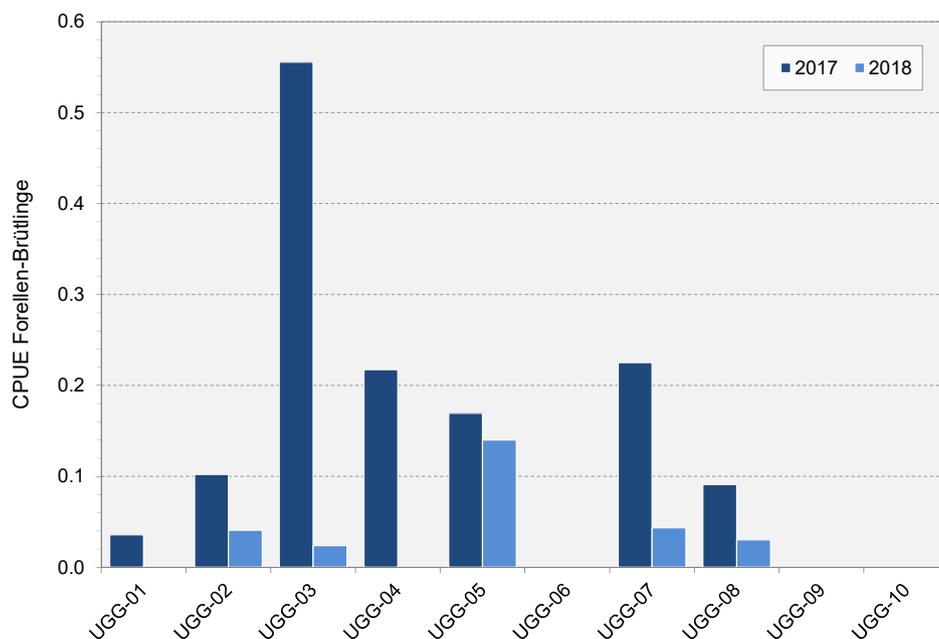


Abbildung 16: Relative Dichte (CPUE) der Forellenbrütlinge in den einzelnen Untersuchungsstrecken im Umgehungsgewässer am 9.5.17 (dunkelblau) und am 18.06.18 (hellblau).

3.2.5 Fortpflanzung weiterer litho-rheophiler Arten

Die Gilde der litho-rheophilen Arten ist strömungsliebend und laicht auf Kies. Neben der Forelle, umfasst diese Gruppe auch Arten wie die Äsche, die Barbe, den Alet oder das Bachneunauge. Für diese Arten sollte mit dem Umgebungsgewässer ein Ersatzlebensraum, insbesondere neue Laichplätze und Jungfischhabitate, geschaffen werden.

Am 27. April 2018 wurde das Umgebungsgewässer nach Äschenlarven abgesucht, um festzustellen, ob sich Äschen erfolgreich fortgepflanzt haben. Es konnten allerdings keine Larven nachgewiesen werden.

Mitte Juni 2018 konnten im Umgebungsgewässer Alet beim Laichen beobachtet werden. Es waren adulte Alet in das Umgebungsgewässer eingestiegen, welche die schnell überströmten Kiesanhäufungen sowie die Kiesverfrachtungen am Fusse der Rieselstrecken zur Laichablage nutzten (Abbildung 17). Die Wassertemperatur erreichte 16.5°C, das Wasser war leicht milchig getrübt.

Bereits anfangs Juli 2017 wurden im Rahmen der elektrischen Befischungen viele adulte Alet im Umgebungsgewässer festgestellt. Diese konnten ebenfalls beim Laichen beobachtet werden.

Andere litho-rheophile Arten konnten nicht direkt bei der Fortpflanzung beobachtet werden. Um trotzdem einen Hinweis über eine mögliche Fortpflanzung zu erhalten, wurden die elektrischen Befischungen im Herbst 2017 nach den diesjährigen Jungfischen (0+) der litho-rheophilen Arten ausgewertet.



Abbildung 17: Adulte Alet, welche am 16.06.18 auf schnell überströmten Kiesbänken im Umgebungsgewässer beim Laichen beobachtet werden konnten. Fotos: WFN AG.

Im Herbst konnten von insgesamt sechs litho-rheophilen Arten Jungfische aus der aktuellen Fortpflanzung nachgewiesen werden (Abbildung 18). Die Dichten waren insgesamt eher mässig. Barben und Hasel waren in den meisten Strecken die häufigsten Arten des 0+ Jahrganges. Ausserdem wurden juvenile Schmerlen, Groppen, Schneider und Alet nachgewiesen. Die jungen Alet waren nur in einer geringen Dichte vertreten, obschon im Frühsommer während der Laichzeit relativ viele adulte Alet im Umgebungsgewässer beob-

achtet wurden. Es ist davon auszugehen, dass ein Grossteil der Jungfische im Herbst aus dem Umgebungsgewässer abgewandert ist (vgl. Fischzählungen). Auch bei den anderen Arten kann nicht zweifelsfrei gesagt werden, ob die Jungfische im Umgebungsgewässer aufgewachsen sind, oder ob sie sich während den Befischungen auf Wanderschaft befanden.

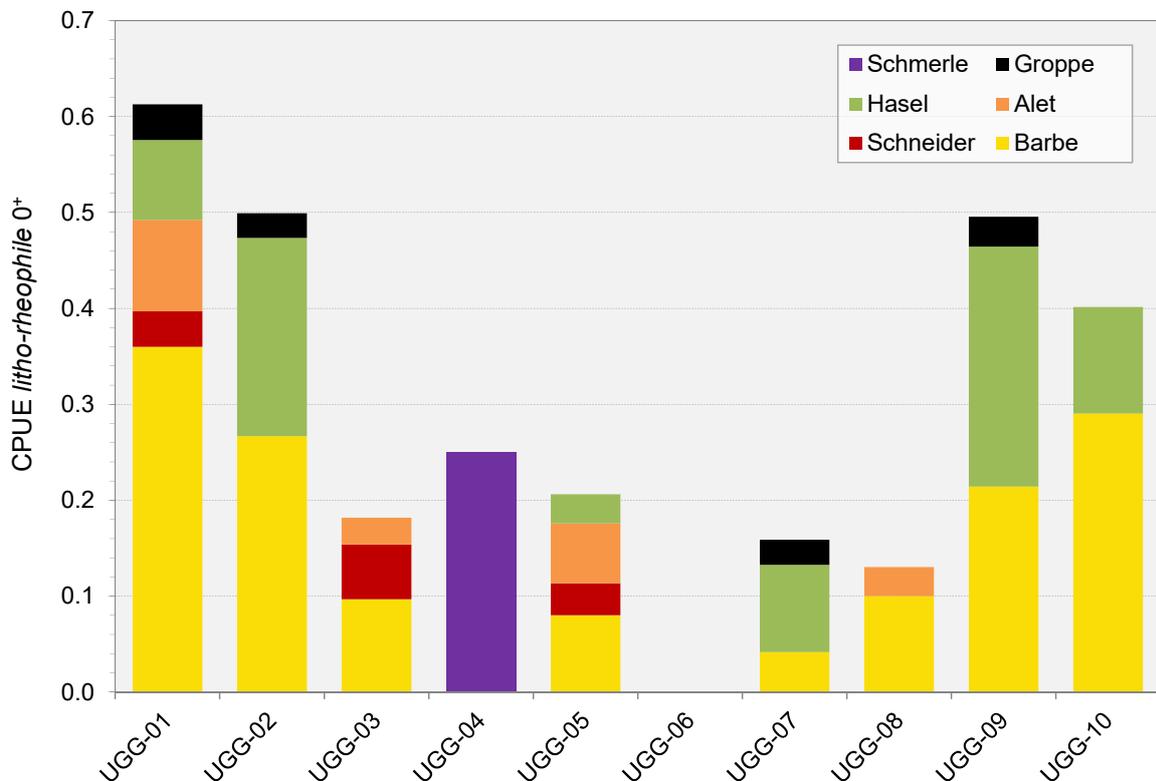


Abbildung 18: Relative Dichte (CPUE) der litho-rheophilen Jungfische der Altersklasse 0+, aufgliedert nach Art, in den einzelnen Untersuchungsstrecken im Umgebungsgewässer am 30.10.2017.

3.2.6 Weitere Beobachtungen

Wasserpflanzen

Im Umgebungsgewässer haben sich an einigen Stellen aquatische Makrophyten angesiedelt. Es konnten insgesamt 4 verschiedene Arten höherer Wasserpflanzen und eine Armleuchteralge festgestellt werden (Tabelle 4). Das Umgebungsgewässer ist stark besonnt, was das Wachstum von Algen fördert. In einigen der strömungsberuhigten Becken wurden üppige Teppiche aus Ährigem Tausendblatt, Haarblättrigem Wasserhahnenfuss und der gebietsfremden Nuttalls Wasserpest erfasst. Der Deckungsgrad des Tausendblatts erreichte stellenweise bis zu 50% (Abbildung 19). In zwei Buchten wurde der wärmeliebende Sumpfteichfaden registriert. Auch die Gemeine Armleuchteralge wurde dort in Gesellschaft des Teichfadens nachgewiesen. Beide sind eher nährstofftolerant. In den schnell fliessenden Zonen wuchsen auf grossen Steinen verschiedene Fädige Grünalgen.

bietsfremden Nuttalls Wasserpest erfasst. Der Deckungsgrad des Tausendblatts erreichte stellenweise bis zu 50% (Abbildung 19). In zwei Buchten wurde der wärmeliebende Sumpfteichfaden registriert. Auch die Gemeine Armleuchteralge wurde dort in Gesellschaft des Teichfadens nachgewiesen. Beide sind eher nährstofftolerant. In den schnell fliessenden Zonen wuchsen auf grossen Steinen verschiedene Fädige Grünalgen.

Tabelle 4: Aquatische Makrophyten im Umgebungsgewässer des KW Hagneck im Herbst 2018. RL = Rote Liste der Gefässpflanzen⁶, * = gebietsfremde Art.

Grossgruppen	Name deutsch	lateinsch	RL	Deckungsgrad
Höhere Makrophyten	Ähriges Tausendblatt	<i>Myriophyllum spicatum</i>		10-50%
	Haarblättriger Wasserhahnenfuss	<i>Ranunculus trichophyllus</i>		10-30%
	Nuttalls Wasserpest	<i>Elodea nuttallii</i>	*	10-30%
	Sumpf-Teichfaden	<i>Zanichellia palustris</i>	VU	5-10%
Armlauchteralgen	Gemeine Armlauchteralge	<i>Chara vulgaris</i>		< 5%
Fädige Grünalgen	Spiral-Algen	<i>Spirogyra sp.</i>		< 5%
	Seeball	<i>Cladophora sp.</i>		5-10%



Abbildung 19: Aquatische Makrophyten im Umgebungsgewässers des Kraftwerks Hagneck im Herbst 2018. Fotos: WFN AG.

⁶ Bornand C., Gygax A., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Rometsch S., Sager L., Santiago H., Eggenberg S. 2016: Rote Liste Gefässpflanzen. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern und Info Flora, Genf. Umwelt-Vollzug Nr. 1621: 178 S.

Biber

Bei verschiedensten Begehungen 2017 und 2018 wurden im Umgebungsgewässer oberhalb sowie auch unterhalb des Verteilbeckens des KW Hagneck Biberspuren entdeckt. Der Biber nutzt das Umgebungsgewässer als Nahrungsplatz und Wanderkorridor, es wurden abgebissene Schilfrohre, geschälte Äste und angefressener Jungwuchs von Sträuchern und Bäumen, sowie Ein- und Ausstiege an den Ufern gesichtet. Auch im Gerinne waren deutliche Spuren des Bibers sichtbar.

Wasservögel

Während den verschiedenen Begehungen des Hagneck-Deltas wurden Zufallsbeobachtungen einiger Wasservögel notiert. Unter anderem konnte bei einer Begehung im Frühling 2017 ein Kolbenenten-Paar beobachtet werden, welches sich im Umgebungsgewässer aufhielt. Bei mehreren Gelegenheiten wurden Schwäne und Blässhühner bei der Nahrungsaufnahme im Umgebungsgewässer beobachtet.

Bei einer Begehung am Mitte Oktober 2016 wurden zudem im Umgebungsgewässer Tausende junge Rotaugen beobachtet und in der Folge fanden sich viele tote Jungfische im Wasser - möglicherweise aufgrund von Aktivitäten der dort in grösseren Schwärmen beobachteten Gänsesäger.



Abbildung 20: Spuren des Bibers im Umgebungsgewässer des KW Hagneck aus verschiedenen Zufallsbeobachtungen 2017 und 2018. Fotos: WFN AG.



Abbildung 21: Abschnitte des Umgebungsgewässers des KW Hagneck. Links: Grosse Rotaugenschwärme, sowie tote und verletzte Individuen. Rechts: Kolbenenten-Paar. Fotos: WFN AG.

3.2.7 Impressionen Umgehungsgewässer



Fotos: WFN AG.

3.3 Gesamtbeurteilung des Umgebungsgewässers als Lebensraum

Das neu gebaute Umgebungsgewässer des Kraftwerks Hagneck wurde sehr rasch als Lebensraum von verschiedenen Tier- und Pflanzenarten angenommen.

Die Fischfauna im neuen Umgebungsgewässer erwies sich als sehr vielfältig. Auch die gefährdeten Arten Aal, Schneider und Bachneunauge haben das neue Umgebungsgewässer besiedelt. Dank den vielfältigen Strömungsverhältnissen sowie der grossen Breiten- und Tiefenvariabilität, ist ein abwechslungsreicher Lebensraum entstanden, welcher Fischen nicht nur als Wanderkorridor dient. Insbesondere für die strömungsliebenden und auf Kies laichenden Arten wie Forelle, Barbe oder Alet bietet das Umgebungsgewässer einen wertvollen Ersatzlebensraum. Der wiederholte Nachweis der natürlichen Fortpflanzung von Forelle und Alet ist als grosser Erfolg zu werten, denn intakte Kieslaichplätze sind im Zuge der Begradigung und des mehrfachen Einstaus der Aare rar geworden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass aufgrund der fehlenden Abflusssdynamik im Umgebungsgewässer die neuen Kieslaichplätze Gefahr laufen, in Zukunft zu kolmatieren. Um auch zukünftig eine erfolgreiche natürliche Fortpflanzung zu gewährleisten, sind eventuell Massnahmen wie manuelle Lockerung der Kiesbänke zu prüfen.

Die festgestellten aquatischen Makrophyten lassen einen erhöhten Nährstoffgehalt des Wassers vermuten, es wurden einige nährstofftolerante Arten gefunden. Aufgrund der noch wenig entwickelten Ufervegetation wird das Gerinne stark besonnt und es wurde stellenweise stärkerer Algenbewuchs und auch einige wärmeliebende Arten festgestellt. Mit fortschreitender Sukzession der Ufervegetation werden sich Lichteinstrahlung und Temperaturverhältnisse im Umgebungsgewässer ändern, was auch zu Veränderungen in der Gesellschaft der aquatischen Makrophyten führen wird.

Der Biber ist bereits aktiv und wird voraussichtlich seine Aktivitäten im Umgebungsgewässer mit zunehmendem Uferbewuchs noch intensivieren. Er findet mit dem Jungwuchs und den Schilfbeständen geeignete Nahrung. Dass er sich in den Becken permanent niederlässt, ist jedoch eher unwahrscheinlich. Das Umgebungsgewässer dient auch ihm als Wanderkorridor. Zusätzliche Biberwanderhilfen im Bereich der Schieber am oberen Ausstieg werden geprüft.

Für brütende Wasservögel ist vor allem der renaturierte «alte Unterwasserkanal» von grosser Bedeutung. Basierend auf den Zufallsbeobachtungen wird das Umgebungsgewässer in erster Linie als Jagdgebiet und Nahrungsgrund genutzt. Ob die Röhricht- und Gebüschsäume und die kiesigen Böschungen entlang des Umgebungsgewässers auch zum Brüten genutzt werden, wurde im Rahmen der hier vorliegenden Untersuchung nicht untersucht.

4 Umgebungsgewässer als Fischwanderhilfe

4.1 Technische Wirkungskontrolle

4.1.1 Methodik

Geometrie der Becken

Die Beckendimensionen wurden während des Baus laufend überprüft. Deshalb wurde auf eine Überprüfung von Länge und Breite der einzelnen Becken nach Fertigstellung verzichtet.

Messung der hydraulischen Parameter

Nach Inbetriebnahme wurden folgende hydraulischen Parameter gemessen:

- ⇒ Wasserspiegeldifferenz (Δh): Messung des Wasserstandes ober- und unterhalb ausgewählter Durchlässe in den Blockriegeln. Dabei wurden nicht alle Durchlässe gemessen, sondern nur diejenigen, bei denen visuell ein erhöhtes Δh vermutet werden musste.
- ⇒ Fließgeschwindigkeiten in den Durchlässen der Blockriegel: in ausgewählten Blockriegeln (Abbildung 22) wurden mittels Flügelmessgerät die Fließgeschwindigkei-

ten ca. 10 cm unterhalb des Durchlasses im Bereich der Vena contracta (= Bereich der grössten Geschwindigkeiten) in drei Wassertiefen gemessen (Mittelwert aus je 6 Sekunden Messung). In der Regel wurden die Fließgeschwindigkeiten in mehreren Durchlässen gemessen, so dass die Passierbarkeit des gesamten Riegels eingeschätzt werden konnte.

Abflussmessungen

Die korrekte Dotierung der verschiedenen Arme des Umgebungsgewässers wurde mehrmals an verschiedenen Stellen mit der Salzverdünnungsmethode gemessen. Diese Arbeiten wurden durch die Firma Emch+Berger und durch das Fischereiinspektorat des Kantons Bern durchgeführt.

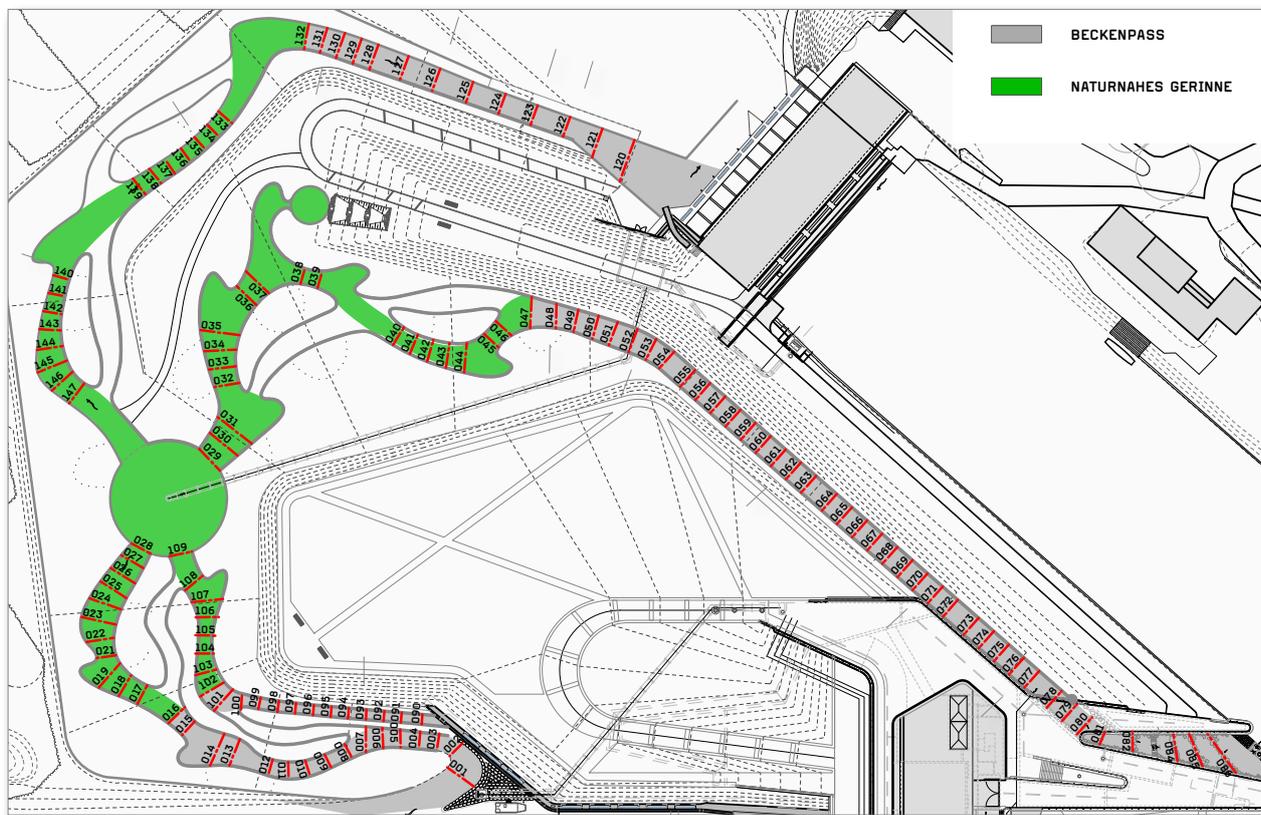


Abbildung 22: Lage und Nummerierung der Schlitze, in welchen die hydraulischen Parameter gemessen wurden (▼).

4.1.2 Resultate

Messung der hydraulischen Parameter

Die Messungen der Höhendifferenz (Δh) zwischen zwei Becken ergaben, dass der vorgesehene Wert von maximal 13 cm in einzelnen Durchlässen überschritten wurde (Abbildung 23). Da jedoch in jedem Blockriegel mehrere (zwei bis vier) Durchlässe unterschiedlicher Breite vorhanden sind und nur die optisch höchsten Δh gemessen wurden, sind in jedem Blockriegel auch Durchlässe mit geringeren Höhendifferenzen vorhanden. Die Höhendifferenzen zwischen den Becken sollten demnach die Durchlässigkeit des Umgebungsgewässers für Fische nicht beeinträchtigen.

Die maximalen Fließgeschwindigkeiten in den einzelnen Durchlässen der Becken variieren je nach Schlitzbreite und Abflussmenge in den verschiedenen Teilgerinnen recht stark. Die Schlitzbreiten waren planerisch auf mindestens 30 cm bis maximal 1.4 m mit Fließgeschwindigkeiten von 1.2 bis 1.5 m/s vorgesehen. Unsere Messungen in 13 Becken und total 29 Durchlässen ergaben Fließgeschwindigkeiten von 0.42 m/s bis 1.96 m/s. In 8 Durchlässen wurden Fließgeschwindigkeiten über 1.7 m/s gemessen, ein Wert der gemäss den damaligen Vorgaben nicht überschritten werden sollte. In jedem dieser Durchlässe wurden jedoch

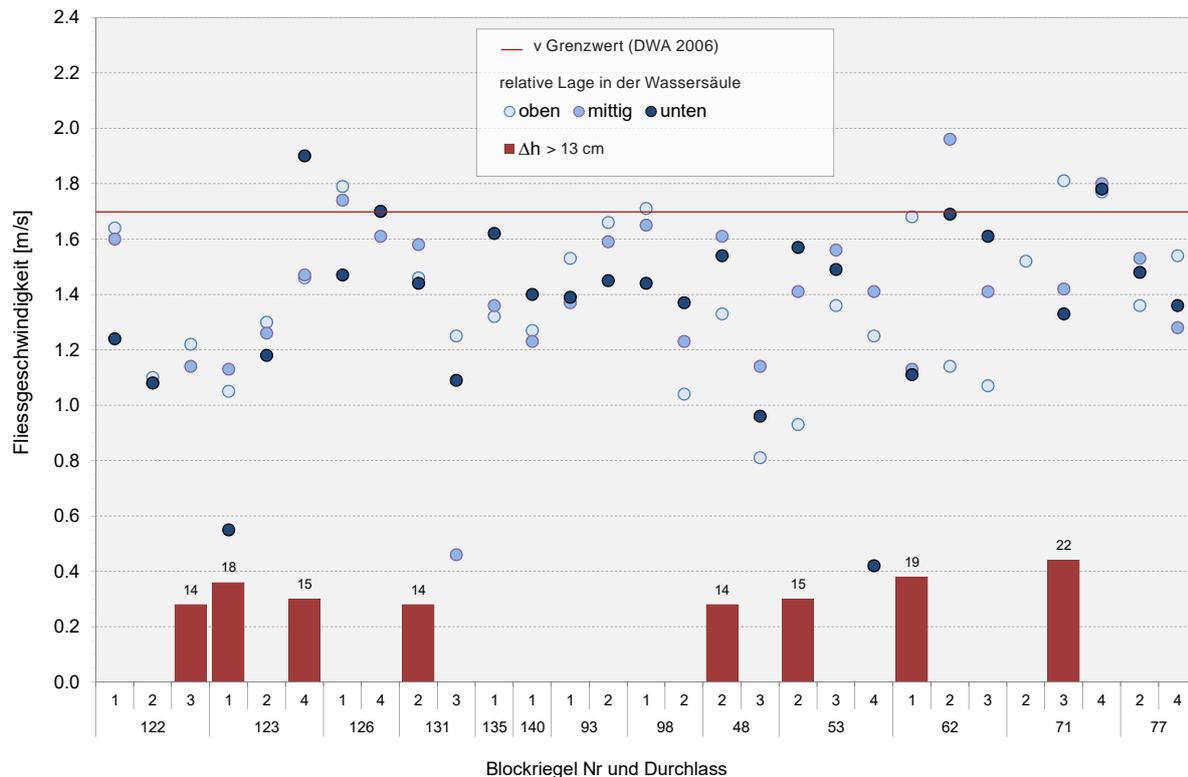


Abbildung 23: Gemessene Fließgeschwindigkeiten in den verschiedenen Durchlässen des Umgebungsgewässers (Nummerierung gemäss Abbildung 22). Die Messungen wurden oberflächennah, in der Mitte der Wassersäule, sowie ca. 5 cm über Grund aufgenommen. Zusätzlich ist der Grenzwert gemäss Projekt (DWA 2006) angegeben. Die Säulen stellen die Wasserspiegeldifferenzen $\Delta h > 13$ cm mit den absoluten Zahlen dar.

innerhalb der Wassersäule auch deutlich tiefere Werte gemessen. Zudem sind in jedem Blockriegel mehrere Durchlässe vorhanden, in denen ebenfalls tiefere Werte unter 1.7 m/s festgestellt werden konnten. Dies bedeutet, dass in jedem Becken ein Wanderkorridor mit unterschiedlichsten Fliessgeschwindigkeiten vorhanden ist. Aufgrund dieser grossen Variabilität kann davon ausgegangen werden, dass die hydraulischen Bedingungen den verschiedenen Fischarten und Altersklassen erlauben, entsprechend ihrer Leistungsfähigkeit einen Weg aufwärts zu finden. Die Passierbarkeit des Umgehungsgewässers sollte damit sichergestellt sein.

Abflussmessungen

Die Abflussmessungen wurden 2016 vor der Bauabnahme des Umgehungsgewässers durchgeführt. Gemessen wurde der Abfluss zuoberst im UGG, zwei Becken unterhalb des Ausstiegs, im Arm der zum Einstieg alte Zentrale führt unten und in dessen zwei Teilgerinnen oben, sowie im überdeckten Abschnitt der Collection gallery. Weiter wurden mehrere Messungen im Bypass der alten Zentrale im Kanal zwischen Rechenausparung und Rohr durchgeführt.

Alle Messungen ergaben, dass die vorgesehenen Dotierwassermengen in den definierten Abschnitten ziemlich genau eingehalten wurden (Tabelle 5). Geringe Schwankungen können sich einerseits durch schwankenden Oberwasserpegel ergeben, andererseits bei Verklausungen des Abwärtsbypasses beim neuen Kraftwerk oder den Wasserfassungen für die beiden Dotierkraftwerke (M3 und M4). Diese Faktoren werden durch regelmässigen Unterhalt durch den Betrieb soweit möglich vermieden.

Tabelle 5: Resultate der Abflussmessungen im Umgehungsgewässer und im Bypass Fischabstieg der Alten Zentrale Hagneck. (* jeweils Mittelwert aus 2 Messungen)

Datum	Messstelle	Soll [l/s]	Ist [l/s] *	Messung durch
04.05.2016	oberster Abschnitt UGG	500	514	Fischereiinspektorat - JR
18.08.2016	Bypass alte Zentrale	300	370	Emch+Berger **
06.12.2016	Bypass alte Zentrale	300	316	Fischereiinspektorat - DB
	Collection gallery	400	370	Fischereiinspektorat - DB
	Arm alte Zentrale oben, linkes Teilgerinne	600	588	Fischereiinspektorat - DB
	Arm alte Zentrale oben, rechtes Teilgerinne	200	162	Fischereiinspektorat - DB
	Arm alte Zentrale unten	800	750	Fischereiinspektorat - DB

* jeweils Mittelwert aus 2 Messungen

** Messung zur korrekten Einstellung der Abflussmenge

4.1.3 Zusammenfassende Beurteilung

Das Umgebungsgewässer beim KW Hagneck soll mehrere Funktionen erfüllen. Einerseits soll es als Wanderkorridor für die Fischmigration dienen - dazu sind relativ klare Vorgaben bezüglich Geometrie und Hydraulik einzuhalten und überprüfbar. Andererseits soll es auch einen Lebensraum für verschiedenste Fischarten darstellen. Dies bedingt, dass im Gewässer eine relativ grosse morphologische Vielfalt herrscht. Dieser Aspekt wurde mit den vorliegenden Untersuchungen mitbeurteilt (vgl. Kapitel 3 des vorliegenden Berichtes). Zusätzlich soll das UGG auch landschaftsästhetischen Ansprüchen genügen und sich angemessen in das Gesamtbild des neuen Kraftwerks Hagneck mit dem angrenzenden Naturschutzgebiet einfügen. Die beiden ersten Aspekte lagen im Zuständigkeitsbereich Gewässerökologie der Projektierung und Baubegleitung; für den letzteren Aspekt war das Büro für Landschaftsplanung und -gestaltung zuständig.

Die Vorgaben zur Geometrie und Hydraulik orientierten sich an den Richtwerten DWA 2010, die zum Zeitpunkt der Projektierung aktuell waren. Als Leitfischarten wurden Barbe und Grosssalmoniden (Lachs, Seeforelle) ausgewählt, da dies die grössten zu erwartenden Wanderfische sind. Diese Arten bestimmten die Minimalwerte zu Länge und Breite der Becken und die maximale Höhendifferenz zwischen den Becken.

Mit einer sehr detaillierten abschnittweisen Planung und laufenden Kontrollen während des Baus wurde die Einhaltung der vorgegebenen Anforderungen zur Geometrie der verschiedenen Abschnitte des UGG genau überprüft.

Wie die Messungen von Fliessgeschwindigkeiten, Überfallhöhen und Abflussmengen zeigen, wurden die Vorgaben der Projektierung im Grossen und Ganzen eingehalten. Trotz gewissen Abweichungen in einzelnen Blockdurchlässen (Δh und $v_{\max.}$) sollte die Durchgängigkeit gewährleistet sein, da in jedem Blockriegel mehrere Durchlässe vorhanden sind. Der wandernde Fisch kann somit zwischen verschiedenen Fliessgeschwindigkeiten die ihm am besten passende auswählen. Die gemessene Abflussmenge in der 1. Sequenz betrifft den Abschnitt oberhalb der Mündung des Fischabstieges, mit dem weitere 300 l/s ins UGG eingespiesen werden. Damit werden auch die geforderten 800 l/s erreicht.

Gesamthaft wird das Umgebungsgewässer bezüglich der technischen Aspekte aufgrund dieser Untersuchungen als funktionstüchtig beurteilt.

Tabelle 6: Beurteilung der hydraulischen Parameter in mehreren Sequenzen des Umgebungsgewässers (Abkürzungen vgl. Tabelle 2); Beckenlänge, Beckenbreite und Wassertiefe gemäss Ausführungsplänen.

	Anforderung DWA 2010	1. Seq. Hauptarm oben	4. Seq. Teilgerinne zur CC	8. Seq. Arm alte Zentrale oben	9. Seq. Arm alte Zentrale unten	Vorgaben erfüllt
Überfallhöhe [cm]	≤ 13	14-22			13-18	✓
Beckenlänge [m]	2.75 - 3.0	3.80	3.10 - 3.80	3.10	3.10 - 6.30	✓
Beckenbreite [m]	1.8	3.30 - 4.52	2.00 - 5.43	3.35 - 6.26	3.55 - 6.13	✓
Tiefe [m]	≥ 0.75	≥ 0.80	≥ 0.80	≥ 0.80	≥ 0.80	✓
Schlitzbreite ca. [m]	0.3	0.19 - 0.44	0.10 - 0.38	0.47	0.12 - 0.043	✓
Fliessgeschwindigkeit [m/s]	1.6 - 1.8	0.81 - 1.96	1.04 - 1.71	1.23 - 1.40	1.08 - 1.90	(✓)
Q [l/s]		514	370	588	750	✓
% Q_{Ausbau} (inkl. Lockwasser)	1 - 5%				2.1%	✓

4.2 Fischzählungen

4.2.1 Methodik

Zeitlicher Rahmen

Aufgrund der unterschiedlichen Wanderzeiten und Wanderintensität des Fischartenspektrums der Aare, wurden die Fischzählungen über ein ganzes Jahr durchgeführt (3. März 2017 - 2. März 2018). In den Monaten Mai bis September wurde das Fischzählbecken täglich geleert und die sich darin befindenden Fische gezählt. In der aufstiegsarmen Zeit (Ende Oktober bis Anfang April) wurden die Zählungen nur jeden zweiten Tag durchgeführt, wobei das Fischzählbecken durchgehend in Betrieb war.

Handling der Fische

Während der Wirkungskontrolle wurden die aufsteigenden Fische in der FAH in das Fischzählbecken (FZB) geleitet, in welchem eine Kehle mit Reusenstäben ein Entweichen der Fische erschwert (vgl. Kapitel 2.4.3, Abbildung 10). Für die Zählungen wurde der Zufluss zum FZB geschlossen und die sich darin befindende Wassermenge langsam soweit reduziert, dass die Fische gut mit Keschern behändigt werden konnten. Zum Fangen der Fische wurden Stoffkescher eingesetzt. Grössere Fische konnten schonend mit Koi-Keschern umgesetzt werden. Die Fische wurden vermessen und anschliessend ins Oberwasser zurückgesetzt.

Datenerfassung

Von jedem Fisch wurde die Artzugehörigkeit, sowie die Länge auf 1 cm genau erfasst. Fische mit Verletzungen oder Krankheitsanzeichen (z.B. Pilzbefall) wurden separat erfasst und die Art der Verletzung protokolliert.

Die Protokollblätter der Fischzählungen wurden vom Betrieb gesammelt und zur Auswertung an WFN weitergeleitet.

Qualitätssicherung der Zählungen

Die Zählarbeiten wurden von Mitgliedern der Fischereivereine der Pachtvereinigung Seeland durchgeführt (Abbildung 24). Diese wurden von WFN im Rahmen eines Ausbildungstages in das Vorgehen und die Fischbestimmung eingeführt. Bei schwierigen Arten wurde die Bestimmung anhand von Fotos oder direkt vor Ort durch WFN überprüft.



Abbildung 24: Einige der Fischer beim Vermessen der Fische und kleiner Schneider, der für die Qualitätssicherung in einem Aquarium fotografiert wurde. Fotos: WFN AG.

Bewertung der Zählresultate

Zur Beurteilung der Funktionstüchtigkeit einer FAH aufgrund von Fischzählungen mittels Fischzählbecken oder Reusen existieren bisher keine konkreten Vorgaben. Wohl arbeiten verschiedene Arbeitsgruppen im In- und Ausland an entsprechenden Regelwerken, diese sind jedoch noch nicht detailliert ausgearbeitet und allgemein anwendbar. Eine FAH muss von migrierenden Fischen gefunden (Auffindbarkeit) und von diesen erfolgreich passiert werden können (Passierbarkeit), damit sie als funktionstüchtig gelten kann. Das erste dieser beiden Kriterien kann mit Zählungen jedoch nicht direkt untersucht werden. Dazu sind andere Methoden besser geeignet, z.B. PIT-Tagging. Indirekt erlauben die Resultate aus den Zählungen jedoch die Funktionstüchtigkeit der untersuchten FAHs zu beurteilen, wenn die folgenden zwei Kriterien erfüllt werden:

⇒ Die FAH gilt dann als funktionstüchtig, wenn sie keine Artenselektivität aufweist. Dies bedeutet, dass alle im betroffenen Flussabschnitt vorkommenden Fischarten die FAH finden und passieren können und im Fischzählbecken nahe des Ausstieges angelangt sind. Insbesondere sollen sowohl schwimmstarke als auch schwimmschwache Arten, Kleinfischarten wie auch grosse Arten, bodenorientierte und freiwasserorientierte Arten sowie schlanke und hochrückige Arten vorkommen. Für die Beurteilung der Artenselektivität irrelevant sind nicht einheimische Arten, und solche, die im betroffenen Flussabschnitt nur als seltene Einzelfunde vorkommen.

⇒ Die FAH gilt dann als funktionstüchtig, wenn sie keine Längenselektivität aufweist. Dies bedeutet, dass im Fischzählbecken alle Längensklassen der vorkommenden Arten festgestellt werden sollen, mit Ausnahme der jüngsten Lebensstadien (Altersklasse 0⁺).

Um die Auffindbarkeit und Passierbarkeit der FAH zu beurteilen, sind im zweiten Teil der Wirkungskontrolle der FAH des KW Hagneck PIT-Tagging Untersuchungen geplant. In Kombination mit den Zählungen soll so eine fundierte und gut abgestützte Beurteilung der Funktionstüchtigkeit der Fischwanderhilfe erfolgen.

4.2.2 Resultate der Zählungen

Überblick und Aufstiegsraten

Zwischen dem 3. März 2017 und dem 2. März 2018 wurden an insgesamt 263 Tagen Zählungen durchgeführt (Tabelle 7). Dabei wurden insgesamt 44'499 Fische aus 27 Arten verzeichnet. Im Durchschnitt wurden 122 Fische pro Tag erfasst. Die mittlere tägliche Aufstiegsrate war im Jahresverlauf grossen Schwankungen unterworfen. Mit durchschnittlich 569 Individuen pro Tag war die Wanderaktivität im Juli am höchsten, in den Wintermonaten hingegen sehr gering.

Artenspektrum und Individuenzahlen

Das Rotauge und die Laube waren mit Abstand die häufigsten Fischarten (Abbildung 25). Mit 16'121 respektive 15'027 gezählten Individuen, machten diese beiden Arten rund 70% aller aufgestiegenen Fische aus. Mit rund 3 Mal weniger Individuen, war der Hasel die dritthäufigste Fischart, gefolgt vom Egli mit rund 4'000 Individuen. Ebenfalls in grösserer Zahl registriert wurde der Gründling. Mit mehr als 100 gezählten Individuen waren Alet, Barbe, Rotfeder, Brachsme und Schneider weitere häufige Arten im Fischzählbecken. Blicken, Groppen, Schwarzfedern, Schleien, Forellen, Trüschchen und Schmerlen waren hingegen eher selten. Bei den restlichen Arten handelte es sich überwiegend um Einzelfunde.

Tabelle 7: Übersicht über die Resultate der Fischzählungen im Umgebungsgewässer des Kraftwerks Hagneck vom 03.03.17 bis zum 02.03.18.

Jahr	Monat	Anzahl Zähltag	Anzahl Fische	Ø Tagesaufstieg	Anzahl Arten	Ø Abluss [m ³ /s]	Ø Temperatur [°C]
2017	März	13	366	13	9	172	7.9
	April	20	236	7.9	13	135	11.3
	Mai	31	10'226	330	19	203	13.6
	Juni	30	4'719	157	17	238	18.5
	Juli	31	17'644	569	15	190	20.1
	August	31	1'620	52	16	218	19.5
	September	30	654	22	14	131	17.1
	Oktober	23	5'548	179	14	96	15.9
	November	14	3'314	110	13	114	10.9
	Dezember	13	74	2.4	7	138	7.1
2018	Januar	14	83	2.7	10	267	6.3
	Februar	12	14	0.5	6	158	5.4
	März	1	1	0.5	1	160	3.3
Total		263	44499	122	27	172	12.8

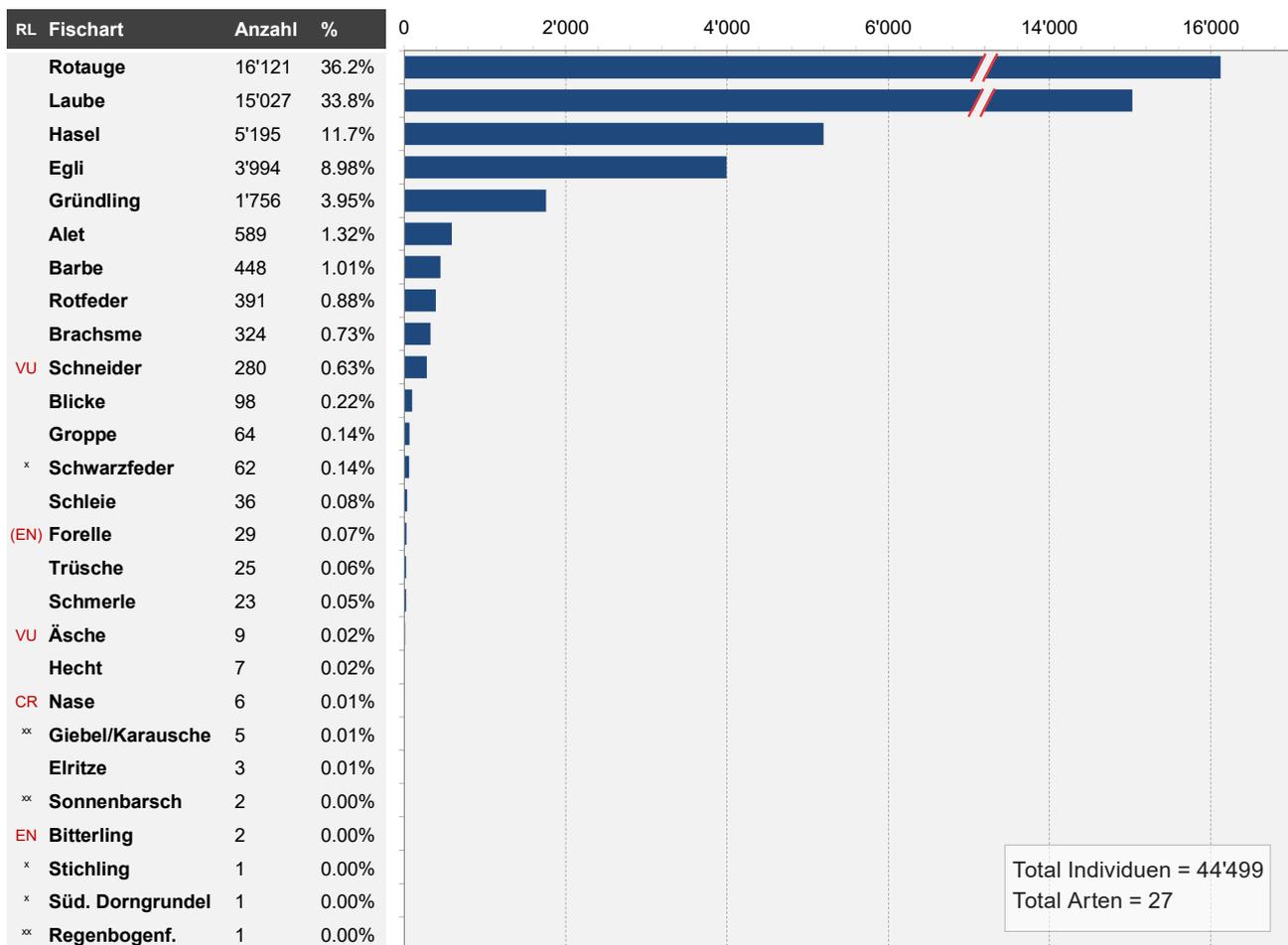


Abbildung 25: Anzahl und relative Häufigkeit der In den Fischzählungen nachgewiesenen Fischarten sowie deren Rote-Liste-Status (RL) (x = standortfremd im Einzugsgebiet; xx = gebietsfremd nach VBGF).

Von den 27 nachgewiesenen Fischarten, sind mit Schneider, Seeforelle, Äsche, Nase und Bitterling 5 Arten in der Roten Liste aufgeführt (Abbildung 26). Die Nase ist sogar in der höchsten Gefährdungskategorie «vom Aussterben bedroht» klassiert. Im Einzugsgebiet der Aare in den Kantonen Bern und Freiburg waren früher verschiedene Laichplätze mit grossen Laichzügen bekannt. Um die Jahrtausendwende sind die Bestände regelrecht zusammengebrochen. In den letzten Jahren konnten nur noch sehr selten einzelne Individuen festgestellt werden (u.a. im Kallnachkanal oder im Bielersee). Während den Zählungen beim KW Hagneck konnten insgesamt 6 juvenile Nasen nachgewiesen werden.

Die Schwarzfeder und der Stichling, welche im Rahmen der Zählungen ebenfalls nachgewiesen wurden, waren im Bielersee und seinen Zuflüssen ursprünglich nicht heimisch und werden heute in dessen Einzugsgebiet als standortfremd betrachtet. Auch die Südliche Dorngrundel (*Cobitis bilineata*) stammt wie die Schwarzfeder ursprünglich aus den Gewässern der Alpensüdseite. Vorkommen dieser Art sind sowohl für den Bielersee, als auch für die Aare (Hagneck- und Nidau-Büren-Kanal) bekannt.

Weiter wurden mit der Karausche/Giebel, dem Sonnenbarsch und der Regenbogenforelle drei für die Schweiz landesfremde Arten festgestellt. Von allen drei Arten wurden nur einige wenige Individuen gezählt.



Abbildung 26: Gefährdete Fischarten, welche im Rahmen der Fischzählungen erfasst werden konnten: Nase (oben links), Schneider (oben rechts), Äsche (Mitte), Bitterling (unten links) und Seeforelle (unten rechts).
Fotos: WFN AG, Hansruedi Brunner, Jörg Baur.

Längenverteilung

Rund 97% aller gezählten Fische waren kleiner als 20 cm und rund 50% der Fische waren weniger als 10 cm lang (Abbildung 27). Insbesondere Fische < 5 cm waren mit über 13'000 Individuen ausserordentlich zahlreich. Auch im Bereich von 10 und 16 cm Länge konnte eine Häufung der Individuenzahl festgestellt werden.

Insgesamt waren 1'198 Fische länger als 20 cm. Sehr grosse Individuen mit einer Länge > 50 cm konnten ebenfalls nachgewiesen werden (n = 148). Dabei handelte es sich um adulte Alet, Barben, Brachsmen, Forellen, Hechte und Schleien. Der grösste nachgewiesene Fisch war eine Seeforelle mit 85 cm Länge. Das festgestellte Längenspektrum der einzelnen Arten kann der Abbildung 28 entnommen werden.

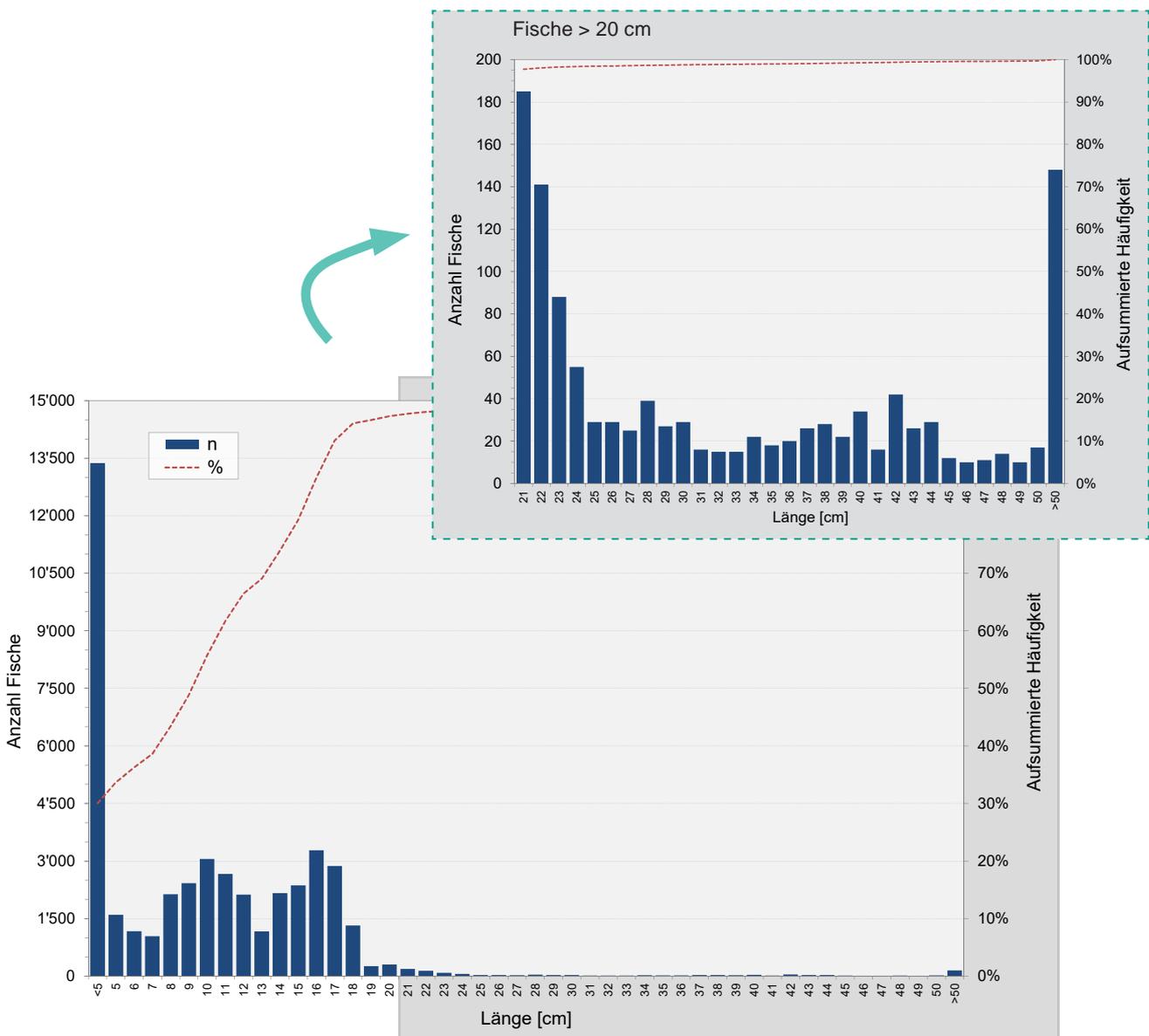


Abbildung 27: Längenverteilung der gezählten Fische im Zählbecken des Umgebungsgewässers KW Hagneck. Die Länge der Fische wurde in 5 cm Längenklassen eingeteilt. Die kleinere Grafik zeigt die Verteilung der Fische > 20 cm Länge.

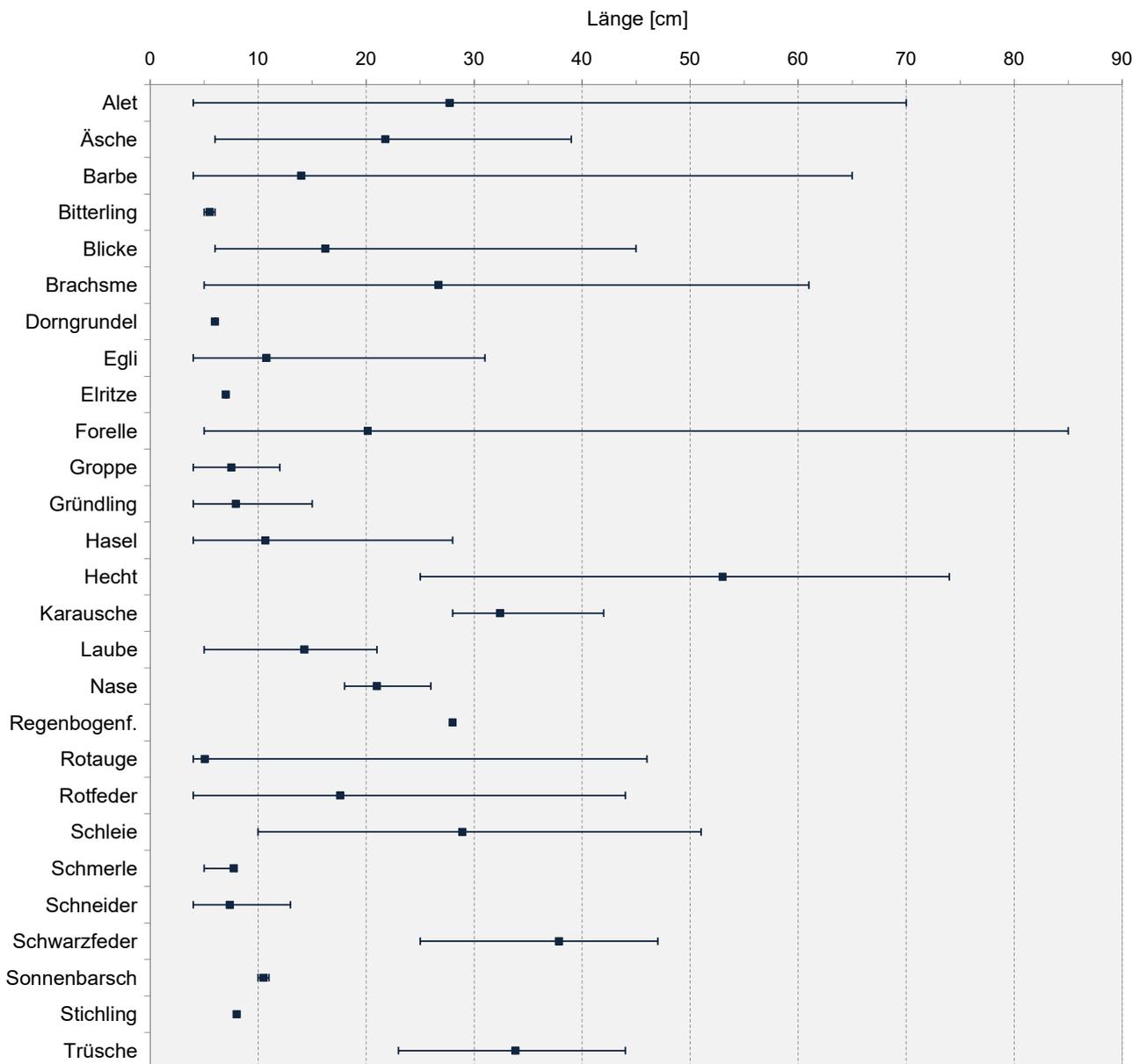


Abbildung 28: Bandbreite der nachgewiesenen Längen pro Fischart (Mittelwert, Minimum und Maximum).
 Bemerkung: Die Länge von Fischen < 5 cm wurden nicht gemessen. Für die Darstellung wurde die minimale Länge bei 4 cm angesetzt. Der grösste registrierte Fisch war die oben abgebildete Seeforelle (85 cm).

Saisonalität und Wanderaktivität der einzelnen Arten

In den Frühlingsmonaten März und April wurden nur sehr wenige Fische registriert. Der Hasel war zu dieser Zeit die häufigste Fischart. Die Hauptwanderzeit im Umgebungsgewässer des Kraftwerks Hagneck begann Mitte Mai mit dem Laichzug der Lauben, welcher bis Anfang Juni andauerte (Abbildung 29). Im Juni stiegen weiterhin Lauben auf, allerdings in geringerer Zahl. Neu waren Egli und Gründlinge im Juni relativ häufig. Eine zweite grosse Aktivitätswelle wurde im Juli registriert. Dies ist in erster Linie auf eine grosse Zahl an Rotaugen zurückzuführen, welche zu dieser Zeit über 80% aller aufsteigenden Fische ausmachten. Es waren vorwiegend junge Rotaugen, welche das Umgebungsgewässer passierten. Egli

und Gründlinge waren auch im Juli weiterhin häufig. Im August ging die Zahl der Egli und Gründlinge leicht zurück. Rotaugen wurden kaum mehr registriert. Auch im September war die Wanderaktivität vergleichsweise gering. Mitte Oktober wurden über eine relative kurze Zeitspanne von wenigen Tagen mehrere tausend Hasel festgestellt. Anfang November wurden über rund zwei Wochen noch einmal relativ viele Lauben gezählt. Nach dieser Aufwanderungswelle der Lauben stiegen noch einmal einige hundert Hasel auf. Danach nahm die Wanderaktivität im Umgebungsgewässer deutlich ab. Zwischen Dezember und März wurden nur noch Alet und Hasel in etwas höherer Zahl festgestellt. Bei den übrigen Arten handelte es sich überwiegend um Einzeltiere.

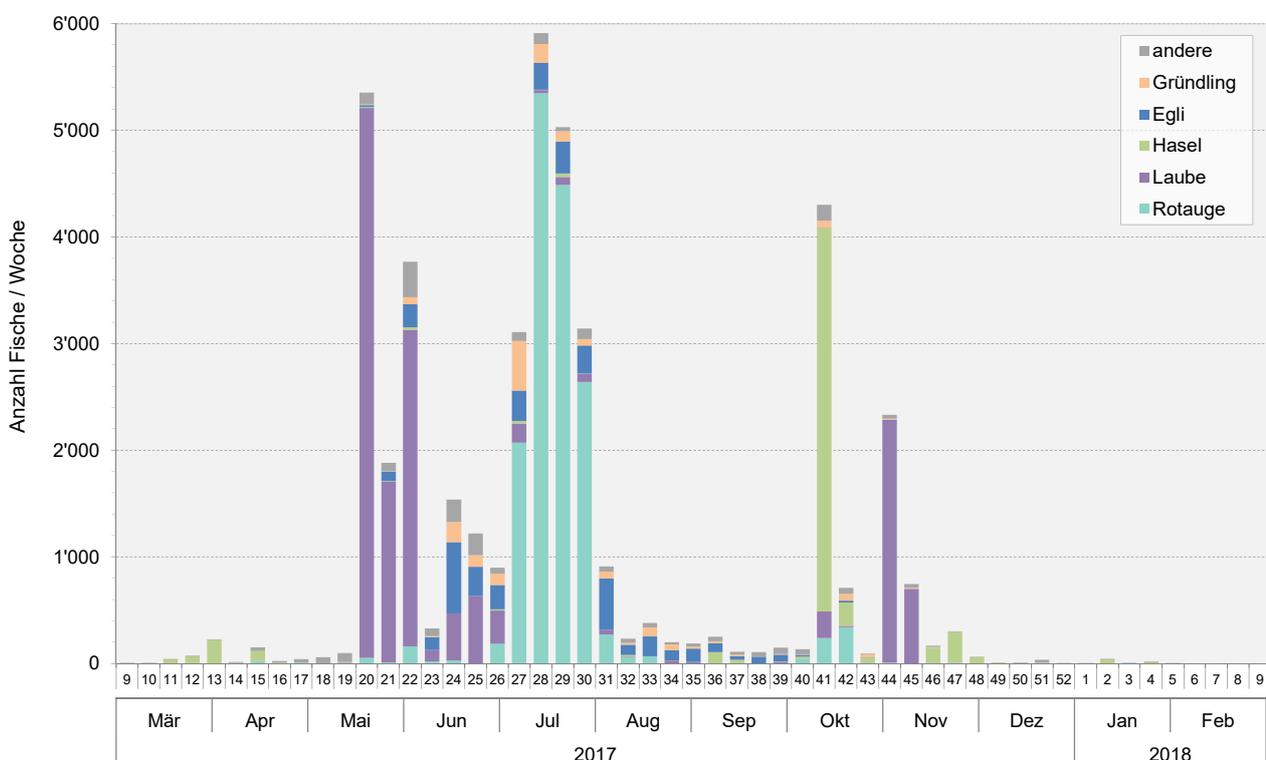


Abbildung 29: Jahreszeitliche Verteilung und Wanderaktivität aller gezählten Fische pro Kalenderwoche.

Alet, Gropen und Hasel waren die einzigen Arten, welche das ganze Jahr über in der Zählkammer nachgewiesen werden konnten (Tabelle 8). Auch Barben und Forellen wurden mit jeweils einer Ausnahme in allen Monaten festgestellt. Es ist zu berücksichtigen, dass einige Individuen dieser rheophilen Arten im Umgebungsgewässer wahrscheinlich einen Ersatzlebensraum gefunden haben und daher immer wieder einzelne Tiere in die Zählkammer gelangten.

Im März und von Dezember bis Februar wurden am wenigsten Arten in der Zählkammer registriert. Von April bis November wurden pro Monat zwischen 13 und 19 Fischarten nachgewiesen. Die grösste Artenvielfalt konnte im Mai erfasst werden.

Eine Auswahl an Steckbriefen einzelner Fischarten sind in Abbildung 31 wiedergegeben.

Tabelle 8: Individuendichte pro Fischart im Jahresverlauf.



Fischart	2017										2018	
	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb
Alet	8	31	97	151	79	28	58	54	32	30	15	5
Äsche			2		3		2				2	
Barbe	5	11	95	168	98	36	19	11	3	1		1
Bitterling						2						
Blicke		11	9	2			11	63	2			
Brachsme	3		94	42	93	29	3	56	4			
Dorngrundel						1						
Egli		1	166	1'417	1'202	888	274	45			1	
Elritze			3									
Forelle	1	3	2	10	1	1		2	2	1	4	2
Groppe	2	2	10	5	10	1	9	15	5	3	1	1
Gründling			24	433	853	209	47	164	25		1	
Hasel	342	109	40	11	64	16	145	3'885	487	36	56	4
Hecht	1	3							1	2		
Karausche		2	3									
Laube			9'430	1'879	375	83	16	539	2'704		1	
Nase				5								1
Regenbogenf.					1							
Rotauge	2	38	73	278	14'812	262	3	632	20		1	
Rotfeder		20	76	197		17	12	55	13	1		
Schleie		2	13		1	1	17	2				
Schmerle						23						
Schneider		3	19	104	51	23	38	25	16		1	
Schwarzfeder			62									
Sonnenbarsch				1	1							
Stichling				1								
Trüsche	2		8	15								
Anzahl Fische	366	236	10'226	4'719	17'644	1'620	654	5'548	3'314	74	83	14
Anzahl Arten	9	13	19	17	15	16	14	14	13	7	10	6

Saisonalität und Wanderaktivität nach Längenklassen

Von März bis Mai und von Dezember bis Februar wurden nur wenige kleine Fische (< 10 cm) festgestellt (Abbildung 30, oben). Diese konzentrierten sich vor allem auf die Zeitspanne zwischen Juni und November, mit einem klaren Spitzenwert im Juli, welcher durch die enorme Anzahl kleiner Rotaugen zustande kam. Im Oktober war eine zweite, wenn auch ungleich kleinere Häufung zu erkennen. Zu den Rotaugen kam in dieser Phase ein grösserer Anteil Hasel hinzu. Weiter wurden vor allem kleine Egli, Gründlinge, Lauben und zu einem kleineren Anteil Schneider und Barben registriert. Egli und Gründlinge hatten die höchsten Individuenzahlen in den Sommermonaten. Danach sank deren Zahl gegen den Herbst hin.

Die jahreszeitliche Verteilung der mittelgrossen Fische (10 - 30 cm) ergab ein etwas anderes Bild als die der kleinen Fische (Abbildung 30, Mitte). Am häufigsten wurden diese im Mai registriert und nahmen durch den Sommer wieder ab. Im Oktober und November wurden noch einmal mehr mittelgrosse Fische registriert.

Verantwortlich für die erste grosse Häufung im Mai und zum Teil auch noch im Juni, waren insbesondere die adulten Lauben. Die zweite grössere Aufstiegschwelle im Herbst war von Hasel (Oktober) und Lauben (November) dominiert. Adulte Hasel wurden ausserdem im Frühling in einer etwas grösseren Zahl registriert. Etwas grössere Egli und Rotaugen wurden vor allem in den Monaten Juni und Juli festgestellt.

Grosse Fische (> 30 cm) wurden mehrheitlich in den Frühlingsmonaten verzeichnet (Abbildung 30, Mitte). Dies waren vor allem grosse Brachsmen, Alet, Schleien sowie Rot- und Schwarzfedern. Von einigen dieser Arten weiss man, dass sie im Frühling mehr oder weniger ausgeprägte Laichwanderungen unternehmen. Daneben wurden in diesen Monaten auch grosse Trütschen und Rotaugen erfasst. Grosse Brachsmen und Blicken wurden noch bis in den Herbst festgestellt, allerdings in immer kleinerer Zahl. Adulte Alet konnten das ganze Jahr über nachgewiesen werden. Grosse Barben wurden in kleiner Zahl zwischen März und Oktober festgestellt. Es konnte jedoch im Frühling keine klare Häufung erkannt werden, welche auf eine ausgeprägte Laichwanderung hindeuten würde. Zwischen November und Februar wurden insgesamt 5 grosse Forellen gezählt, darunter auch 3 Seeforellen mit einer Länge zwischen 68 - 85 cm, welche sich auf Laichwanderung befanden.

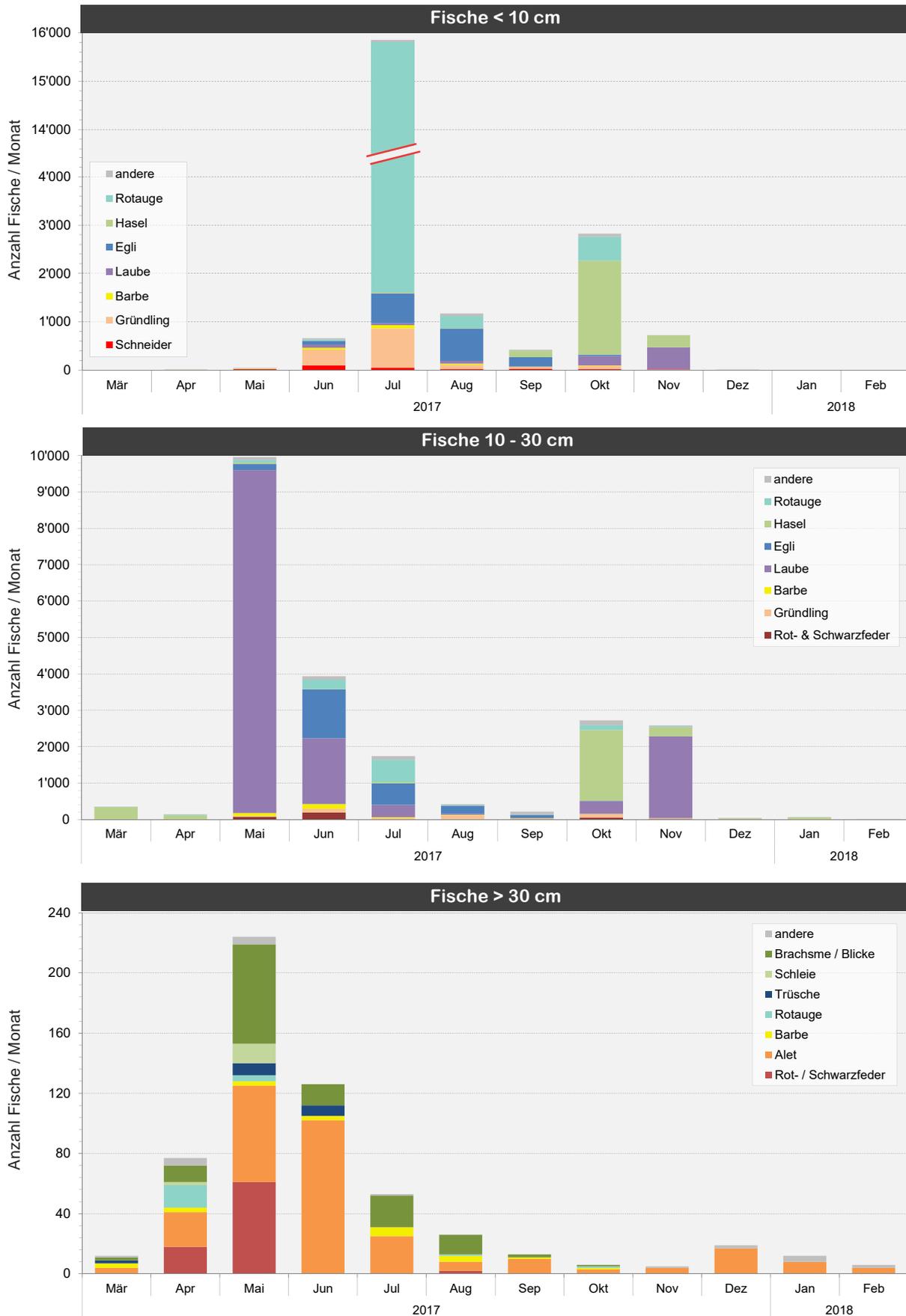


Abbildung 30: Häufigkeit der einzelnen Arten im Jahresverlauf aufgeteilt nach kleinen Fischen < 10 cm (oben), mittelgrossen Fischen 10 - 30 cm (Mitte) und grossen Fischen > 30 cm (unten).

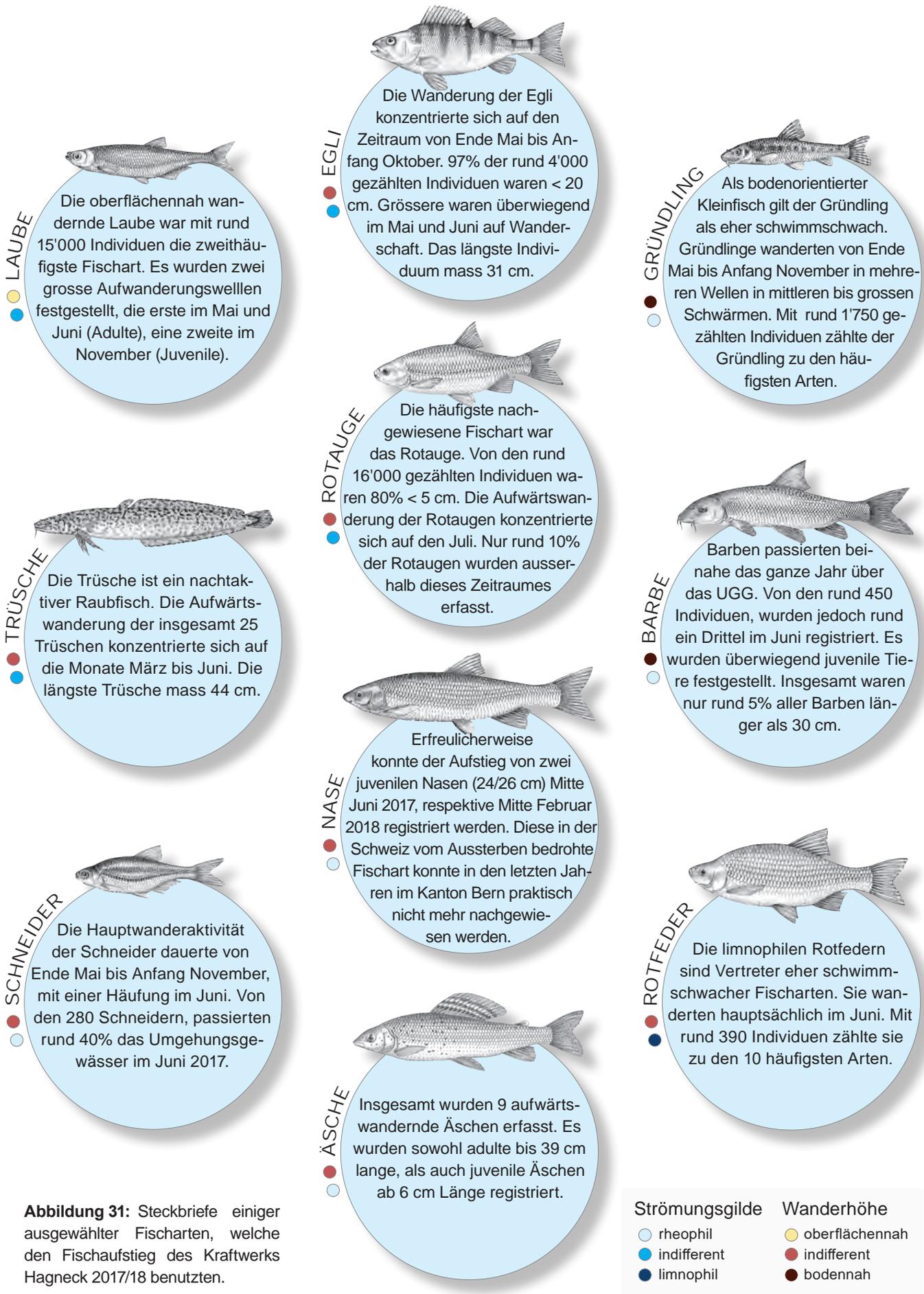


Abbildung 31: Steckbriefe einiger ausgewählter Fischarten, welche den Fischaufstieg des Kraftwerks Hagneck 2017/18 benutzten.

⇒ Detailauswertungen zu ausgewählten Arten und deren saisonalen Wanderaktivitäten sind im **Anhang** ausführlich zusammengestellt.



Tagesaufstiegszahlen in Abhängigkeit von Abfluss, Wassertemperatur und Seepiegel

Mit einem Jahresmittel der Aare bei Hagneck von $149 \text{ m}^3/\text{s}$, lagen die Abflussmengen 2017 leicht unter dem langjährigen Durchschnitt von $175 \text{ m}^3/\text{s}$. Im Januar 2018 wurden hingegen relativ hohe Wasserstände registriert. Abflussspitzen, welche dem Q_1 von $599 \text{ m}^3/\text{s}$ entsprechen würden, wurden aber über die gesamte Zählperiode nicht erreicht. Die mittlere jährliche Wassertemperatur 2017 der Aare in Hagneck lag bei 12.9°C , womit 2017 im Vergleich mit dem langjährigen Mittel von 11.6°C eher ein warmes Jahr war. Insbesondere die Wassertemperaturen im Sommer waren im Durchschnitt $1.6 - 3.5^\circ\text{C}$ wärmer als das langjährige Mittel. Im Winter waren die Unterschiede weniger ausgeprägt.

Zwischen März und April wurden vergleichsweise wenige Fische pro Tag gezählt (Abbildung 32). Es konnten aber mehrere Laichzüge von adulten Haseln ($15 - 26 \text{ cm}$) ab Mitte März bis Mitte April, bei Wassertemperaturen über 8°C , beobachtet werden. Der höchste Tages-

aufstieg lag bei 129 Fischen. Die erste grosse Aufwanderungswelle mit über 1'750 Fischen pro Tag begann Mitte Mai, als die Wassertemperaturen über 12°C anstiegen. Lauben zwischen $10 - 19 \text{ cm}$ Länge auf Laichwanderung dominierten dabei den Aufstieg. Die höchsten Aufstiegszahlen während dieser Phase wurden tendenziell eher bei steigendem Abfluss registriert. Im Juni wurden die täglichen Aufwanderungsspitzen jeweils bei steigenden Wassertemperaturen verzeichnet. Sehr hohe tägliche Aufstiegszahlen wurden dann wieder im Juli registriert. Es können zwei grössere Aufwanderungsspitzen der juvenilen Rotaugen erkannt werden, welche mit den höchsten Wasserständen und den höchsten Wassertemperaturen während dieser Zeit zusammenfielen.

Zwischen Mitte August und Mitte Oktober blieben die täglichen Aufstiegszahlen relativ konstant. In dieser Zeit waren sowohl die Wassertemperatur als auch der Abfluss der Aare rückläufig.

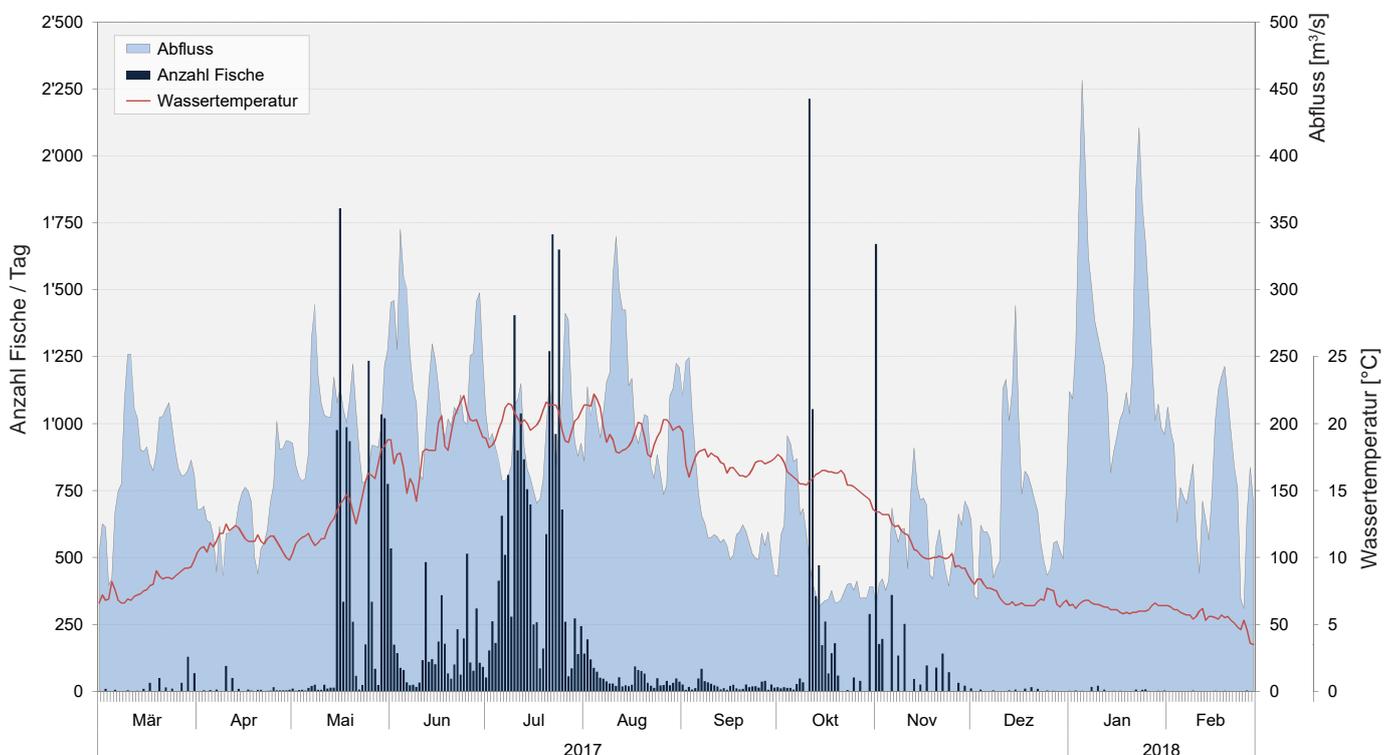


Abbildung 32: Vergleich der täglichen Aufstiegszahlen mit dem Abfluss und der Wassertemperatur der Aare (Tagesmittelwerte BAFU Messstation Hagneck).

Mitte Oktober, als die Wassertemperatur auf rund 16°C gesunken war, wurden über mehrere Tage sehr hohe Aufstiegszahlen festgestellt. Mit rund 2'200 gezählten Fischen am 11. Oktober, wurde die höchste tägliche Aufstiegsrate verzeichnet. Die Wasserführung der Aare war in diesem Zeitraum im Sinken begriffen. Es waren hauptsächlich Hasel zwischen 8 - 12 cm Länge, welche jetzt das Umgehungsgewässer durchwanderten. Der Abfluss blieb bis Anfang November gering, die Wassertemperaturen sanken weiter. Als diese unter 14°C fielen, wurde im Fischzählbecken eine grosse Zahl Lauben zwischen 8 - 13 cm Länge registriert. Die Wanderaktivität nahm bis Ende November kontinuierlich ab. Mit dem Unterschreiten der 10°C-Marke Ende November, wurden nur noch geringe tägliche Aufstiegszahlen verzeichnet.

Die Auffindbarkeit der verschiedenen Einstiege ist massgeblich von den Pegelständen im Unterwasser des Kraftwerks abhängig. Gemäss Plangrundlagen muss die Funktionstüchtigkeit des UGG zwischen den Seespiegelkoten 428.90 m (P₃₃₀) bis 429.55 m (P₃₀) gewährleistet sein. Die Pegelstände im Unterwasser der beiden Zentralen werden durch den Aare-Abfluss, den Turbinenbetrieb (Ausfall und Störungen) sowie durch die Seespiegelhöhe beeinflusst. Bei tiefen Aare-Abflüssen und tiefen See-Pegelständen können die Unterschiede zwischen den Pegeln im Unterwasser der alten und der neuen Zentrale bis zu 40 cm betragen. Die Pegelstände werden durch den Kraftwerksbetreiber an drei verschiedenen Stellen mit Radarmessgeräten kontinuierlich gemessen. Im gesamten Untersuchungszeitraum überschritten die Pegelstände bei Hagneck den oberen Grenzwert nur selten.

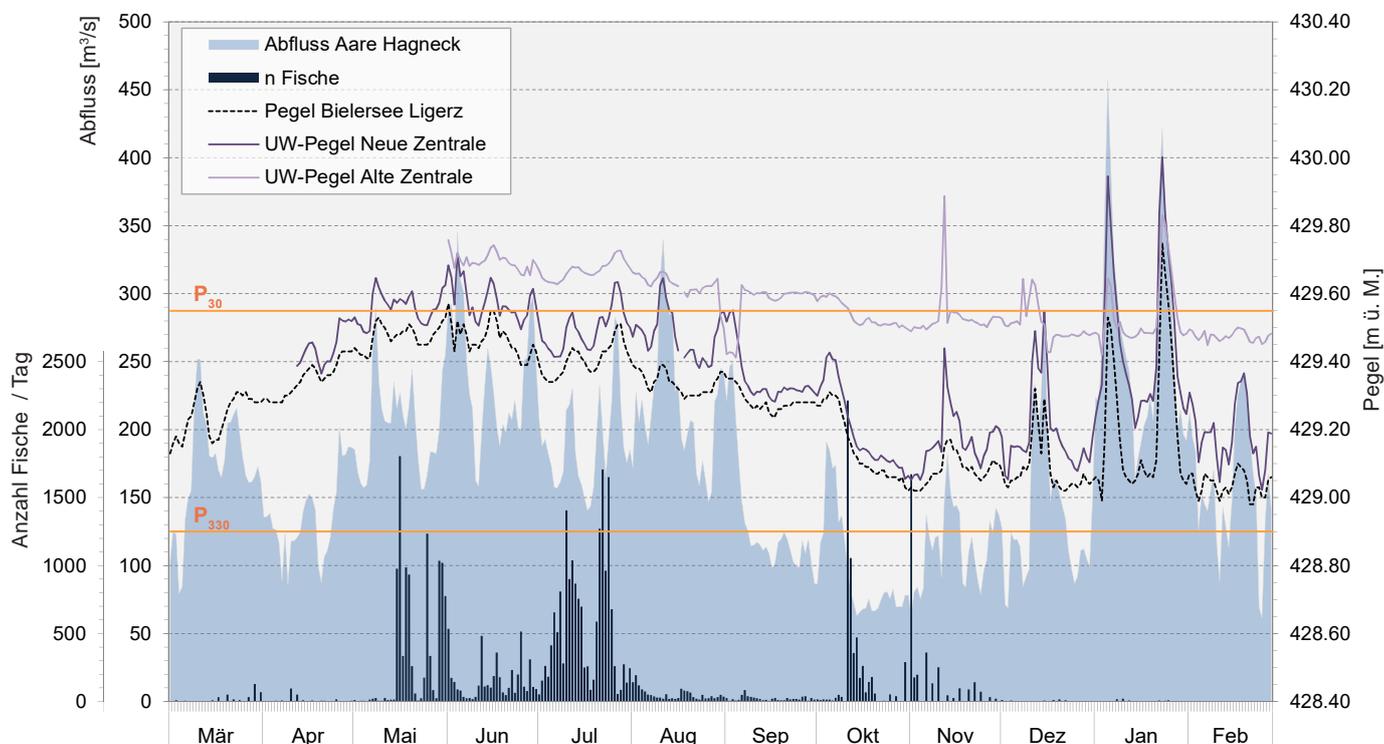


Abbildung 33: Vergleich der täglichen Aufstiegszahlen mit dem Aare-Abfluss (BAFU Messstation Hagneck) und den Pegelständen im Bielersee (UW Neue Zentrale, UW Alte Zentrale und BAFU Messstation Ligerz). Zusätzlich sind die für die Beurteilung der Funktionstüchtigkeit wichtigen Grenzpegelstände P₃₀ und P₃₃₀ dargestellt (orange Linien).

Tagesaufstiegszahlen in Abhängigkeit von Turbinen- und Wehrbetrieb

Ob Fische die verschiedenen Einstiege in das Umgehungsgewässer finden, hängt vom Turbinen- und Wehrbetrieb sowie vom Seespiegel ab, die einen massgeblichen Einfluss auf die Strömungsverhältnisse im Unterwasser des Kraftwerks haben. Im Unterwasser des neuen Kraftwerks variiert der Abfluss in Abhängigkeit des Aareabflusses im Oberwasser. Überschreitet der Abfluss der Aare die Kapazität der Turbinen, setzt Wehrüberfall ein. Dies war während der Zählperiode mehrere Male der Fall (Abbildung 35, oben).

Beim alten Kraftwerk ist die Durchflussmenge hingegen im Normalfall konstant (35 m³/s). Während den Zählungen war das alte Kraftwerk insgesamt acht Mal für ein paar Stunden bis wenige Tage ausser Betrieb (Abbildung 35, Mitte).

Über die Dotierkraftwerke werden das Verteilbecken und die zusätzliche Lockwasserleitung mit Wasser beschickt. Die Maschine 3, welche die Lockwasserleitung speist, war zwischen August und November über einen längeren Zeitraum nicht in Betrieb (Abbildung 35, unten). Die zusätzliche Dotation des Verteilbeckens über die Maschine 4 (Abbildung 34), war hingegen bis auf eine Ausnahme im Oktober gewährleistet.

Welchen der fünf zur Verfügung stehenden Einstiege die Fische nutzten, kann anhand der Resultate der Fischzählungen nicht eruiert werden. Der Einfluss des Turbinen- und Wehrbetriebes auf die Auffindbarkeit des Umgehungsgewässers, kann daher noch nicht beurteilt werden. Es ist geplant, diesen Sachverhalt anhand einer Studie mit PIT-Tags zu untersuchen.



Abbildung 34: Zusätzliche Dotation des Verteilbeckens via Maschine 4.

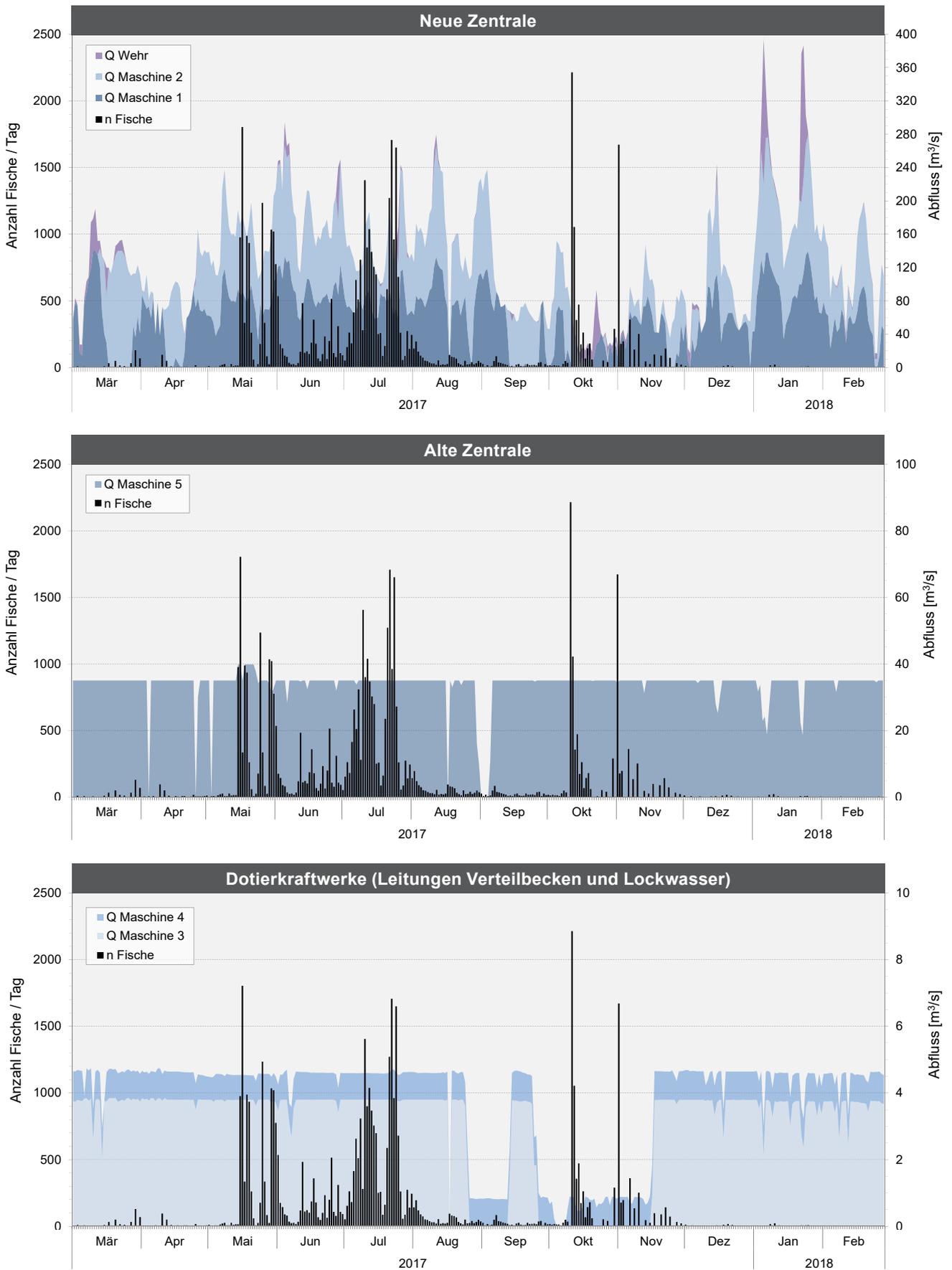


Abbildung 35: Anzahl registrierte Fische pro Tag in Abhängigkeit vom Turbinenbetrieb beim neuen (oben) und alten (Mitte) Kraftwerk, sowie den Dotierkraftwerken (unten).

4.2.3 Zusammenfassende Beurteilung

Anzahl aufgestiegene Fische

Mittels Kontrollen des Fischzählbeckens vom 03. März 2017 bis am 02. März 2018, konnten insgesamt 44'499 aufgestiegene Fische erfasst werden. Dabei ist nicht auszuschliessen, dass durch die Reusenstäbe Fische am Einstieg ins Fischzählbecken gehindert wurden oder dass Fische das Zählbecken wieder abwärts verlassen haben. Im Zusammenhang mit anderen Fischaufstiegsstudien mittels PIT-Tagging und Videoüberwachung konnten dabei Unterschiede je nach Reusenkehrentyp aufgezeigt werden⁷. Daher sind die Aufstiegszahlen als Minimalwerte zu betrachten. Nachfolgend wird versucht, die Anzahl aufgestiegener Fische einzuordnen, indem die Resultate mit früheren Kontrollen beim alten Kraftwerk und mit anderen Anlagen verglichen werden.

Vergleich mit früheren Kontrollen

Vor dem Neubau des Kraftwerks Hagneck bestand beim alten Kraftwerk ein Beckenpass mit Kronendurchlass und Schlupfloch, welcher die Aufwärtswanderung der Fische gewährleisten sollte.

Zwischen April 1989 und Dezember 1990 wurden durch den zuständigen Fischereiaufseher des Kantons Bern alle zwei Wochen Aufstiegszählungen durchgeführt. Dazu wurde der Zufluss der FAH unterbrochen und die Zahl und Artzugehörigkeit der Fische in der FAH mittels elektrischer Befischungen bestimmt. Dabei wurden in der Regel zwischen 10 und 50 Individuen pro Tag festgestellt. Mit über 280 Individuen pro Tag wurde die maximale Aufstiegsrate Ende September 1990 registriert⁸.



Abbildung 36: Alter Beckenpass des Kraftwerks Hagneck. Inklusive Lockwasserzugabe ins untere Becken (oben). Fotos WFN 2011.

⁷ PETER, A., R. METTLER, N. SCHÖLZEL 2017: Resultate und Erkenntnisse Vorprojekt PIT-Tagging. Vortrag an der Infoveranstaltung Projekte am Hochrhein des BAFU, Rheinfelden 15. Mai 2017.

⁸ Fischereinspektorat des Kantons Bern 1992: Fischpasskontrollen beim Kraftwerk Hagneck 1989 / 1990. (unveröffentlicht)

Da es sich nur um Stichproben in relativ grossen Zeitintervalle handelte, sind quantitative Aussagen über die Anzahl aufgestiegener Fische über ein Jahr nicht ableitbar und somit die Daten mit den aktuellen Erhebungen nur schwer zu vergleichen. Werden die täglichen Aufstiegsraten der aktuellen Erhebungen herangezogen, zeigt sich, dass tägliche Aufstiegszahlen von bis zu 2'214 Individuen pro Tag erreicht wurden. Im Durchschnitt wurden 122 Fische pro Tag gezählt. Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass im neuen Umgehungsgewässer 2017/18 mehr Fische aufgestiegen sind als im alten Beckenpass 1989/90 (Abbildung 37).

	KW Hagneck	
	1989 - 90	2017 - 18
Zähltage	44	263
n Fische	1'449	44'499

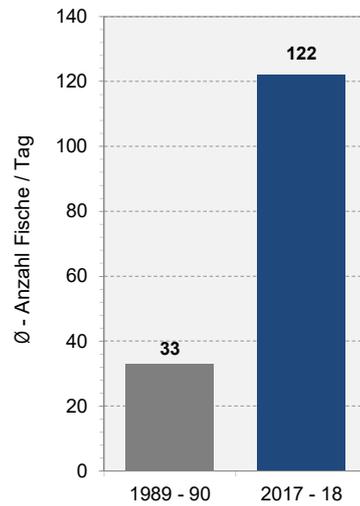


Abbildung 37: In der FAH gezählte Fische absolut (oben) und durchschnittlich pro Zähltag (unten) während den Kontrollen 1989 - 90 und 2017 - 18.



Vergleich mit anderen FAH

Für den Vergleich der Aufstiegszahlen werden Resultate von Fischaufstiegskontrollen bei den Kraftwerken Aarberg und Niederried - oberhalb dem KW Hagneck - und bei den Kraftwerken Brügg und Flumenthal - unterhalb des Bielersees - herangezogen:

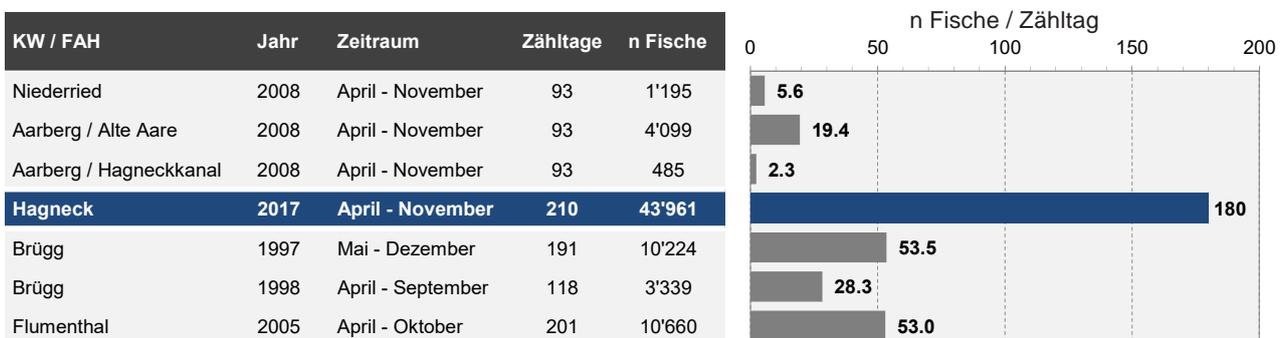
- ⇒ Bei den KW Niederried und Aarberg wurden 2008 vom 15. April bis am 15. November Zählungen an drei Tagen pro Woche durchgeführt⁹.
- ⇒ Beim KW Brügg wurden 1997 vom 14. Mai bis am 10. Dezember sowie 1998 vom 8. April bis am 29. September Aufstiegszählungen mittels Videoaufnahmen durchgeführt¹⁰.
- ⇒ Die Kontrollen beim KW Flumenthal fanden im Rahmen der Koordinierten Fischzählung bei den Aare-Kraftwerken zwischen Solothurn und dem Rhein statt und wurden 2005 vom 01. April bis 31. Oktober durchgeführt¹¹.

Da die Zählungen nicht über ein ganzes Jahr durchgeführt wurden, sondern jeweils nur vom Frühling bis Spätherbst dauerten, vergleichen

wir die Resultate mit den aktuellen Erhebungen im Zeitraum von April bis November (Hauptaufstiegszeit). Im Durchschnitt sind in diesem Zeitraum beim KW Hagneck 180 Fische pro Tag aufgestiegen. Damit sind die aktuellen Aufstiegszahlen rund 5 - 40 Mal höher als in Aarberg und Niederried und rund 3 - 6 Mal höher als in Brügg und Flumenthal (Tabelle 9). Insbesondere aus dem Hagneckkanal passierten 2008 sehr wenige Fische das KW Aarberg. Die Zählungen wurden jedoch durch einen Maschinenschaden beeinträchtigt, aufgrund dessen während 2 Monaten Wehrüberfall herrschte (veränderte Lockströmung). Weiter hatten Verklausungen im Fischpass eine zeitweilig eingeschränkte Funktionstüchtigkeit zur Folge.

Es muss weiter berücksichtigt werden, dass die Aufstiegszahlen natürlicherweise grossen interannuellen Schwankungen unterworfen sein können und Vergleiche aus unterschiedlichen Jahren deshalb nur bedingt zulässig sind. Es wäre daher sinnvoll, in der Aare unter- und oberhalb des Bielersees ergänzend koordinierte Aufstiegszählungen durchzuführen.

Tabelle 9: Vergleich der Resultate der aktuellen Zählungen beim Kraftwerk Hagneck mit den Resultaten der Zählungen bei den oberhalb gelegenen Kraftwerken Niederried und Aarberg⁹ sowie den unterhalb des Bielersees gelegenen Kraftwerken Brügg¹⁰ und Flumenthal¹¹. Um die Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten, wurde als relatives Mass die Anzahl Fische pro Zähltag während der Hauptaufstiegszeit berechnet und dargestellt.



9 GUTHRUF, J. 2009: Fischaufstiegskontrollen in den Fischpässen der Kraftwerke Niederried - Radelfingen und Aarberg. Bericht im Auftrag der BKW Energie AG: 36 S. + Anhang.

10 BÜSSER, P. 2000: Auswertungen des Fischereinspektorats des Kantons Bern zu Fischaufstiegskontrollen in den Kraftwerken Niederried, Aarberg und dem Elektrizitätswerk Brügg. Beurteilung der Funktionstüchtigkeit der Fischwege und Kontrollvorrichtungen. Peter Büsser, Fischereibiologische Untersuchungen. Bericht im Auftrag des Fischereinspektorats des Kantons Bern: 14 S. + Anhang.

11 GUTHRUF, J. 2006: Koordinierte Fischaufstiegskontrollen an den Aare-Kraftwerken zwischen Solothurn und der Mündung in den Rhein. Gutachten im Auftrag des Amtes für Umwelt des Kantons Solothurn, des Amtes für Wald, Jagd und Fischerei des Kantons Solothurn, der Sektion Jagd und Fischerei, BVU des Kantons Aargau und der Abt. Landschaft und Gewässer, BVU des Kantons Aargau: 99 S. + 44 S. Anhang.



Artenselektivität

Um eine allfällige Artenselektivität einer Fischaufstiegshilfe zu beurteilen, sind Kenntnisse über den Fischbestand im Unterwasser der Anlage unabdingbar (Artenvielfalt, Bestandesdichten). Durch die im Kapitel 2.2 vorgestellten Untersuchungen ist eine geeignete und zeitnahe Datengrundlage für die Beurteilung des neuen Umgebungsgewässers beim Kraftwerk Hagneck vorhanden.

Im Bielersee und im Hagneckkanal konnten in den letzten Jahren insgesamt 33 Arten nachgewiesen werden. Im Rahmen der 1 Jahr dauernden Zählungen im Umgebungsgewässer, konnten 27 Fischarten belegt werden. Im Zuge der elektrischen Befischungen wurde zudem das Bachneunauge und der Aal im UGG nachgewiesen (vgl. Kap. 3.2.1). Damit wurden insgesamt 29 Arten im UGG verzeichnet, wovon deren 23 als standortgerecht für das Einzugsgebiet des Bielersees gelten (Tabelle 10).

Mit Felchen, Karpfen, Zander, Seesaibling und Wels konnten total 5 Arten im Umgebungsgewässer nicht beobachtet werden, welche jedoch im Bielersee vorkommen. Aal und Bachneunauge wurden nicht im Zählbecken, sondern nur mit den elektrischen Befischungen festgestellt. Beim Zander handelt es sich um eine eingeführte Art aus dem Einzugsgebiet der Donau. Die restlichen 4 Arten gelten nach VBGF als heimisch im Einzugsgebiet des Bielersees. Karpfen und Welse sind grosswüchsige Arten und leistungsstarke Schwimmer. Seesaibling und Felchen sind typische Seearten, welche bei uns eher selten in Fliessgewässern anzutreffen sind.

Der Aal ist ein katadromer Wanderfisch, dessen Bestände in den letzten Jahren gesamteuropäisch massiv abgenommen haben. Neben den zahlreichen Hindernissen auf seiner Wanderroute, ist auch die Überfischung der Glasale (Jugendstadium der jungen Aale die aus dem Meer an den Mündungsbereichen der europäischen Flüsse eintreffen) verantwortlich für den Bestandesrückgang. Im Bielersee wurden

Tabelle 10: Nachgewiesene Arten im Umgebungsgewässer (grün) und potenziell vorhandene Arten gemäss Tabelle 1, welche nicht nachgewiesen wurden (rot). RL = Rote-Liste Status; * = standortfremd im EZG; ** = landesfremd nach VBGF).

RL	Name deutsch	Name lateinisch	Nachweis in FAH
VU	Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	grün
	Alet	<i>Squalius cephalus</i>	grün
VU	Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	grün
EN	Bachneunauge	<i>Lampetra planeri</i>	grün
	Barbe	<i>Barbus barbus</i>	grün
EN	Bitterling	<i>Rhodeus amarus</i>	grün
	Blicke	<i>Blicca bjoerkna</i>	grün
	Brachsmen	<i>Abramis brama</i>	grün
	Egli	<i>Perca fluviatilis</i>	grün
	Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>	grün
	Felchen	<i>Coregonus sp.</i>	rot
(EN)	Forelle	<i>Salmo trutta</i>	grün
xx	Giebel/Karassche	<i>Carassius carassius</i>	grün
	Groppe	<i>Cottus gobio</i>	grün
	Gründling	<i>Gobio gobio</i>	grün
	Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	grün
	Hecht	<i>Esox lucius</i>	grün
VU	Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	rot
	Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	grün
CR	Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>	grün
xx	Regenbogenforelle	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	grün
	Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>	grün
	Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	grün
	Schleie	<i>Tinca tinca</i>	grün
	Schmerle	<i>Barbatula barbatula</i>	grün
VU	Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	grün
x	Schwarzfeder	<i>Scardinius hesperidicus</i>	grün
VU	Seesaibling	<i>Salvelinus sp.</i>	rot
xx	Sonnenbarsch	<i>Lepomis gibbosus</i>	grün
x	Stichling	<i>Gasterosteus gymnotus</i>	grün
x	Süd. Dorngrundel	<i>Cobitis bilineata</i>	grün
	Trüsche	<i>Lota lota</i>	grün
	Wels	<i>Silurus glanis</i>	rot
xx	Zander	<i>Sander lucioperca</i>	rot
nachgewiesene Arten im UGG			29
einheimisch nach VGBF			26
landesfremd nach VGBF			6
standortgerecht Bielersee			23
fehlende Arten im UGG			5
einheimisch nach VGBF			4
landesfremd nach VGBF			1
standortgerecht Bielersee			4

in den letzten Jahren nur noch vereinzelt Aale gefangen, im Hagneckkanal blieben Fänge von Aalen schon seit über 10 Jahren aus. Der fehlende Nachweis im Zählbecken ist damit primär auf die negative Bestandessituation der Aale zurückzuführen. Bei den Fischaufstiegskontrollen in den Fischpässen der oberhalb gelegenen Kraftwerke Niederried und Aarberg wurden 2008 noch einige wenige Aale registriert⁹.

Welse werden im Bielersee relativ zahlreich, im Hagneckkanal bisher erst vereinzelt gefangen. In der Schweiz nehmen ihre Bestände im Zuge der Klimaerwärmung zum Teil stark zu und heute sind sie auch in der Aare unterhalb des Bielersees, sowie in Bieler- und Murtensee recht verbreitet. Über das Wanderverhalten dieses Fisches ist bisher eher wenig bekannt. Sein Fehlen bei den Zählungen ist jedoch erstaunlich, berücksichtigt man die doch relativ grossen Bestände im See.

Wie der Aal, konnte auch der Karpfen im Rahmen des «Projet Lac» im Bielersee nicht nachgewiesen werden. Durch die Berufs- und Angelfischer werden nur in einzelnen Jahren Karpfen im See gefangen. Wie beim Aal kann daher eher nicht von einer Selektivität des Umgebungsgewässers gesprochen werden. Der fehlende Nachweis ist auf den kleinen Bestand im See zurückzuführen.

Im Bielersee sind mit Bondelle (*C. confusus*), Brienzlig (*C. albellus*) und Palée (*C. palea*) drei Felchenarten bekannt, wobei die Bondelle die weitaus häufigste Art ist. Aus anderen Seen (z.B. Bodensee, Lac Léman) sind auch migrierende

Felchenarten bekannt, welche zum Laichen in die Zuflüsse ziehen. Für die im Bielersee vorkommenden Felchenarten ist ein solches Verhalten nach aktuellem Wissensstand jedoch nicht belegt, obschon durch die Angelfischer im Nidau-Büren-Kanal vereinzelt Felchen gefangen werden. Ihr Fehlen im UGG kann also nicht negativ bewertet werden.

Seesaiblinge werden nur vereinzelt im Bielersee gefangen. Über deren Habitate, Laichplätze oder ein allfälliges Wanderverhalten ist im Bielersee wenig bekannt. Im Neuenburgersee ist diese Art jedoch ein wichtiger Bestandteil der Fischfauna. Der ausgebliebene Nachweis im Umgebungsgewässer wird nicht negativ beurteilt.

Im Rahmen der Kontrollen des alten Fischpasses vom April 1989 bis Januar 1991, wurden 18 Arten registriert. Damit wurden bei den aktuellen Untersuchungen im neuen Umgebungsgewässer 10 Arten mehr festgestellt. Damals nicht nachgewiesen werden konnten: Bachneunauge, Bitterling, Blicke, Dorngrundel, Elritze, Karasche, Schleie, Schwarzfeder, Sonnenbarsch, Stichling und Trüsche. Bei 5 dieser ursprünglich nicht gefundenen Arten handelt es sich um gebietsfremde Neuankommlinge im Bielersee. Mit dem Bachneunauge und dem Bitterling wurden aber auch zwei Arten der Roten Liste neu festgestellt. Hingegen konnte der Aal bei den aktuellen Zählungen nicht mehr nachgewiesen werden.

Gesamthaft kann festgehalten werden, dass der Aufstieg der meisten zu erwartenden Arten mittels Fischzählbecken erfasst werden konnte. Bis auf den Wels kommen die wenigen nicht nachgewiesenen einheimischen Arten entweder in kleiner Bestandesgrösse vor (Aal, Karpfen und Bachneunauge) oder eine aktive Aufwärtswanderung in den Hagneckkanal wird als eher unwahrscheinlich erachtet (Felchen und Seesaibling). Zudem fanden sich sowohl gross- wie kleinwüchsige, schlanke als auch hochrückige Arten, sowie gute und schlechtere Schwimmer. Eine Artenselektivität des neuen Umgebungsgewässers liegt daher nicht vor.

Längenselektivität

Es konnten sowohl sehr kleine (< 5 cm), als auch grosse Fische bis zu 85 cm Länge das Umgebungsgewässer passieren. Bei den meisten Arten konnten sowohl juvenile als auch adulte Individuen registriert werden (Tabelle 11). Nur bei Arten, welche in sehr geringer Zahl nachgewiesen wurden, fehlten zum Teil entweder juvenile oder adulte Tiere. So wurden beispielsweise nur juvenile Nasen festgestellt, was jedoch auf einen sehr kleinen Bestand zurückzuführen ist und nicht auf eine Längenselektivität der Anlage schliessen lässt.

Insgesamt wurden 580 Fische mit einer Länge > 30 cm festgestellt, was rund 1.3% aller aufgestiegenen Fische ausmacht. Dies könnte auf den ersten Blick als Längenselektivität der FAH für grosse Fische interpretiert werden. Werden allerdings die kleinwüchsigen Arten wie Laube oder Hasel und die enorme Zahl kleiner Rotaugen nicht berücksichtigt, welche im Unterwasser zu den häufigsten Arten zählen und die Aufstiegszahlen klar dominierten, ist der Anteil grosser Fische mit rund 10% beträchtlich höher und entspricht durchaus den Erwartungen bei einem natürlichen Populationsaufbau. Mit Ausnahme der Nase (und der gebietsfremden Regenbogenforelle), konnten von allen grosswüchsigen Arten adulte Individuen festgestellt werden.

Tabelle 11: Minimale, maximale und mittlere Länge der im Umgebungsgewässer nachgewiesenen Arten und Beurteilung, ob sowohl juvenile als auch adulte Individuen das UGG passierten (Häkchen = vorhanden; Kreuze = nicht vorhanden).

Fischart	n	Länge [cm]			juvenil	adult
		min	Ø	max		
Alet	589	< 5	27.7	70	✓	✓
Äsche	9	6	21.8	39	✓	✓
Barbe	448	< 5	14.0	65	✓	✓
Bitterling	2	5	5.5	6	✓	✓
Blicke	98	6	16.2	45	✓	✓
Brachsme	324	5	26.7	61	✓	✓
Süd. Dorngrundel	1	6	6.0	6	✗	✓
Egli	3'994	< 5	10.8	31	✓	✓
Elritze	3	7	7.0	7	✗	✓
Forelle	29	5	20.1	85	✓	✓
Groppe	64	< 5	7.5	12	✓	✓
Gründling	1'756	< 5	7.9	15	✓	✓
Hasel	5'195	< 5	10.7	28	✓	✓
Hecht	7	25	53.0	74	✓	✓
Giebel/Karausche	5	28	32.4	42	✗	✓
Laube	15'027	5	14.3	21	✓	✓
Nase	6	18	21.0	26	✓	✗
Regenbogenf.	1	28	28.0	28	✓	✗
Rotaug	16'121	< 5	5.0	46	✓	✓
Rotfeder	391	< 5	17.6	44	✓	✓
Schleie	36	10	28.9	51	✓	✓
Schmerle	23	5	7.7	8	✓	✓
Schneider	280	< 5	7.4	13	✓	✓
Schwarzfeder	62	25	37.9	47	✓	✓
Sonnenbarsch	2	10	10.5	11	✗	✓
Stichling	1	8	8.0	8	✗	✓
Trüsche	25	23	33.8	44	✗	✓
Total	44'499	< 5	10.3	85		

Das Vorkommen sowohl juveniler als auch adulter Fische der verschiedenen Arten und der Anteil der verschiedenen Längenklassen widerspiegelt für die meisten Arten einen natürlichen Populationsaufbau und ergibt keinerlei Hinweise auf eine Längenselektivität der FAH.

4.3 Gesamtbeurteilung der FAH als Wanderhilfe

Das Umgehungsgewässer des Kraftwerks Hagneck erfüllt gemäss den vorliegenden Erkenntnissen seine Funktion als Fischaufstiegshilfe vollumfänglich.

Werden die einzelnen Kriterien mit einer dreistufigen Punkteskala bewertet, so resultiert für

alle bisher untersuchten Kriterien die beste Bewertung (Tabelle 12). Die Parameter «Attraktionseffizienz» und «Passageeffizienz» können auf Basis der vorliegenden Untersuchung nicht beurteilt werden. Die dazu notwendige PIT-Tag-Studie wird 2019/20 durchgeführt.

Tabelle 12: Kriterien für die Beurteilung der Fischaufstiegshilfe Umgehungsgewässer des Kraftwerks Hagneck mit zugehörigem Erfüllungsgrad.

- ■ ■ 3 Pkte: erfüllt
- ■ 2 Pkte: bedingt erfüllt
- 1 Pkt: nicht erfüllt

Untersuchungsparameter	Sanierungsziel	Erfüllungsgrad	Methode
Abfluss und Pegel im Unterwasser an Tagen mit Fischwanderung	Funktionaliät der FAH Pegel ₃₀ - Pegel ₃₃₀	■ ■ ■	Technische WK Zählbecken
Anzahl der aufgestiegenen Fische	standortgerechte Aufstiegszahlen	■ ■ ■	Zählbecken
Artenspektrum	keine Artenselektivität / ökologische Gilden	■ ■ ■	Zählbecken
Längenverteilung	keine Längenselektivität grosse / kleine Fische	■ ■ ■	Zählbecken
Attraktionseffizienz	gute Auffindbarkeit der FAH	-	PIT-Tagging (noch ausstehend)
Passageeffizienz	gute Passierbarkeit (inkl. Aufstiegszeit)	-	PIT-Tagging (noch ausstehend)
Total Erfüllungsgrad		12/12	

Gesamtbeurteilung

Mit 12 von 12 möglichen Punkten kann das Umgehungsgewässer beim KW Hagneck als voll funktionstüchtige Fischaufstiegshilfe eingestuft werden.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die vorliegenden Resultate zur Funktionstüchtigkeit des Umgehungsgewässers beim Kraftwerk Hagneck als Fischaufstiegshilfe zeigen, dass mit dem Umgehungsgewässer insgesamt ein vielfältig strukturiertes Fließgewässer mit verschiedenen Charakteristiken und Kleinhabitaten, sowie einem durchgehenden für alle Fischarten überwindbaren Wanderkorridor geschaffen wurde.

Da jedoch noch zahlreiche weitere Fragen offen sind, werden mit einem zweiten Teil der Wirkungskontrolle einige Details eingehender abgeklärt:

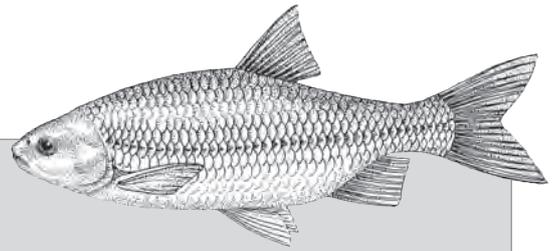
- ⇒ Wie wirken sich mehrere Einstiegsmöglichkeiten für wanderwillige Fische auf, werden alle Möglichkeiten - insbesondere auch die drei Einstiege über den Turbinenauslässen (Collection-Gallery) - gleich genutzt?
- ⇒ Werden die Fische durch die vielfältigen Strukturen im Umgehungsgewässer von der eigentlichen Wanderung «abgelenkt» und verbringen längere Zeit in diesem neuen (Ersatz-)Lebensraum?
- ⇒ Wie werden die Fischabstiegsmöglichkeiten bei alter und neuer Zentrale genutzt und erfüllen sie ihren vorgesehenen Zweck?
- ⇒ Behindert die Einleitung des Fischabstiegs bei der neuen Zentrale die Aufwärtswanderung im UGG?
- ⇒ Fangvorrichtung beim Eingang ins Fischzählbecken (Reusenkehle): Diese sollte möglichst so ausgebildet sein, dass die Fische die Fischzählkammer nicht wieder verlassen können. Ist die aktuelle Vorrichtung zweckmässig, oder besteht Anpassungsbedarf?

Diese Fragestellungen werden mit der «Wirkungskontrolle Teil B» 2019 - 2022 mit verschiedenen Methoden untersucht (u.a. PIT-Tagging, Videoaufnahmen und -analysen, Netzfänge). Daneben bestehen aber zusätzliche zahlreiche offene Fragen zur Fischwanderung und Grundlagenforschung zur Fischwanderung ist deshalb dringend nötig. Welche Arten wandern wann, wo und warum, was sind die Auslösemechanismen, welche Wege werden gewählt? Dieser spezifische Themenblock sollte bevorzugt durch Forschungsgruppen bearbeitet werden.

Anhang

Factsheets zu ausgewählten Fischarten

Rotaugen (<i>Rutilus rutilus</i>)	A 02
Laube (<i>Alburnus alburnus</i>)	A 04
Hasel (<i>Leuciscus leuciscus</i>)	A 06
Barbe (<i>Barbus barbus</i>)	A 08
Alet (<i>Squalius cephalus</i>)	A 10
Gründling (<i>Gobio gobio</i>)	A 12
Schneider (<i>Alburnoides bipunctatus</i>)	A 14
Rotfeder (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	A 16
Schwarzfeder (<i>Scardinius hesperidicus</i>)	
Egli (<i>Perca fluviatilis</i>)	A 18
Brachsme (<i>Abramis brama</i>)	A 20
Forelle (<i>Salmo trutta</i>)	A 22
Trüsche (<i>Lota lota</i>)	A 24



Rotaugen (*Rutilus rutilus*)

Rotaugen können grosse Schwärme in Seen bilden, sind aber auch in den grossen Mittellandflüssen weit verbreitet. Rotaugen werden in der Regel in einem Alter von 2 – 3 Jahren mit einer Länge ab 10 cm geschlechtsreif. Sie unternehmen kurze Laichwanderungen im Frühling vor der Laichzeit, aber auch von grösseren Wanderbewegungen im Herbst wird berichtet. Die Fortpflanzung findet normalerweise zwischen April bis Mai ab einer Wassertemperatur von 10 – 12°C statt. Grössere Rotaugen können kurzzeitig eine Sprintgeschwindigkeit von maximal 1.5 m/s erreichen.

Laichzeit	April - Juni
Migrationstyp	Kurzstanz
Strömungsgilde	indifferent
Wanderhöhe	Freiwasser
Maximallänge	50 cm

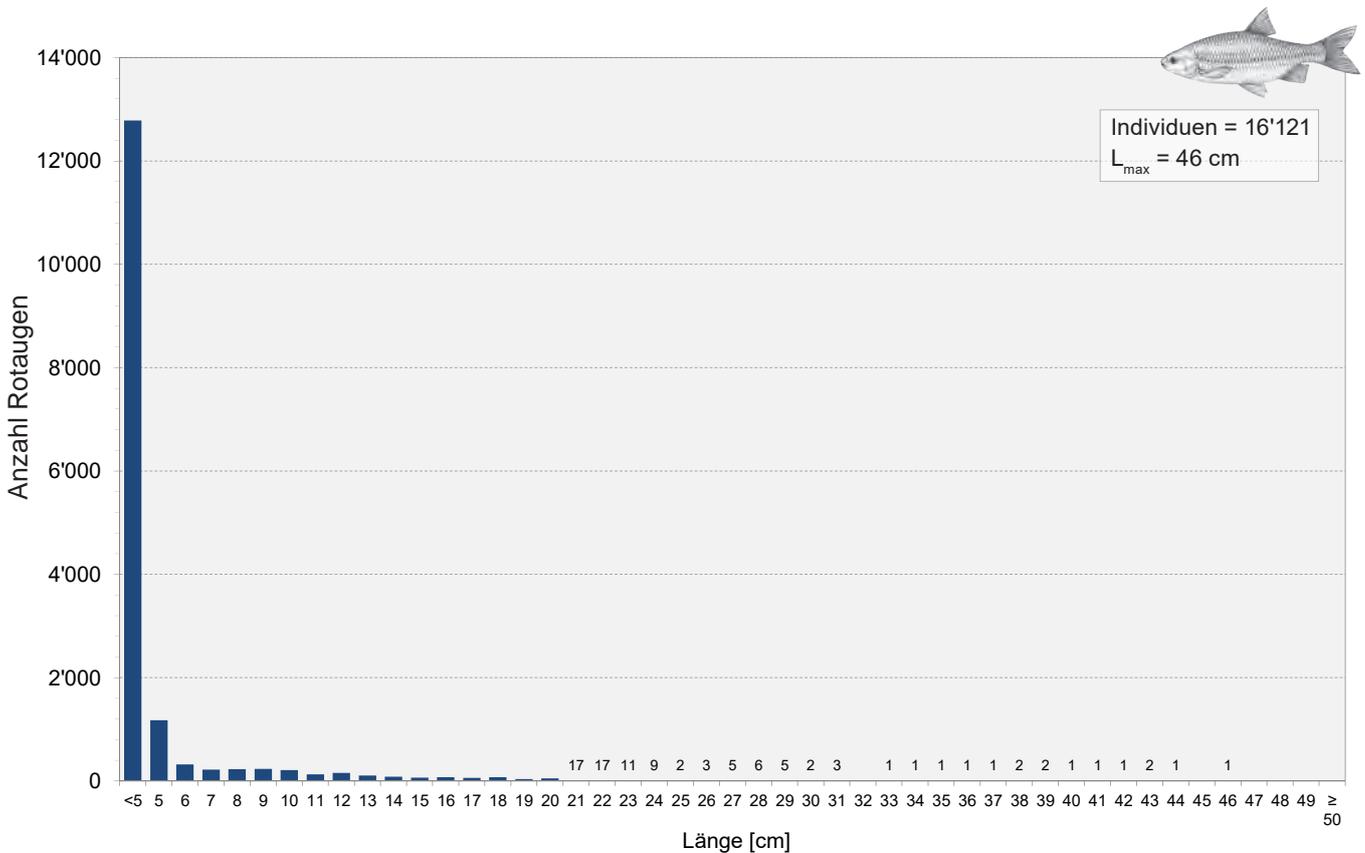
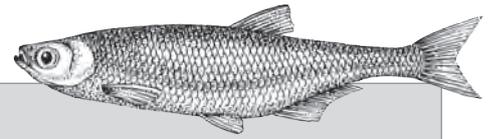


Abbildung A-1: Längenverteilung der gezählten Rotaugen im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck.



Laube (*Alburnus alburnus*)

Lauben halten sich bevorzugt im Freiwasser grosser Flüsse und Seen auf, wo sie sich zu Schwärmen zusammenschliessen und an der Wasseroberfläche nach Nahrung suchen. Sie zählen zu den eher leistungsschwachen, oberflächenorientierten Schwimmern. Fließgeschwindigkeiten von 1.7 m/s können von ihnen nur noch knapp überwunden werden. Sie laichen zwischen Mai und August ab einer Wassertemperatur von 15°C mehrmals ab.

Laichzeit	April - Juni
Migrationstyp	Kurzstanz
Strömungsgilde	indifferent
Wanderhöhe	oberflächennah
Maximallänge	25 cm

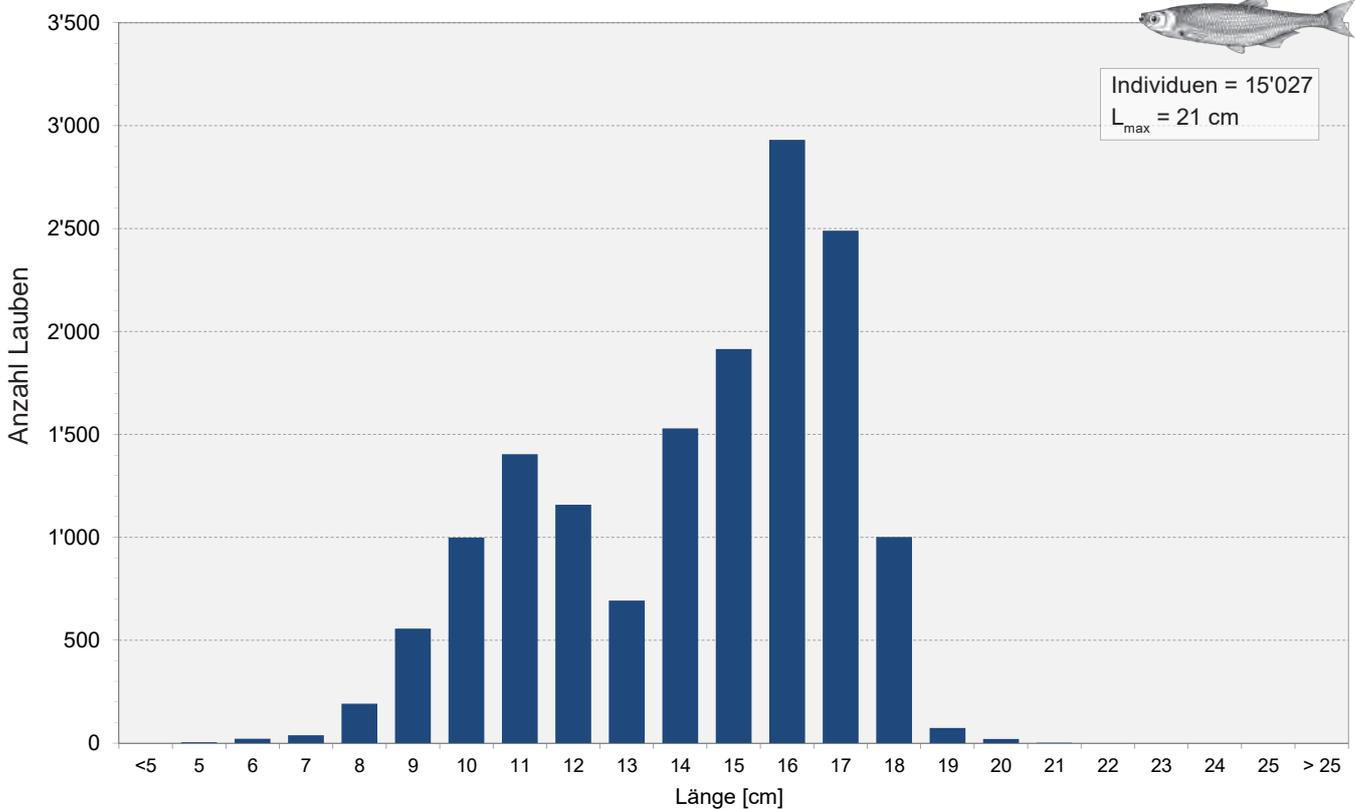


Abbildung A-4: Längenverteilung der gezählten Rotaugen im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck.

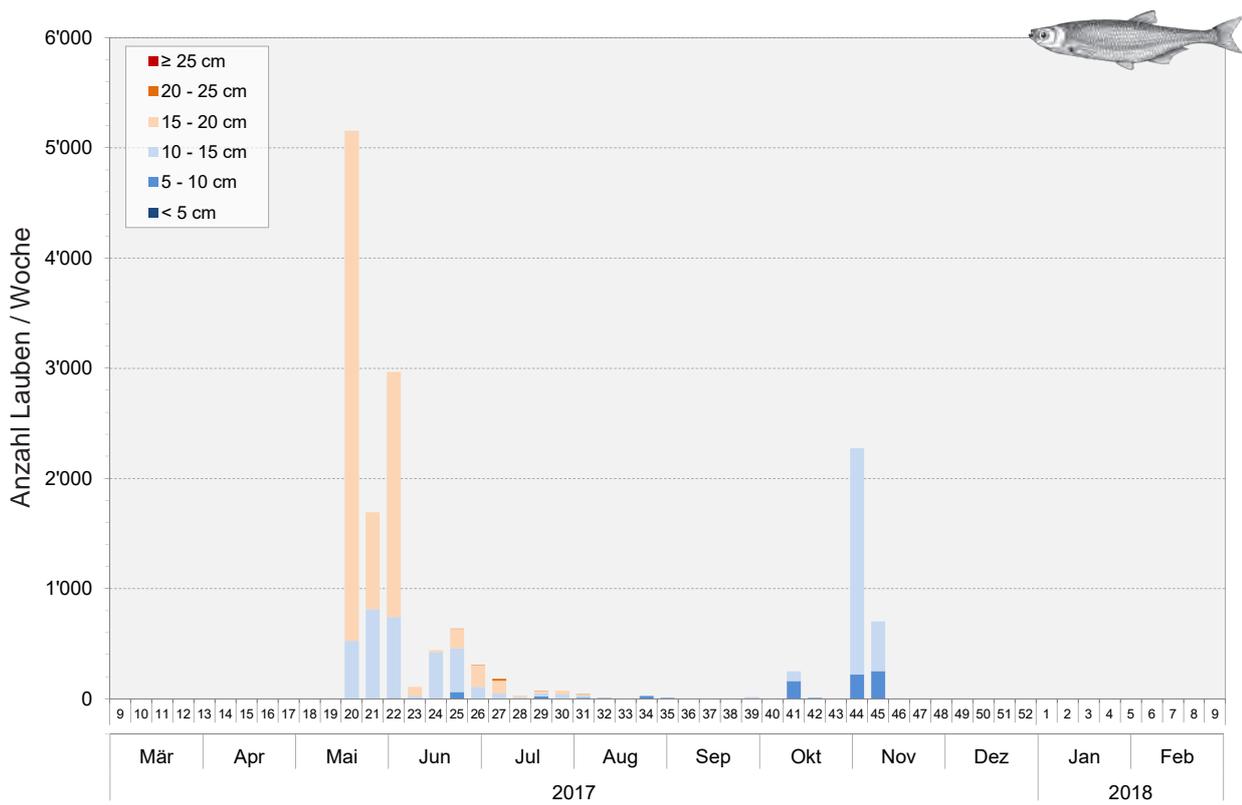


Abbildung A-6: Anzahl pro Woche erfasste Lauben im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck, aufgeteilt nach 10 cm Längenklassen.

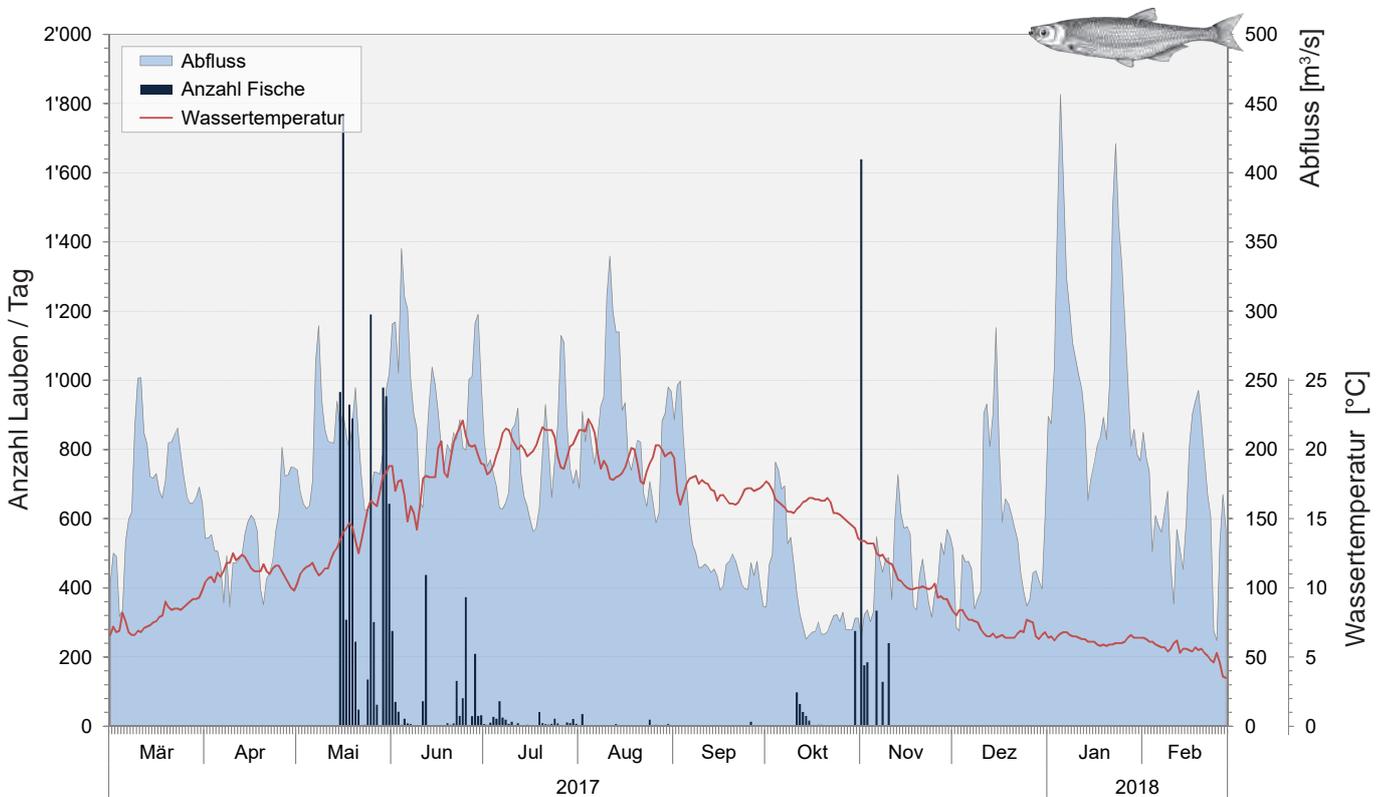
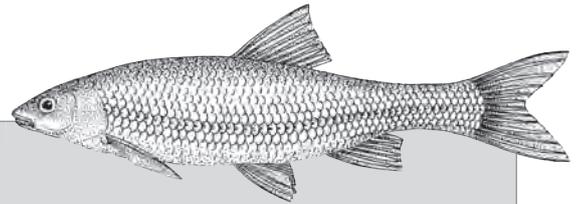


Abbildung A-5: Anzahl erfasste Lauben im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck. Zusätzlich angegeben ist die Wassertemperatur (rot) sowie der Abfluss (blau) der Aare in Hagneck.



Hasel (*Leuciscus leuciscus*)

Der strömungsliebende und meist in Schwärmen lebende Hasel bewohnt Fließgewässer der Äschen- und Barbenregion. In in See hält er sich vorzugsweise im Mündungsbereich von Zuflüssen auf. Hasel werden im 3. bis 4. Lebensjahr mit einer Länge von rund 15 cm geschlechtsreif. Zwischen März und April, wenn die die Wassertemperatur die 7°C Marke übersteigt, laichen sie in flach überströmten Riffle. Vor der Laichzeit sind kurze, stromaufwärts gerichtete Wanderungen bekannt. Der verhältnismässig kleine Fisch gilt als leistungsstark und vermag auch sehr turbulente Zonen zu durchschwimmen. Grosse Tiere können dabei Fließgeschwindigkeiten bis zu 1.5 m/s überwinden.

Laichzeit	März - April
Migrationstyp	Kurzstanz
Strömungsgilde	rheophil
Wanderhöhe	Freiwasser
Maximallänge	30 cm

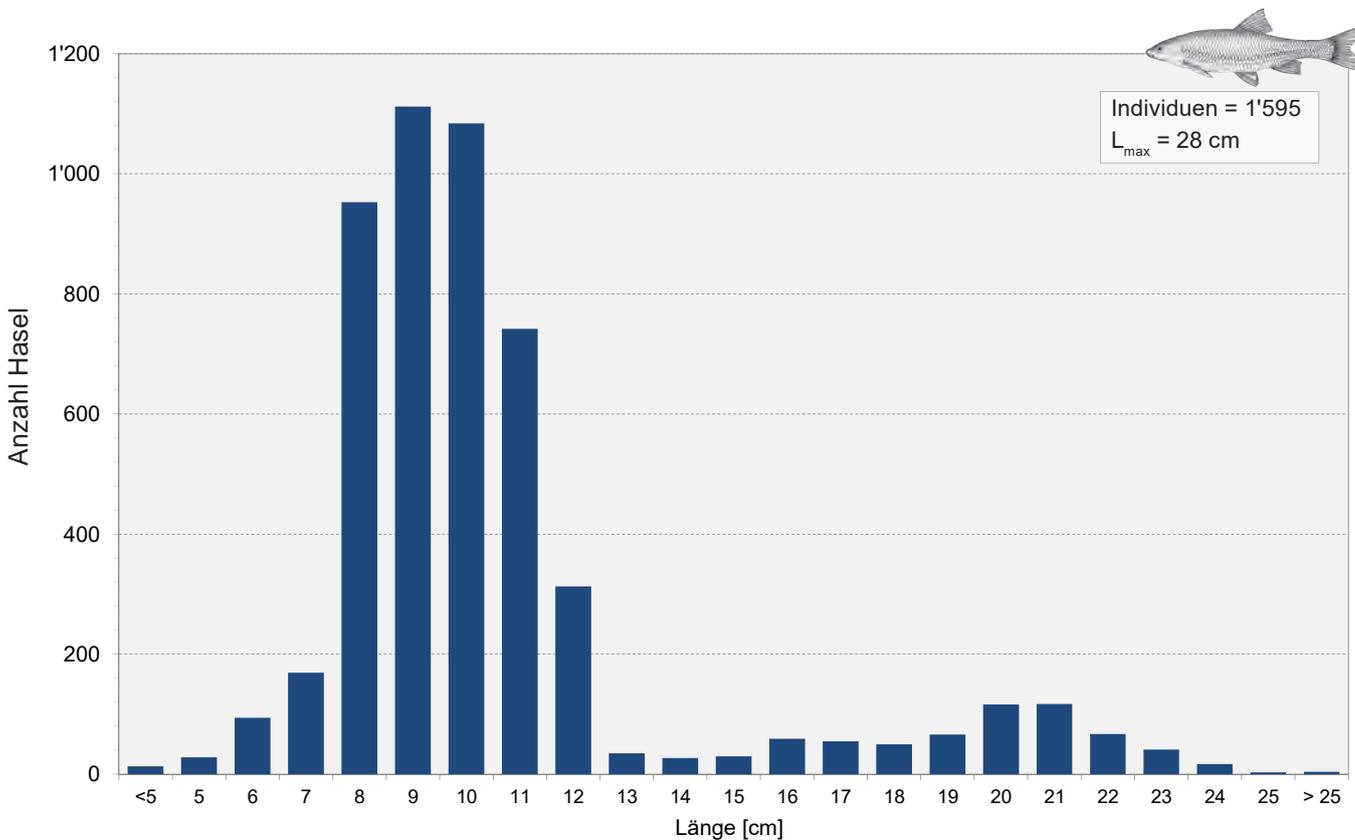


Abbildung A-7: Längenverteilung der gezählten Hasel im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck.

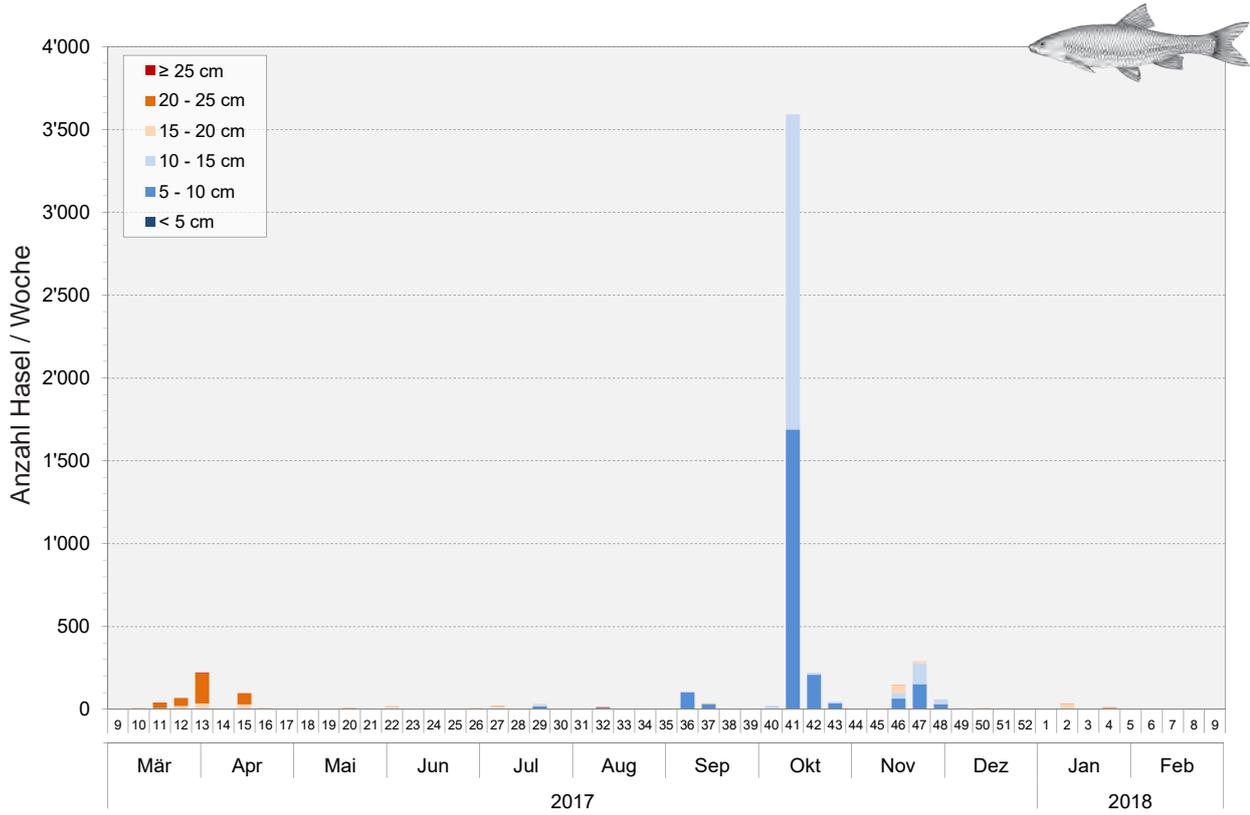


Abbildung A-9: Anzahl pro Woche erfasste Hasel im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck, aufgeteilt nach 10 cm Längenklassen.

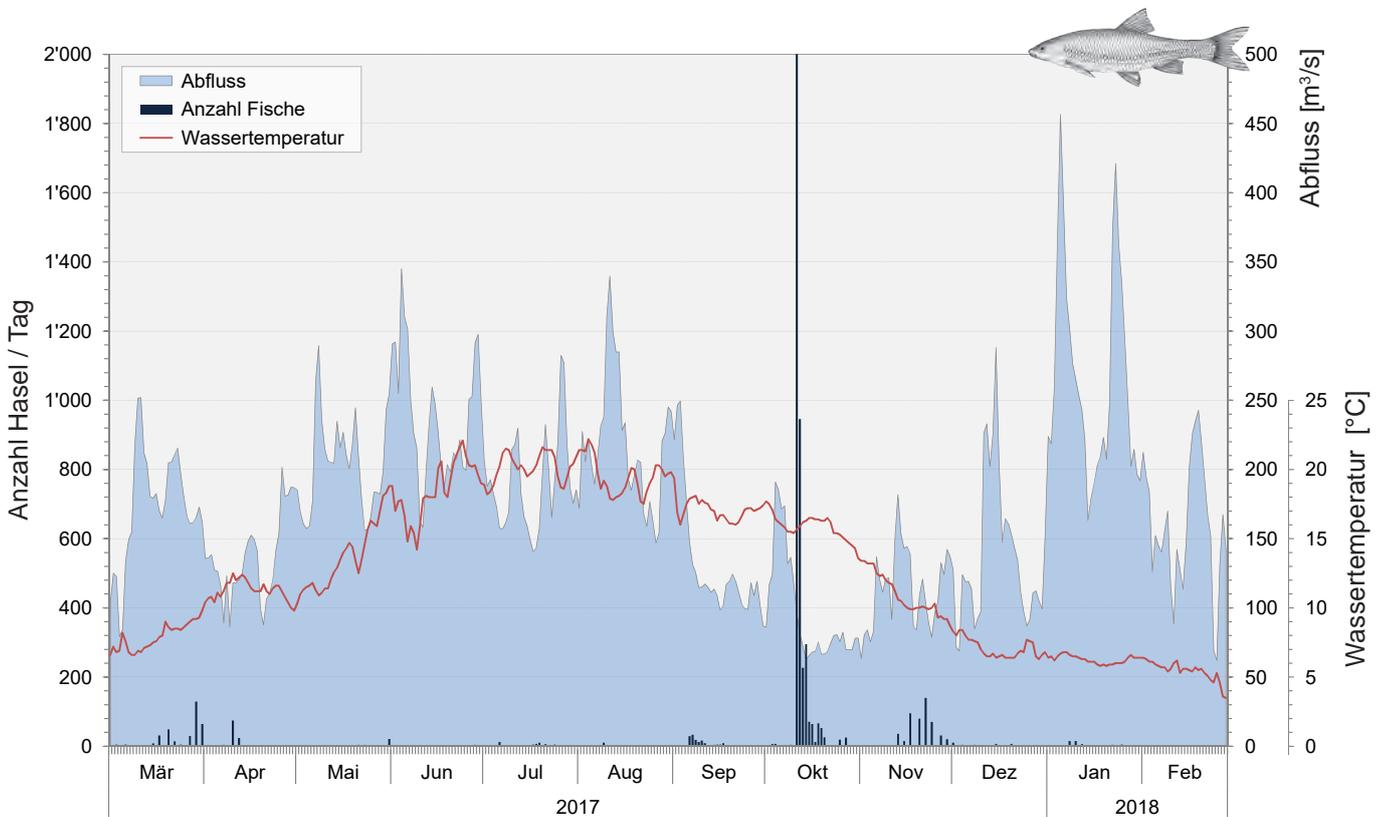
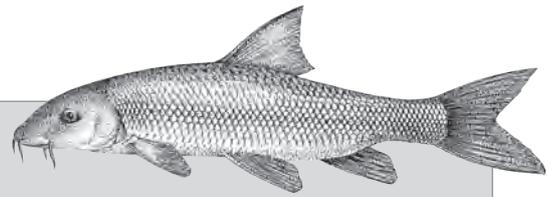


Abbildung A-8: Anzahl erfasste Hasel im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck. Zusätzlich angegeben ist die Wassertemperatur (rot) sowie der Abfluss (blau) der Aare in Hagneck.

Barbe (*Barbus barbus*)

Als rheophile Fischart ist die Barbe sehr schwimmstark. Grössere Individuen (bis 80 cm) können kurzzeitig Sprintgeschwindigkeiten von über 2 m/s erreichen. Je nach Entwicklungsstadium und Jahreszeit bevorzugt sie andere Lebensräume. Um diese unterschiedlichen Habitate zu erreichen, unternehmen sie teilweise längere Wanderungen, grössere ziehende Schwärme können während des Barbenzugs im Frühling (Laichwanderung) beobachtet werden. Ausserdem ist bekannt, dass Barben häufig ihre Standplätze zwischen Tag und Nacht wechseln und für die Überwinterung tiefere Flussabschnitte aufsuchen.



Laichzeit	Mai - Juni
Migrationstyp	mitteldistanz
Strömungsgilde	rheophil
Wanderhöhe	bodennah
Maximallänge	90 cm

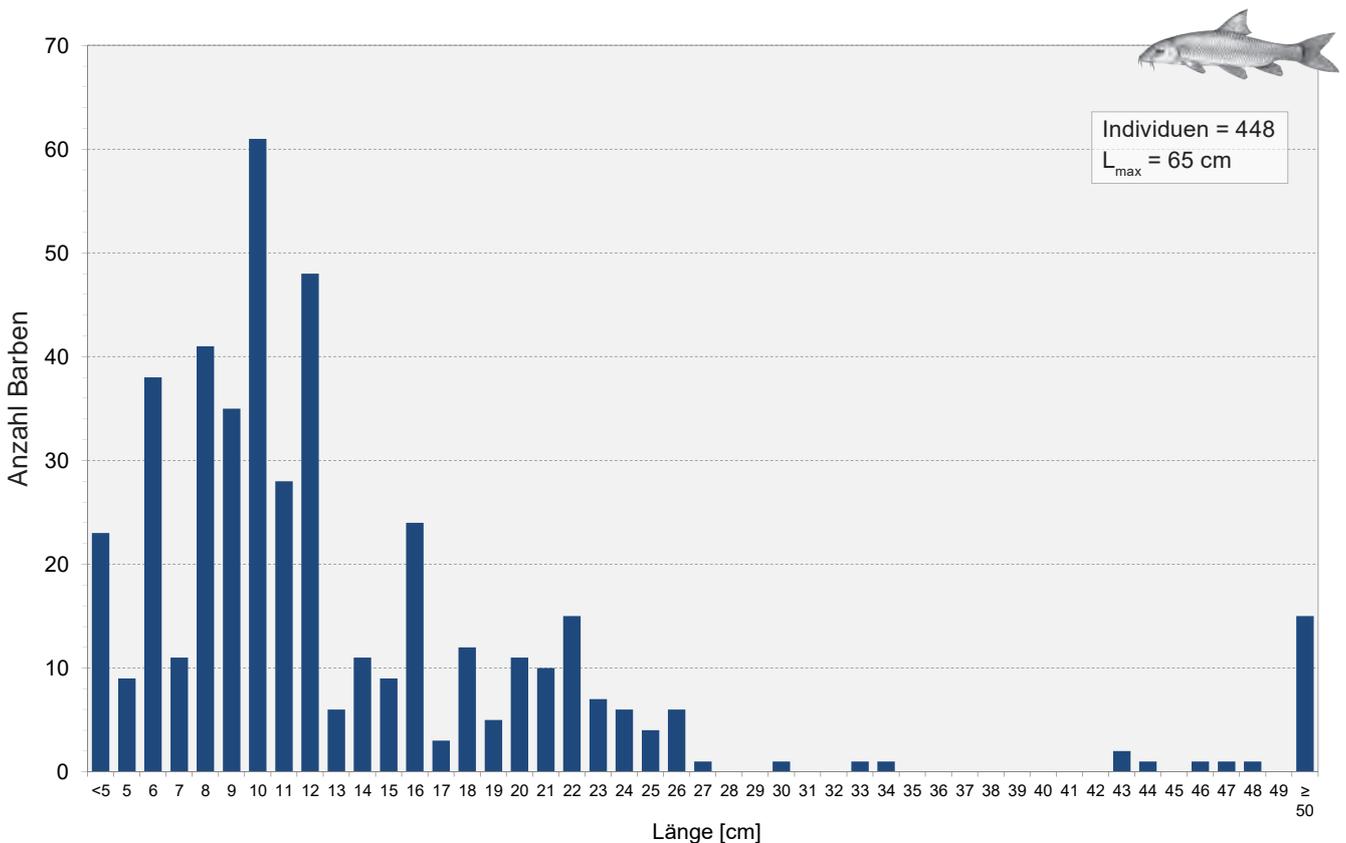


Abbildung A-10: Längenverteilung der gezählten Barben im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck.

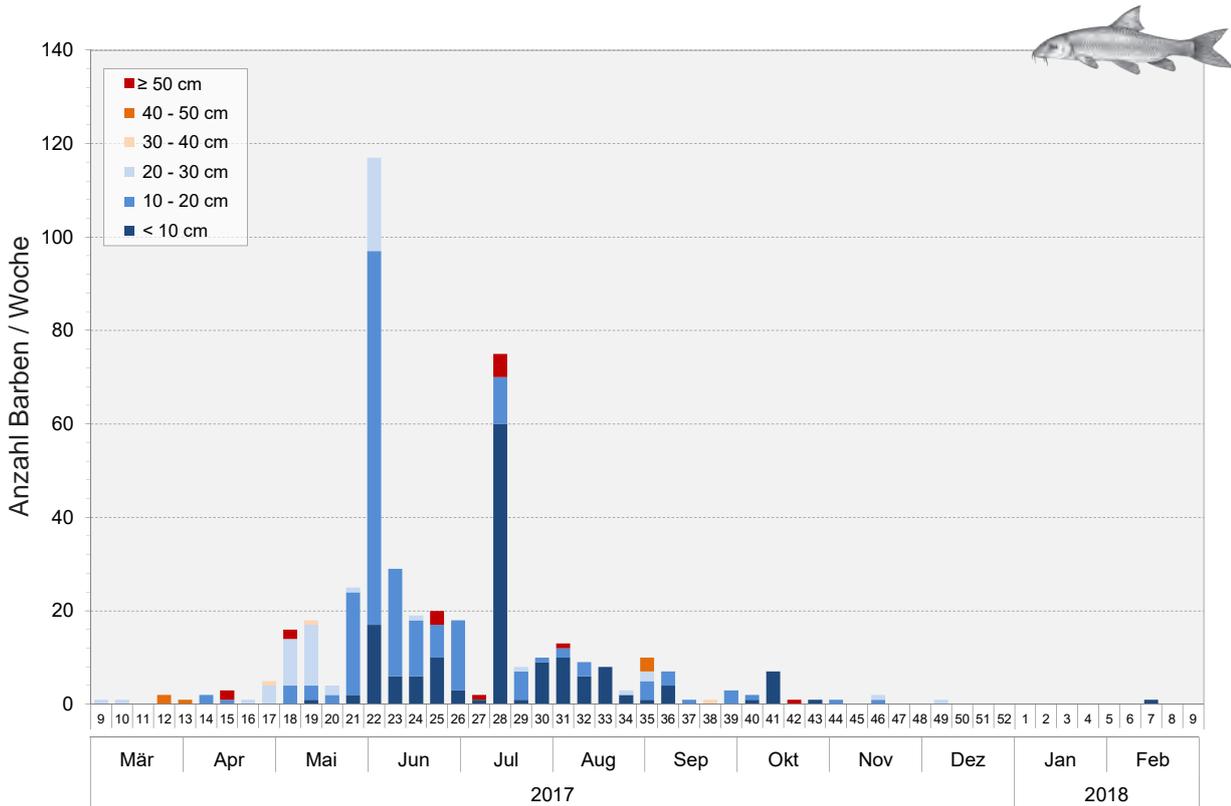


Abbildung A-11: Anzahl pro Woche erfasste Barben im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck, aufgeteilt nach 10 cm Längenklassen.

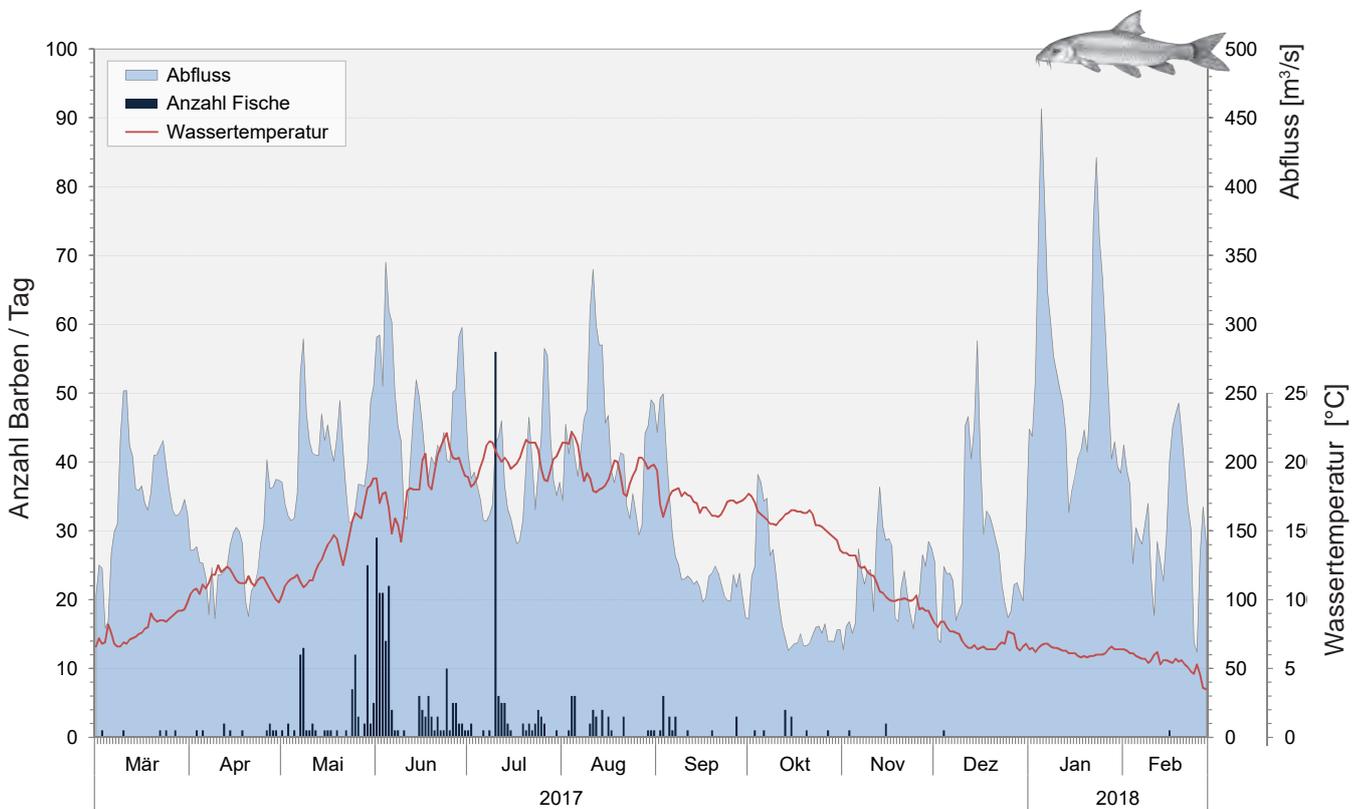
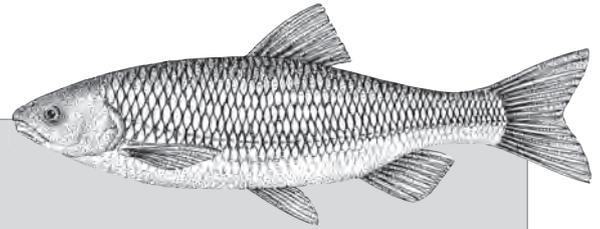


Abbildung A-12: Anzahl erfasste Barben im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck. Zusätzlich angegeben ist die Wassertemperatur (rot) sowie der Abfluss (blau) der Aare in Hagneck.



Alet (*Squalius cephalus*)

Diese Fischart bewohnt Fließgewässer wie auch Seen. Der Alet wird mit 3 - 4 Jahren geschlechtsreif. Im Frühjahr findet die Fortpflanzung hauptsächlich in schnell fließenden Gewässerabschnitten (Riffles) über sauberem Kies statt. Ein Weibchen kann mehrmals pro Saison laichen. Wanderdistanzen von bis zu 100 km konnten bereits nachgewiesen werden, häufiger sind Wanderungen bis 10 km. Der Alet ist relativ schwimmstark, Fließgeschwindigkeiten von 1.3 - 1.5 m/s können von grösseren Individuen kurzfristig im Sprint überwunden werden.

Laichzeit	April - Juni
Migrationstyp	Mitteldistanz
Strömungsgilde	rheophil
Wanderhöhe	Freiwasser
Maximallänge	70 cm

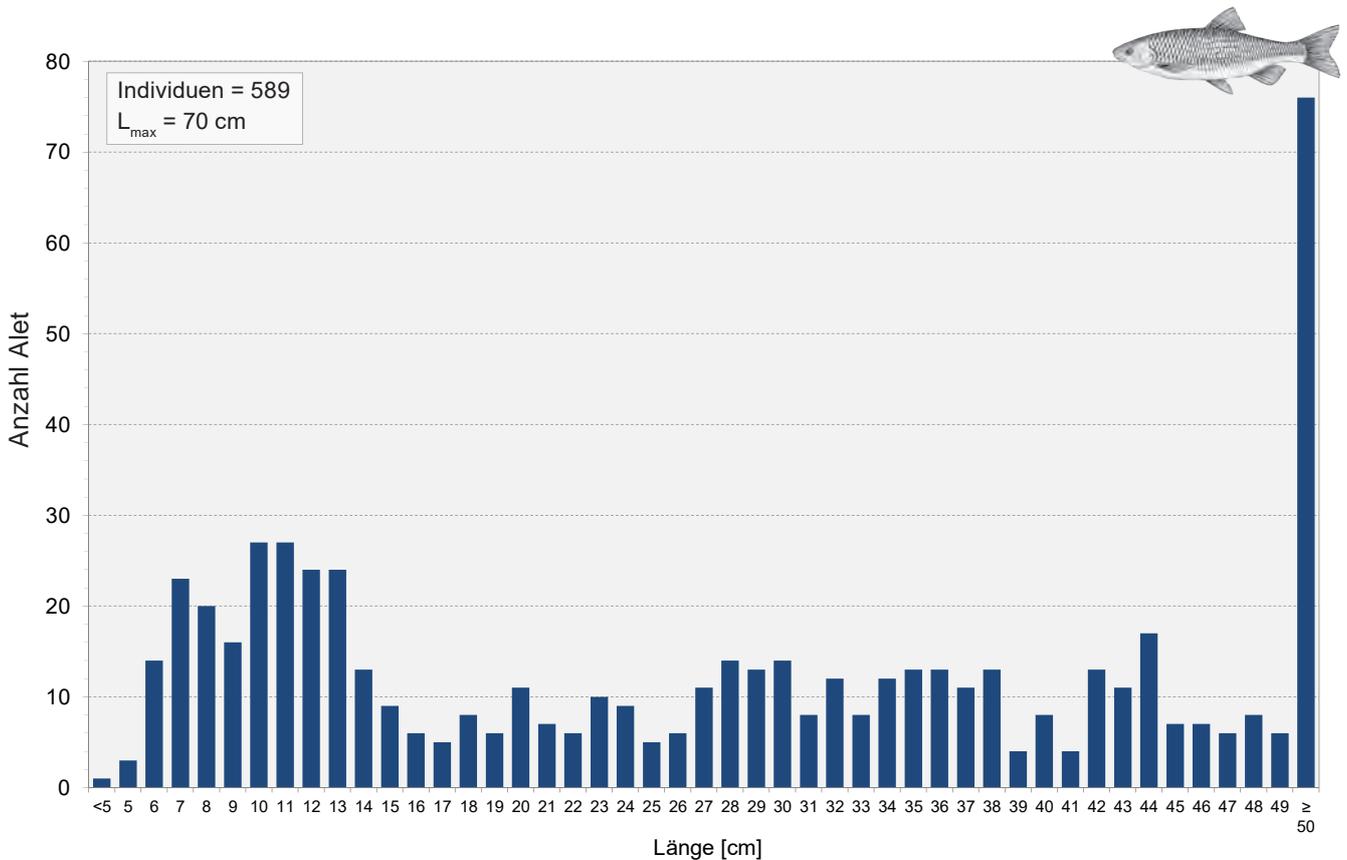


Abbildung A-13: Längenverteilung der gezählten Alet im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck.

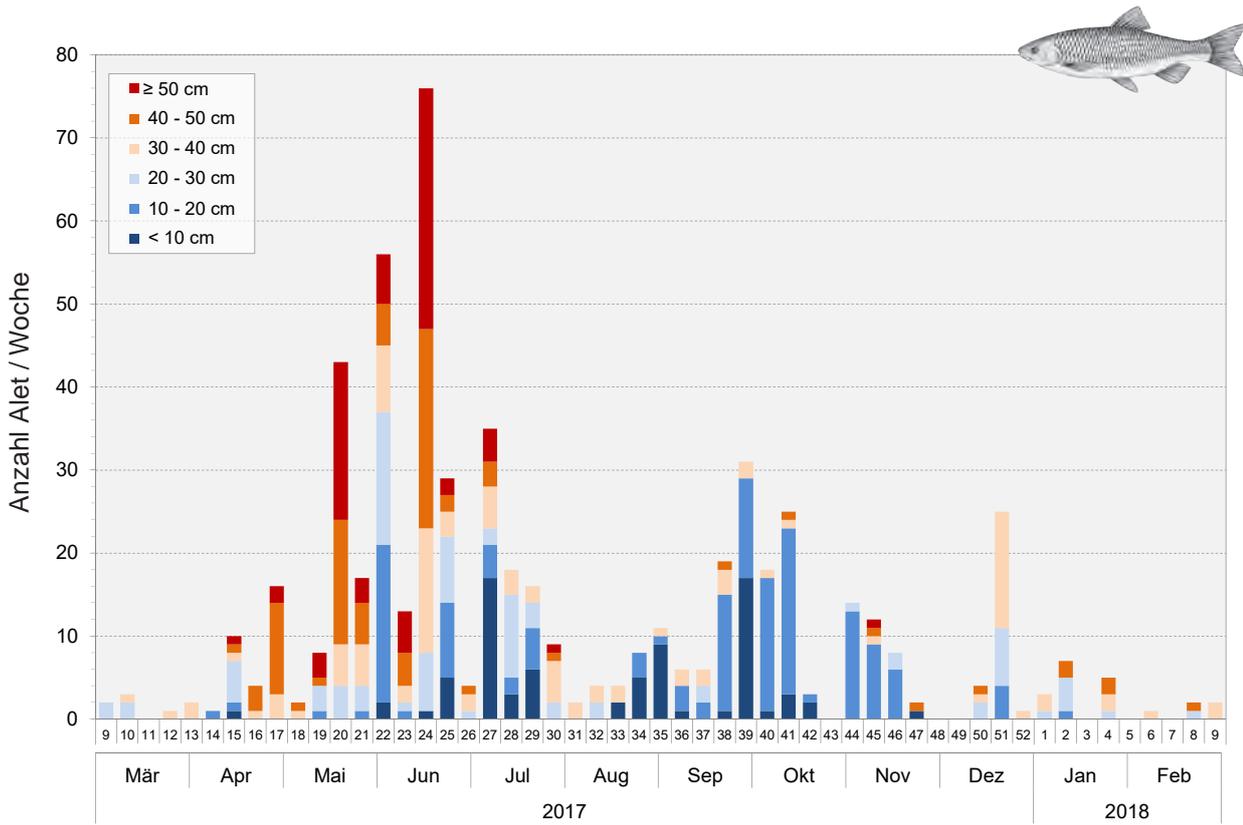


Abbildung A-15: Anzahl pro Woche erfasste Alet im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck, aufgeteilt nach 10 cm Längenklassen.

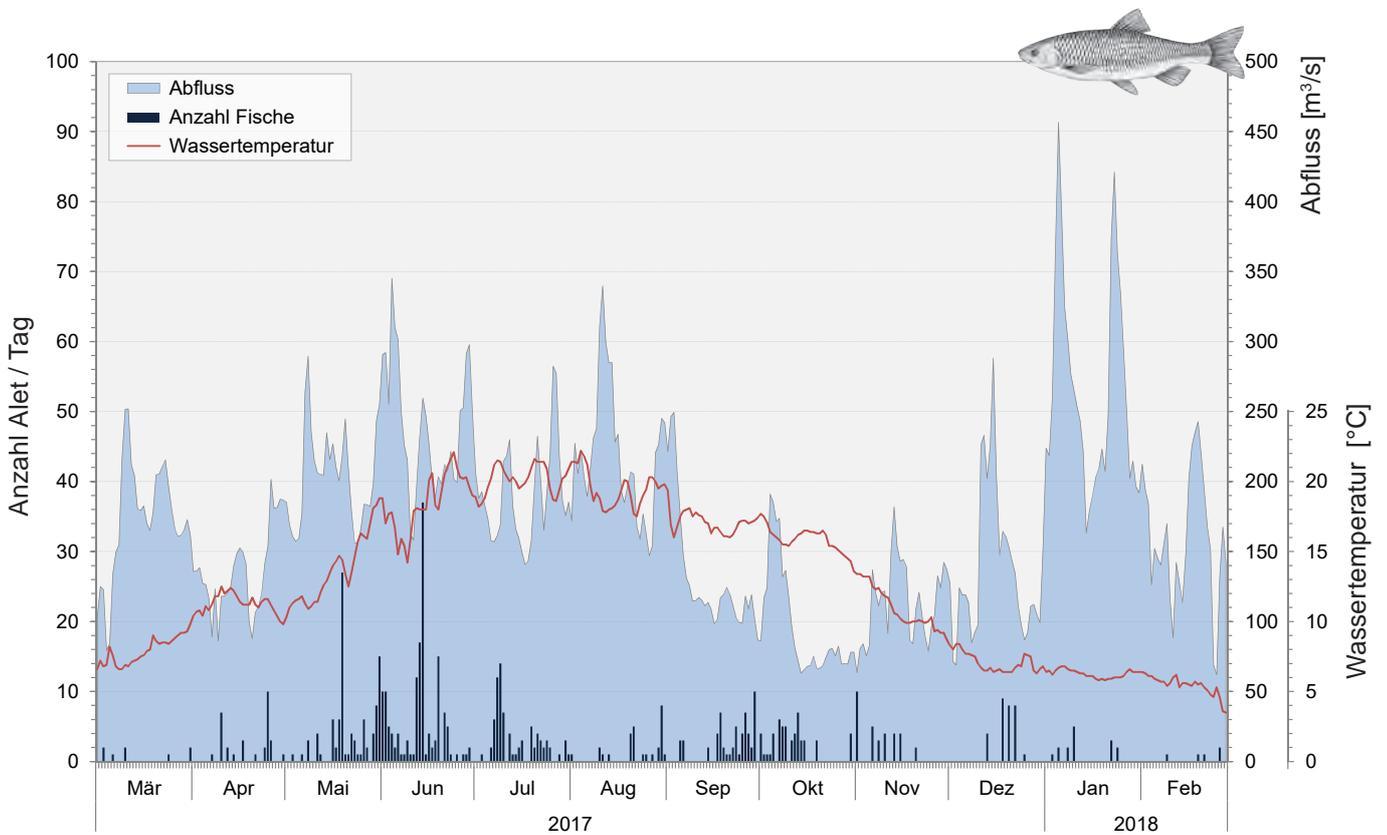


Abbildung A-14: Anzahl erfasste Alet im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck. Zusätzlich angegeben ist die Wassertemperatur (rot) sowie der Abfluss (blau) der Aare in Hagneck.



Gründling (*Gobio gobio*)

Gründlinge sind Schwarmfische, welche im Sommer mehrheitlich Flachuferzonen in Flüssen und Seen besiedeln. Sie erreichen eine maximale Grösse von 15 - 20 cm. Die meisten Individuen werden bereits in einem Alter von 1 – 2 Jahren geschlechtsreif. Sie laichen zwischen April und August, ab einer Wassertemperatur von 13°C, mehrmals ab. Über das Migrationsverhalten der bodenorientiert wandernden Gründlinge ist noch wenig bekannt. Adulte Individuen können kurzfristig Fließgeschwindigkeiten von 1.4 m/s überwinden.

Laichzeit	Mai - Juni
Migrationstyp	Kurzstanz
Strömungsgilde	rheophil
Wanderhöhe	bodennah
Maximallänge	20 cm

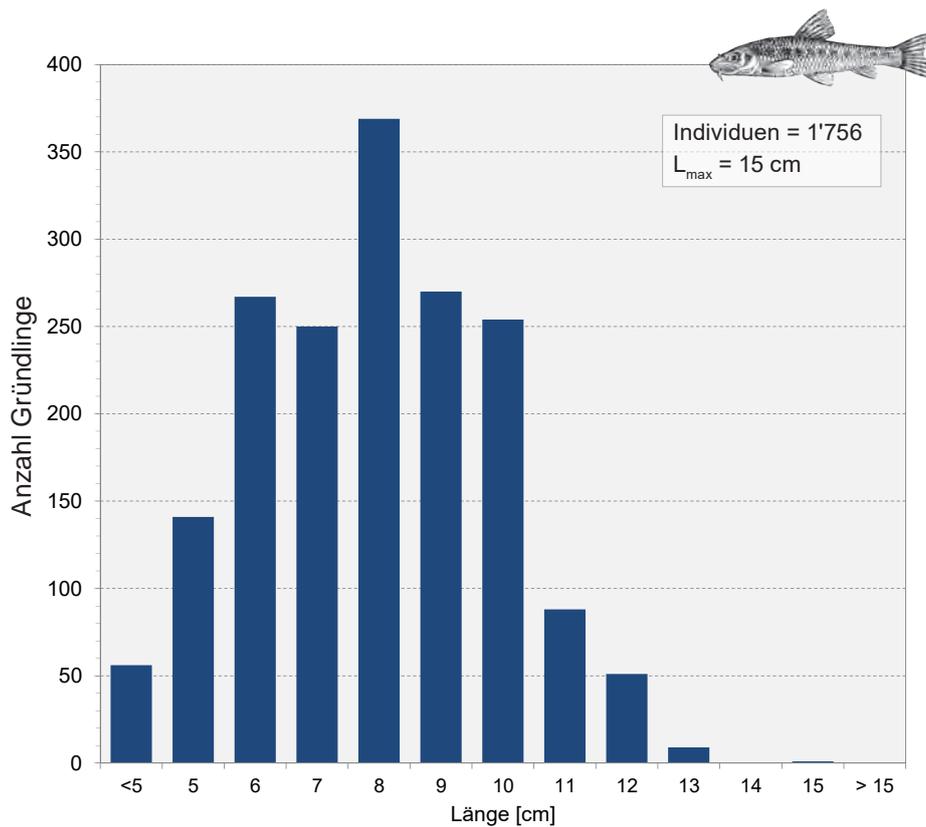


Abbildung A-16: Längenverteilung der gezählten Gründlinge im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck.

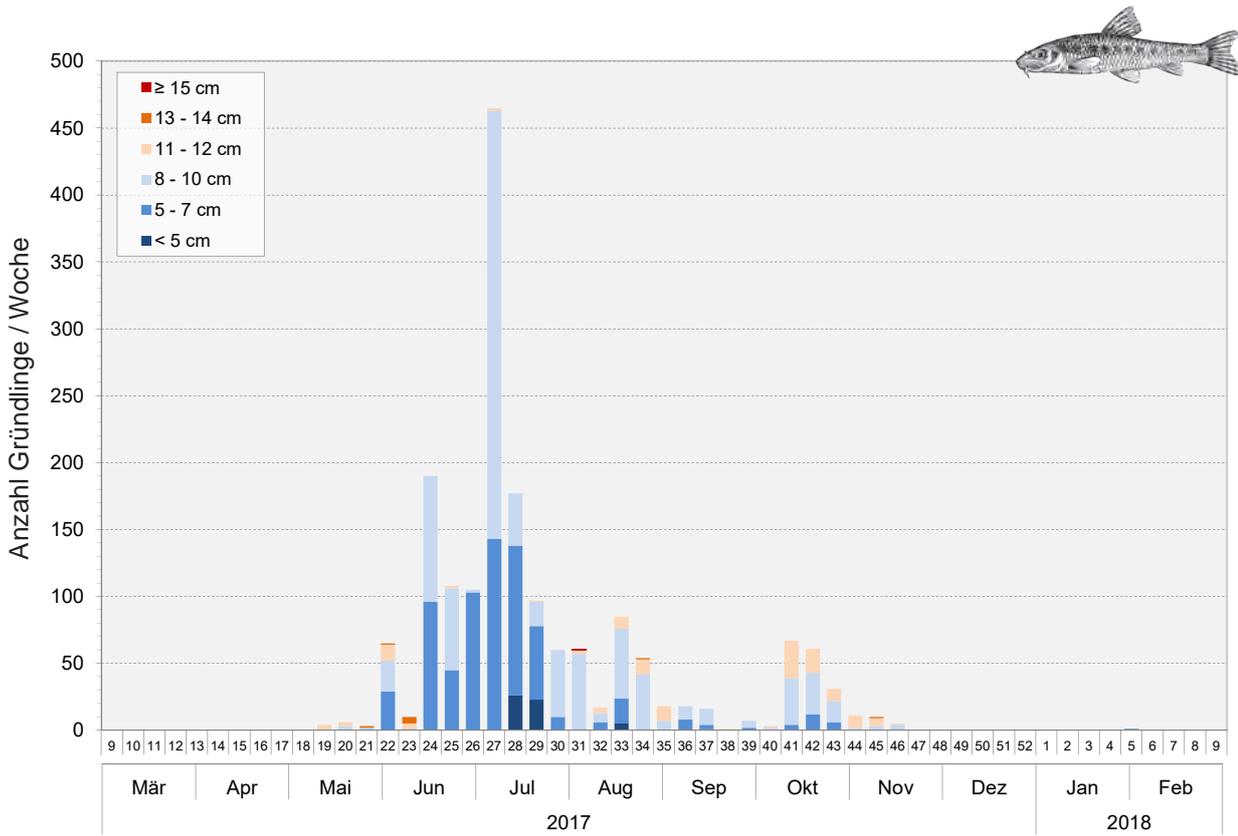


Abbildung A-18: Anzahl pro Woche erfasste Gründlinge im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck, aufgeteilt nach 10 cm Längnklassen.

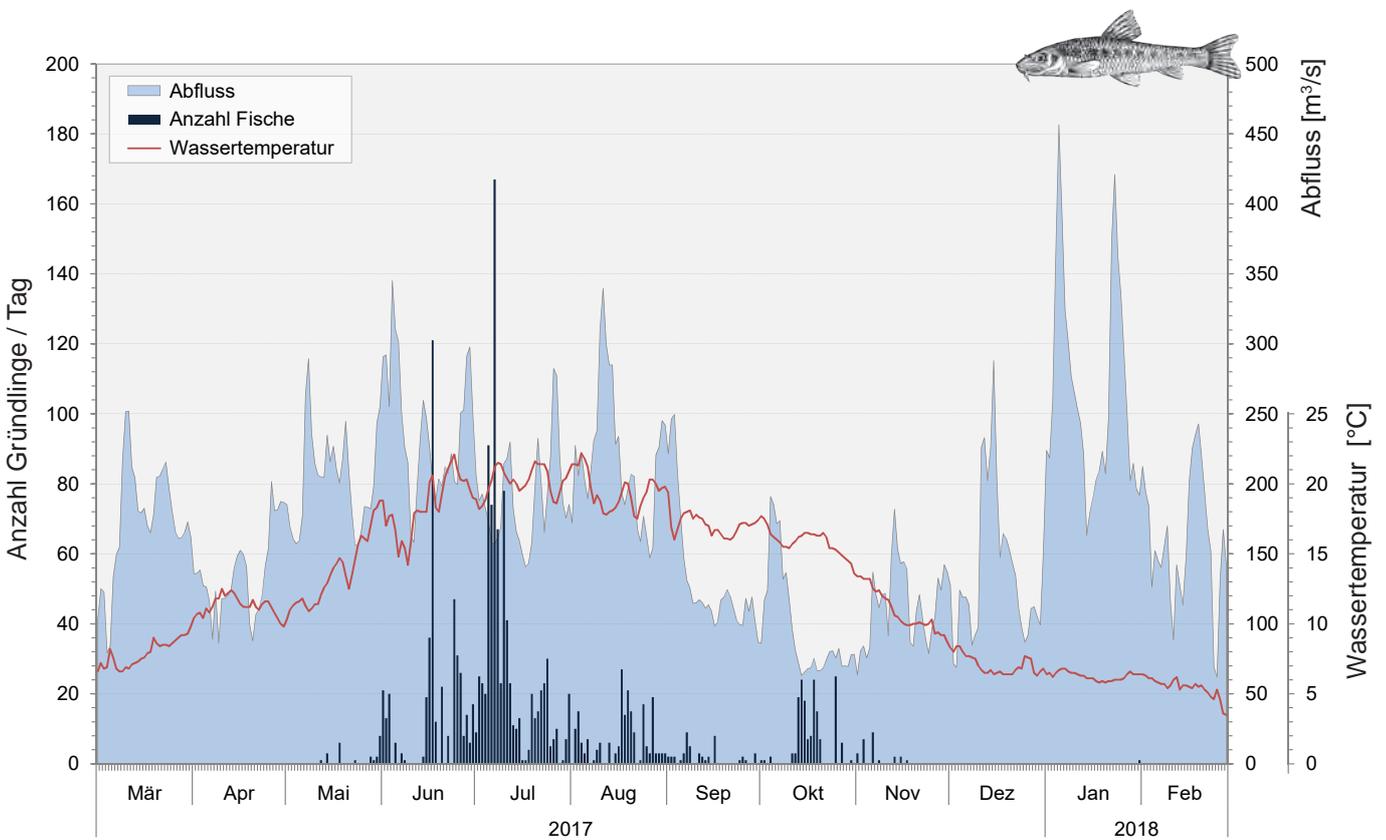
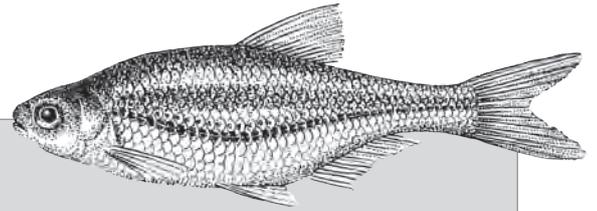


Abbildung A-17: Anzahl erfasste Gründlinge im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck. Zusätzlich angegeben ist die Wassertemperatur (rot) sowie der Abfluss (blau) der Aare in Hagneck.



Schneider (*Alburnoides bipunctatus*)

Der Schneider ist eine Kleinfischart (12 - 15 cm), welcher sich bevorzugt an Stellen im Übergangsbereich zwischen stärkerer und beruhigter Strömung aufhält. Oftmals schwimmen Schneider in gemischten Schwärmen mit verschiedenen Altersklassen und anderen Fischarten. Im Winter besiedeln sie tiefere Zonen des Fliessgewässers. Sie laichen ab Mai bis im August in mehreren Portionen und wandern in grösseren Schwärmen. Kurzzeitige Sprintleistungen von über 2 m/s sind bekannt. Im Sommer und Frühherbst können häufig grössere Schneiderschwärme beobachtet werden, die wahrscheinlich eine Ausbreitungs- oder Dispersionswanderung durchführen.

Laichzeit	Juni - August
Migrationstyp	Kurzstanz
Strömungsgilde	rheophil
Wanderhöhe	unbekannt
Maximallänge	19 cm

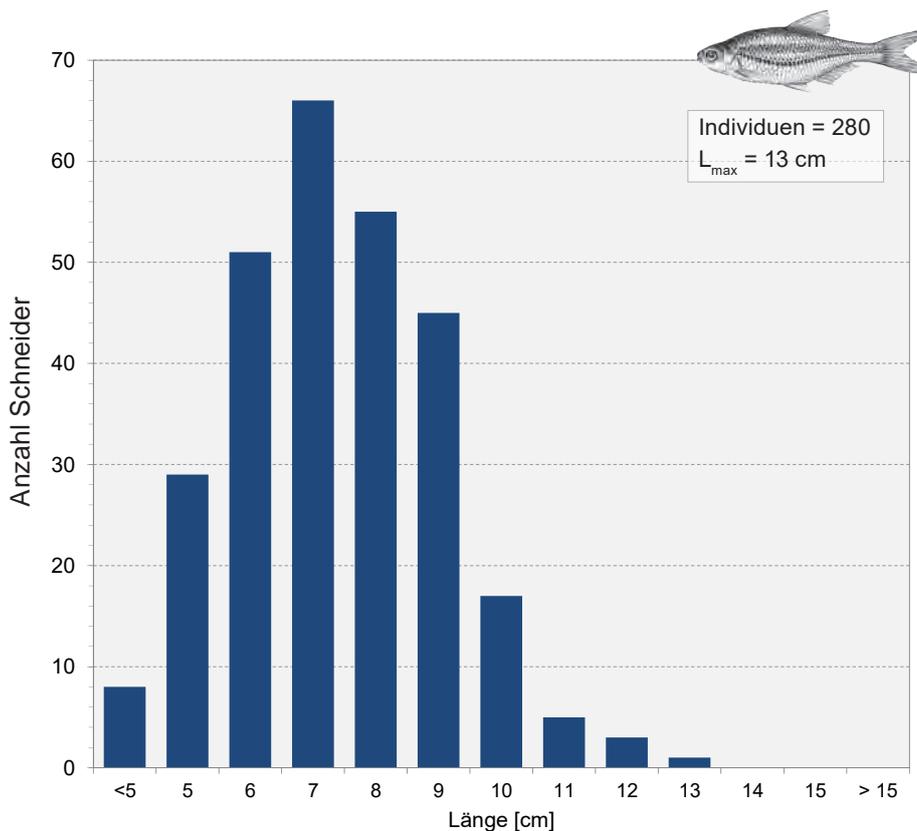


Abbildung A-19: Längenverteilung der gezählten Schneider im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck.

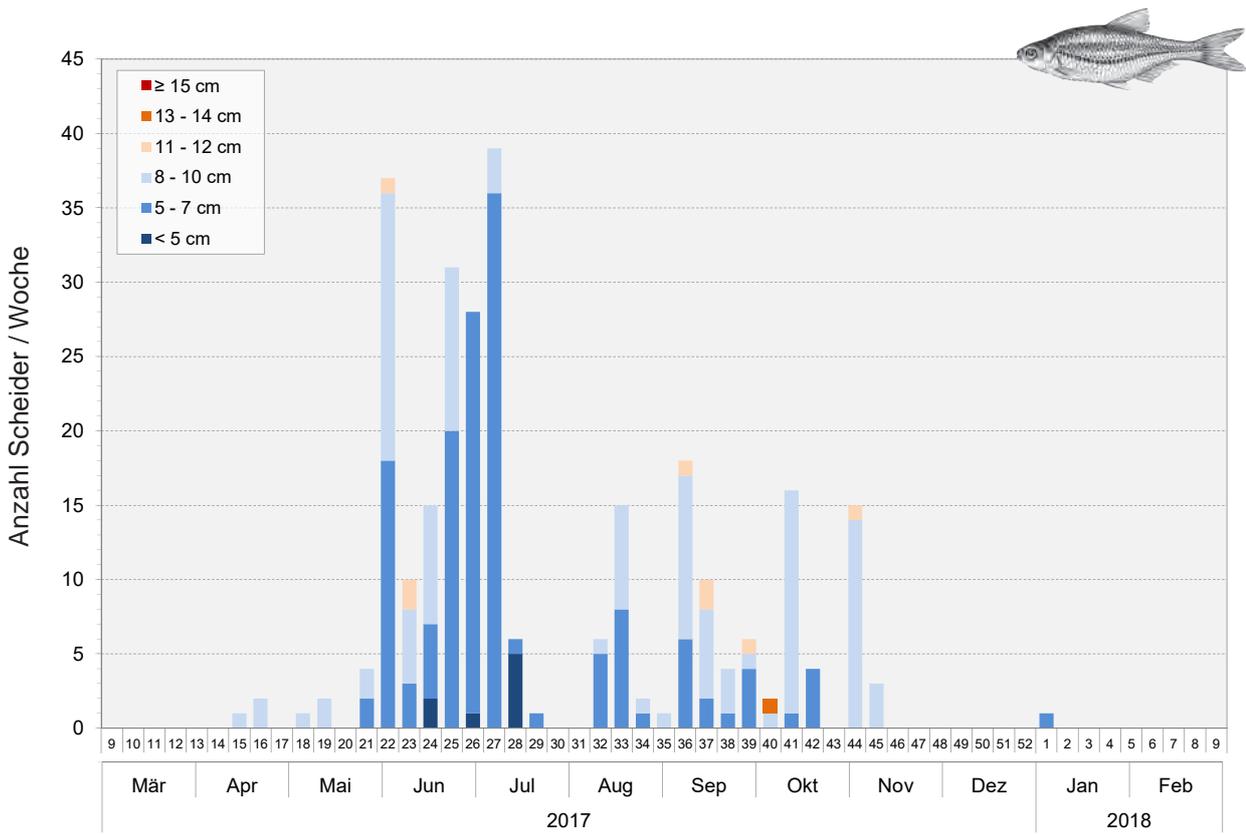


Abbildung A-21: Anzahl pro Woche erfasste Scheider im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck, aufgeteilt nach 10 cm Längensklassen.

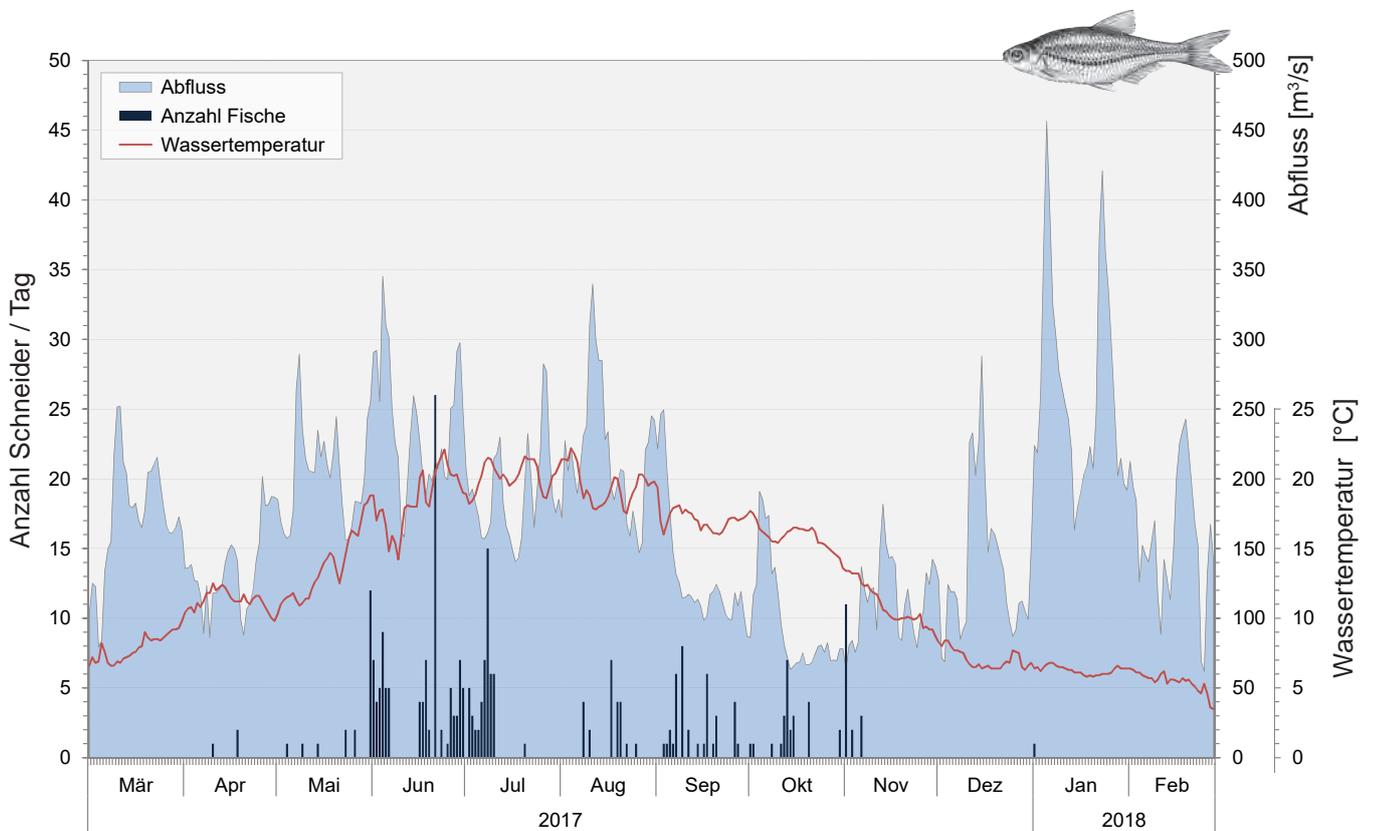
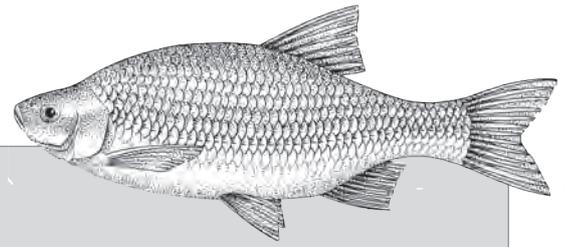


Abbildung A-20: Anzahl erfasste Scheider im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck. Zusätzlich angegeben ist die Wassertemperatur (rot) sowie der Abfluss (blau) der Aare in Hagneck.



Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*)
Schwarzfeder (*Scardinius hesperidicus*)

Die bevorzugten Habitate der Rotfedern sind ruhige Gewässerabschnitte die Bestände an Wasserpflanzen aufweisen. Mit 3 - 4 Jahren (bei ca. 15 cm Körperlänge) werden die Fische laichreif. Bei einer Wassertemperatur von 15°C (Ende April bis Ende Juli) wird der klebrige Laich auf Wasserpflanzen deponiert. Die Rotfeder gilt aufgrund ihrer Hochrückigkeit als eher schwimmschwach, es sind maximale Sprintgeschwindigkeiten von 0.9 m/s bekannt.

Laichzeit	April - Juli
Migrationstyp	Kurzstanz
Strömungsgilde	limnophil
Wanderhöhe	unbekannt
Maximallänge	40 - 50 cm

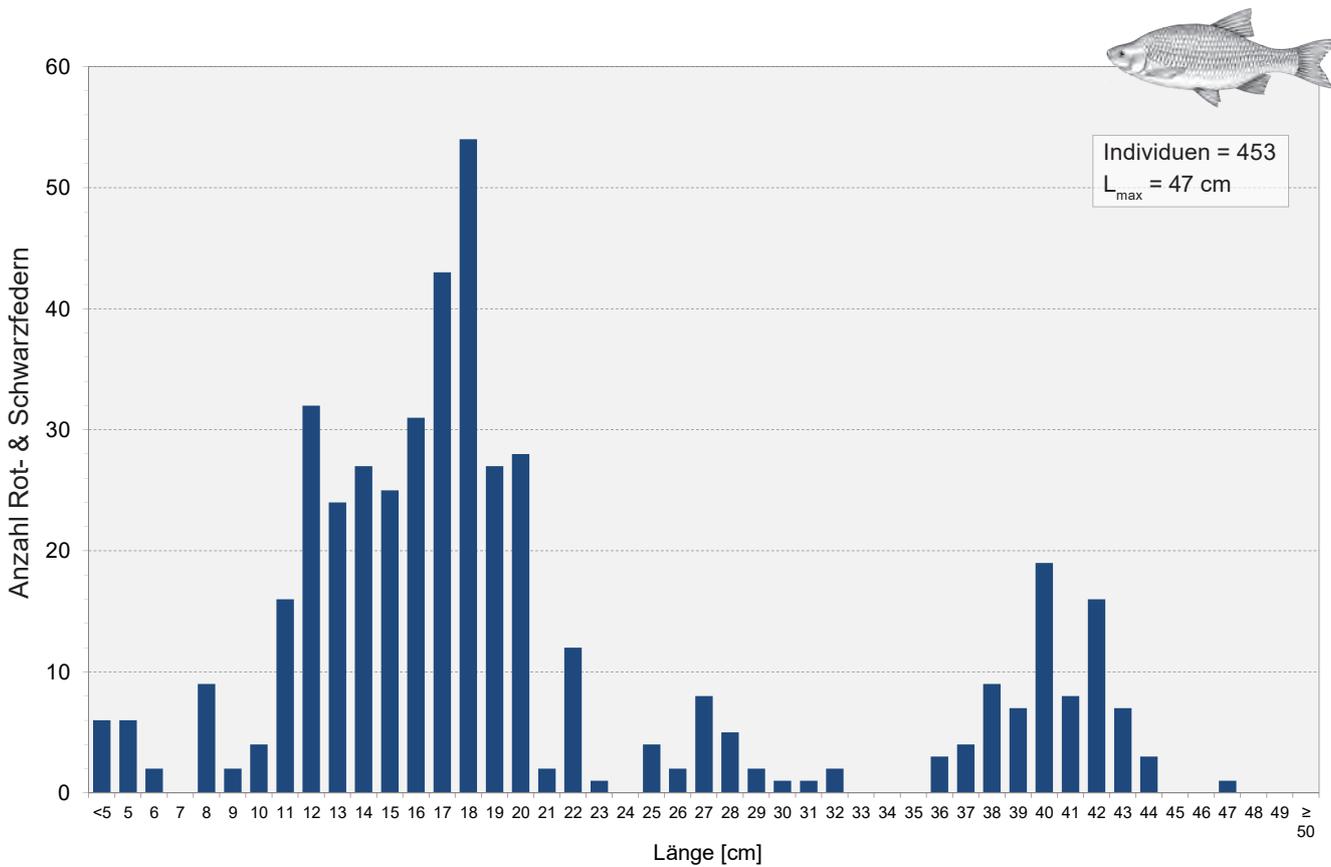


Abbildung A-22: Längenverteilung der gezählten Rot- und Schwarzfedern im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck.



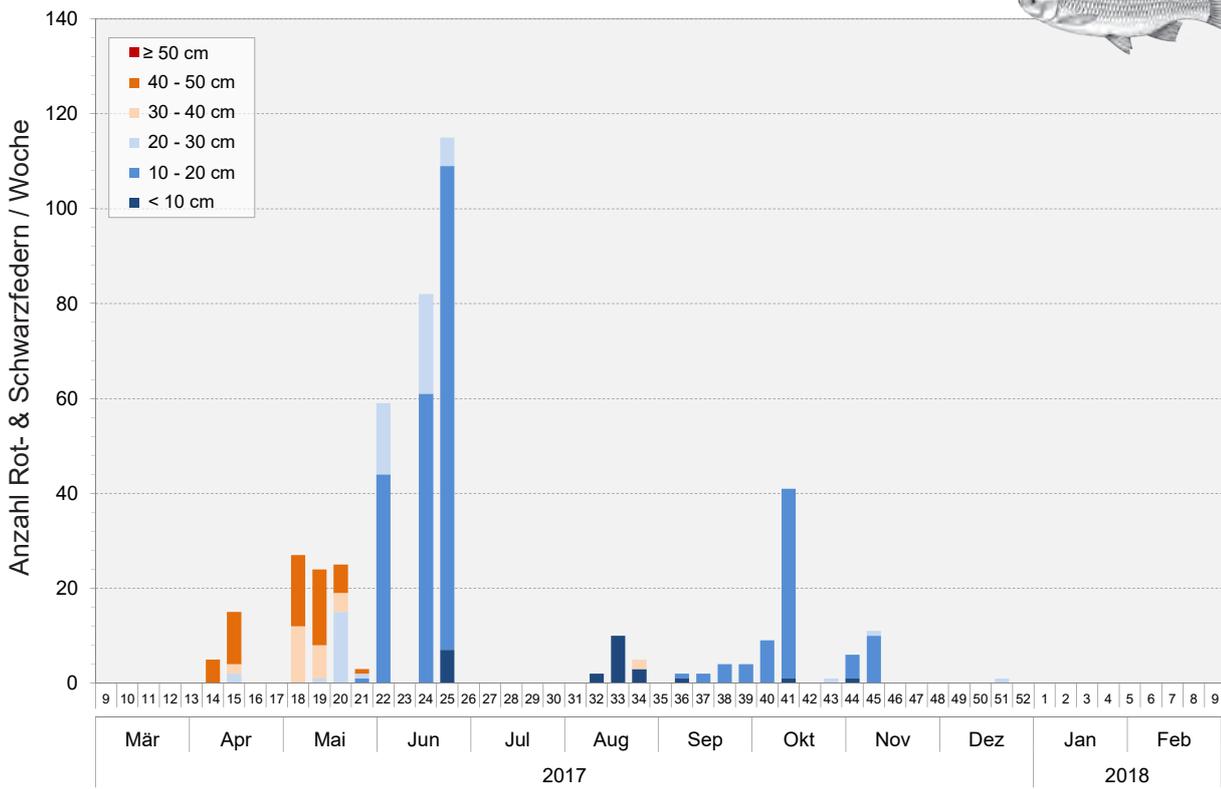


Abbildung A-24: Anzahl pro Woche erfasste Rot- und Schwarzfedern im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck, aufgeteilt nach 10 cm Längensklassen.

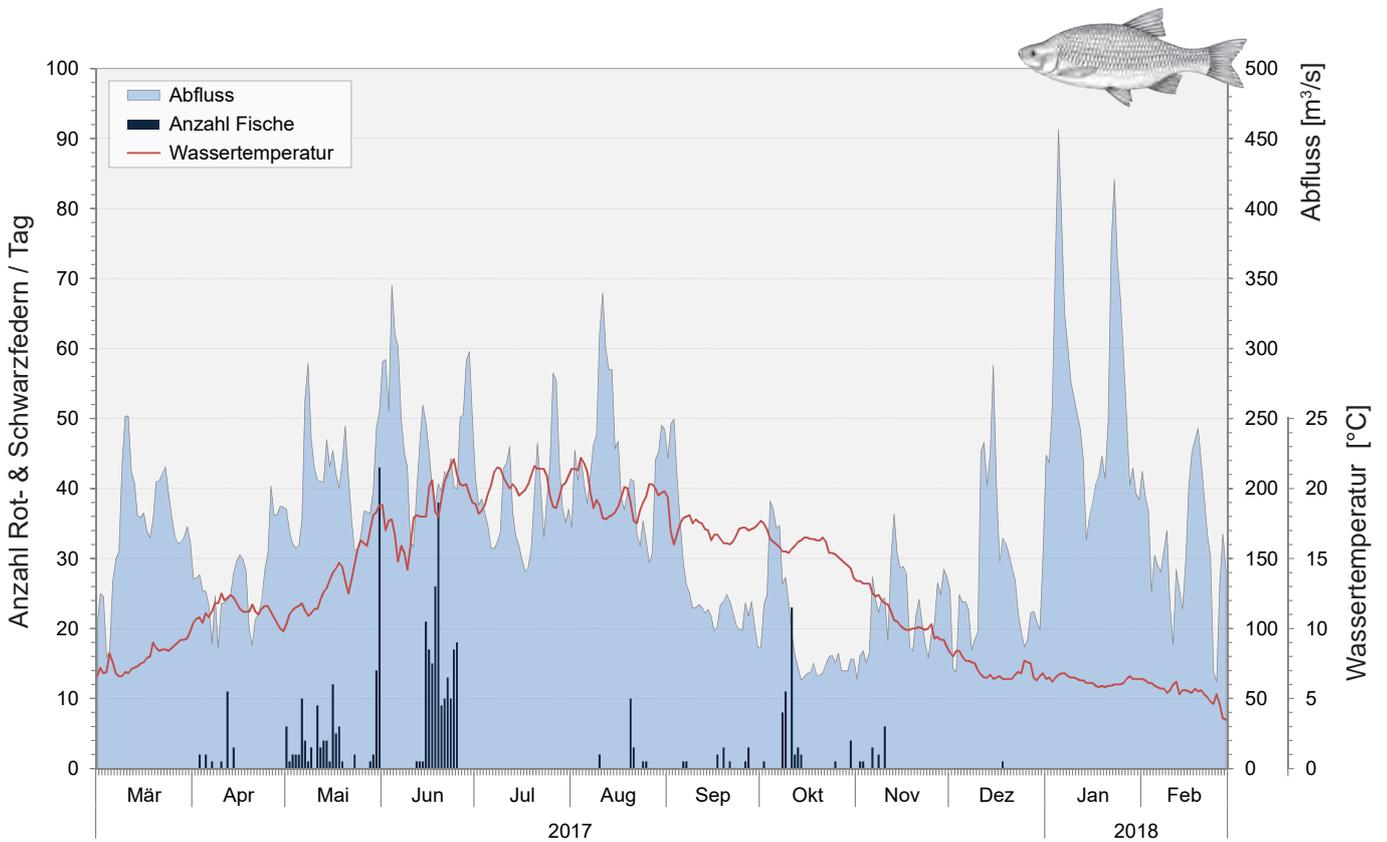
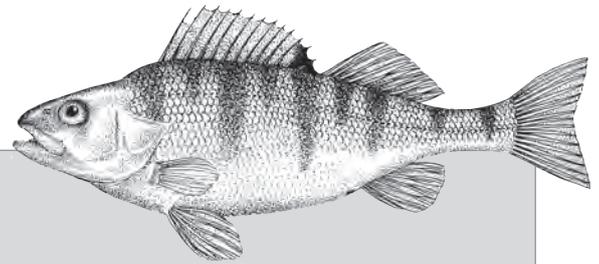


Abbildung A-23: Anzahl erfasste Rot- und Schwarzfedern im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck. Zusätzlich angegeben ist die Wassertemperatur (rot) sowie der Abfluss (blau) der Aare in Hagneck.



Egli (*Perca fluviatilis*)

Das Egli, auch Flussbarsch genannt, lebt in Seen und Fließgewässern mit mässiger Strömung. Im Schwarm leben diese Fische meist nach Altersklassen getrennt. Die Laichzeit fällt in den April, wo das Weibchen die netzartigen Laichschnüre an Wasserpflanzen, Ästen und Wurzeln abstreift. Sie machen mittellange Wanderungen und können kurzfristig Fließgeschwindigkeiten bis knapp 1.5 m/s bewältigen.

Laichzeit	März - Juni
Migrationstyp	Kurzdistanz
Strömungsgilde	indifferent
Wanderhöhe	indifferent
Maximallänge	50 cm

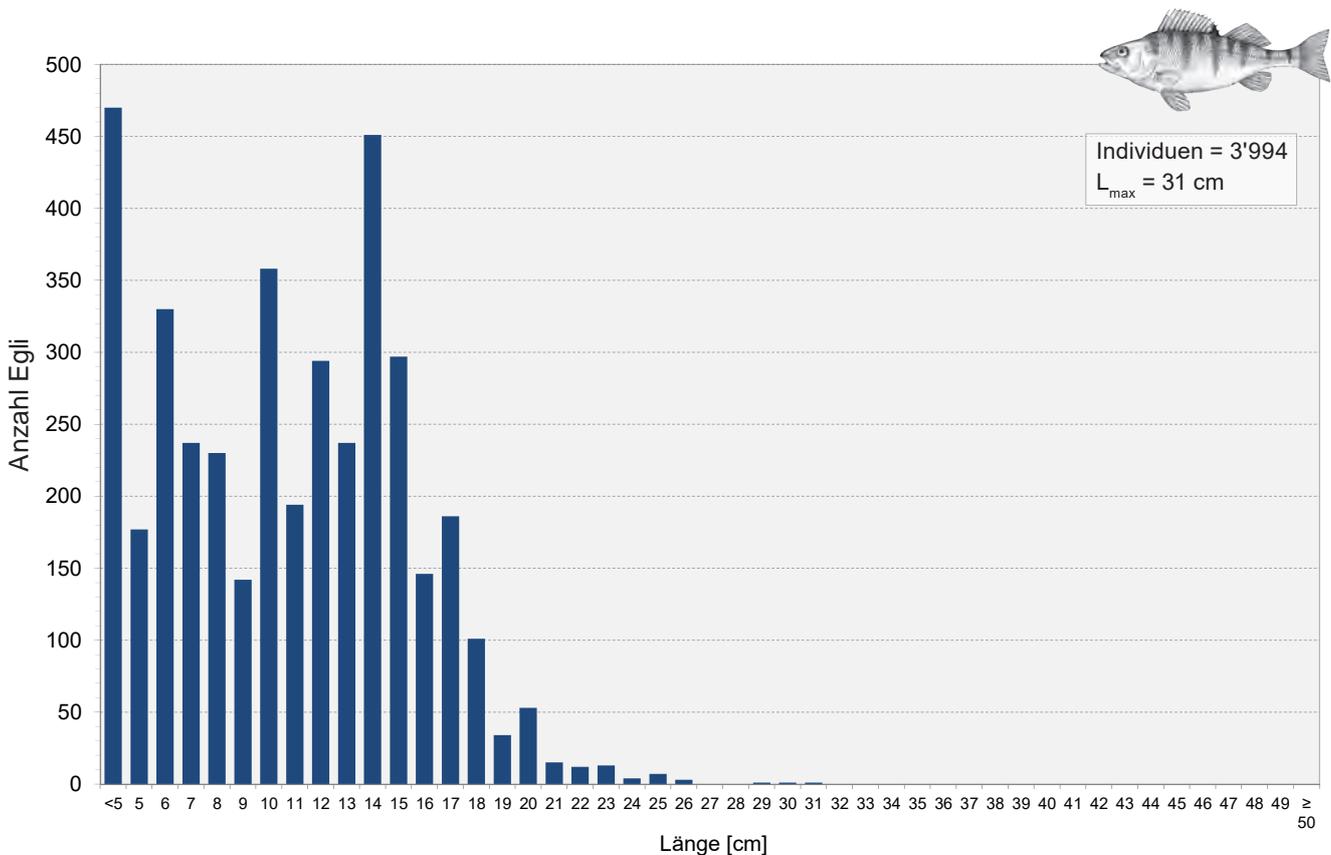


Abbildung A-25: Längenverteilung der gezählten Egli im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck.

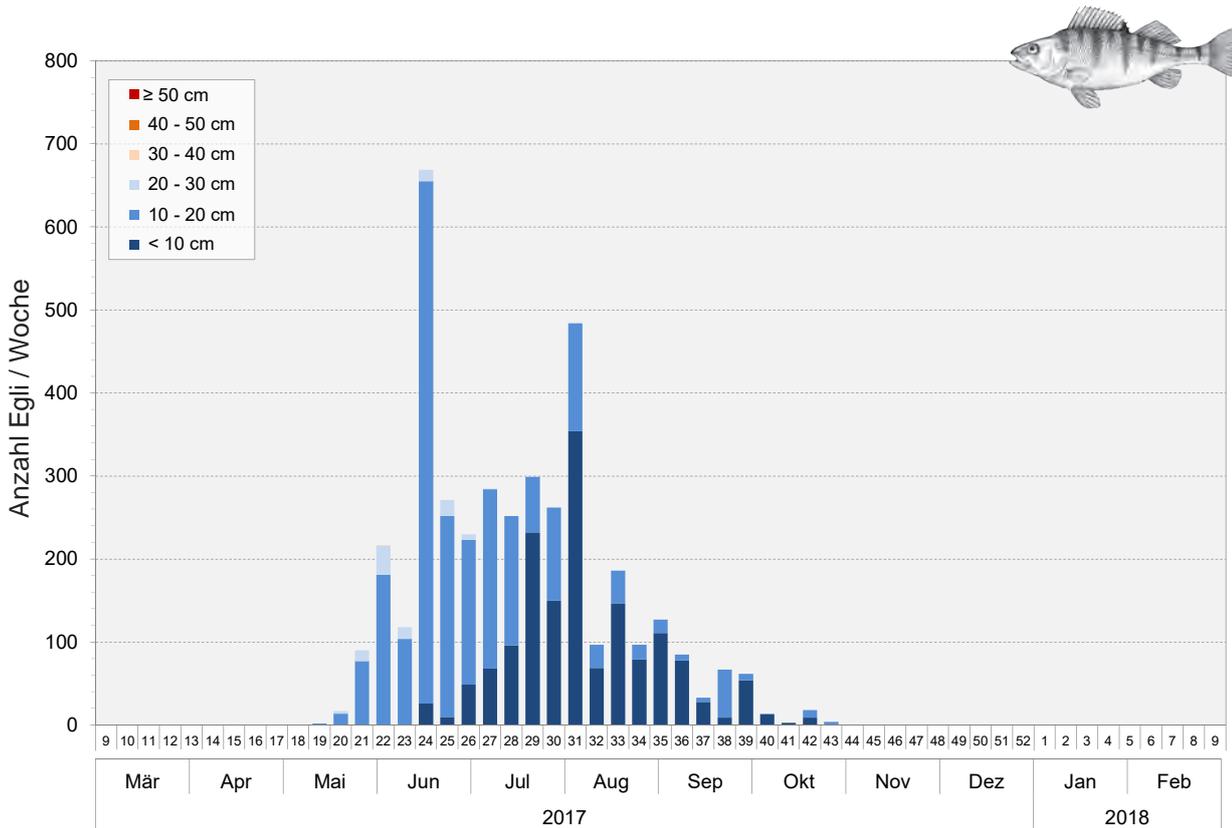


Abbildung A-27: Anzahl pro Woche erfasste Eggl im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck, aufgeteilt nach 10 cm Längenklassen.

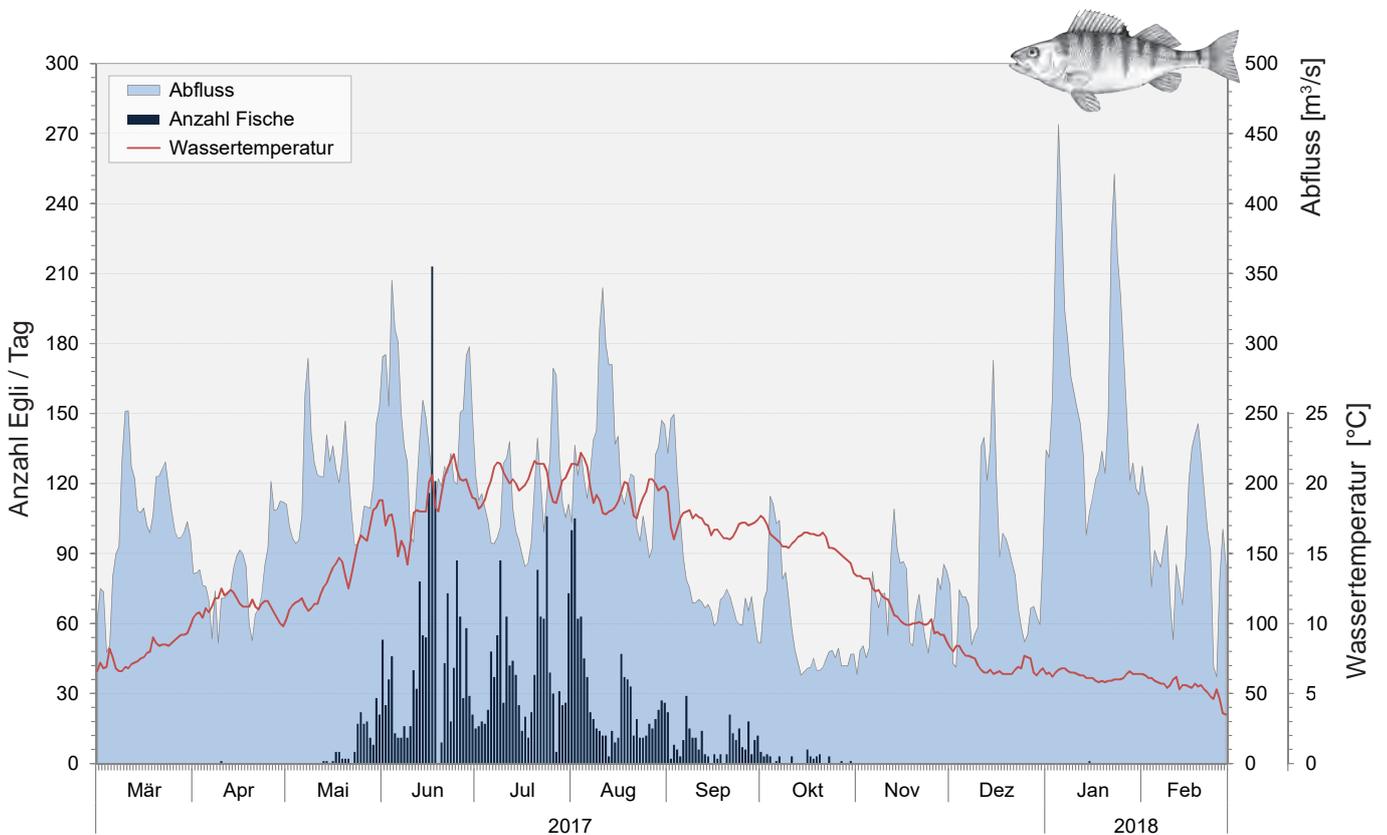
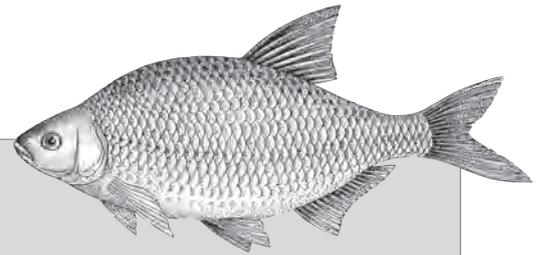


Abbildung A-26: Anzahl erfasste Eggl im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck. Zusätzlich angegeben ist die Wassertemperatur (rot) sowie der Abfluss (blau) der Aare in Hagneck.



Brachsmes (*Abramis brama*)

Brachsme sind grosswüchsig mit hochrückigem und seitlich abgeflachtem Körper. Sie bewohnen langsam fliessende Flüsse („Brachsme-region“) und Seen. Mit ihrem vorstülpbarem Maul durchsuchen sie den Gewässergrund nach Wirbellosen Tieren. Sie halten sich bevorzugt in Schwärmen mit Artgenossen oder anderen Cypriniden auf. Vor der Laichzeit im Frühsommer sind kurze Wanderungen bekannt. Brachsme gelten als ausgesprochen leistungsstark und können Fließgeschwindigkeiten bis zu 2 m/s überwinden. Aufgrund ihrer Körperform sind diese Leistungen nur unter turbulenzarmen Strömungsverhältnissen möglich.

Laichzeit	Mai - Juni
Migrationstyp	Mitteldistanz
Strömungsgilde	indifferent
Wanderhöhe	unbekannt
Maximallänge	80 cm

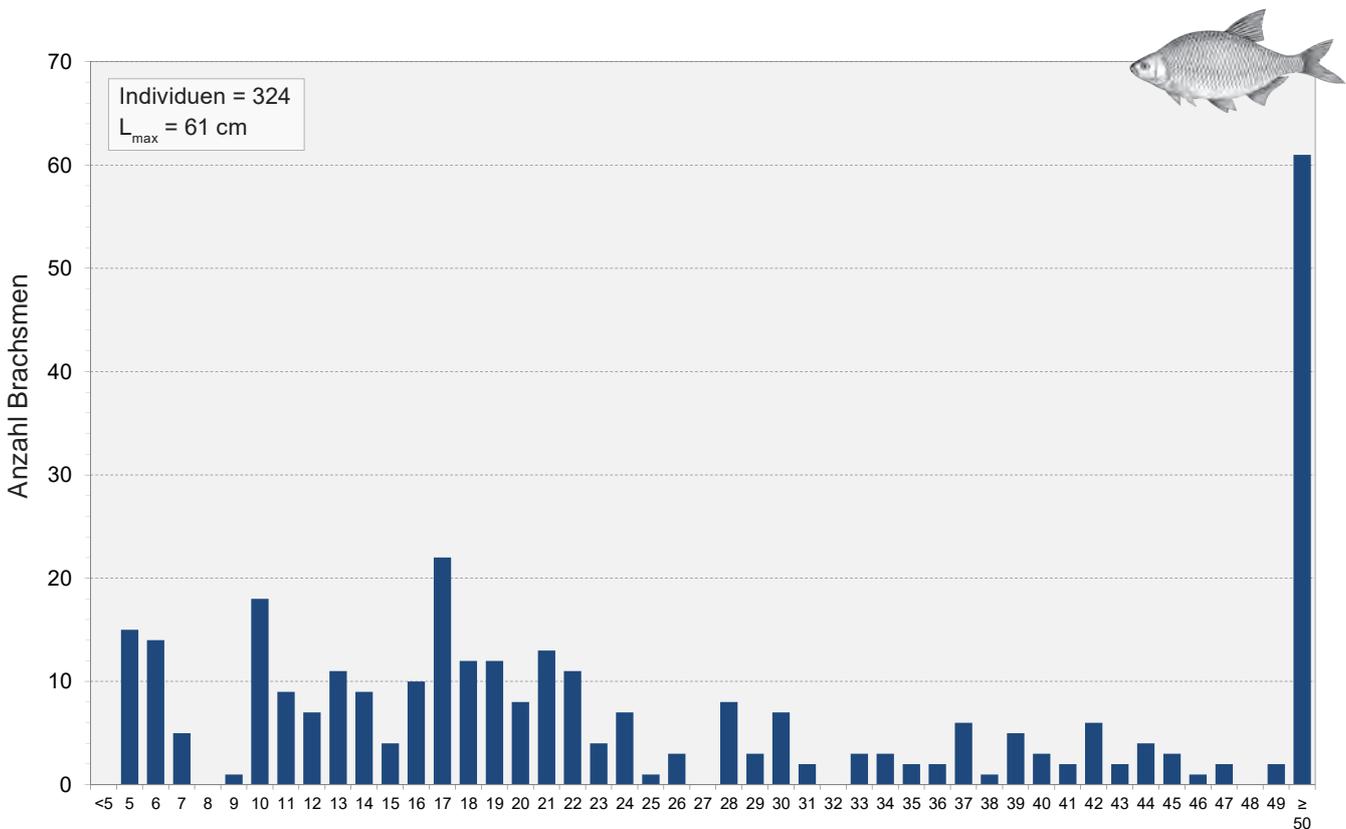


Abbildung A-28: Längenverteilung der gezählten Brachsme im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck.

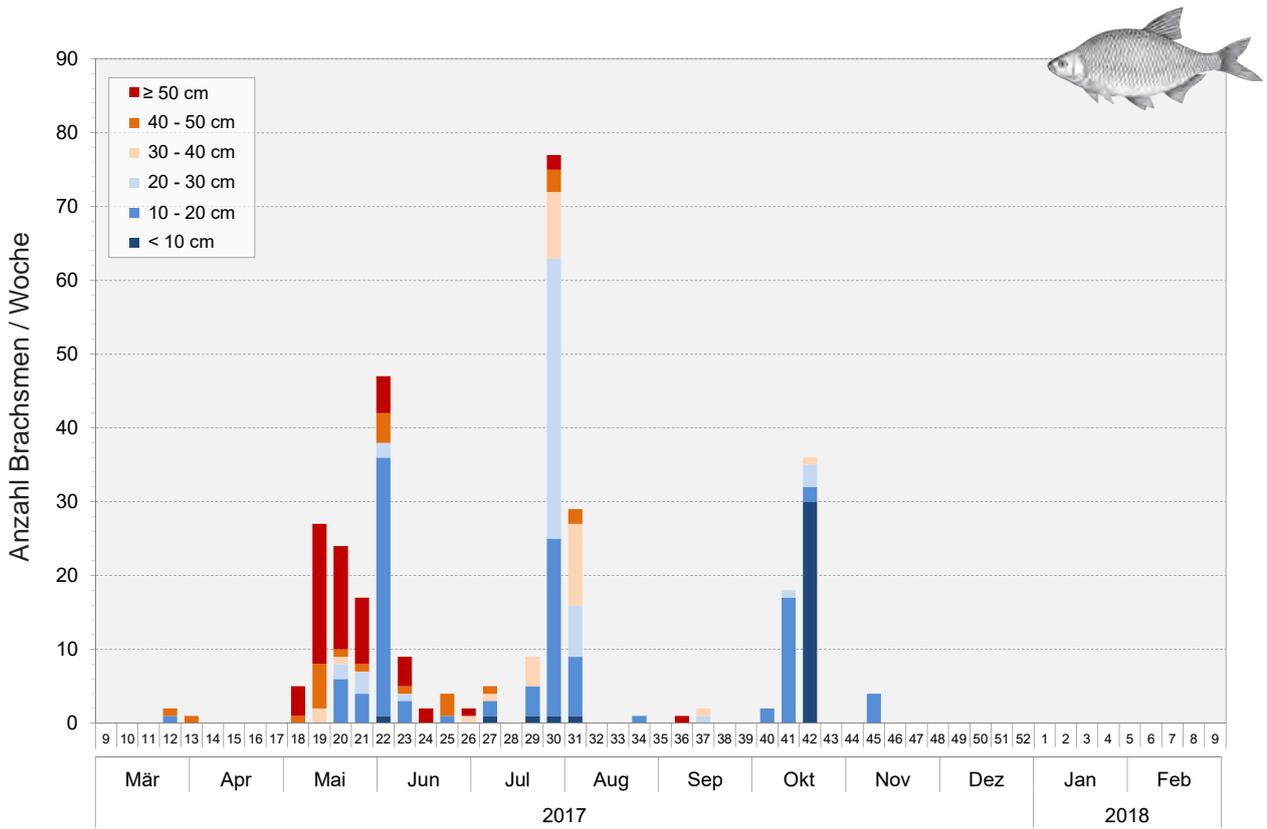


Abbildung A-30: Anzahl pro Woche erfasste Brachsmen im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck, aufgeteilt nach 10 cm Längensklassen.

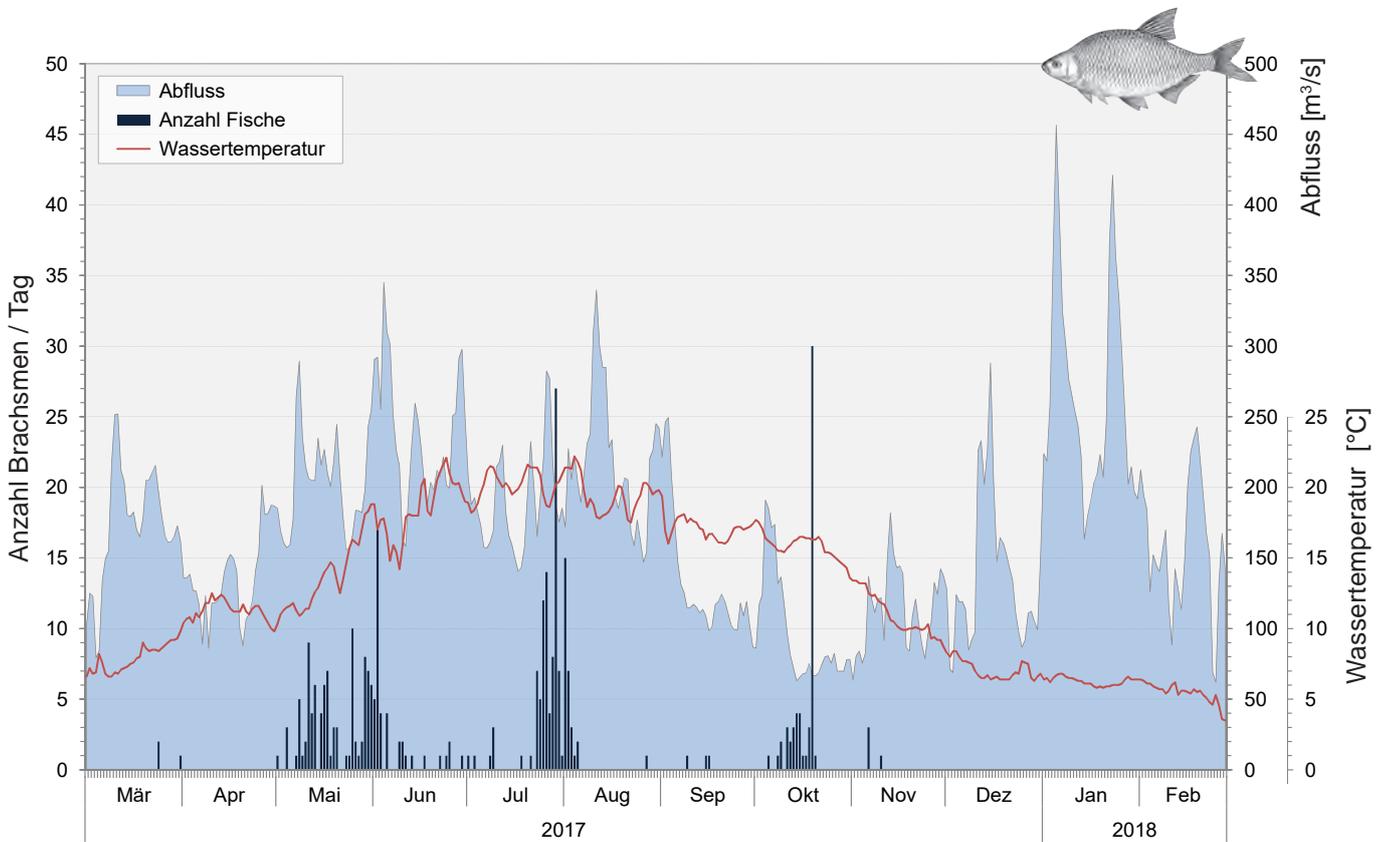
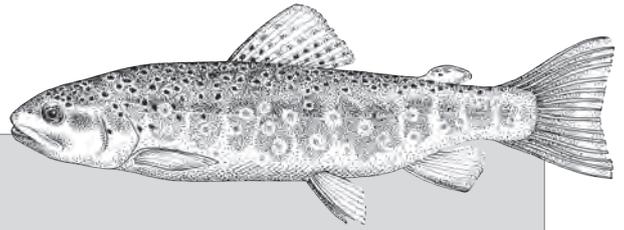


Abbildung A-29: Anzahl erfasste Brachsmen im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck. Zusätzlich angegeben ist die Wassertemperatur (rot) sowie der Abfluss (blau) der Aare in Hagneck.



Forelle (*Salmo trutta*)

Forellen können sehr unterschiedliche Habitate besiedeln, bevorzugen allerdings kühle, sauerstoffreiche und gut strukturierte Gewässer. Sie bilden sowohl residente Populationen in Fließgewässern als auch Populationen, in welchen Individuen in Seen und grosse Flüsse abwandern und zu stattlicher Grösse heranwachsen. Zur Fortpflanzung kehren sie in die kleineren Geburtsgewässer zurück, wobei sie auf ihrer Wanderung grosse Distanzen überwinden können. Die grösseren Individuen der strömungsliebenden, schwimmstarken Forellen können Fließgeschwindigkeiten von 2 m/s problemlos bezwingen. Die Fische laichen hauptsächlich im November und Dezember bei sinkenden Wassertemperaturen.

Laichzeit	Oktober - Januar
Migrationstyp	Kurz - Langdistanz
Strömungsgilde	rheophil
Wanderhöhe	je nach Stadium
Maximallänge	140 cm

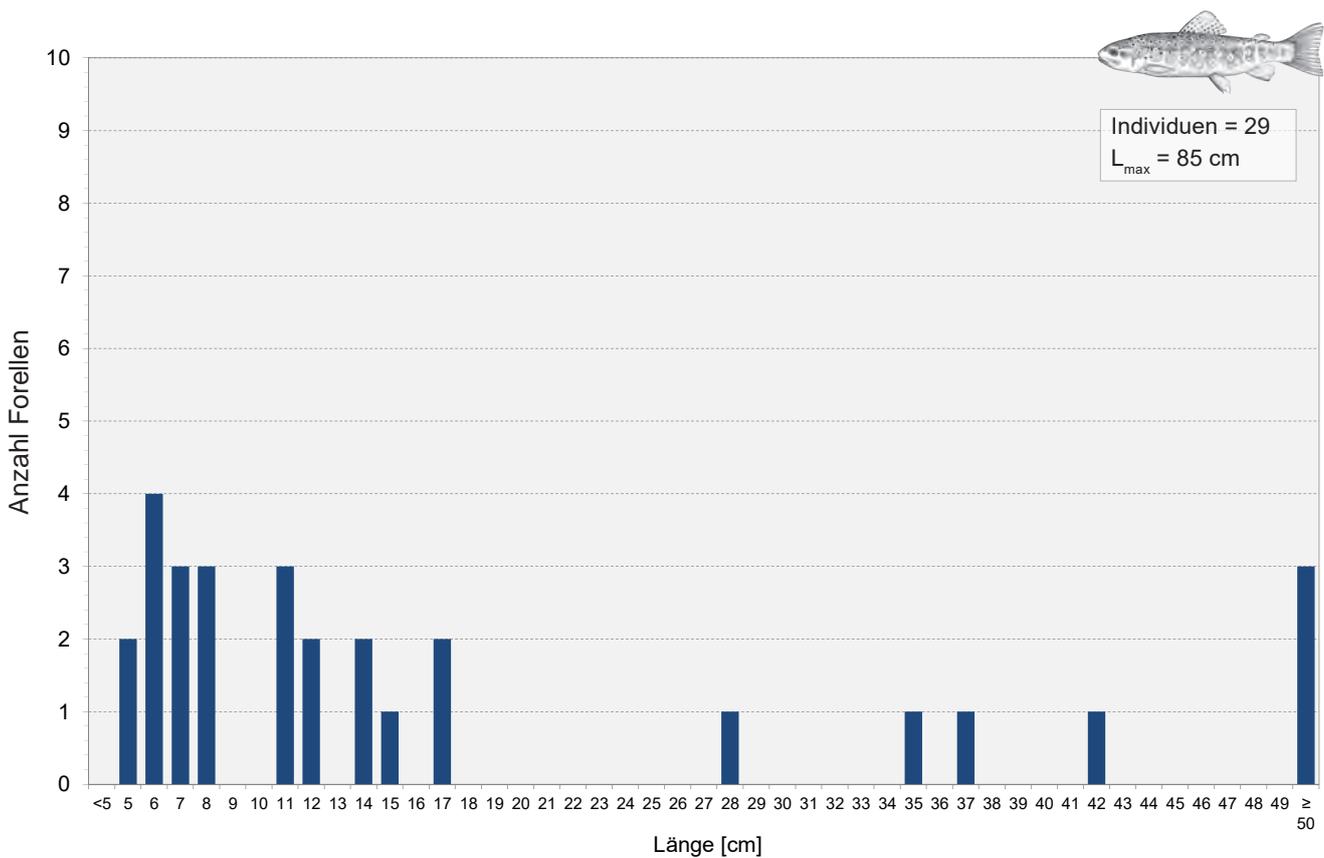


Abbildung A-31: Längenverteilung der gezählten Forellen im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck.

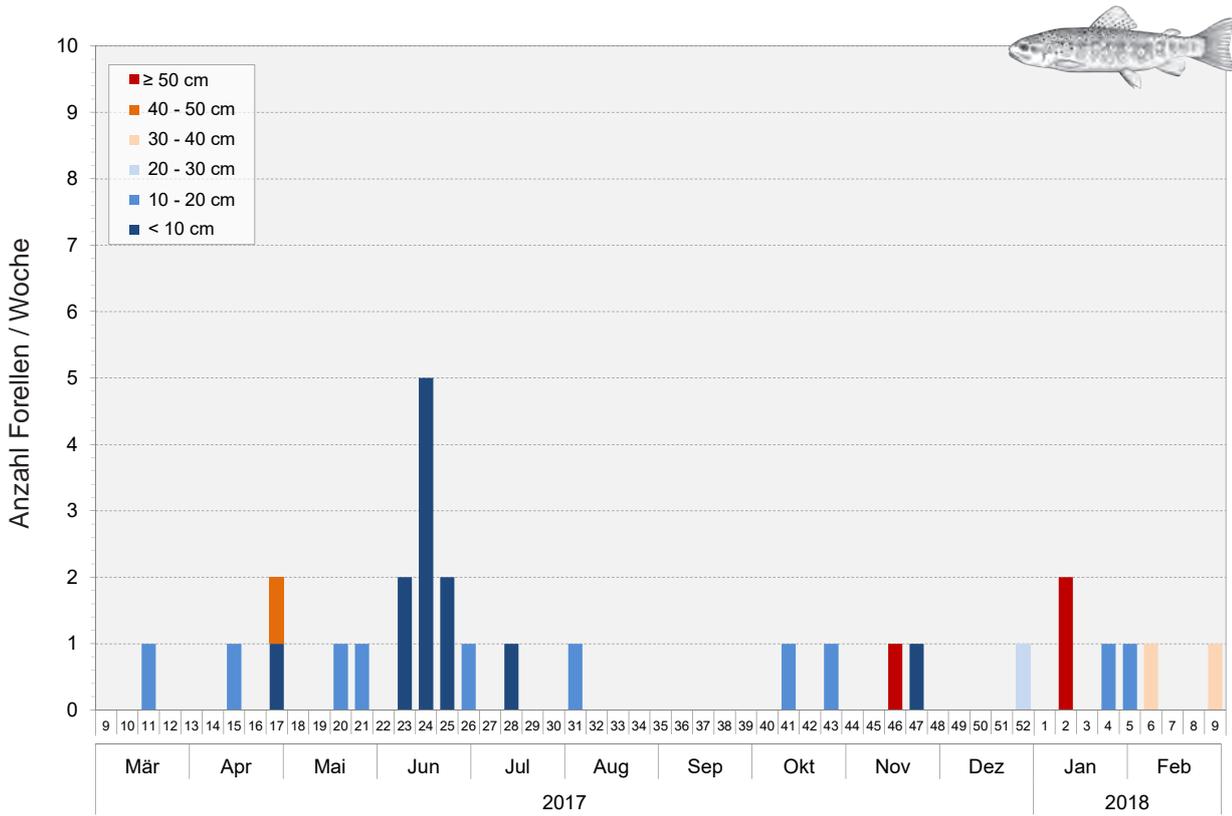


Abbildung A-33: Anzahl pro Woche erfasste Forellen im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck, aufgeteilt nach 10 cm Längensklassen.

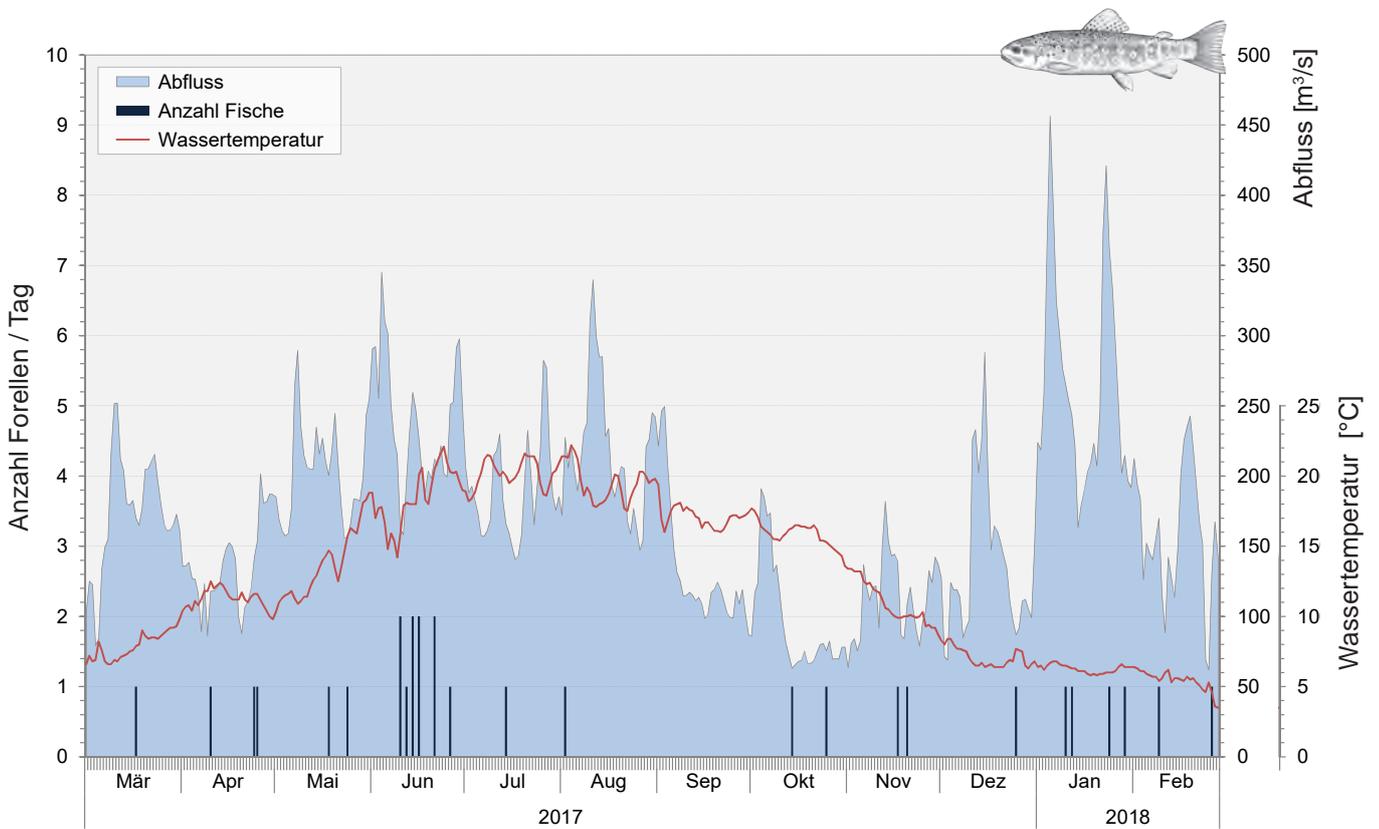
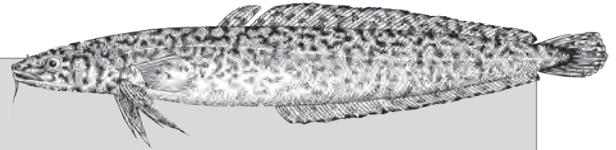


Abbildung A-32: Anzahl erfasste Forellen im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck. Zusätzlich angegeben ist die Wassertemperatur (rot) sowie der Abfluss (blau) der Aare in Hagneck.

Trüsche (*Lota lota*)

Die Trüsche ist der einzige Vertreter der Dorschartigen, welcher im Süßwasser lebt. Als nachtaktiver Einzelgänger bewohnt sie sowohl tiefe Zonen von Seen, als auch langsam fließende Bereiche von Fließgewässern. Vor der Laichzeit im Winter können Trüschchen bis zu 100 km lange Wanderungen flussaufwärts unternehmen. Trüschchen scheinen kein ausgeprägtes positiv rheotaktisches Verhalten zu zeigen. Sie können kurzfristig Sprintgeschwindigkeiten von bis zu 1.9 m/s erreichen. Passagen mit höheren Fließgeschwindigkeiten können nur schwer überwunden werden.



Laichzeit	November - Februar
Migrationstyp	Mitteldistanz
Strömungsgilde	indifferent
Wanderhöhe	bodennah
Maximallänge	100 cm

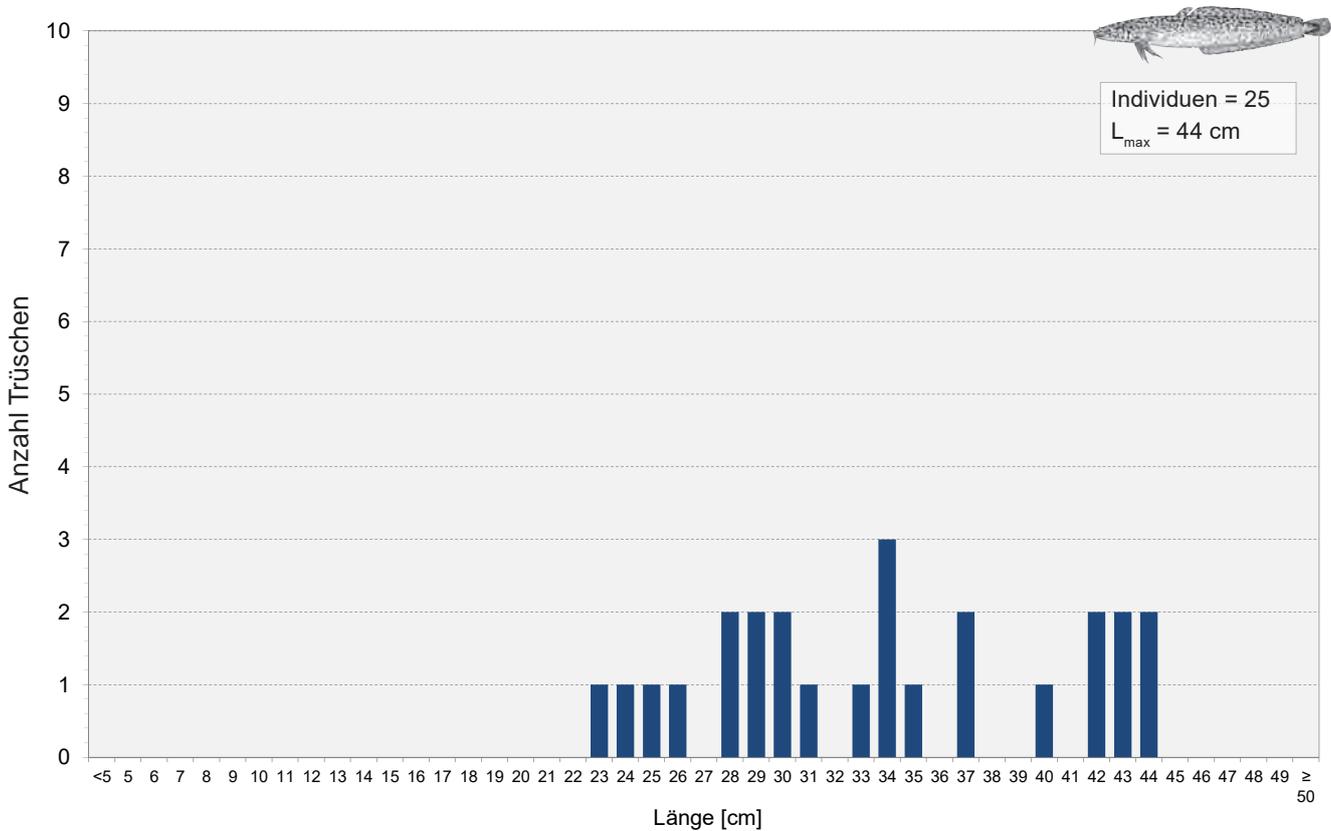


Abbildung A-34: Längenverteilung der gezählten Trüschchen im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck.

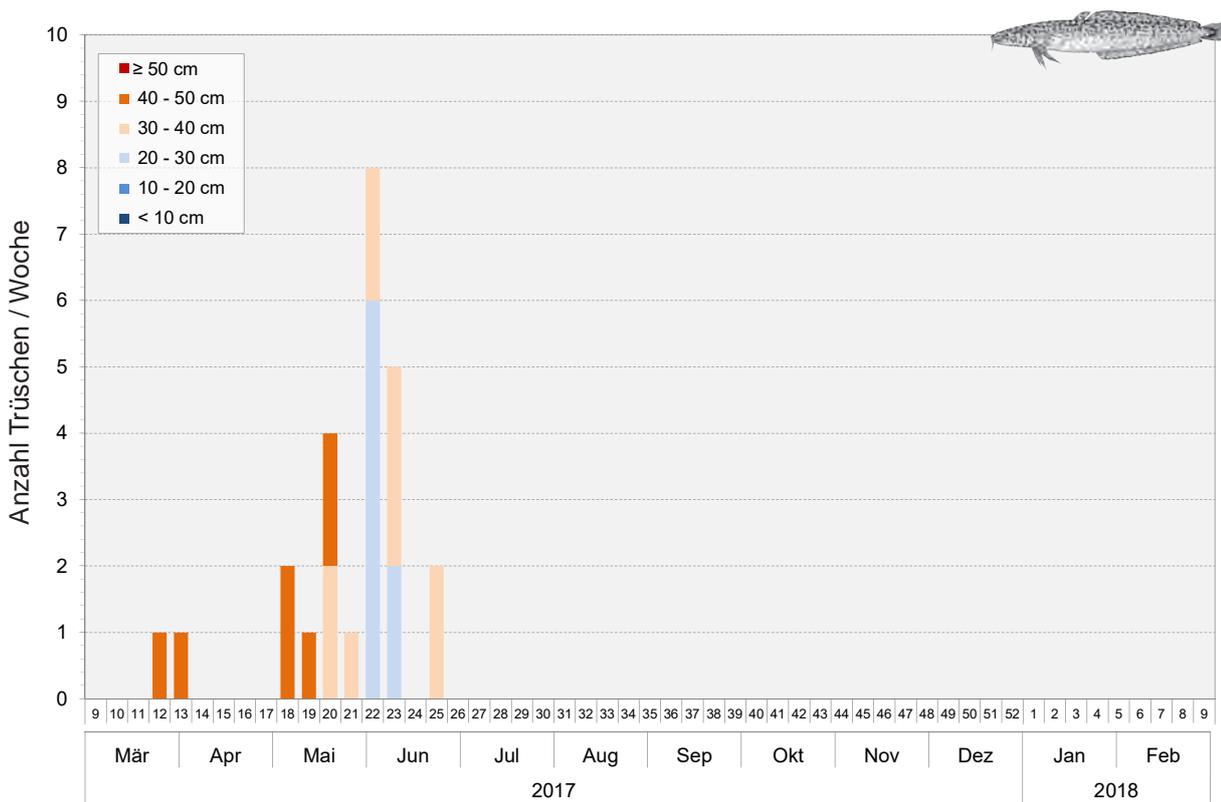


Abbildung A-36: Anzahl pro Woche erfasste Trübschen im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck, aufgeteilt nach 10 cm Längensklassen.

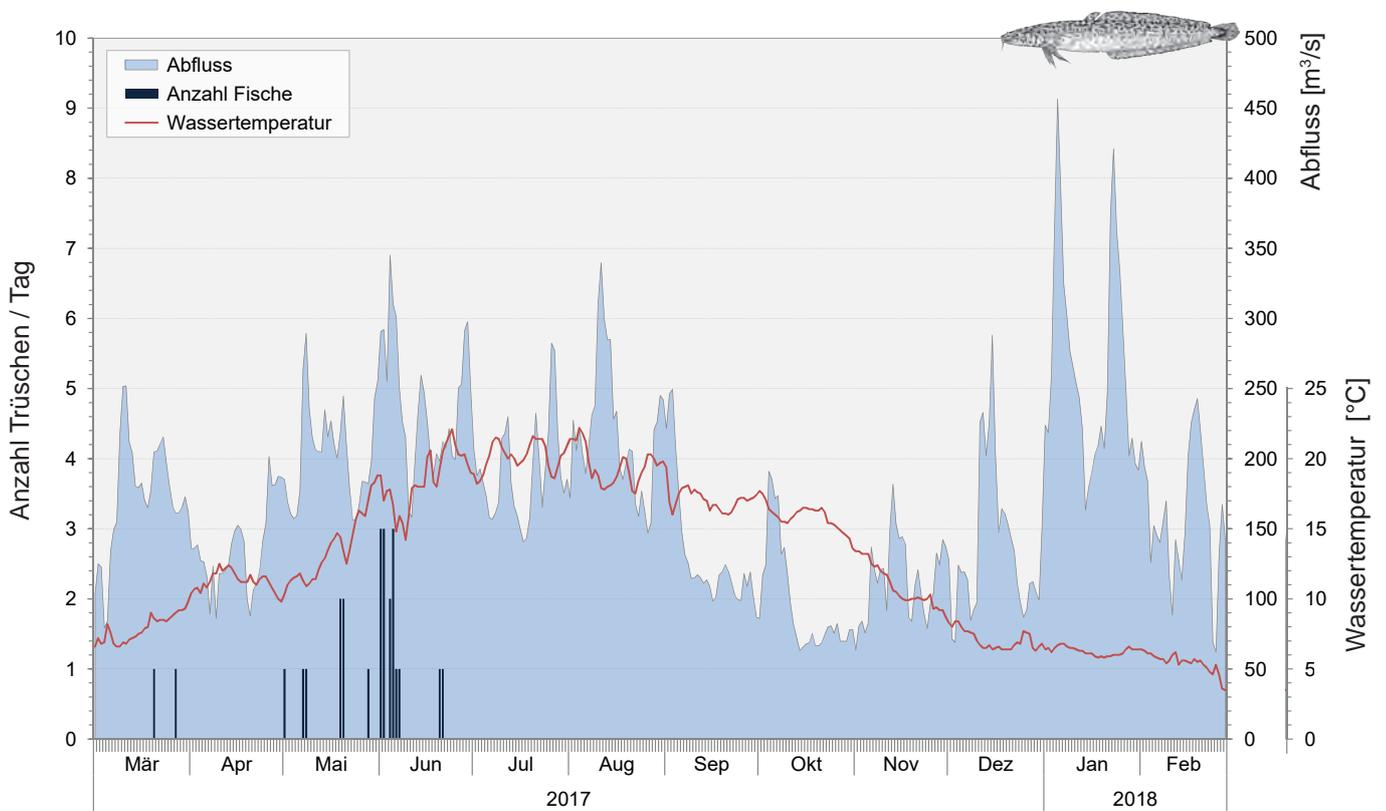


Abbildung A-35: Anzahl erfasste Trübschen im Fischzählbecken des Kraftwerks Hagneck. Zusätzlich angegeben ist die Wassertemperatur (rot) sowie der Abfluss (blau) der Aare in Hagneck.