

Bachelorarbeit

Zur Erlangung des Grades eines Bachelor of Engineering (B. Eng.)



Vergleichende Untersuchungen zum Reproduktionserfolg von Lachs (*Salmo salar*) und Meerforelle (*Salmo trutta trutta*) an ausgewählten Laichhabitaten in Gewässerabschnitten der Delme und Welse (LK Oldenburg, Niedersachsen)

Vorgelegt von: Tobias Pelz
Matrikel-Nr.: 710154

Ausgabedatum: 28.05.2018
Abgabedatum: 20.08.2018

Erstprüfer: Prof. Dr. Herbert Zucchi
Zweitprüfer: Dr. Jens Salva

Inhaltsverzeichnis

1. Anlass und einleitende Fragestellung	01
2. Einführung in die Biologie der Arten	05
2.1 Lachs (<i>Salmo salar</i>)	05
2.2 Meerforelle (<i>Salmo trutta trutta</i>)	07
3. Naturraum und Lage des Untersuchungsgebietes	10
3.1 Naturräumliche Einordnung	10
3.2 Lage des Untersuchungsgebietes	11
3.3 Die Delme	12
3.3.1 Probestrecke „Schütze“	14
3.3.1.1 Planerische Vorgaben	15
3.3.2 Probestrecke „Kaserne“	16
3.4 Die Welse	17
3.4.1 Probestrecke „Kaufland“	18
3.4.2 Probestrecke „Welsetal“	19
3.5 Der Eschenbach	20
4. Material und Methoden	21
4.1 Elektrobefischungen	21
4.2 Laichplatzkartierung	22
4.3 Sedimentprobennahme	23
4.3.1 Korngrößenzusammensetzung	24
4.3.2 Bestimmung der organischen Substanz	25
4.4 Messungen der abiotischen Parameter	25
4.4.1 Sauerstoff, pH-Wert, Leitfähigkeit, Wassertemperatur	25
4.4.2 Eisen	27
4.5 Ei- und Larvakontrollen	28
4.6 Niederschläge und Pegelstände	29
5. Ergebnisse	30

5.1 Laichhabitats Delme	30
5.1.1 Elektrofischungen	30
5.1.2 Lage der Laichplätze	32
5.1.3 Sedimentproben	33
5.1.3.1 Korngrößenzusammensetzung	33
5.1.3.2 Organische Substanz (TOC)	35
5.1.4 Abiotische Parameter	36
5.1.4.1 Sauerstoffgehalt des Interstitialwassers	36
5.1.4.2 Eisengehalt	38
5.1.4.3 Parameter der fließenden Welle	39
5.1.5 Ei- und Larvalentwicklung	42
5.2 Laichhabitats Welse	45
5.2.1 Elektrofischungen	45
5.2.2 Lage der Laichplätze	48
5.2.3 Sedimentproben	49
5.2.3.1 Korngrößenzusammensetzung	49
5.2.3.2 Organische Substanz (TOC)	51
5.2.4 Abiotische Parameter	52
5.2.4.1 Sauerstoffgehalt des Interstitialwassers	52
5.2.4.2 Eisengehalt	55
5.2.4.3 Parameter der fließenden Welle	55
5.2.5 Ei- und Larvalentwicklung	58
5.3 Niederschläge und Pegelstände	61
6. Diskussion	63
6.1 Reproduktionserfolg	63
6.1.1 Delme	63
6.1.2 Welse	68
6.2 Eignung der Laichhabitats	71
6.3 Defizite und Probleme	76

6.4 Handlungsempfehlungen	79
7. Ausblick	82
8. Zusammenfassung/Summary	84
9. Quellenverzeichnis	87
9.1 Literaturquellen	87
9.2 Internetquellen	91
9.3 Mündliche Mitteilungen	92
Danksagung	93
Anhang	
Eidesstattliche Erklärung	

Alle in dieser Arbeit verwendeten Abbildungen stammen, wenn nicht anders angegeben, vom Autor selbst.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Rogner des Atlantischen Lachses (<i>Salmo salar</i>), Foto: Tobias Kolhoff	07
Abb. 2: Milchner des Atlantischen Lachses (<i>Salmo salar</i>)	07
Abb. 3: Rogner der Meerforelle (<i>Salmo trutta trutta</i>), Foto: Andre Vornhusen	09
Abb. 4: Milchner der Meerforelle (<i>Salmo trutta trutta</i>)	09
Abb. 5: Naturräumliche Einordnung Niedersachsens, KUHN et al. 2017	11
Abb. 6: Lage der Probestrecken im Raum, www.openstreetmap.de	12
Abb. 7: Probestrecke „Schütze“ mit Baumbewuchs	14
Abb. 8: Probestrecke „Schütze“ mit Hochstaudenbewuchs	14
Abb. 9: Übersicht FFH-Gebiet 050: „Delmetal zwischen Harpstedt und Delmenhorst“, www.nlwkn.niedersachsen.de	15
Abb. 10: Beginn der Probestrecke „Kaserne“	16
Abb. 11: Probestrecke „Kaserne“ mit angrenzenden Nutzungen	16
Abb. 12: Beginn der Probestrecke „Kaufland“	18
Abb. 13: Geradliniger Gewässerverlauf der Probestrecke „Kaufland“	18
Abb. 14: Angrenzende Nutzungen der Probestrecke „Welsetal“	19
Abb. 15: Überwiegend geradliniger Gewässerverlauf der Probestrecke „Welsetal“	19
Abb. 16: Eschenbach mit Tiefenvarianz	20
Abb. 17: Kiesige Gewässersohle des Eschenbaches	20
Abb. 18: Elektrobefischung an der Delme, Foto: Andre Vornhusen	21
Abb. 19: Sammelbehälter zur Zwischenhälterung, Foto: Jasmin Pelz	22
Abb. 20: Abstreifen eines Meerforellenrogners, Foto: Andre Vornhusen	22
Abb. 21: Besatz der erbrüteten Meerforellen	22

Abb. 22: „Excavation-core-Sampler“ nach RENNEBECK (2015)	24
Abb. 23: Sedimentprobennahme, Foto: Jasmin Pelz	24
Abb. 24: Vorrichtung zur Interstitialwasserentnahme nach RENNEBECK (2015)	26
Abb. 25: Detailaufnahme des Aluminiumstabes mit Bohrlöchern	26
Abb. 26: Entnahme von Interstitialwasser an der Probestrecke „Kaufland“, Foto: Jasmin Pelz	26
Abb. 27: 50 ml-Spritze, Membranfilter und Probenbehälter	27
Abb. 28: Meerforellenmilchner, 77 cm, gefangen am 25.11.2017 an der Probestrecke „Schütze“, Foto: Andre Vornhusen	30
Abb. 29: Lachsrogner, 74 cm, gefangen am 25.11.2017 an der Probestrecke „Schütze“, Foto: Andre Vornhusen	30
Abb. 30: Probestrecke „Schütze“ mit Laichplätzen, www.openstreetmap.de	32
Abb. 31: Probestrecke „Kaserne“ mit Laichplätzen, www.openstreetmap.de	32
Abb. 32: Körnungskurven der Sedimentproben der Delme	33
Abb. 33: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des DS-LP 1	34
Abb. 34: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des DS-LP 2	34
Abb. 35: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des DK-LP 1	35
Abb. 36: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des DK-LP 2	35
Abb. 37: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des DK-LP 3	35
Abb. 38: TOC-Gehalte in den Sedimentproben der Delme	35
Abb. 39: Interstitialsauerstoffgehalt des DS-LP 1	36
Abb. 40: Interstitialsauerstoffgehalt des DS-LP 2	36
Abb. 41: Interstitialsauerstoffgehalt des DK-LP 1	37
Abb. 42: Interstitialsauerstoffgehalt des DK-LP 2	37
Abb. 43: Interstitialsauerstoffgehalt des DK-LP 3	38
Abb. 44: Eisengehalte der Delme-Strecken	39
Abb. 45: Abiotische Parameter der Probestrecke „Schütze“	40
Abb. 46: Abiotische Parameter der Probestrecke „Kaserne“	42

Abb. 47: Gefundene Eier am DS-LP 2, 37 tote, 2 lebende, 06.03.2018	43
Abb. 48: Brütling am DS-LP 2, 24.03.2018	43
Abb. 49: Lachsrogner an der Probestrecke „Kaufland“, 85 cm, 27.12.2017	47
Abb. 50: Meerforellenmilchner an der Probestrecke „Welsetal“, 73 cm, 02.12.2017, Foto: Jasmin Pelz	47
Abb. 51: Probestrecke „Welsetal“ mit Laichplätzen, www.openstreetmap.de	48
Abb. 52: Probestrecke „Kaufland“ mit Laichplätzen, www.openstreetmap.de	48
Abb. 53: Körnungskurven der Sedimentproben der Welse	49
Abb. 54: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des WW-LP 2	50
Abb. 55: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des WW-LP 3	50
Abb. 56: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des WW-LP 4	50
Abb. 57: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des WK-LP 1	51
Abb. 58: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des WK-LP 3	51
Abb. 59: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des WK-LP 4	51
Abb. 60: TOC-Gehalte in den Sedimentproben der Welse	52
Abb. 61: Interstitialsauerstoffgehalt des WK-LP 1	53
Abb. 62: Interstitialsauerstoffgehalt des WK-LP 2	53
Abb. 63: Interstitialsauerstoffgehalt des WK-LP 3	53
Abb. 64: Interstitialsauerstoffgehalt des WK-LP 4	53
Abb. 65: Interstitialsauerstoffgehalt des WW-LP 2	54
Abb. 66: Interstitialsauerstoffgehalt des WW-LP 3	54
Abb. 67: Interstitialsauerstoffgehalt des WW-LP 4	54
Abb. 68: Eisengehalte an den Probestrecken der Welse	55
Abb. 69: Abiotische Parameter der Probestrecke „Kaufland“	56
Abb. 70: Abiotische Parameter der Probestrecke „Welsetal“	58
Abb. 71: Gefundene Eier am WW-LP 3, 31 tote, 06.03.2018	60
Abb. 72: Größenvergleich der Eier des WK-LP 1 und WW-LP 3, 09.04.2018	60

Abb. 73: Verlauf der Niederschläge, Wasserstände und Lufttemperatur während des Untersuchungszeitraumes	62
Abb. 74: Probenstreckenvergleich anhand kumulierter Korngrößenklassen aus den Sedimentproben	75
Abb. 75: Feinsedimentaustrag im Zuge der Laichplatzkontrollen an der Probestrecke „Kaserne“, Foto: Jasmin Pelz	76
Abb. 76: Entwässerungsgraben des Grünlandes an der Probestrecke „Welsetal“, 22.01.2018	77
Abb. 77: Eiseneintrag durch Drainageleitungen an der Probestrecke „Welsetal“	77
Abb. 78: Abwasserpilz an der Probestrecke „Welsetal“, 26.01.2018	78
Abb. 79: Abwasserpilz auf einem Laichplatz an der Probestrecke „Welsetal“, 07.02.2018	78

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Beispielhafte Darstellung von Ergebnissen der Laichplatzkartierungen	23
Tab. 2: Meerforellenfänge an den Probestrecken der Delme	31
Tab. 3: Lachsfänge an den Probestrecken der Delme	32
Tab. 4: Ergebnisse der Laichplatzkartierungen an den Delme - Strecken	33
Tab. 5: Ergebnisse der Laichplatzkontrollen an der „Schütze - Strecke“	43
Tab. 6: Ergebnisse der Laichplatzkontrollen an der „Kaserne - Strecke“	44
Tab. 7: Meerforellenfänge an den Probestrecken der Welse	46
Tab. 8: Lachsfänge an den Probestrecken der Welse	47
Tab. 9: Ergebnisse der Laichplatzkartierungen an den Welse - Strecken	48
Tab. 10: Ergebnisse der Laichplatzkontrollen an der „Kaufland - Strecke“	59
Tab. 11: Ergebnisse der Laichplatzkontrollen an der „Welsetal - Strecke“	60

1. Anlass und einleitende Fragestellung

1. Anlass und einleitende Fragestellung

„Der Salm (1910)

Ein Rheinsalm schwamm den Rhein
Bis in die Schweiz hinein.

Und sprang den Oberlauf
Von Fall zu Fall hinauf.

Er war schon weißgottwo,
Doch eines Tages – oh! –

Da kam er an ein Wehr:
Das maß zwölf Fuß und mehr!

Zehn Fuß – die sprang er gut!
Doch hier zerbrach sein Mut.

Drei Wochen stand der Salm
Am Fuß der Wasseralm.

Und kehrte schließlich stumm
Nach Deutsch- und Holland um.“ (MORGENSTERN 2014, S. 166f.)

Das Gedicht von Christian Morgenstern aus dem Jahre 1910 beschreibt bereits einen der Gründe für den Rückgang von Lachs (*Salmo salar*) und Meerforelle (*Salmo trutta trutta*), eine Entwicklung die um 1950 zum Aussterben des Lachses bzw. zur Minimalpopulation der Meerforelle führte. Früher stiegen Lachse in großer Zahl in die niedersächsischen Flüsse auf (GAUMERT & KÄMMEREIT 1993). SCHMIDT (2000) beschreibt ursprünglich starke

1. Anlass und einleitende Fragestellung

Lachspopulationen in allen größeren Flüssen, die in Nord- und Ostsee münden. Auch die Weser und ihre Zuflüsse Werra und Fulda wurden noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts im großem Stil von Wanderfischen, besonders dem Lachs, besiedelt (ARGE WESER 1996). Sogar den Rhein übertraf die Weser in ihrer Produktivität der Lachsbestände (BRUMUND-RÜTHER 2000). Laut ARGE WESER (1996) befanden sich die Hauptlaichgebiete in der Eder und Schwalm, jedoch suchten die Lachse im Zuge ihrer Wanderungen auch die Einzugsgebiete der Hunte, Wümme, Ochtum, Aller und weiterer Nebenflüsse der Weser auf. An der Weser sorgte bereits der Bau des Wehres in Hameln 1865 beim Lachs für erste Schwierigkeiten beim Laichaufstieg in das obere Flussgebiet. Spätestens jedoch unmittelbar nach Errichtung des Weserwehres bei Hemelingen 1912, sowie dem Bau der Edertalsperre 1914 brachen die Bestände an diesem Fluss zusammen (GAUMERT & KÄMMEREIT 1993, BRUMUND-RÜTHER 2000). GAUMERT & KÄMMEREIT 1993 beschreiben auch die Meerforelle als eine um 1900 noch verbreitete Fischart, die über die Weser in die Aller und Leine aufstieg. Jedoch dominierte der Lachs laut BRUMUND-RÜTHER (2000) in der Weser eindeutig vor der Meerforelle. Der Verbau der Flüsse nahm weiter zu. Im Zuge eines Forschungsvorhabens des BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT, NATUR, BAU- UND REAKTORSICHERHEIT wurden 2007 bundesweit Querbauwerke erfasst. Dabei konnten über 37.000 bzw. über 55.000 Bauwerke mit den Ländern Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz, welche erst nach Abschluss des Vorhabens ermittelt wurden, aufgenommen werden. Das bedeutet, dass durchschnittlich alle 2 km ein Fließgewässer durch ein Querbauwerk unterbrochen wird. Für das Einzugsgebiet der Weser konnten 5.423 solcher Bauwerke nachgewiesen werden. Besonders Wasserkraftanlagen mit ihren Turbinen stellen hierbei eine große Gefahr für die Tiere dar (SCHMIDT 2000). Der Autor beschreibt, dass den laichbereiten Fischen der Weg zu den Laichgründen abgeschnitten wird, sowie dass eine hohe Verlustrate für abwandernde Junglachse an den Bauwerken besteht. Doch wie JUNGWIRTH et al. 2003 beschreiben, liegt das Problem nicht nur im Verbau selbst, sondern auch in den Auswirkungen auf das natürliche Abflussregime und den lateralen Austauschprozessen der Gewässer. Die Regulierungen sorgen beispielsweise für eine Veränderung des Geschiebetransportes, wodurch sich die Milieubedingungen des Lebensraumes grundlegend

1. Anlass und einleitende Fragestellung

ändern können (BRUMUND-RÜTHER 2000). Dies führt zu weitreichenden Beeinträchtigungen bzw. zur Verdrängung der angepassten Arten (JUNGWIRTH et al. 2003). Neben dem Verbau der Flüsse und Bäche mittels Querbauwerken wie Wehren und Wasserkraftanlagen, welche wie im Falle der Weser zunächst eine unüberwindbare Barriere für die beiden anadromen Wanderfischarten darstellten, trug besonders die mit der Industrialisierung verbundene Gewässerverschmutzung und die Intensivierung der Landwirtschaft zum Rückgang der Fische bei (BRUMUND-RÜTHER 2000, JUNGWIRTH et al. 2003, GERKEN 2006). Mit der angesprochenen landwirtschaftlichen Intensivierung geht zudem vermehrt Erosion und damit verbunden, ein hoher Feinsedimenteintrag in die Fließgewässer einher. In Bezug auf den Lachs und die Meerforelle bedeutet die Situation, dass der eingetragene Sand durch das anthropogen veränderte Abflussregime der Bäche und Flüsse vielerorts nicht mehr natürlicherweise transportiert werden kann. Dieser überlagert die kiesigen Bereiche der Gewässersohle, was zu einem Mangel an potentiellen Laichhabitaten für die Salmoniden führt (GERKEN 2006). Durch punktuelle Einleitungen, sowie Flächenentwässerungen gelangen zudem zusätzlich in hohen Konzentrationen schädigende Stoffe wie Nitrat und Eisen ins Gewässer (JUNGWIRTH et al. 2003).

Dennoch wird deutschlandweit, sowie auch in anderen Teilen Europas, versucht, den Lachs und die Meerforelle wieder anzusiedeln. Das erste Projekt dieser Art begann, initiiert durch den damaligen Präsidenten des Landesfischereiverbandes Weser-Ems e.V. und Vorsitzenden des Sportfischerverbandes, Günther Brüning, im Jahre 1978 an der Ems (BRUMUND-RÜTHER 2000). An der Delme begann die Wiedereinbürgerung in Anlehnung an das Ems-Projekt im Jahr 1981, womit dies ebenfalls eines der ältesten Projekte Deutschlands darstellt (BRUMUND-RÜTHER 2000). Zu Beginn des Projektes wurde hier zunächst mit Lachsbrütlingen des norwegischen Namsen-Stammes und Brütlingen westschwedischer Herkunft gearbeitet, welche seit 2003 jedoch durch Brütlinge ersetzt werden, die aus der Nachzucht aus Wildfängen der dänischen Skjern Au stammen (BRUMUND-RÜTHER 2000, VDSF 2003, ACKMANN et al. 2016).

Sowohl die aufgezeigten Probleme, als auch die intensiven Bemühungen der Wiedersiedelung der Arten werfen die Frage des Erfolges der Arbeit, einer erfolgreichen natürlichen Reproduktion, auf. Konkret resultieren für diese Arbeit daraus folgende Fragestellungen:

- Werden die untersuchten Gewässerabschnitte von den Fischen aufgesucht?
- Laichen die Tiere dort ab?
- Wie hoch ist der Feinsedimentgehalt im Laichplatz?
- Kommt es zur Larvenemergenz?
- Lässt der Eisengehalt eine Entwicklung der Eier oder Larven theoretisch zu?
- Bestehen Unterschiede bezüglich der Laichplätze und dem damit verbundenen Reproduktionserfolg zwischen der Delme und der Welse?

2. Einführung in die Biologie der Arten

2. Einführung in die Biologie der Arten

Nach der Erläuterung der Problemstellung und des Anlasses dieser Arbeit folgt in diesem Kapitel eine Übersicht der biologischen Eigenarten des Atlantischen Lachses (*Salmo salar*) und der Meerforelle (*Salmo trutta trutta*). Hier wird speziell der Lebenszyklus, die Ernährung, sowie der Habitus der Arten thematisiert.

2.1 Lachs (*Salmo salar*)

Nachfolgender Text bezieht sich, wenn nicht anders angegeben, auf ACKMANN et al. 2016. Der Atlantische Lachs gehört zur Ordnung der Lachsartigen (*Salmoniformes*) und zur Familie der Forellenfische (*Salmonidae*). Als anadrome Wanderfischart ist *Salmo salar* ein Langdistanzwanderer, dessen Verbreitungsgebiet sich zwischen der Nordwestküste Europas über Island bis nach Grönland und an die Ostküste Kanadas erstreckt. Diese Wanderungen, die innerhalb des Verbreitungsgebietes zwischen den Nahrungs- und Reproduktionshabitaten stattfinden, sind durch den komplexen Lebenszyklus der Art bedingt. Dieser beinhaltet das Ablaichen der adulten Lachse in den Wintermonaten. Der Laichzeitraum variiert dabei innerhalb des Verbreitungsgebietes und ist an die jeweiligen klimatischen Verhältnisse, besonders der Wassertemperatur, angepasst. Die Autoren geben ein Laichen der Fische in Deutschland zwischen November und Dezember, in den arktischen Gewässern im September und in Süd-Frankreich und Spanien im Februar an.

Während des Laichprozesses, der bei Lachs und Meerforelle sehr ähnlich ist und deswegen an dieser Stelle für beiden Arten zusammengefasst beschrieben wird, schlägt das Weibchen (Rogner) mit dem Schwanz eine Laichkuhle von ca. 1 - 2 m Länge und 50 cm Tiefe in das kiesige Substrat der Gewässersohle. Direkt nach der Eiablage gibt das Männchen (Milchner) sein Sperma („Milch“) hinzu und das Weibchen bedeckt die ca. 5 mm großen, befruchteten Eier, durch erneutes Schlagen mit der Schwanzflosse, mit Kies. Dieser Akt hat eine Reinigung des Kiesel durch Abtransport von Feinsediment durch

die fließende Welle zur Folge (INGENDAHL 1999, MADSEN & TENT 2000). Die Eiablagetiefe wird von ELLIOTT (1984) in INGENDAHL et al. 1995 für Meerforellen mit einer Tiefe von im Mittel 17 cm angeben, während OTTAWAY (1981) in INGENDAHL et al. 1995 einen Bereich von 5 – 25 cm benennt. DIRKSMEYER (2008) konnte im Zuge seiner Arbeit eine durchschnittliche Ablagetiefe von 8 – 14 cm ermitteln, wobei ein Minimum bei 4 cm und ein Maximum bei 21 cm lag. KLEMETSEN et al. 2003 und CRISP & CARLING 1985 berichten dabei von einem Zusammenhang zwischen der Eiablagetiefe und der Größe der Rogner. Die Eianzahl der weiblichen Fische kann bis zu ca. 1.500 Stück pro Kilogramm Körpergewicht betragen, was bei einem 10 kg schweren Fisch ca. 15.000 Eier bedeuten würde. Im Anschluss an den kräftezehrenden Laichakt sterben die meisten Lachse. Nur etwa 5 % gelingt es, den Weg zurück ins Meer zu bewältigen und in den folgenden Jahren einen zweiten Laichaufstieg („Kelt“-Stadium) anzugehen.

Nach etwa 420 Tagesgraden (ca. 100 - 200 Tage je nach Wassertemperatur) schlüpfen die 18 - 23 mm langen Larven, die mit ihrem Dottersack als Nährstoffvorrat noch einige Tage im geschützten Kieslückensystem (Interstitial) verweilen. Mit ca. 3 cm Länge erfolgt die Emergenz der Brütlinge aus dem Laichplatz und die selbstständige Nahrungsaufnahme. Bereits zu diesem Zeitpunkt erfolgt eine Revierbildung der Fische, in welchem kleine Krebse und Insektenlarven zur Nahrung gehören. Im folgenden Herbst/Winter des Schlupfjahres erreicht der Junglachs das sogenannte „Parr“-Stadium. In diesem beträgt die Größe der Tiere zwischen 5 und 15 cm und es erfolgt eine noch stärkere Revierbildung. Zur Nahrung gehören nun Insektenlarven, aber auch kleine Fische. Nach 1 - 2 Lebensjahren wandelt sich der „Parr“ zum „Smolt“ (Abwanderungsstadium) und besitzt eine Größe zwischen 13 und 18 cm. Die Lachse färben sich silbrig und bilden nun kleinere Schwärme, in denen sie sich bach- bzw. flussabwärts Richtung Meer begeben. Die folgenden 1 - 3 Jahre verbringen die Lachse nun in ihren Nahrungshabitaten zwischen Nord-Norwegen, Island und Grönland. Die Nahrung besteht hier aus Krebsen, sowie Fischen wie Makrelen und Heringen, was eine starke Gewichts- und Größenzunahme bedingt. Für die Männchen wird eine Länge bis zu 150 cm und ein Gewicht bis 40 kg und für die Weibchen bis zu 100 cm und 20 kg angegeben. Nach dem Aufenthalt im Meer

2. Einführung in die Biologie der Arten

erfolgt der Laichaufstieg in die heimatlichen Gewässer. Während dieser langen Wanderung orientieren sich die Lachse zunächst am Magnetfeld der Erde. Beim Erreichen der Ästuar- und den Mündungsbereichen spielt vor allem der Geruch des Wassers eine entscheidende Rolle, durch welchen die Fische oftmals auf den Quadratmeter genau die Stelle ihres Schlupfes im heimatlichen Bach wiederfinden und dort selbst laichen (SALVA mdl. Mitt. 2017).

Der Habitus des Atlantischen Lachses definiert sich durch einen kleinen Kopf und einer spitz zulaufenden Schnauze. Zudem besitzt er einen schmalen Schwanzstiel und eine breite, ausgeschnittene Schwanzflosse. Die Färbung der Tiere besteht aus einem grünlich dunkelgrauen bis blaugrauen Rücken, hellgrauen Seiten mit wenigen schwarzen Flecken und einem silbrig weißen Bauch. Im Zuge des Laichaufstieges ins Süßwasser ändert sich die Färbung der Lachse in Braun- und Grautöne, wobei die Männchen zahlreiche rote Punkte bekommen und einen Laichhaken am Unterkiefer ausbilden (Abb. 1, 2).



Abb. 1: Rogner des Atlantischen Lachses (*Salmo salar*), Foto: Tobias Kolhoff



Abb. 2: Milchner des Atlantischen Lachses (*Salmo salar*)

2.2 Meerforelle (*Salmo trutta trutta*)

Der folgende Text bezieht sich auf GUM et al. 2013. Die Meerforelle (*Salmo trutta trutta*) stellt neben der Bachforelle (*Salmo trutta fario*) und der Seeforelle (*Salmo trutta lacustris*) eine der drei Formen der Art *Salmo trutta* dar. Die Ausprägung der Entwicklungsformen ist dabei an spezielle ökologische und genetische Mechanismen gekoppelt, wobei standorttreue und migrierende Formen dennoch häufig in einem Flussgebiet koexistieren. Die anadrome Lebensweise der migrierenden Formen Meer- und Seeforelle, welche auch

beim Atlantischen Lachs und weiteren Salmoniden zu finden ist, hat sich evolutionär betrachtet sehr früh entwickelt und ist als ureigenes Merkmal der Salmoniden anzusehen. Zum Zeitpunkt des Abwanderns unterliegt der Organismus juveniler Meer- und Seeforellen erheblichen verhaltensbiologischen und physiologischen Veränderungen, welche sich in der Färbung der Tiere, sowie bei der Meerforelle zusätzlich in der Umstellung auf Salzwasser äußert. Wie genau die physiologischen Veränderungen und Anpassungen durch bestimmte Umweltfaktoren und Kontrollgene gesteuert werden, ist dabei noch immer weitgehend unbekannt.

Als ebenfalls anadrome Wanderfischart ähnelt der Lebenszyklus der Meerforelle stark dem des Atlantischen Lachses und beinhaltet einen bis zu hunderte Kilometer umfassenden Lebensraumwechsel zwischen dem Süß- und Salzwasser. Unter der Voraussetzung geeigneter Habitatbedingungen reicht das Reproduktionsgebiet von küstennahen Fließgewässern bis tief ins Binnenland. Der derzeit südlichste bekannte Nachweis liegt im Rheinsystem im Raum Offenburg (Baden-Württemberg).

Das Verbreitungsgebiet von *Salmo trutta trutta* erstreckt sich von der Biskaya zur britischen Küste, Irland, Island, der Ost- und Nordseeregion, dem Nordmeer entlang der norwegischen Küste über die Kola-Halbinsel bis ins weiße Meer.

Innerhalb ihrer Nahrungshabitate ernährt sich die Meerforelle von Kleinkrebsen, Garnelen, Grundeln, Sandaalen und Jungfischen aller Art, die vorwiegend in Küstennähe erbeutet werden.

Im Zeitraum zwischen Oktober und März findet die Fortpflanzung der Art statt. Ein Eintreffen der Tiere in ihren angestammten Laichgebieten erfolgt in der Regel ab September, wobei Parameter wie z.B. Wasserstände und -temperatur zu Abweichungen führen können. Die Autoren geben an, dass der Hauptaufstieg in die Laichgewässer ab einer Wassertemperatur von 10 - 12 °C erfolgt. Im Gegensatz zum Lachs, der sich in seinem Wanderverhalten stark an der Hauptströmung des jeweiligen Flusses orientiert und dieser in die Oberläufe folgt, orientiert sich die Meerforelle, im Zickzackkurs durch das Gewässer schwimmend, an Lockströmungen kleinerer Seitenbäche, die zum Laichen aufgesucht werden.

2. Einführung in die Biologie der Arten

Der Laichakt selbst findet im Zeitraum Oktober bis März statt, wobei die Gonadenreifung bereits im Meer erfolgt, die Forellen ihre Laichfärbung annehmen und die Männchen wie auch beim Lachs einen Laichhaken ausbilden (Abb. 3, 4). Das Laichritual, sowie die Ei- und Larvalentwicklung ähnelt der des Atlantischen Lachses sehr stark und wird daher an dieser Stelle nicht erneut beschrieben (s. Kap. 2.1). Im Mittel halten sich laichaktive Meerforellen zwischen 20 - 30 Tagen im Laichgebiet auf, bevor sie ihre Wanderung zurück ins Meer antreten. Die jungen Forellen lauern in ihren Aufwuchsgewässern im Strömungsschatten von Steinen und Wurzeln und ernähren sich von Insektenlarven, geflügelten Insekten, Kleinkrebsen und Jungfischen.

Im zweiten Lebensjahr erfolgt mit einer Länge von 15 - 25 cm die Umwandlung ins „Smolt“-Stadium und der langsame Abstieg in die Unterläufe der Bäche und Flüsse und letztlich in die Ästuarregionen der Küste. In der marinen Lebensphase findet der wesentliche Größenzuwachs der Art statt. Die Größe der Tiere ist nach einem Jahr im Meer mit 30 - 40 cm, sowie die Endlänge adulter Tiere mit 110 cm angegeben.



Abb. 3: Rogner der Meerforelle (*Salmo trutta trutta*), Foto: Andre Vornhusen



Abb. 4: Milchner der Meerforelle (*Salmo trutta trutta*)

3. Naturraum und Lage des Untersuchungsgebietes

Dieses Kapitel beinhaltet eine Beschreibung des Naturraumes, in dem sich die beprobten Gewässer befinden. Anschließend erfolgt eine Übersicht der untersuchten Fließgewässer Delme, Welse und Eschenbach selbst.

3.1 Naturräumliche Einordnung

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Norden Deutschlands in Niedersachsen und im Landkreis Oldenburg. Der Naturraum gehört nach KUHN et al. 2017 zur Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung (Abb. 5), wobei die Gewässer, befindlich im Nordteil, der Ems-Hunte-Geest zuzuordnen sind. Der Unterlauf der Delme hat einen Übergang zum Naturraum Weser-Aller-Flachland und verteilt sich auf die naturräumlichen Einheiten Syker Geest, Delmenhorster Geest und Thedinghäuser Vorgeest (MEISEL 1961). Der nachfolgende Text bezieht sich auf MEISEL (1961). Die Syker Geest untergliedert sich dabei weiter in die Harpstedter Geest. Diese Region grenzt westlich an die Dötlinger Geest, sowie nördlich und nordöstlich an die Ganderkeseer Geest bzw. an die Delmenhorster Talsandplatte und stellt sich als sandig bis lehmiger, teilweise von Flugdecksand überlagerter Grundmoränenrücken glazialer Entstehungsgeschichte dar. Vorzufinden ist hier zudem ein Wechsel von mehreren moorigen Niederungen, die nahezu parallel zueinander verlaufen. In den Niederungen befinden sich Flachmoor- und Grundwassergleyböden, während in den übrigen Bereichen podsoliierte Braunerden und Pseudogleye vorherrschen. Die Ganderkeseer Geest ist als nordöstlicher Vorsprung der Delmenhorster Geest anzusehen, vor dessen Abhang sich die Delmenhorster Talsandplatten befinden. Der Raum wird durch ein flachwelliges Geschiebelehmplateau, dass in Teilbereichen von Podsolböden, podsoliierten Braunerden und Staugleyböden überlagert ist, geprägt. Die Delmenhorster Talsandplatte als Untereinheit der Thedinghäuser Vorgeest hingegen weist die Charakteristik weiter, flachmooriger Niederungen auf, die von der Ochtum und seiner Nebengewässer durchflossen werden. Auf den

3. Naturraum und Lage des Untersuchungsgebietes

Platten finden sich mäßig bis stark podsoliierte Böden (vorwiegend Braunerden), die in Teilen unter Grundwassereinfluss stehen. Lediglich am Fuße der Geest befinden sich, hervorgerufen durch hohe Grundwasserstände, Grundwassergleyböden. Ursprünglich sind die weiten Niederungen Standorte, an denen Erlenbruchwälder und nasse Eichen-Hainbuchenwälder vorherrschen, jedoch sind der Großteil der Flächen der landwirtschaftlichen Nutzung unterlegen und weisen eine Acker- und Grünlandnutzung auf.

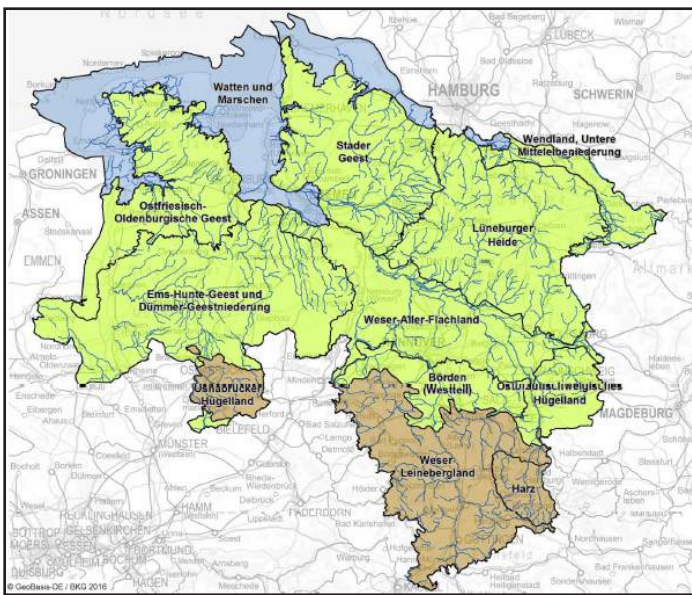


Abb. 5: Naturräumliche Einordnung Niedersachsens, KUHN et al. 2017

3.2 Lage des Untersuchungsgebietes

Die drei Gewässer, die im Laufe der Arbeit thematisiert werden, sind Bestandteil des Einzugsgebietes der Weser bzw. weiterführend der Ochtum. Dabei sind die Welse und der Eschenbach als Nebengewässer der Delme anzusehen und münden in diese. An der Delme und Welse wurden jeweils zwei Probestrecken ausgewählt, die sich im Raum Delmenhorst/Harpstedt/Ganderkesee befinden. Der Eschenbach, geographisch in derselben Region befindlich, wurde lediglich als Referenzgewässer zu Vergleichszwecken herangezogen (Abb. 6).

3. Naturraum und Lage des Untersuchungsgebietes

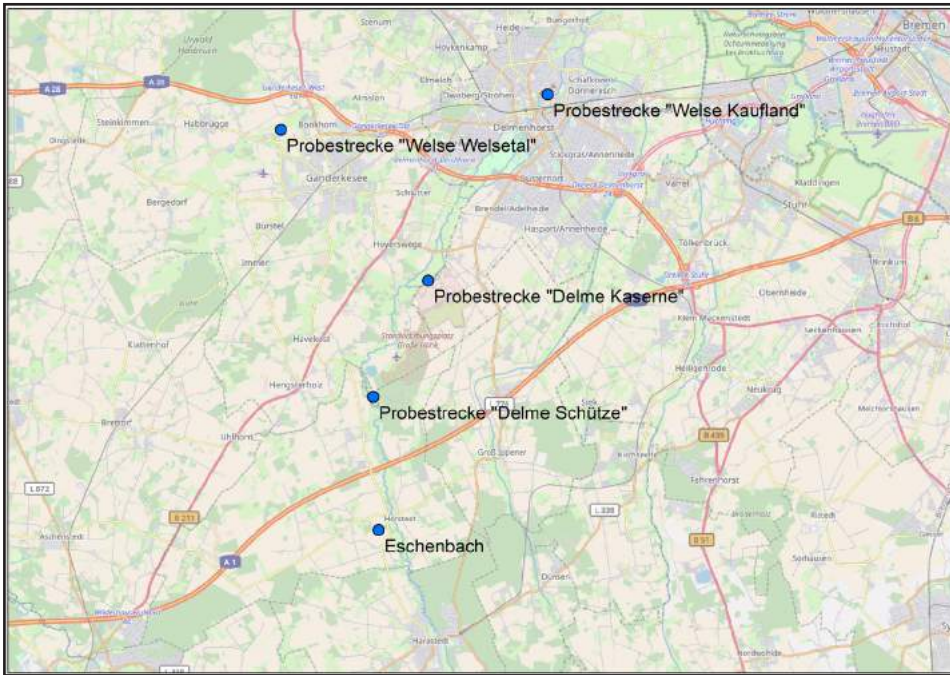


Abb. 6: Lage der Probestrecken im Raum, www.openstreetmap.de

3.3 Die Delme

Die Delme ist ein Fließgewässer der Geest und weist von ihrer Quelle in Twistringen bis zur Mündung in die Ochtum eine Lauflänge von 46 km auf. Das Gewässer ist laut KUHN et al. 2017 dem Fließgewässertyp „Kiesgeprägte Fließgewässer“ zuzuordnen. Die ARGE WESER (2003) gibt als Gesamteinzugsgebiet der Delme einen Raum von 247,4 km² an. Laut RASPER et al. 1991 weist das Fließgewässer dabei von der Quelle bis zur Mündung eine Höhendifferenz von 47 m und ein durchschnittliches Gefälle von 1,05 Promill auf. Die Fließgeschwindigkeit beträgt laut ARGE WESER (1998) hauptsächlich zwischen 0,1 - 0,4 m/s, wobei im Bereich von Kiesstrecken bis zu 0,8 m/s erreicht werden. Der nachfolgende Text bezieht sich auf RASPER et al. 1991. Unterhalb von Twistringen ist die Delme durch die Abwassereinleitung der Kläranlage bereits sehr stark belastet. Das Gewässer durchfließt hauptsächlich Bereiche mit Grünlandnutzung in der Aue und weist einen überwiegend geradlinigen und nur streckenweise leicht mäandrierenden Verlauf auf. Die Sohlstruktur ist sandig-schlammig mit z.T. gut entwickelter Wasservegetation, wo-

3. Naturraum und Lage des Untersuchungsgebietes

bei Ufergehölze weitestgehend fehlen. Im weiteren Verlauf in Richtung der Ortschaft Beckeln ist die Delme recht stark eingetieft und fließt durch wechselnde Bereiche mit feuchtem Grünland oder kleineren Waldflächen. Im Bereich Beckeln angekommen, hält die Ackernutzung in der Aue Einzug. Hier weist das Gewässer einen naturfernen Charakter ohne uferbegleitende Gehölze auf, der sich bis nach Harpstedt fortsetzt. Unterhalb von Harpstedt ist die Delme in einem streckenweise naturnahen Charakter anzutreffen. Der Bach durchfließt mit einem in Teilen stark mäandrierenden Gewässerverlauf örtlich sehr feuchte Niederungsbereiche mit Erlenbruchwald und Feuchtgrünlandflächen. Die Gewässerbettstruktur ist hier sandig bis schlammig. Unterhalb der Ortschaft Horstedt sind die Ufer durch Hochstaudenbewuchs geprägt, Ufergehölze fehlen größtenteils. Die Delme weist hier den Charakter eines Wiesenbaches auf, da sie überwiegend durch Extensivgrünland geprägte Niederungsbereiche fließt. Die Sohle des Gewässers ist überwiegend stark versandet, wobei in Teilen noch Relikte natürlicher Kiesbettstrukturen erhalten sind. Der Bereich unterhalb von Wiggersloh Richtung Delmenhorst ist von einer verschlammten Gewässersohle, sowie von einem streckenweise begradigten Gewässerverlauf geprägt. Uferbegleitende Gehölze fehlen weitestgehend. Oberhalb von Delmenhorst ist ein in Teilen sandiges Sohlsubstrat anzutreffen, im Stadtbereich Delmenhorsts ein überwiegend schlammiges. Die Delme ist hier sehr breit und weist durch den Anstau an der Graft überwiegend den Charakter eines Stillgewässers auf. Im engeren Stadtkern ist der Bach als naturfern, teilweise sehr naturfern anzusehen. Unterhalb von Delmenhorst bis zur Stauanlage nördlich von Hasbergen ist das Gewässer wieder vielgestaltiger. Der Gewässerverlauf ist örtlich leicht mäandrierend und z.T. durch Ufergehölze beschattet. Nach dem Zusammenfluss mit der Welse sind jedoch Uferverwallungen vorhanden. Durch den erneuten Anstau am Hasberger Mühlenwehr ist zudem wieder ein Stillgewässercharakter anzutreffen. Unterhalb des Wehres ist die Delme tidebeeinflusst, bis zur Mündung in die Ochtum durchgehend verwallt und mit Uferbefestigungen in Form von Steinschüttungen versehen.

3.3.1 Probestrecke „Schütze“

Die Untersuchungsstrecke „Schütze“ befindet sich wenige hundert Meter hinter der Ortschaft Klein Henstedt. Die Strecke weist die Besonderheit einer natürlicherweise kiesigen Gewässersohle ohne künstlichen Kieseinbau auf. Die Eigendynamik des Gewässers mit seinen Erosions- und Sedimentationsprozessen funktioniert in diesem Bereich des Fließgewässers zumindest stellenweise noch ausreichend gut, was durchaus als Seltenheit in der Delme anzusehen ist. Auch ein Makrophytenbewuchs der Gewässersohle ist teilweise vorhanden. Die Delme durchfließt an diesem Standort ausschließlich Grünländereien, auf denen z.T. auch eine Weidenutzung mit Schafen bzw. Rindern besteht. Die Uferbeschaffenheit weist einen Bewuchs aus Gräsern und Hochstaudenfluren auf, wobei mittelgroße Einzelgehölze von *Alnus glutinosa* (Schwarz-Erle) und *Salix spec.* (Weide) vorkommen, die bis über und in die Delme ragen (Abb. 7, 8). Einige nicht-standorttypische Individuen von *Picea abies* (Fichte) sind ebenfalls anzutreffen.



Abb. 7: Probestrecke „Schütze“ mit Baumbewuchs



Abb. 8: Probestrecke „Schütze“ mit Hochstaudenbewuchs

3. Naturraum und Lage des Untersuchungsgebietes

3.3.1.1 Planerische Vorgaben

Nördlich von Harpstedt befindet sich das 440 ha umfassende Landschaftsschutzgebiet (LSG) „Delmetal zwischen Harpstedt und Delmenhorst“. Das LSG dient dem Schutz des gleichnamigen FFH-Gebietes 050 (Abb. 9). Die Ausweisung erfolgte aufgrund der Delme selbst als in Teilen naturnaher Fluss, der einen Saum von feuchten Hochstaudenfluren und Auwäldern aufweist. Zudem sind im Geest-Übergangsbereich Hainsimsen-Buchenwälder, saure Buchenwälder, Stieleichen-Hainbuchenwälder und alte bodensaure Eichenwälder vorhanden (www.nlwkn.niedersachsen.de).

Das faunistisch relevante Arteninventar setzt sich aus dem Flussneunauge (*Lampetra fluviatilis*), dem Bachneunauge (*Lampetra planeri*), dem Steinbeißer (*Cobitis taenia*), dem Lachs (*Salmo salar*), sowie der Gemeinen Bachmuschel (*Unio crassus*) zusammen und dient ebenfalls dem Schutzzweck (www.nlwkn.niedersachsen.de).

Die Meldung als FFH-Gebiet wird durch die gute Ausprägung der Vegetationseinheiten und dem Vorkommen der Tierarten begründet (www.nlwkn.niedersachsen.de).

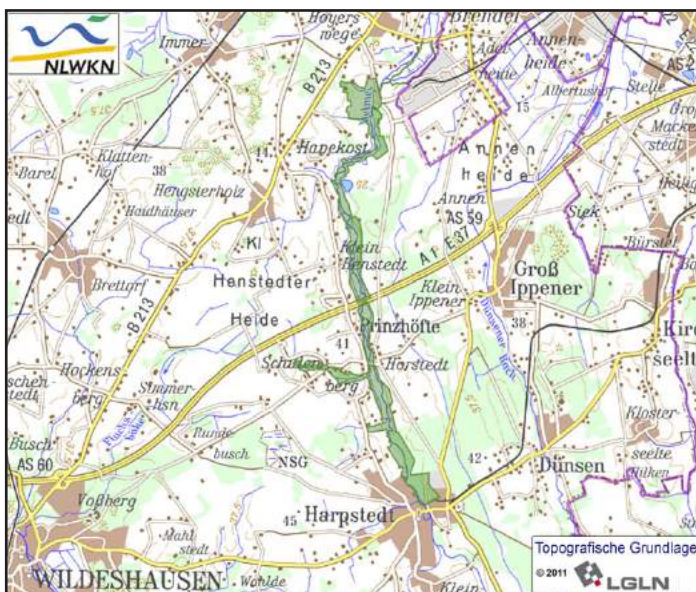


Abb. 9: Übersicht FFH-Gebiet 050: „Delmetal zwischen Harpstedt und Delmenhorst“, www.nlwkn.niedersachsen.de

3.3.2 Probestrecke „Kaserne“

Zu Beginn der Untersuchungsstrecke wird das Bild der Delme durch einen teilweise beidseitigen Bestand von *Alnus glutinosa* (Schwarz-Erle) und dem Aufkommen von *Impatiens glandulifera* (Drüsiges Springkraut) geprägt, wobei einseitig noch eine Brachfläche angrenzt. Die Krautschicht der Ufer besteht überwiegend aus *Urtica dioica* (Brennnessel), jedoch sind auch Individuen der Art *Lythrum salicaria* (Blutweiderich) enthalten. Hier weist der Gewässerverlauf noch einen kurvigen bis geschwungenen Lauf auf (Abb. 10). Einige Meter weiter ist das in Fließrichtung linksseitige Gewässerumfeld geprägt durch weite Grünlandbereiche, die bis an die Uferkante angrenzen. In Fließrichtung rechtsseitig gestaltet sich das Ufer durch einen durchgängigen Saum von *Alnus glutinosa*, der z.T. Mauerreste beinhaltet, welche die Ufer stützen. Die beschattende Funktion des Erlen-Saums ist nur unzureichend gegeben, da im Zuge von Unterhaltungsmaßnahmen die überhängenden Äste konsequent entfernt werden. Auch durch Hochwasser eingetragenes Totholz wird durch die Unterhaltungsmaßnahmen entfernt. Ein Maschendrahtzaun direkt an den Erlen-Saum grenzend bildet den Übergang zum Militärgelände, das überwiegend aus Kasernen besteht, in denen Soldaten zu Schulungszwecken unterkommen (Abb. 11). Die Gewässersohle weist eine „riffle“ und „pool“-Struktur auf, dessen Entwicklung sich jedoch auf künstlichen Kieseinbau im Jahre 2016 zurückführen lässt. Auch Bauschuttreste sind in den flach überströmten Rauschen enthalten. Der Gewässerverlauf ist hier geradlinig bis in Teilen schwach geschwungen.



Abb. 10: Beginn der Probestrecke „Kaserne“



Abb. 11: Probestrecke „Kaserne“ mit angrenzenden Nutzungen

3.4 Die Welse

Die Welse entspringt südwestlich von Ganderkesee zwischen den Ortschaften Bergedorf und Bürstel aus der Immer Bäke und zufließenden Wasserzügen und mündet am Stadtrand von Delmenhorst nach 17 km Länge in die Delme (ARGE WESER 1998). Laut ARGE WESER (1998) weist der Bach ein durchschnittliches Gefälle von 0,53 Promill auf und überwindet einen Höhenunterschied von 9 m. Die Fließgeschwindigkeiten bewegen sich überwiegend im Bereich zwischen 0,05 - 0,15 m/s (ARGE WESER 1998). Das Gewässer ist z.T. von bachbegleitenden Gehölzen gesäumt und durchfließt während ihres Laufes bis Delmenhorst in den meisten Teilen grünlandgeprägte Bereiche. Während dieser Laufstrecke ist die Struktur hauptsächlich deutlich bis sehr stark verändert. Lediglich kleine Bereiche weisen eine „nur“ mäßige strukturelle Veränderung auf. Bei Ankunft im Stadtgebiet Delmenhorst ist die Welse sehr stark bis vollständig verändert (KUHN 2015). Der Gewässerverlauf ist durch einen Wechsel von begradigten und leicht mäandrierenden Strecken geprägt, wobei die Breite mit anfangs 10 - 30 cm über 1 m (nahe Welsdorf) bis 5 m an der Delme-Mündung beschrieben ist (ARGE WESER 1998).

3.4.1 Probestrecke „Kaufland“

Mitten im Stadtgebiet Delmenhorst befindet sich die Strecke „Kaufland“. Der begradigte Gewässerverlauf ist auch in seiner Uferstruktur anthropogen überprägt (Abb. 12, 13). So weisen die Ufer in der Baum- und Krautschicht zwar einen beidseitigen Bewuchs auf, jedoch sind neben einigen standortgerechten Arten auch diverse standortuntypische Gehölze vorhanden. Als standortgerechte Arten sind *Alnus glutinosa* (Schwarz-Erle), *Fraxinus excelsior* (Esche) und *Salix spec.* (Weide), z.T. auch als Altbäume, anzutreffen. Als untypische Gehölze des Gewässerumfeldes hingegen sind *Betula pendula* (Birke), *Sorbus aucuparia* (Vogelbeere) und *Acer pseudoplatanus* (Berg-Ahorn) vorhanden. In der Krautschicht finden sich Ruderalarten wie z.B. *Artemisia vulgaris* (Beifuss) und *Rubus spec.* (Brombeere), sowie mit *Impatiens glandulifera* (Drüsiges Springkraut) und *Solidago canadensis* (Kanadische Goldrute) zwei neophytische Arten. Durch den Bewuchs ist nahezu die gesamte Probestrecke ausgesprochen gut beschattet. Im Gewässer selbst sind, bedingt durch die Stadtlage, Bauschuttreste und Glas, Metall etc. in nicht unerheblichem Maße anzutreffen. Die Ufer sind durch Befestigungen, sowie z.T. alte Mauern geprägt. Auch eine Brücke führt in diesem Bereich über die Welse. Durch künstlichen Kieseinbau im Jahre 2013 sind hier nahezu auf der gesamten Strecke potentielle Laichhabitate vorhanden. Ein Makrophytenbewuchs der Gewässersohle findet nicht statt.



Abb. 12: Beginn der Probestrecke „Kaufland“



Abb. 13: Geradliniger Gewässerverlauf der Probestrecke „Kaufland“

3. Naturraum und Lage des Untersuchungsgebietes

3.4.2 Probestrecke „Welsetal“

Anders stellt sich die untersuchte Strecke im Welsetal dar. Hier dominiert im Gewässerrumfeld die landwirtschaftliche Nutzung mit ihren Einflüssen. Die Gewässersohle weist überwiegend kiesiges Substrat auf, dessen Ursprung nicht abschließend geklärt ist (SALVA mdl. Mitt. 2018). In Teilbereichen findet sich auch ein schlammiger Untergrund mit ausgeprägtem Makrophytenbewuchs. Auf dem größten Teil der Strecke befindet sich in Fließrichtung linksseitig der Welse eine Grünlandnutzung mit grasbewachsener Böschung zum Gewässer. In Fließrichtung rechtsseitig ist ein Saum von überwiegend *Alnus glutinosa* (Schwarz-Erle), der jedoch auch Individuen der Arten *Quercus robur* (Stiel-Eiche), *Sorbus aucuparia* (Vogelbeere), *Salix spec.* (Weide) und *Fraxinus excelsior* (Esche) beinhaltet (Abb. 14). In der Krautschicht sind hauptsächlich die Arten *Urtica dioica* (Brennnessel), *Dryopteris spec.* (Farn), *Impatiens glandulifera* (Drüsiges Springkraut) und *Calystegia sepium* (Echte Zaunwinde), aber auch *Lythrum salicaria* (Blutweiderich) und *Eupatorium cannabinum* (Gewöhnlicher Wasserdost) anzutreffen. Oberhalb der Straßenbrücke befindet sich eine beidseitige Galerie aus *Alnus glutinosa*, zudem ein Altbaum von *Aesculus hippocastanum* (Rosskastanie). Im Zuge von Unterhaltungsmaßnahmen werden die schattenspendenden, über das Gewässer hängenden Äste der Erlen konsequent entfernt, sodass die Beschattungsfunktion nur eingeschränkt vorhanden ist. Der Gewässerverlauf ist überwiegend geradlinig bis kurvig (Abb. 15).



Abb. 14: Angrenzende Nutzungen der Probestrecke „Welsetal“



Abb. 15: Überwiegend geradliniger Gewässerverlauf der Probestrecke „Welsetal“

3.5 Der Eschenbach

Der Eschenbach ist ein kleines, ca. 2,4 km langes Fließgewässer, welches in der Ortschaft Horstedt in die Delme mündet (KUBITZKI et al. 2013). Das ehemals kanalisierte Gewässer wurde 2007/08 durch den ASV Harpstedt, den Landesfischereiverband Weser-Ems e.V. und den Ochtumverband aufwendig renaturiert. Durch den Einbau von Reisigfaschinen, Totholz, Kies und Störsteinen konnte eine Erhöhung der Fließgeschwindigkeit erreicht werden, wodurch sandüberlagerte Kiesbetten freigespült wurden (www.nwzonline.de). Der Bach ist seitdem als naturnah anzusehen und durchfließt Bruchwald- und Brachflächen. Er bietet neben einer teils kiesigen Gewässersohle auch eine auf die Gewässergröße bezogen starke Tiefenvarianz, sowie Totholz im Gewässer (Abb. 16, 17). Ende 2007 konnten in diesem Gewässer erstmals laichende Meerforellen beobachtet werden (www.nwzonline.de). Auch eine erfolgreiche, natürliche Reproduktion kann hier seit einigen Jahren nachgewiesen werden, weswegen der Bach weiter als Referenzgewässer für andere Renaturierungsplanungen fungiert (SALVA mdl. Mitt. 2017).



Abb. 16: Eschenbach mit Tiefenvarianz



Abb. 17: Kiesige Gewässersohle des Eschenbaches

4. Material und Methoden

Dieses Kapitel stellt, untergliedert in die einzelnen Segmente der Arbeit, die methodische Vorgehensweise, sowie die verwendeten Materialien und Hilfsmittel während der Bearbeitungsphase dar.

4.1 Elektrobefischungen

Die Elektrobefischungen wurden während der Laichzeit von Lachs und Meerforelle im Zeitraum vom 04.11.2017 – 27.12.2017 durchgeführt. Die Befischungen erfolgten mittels Watfischerei und langsamem Durchlaufen der Gewässer, wobei sich immer entgegen der Strömung bewegt wurde, um keine Fische zu verscheuchen (Abb. 18).

Verwendet wurden ausschließlich Geräte der Firma Brettschneider des Typs EFGI 650. Die Stromquelle stellt bei einer solchen Befischung ein Rückentragegerät in Form eines Blei- oder Lithium-Ionen-Akkus dar, welcher mit dem Bedienteil verbunden ist, dass vor dem Bauch getragen wird. An dieses Bedienteil werden über Kabel die



Abb. 18: Elektrobefischung an der Delme, Foto: Andre Vornhusen

Kathode (-Pol) in Form einer Kupferlitze und die Anode (+Pol) in Form einer metallenen, kescherähnlichen Fangvorrichtung montiert. Zwischen den beiden Polen entsteht ein Spannungsfeld, in dem die Fische unter Gleichstrom, sofern sie ausreichend Spannung abgreifen, zunächst eine Galvanotaxis (gerichtete Schwimmbewegung zur Anode), sowie im Bereich der Anode angekommen, eine Galvanonarkose erfahren. Es besteht die Möglichkeit mit Gleichstrom, was während der Befischungen ausschließlich praktiziert wurde, oder Impulsstrom zu fischen. Die Anwendung von Wechselstrom ist streng verboten, da dies bei den Tieren zu schweren Schäden oder Tötung führt. Gefangene Fische wurden in einem selbstgebauten Sammelbehälter, der von einer Person außerhalb des Spannungsfeldes hinterhergezogen wurde, zwischengehältet (Abb. 19).



Abb. 19: Sammelbehälter zur Zwischenhälterung, Foto: Jasmin Pelz

Am Ende der befischten Strecke wurden die Fische, vorausgesetzt es sind Männchen und Weibchen vorhanden, „abgestriffen“. Dabei wird zunächst geprüft, ob von beiden Geschlechtern laichreife Fische dabei sind. Ist das der Fall, erfolgt zunächst ein Abstreifen der Rogner, um anschließend die „Milch“ (Sperma) der

Milchner hinzuzufügen und eine künstliche Befruchtung durchzuführen (Abb. 20). Die befruchteten Eier wurden in einem fest verschlossenen und mit ausreichend Wasser gefüllten Behälter zur Brutanlage nach Oldenburg bzw. Zetel gebracht, wo diese erbrütet und im Frühjahr in die Gewässer besetzt wurden (Abb. 21).



Abb. 20: Abstreifen eines Merforellenrogners, Foto: Andre Vornhusen



Abb. 21: Besatz der erbrüteten Meerforellen

4.2 Laichplatzkartierung

Die Laichplatzkartierung erfolgte am 03.12.2017, 10.12.2017 und 22.12.2017. Die Auswahl der Untersuchungsstrecken erfolgte anhand von Erfahrungen laichender Fische aus den Vorjahren (SALVA mdl. Mitt. 2017). So wurden an der Delme zunächst die Strecken „Schütze“ und „Horstedt Feuerwehr“, sowie an der Welse „Kaufland“ und „Schanze“ ausgewählt. Im Zuge der ersten Begehungen konnten an den Strecken „Feuerwehr Horstedt“ und „Schanze“ jedoch keine Laichplätze gefunden werden, weshalb daraufhin die

4. Material und Methoden

Strecken „Welsetal“ an der Welse und „Kaserne“ an der Delme ausgewählt wurden. Die Strecken wurden durchwatet und gefundene Laichplätze wurden vor Ort auf einem Orthofoto eingezeichnet und anschließend mithilfe des Programms ArcGis digitalisiert. Dabei wurden die Laichplätze zusätzlich vermessen (Länge x Breite) und die Lage innerhalb des Gewässers notiert. Der kartierte Streckenabschnitt richtete sich dabei nach der Strecke, auf der auch die Elektrobefischungen durchgeführt wurden.

Die Benennung der Laichplätze sieht wie folgt aus:

Tab. 1: Beispielhafte Darstellung von Ergebnissen der Laichplatzkartierungen

Name des Laichplatzes	Größe des Laichplatzes	Lage im Gewässer
DK-LP 1	3 m x 2 m	Vorne
DS-LP 1	1,6 m x 2,2 m	Vorne
WK-LP 1	4 m x 3 m	Ganze Bachbreite
WW-LP 1	1,7 m x 1,6 m	Hinten

Der erste Buchstabe im Kürzel steht jeweils für das Gewässer, also D = Delme und W = Welse. Darauf folgt die Bezeichnung der Untersuchungsstrecke, womit z.B. „DK“ für „Delme Kaserne“ und „WK“ für „Welse Kaufland“ steht. Die Nummerierung erfolgt flussabwärts, womit „DK-LP 1“ der oberste und „DK-LP 3“ der unterste Laichplatz im Gewässerverlauf ist.

4.3 Sedimentprobennahme

Die Sedimentprobennahme wurde in zwei Etappen durchgeführt. Bei den früheren Laichplätzen am 03.12.2017, sowie bei den späteren am 27.12.2017 und am 09.01.2018. Die Probestelle lag jeweils zentral im oberen Bereich des Laichplatzes. Methodisch wurde sich bei der Durchführung am „Excavation-core-Sampler“ nach RENNEBECK (2015) orientiert. Dazu wurde ein 70 cm langes KG-Rohr mit 15 cm Durchmesser in ein 50 cm Stück ohne Muffe und ein 20 cm Stück mit Muffe zurechtgeschnitten. In die Muffe des kurzen Stückes wurde ein Muffenstopfen eingesetzt und anschließend mithilfe eines Holzteils als Abstandshalter umgekehrt an das lange Stück angeschraubt. Nun bestand die Möglichkeit, einen 6 l Gefrierbeutel in das kurze Rohrteil einzusetzen und das Sediment zu

überführen. Um dies zu erleichtern, wurde zusätzlich ein Muffenstopfen ausgeschnitten und als Verbindungselement oben über die beiden Rohrstücke aufgeschraubt (Abb. 22). Der Sampler wurde mithilfe eines Hammers bei jeder Probe 15 cm tief in den Laichplatz gerammt und das Sediment anschließend per Hand in den Gefrierbeutel überführt (Abb. 23).



Abb. 22: „Excavation-core-Sampler“ nach RENNEBECK (2015)



Abb. 23: Sedimentprobennahme, Foto: Jasmin Pelz

4.3.1 Korngrößenzusammensetzung

Die Fraktionierung der Sedimentproben in die verschiedenen Korngrößeklassen erfolgte, um Aussagen zur Korngrößenzusammensetzung der Laichplätze und besonders der Menge an Feinsediment ($< 2 \text{ mm}$) kurz nach dem Anlegen des Laichplatzes treffen zu können. Dieses hat einen Einfluss auf den Sauerstoffgehalt im Bereich der Eitasche. Zu viel Feinsediment erschwert eine gute Durchströmung des Laichplatzes, womit eine unzureichende Sauerstoffversorgung der Eier und Larven einhergeht.

Die Sedimentproben wurden nach der Entnahme kühl gelagert und anschließend im Trockenschrank bei 105°C mindestens 16 Stunden bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Zunächst wurde das Gesamttrockengewicht der Probe gewogen (3900 - 6300 g), anschließend die jeweils fraktionierten Korngrößen. Der verwendete Siebsatz enthielt 13

4. Material und Methoden

Siebe mit den Maschenweiten 100 mm, 63 mm, 45 mm, 32 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm und 0,06 mm. Der Siebvorgang wurde per Hand durchgeführt, wobei die feinmaschigen Siebe nach jeder Siebung mithilfe eines Pinsels zwischengesäubert wurden, um ein etwaiges Zusetzen der Maschen und damit verbundene Ungenauigkeiten auszuschließen. Die Bodenbenennung und Zuteilung der einzelnen Fraktionen erfolgte dabei nach der DIN 18196.

Mithilfe des Programms Microsoft Excel wurden anhand der Korngrößenklassen und der Massenanteile in % in den Proben Kornsummenkurven und Diagramme erstellt, die Unterschiede und Vergleiche zwischen den einzelnen Untersuchungsstrecken, Gewässern oder Laichplätzen einer Untersuchungsstrecke visualisieren.

4.3.2 Bestimmung der organischen Substanz

Der Gehalt an organischer Substanz (TOC = Total Organic Carbon) in den Sedimentproben wurde ermittelt, da mit dem Abbau organischer Substanz sauerstoffzehrende Prozesse einhergehen, die die Ergebnisse der Sauerstoffmessungen beeinflussen können. Die Feinsedimente (< 2 mm) wurden dazu vermischt und erneut im Trockenschrank bei 105 °C 16 Stunden bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, sowie anschließend im Exsikkator gelagert. Daraufhin erfolgte eine Portionierung, sowie ein maschinelles Mahlen der Portionen. Mithilfe des Messgerätes CS 500 Carbon Sulfur Determinator der Firma Eltra wurden Probenmengen zwischen 600 - 1100 mg eingewogen und bei ca. 1.250 °C verglüht, wodurch der prozentuale Anteil an TOC festgestellt werden konnte.

4.4 Messungen der abiotischen Parameter

4.4.1 Sauerstoff, pH-Wert, Leitfähigkeit, Wassertemperatur

Die Messungen der abiotischen Parameter umfassten den Sauerstoffgehalt, den pH-Wert, die Leitfähigkeit, sowie die Wassertemperatur der fließenden Welle. Weiterführend wurde an ausgewählten Laichplätzen der Sauerstoffgehalt im Kieslückensystem der Laichplätze, dem sogenannten hyporheischen Interstitial, im Bereich der vermuteten Eitasche gemessen. Dazu wurde sich methodisch zunächst an NIEPAGENKEMPER & MEYER

2003, sowie anschließend an der von RENNEBECK (2015) verwendeten Vorrichtung zur Gewinnung von Interstitialwasser aus Meerforellenlaichplätzen orientiert. Ein 50 cm langes Aluminiumrohr mit 6 mm Innen- und 8 mm Außendurchmesser wurde mithilfe eines 95 cm langen Schlauches mit 4 mm Innen- und 6 mm Außendurchmesser, sowie Schrumpfschlauch an den Verbindungsstellen mit einer 120 ml-Spritze verbunden. Die unteren 5 mm des Aluminiumrohres wurden wasserundurchlässig zugequetscht und im Bereich der unteren 5 cm des Rohres insgesamt 14 kleine Löcher mit 1 mm Durchmesser gebohrt (Abb. 24, 25). Der Stab konnte so bis zu einer Markierung bei 15 cm in den Laichplatz gesteckt werden. Durch das langsame Aufziehen der Spritze konnte das Interstitialwasser durch die Löcher in einer Entnahmetiefe von 10 - 13,5 cm gewonnen werden (Abb. 26). Der Spritzenkolben wurde dabei so groß gewählt, dass die Messungen direkt nach der Wasserentnahme im Kolben erfolgen konnten. Die Entnahmetiefe unterliegt jedoch vermutlich an jedem Laichplatz gewissen Schwankungen, da auch die Permeabilität (Durchlässigkeit) der Gewässersohle, sowie das die Messapparatur umgebende Substrat die Bedingungen beeinflussen.



Abb. 24: Vorrichtung zur Interstitialwasserentnahme nach RENNEBECK (2015)

Abb. 25: Detailaufnahme des Aluminiumstabes mit Bohrlöchern

Abb. 26: Entnahme von Interstitialwasser an der Probestrecke „Kaufland“, Foto: Jasmin Pelz

Durchgeführt wurden die Messungen mit dem Messgerät Multi 340i des Herstellers WTW, welches mit den verschiedenen Messsonden von der Hochschule Osnabrück geliehen werden konnte. Der Sauerstoffgehalt wurde mit einer CelloX 325-Sonde, der pH-Wert

4. Material und Methoden

mit der pH-Electrode SenTix 4.1 und die Leitfähigkeit mit der Sonde TetraCon 325, alle des Herstellers WTW, gemessen. Vor jedem Messdurchgang pro Untersuchungstrecke erfolgte eine Kalibrierung der Sonden. Die Wassertemperatur wurde von den drei Messsonden durch eine eingebaute Apparatur automatisch mitgemessen. Da die drei Sonden leichte Schwankungen im Bereich der Wassertemperatur aufwiesen, wurden die Werte gemittelt und dieser Wert als endgültige Temperatur angenommen.

4.4.2 Eisen

Bei der Ermittlung des Eisengehaltes des Wassers der fließenden Welle wurde zunächst mit einem Schnelltest der Firma JBL gearbeitet. Mit diesem Test wurde der Gesamteisengehalt bestimmt, wobei die Spanne des zu messenden Wertes jedoch lediglich im Bereich von 0,05 – 1,5 mg/l lag. Die ersten Messungen ergaben jedoch an allen Untersuchungstrecken immer ein Ergebnis, dass höher als 1,5 mg/l betrug. Da diese Tatsache zukünftig keine konkrete Aussage zuließ, wurde die Methode nach drei Messungen (10.12.17, 17.12.17, 22.12.17) mit über 1,5 mg/l Gesamteisengehalt geändert.

Ab dem 22.01.18 und bis zur letzten Messung am 07.04.18 wurde mit der neuen Methode gearbeitet. Mithilfe einer 50 ml-Spritze konnte Wasser aus der fließenden Welle entnommen und anschließend durch einen auf die Spritze geschraubten Membranfilter in einen 50 ml-fassenden Behälter überführt werden (Abb. 27).

Die Probe wurde direkt mit einem Tropfen Salpetersäure (HNO_3) konserviert, um ein Ausfällen des Eisens zu verhindern, was im Verlauf der Messungen Messfehler zur Folge gehabt hätte. Mit dieser Vorgehensweise konnten die Proben zunächst aufbewahrt und später im Labor der Gehalt an gelöstem Eisen (Fe^{2+}) ermittelt werden. Das partikelgebundene Eisen (Fe^{3+}), welches im Fließ-



Abb. 27: 50 ml-Spritze, Membranfilter und Probenbehälter

gewässer transportiert wird, bleibt dabei unberücksichtigt und wurde durch den Mem-

branfilter entfernt, da es wenig Auswirkungen in Bezug auf die behandelten Fragestellungen hat. Das gelöste Eisen hingegen kann im hyporheischen Interstitial im Bereich der Eier ausfallen und sich wie eine Haut um die Eier legen, womit die Sauerstoffversorgung der Eier verschlechtert bzw. verhindert werden kann (SALVA mdl. Mitt. 2018).

Im Labor wurden die Fe^{2+} -Gehalte mittels der Methode der Flammen-Atomabsorptionsspektrometrie in Anlehnung an die DIN ISO 11047:2003-05 ermittelt. Das verwendete Gerät war dabei ein AA Spectrometer der M-Serie und das Modell Solaar des Herstellers Unicam. Zunächst wurde ein Proben-Screening mit zwei Proben je Untersuchungsstrecke mittels einer Blindwertprobe (0,0 mg/l) und einer Standardlösung (10 mg/l) durchgeführt, um die Spanne der Eisengehalte einzugrenzen. Anschließend wurde mithilfe der Blindwertprobe, sowie 5 Standardlösungen (0,25 mg/l, 0,65 mg/l, 1,1 mg/l, 1,8 mg/l, 2,5 mg/l) die Kalibration des Gerätes durchgeführt. Nach jeder Messreihe einer Untersuchungsstrecke wurde die Standardlösung mit 1,1 mg/l zwischengemessen, um die Genauigkeit des Gerätes zu prüfen. Da bei drei Messungen (22.01.18 Kaserne, 22.01.18 Kaufland, 22.01.18 Welsetal) die Messwerte über der höchsten Kalibrationsstufe mit 2,5 mg/l lagen, wurden diese Proben 1:5 verdünnt, erneut gemessen, sowie anschließend das Messergebnis hochgerechnet um ein genaues Ergebnis zu erhalten.

4.5 Ei- und Larvalkontrollen

Im Zeitraum von 06.03.2018 – 09.04.2018 wurden zwischen zwei und vier Ei- und Larvalkontrollen pro Untersuchungsstrecke durchgeführt. Wurden während der ersten Untersuchung keine lebenden Eier oder Larven gefunden, wurde noch eine zweite Kontrolluntersuchung durchgeführt. Endete diese mit dem gleichen Ergebnis wurden die Kontrollen an diesem Laichplatz eingestellt. Sobald lebende Eier gefunden wurden, wurde die Untersuchungsstrecke nach einiger Zeit erneut aufgesucht, um zu prüfen, ob es zum Schlupf und ggf. sogar zur Emergenz der Larven kommt. Mit einer kleinen Handschaufel wurden die Laichplätze im Bereich der vermuteten Eitasche vorsichtig geöffnet. Ein feinmaschiger Kescher wurde dahinter gehalten, um aus den Laichplatz herausströmende Eier bzw. Larven aufzufangen. Anschließend erfolgte ein Auszählen

4. Material und Methoden

der Eier. Sobald lebende Eier oder Larven anzutreffen waren, wurde die Kontrolle an diesem Tag umgehend abgebrochen. Da herausgeströmte, lebende Eier keine weitere Überlebenschance im Gewässer haben, wurden diese in ein mit Wasser gefülltes Glas überführt und kühl gelagert. Kam es zum Schlupf der Larven wurden diese umgehend zurück in das Gewässer besetzt. Auf Anfrage der Universität Koblenz wurden gefundene Brütlinge konserviert und für wissenschaftliche Zwecke in Form von genetischen Untersuchungen zur Verfügung gestellt.

4.6 Niederschläge und Pegelstände

Für die Ermittlung der Niederschläge und Pegelstände wurde sich auf vorhandene Daten bezogen. Die Niederschlagsdaten wurden über den CDC FTP-Server des Deutschen Wetterdienstes heruntergeladen und für den Zeitraum vom 26.10.2017 – 23.04.2018 entnommen. Als Messstation wurde dabei die Station in Bassum ausgewählt, da diese durchschnittlich die geringste Entfernung zu den Untersuchungstrecken aufweist (ca. 20 km bis Klein Henstedt, Strecke „Schütze“).

Die Pegelstände wurden der vom NLWKN (Betriebsstelle Brake-Oldenburg) betriebenen Pegelmessstation Holzkamp an der Delme entnommen, die sich in unmittelbarer Nähe zur Untersuchungstrecke „Kaserne“ befindet. Die Daten wurden im Internet der Seite www.pegelonline.nlwkn.niedersachsen.de entnommen. Für die Welse stehen keine eigenen Pegeldaten zur Verfügung, aufgrund der Verbindung der Gewässer lassen sich die Daten aber ausreichend gut auf die Welse übertragen und dürften auch dortige Wasserstandsschwankungen widerspiegeln.

5. Ergebnisse

5.1 Laichhabitats Delme

5.1.1 Elektrofischungen

Die Ergebnisse der Elektrofischungen der Delme-Probestrecken werden in Tab. 2 und 3 dargestellt. *Salmo trutta trutta*, die Meerforelle, konnte mit neun Individuen an der „Schütze-Strecke“ (fünf Milchner, vier Rogner) und mit 13 Individuen an der Probestrecke „Kaserne“ (neun Milchner, vier Rogner) nachgewiesen werden. Bei „Schütze“ wurden die ersten drei Fische am 04.11.17 (zwei Milchner, ein Rogner), sowie die letzten vier Fische am 25.11.17 (zwei Milchner, zwei Rogner) gefangen. Die Längenverteilung der Fische bewegte sich im Bereich von 52 cm (Milchner, 18.11.17) bis 77 cm (Milchner, 25.11.17), wobei die durchschnittliche Größe der gefangenen Tiere an dieser Strecke 66,6 cm betrug. An der Probestrecke „Kaserne“ konnten die ersten drei Meerforellen am 18.11.17 (zwei Milchner, ein Rogner) erfasst werden. Die letzten Fänge erfolgten am 16.12.17 (drei Milchner, ein Rogner). Die Durchschnittsgröße an der „Kaserne“-Strecke betrug 64,2 cm, wobei das kleinste Individuum 53 cm (Milchner, 18.11.17), sowie das größte Tier 78 cm (Milchner, 16.12.17) maß.

An der Probestrecke „Schütze“ konnte am 25.11.17 zudem ein Individuum von *Salmo salar* gefangen werden. Hierbei handelte es sich um einen Rogner mit 74 cm Länge, der zum Zeitpunkt des Fangs noch nicht laichreif war. Ein Milchner derselben Art wurde ebenfalls gesichtet, konnte jedoch nicht gefangen werden (KOLHOFF mdl. Mitt. 2017).



Abb. 28: Meerforellenmilchner, 77 cm, gefangen am 25.11.2017 an der Probestrecke „Schütze“, Foto: Andre Vornhusen



Abb. 29: Lachsrogner, 74 cm, gefangen am 25.11.2017 an der Probestrecke „Schütze“, Foto: Andre Vornhusen

5. Ergebnisse

Tab. 2: Meerforellenfänge an den Probestrecken der Delme

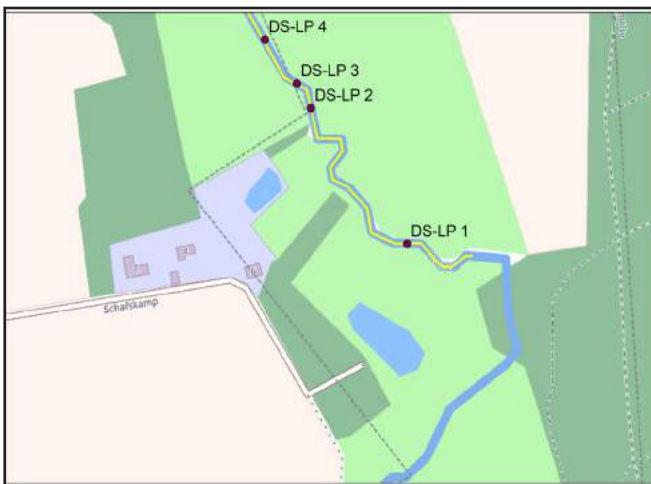
Meerforelle Delme			
Datum	Größe (cm)	Geschlecht	Fangort
04.11.2017	75	m	Schütze
	72	w	Schütze
	70	m	Schütze
18.11.2017	52	m	Schütze
	54	w	Schütze
	64	m	Kaserne
	60	w	Kaserne
	53	m	Kaserne
25.11.2017	77 (Abb. 28)	m	Schütze
	73	m	Schütze
	69	w	Schütze
	58	w	Schütze
	68	w	Kaserne
	59	w	Kaserne
	66	m	Kaserne
02.12.2017	73	m	Kaserne
	64	m	Kaserne
	67	m	Kaserne
16.12.2017	58	w	Kaserne
	78	m	Kaserne
	68	m	Kaserne
	56	m	Kaserne

Tab. 3: Lachsfänge an den Probestrecken der Delme

Lachs Delme			
Datum	Größe (cm)	Geschlecht	Fangort
25.11.2017	74 (Abb. 29)	w	Schütze

5.1.2 Lage der Laichplätze

Im Zuge der Laichplatzkontrollen konnten an den beiden Untersuchungsstrecken der Delme, „Schütze“ und „Kaserne“, insgesamt sieben Laichplätze erfasst werden, wobei sich vier bei „Schütze“ (Abb. 30) und drei bei der Kaserne (Abb. 31) befinden. Die gelb hinterlegte Strecke spiegelt die Strecke der Elektrobefischungen und somit die Untersuchungsstrecke wider. Die Untersuchungsstrecke bei „Schütze“ beträgt 456 m, was durchschnittlich 0,9 Laichplätze pro 100 m bedeutet. Bei der „Kaserne“-Strecke sind es im Mittel 1,03 Laichplätze pro 100 m (290 m Streckenlänge).

Abb. 30: Probestrecke „Schütze“ mit Laichplätzen, www.openstreetmap.deAbb. 31: Probestrecke „Kaserne“ mit Laichplätzen, www.openstreetmap.de

Alle Laichplätze wurden *Salmo trutta trutta* zugeordnet, wobei auf der „Schütze“-Strecke theoretisch auch die Möglichkeit eines Laichaktes von *Salmo salar* besteht, da ein Rogner auch dort nachgewiesen werden konnte (Vgl. Kap. 5.1.1). Der folgenden Tab. 4 sind die Größen der Laichplätze, die Daten der Kartierungen, sowie jeweils die Lage im Gewässer zu entnehmen.

5. Ergebnisse

Tab. 4: Ergebnisse der Laichplatzkartierungen an den Delme-Strecken

Datum	Laichplatz	Maße	Lage im Gewässer
03.12.2017	DS-LP 1	1,6 m x 2,2 m	Vorne
	DS-LP 2	1,2 m x 2 m	Mitte bis hinten
	DS-LP 3	2 m x 2,4 m	Mitte
22.12.2017	DK-LP 1	3 m x 2 m	Vorne
	DK-LP 2	2 m x 1,4 m	Vorne
	DK-LP 3	1 m x 2,2 m	Vorne
25.03.2018	DS-LP 4	1,30 x 1,50 m	Hinten

5.1.3 Sedimentproben

5.1.3.1 Korngrößenzusammensetzung

Bei der Betrachtung der Körnungskurven der Laichhabitate an den beiden Untersuchungsstrecken an der Delme, „Kaserne“ und „Schütze“, fallen zunächst keine signifikanten Unterschiede auf (Abb. 32).

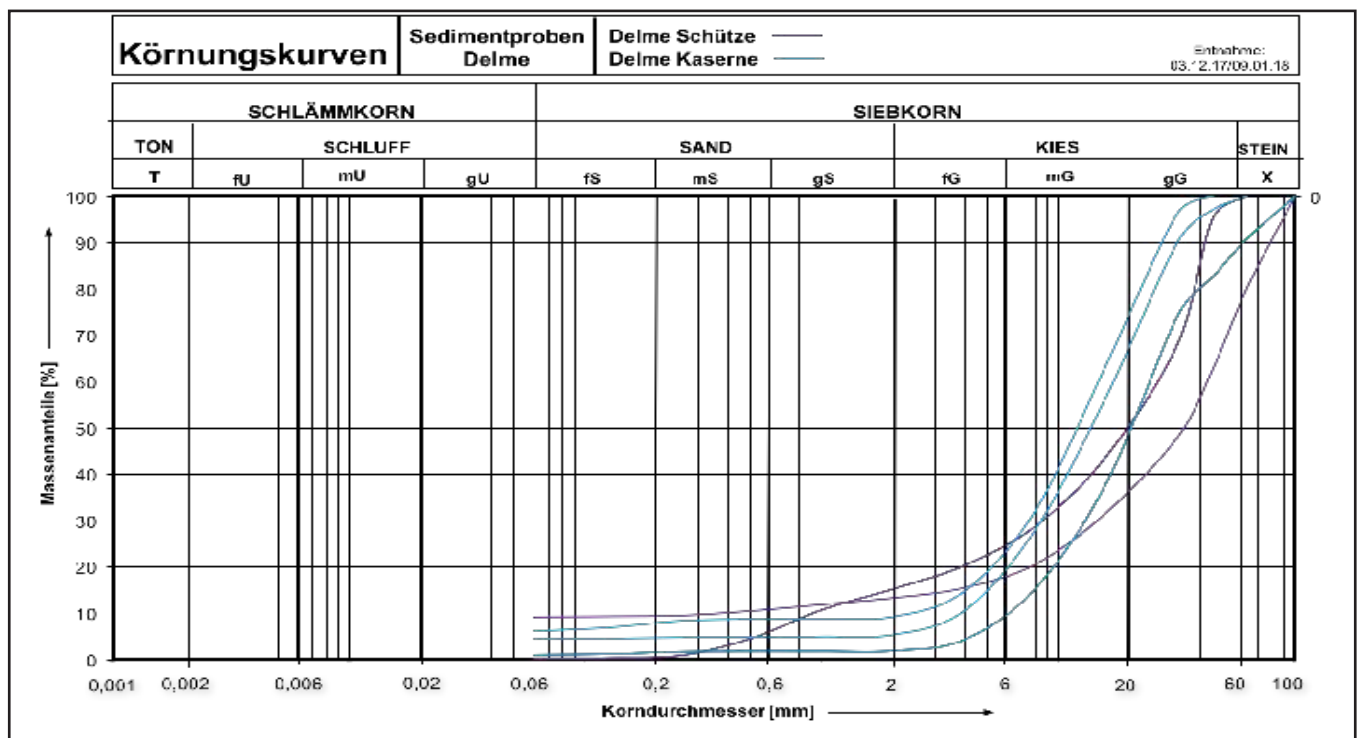


Abb. 32: Körnungskurven der Sedimentproben der Delme

Zwischen den Proportionen der einzelnen Sedimentfraktionen lässt sich jedoch erkennen, dass beim Laichplatz DS-LP 1 die Fraktionen > 63 mm, > 45 mm und > 16 mm dominieren, gefolgt von > 32 mm. Dagegen ist beim DS-LP 2 lediglich eine Dominanz der Fraktionen > 32 mm und > 16 mm auszumachen. Die Kategorie > 63 mm fehlt gänzlich und die > 45 mm-Ebene ist nur mit einem sehr geringen Anteil vorhanden. Generell ist am DS-LP 2 das Sediment etwas feiner, was auch am höheren Anteil der Fraktionen > 4 mm bis > 0,063 mm zu erkennen ist (Abb. 33, 34). Die gröberen Körnungen der Sedimentprobe des DS-LP 1 wiesen zudem einen bis zu 1 mm dicken Belag aus Eisenhydroxid (Fe^{3+}) auf.

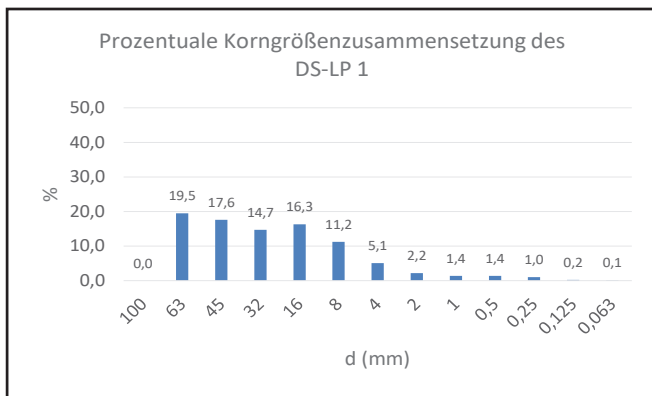


Abb. 33: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des DS-LP 1

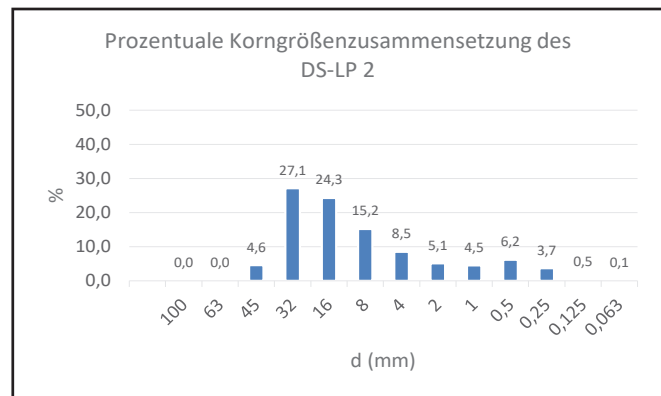


Abb. 34: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des DS-LP 2

Die Fraktionierung der Sedimentproben der Untersuchungsstrecke „Delme Kaserne“ offenbaren, dass beim DK-LP 1 die Fraktionen > 100 mm und > 63 mm fehlen und sich der Schwerpunkt bei den Körnungen > 16 mm (33,3 %) und > 8 mm (28,9 %) bewegt, gefolgt von > 4 mm (17,6 %). Die Anteile der Fraktionen > 0,5 mm bis > 0,063 mm sind verhältnismäßig gering (0,1 % bis 0,2 %) (Abb. 33). Die Probe DK-LP 2 stellt sich ähnlich dar. Neben den Fraktionen > 100 mm und > 63 mm fehlt auch hier die Fraktion > 45 mm. Auffällig ist zudem, dass der Anteil an sehr feinem Material mit 0,4 % (> 0,25 mm), 1,4 % (> 0,125 mm) und 0,8 % (> 0,063 mm) deutlich höher ist als bei den anderen Laichplätzen (Abb. 34).

Beim Blick auf den DK-LP 3 wird deutlich, dass hier auch die gröberen Körnungen > 63 mm (9,0 %) und > 45 mm (8,3 %) vertreten sind. Der Peak liegt deutlich bei > 16 mm mit 36,1 %, gefolgt von > 8 mm mit 22,9 %. Der Anteil an Feinsediment ist ähnlich dem des DK-LP 1, jedoch ist deutlich mehr Sediment der Fraktion > 0,125 mm (0,5 %) enthalten

5. Ergebnisse

(Abb. 35, 36, 37).

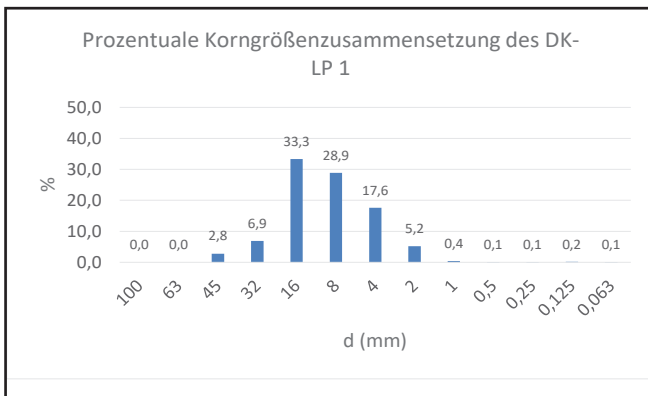


Abb. 35: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des DK-LP 1

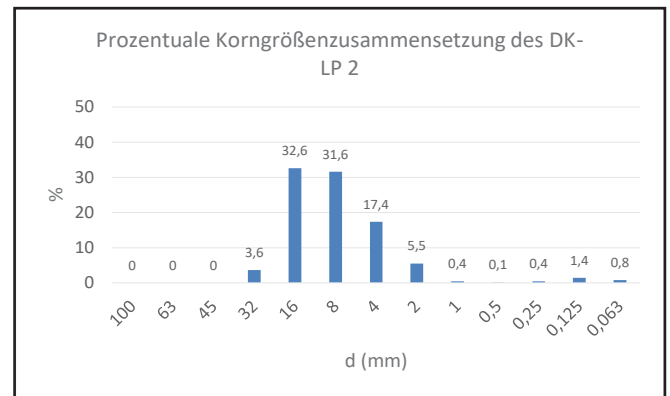


Abb. 36: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des DK-LP 2

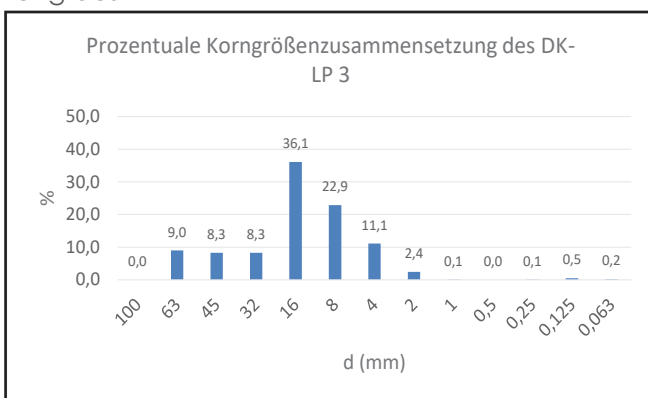


Abb. 37: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des DK-LP 3

5.1.3.2 Organische Substanz (TOC)

Die Ermittlung der organischen Substanz (TOC) in den Laichplätzen der Delme zeigte deutliche Unterschiede zwischen den Untersuchungsstrecken. Bei der Probe-
strecke „Kaserne“ liegen die Anteile bei 1,16 % (LP 3), 1,20 % (LP 1) und 1,53 % beim Laichplatz 2. Im Gegensatz dazu sind die Anteile bei der „Schütze-
Strecke“ wesentlich geringer. DS-LP 1 weist lediglich einen Anteil von 0,28 % auf, DS-LP 2 beinhaltet mit 0,33 % auch nur einen unwesentlich höheren Anteil organischer Substanz in der Probe (Abb. 38).

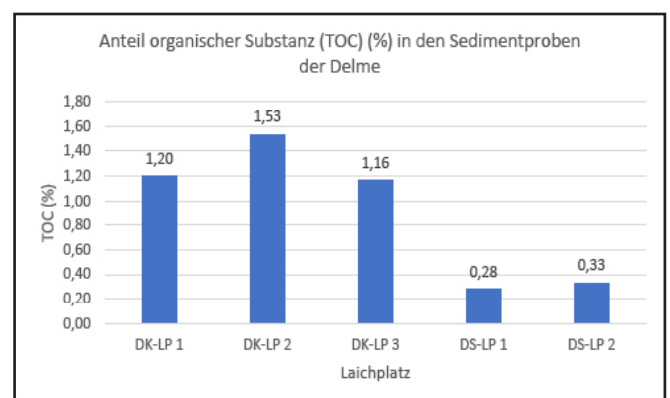


Abb. 38: TOC-Gehalte in den Sedimentproben der Delme

5.1.4 Abiotische Parameter

5.1.4.1 Sauerstoffgehalt des Interstitialwassers

Die Sauerstoffmessungen des Interstitialwassers ergaben an den Delme-Strecken diverse Ergebnisse. Am Laichplatz 1 der Probestrecke „Schütze“ konnte im Zuge der ersten Messung am 22.12.17 noch ein Sauerstoffgehalt von 6,34 mg/l erfasst werden. Im Anschluss war der Wert bis zum 09.01.18 noch nahezu gleichbleibend (6,19 mg/l), bevor ein Abfall auf bis zu 1,07 mg/l am 07.02.18 zu verzeichnen war. In der Folge war ein Schwanken der O_2 -Gehalte im Bereich zwischen 0,96 mg/l (25.02.18) und 1,52 mg/l (25.03.18) zu verzeichnen. Bei der letzten Messung am 07.04.18 konnte noch ein Gehalt von 1,36 mg/l Sauerstoff im Interstitialwasser ermittelt werden (Abb. 39). Der DS-LP 2 eröffnete nicht nur bezüglich der Konstitution des Laichplatzes ein anderes Bild. Auch die ermittelten Sauerstoffgehalte bewegen sich in einer anderen Spanne als dies beim DS-LP 1 der Fall war. Die erste Messung am 03.12.17 ergab einen Sauerstoffgehalt von 8,55 mg/l, welcher jedoch bis zur nächsten Messung am 22.12.17 auf 5,4 mg/l sank. Am 09.01.18 konnten noch 4,05 mg/l, am 22.01.18 sogar 4,78 mg/l nachgewiesen werden. Vier Tage später (26.01.18) betrug der O_2 -Gehalt jedoch nur noch 3,75 mg/l. Die Werte blieben bis zur letzten Messung am 07.04.18, bei der noch 3,04 mg/l ermittelt werden konnten, relativ konstant. Auffällig ist noch ein erhöhter Messwert am 25.02.18, der bei 4,93 mg/l lag (Abb. 40).

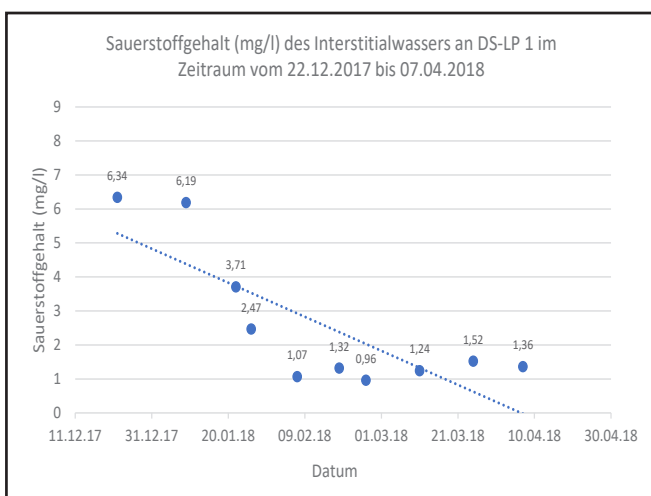


Abb. 39: Interstitialsauerstoffgehalt im DS-LP 1

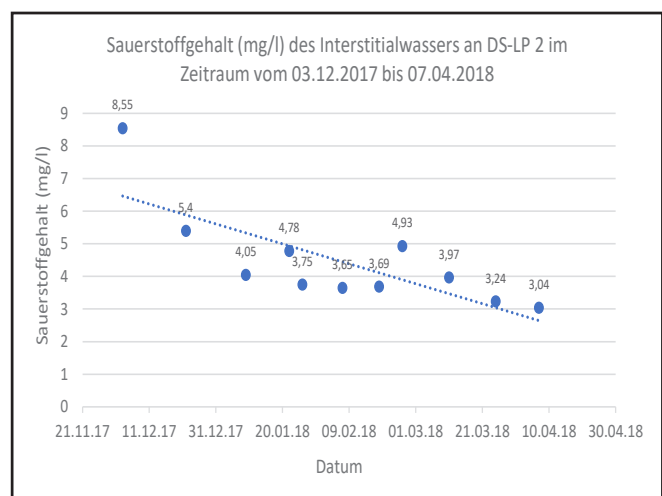


Abb. 40: Interstitialsauerstoffgehalt im DS-LP 2

5. Ergebnisse

Die Messungen an der Probestrecke „Kaserne“ zeigen andere Ergebnisse. Am DK-LP 1 wurde die erste Messung am 09.01.18 durchgeführt. Der hierbei ermittelte Gehalt betrug 4,72 mg/l Sauerstoff im Interstitial. Nach kurzzeitigem Sinken auf 3,44 mg/l (22.01.18) erfolgte ein Anstieg auf 5,34 mg/l nur vier Tage später am 26.01.18. Während der darauffolgenden Messung am 07.02.18 konnte ein Gehalt von 2,35 mg/l ermittelt werden. Bis zum 24.03.18 pendelten die Werte zwischen 1,48 mg/l (25.02.18) und 2,89 mg/l (18.02.18). Die letzte Messung (07.04.18) ergab einen O₂-Gehalt von noch 1,12 mg/l (Abb. 41).

Der zweite Laichplatz (DK-LP 2) wies zunächst einen Interstitialsauerstoffgehalt von 10,41 mg/l auf (09.01.18). Auch am 22.01.18 betrug der Gehalt noch 10,15 mg/l, bevor ein Sinken auf 8,11 mg/l am 26.01.18 zu vernehmen war. Zwischen dem 07.02.18 und dem 11.03.18 bewegten sich die Konzentrationen zwischen 11,65 und 6,99 mg/l Sauerstoff. Am 24.03.18 konnten 8,0 mg/l, am 07.04.18 noch 3,36 mg/l ermittelt werden (Abb. 42). Der erste Messwert am DK-LP 3 ergab eine Konzentration von 5,24 mg/l (22.12.17). Rund einen Monat später konnten am 26.01.18 immer noch 5,13 mg/l nachgewiesen werden. Auf den vorläufigen Tiefpunkt am 25.02.18 (3,26 mg/l) folgte ein Anstieg auf 4,66 mg/l (11.03.18). Die beiden letzten Messungen ergaben noch Konzentrationen von lediglich 1,48 mg/l am 24.03.18 und 1,66 mg/l am 07.04.18 (Abb. 43).

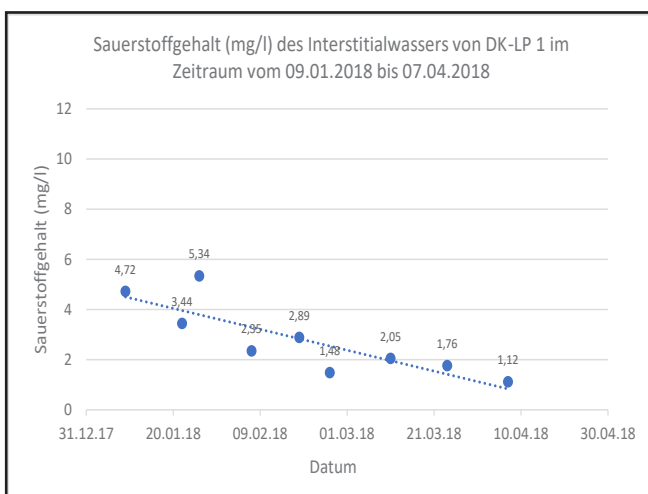


Abb. 41: Sauerstoffgehalt im DK-LP 1

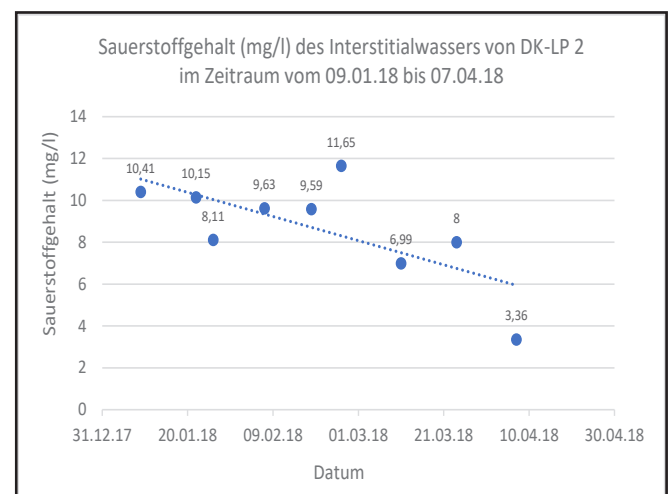


Abb. 42: Sauerstoffgehalt im DK-LP 2

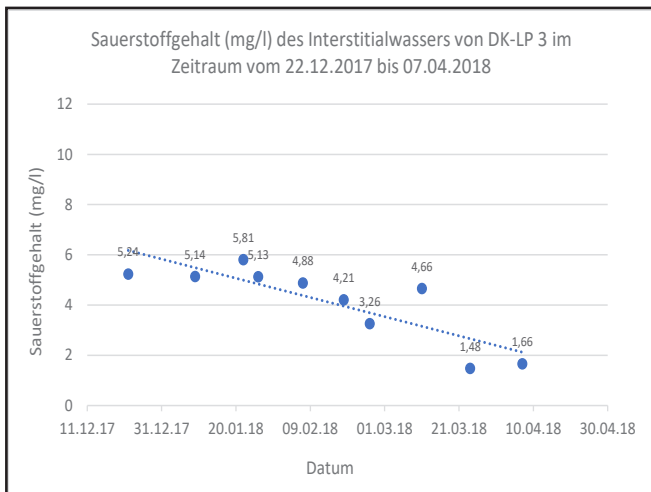


Abb. 43: Interstitialsauerstoffgehalt im DK-LP 3

5.1.4.2 Eisengehalt

Die Ergebnisse der Wasserprobenanalyse bezüglich der Fe^{2+} -Gehalte an den Untersuchungsstrecken der Delme sind in Abb. 44 dargestellt. Abgebildet sind zusätzlich die Ergebnisse aus dem Eschenbach, die stichprobenweise miterfasst wurden, um einen Referenzzustand eines Gewässers mit zumindest in Teilen erfolgreicher, natürlicher Reproduktion abzubilden. Auffällig ist, dass die Schwankungen der Gehalte an beiden Untersuchungsstrecken, sowie auch dem Eschenbach sehr ähnlich sind. Bei „Schütze“ (2,4 mg/l) und an der „Kaserne“ (3,6 mg/l) konnte der jeweils höchste Gehalt am 22.01.2018 nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu konnte der geringste Gehalt mit 0,4 mg/l bei „Schütze“, sowie mit 0,43 mg/l an der Kaserne je am 06.03.2018 erfasst werden. Im Durchschnitt lag der Fe^{2+} -Gehalt bei „Schütze“ bei den acht Messungen im Zeitraum vom 22.01.2018 bis 07.04.2018 bei 1,1 mg/l, während dieser an der „Kaserne“ 1,4 mg/l betrug. Im Eschenbach wurden fünf Messungen durchgeführt, wobei der höchste Wert am 07.02.2018 mit 1,1 mg/l und der geringste Wert mit 0,47 mg/l am 06.03.2018 nachgewiesen wurde. Das Mittel beträgt hier 0,8 mg/l. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass beim höchsten Gehalt an den anderen Strecken am 22.01.2018 keine Messung am Eschenbach durchgeführt wurde.

5. Ergebnisse

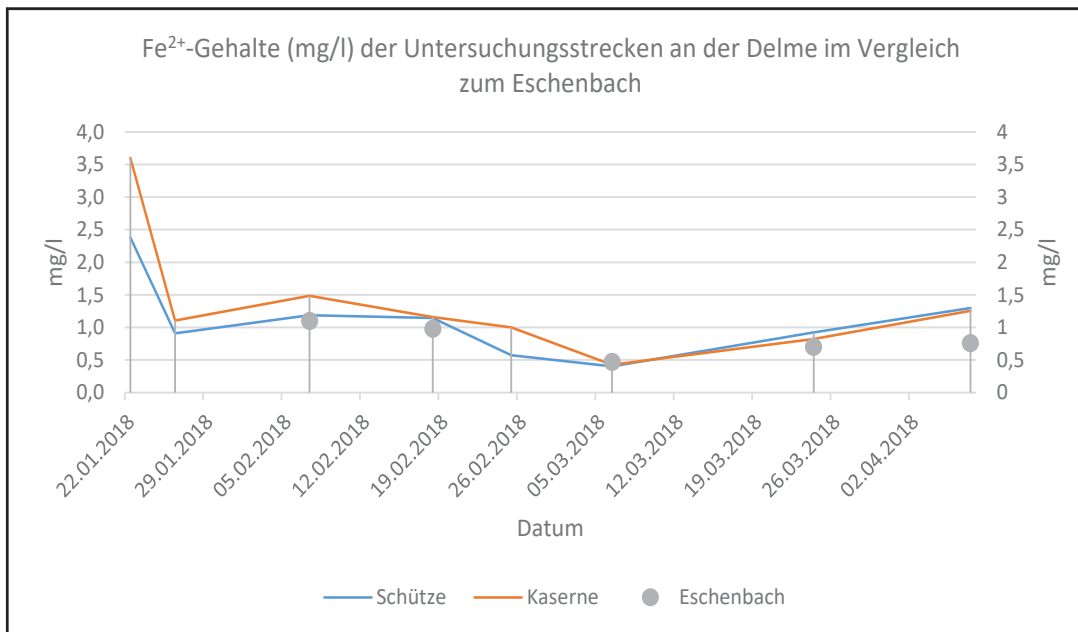


Abb. 44: Eisengehalte der Delme-Strecken

5.1.4.3 Parameter der fließenden Welle

Die Messungen in der fließenden Welle beinhalten die Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$), den pH-Wert, die Wassertemperatur ($^{\circ}\text{C}$), sowie den Sauerstoffgehalt (mg/l). Durchgeführt wurden die Messungen an der „Schütze-Strecke“ im Zeitraum vom 03.12.17-07.04.18 und an der Kaserne vom 17.12.17-07.04.18. Bei „Schütze“ konnte eine Leitfähigkeit im Bereich von $404 \mu\text{S}/\text{cm}$ (22.01.18/26.01.18) bis $468 \mu\text{S}/\text{cm}$ (03.12.17) ermittelt werden. Nach dem anfänglichen Hochwert am 03.12.17 war, mit Ausnahme eines kurzen Anstieges am 22.12.17, ein Sinken der Leitfähigkeit auf bis zu $404 \mu\text{S}/\text{cm}$ am 22.01.18 bzw. 26.01.18 zu erkennen. Anschließend erfolgte ein Anstieg auf bis zu $450 \mu\text{S}/\text{cm}$ am 25.02.18. Die letzten drei Messungen wiesen dann Werte von $413 \mu\text{S}/\text{cm}$ (11.03.18), $430 \mu\text{S}/\text{cm}$ (25.03.18) und $415 \mu\text{S}/\text{cm}$ (07.04.18) auf. Im Mittel lag die Leitfähigkeit bei den insgesamt 13 Messungen an der „Schütze-Strecke“ bei $433,3 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Bezüglich des pH-Wertes sind keine großen Schwankungen sichtbar. Lediglich der erste Messwert am 03.12.17 weist einen Wert von 8,4 auf. Alle anderen Messungen an dieser Untersuchungsstrecke bewegen sich in einer Spanne zwischen 7,17 (07.02.18) und 7,52 (25.03.18). Durchschnittlich lag der pH-Wert bei 7,42.

Die Wassertemperatur betrug im Durchschnitt $5,5^{\circ}\text{C}$. Die geringste Temperatur konnte

mit 0,6 °C am 07.02.18 festgestellt werden, die höchste ermittelte Temperatur betrug 11,8 °C (07.04.18).

Der Sauerstoffgehalt der fließenden Welle betrug bei der ersten Messung 10,55 mg/l (03.12.17). Die darauffolgenden drei Messungen im Zeitraum vom 10.12.17 bis 22.12.17 bewegten sich im Bereich von 11,12 bis 11,57 mg/l. Ein erster Peak war am 09.01.18 zu verzeichnen, bei dem eine Konzentration von 12,36 mg/l nachgewiesen wurde. Bei den drei anschließenden Messungen sank der Gehalt auf zunächst 11,87 mg/l (22.01.18), über 11,22 mg/l (26.01.18), bis hin zu nur noch 10,98 mg/l am 07.02.18. Die nächste Messung am 18.02.18 ergab jedoch einen erneuten Anstieg auf eine Konzentration von 12,1 mg/l, gefolgt vom Höchstwert der Messreihe, der am 25.02.18 mit 12,95 mg/l ermittelt werden konnte. Die letzten drei Messungen am 11.03.18, 25.03.18 und 07.04.18 wiesen mit Gehalten von 10,35 mg/l, 10,75 mg/l und 10,55 mg/l wiederum geringere Werte auf (Abb. 45). Im Durchschnitt lag der Sauerstoffgehalt der fließenden Welle bei den 13 Messungen bei 11,36 mg/l.

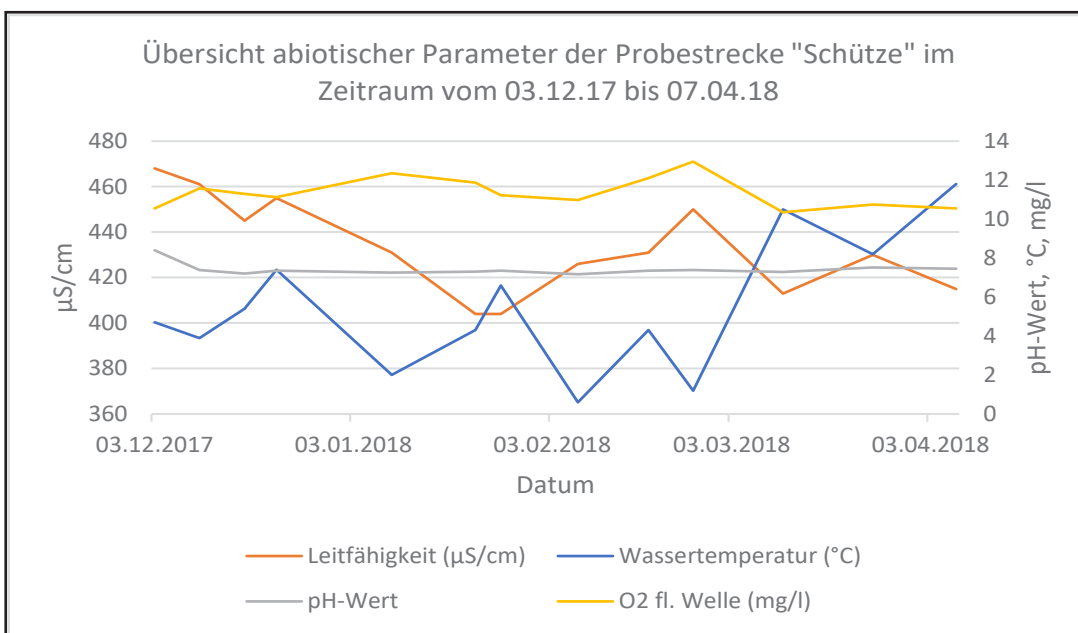


Abb. 45: Abiotische Parameter der Probestrecke „Schütze“

An der Probestrecke „Kaserne“ betrug die durchschnittliche Leitfähigkeit bei den elf durchgeführten Messungen 409 µS/cm, was deutlich unter dem Wert der „Schütze-Strecke“ liegt. Der geringste Wert konnte mit 389 µS/cm am 11.03.18 ermittelt werden, wohingegen der höchste Wert am 22.12.17 432 µS/cm betrug. Der pH-Wert war auch an dieser

5. Ergebnisse

Strecke im schwach sauren Bereich und schwankte zwischen dem Wert 7,2 (17.12.17) und 7,51 (22.12.17). Im Mittel betrug der Wert 7,35, was ebenfalls etwas unter dem der anderen Delme-Strecke liegt. Die Wassertemperatur wies bei den ersten beiden Messungen am 17.12.17 und 22.12.17 noch 5,3 °C bzw. 7,3 °C auf. Die niedrigste Temperatur konnte am 07.02.18 ermittelt werden und betrug lediglich 1,6 °C. Im Vergleich zur Probestrecke „Schütze“, bei der der geringste Wert am gleichen Tag gemessen wurde, war das Wasser an der Kaserne um 1,0 °C wärmer. Im Gegensatz dazu war die höchste Wassertemperatur bei der letzten Messung am 07.04.18 mit 9,8 °C nachzuweisen. Die Durchschnittstemperatur der elf Messungen liegt mit 5,3 °C wie auch schon die Werte des pH-Wertes und der Leitfähigkeit leicht unter den Messergebnissen der „Schütze-Strecke“. Das Bild der niedrigeren Werte an dieser Probestrecke zeigt sich auch für den Sauerstoffgehalt der fließenden Welle, der im Mittel 11,14 mg/l aufwies. Bei der ersten Messung am 17.12.17 konnten 11,24 mg/l ermittelt werden. Bei der folgenden Messung am 22.12.17 war ein Anstieg auf 11,59 mg/l festzustellen. Bis zur Messung am 09.01.18 war die Tendenz gleichbleibend und die Messung ergab 12,37 mg/l Sauerstoff. Am 22.01.18 konnten nur noch 10,94 mg/l, am 26.01.18 sogar nur noch 10,54 mg/l ermittelt werden. Darauf folgend war jedoch ein erneuter Anstieg zu verzeichnen. Über 10,78 mg/l am 07.02.18 und 12,1 mg/l am 18.02.18 konnte am 25.02.18 der Sauerstoff-Höchstwert mit 12,48 mg/l in der fließenden Welle nachgewiesen werden. Die letzten drei Messungen ergaben letztlich noch Gehalte von 10,0 mg/l (11.03.18), 10,35 mg/l (24.03.18) und 10,18 mg/l (07.04.18) (Abb. 46).

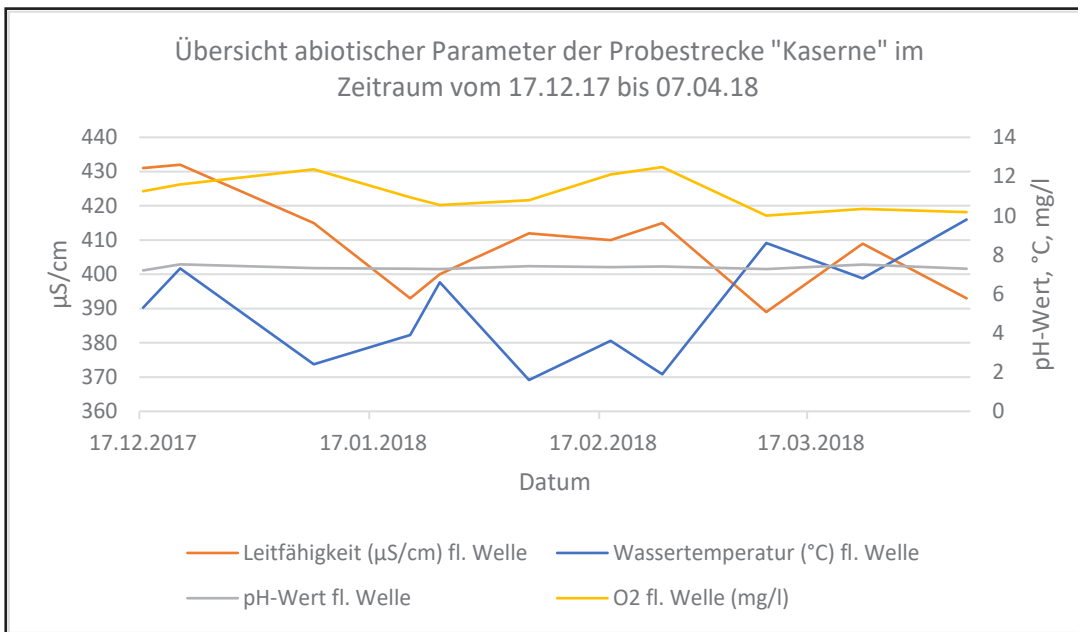


Abb. 46: Abiotische Parameter der Probestrecke „Kaserne“

5.1.5 Ei- und Larvalentwicklung

Im Zuge der Laichplatzkontrollen konnten an der „Schütze-Strecke“ an zwei von vier Laichplätzen Eier gefunden werden (DS-LP 2, DS-LP 3). An zwei Plätzen wurden zudem Brütlinge nachgewiesen (DS-LP 2, DS-LP 4). Lediglich an DS-LP 1 wurden bei zwei Kontrollen weder Eier noch Larven gefunden (Tab. 5). An DS-LP 2 konnten bei vier Kontrollen insgesamt 138 Eier (fünf lebende), sowie ein Brütling erfasst werden. An DS-LP 3 wurden bei zwei Kontrollen lediglich 27 tote Eier festgestellt. Der erst spät gefundene Laichplatz DS-LP 4 wurde einmal kontrolliert, wobei ein Brütling nachgewiesen werden konnte, der für genetische Untersuchungen der Uni Koblenz übergeben wurde.

5. Ergebnisse

Tab. 5: Ergebnisse der Laichplatzkontrollen an der „Schütze-Strecke“

Datum	Laichplatz	Anzahl Eier gesamt	davon lebende (Augenpunktstadium)	Brütlinge
06.03.2018	DS-LP 1	/	/	/
	DS-LP 2	37 (Abb. 47)	2	/
	DS-LP 3	3	/	/
11.03.2018	DS-LP 2	7	3	/
	DS-LP 3	24	/	/
24.03.2018	DS-LP 2	32	/	1 (Abb. 48)
09.04.2018	DS-LP 1	/	/	/
	DS-LP 2	62	/	/
	DS-LP 4	/	/	1



Abb. 47: Gefundene Eier am DS-LP 2, 37 tote, 2 lebende, 06.03.2018



Abb. 48: Brütling am DS-LP 2, 24.03.2018

Im Gegensatz zur „Schütze-Strecke“ konnten an der „Kaserne“ keine lebenden Eier oder Larven nachgewiesen werden. Bei zwei Laichplatzkontrollen am 06.03.18 und 09.04.18 konnten am DK-LP 1 keine, am DK-LP 2 insgesamt 25 tote, sowie am DK-LP 3 insgesamt 12 tote Eier gefunden werden (Tab. 6). Auffällig war im Zuge der Kontrollen an dieser Probestrecke der hohe Anteil an sehr feinem Sediment in den oberen Substratschichten, sowie ein sehr geringes Makrozoobenthosaufkommen.

Tab. 6: Ergebnisse der Laichplatzkontrollen an der „Kaserne-Strecke“

Datum	Laichplatz	Anzahl Eier ge- samt	davon lebende (Augenpunkt- stadium)	Brütlinge
06.03.2018	DK-LP 1	/	/	/
	DK-LP 2	12	/	/
	DK-LP 3	3	/	/
09.04.2018	DK-LP 1	/	/	/
	DK-LP 2	13	/	/
	DK-LP 3	9	/	/

5.2 Laichhabitate Welse

5.2.1 Elektrobefischungen

Die Tab. 7 und 8 stellt die Ergebnisse der Elektrobefischungen an den Probestrecken „Kaufland“ und „Welsetal“ in der Welse dar. Insgesamt konnten bei „Kaufland“ acht Meerforellen (drei Milchner, fünf Rogner), eine Bachforelle (Rogner) und elf Lachse (vier Milchner, sieben Rogner), verteilt auf zehn Befischungen nachgewiesen werden. Der Fang der Bachforelle erfolgte am 04.11.17. Am 11.11.17 konnten die ersten fünf Meerforellen (zwei Milchner, drei Rogner), die eine Größe zwischen 55 cm und 73 cm aufwiesen, an dieser Strecke gefangen werden. Das letzte Individuum von *Salmo trutta trutta*, ein Rogner mit 56 cm, wurde am 13.12.17 erfasst. Die Durchschnittsgröße der drei Milchner betrug 62,3 cm, die der fünf Rogner 64 cm. Auffällig ist die Anzahl der gefangenen Lachse an der „Kaufland-Strecke“. Der erste Fisch konnte am 16.12.17 gefangen werden und war ein Milchner mit 69 cm Länge. Die meisten Tiere wurden am 23.12.17 nachgewiesen (drei Rogner, ein Milchner), unter denen sich auch der größte gefangene Lachs befand (Rogner, 92 cm). Der Nachweis der letzten drei Individuen, ein Milchner (73 cm) und zwei Rogner (79 und 85 cm), erfolgte am 27.12.17. Somit beträgt der Zeitraum der gefangenen Fische der Art *Salmo salar* lediglich elf Tage. Die Rogner wiesen im Mittel eine Größe von 80 cm, die Milchner von 70 cm auf.

An der Probestrecke „Welsetal“ wurden im Zuge des Laichfischfangs zwölf Individuen der Art *Salmo trutta trutta* (zehn Rogner, zwei Milchner) nachgewiesen. Die Fänge verteilten sich jedoch lediglich auf zwei Befischungstermine, bei denen am 18.11.17 ein Fisch (Rogner, 55 cm), sowie am 02.12.17 elf Fische (neun Rogner, zwei Milchner) erfasst wurden. Die zehn weiblichen Tiere wiesen eine durchschnittliche Länge von 56,6 cm, die beiden männlichen Tiere von 69 cm, auf. Ein Lachs konnte an dieser Probestrecke nicht gefangen werden.

5. Ergebnisse

Tab. 7: Meerforellenfänge an den Probestrecken der Welse

Meerforelle Welse			
Datum	Größe (cm)	Geschlecht	Fangort
04.11.2017	47 (Bachforelle)	w	Kaufland
11.11.2017	55	m	Kaufland
	63	m	Kaufland
	73	w	Kaufland
	69	w	Kaufland
	67	w	Kaufland
18.11.2017	55	w	Welsetal
02.12.2017	55	w	Welsetal
	56,5	w	Welsetal
	64	w	Welsetal
	56	w	Welsetal
	64	w	Welsetal
	50	w	Welsetal
	48	w	Welsetal
	61	w	Welsetal
	56	w	Welsetal
	65	m	Welsetal
	73 (Abb. 50)	m	Welsetal
	69	m	Kaufland
09.12.2017	55	w	Kaufland
13.12.2017	56	w	Kaufland

Tab. 8: Lachsfänge an den Probestrecken der Welse

Lachs Welse			
Datum	Größe (cm)	Geschlecht	Fangort
16.12.2017	69	m	Kaufland
20.12.2017	70	m	Kaufland
	80	w	Kaufland
21.12.2017	71	w	Kaufland
23.12.2017	92	m	Kaufland
	77	w	Kaufland
	76	w	Kaufland
	68	m	Kaufland
27.12.2017	73	m	Kaufland
	79	w	Kaufland
	85 (Abb. 49)	w	Kaufland



Abb. 49: Lachsrogner an der Probestrecke „Kaufland“, 85 cm, 27.12.2017



Abb. 50: Meerforellenmilchner an der Probestrecke „Welsetal“, 73 cm, 02.12.2017, Foto: Jasmin Pelz

5.2.2 Lage der Laichplätze

An der Welse wurden im „Welsetal“ (Abb. 51), sowie bei „Kaufland“ (Abb. 52) insgesamt acht Laichplätze kartiert (jeweils vier). Die farbig hinterlegte Strecke im Gewässerverlauf entspricht der Untersuchungsstrecke, die wiederum der Strecke der Elektrobefischungen entspricht. Die Dichte der Laichplätze ist bei der 584 m langen „Kaufland-Strecke“ mit 0,7 Laichplätzen pro 100 m etwas höher als bei der „Welsetal-Strecke“, die 610 m lang ist und bei der auf die 100 m im Durchschnitt 0,6 Laichplätze kommen.

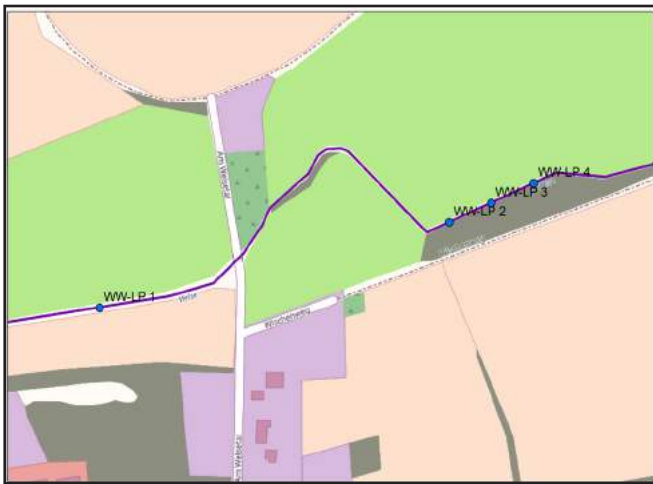


Abb. 51: Probestrecke „Welsetal“ mit Laichplätzen, www.openstreetmap.de

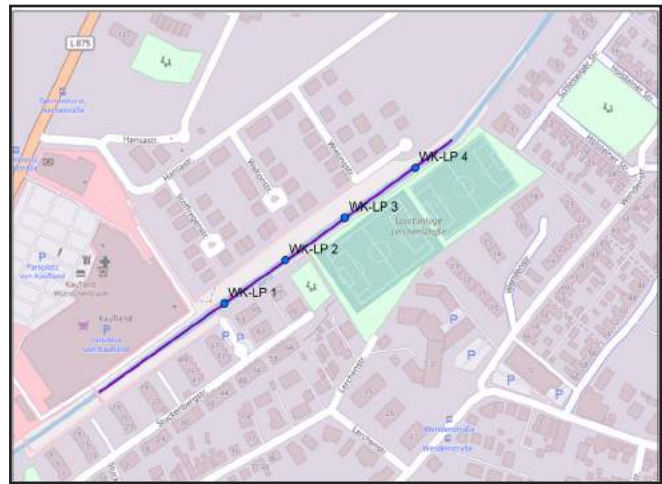


Abb. 52: Probestrecke „Kaufland“ mit Laichplätzen, www.openstreetmap.de

Die Laichplätze am „Welsetal“ wurden allesamt der Meerforelle zugeordnet, während bei „Kaufland“ drei Plätze der Meerforelle und auch einer (WK-LP 1) dem Lachs zugeordnet wurde. Der Tab. 9 sind die Größen der Laichplätze, die Daten der Kartierung, sowie jeweils die Lage im Gewässer zu entnehmen.

Tab. 9: Ergebnisse der Laichplatzkartierungen an den Welse-Strecken

Datum	Laichplatz	Maße	Lage im Gewässer
03.12.2017	WK-LP 4	3 m x 1,6 m	Vorne
22.12.2017	WK-LP 1	4 m x 3 m	Ganze Bachbreite
	WK-LP 2	2,3 m x 1,3 m	Hinten
	WK-LP 3	1,5 m x 1,3 m	Mitte

	WW-LP 1	2,3 m x 1,8 m	Vorne
	WW-LP 2	1,7 m x 1,6 m	Hinten
	WW-LP 3	1,5 m x 1 m	Mitte bis hinten
	WW-LP 4	1,3 m x 1,5 m	Mitte

5.2.3 Sedimentproben

5.2.3.1 KorngröÙenzusammensetzung

Bei Betrachtung der Körnungskurven der Proben aus der Welse wird direkt ersichtlich, dass zwischen den beiden Untersuchungsstrecken Unterschiede in der Sedimentzusammensetzung bestehen. An zwei Laichplätzen im „Welseetal“ ist ein deutlich feineres Sediment anzutreffen, was an den Anteilen $< 0,06$ mm, dem steileren Anstieg der Kurven im sandigen Bereich (0,2 mm bis 2 mm) und auch im Fein- und Mittelkiesbereich (2 mm bis 20 mm) zu erkennen ist (Abb. 53).

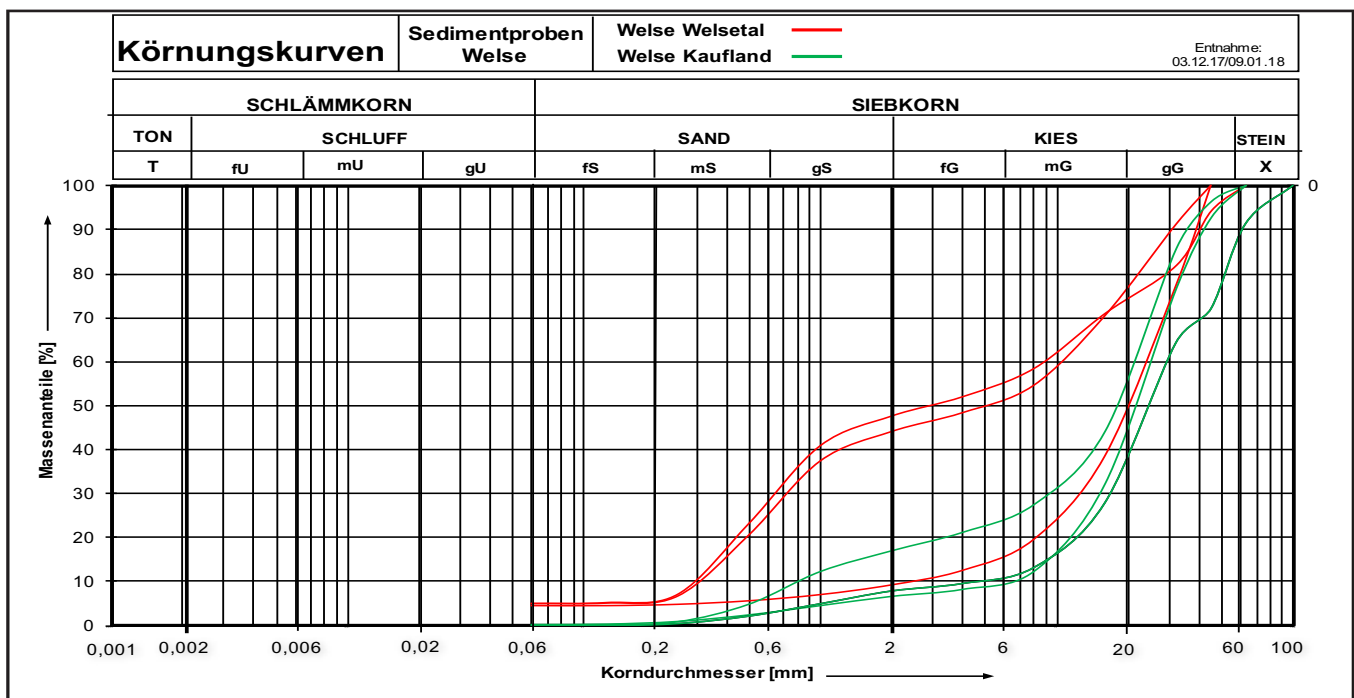


Abb. 53: Körnungskurven der Sedimentproben der Welse

Ein differenzierter Blick auf die einzelnen KorngröÙenzusammensetzungen der Laichplätze eröffnet weitere Unterschiede. Bei den drei Proben aus dem Welseetal fällt auf, dass die Sedimentzusammensetzung von WW-LP 2 und WW-LP 3 sehr ähnlich ist. Ein Peak liegt jeweils im Bereich zwischen > 32 mm bis > 8 mm, sowie im Bereich zwischen $> 0,5$ mm

5. Ergebnisse

und > 0,25 mm. Auch die Anteile der feinsten Fraktionen > 0,125 mm und > 0,063 mm sind verhältnismäßig hoch. Beim WW-LP 3 ist zusätzlich die Fraktion > 45 mm vorhanden (5,7 %). Die Proportionen des WW-LP 4 weichen deutlich von den anderen beiden Laichplätzen ab. Der Peak liegt auch hier bei den Fraktionen > 32 mm (22,8 %), > 16 mm (38,7 %) und > 8 mm (18,9 %). Die feineren Sedimente weisen allerdings geringere Anteile auf. Die Fraktionen > 0,5 mm und > 0,25 mm fallen mit 1,4 % bzw. 0,8 % nicht schwerer ins Gewicht. Auch die Größen > 0,125 mm und > 0,063 sind mit lediglich 0,3 % und 0,01 % in deutlich geringerem Maße vorhanden (Abb. 54 - 56). Wie auch an einem Laichplatz der „Schütze-Strecke“ an der Delme, waren auch hier an allen drei beprobten Laichplätzen die groben Körnungen von einem Belag aus Eisenhydroxid (Fe^{3+}) überzogen. Zudem konnten Flussnapfschnecken (*Ancylus fluviatilis*) in den Proben gefunden werden.

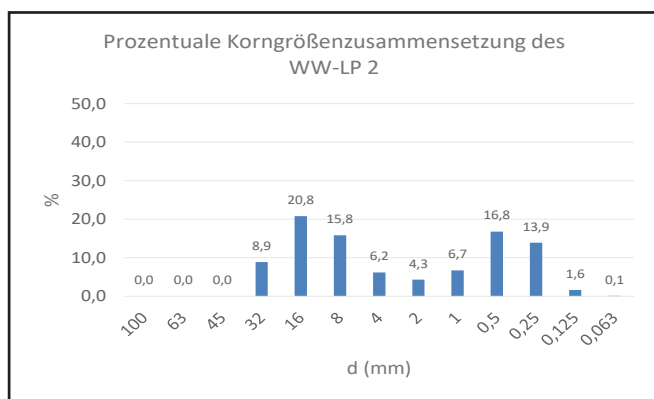


Abb. 54: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des WW-LP 2

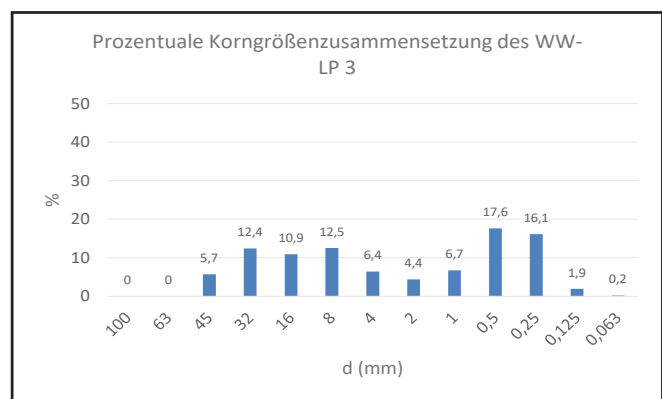


Abb. 55: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des WW-LP 3

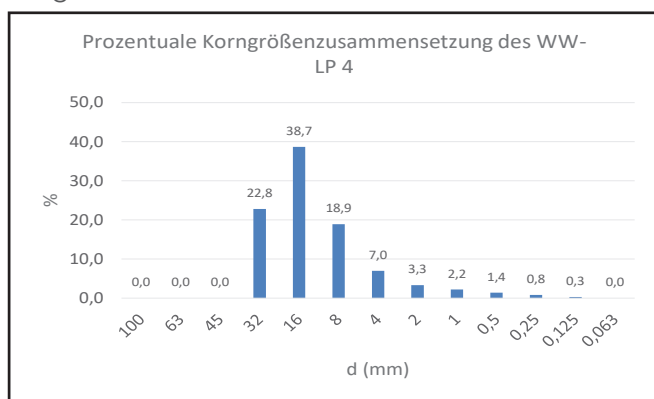


Abb. 56: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des WW-LP 4

Die Laichplätze der „Kaufland-Strecke“ weisen eine andere Sedimentbeschaffenheit auf. Den höchsten Anteil weist an allen drei beprobten Laichplätzen die Fraktion > 16

mm auf. An WK-LP 1 und WK-LP 4 gefolgt von > 8 mm, an WK-LP 3 von > 45 mm. Auch in den Anteilen der feineren Sedimente < 4 mm ähneln sich WK-LP 1 und WK-LP 3, wobei die Werte mit Ausnahme der Fraktion > 0,063 beim WK-LP 3 geringfügig höher sind. Der letztgenannte Laichplatz weist generell das gröbste Sediment auf. Hier ist im Gegensatz zu den anderen beiden Laichplätzen auch die Fraktion > 63 mm vorhanden (8,7 %). Außerdem waren Teerreste in der Probe des WK-LP 3 enthalten. Auffällig beim WK-LP 4 ist der erhöhte Anteil der Korngrößen < 8 mm. Die Fraktion > 0,5 mm ragt hier mit einem Anteil von 7,4 % noch leicht aus der Reihe heraus (Abb. 57 - 59). Zudem wurden auch hier Teer, sowie Glasreste und Bauschuttfragmente in der Sedimentprobe gefunden.

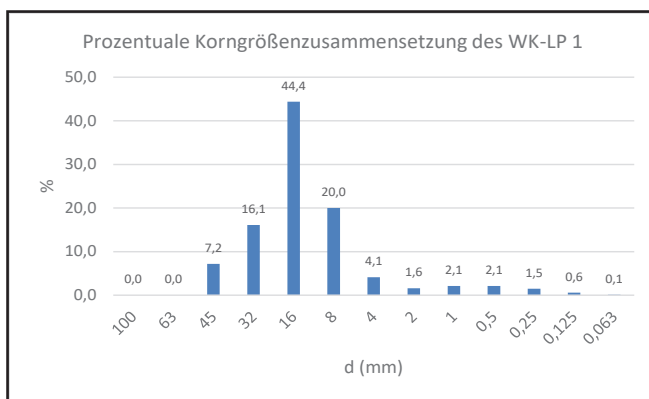


Abb. 57: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des WK-LP 1

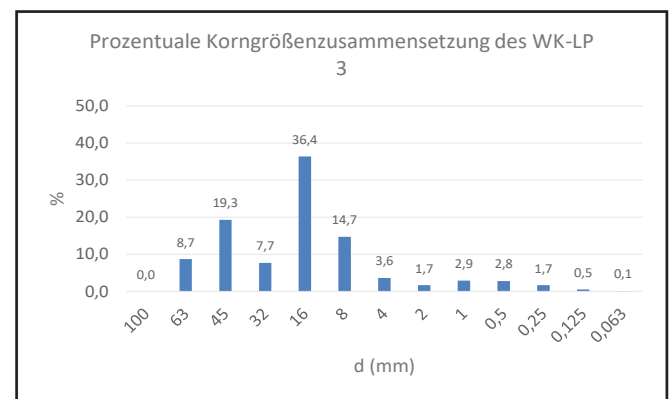


Abb. 58: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des WK-LP 3

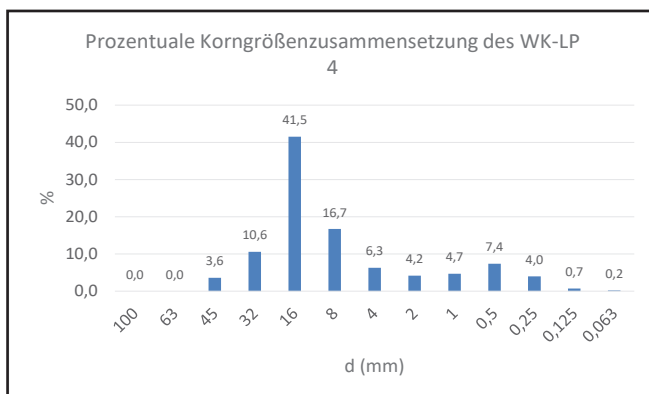


Abb. 59: Prozentuale Korngrößenzusammensetzung des WK-LP 4

5.2.3.2 Organische Substanz (TOC)

Im Vergleich zur Delme bewegen sich die TOC-Gehalte der Proben aus der Welse im Bereich zwischen denen der beiden Untersuchungsstrecken der Delme. Beim Standort „Kaufland“ liegen die TOC-Gehalte innerhalb der Sedimentproben relativ eng beiein-

5. Ergebnisse

ander.

So liegen die Anteile bei 0,46 % (LP 3), 0,50 % (LP 4) und 0,63 % (LP 1). Etwas höher, allerdings noch deutlich unter den Werten der „Kaserne“, sind die Anteile in den Proben im „Welsetal.“ Den Peak bildet hier WW-LP 4 mit 0,87 %, gefolgt von WW-LP 2 mit 0,62 %. In der Probe des WW-LP 3 waren lediglich 0,56 % nachzuweisen (Abb. 60).

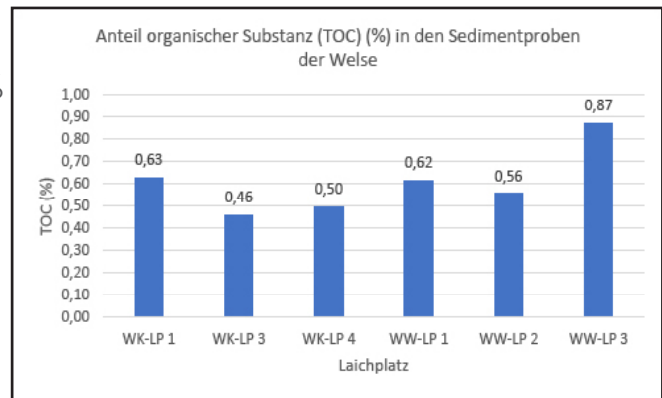


Abb. 60: TOC-Gehalte in den Sedimentproben der Welse

5.2.4 Abiotische Parameter

5.2.4.1 Sauerstoffgehalt im Interstitialwasser

Die vier Laichplätze der „Kaufland-Strecke“ weisen hinsichtlich des Sauerstoffgehaltes im Interstitial verschiedene Entwicklungen auf. Beim WK-LP 1 stieg der O_2 -Gehalt zunächst bis zum 27.12.2017 auf 7,93 mg/l an, bevor dieser dann bei der nächsten Messung am 22.01.2018 nur noch lediglich 4,92 mg/l betrug. Nur vier Tage später (26.01.2018) konnten nur noch 3,62 mg/l nachgewiesen werden. Die Messung am 25.02.2018 eröffnete noch immer einen Gehalt von 3,73 mg/l, bevor dieser bis zur letzten Messung am 07.04.2018 auf 1,02 mg/l sank (Abb. 61). Die Messungen an WK-LP 2 ergaben zunächst ein Sinken des Gehaltes von 6,4 mg/l am 10.12.2017 bis auf 1,53 mg/l am 27.12.2017. Anschließend stieg der Sauerstoffgehalt bis zum 26.01.2018 auf bis zu 4,35 mg/l. Bis zur letzten Messung am 07.04.2018 sank der Wert auf 1,4 mg/l, wobei in der Zwischenzeit noch ein kurzer Anstieg (3,23 mg/l am 25.02.2018) zu verzeichnen war (Abb. 62). Der dritte Laichplatz (WK-LP 3) zeigte einen ähnlichen Verlauf der O_2 -Gehalte. Bei der ersten Messung am 22.12.2017 betrug der Sauerstoffgehalt noch 7,63 mg/l, bevor dieser nach kurzem Anstieg auf bis zu 2,48 mg/l (07.02.2018) sank. Auch hier war ein erneuter kurzzeitiger Anstieg bis zum 25.02.2018 (3,58 mg/l) zu erkennen, anschließend sank der Gehalt bis zum 07.04.18 jedoch wieder bis auf 1,26 mg/l (Abb. 63). Auch der WK-LP 4 wies Schwankungen im Sauerstoffgehalt auf. Hier wurde die erste Messung bereits am 03.12.2017 durch-

geführt, bei der 7,46 mg/l nachzuweisen waren. Bereits eine Woche später (10.12.2017) betrug der Gehalt nur noch lediglich 2,65 mg/l. Die Messung am 17.12.2017 ergab wieder einen O₂-Gehalt von 6,8 mg/l. Bis zum 07.04.2018 sanken die Werte jedoch auch hier bis auf 1,31 mg/l, wobei kurze Anstiege am 26.01.2018 (3,62 mg/l) bzw. am 18.02.2018 (3,57 mg/l) zu erkennen waren (Abb. 64).

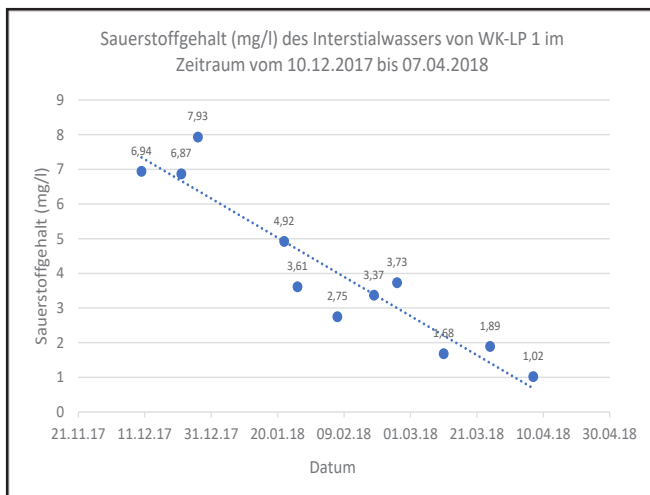


Abb. 61: Interstitialsauerstoffgehalt im WK-LP 1

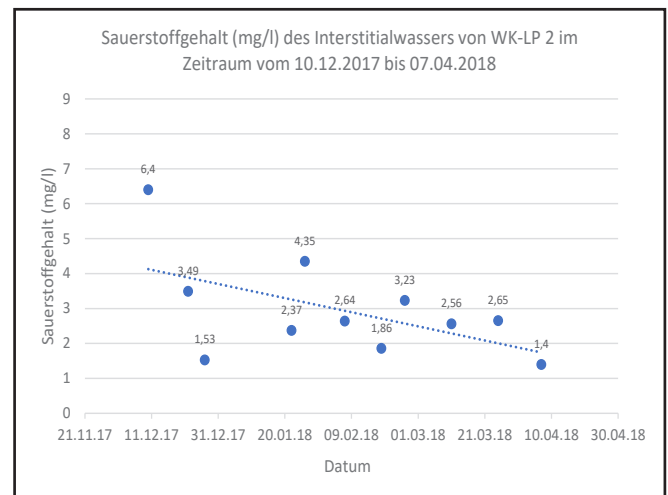


Abb. 62: Interstitialsauerstoffgehalt im WK-LP 2

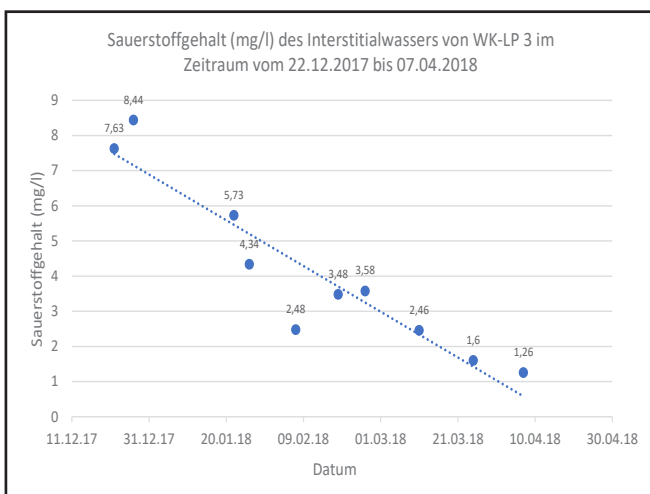


Abb. 63: Interstitialsauerstoffgehalt im WK-LP 3

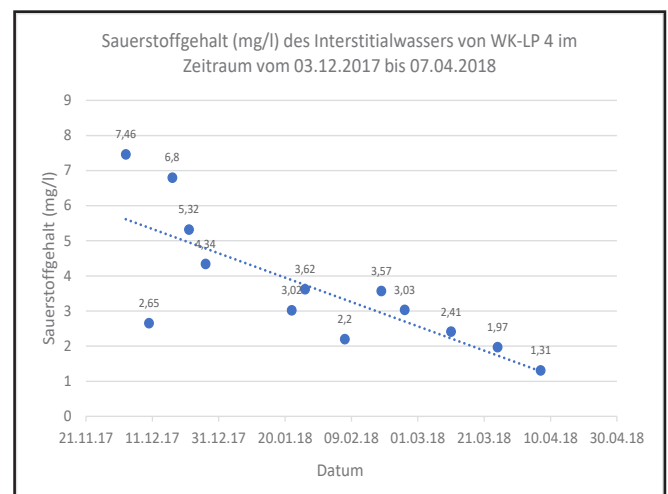


Abb. 64: Interstitialsauerstoffgehalt im WK-LP 4

Die „Welsetal-Strecke“ weist im Vergleich zu „Kaufland“ deutlich geringere Sauerstoffgehalte im Interstitialwasser auf. Am Laichplatz WW-LP 2 konnte während der ersten Messung am 22.12.2017 noch ein Gehalt von 1,6 mg/l ermittelt werden. Dieser stieg bis zum 27.12.2017 sogar noch bis auf 2,59 mg/l an, sank anschließend jedoch bis auf 0,54 mg/l ab (26.01.2018). Auch danach folgten weitere Schwankungen. So erfolgte ein Anstieg bis zum 25.02.2018 auf 1,13 mg/l, gefolgt von einem Sinken auf 0,53 mg/l bis zum

5. Ergebnisse

11.03.2018. Bis zur letzten Messung am 07.04.2018 stieg der O_2 -Gehalt erneut auf 1,18 mg/l an (Abb. 65).

Das Bild am WW-LP 3 zeigt einen ähnlichen Verlauf. Auch hier erfolgt zunächst ein Anstieg von 1,25 mg/l (22.12.2017) auf 1,34 mg/l (27.12.2017). Anschließend sank der Gehalt allerdings stetig auf bis zu 0,56 mg/l am 18.02.2018 ab. Die letzten vier Messungen schwankten dann im Bereich zwischen 0,82 mg/l (25.02.2018) und 0,59 mg/l (11.03.2018) (Abb. 66). Die erste Messung am WW-LP 4 erfolgte erst am 27.12.2017, da während des Messdurchganges am 22.12.2017 an dieser Stelle noch laichende Fische zu beobachten waren. Der zunächst ermittelte Gehalt von 1,55 mg/l Sauerstoff im Interstitialwasser sank bis zum 26.01.2018 auf nur noch 0,78 mg/l ab. Anschließend war ein Schwanken der Gehalte zwischen 1,45 mg/l (18.02.2018) und 0,75 mg/l (24.03.2018) zu erkennen (Abb. 67).

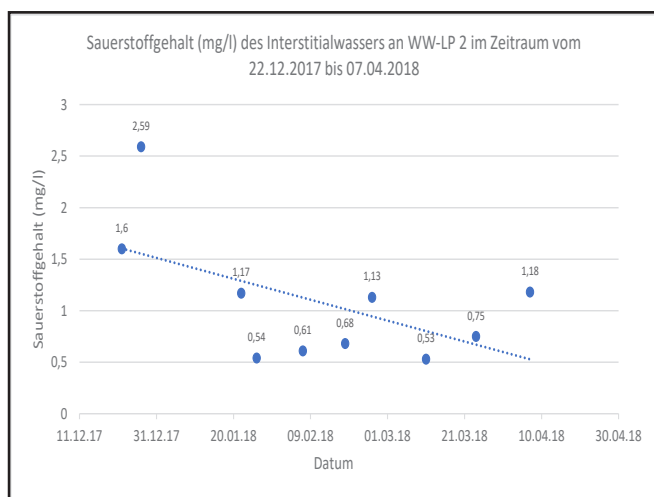


Abb. 65: Interstitialsauerstoffgehalt im WW-LP 2

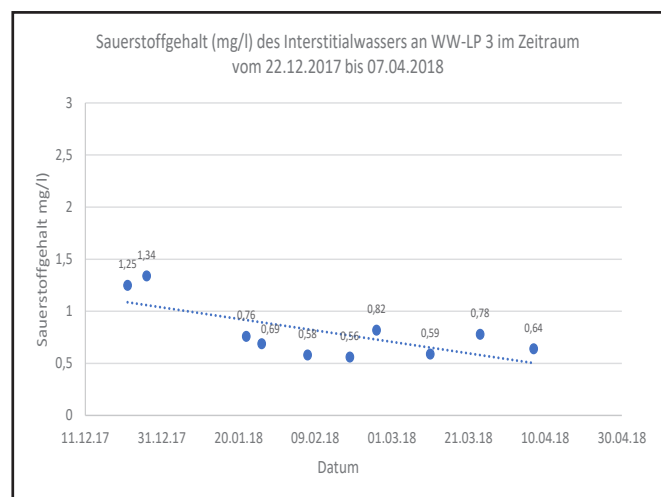


Abb. 66: Interstitialsauerstoffgehalt im WW-LP 3

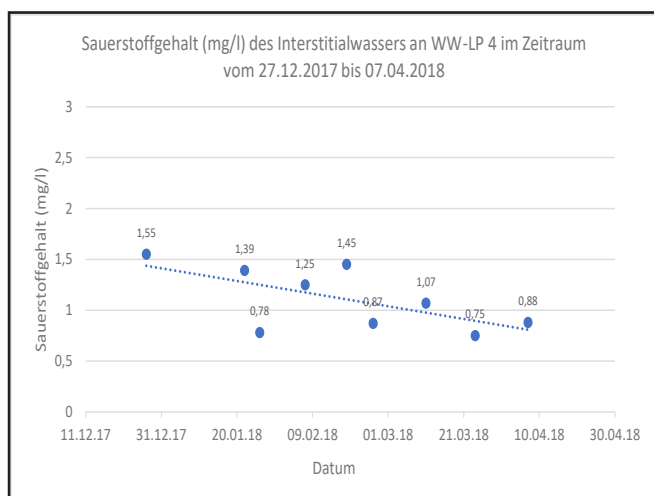


Abb. 67: Interstitialsauerstoffgehalt im WW-LP 4

5.2.4.2 Eisengehalt

Die Abb. 68 zeigt die Fe^{2+} -Gehalte aus den Wasserproben an der Welse. Wie bei der Delme (Vgl. Kap. 5.1.4.2) wurden auch hier die Gehalte aus dem Eschenbach zu Vergleichszwecken mit dargestellt. Es fällt auf, dass auch an der Welse die höchsten Gehalte (jeweils 3,15 mg/l) an beiden Strecken am 22.01.2018 auftraten. Während der geringste Wert im Welsetal wie auch schon bei den Delme-Strecken am 06.03.2018 mit 0,52 mg/l zu verzeichnen ist, weist die „Kaufland-Strecke“ mit lediglich 0,27 mg/l am 24.03.2018 den geringsten Fe^{2+} -Gehalt auf. Am 07.02.2018 ist die Fe^{2+} -Konzentration zudem im Welsetal mit 1,7 mg/l im Vergleich zu 1,1 mg/l bei „Kaufland“ auffällig erhöht. Durchschnittlich lag der Fe^{2+} -Gehalt während des Untersuchungszeitraums bei „Kaufland“ bei 1,0 mg/l und im Welsetal bei 1,23 mg/l. Die Schwankungen an beiden Strecken korrelieren wie auch schon bei der Delme mit den im Eschenbach ermittelten Gehalten.

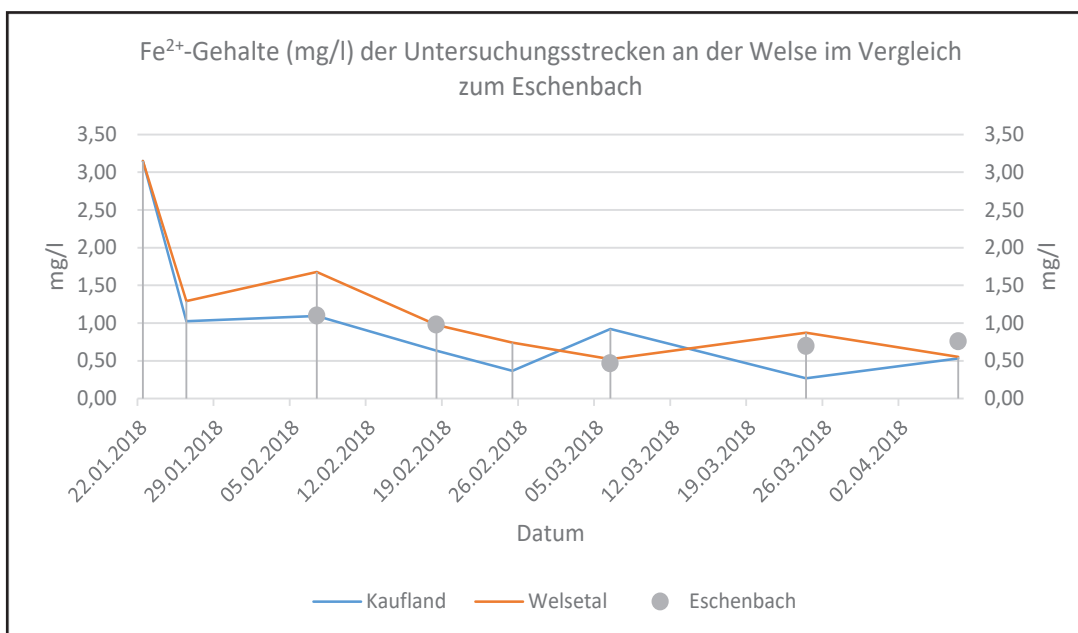


Abb. 68: Eisengehalte an den Probestrecken der Welse

5.2.4.3 Parameter der fließenden Welle

Wie auch bei den Probestrecken an der Delme, umfassen die gemessenen Parameter der Welse-Probestrecken die Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$), den pH-Wert, die Wassertemperatur ($^{\circ}\text{C}$) und den Sauerstoffgehalt (mg/l). Bei der Probestrecke „Kaufland“ wurden die 13 Messungen im Zeitraum vom 03.12.17 bis 07.04.18 durchgeführt. Die Leitfähigkeit konnte

5. Ergebnisse

in einem Bereich zwischen 421 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (22.01.18) und 504 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (03.12.17) nachgewiesen werden, wobei der durchschnittliche Wert 448,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ betrug. Der pH-Wert lag im Mittel bei 7,34 pH. Der geringste Wert wurde hier am 17.12.17 mit 7,24 pH, der höchste Wert nur zehn Tage später am 27.12.17 mit 7,77 pH. Die darauffolgende Messung am 22.01.18 ergab einen Messwert von 7,42 pH. Die Messungen vom 26.01.18 bis 07.04.18 ergaben jeweils Werte zwischen 7,32 pH (26.01.18) und 7,49 pH (25.02.18). Bezüglich der Wassertemperatur der fließenden Welle konnte der niedrigste Wert am 07.02.18 mit lediglich 2,2 °C nachgewiesen werden. Die gemessene Höchsttemperatur betrug 8,6 °C bei der letzten Messung am 07.04.18. Als auffällig war der Anstieg der Wassertemperatur von 3 °C am 25.02.18 auf 8,2 °C bei der nächsten Messung am 11.03.18 zu verzeichnen. Die gemittelte Temperatur betrug 5,6 °C. Die erste Messung des O_2 -Gehaltes ergab am 03.12.17 einen Wert von 10,65 mg/l. Bis einschließlich zur Messung am 07.02.18 waren hier pendelnde Gehalte zwischen mindestens 10,31 mg/l (27.12.17) und maximal 11,09 mg/l (22.01.18) nachzuweisen. Die Messung am 18.02.18 ergab dann mit 12,44 mg/l einen deutlich höheren O_2 -Gehalt, der bis zum 25.02.18 sogar bis auf 12,8 mg/l anstieg. Während der folgenden beiden Messungen am 11.03.18 und 25.03.18 wurden Gehalte von 10,3 mg/l bzw. 10,78 mg/l ermittelt. Im Zuge der letzten Messung am 07.04.18 wurde ein Gehalt von 10,57 mg/l festgestellt. Im Mittel betrug der Sauerstoffgehalt der fließenden Welle bei „Kaufland“ 11,0 mg/l (Abb. 69).

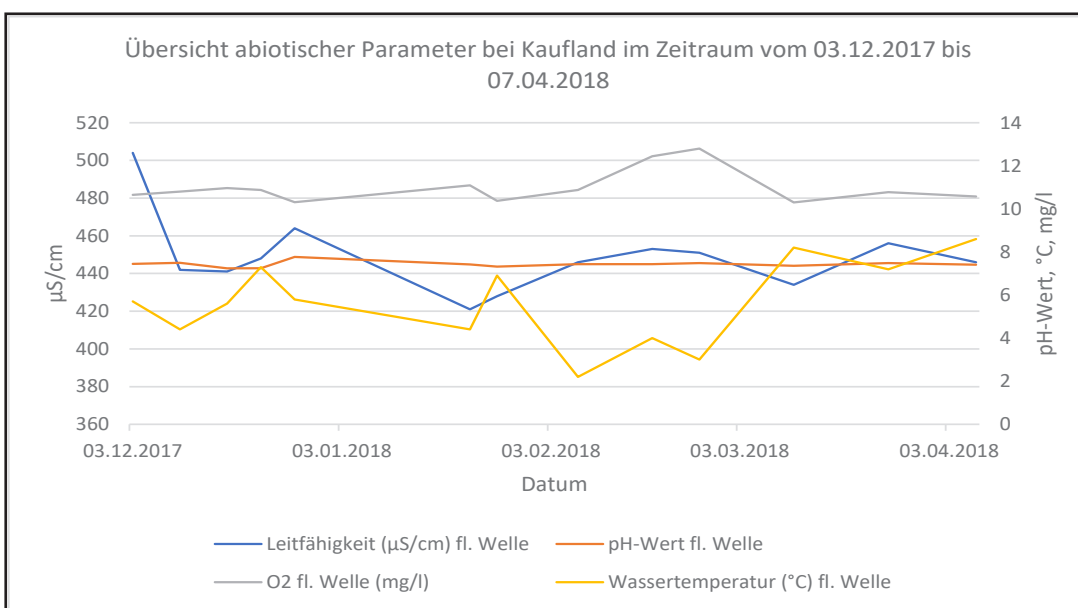


Abb. 69: Abiotische Parameter der Probestrecke „Kaufland“

An der Probestrecke „Welsetal“ erfolgten die elf Messungen vom 17.12.17 bis 07.04.18. Bei der Leitfähigkeit konnte zunächst ein Anstieg von 421 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (17.12.17) über 437 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (22.12.17) auf bis zu 455 $\mu\text{S}/\text{cm}$ am 27.12.17 verzeichnet werden. Darauf folgte ein Abstieg auf 386 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bei der nächsten Messung am 22.01.18. Bis zum 25.02.18 stieg die Leitfähigkeit wieder bis auf 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ an. Die letzten drei Messungen ergaben dann Werte von 424 $\mu\text{S}/\text{cm}$ am 11.03.18., 451 $\mu\text{S}/\text{cm}$ am 24.03.18 und 436 $\mu\text{S}/\text{cm}$ am 07.04.18. Im Mittel betrug die Leitfähigkeit 429 $\mu\text{S}/\text{cm}$, wobei die Spanne zwischen 386 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und 455 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auffällig hoch ist. Auch beim pH-Wert ist ein auffälliges Absinken der Werte zu verzeichnen. Betrug dieser bei den ersten drei Messungen am 17.12.17, 22.12.17 und 27.12.17 noch 7,14 pH, 7,1 pH und 7,17 pH, konnte bei der Messung am 22.01.18 nur noch ein Wert von 6,99 pH, vier Tage später am 26.01.18 von sogar nur noch 6,97 pH nachgewiesen werden. Die folgenden beiden Messungen ließen wiederum einen Anstieg über 7,13 pH (07.02.18) auf 7,28 pH (18.02.18) erkennen. Bis zur letzten Messung am 07.04.18 sank der Wert, mit einer Ausnahme am 24.03.18, stetig auf 7,15 pH ab. Der aus den elf Messungen gemittelte pH-Wert beträgt 7,14 pH an dieser Strecke. Die Wassertemperatur hingegen wies hier vergleichsweise hohe Gradzahlen auf. Die geringste Temperatur konnte auch hier am 07.02.18 mit jedoch noch 4,2 °C ermittelt werden. Die höchste Temperatur war am 07.04.18 mit 13,3 °C zu verzeichnen. Im Durchschnitt betrug die Wassertemperatur an der „Welsetal-Strecke“ 6,9 °C. Der Sauerstoffgehalt der fließenden Welle unterlag ebenfalls auffälligen Schwankungen. Zunächst konnte am 17.12.17 ein Gehalt von 9,56 mg/l ermittelt werden. Die drei folgenden Messungen ergaben nur noch Werte von 8,89 (22.12.17), 8,93 (27.12.17) und 8,8 mg/l (22.01.18). Anschließend folgte ein drastisches Sinken des O_2 -Gehaltes innerhalb von vier Tagen auf nur noch 8,05 mg/l. Bei den nächsten drei Messungen konnte ein Ansteigen der Messwerte über 8,63 mg/l (07.02.18) und 9,92 mg/l (18.02.18) auf bis zu 10,52 mg/l am 25.02.18 beobachtet werden. Die letzten drei Messungen am 11.03.18, 24.03.18 und 07.04.18 ergaben Sauerstoffgehalte von 8,58 mg/l, 9,25 mg/l und 8,97 mg/l. Im Mittel errechnet sich aus den elf Messungen lediglich ein O_2 -Gehalt von 9,1 mg/l (Abb. 70).

5. Ergebnisse

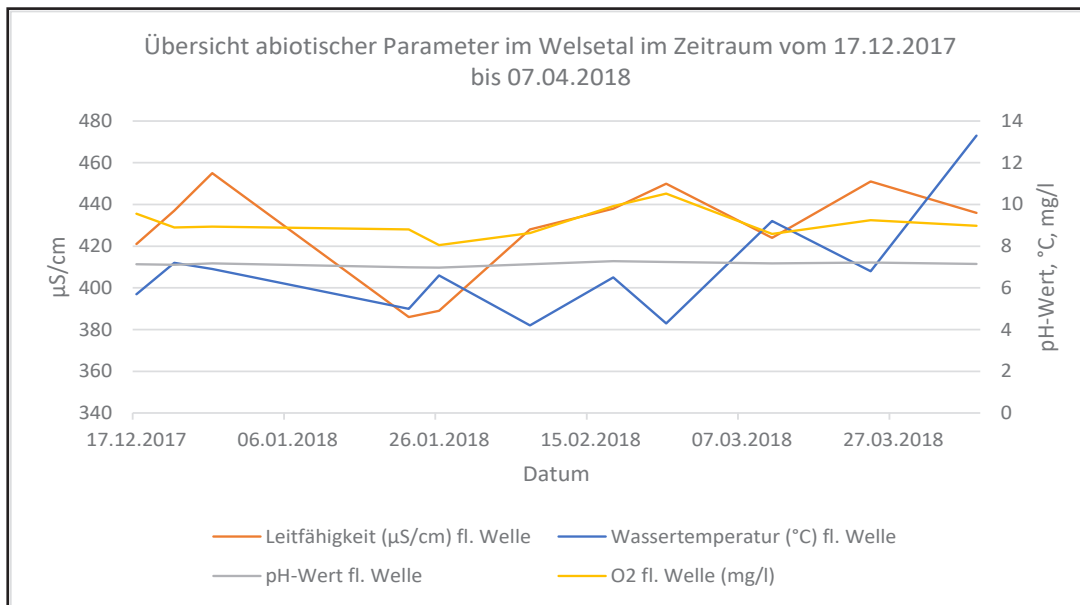


Abb. 70: Abiotische Parameter der Probestrecke „Welsetal“

5.2.5 Ei- und Larvalentwicklung

Die Laichplatzkontrollen bezüglich der Ei- und Larvalentwicklung fanden an der „Kaufland-Strecke“ an drei Tagen (06.03.18, 11.03.18, 09.04.18) statt. Während an den ersten beiden Terminen keine Eier oder Larven gefunden werden konnten, wurden am letzten Termin an drei von vier Laichplätzen Eier gefunden. Am WK-LP 1, der dem Lachs zugeordnet wurde (s. Kap. 5.2.2), konnten sechs Eier gefunden werden, von denen sich zwei im Augenpunktstadium befanden. Am flussabwärts folgenden WK-LP 2 wurde lediglich ein totes Ei, am WK-LP 3 zwei tote Eier erfasst. Am WK-LP 4 konnten überhaupt keine Eier nachgewiesen werden (Tab. 10). Auffällig im Zuge der Laichplatzkontrollen war an dieser Probestrecke ein hohes Makrozoobenthosaufkommen im Sediment.

Tab. 10: Ergebnisse der Laichplatzkontrollen an der „Kaufland-Strecke“

Datum	Laichplatz	Anzahl Eier ge- samt	davon lebende (Augenpunkt- stadium)	Brütlinge
06.03.2018	WK-LP 1	/	/	/
	WK-LP 2	/	/	/
11.03.2018	WK-LP 3	/	/	/
	WK-LP 4	/	/	/
09.04.2018	WK-LP 1	6	2	/
	WK-LP 2	1	/	/
	WK-LP 3	2	/	/
	WK-LP 4	/	/	/

Die Untersuchungen im „Welsetal“ ergaben Einachweise an allen vier Laichplätzen, ein Larvenfund blieb jedoch aus. Am WW-LP 1 konnten bei einer Kontrolle (11.03.18) 25 tote Eier gefunden werden. Die Laichplätze zwei, drei und vier wurden jeweils zweimal kontrolliert. Am WW-LP 2 konnten insgesamt 31 Eier erfasst werden, wovon eines lebendig schien (09.04.18), allerdings kein erkennbares Augenpunktstadium aufwies. Am WW-LP 3 wurden insgesamt 50 tote Eier, am WW-LP 4 43 tote Eier nachgewiesen (Tab. 11).

5. Ergebnisse

Tab. 11: Ergebnisse der Laichplatzkontrollen an der „Welsetal-Strecke“

Datum	Laichplatz	Anzahl Eier gesamt	davon lebende (Augenpunktstadium)	Brütlinge
06.03.2018	WW-LP 2	19	/	/
	WW-LP 3	31 (Abb. 71)	/	/
	WW-LP 4	3	/	/
11.03.2018	WW-LP 1	25	/	/
09.04.2018	WW-LP 2	12	/	/
	WW-LP 3	19	/	/
	WW-LP 4	39	/	/



Abb. 71: Gefundene Eier am WW-LP 3, 31 tote, 06.03.2018



Abb. 72: Größenvergleich der Eier des WK-LP 1 und WW-LP 3, 09.04.2018

Es fiel auf, dass die Eier am vermuteten Lachs-Laichplatz WK-LP 1 deutlich größer waren, als die aus den Laichplätzen im Welsetal, die allesamt der Meerforelle zugeordnet wurden (Abb. 72).

5.3 Niederschläge und Pegelstände

Die Abb. 73 zeigt den Verlauf der Niederschlagsmengen und Lufttemperaturen an der Wetterstation Bassum, sowie die Pegelstände der Messstation des NLWKN „Gut Holzkamp“ an der Delme. Der niederschlagsreichste Monat war der Januar mit insgesamt 97,2 mm/m², gefolgt vom Dezember mit 89,0 mm/m². Im November fielen 63,5 mm/m², im März 31,3 mm/m², sowie im Februar lediglich 9,1 mm/m². Betrachtet man die Niederschlagsmengen und Wasserstände fällt eine Korrelation auf, bei der der Wasserstand zwei Tage nach dem Niederschlagsereignis bis zum Pegelmaximum ansteigt und anschließend wieder fällt. Die stärksten Niederschlagsereignisse traten am 13.12.17 mit 14,9 mm/m², am 31.12.17 mit 14,5 mm/m² und am 03.01.18 mit 16,9 mm/m² auf. Auch die Wasserstände in der Delme hatten dementsprechend ihre Höchstwerte. Am 15.12.17 konnte ein Pegel von 340 cm gemessen werden. Durch das Niederschlagsereignis am 31.12.17 stieg der Pegel zunächst auf 315 cm an (02.01.18) und sank im Anschluss am 03.01.18 nur auf 300 cm, bevor noch am gleichen Tag das nächste Starkregenereignis auftrat, welches den Pegel erneut bis auf eine Spitze von 354 cm anstiegen ließ (05.01.18). Im Zeitraum vom 05.02.18 bis 09.04.18 waren kaum Niederschläge zu verzeichnen. Lediglich am 28.03.18 trat ein nennenswertes Ereignis auf, bei dem 9,2 mm/m² Regen fiel. Aus den geringen Niederschlagsmengen im Februar resultiert auch der niedrigste Wasserstand während des Untersuchungszeitraumes, der vom 03.03.18 bis 05.03.18 nur 257 cm betrug. Die Lufttemperatur schwankte in der Zeit vom 26.10.17 bis 05.02.18 im Bereich zwischen – 1,1 °C (08.01.18) und 12,0 °C (26.10.17). Am 08.02.18 erreichte die Temperatur ihren ersten Tiefpunkt mit – 4,0 °C, bevor es am 28.02.18 sogar – 8,8 °C waren. Darauf folgte ein Anstieg bis zum 11.03.18 auf 11,0 °C. Nach einem Absinken auf bis zu – 2,5 °C (18.03.18) folgte ein erneuter Anstieg der Temperatur, der seinen Höhepunkt des Untersuchungszeitraumes am 08.04.18 mit 16,8 °C erreichte.

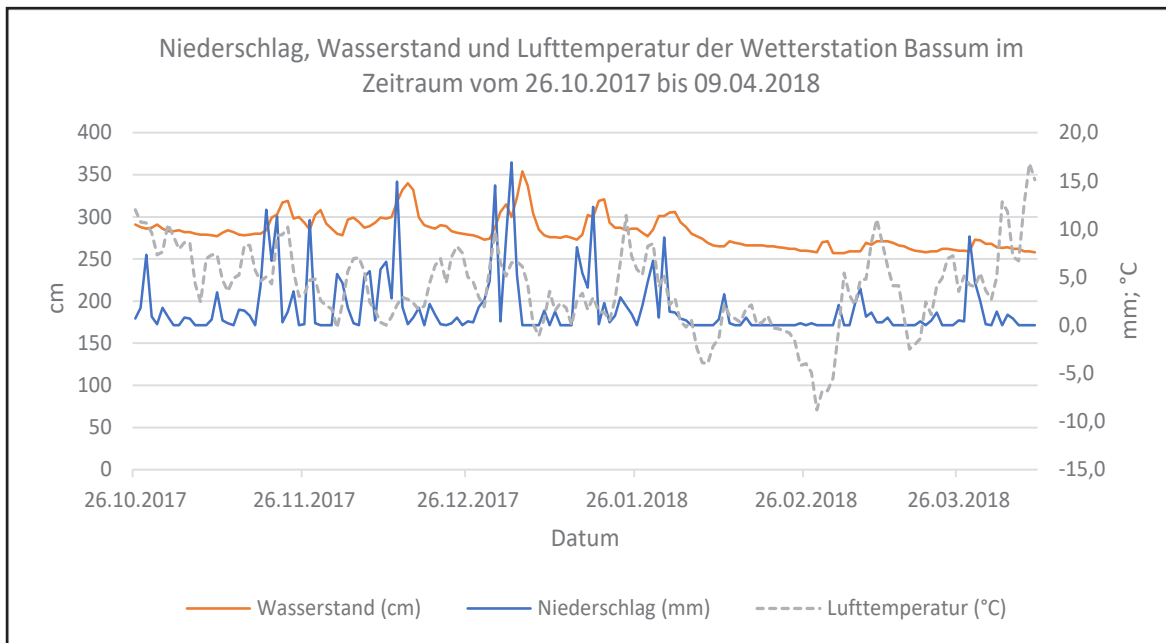


Abb. 73: Verlauf der Niederschläge, Wasserstände und Lufttemperatur während des Untersuchungszeitraumes

6. Diskussion

Die Analyse der gesammelten Ergebnisse und der zugrundeliegenden Literatur zeigen in Bezug auf die eingangs definierten Fragestellungen die zu diskutierenden Schwerpunkte auf. Diese setzen sich aus dem Reproduktionserfolg selbst, der Eignung der Laichhabitate der Delme und Welse, sowie den Defiziten und Problemen zusammen. Aus diesen Aspekten resultieren im weiteren Verlauf Handlungsansätze, die mit Empfehlungen versehen sind.

6.1 Reproduktionserfolg

Bezüglich des Reproduktionserfolges konnten nicht nur zwischen den Fließgewässern selbst, sondern auch zwischen den einzelnen Probestrecken, sowie innerhalb der jeweiligen Laichplätze signifikante Unterschiede ermittelt werden. Der Vergleich der Delme und Welse untereinander wird dabei durch die Aussagen anderer Arbeiten zu dem Thema ergänzt, die im Zuge der Literaturrecherche herausgearbeitet werden konnten. Dabei sind die Anforderungen an die Laichhabitate und die Bedingungen für eine erfolgreiche Reproduktion vielgestaltig.

6.1.1 Die Delme

Die über den Sommer verteilt häufigen Niederschläge bedingten im Vorfeld der Laichsaison gute Aufstiegsmöglichkeiten für Lachse und Meerforellen. Laut ARGE WESER (1998) befinden sich in der Delme oberhalb von Delmenhorst zwei Wanderbarrieren in Form von Wehren, die jedoch bei Tidehochwasser als passierbar eingestuft wurden. Der Fang der drei Meerforellen am 04.11.17 an der „Schütze-Strecke“ zeigt, dass vermutlich bereits einige Fische dieser Art einige Zeit vor Laichbeginn im Reproduktionshabitat ankamen und sich dort aufhielten. An der „Kaserne“ wurden die ersten Tiere zwar erst am 18.11.17 gefangen, aufgrund der Lage der Probestrecke flussabwärts von „Schütze“ wurde dieser Bereich bereits auch im Vorfeld schon von den Fischen passiert. Seit Beginn der Untersuchungen am 26.10.17 bis einschließlich zum 06.11.17 betrug der Wasserstand an

der Pegelmessstelle „Holzkamp“ durchweg über 280 cm, was in etwa 20 cm über dem mittleren Wasserstand ist. Auch im Anschluss fiel der Pegel bis zum Ende der Elektrofischungen nicht unter 277 cm, was die guten Bedingungen bezüglich des Laichaufstieges der Tiere unterstreicht. Nach den Niederschlagsereignissen am 19.11.17 mit 12,0 mm/m² und am 21.11.17 mit 11,3 mm/m² und der darauffolgenden Hochwassersituation, die ihren Peak mit 319 cm am 23.11.17 hatte, konnte an der „Schütze-Strecke“ zudem der einzige Lachs-Rogner gefangen, sowie der Milchner gesichtet werden. Bei der ersten Laichplatzkartierung am 03.12.17 konnten bereits drei Laichplätze verzeichnet werden, was den Schluss zulässt, dass eine Korrelation zwischen der Hochwassersituation und dem Beginn des Laichaktes der Fische besteht. Ein Laichakt von *Salmo salar* ist hierbei allerdings eher unwahrscheinlich. Zwar gibt SCHMIDT (2000) den Beginn der Laichzeit für diese Art mit Anfang November an, da jedoch große regionale Unterschiede bestehen, sowie die Laichzeit in der Welse erst im Dezember um Weihnachten herum lag, ist dies eher auszuschließen. Die Probestrecke „Kaserne“ wies dabei eine höhere Frequenz (Laichplätze pro 100 m) auf als die „Schütze-Strecke“, was unter anderem mit der Lage weiter flussabwärts zusammenhängen könnte, durch die die Fische bei ihrer Wanderung zunächst diese Strecke erreichen. Die Anzahl der Eier, die den gefangenen, laichreifen Fischen abgestriffen werden konnten, stimmt mit der Einschätzung des Beginns des Hauptlaichzeitraums der Meerforelle nach dem ersten Hochwasser überein. Am 25.11.17 konnten ca. 35.000, eine Woche später am 02.12.17 etwa 46.500 Eier gewonnen werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese Anzahl an Eiern das Ergebnis aller befischten Strecken der Gewässer Delme, Welse, Eschenbach und Klosterbach ist und nicht ausschließlich die Probestrecken beinhaltet. Im Anschluss ebte die Zahl der gewonnenen Eier von Woche zu Woche ab.

Als letztendlich entscheidender Faktor für das Überleben von Eiern und Larven, stellt sich der Sauerstoffgehalt im Interstitialwasser dar. In Bezug auf diesen Aspekt gibt DIRKSMEYER (2008) einen Sollwert von > 7 mg/l, jedoch mindestens 5 mg/l für eine erfolgreiche Ei- und Larvalentwicklung an. Unter diesem Schwellenwert ist laut des Autors mit keiner

nennenswerten natürlichen Vermehrung zu rechnen. INGENDAHL (1999) stellte bei seiner Arbeit mit Eiboxen in der Mittelgebirgsregion fest, dass bei einem Sauerstoffgehalt von unter 7 mg/l nur ein äußerst geringes Überleben von Eiern zu verzeichnen war. Selbiger kam außerdem zu dem Schluss, dass nur an Standorten, an denen die Sauerstoffwerte über 10 mg/l bis zum Ende der Larvalentwicklungsphase betrugen, es zu einem nennenswerten emergieren der Larven kommt. Bei der „Kasernen-Strecke“ konnte im Laufe der Arbeit keine erfolgreiche Reproduktion nachgewiesen werden. Die Sauerstoffgehalte von DK-LP 1 und DK-LP 3 wiesen bereits zu Beginn der Messungen geringe Werte von 4,72 mg/l bzw. 5,24 mg/l auf, was sich bereits um den von DIRKSMEYER (2008) beschriebenen Grenzwert von 5 mg/l bewegt. Während der Gehalt am DK-LP 3 zumindest noch bis zum 11.03.18 bei 4,66 mg/l lag und erst dann auf 1,48 mg/l (24.03.18) sank, konnten am DK-LP1 bereits bei der Messung am 07.02.18 nur noch 2,35 mg/l ermittelt werden. Bei der letzten Messung am 07.04.18 betrug der Gehalt nur noch 1,12 mg/l. Diese Umstände ließen hier keine Überlebenschance der Eier zu. Die Ergebnisse des DK-LP 2 lassen dabei keine klare Aussage tätigen. Hier wurden diffuse Sauerstoffwerte gemessen, die vermutlich durch die Lage des Laichplatzes, der ins Kraut geschlagen wurde, und damit verbundenen Messfehlern zustande kamen. Es ist jedoch anzunehmen, dass sich das Bild der anderen beiden Laichplätze auch hier widerspiegelt, da auch an diesem Laichplatz ausschließlich tote Eier gefunden wurden. Der auffällig hohe Anteil an feinstem Sediment in den oberen Substratschichten lässt an dieser Probestrecke eine Kolmation des Laichhabitates vermuten (s. Kap. 6.2). Auch der Eisengehalt (Fe^{2+}) überschreitet an der „Kaserne“ mit durchschnittlich 1,4 mg/l den von VUORI (1995) und MADSEN & TENT 2000 angegebenen Grenzwert von 0,5 mg/l deutlich. KRUSPE et al. (2014) geben als Richtwerte für Auswirkungen auf die Gewässerbiozönose sogar einen Fe^{2+} -Gehalt zwischen 0,1 – 0,35 mg/l an. Eisen liegt unter anaeroben Verhältnissen im Boden als Pyrit (FeS_2) vor und kann direkte toxische Auswirkungen auf die aquatische Fauna erzielen (PEURANEN et al. 1994, GERKEN 2006). Speziell für die Salmoniden können die Schäden in einer Beeinträchtigung der Permeabilität der Eihülle, sowie in fortgeschrittenen Entwicklungsstadien im Bereich der Kiemen auftreten (PEURANEN et al. 1994). Besonders

durch intensive Flächenentwässerung und damit verbundenem Sinken des Grundwasserstandes wird Eisen mobilisiert. Luft dringt in den Boden ein, wodurch es zur Oxidation des Schwefels kommt und das Eisen über Drainagen und Gräben ins Gewässer gelangen kann (GERKEN 2006). Laut VUORI (1995) kommt es leicht zur Oxidation und damit zur Entstehung von Fe^{3+} (Ungelöstes Eisen), welches als „Eisenocker“ ausfällt, wenn sich die pH-Werte im Bereich zwischen 7,3 bis 7,4 bewegen. Die Werte an den Probestrecken finden sich überwiegend in diesem Bereich wider. Die Reaktionen finden laut KRUSPE et al. (2014) hauptsächlich an der Grenzfläche zwischen dem Wasser und Festkörper statt, was einen Belag z.B. auf dem Gewässergrund oder auf Makrophyten mit Eisenocker (Eisenhydroxid) hervorruft (BRUMUND-RÜTHER 2000). Tritt dieser Belag auf den Sedimenten des Gewässerbettes auf, kann er unter anderem die Sauerstoffversorgung im Interstitial beeinträchtigen (KRUSPE et al. 2014). Selbst der geringste gemessene Fe^{2+} -Wert betrug an der „Kaserne“ noch 0,47 mg/l (06.03.18), was sich nur knapp unter dem von VUORI (1995) angegebenen Grenzwert wiederfindet. Zwischenzeitlich konnte ein Eisengehalt von 3,6 mg/l (22.01.18) ausgemacht werden, was für ein Überleben der Eier erschwerend hinzukommt. Diesem gemessenen Höchstwert ging dabei ein Niederschlagsereignis (12,3 mm/m² am 18.02.18) voraus, durch welches sich eine Mobilisierung des Eisens und damit verbunden, ein Eintrag ins Gewässer verstärkt haben dürfte.

Im Gegensatz zur Probestrecke „Kaserne“ wies der Sauerstoffgehalt bei den ersten Messungen der „Schütze-Strecke“ noch 6,34 mg/l (DS-LP 1) und 8,55 mg/l (DS-LP 2) auf, was laut DIRKSMEYER (2008) noch zwischen dem Mindest- und Sollwert bzw. sogar über dem angegebenen Sollwert von > 7 mg/l liegt. Jeweils etwa vier Wochen später lagen die Gehalte mit knapp über bzw. knapp unter 4 mg/l jedoch bereits unterhalb des beschriebenen Grenzwertes. Während am DS-LP 1 der Sauerstoffgehalt bis zum Ende der Messungen auf 1,36 mg/l sank, sowie sogar einen zwischenzeitlichen Tiefpunkt von 0,96 mg/l aufwies, sanken die Gehalte am DS-LP 2 lediglich bis auf 3,04 mg/l. Auch wenn dieser Gehalt fast zwei mg/l geringer war als der in der Literatur besagte Grenzwert, reichte es offensichtlich zumindest für einige Eier zum Überleben aus. Durch den gefundenen Brüt-

ling an diesem Laichplatz wurde zudem sogar das Schlupfstadium belegt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Überlebens- und Schlupfrate an diesem Laichplatz nicht besonders hoch ausgefallen ist, da die überwiegende Anzahl der Eier tot waren und nur ein einziger Brütling nachgewiesen werden konnte. Ob es letztendlich zur Emergenz an diesem Laichplatz kam, bleibt ungewiss. Zwar wurden bei der dazu durchgeführten Kontrolle weder tote noch lebende Brütlinge mehr im Laichplatz gefunden, optisch war in der obersten Sedimentschicht jedoch bereits ein deutlicher Sandeintrag erkennbar, der ein etwaiges emergieren vermutlich verhindert hätte. Am erst spät gefundenen und daher nicht weitergehend beprobten Laichplatz DS-LP 4 wurde ebenfalls ein Brütling bei einer Kontrolle nachgewiesen. Auch hier konnte eine Emergenz nicht abschließend geklärt werden. Eine rein optische Einschätzung ließ hier jedoch keinen übermäßigen Sandeintrag erkennen, weswegen eine Larvenemergenz als durchaus realistisch anzusehen ist. Auffällige Unterschiede an den vier Laichplätzen dieser Probestrecke konnten bezüglich der Morphologie ausgemacht werden. Die beiden Laichplätze DS-LP 1 und DS-LP 3, an denen keine bzw. ausschließlich tote Eier gefunden werden konnten, wiesen beide eine flache und breite Morphologie auf und befanden sich in flach überströmten Gewässerbereichen. Die beiden Laichplätze DS-LP 2 und DS-LP 4, an denen jeweils ein Brütling nachgewiesen werden konnte, wurden vergleichsweise hoch aufgeschlagen und wiesen eine klare Struktur mit Laichkuhle und -hügel auf, was eine bessere Durchströmung und damit verbundene Sauerstoffversorgung vermuten lässt. Auch INGENDAHL et al. 1995 belegen die Wichtigkeit eines gut ausgeprägten Laichplatzes mit Laichkuhle und -hügel. Durch den Anstieg des Hügels wird der Querschnitt verringert und die Strömungsgeschwindigkeit lokal über dem Laichplatz erhöht (INGENDAHL et al. 2015).

Der Eisengehalt lag bei „Schütze“ zwar mit durchschnittlich 1,1 mg/l immer noch deutlich über dem Grenzwert, jedoch bleibt der Wert weit unter dem der Kaserne. Auch das Minimalergebnis mit 0,4 mg/l, sowie das Maximum mit 2,4 mg/l liegt weit unter den ermittelten Fe^{2+} -Gehalten der „Kaserne-Strecke“. Die von VUORI (1995) getätigte Aussage, nach der ein Überleben der Eier und Larven der Art *Salmo trutta* bei unterschreiten

des Grenzwertes von 0,5 mg/l nicht möglich ist, kann somit in diesem Fall nicht bestätigt werden.

Das hyporheische Interstitial ist laut BRUNKE (2015 a) als eine Übergangszone zwischen der fließenden Welle des Fließgewässers und dem Grundwasser anzusehen. In diesem finden hydrologische Austauschprozesse zwischen den beiden Lebensräumen statt (BRUNKE 2015 a). Die beschriebenen Austauschprozesse im Interstitial lassen sich in den Ergebnissen der Sauerstoffgehalte an den Laichplätzen der Delme jedoch nicht erkennen. Die mangelnde Funktionalität hängt besonders an der „Kaserne“ vermutlich mit der kolmatierten Gewässersohle zusammen. Die dadurch sinkenden Sauerstoffgehalte im Interstitial stellen nicht nur für Fischeier und -larven, sondern auch für alle anderen Artengruppen des Interstitials einen limitierenden Faktor dar (BRUNKE 2015 b). So fiel an der „Kaserne“ im Zuge der Laichplatzkontrollen ein vergleichsweise verschwindend geringes Makrozoobenthosvorkommen im Sediment auf, welches in Verbindung zum niedrigen Sauerstoffgehalt an diesem Standort stehen dürfte. LARSEN & ORMEROD 2010 kommen in ihrer Arbeit zu dem gleichen Zusammenhang. Das geringe Makrozoobenthosvorkommen an der „Kaserne“ könnte weiterhin eine Erklärung für den vergleichsweise sehr hohen Anteil an organischem Material in den Sedimentproben sein. BRUNKE (2015 c) gibt dazu an, dass es bei einem geringen Anteil an Zerkleinerern im Sediment zu einem verzögerten Abbau von Laub kommt, welches ins Interstitial eingetragen wird. Bei „Schütze“ konnte ein vergleichsweise geringer Anteil organischen Materials im Sediment ermittelt werden, was zu der Tatsache passt, dass bei den Laichplatzkontrollen weitaus mehr Makrozoobenthos anzutreffen war.

Die Parameter der fließenden Welle lassen an beiden Probestrecken der Delme keine offensichtlichen Beeinträchtigungen vermuten.

6.1.2 Die Welse

An der Welse konnte an der Probestrecke „Kaufland“ am 04.11.17 zunächst lediglich eine Bachforelle bei der Elektrobefischung nachgewiesen werden. Eine Woche später (11.11.17) wurden an dieser Strecke dann die ersten fünf Meerforellen gefangen, was

ein Eintreffen der Fische im Laufe dieser Woche belegt. An der „Welsetal-Strecke“ wurde die erste Meerforelle wiederum eine Woche später am 18.11.17, also zeitgleich mit den ersten Fängen an der Probestrecke „Kaserne“ an der Delme nachgewiesen. Der an der Delme beschriebene Hauptlaichzeitraum wird durch die elf gefangenen Fische am 02.12.17 im Welsetal belegt. Jedoch wurde an diesem Tag an der „Kaufland-Strecke“ nur ein Individuum gefangen. Eine Ursache dafür könnte das angesprochene Hochwasserereignis um den 23.11.17 sein, bei dem die Fische vermutlich die „Kaufland-Strecke“ passiert haben, weiter aufgestiegen sind und aufgrund dessen im flussaufwärts liegenden Bereich des Welsetals angetroffen wurden. Auffällig ist, dass im Anschluss an dieses Ereignis im Welsetal keine Fische mehr gefangen werden konnten, was den Schluss zulässt, dass diese nach dem Laichritual mit fallendem Wasserstand ebenfalls wieder flussabwärts gewandert sind. Beim Nachweis jeweils eines Rogners bei „Kaufland“ am 09.12.17 und 13.12.17 könnte es sich zudem bei der zweiten Befischung um einen Wiederfang gehandelt haben, da das Tier mit 55 bzw. 56 cm Länge angegeben wurde. GUM et al. 2013 geben an, dass sich laichaktive Meerforellen im Mittel zwischen 20 – 30 Tagen im Laichgebiet aufhalten, bevor sie die Wanderung zurück ins Meer angehen. Diese Zeitspanne stimmt im Großen und Ganzen mit den Ergebnissen der Elektrobefischungen überein. Der erste Nachweis der Art *Salmo salar* erfolgte zudem an der „Kaufland-Strecke“ am 16.12.17, der letzte am 27.12.17, was einen sehr eng begrenzten Aufenthalt und Laichzeitraum von lediglich elf Tagen im Reproduktionsgebiet darstellt. Der Peak des Laichzeitraums lag vermutlich um den 20.12.17 und 21.12.17, da an den beiden Tagen 20.000 bzw. 30.600 Eier durch Abstreifen gewonnen werden konnten. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass nicht jeden Tag in dem Zeitraum eine Elektrobefischung durchgeführt wurde. Besonders der schmale Zeitraum, in dem die Lachse gelaicht haben zeigt die Bedeutung optimaler Wasserstände und Bedingungen im Laichhabitat zur Zeit der Ankunft der Fische auf. Ausschlaggebend für den Aufstieg der Tiere zu der Zeit dürfte ein Starkregenereignis mit 14,9 mm/m² am 13.12.17 gewesen sein, welches eine Hochwassersituation bedingte, die mit einem Wasserstand von 340 cm an der Messstation „Holzkamp“ am 15.12.17 ihren Höchststand erreichte. Diese Annahme wird durch die

Beschreibung von SCHMIDT (2000) bekräftigt, der bezüglich des Laichaufstieges der Lachse in kleine Flüsse angibt, dass die Tiere vorwiegend in den Dämmerungsstunden, aber vor allem nach Überschreiten des Scheitelpunktes einer Hochwasserwelle den letzten Teil ihrer Wanderung zu den Laichhabitaten anstreben. Während der Eientwicklung wies die Probestrecke „Welsetal“ die schlechteste Sauerstoffversorgung der Eier im Interstitial auf. An den drei beprobten Laichplätzen wiesen die Sauerstoffgehalte im Durchschnitt nur 1,08 mg/l (WW-LP 2), 0,8 mg/l (WW-LP 3) und 0,99 mg/l (WW-LP 4) auf, was weit unter dem von DIRKSMEYER (2008) besagten Grenzwert von 5 mg/l liegt und ein Überleben der Eier unmöglich macht. Durch das Auffinden von ausschließlich toten Eiern im Zuge der Ei- und Larvalkontrollen wurde diese Einschätzung belegt. Erschwerend kommt an dieser Strecke der Eisengehalt (Fe^{2+}) hinzu, der im Mittel 1,23 mg/l, sowie einen Höchstwert von 3,15 mg/l aufwies. Selbst der geringste gemessene Fe^{2+} -Gehalt bewegte sich mit 0,52 mg/l über dem Grenzwert für ein Überleben von Eiern und Larven von VUORI (1995). Auch der Anteil organischer Substanz in den Sedimentproben ist vergleichsweise recht hoch und bewegt sich zwischen 0,56 % und 0,87 % in den Laichplätzen. Laut DIRKSMEYER (2008) ist bei diesen Gehalten jedoch nicht mit einer nennenswerten zusätzlichen Sauerstoffzehrung durch Abbauprozesse zu rechnen.

Bezüglich der Sauerstoffversorgung des Interstitials während der Ei- und Larvalentwicklung zeigt sich an der Probestrecke „Kaufland“ ein anderes Bild. Hier wiesen die O_2 -Gehalte bei der ersten Messung an allen vier Laichplätzen zwischen 6,4 und 7,63 mg/l auf, was sich zwischen dem Grenz- und Sollwert bzw. über dem Sollwert von DIRKSMEYER (2008) bewegt. Am WK-LP 2 und WK-LP 4 konnte jedoch ein schnelles Sinken der Gehalte verzeichnet werden. Während der Wert am erstgenannten Laichplatz nach 17 Tagen bereits auf 1,53 mg/l gesunken war, fiel der Gehalt am WK-LP 4 sogar innerhalb von fünf Tagen von 7,46 auf 2,65 mg/l. Der darauffolgend deutlich höhere Messwert mit einem Gehalt von 6,8 mg/l ist einem erneuten Laichakt an dieser Stelle geschuldet, was an der Morphologie des Laichplatzes deutlich zu erkennen war. Im Anschluss daran sank der Gehalt wieder. An den Laichplätzen WK-LP 1 und WK-LP 3 war zwar auch ein Fallen der

O₂-Gehalte zu vernehmen, jedoch hielten sich die Werte hier jeweils bis zum 25.02.18 bei über 3 mg/l, bevor sie dann bis zum Ende der Ei- und Larvalentwicklungsperiode auf nur noch jeweils knapp über 1 mg/l sanken. Im Vergleich zur Probestrecke „Welsetal“ war der Fe²⁺-Gehalt mit durchschnittlich 1,0 mg/l deutlich geringer, wobei der Wert immer noch doppelt so hoch war wie der Grenzwert von 0,5 mg/l. Trotz des letztendlich geringen Sauerstoffgehaltes konnten bei der Kontrolle am 09.04.18 am WK-LP 1, der dem Lachs zugeordnet wurde, von sechs gefundenen Eiern zwei im Augenpunktstadium nachgewiesen werden. LOUHI et al. 2008 geben zwar an, dass Lachseier in frühen Entwicklungsstadien nur einen Sauerstoffgehalt von 0,8 mg/l benötigen, für fortgeschrittene Entwicklungsstadien der Eier sind nach Aussage der Autoren jedoch 7 mg/l notwendig. Aufgrund dessen ist ein Schlupf, geschweige denn eine Emergenz von Larven an diesem Laichplatz als nicht realistisch anzusehen. Dennoch wird durch den Fund der Eier im Augenpunktstadium auch hier die Aussage von VUORI (1995) widerlegt, nach der ein Überleben von Eiern und Larven bei Fe²⁺-Gehalten von > 0,5 mg/l nicht möglich ist. Zudem passt das Auffinden lebender Eier an diesem Laichplatz zur Aussage von MADSEN & TENT 2000, nach der sich die besten Laichplätze über die gesamte Bachbreite erstrecken, was hier der Fall ist. Laut der Autoren ergeben sich an solchen Plätzen geringere Versandungsprobleme und sie werden nicht weggewaschen, während sich bei seitlich liegenden Laichplätzen häufig eine Strömungsrinne am Laichplatz vorbei bildet. An den anderen drei Laichplätzen konnten entweder keine oder nur sehr wenige Eier gefunden werden, was möglicherweise mit der Konstitution zusammenhängt. Bis auf WK-LP 1 wiesen die anderen Plätze eine sehr flache Morphologie auf, bei der kein klarer Laichhügel/-kuhle erkennbar war. Dieser Umstand machte eine Einschätzung bezüglich der vermuteten Eitasche schwierig. Der Anteil organischer Substanz ist an dieser Probestrecke geringer als im Welsetal. Auch hier passt dieses Ergebnis zu der Einschätzung des Makrozoobenthosaufkommens an den beiden Probestrecken, dass bei „Kaufland“ als höher eingestuft wurde.

6.2 Eignung der Laichhabitate

Die Laichhabitate wiesen hinsichtlich der Ansprüche der Arten diverse Bedingungen auf. Laut ARGE WESER (1998) zählt die Delme, neben dem Klosterbach, im Ochtum-Einzugsgebiet zum geeignetsten Gewässer für eine Reproduktion der beiden Arten. Von den beprobten Strecken wies jedoch nur die Delme-Strecke „Schütze“ die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Reproduktion auf. Vor allem aufgrund der fließgewässertypischen Dynamik, die an diesem Standort mit seinen Erosions- und Sedimentationsprozessen vergleichsweise gut funktioniert, konnten hier lebende Eier und Larven nachgewiesen werden. Erkennbar wird das an der Tatsache, dass hier eine natürlich kiesige Gewässersohle anzutreffen ist, die nicht, wie vielerorts, sandüberlagert ist. Anhand der Sedimentparameter der Laichhabitate können dabei bereits Aussagen auf eine Eignung des Standortes getroffen werden. Nach Aussage von KONDOLF (2000) ist eine Korrelation zwischen der Überlebenswahrscheinlichkeit und γ -rate von Salmonideneiern und -larven mit dem sie umgebenden Sediment vorhanden. KONDOLF (2000) beschreibt bezüglich der Sedimentstruktur des Interstitials außerdem, dass die gröberen Körnungen strukturgebend sind, während die feineren Bestandteile des Sohlsubstrates die Porenzwischenräume füllen. Die feineren Sedimente, in der Regel werden die Korngrößen $< 1\text{ mm}$ oder $< 2\text{ mm}$ als solche bezeichnet, korrelieren dabei mit dem Sauerstoffgehalt im Interstitial (CRISP & CARLING 1989, CRISP 1993). Wird zu viel Feinsediment in den Laichplatz eingetragen, kommt es zur Kolmation. BRUNKE (2015 b) beschreibt die Kolmation der Gewässersohle als einen sedimentologischen Prozess im Interstitial, bei dem zwischen einer externen und internen Kolmation unterschieden wird. Während der externe Prozess durch Partikelablagerungen auf der Gewässersohle verursacht wird, kommt es bei der internen Kolmation zur Einschwemmung von Partikeln ins Interstitial. Dieser Feinsedimenteintrag verringert die hydraulische Leitfähigkeit bis fast zur Undurchlässigkeit und sorgt zudem für eine Verfestigung des Sedimentes (BRUNKE 2015 b). BRUNKE (2015 c) gibt weiter an, dass bereits eine dünne kolmatierte Schicht aus anorganischen oder organischen Feinsedimenten dafür sorgen kann, dass trotz einer ansonsten guten Permeabilität der Sohle die verti-

kale Anbindung der gesamten hyporheischen Zone stark beeinträchtigt sein kann. Für die Ei- und Larvalentwicklung im Interstitial bedeutet dieser Umstand, dass der Einstrom von sauerstoffreichem Wasser behindert wird und die Sauerstoffversorgung der Eier bzw. Larven sinkt (LOUHI et al. 2008). Zudem fehlt der Abtransport von im Interstitialwasser angereicherten, z.T. toxischen Stoffwechselprodukten (MADSEN & TENT 2000, DIRKSMEYER 2008). Besonders nach dem Schlupf der Larven spielt das Vorhandensein der offenen Porenräume eine bedeutende Rolle. Die Larven halten sich noch einige Zeit im Laichplatz auf und zehren von ihrem Dottersack. Erst wenn dieser nahezu aufgebraucht ist, passieren sie die Porenzwischenräume nach oben und verlassen den Laichplatz (Emergenz) (CRISP 1993, KLEMETSEN et al. 2003). KONDOLF (2000) berichtet in seiner Arbeit weiterhin von Feld- und Laborstudien, die gezeigt haben, dass es von Bedeutung ist, dass gerade im Emergenz-Stadium nicht zu hohe Kornanteile der Fraktionen zwischen 1 und 10 mm im Laichplatz vorhanden sind, da diese die Larvenemergenz behindern können. Er kommt zu dem Schluss, da seiner Aussage nach Salmonidenlarven in der Lage sind, Partikel mit einem Durchmesser < 1 mm noch zu bewegen. Die Partikel > 10 mm sorgen zudem für ausreichend große Porenzwischenräume, die im Zuge des Emergierens passiert werden können. Selbiger gibt in Bezug zur Emergenz der Larven außerdem an, dass maximal 14 % Feinsediment mit einem Durchmesser von $< 0,83$ mm im Laichplatz enthalten sein dürfen, um einen Emergenz-Erfolg von etwa 50 % zu gewährleisten. CRISP (1993) kommt zu einem ähnlichen Ergebnis und benennt für eine deutlich verringerte Überlebensrate einen Feinsedimentanteil (< 1 mm) von 10 – 15 %. DIRKSMEYER (2008) gibt als Grenzwerte für Großsalmonidenlaichplätze eine Menge der Sedimentanteile < 1 mm von maximal 13 %, für die Fraktionen < 2 mm von maximal 15 % und für den Bereich $< 6,3$ mm von höchstens 30 % an. Die Abb. 74 stellt einen Vergleich der Korngrößenzusammensetzung aller beprobten Laichplätze dar. Die Zusammensetzung der Laichplätze an den Probestrecken „Delme-Schütze“ und „Welse-Kaufland“ ähneln sich hier auffällig stark. Die Feinsedimentanteile lagen zum Zeitpunkt der Probennahme unterhalb der angegebenen Grenzwerte, was zu der Tatsache passt, dass es sich bei diesen Strecken um die Standorte handelt, an denen lebende Eier und Larven bzw. lebende Eier nachgewie-

sen werden konnten. An der Strecke „Kaufland“ war lediglich am Laichplatz mit den lebenden Eiern (WK-LP 1) eine ausgeprägte Struktur von Laichkuhle und -hügel zu erkennen. Die drei anderen Laichplätze wiesen jeweils eine sehr flache Morphologie auf. Dies könnte zum einen mit einer zu geringen Deckung des Hartsubstrates zusammenhängen, wodurch ein Aufschlagen des Kiesel erschwert wird. Zum anderen könnte eine zu verfestigte Gewässersohle die mangelnde Ausprägung begründen, was anhand der Eindrücke während der Probennahme als am realistischsten anzusehen war. MADSEN & TENT 2000 beschreiben in Bezug darauf, dass viele Laichgebiete durch Eisenocker und Sand verfestigt sind und die Forellen dann nicht mehr in der Lage sind, das Substrat zu verlagern und ausreichend gute Laichplätze anzulegen. Auch DIRKSMEYER (2008) führt als eine Kenngröße von Salmonidenlaichplätzen nur locker bis leicht verfestigtes Sohlsubstrat auf. Eine deutlich stärkere Versandung ist an den Laichplätzen der „Welsetal-Strecke“ zu erkennen. Hier wurden an zwei Laichplätzen die veranschlagten Grenzwerte mit jeweils über 40 % Feinsedimentanteil weit überschritten. Der geringe Anteil am WW-LP 4 hängt aller Voraussicht nach mit dem Zeitpunkt der Probennahme zusammen. Während der Laichakt an WW-LP 2 und WW-LP 3 zum Zeitpunkt der Probennahme bereits ca. vier Wochen betrug, wurde der WW-LP 4 erst gut zwei Wochen vorher angelegt. Die dazwischenliegende Hochwassersituation dürfte für ein Einspülen des Feinsediments in die anderen beiden Laichplätze gesorgt haben und die hohen Anteile erklären (INGENDAHL 1999). Dieser Gewässerabschnitt eignete sich vor allem aufgrund umliegender Flächenbewirtschaftung, sowie landwirtschaftlichen Einleitungen ins Gewässer im Untersuchungszeitraum nicht als potentiell Laichhabitat mit einer erfolgreichen Reproduktion (s. Kap. 6.3). An der Strecke „Kaserne“ waren auffällig geringe Anteile feinem Sediments in den Proben enthalten. Die Habitatbedingungen weisen hier hinsichtlich des Sedimentes, sowie der Sohlmorphologie eigentlich gute Voraussetzungen auf. Laut INGENDAHL et al. 1995 sind sogenannte „pool-riffle-sequences“ von Bedeutung für die Salmoniden, welche an der Kaserne in gut ausgeprägter Form vorhanden sind. INGENDAHL (1999) und KONDOLF (2000) geben an, dass die Tiere ihre Laichplätze oft in den Übergangsbereichen zwischen dem Pool (vertiefter Gewässerbereich) und der Rifflestrecke

6. Diskussion

(flach überströmte Rausche) anlegen. In diesem Bereich dringt Oberflächenwasser in das Sediment ein, welches eine Sauerstoffversorgung der dort abgelegten Eier bedingt (VAUX 1968 in INGENDAHL et al. 1995). An der Kaserne sorgte jedoch die mit schluffigen Sedimenten kolmatierte Gewässersohle dafür, dass diese Strecke zum Beprobungszeitpunkt als ungeeignet anzusehen war.

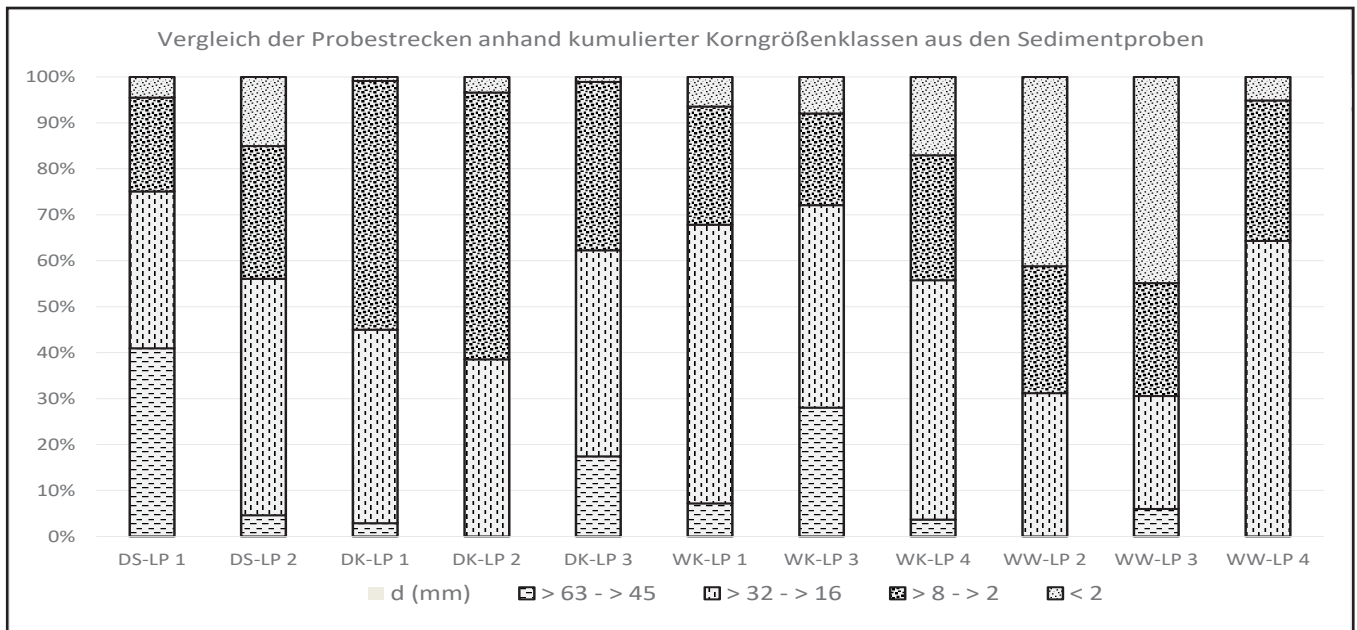


Abb. 74: Probestreckenvergleich anhand kumulierter Korngrößenklassen aus den Sedimentproben

Neben den Sedimentparametern hat auch die Wassertemperatur einen Einfluss auf das Überleben der Eier und Larven im Laichplatz, weswegen dieser Aspekt bei der Eignung der Laichhabitate auch berücksichtigt werden sollte. CRISP (1993) gibt an, dass 95 % der Forelleneier bei einer Wassertemperatur zwischen 0 – 10 °C überleben, bei über 12 °C sind es jedoch weniger als 50 %. Übersteigt die Temperatur 15,5 °C gibt es keine Überlebenschance für die Eier. Bei „Schütze“ wurde an zwei Tagen eine Temperatur jeweils zwischen 10 und 12 °C, an der „Welsetal-Strecke“ sogar bei einer Messung 13,3 °C nachgewiesen. An beiden Strecken dürfte diese Tatsache jedoch keinen größeren Einfluss gehabt haben, da an der Delme-Strecke zu diesem Zeitpunkt die Eientwicklung bereits nahezu abgeschlossen war und sich die Eier kurz vor dem Schlupf-Stadium befanden und an der Welsetal-Strecke bereits weit im Vorfeld durch die umliegenden Parameter eine erfolgreiche Eientwicklung verhindert wurde.

Letztendlich lässt sich erkennen, dass die in Teilen erfolgreiche Reproduktion an der „Schütze-Strecke“ vermutlich durch ein Mosaik mehrerer Faktoren hervorgerufen wurde. Zwar ist die Eisen- und Feinsedimentproblematik auch hier vorhanden, jedoch weniger stark ausgeprägt als an den anderen drei Probestrecken. Vor allem die vergleichsweise gut funktionierende Dynamik des Gewässers in diesem Abschnitt spielt eine wesentliche Rolle. Damit einhergehend erfolgt der Abtransport des Feinsedimentes, was wiederum zum Freispülen des Kieslückensystems und damit zu einer verbesserten Sauerstoffversorgung führt.

6.3 Defizite und Probleme

Die anthropogenen Handlungen im und am Gewässer sorgen vielerorts für Defizite und Probleme, die einer erfolgreichen natürlichen Reproduktion der Arten Lachs und Meerforelle entgegenstehen. Für die Delme, aber vor allem für die Welse lassen sich einige dieser folgenschweren Handlungen ausmachen. Während an der „Schütze-Strecke“ keine lokal signifikanten Belastungen des Gewässerabschnittes erkennbar waren, sah die Situation an der „Kaserne“ deutlich schlechter aus. Durch den dortigen Kieseinbau wurden zwar die Voraussetzungen für eine Reproduktion geschaffen, die angesprochene



Abb. 75: Feinsedimentaustrag im Zuge der Laichplatzkontrollen an der Probestrecke „Kaserne“, Foto: Jasmin Pelz

Kolmation der Gewässersohle sorgt derzeit jedoch für keine realistischen Hoffnungen auf eine erfolgreiche Ei- und Larvalentwicklung. Problematisch ist hier der Eintrag von besonders feinem Sediment, welches die oberste Substrat-Schicht verstopft (BRUMUND-RÜTHER 2000) (Abb. 75).

Als Eintragspfade sind hier vermutlich Erosionsprozesse im Gewässerumfeld zu nennen, die durch landwirtschaftliche Flächennutzung hervorgerufen werden. Vor allem durch den zunehmenden Mais- und Kartoffelanbau kommt es vielerorts zu einem unnatürlich

6. Diskussion

hohen Sandeintrag in die Gewässer, was zu einer Überlagerung und/oder zu einem Funktionsverlust der existenziell notwendigen Laichhabitate der kieslaichenden Arten führt (GAUMERT & KÄMMEREIT 1993, ARGE WESER 1998, BRUMUND-RÜTHER 2000, GERKEN 2006). Mit zunehmender Flächenentwässerung und landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsintensivierung wurden im Laufe des 19. Jahrhunderts zudem die Voraussetzungen für einen übermäßigen Eiseneintrag in die Gewässer geschaffen (GERKEN 2006). Diese besorgniserregende Entwicklung findet sich auch an den Probestrecken der Delme und Welse wieder. Speziell die höchste Belastung an der „Kaserne“, aber auch die Situation im „Welsetal“ ist dabei hervorzuheben. Am letztgenannten Standort konnten im Laufe der Untersuchungen mehrfach Eintragspfade festgestellt werden. Der Zufluss von stark belastetem Wasser über Drainagen, aber auch oberflächlich über eigens vom Landwirt erstellte Entwässerungsgräben sorgen hier für eine Belastungssituation des Gewässerabschnittes (Abb. 76, 77).



Abb. 76: Entwässerungsgraben des Grünlandes an der Probestrecke „Welsetal“, 22.01.2018



Abb. 77: Eiseneintrag durch Drainageleitungen an der Probestrecke „Welsetal“, 18.02.2018

In den letzten Jahren kam es an der Welse immer wieder zu folgeschweren Einleitungen von stark belastetem Oberflächenwasser, welches nachweislich landwirtschaftlichen Ursprungs ist (SALVA mdl. Mitt. 2017). Auch innerhalb der Beprobungsphase kam es hier zu einer solchen Einleitung, die eine z.T. starke Abwasserpilzbildung und damit verbundene Sauerstoffzehrungsprozesse zur Folge hatte. Konnten bei der Sauerstoffmessung am 22.01.18 noch 8,8 mg/l in der fließenden Welle nachgewiesen werden, waren es vier Tage später nur noch 8,05 mg/l, wodurch der Zeitpunkt der Einleitung innerhalb

dieser vier Tage eingegrenzt werden konnte. Bei der darauffolgenden Messung betrug der O_2 -Gehalt wieder 8,63 mg/l (07.02.18) und stieg bis zum 25.02.18 auf 10,52 mg/l. Neben diesem Extremereignis konnte das Vorhandensein von Abwasserpilz nahezu im gesamten Zeitraum vom 22.12.17 bis zum 18.02.18 festgestellt werden, was vermutlich in Verbindung zu den vergleichsweise geringen Sauerstoffgehalten der fließenden Welle an dieser Probestrecke steht (Abb. 78, 79).



Abb. 78: Abwasserpilz an der Probestrecke „Welsetal“, 26.01.2018



Abb. 79: Abwasserpilz auf einem Laichplatz an der Probestrecke „Welsetal“, 07.02.2018

An der Probestrecke „Kaufland“ konnte keine Abwasserpilzbildung festgestellt werden. Jedoch war auch hier der anthropogene Einfluss auf das Gewässer eindrücklich. Neben dem geradlinigen Gewässerverlauf und den ausgeprägten Uferbefestigungen konnten hier in den Sedimentproben Auffälligkeiten festgestellt werden. Neben Glasresten, Bauschutt und Metall wurden auch Teerreste festgestellt. Ob von diesen Substanzen Beeinträchtigungen auf eine Ei- und Larvalentwicklung der Salmoniden ausgehen, bleibt ungewiss. Auch wenn eine Einschätzung möglicher Schäden nicht abgegeben werden kann, sind speziell die Teerreste auf Dauer jedoch sicherlich in irgendeiner Art und Weise als ein beeinträchtigender Faktor des aquatischen Lebensraums und dessen Organismen anzusehen. Außer an der Probestrecke „Schütze“ ist letztendlich auch die Gewässerunterhaltung vielerorts als problematisch anzusehen. Durch das unnötige Entfernen von über dem Gewässer hängenden Ästen (Bsp. „Kaserne“, „Welsetal“) und Totholz aus dem Gewässer selbst (Bsp. „Kaserne“) wird zum einen die Beschattungsfunktion und zum anderen mit dem Totholz ein wichtiges Strukturmerkmal entfernt, welches natürli-

cherweise in jedes Fließgewässer gehört. Vielerorts fehlen Ufergehölze ganz oder aufkommende Erlen werden im Zuge der Unterhaltungsmaßnahmen entfernt. Eine zu tiefe Böschungsmahd kann zudem zu erhöhtem Feinsedimenteintrag ins Gewässer durch Erosion führen (Bsp. „Kaufland“). Auch MADSEN & TENT 2000 und GERKEN (2006) beschreiben die Bedeutung einer schonenden Gewässerunterhaltung mit Belassen essentieller Strukturmerkmale wie Ufergehölzen und Totholz.

6.4 Handlungsempfehlungen

Die aufgezeigten Probleme lassen sich mit folgenden speziell an die Probestrecken angepassten, jedoch auch gesamtheitlich relevanten Handlungsempfehlungen begegnen. Vor dem Hintergrund der Feinsedimentfracht in den beprobten Gewässern sind vielfältige Maßnahmen vorhanden, die die Situation verbessern können. Als einer der wichtigsten beeinflussbaren Bausteine ist dabei die Ausprägung der Uferstruktur und –vegetation, mit der nach MADSEN & TENT 2000 eine Verbesserung der Wasserqualität einhergehen kann. Besonders die Art und Weise der Unterhaltungsmaßnahmen sollte dafür optimiert werden, um eine Beeinträchtigung der Ufervegetation weitestgehend auszuschließen. Dies wiederum führt zu einer Vielzahl an Vorteilen. Besonders an heißen Tagen wird durch die Beschattung die Wassertemperatur geringgehalten, was sich u.a. positiv auf die Sauerstoffkonzentrationen im Wasser auswirkt. MADSEN & TENT 2000 beschreiben weiter ein Fallbeispiel, bei dem an Bächen mit geänderter Gewässerunterhaltung früher keine Forellen die heißen Sommertage überlebten, im Anschluss an die optimierte Unterhaltung dies jedoch der Fall war. Hinzu kommt die Stabilisierung der Ufer und somit Schutz vor Erosion und Uferabbrüchen durch die Wurzeln, die zudem noch wichtige Unterstände für die Forellen der fortgeschrittenen Stadien und weiteren Organismen bieten (GERKEN 2006). Neben diversen weiteren positiven Aspekten in Bezug zum gesamten aquatischen Lebensraum schützt ein gut ausgeprägter Gewässerrandstreifen mit standortgerechter Vegetation vor dem Eintrag von Feinsediment, welches durch Erosion mobilisiert wurde (GERKEN 2006). Ebenfalls dem Feinsedimenteintrag, jedoch auch der Eisenockerproblematik lässt sich mit einem Anheben des Wasserstandes auf ehemaligen

Feuchtwiesen in der Aue, die mittlerweile entwässert wurden, entgegenwirken. Durch das Anheben des Wasserstandes wird der Sauerstoffzutritt in den Boden vermindert und weniger Eisen mobilisiert (MADSEN & TENT 2000). Konkret haben diese Maßnahmen vorwiegend für die Probestrecken „Delme-Kaserne“ und „Welse-Welsetal“ eine Relevanz. An beiden Standorten ist eine Entwässerung der angrenzenden Grünländereien vorhanden, was sich auch in den Fe^{2+} -Gehalten zeigt. Zudem ist an beiden Strecken nur eine einseitige Beschattung in Teilbereichen gegeben. Die jeweils in Fließrichtung linke Uferseite weist weder einen ausreichend großen Gewässerrandstreifen, noch eine standortgerechte Ufervegetation aus Hochstaudenfluren und beschattenden Elementen mit *Alnus glutinosa* auf. Die Situation an der Probestrecke „Welse-Kaufland“ ist durch die Stadtlage und die dementsprechende Überprägung des Gewässerabschnittes eine andere. Hier sind limitierende Faktoren vorhanden, durch die nicht jede Maßnahme umgesetzt werden kann. Dennoch ist im vorgegeben Rahmen Optimierungspotential da. So weist die Probestrecke zwar eine nahezu durchgehende, beidseitige Ufervegetation auf, diese besteht jedoch in Teilen aus nicht-standortgerechten Gehölzen. Wo die Besitzverhältnisse es erlauben, könnten diese durch „passende“ Pflanzen, wie *Alnus glutinosa*, ersetzt werden. Diese würden mit ihrem Wurzelwachstum zusätzlich die Ufer stabilisieren und Erosion vorbeugen. Zudem könnte unter Umständen ein zusätzlicher Kiesauftrag in Frage kommen, falls die Ausprägung der Laichplätze wie in Kap. 6.2 beschrieben, auf eine zu geringe Hartsubstratdeckung zurückzuführen ist. Eine weitere Möglichkeit speziell an der Probestrecke „Kaufland“, die Laichhabitate der Salmoniden zu verbessern, könnte laut MADSEN & TENT 2000 eine Restauration bestehender Kiesflächen im Gewässer sein. Die Autoren beschreiben dabei ein Fallbeispiel eines dänischen Fließgewässers, an dem mit einem Bagger und einer Schaufel, durch die Steine zurück ins Wasser fallen können, die Laichhabitate bearbeitet wurden. Das Feinsediment wurde durch die Strömung flussabwärts getragen und etwaiges Pflanzenmaterial wurde mit Wurzeln entfernt. Dadurch bildete sich im Anschluss an diese Aktion eine wellige, lockere Bodenstruktur, die die Strömungsturbulenz erhöhte, wodurch ein erneutes Versanden verhindert wurde. An diesen Laichplätzen konnten in den darauffolgenden Jahren doppelt so vie-

le Jungfische nachgewiesen werden als zuvor (MADSEN & TENT 2000). Allerdings sind bei dieser Maßnahme die Auswirkungen des mobilisierten Sandes auf unterhalb liegende Gewässerabschnitte zu berücksichtigen. An der Probestrecke „Schütze“ selbst konnten kaum Defizite und Probleme ausgemacht werden. Hier haben beeinträchtigende Faktoren ihren Ursprung überwiegend in flussaufwärts liegenden Gewässerabschnitten. Generell ist bei der Maßnahmenplanung und –umsetzung aufgrund der Dynamik und der Transportwege das Fließgewässer als Ganzes zu betrachten. So kann laut GERKEN (2006) eine Anlage eines Sandfanges hinter einem belasteten Gewässerabschnitt negative Auswirkungen auf weite Teile des flussabwärts liegenden Gewässerverlaufes verhindern. Auch wenn punktuell an den Gewässerteilen Maßnahmen ihre Wirkung erzielen, gilt es jedoch in erster Linie die Ursachen zu bekämpfen.

7. Ausblick

„In einem Bächlein helle,
 da schoß in froher Eil
 die launige Forelle
 vorüber wie ein Pfeil. ...“ (SCHUBERT 1817, S. 1)

Damit dieses Szenario auch weiterhin unter der Wasseroberfläche der Delme und Welse vonstattengeht, bedarf es auch künftig einer stetigen Verbesserung der Situation an den beiden Gewässern. BRUMUND-RÜTHER (2000) beschreibt, dass im Jahre 1999 die Wiedereinbürgerungsprojekte an der Weser kurz vor dem Durchbruch zu sein scheinen, da in den vorherigen Jahren vermehrt Wandersalmoniden mit der Angel gefangen wurden. Ob die darauffolgende Entwicklung als Durchbruch anzusehen ist, bleibt jedoch fraglich. Noch immer bringt die Situation an und um die Gewässer und deren Umfeldern erhebliche Defizite mit sich. Vor allem die zunehmend intensiveren Bewirtschaftungspraktiken auf landwirtschaftlichen Nutzflächen, die Agrarwüsten und Mais-Monokulturen und der damit einhergehende Sandeintrag in die Gewässer sorgen für kaum kompensierbare Beeinträchtigungen. Die Laichfische sind laut BRUMUND-RÜTHER (2000) zwar instinktiv in der Lage, überlagerte Laichhabitate von Sand und Schlamm zu befreien (was an der Probestrecke „Wesetal“ beobachtet werden konnte), jedoch ist eine Reduzierung der Eintragsmenge- und Geschwindigkeit von Nöten. Ist das der Fall, können die Tiere ihre Laichplätze weitestgehend selbstständig säubern, was eine bedeutende ökologische Funktion darstellt, mit der sie zur Verbesserung der Wasserqualität beitragen (BRUMUND-RÜTHER 2000). Dies führt zur Schaffung neuen Lebens- und Reproduktionsraumes für viele weitere Arten wie Neunaugen und Muscheln (BRUMUND-RÜTHER 2000). Erschwerend kommt jedoch weiter der Verbau der Flüsse hinzu, besonders durch Wasserkraftanlagen, die „grünen“ Strom erzeugen. Das dieser Strom in keinsten Weise eine Relevanz im Energiehaushalt besitzt, bleibt dabei scheinbar unberücksichtigt (BRUMUND-RÜTHER 2000). Auch der Blick unter die Wasseroberfläche und dortige Schäden an den Rechen und

Turbinen, z.B. bei abwandernden Junglachsen, bleibt oftmals aus. Dennoch zeigt die unaufhörliche Pionierarbeit der Fischereivereine und –verbände vielerorts Wirkung. Die Salmoniden kehren trotz zum Teil immer noch widriger Aufstiegsbedingungen in die Gewässer zurück. Auch wenn in weiten Teilen noch per Laichfischfang und Abstreifen der Fische eine künstliche Vermehrung mit Besatzmaßnahmen unumgänglich ist und vorerst auch bleiben wird, ist die Wiedereinbürgerungsgeschichte als großer Erfolg der Anglerschaft anzusehen, ohne dass diese vermutlich je einen fischereilichen Nutzen davon haben werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit haben zwar besonders an den Probestrecken „Welsetal“ und „Kaserne“ die eben angesprochenen Probleme verdeutlicht, jedoch ist der Nachweis einer zumindest in kleinem Umfang natürlichen Reproduktion an der Delme-Strecke „Schütze“ sicherlich neue Motivation für alle Beteiligten und ein Zeichen der Tiere, dass mit ihnen zu rechnen ist.

8. Zusammenfassung/Summary

Der Vergleich der Delme und Welse bezüglich des Reproduktionserfolges von Lachs (*Salmo salar*) und Meerforelle (*Salmo trutta trutta*) zeigt signifikante Unterschiede zwischen den Gewässern, aber auch den einzelnen Probestrecken und Laichplätzen. Die Arten stellen bezüglich der Wasserqualität, sowie des Sohlsubstrates vielgestaltige Anforderungen an ihre Laichhabitate. Vor allem während der Zeit der Ei- und Larvalentwicklung, in der die Stadien besonders anfällig gegenüber Beeinträchtigungen reagieren, dürfen die Milieubedingungen im hyporheischen Interstitial nicht zu sehr vom Optimum abweichen. Besonders die fließgewässertypische Dynamik scheint ein entscheidender Faktor zur erfolgreichen Ei- und Larvalentwicklung im hyporheischen Interstitial zu sein. Mit dieser Dynamik gehen essentiell notwendige Austauschprozesse zwischen der fließenden Welle und dem Lückensystem der Gewässersohle einher. Ein Freispülen der oberen Substratschichten ist dabei notwendig, um eine Kolmation der Sohle zu verhindern. Auch der Konstitution der Laichplätze, mit einer ausgeprägten Struktur von Laichkuhle und -hügel, kommt eine besondere Bedeutung zu, die ausschlaggebend für ein Überleben von Eiern und Larven im Sediment sein kann. Diese steht in Zusammenhang mit der Durchströmung des Laichplatzes, wovon wiederum die Intensität der Sauerstoffversorgung abhängt. Im Zuge der Untersuchungen an der Delme konnte diese Bedeutung durch den Fund von lebenden Eiern und Larven an Laichplätzen, die solche Strukturmerkmale aufwiesen, belegt werden. An der Probestrecke „Welse Welsetal“ stellt besonders die Eisen- und Feinsedimentproblematik als ein limitierender Faktor einer natürlichen Reproduktion entgegen. Die Probestrecke „Welse Kaufland“ weist eine vergleichsweise hohe Frequentierung des Lachses auf. Jedoch hält an dieser Strecke in Stadtlage die anthropogene Überprägung Einzug. Glas-, Teer- und Bauschuttreste in den Sedimentproben, dazu eine in Teilen verfestigte Gewässersohle, fehlende Dynamik und eine schonungslose Gewässerunterhaltung stellen hier einige Ansatzpunkte dar, die es künftig zu verbessern gilt. Allem voran benötigen die Arten für eine erfolgreiche Reproduktion in ihren angestammten Gewässern eine Änderung im Bewirtschaftungsmanagement der

landwirtschaftlichen Nutzflächen. Tritt dieser Fall ein, können der Lachs, wie auch die Meerforelle als Schlüsselarten eines intakten und artenreichen Fließgewässerökosystems fungieren.

Summary

The objective of this study was to compare the streams Delme and Welse regarding the reproductive success of sea trout (*Salmo trutta trutta*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). Both streams differ in terms of water quality and gravel composition which can have an impact on the success of reproduction because the species depend on specific conditions concerning potential spawning grounds.

Especially during the period of egg development and larval stadium the species are vulnerable to unsuitable environmental conditions in the hyporheic interstitial. Said poor conditions may occur in the case of infiltration of fine sediments into the hyporheic sediment and a resulting lower oxygen level. The salmonid spawning sites, called redds, require exchange processes between flowing water and hyporheic sediment. These processes are amplified by the dynamics of natural streams which lead to fine sediments being washed out of the redds. In addition, the spawning sites shape can have an influence on the survival rate of salmonid eggs and fry. A distinctive structure of the spawning nest allows an increased oxygen supply due to an improved water flow.

The importance of these structures was proven at the Delme by the discovery of living eggs at corresponding spawning sites. On the other hand, it was concluded that the presence of iron and fine sediments is the limiting factor that prevents the egg and larval development in the case of the redds at "Welse-Welsetal". The highest number of Atlantic salmon was caught at "Welse-Kaufland". However, this site is subject to anthropogenic influences such as the lack of natural dynamics, solidified sediments as well as pieces of glass, metal and tar. As a consequence, changes are necessary to improve the situation for the salmonids.

In order to achieve a successful natural reproduction of both species, it is critical to create a less intensive agricultural farming in the surrounding areas of the streams. Under

these circumstances, seatrout and Atlantic salmon could function as key species in an intact and diverse ecosystem.

9. Quellenverzeichnis

9.1 Literaturquellen

- ACKMANN, H., ACKMANN, M., BELGERS, T., EDEL, G., FÄHMEL, B., FIRZLAFF, D., JÄGER, S., JOCHIMS, H.-J., MOQUETTE, F., PFEIFER, M., THIEL, U., SALVA, J., SCHNEIDER, J., SOSAT, R., WESSEN DORF, P., WILKE, R., WUTTKE, H., ZAHN, S., INGENIEURBÜRO FLOECKSMÜHLE UND PLANENA GMBH & Co.KG (2016): Die Rückkehr der Lachse, 102 S.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT ZUR REINHALTUNG DER WESER (ARGE WESER) (1996): Wiederansiedelung von Wanderfischen im Wesereinzugsgebiet. – Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Weser, 7 S.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT ZUR REINHALTUNG DER WESER (ARGE WESER) (1998): Wiederansiedelung von Wanderfischen im Wesereinzugsgebiet. Überprüfung der Laichhabitate im Wesereinzugsgebiet. Teil 1. – Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Weser, 57 S.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT ZUR REINHALTUNG DER WESER (ARGE WESER) (2003): Wiederansiedelung von Wanderfischen im Wesereinzugsgebiet. Qualität der Laichhabitate von Lachs und Meerforelle in Delme, Diemel und Ulster. – Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Weser, 66 S.
- BRUMUND-RÜTHER, E. (2000): Lachswiedereinbürgerung in Norddeutschland. – In: VERBAND DEUTSCHER SPORTFISCHER E.V., Hrsg., Fisch des Jahres 2000. Der Lachs. Verlag M. Faste, Kassel, 88 – 156 S.
- BRUNKE, M. (2015) a: Definition des hyporheischen Interstitials. – In: BRENDENBERGER, H., MARTIN, P., BRUNKE, M., HAHN, H.J., Hrsg., Grundwassergeprägte Lebensräume. Eine Übersicht über Grundwasser, Quellen, das hyporheische Interstitial und weitere grundwassergeprägte Habitate. – Limnologie aktuell, Band 14, Schweizerbart, Stuttgart, 134 - 137 S.,
- BRUNKE, M. (2015) b: Gewässermanagement des hyporheischen Interstitials. – In: BRENDENBERGER, H., MARTIN, P., BRUNKE, M., HAHN, H.J., Hrsg., Grundwasser

geprägte Lebensräume. Eine Übersicht über Grundwasser, Quellen, das hyporheische Interstitial und weitere grundwassergeprägte Habitate. – Limnologie aktuell, Band 14, Schweizerbart, Stuttgart, 188 - 194 S.,

- BRUNKE, M. (2015) c: Struktur und Funktion der Fauna des hyporheischen Interstitials. – In: BRENDENBERGER, H., MARTIN, P., BRUNKE, M., HAHN, H.J., Hrsg., Grundwassergeprägte Lebensräume. Eine Übersicht über Grundwasser, Quellen, das hyporheische Interstitial und weitere grundwassergeprägte Habitate. – Limnologie aktuell, Band 14, Schweizerbart, Stuttgart, 168 - 186 S.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATUR, BAU UND REAKTORSICHERHEIT, Hrsg. (2007): Forschungsvorhaben „Querbauwerke in den Fließgewässern Deutschlands“ bietet Grundlage für ein bundesweites Kataster als Entscheidungshilfe in der Gewässerentwicklungsplanung lt. EG-Wasserrahmenrichtlinie, 1 – 4 S.
- CRISP, D.T. (1993): The environmental requirements of salmon and trout in fresh water. Freshwater Forum 3: 176 – 202.
- CRISP, D.T. & CARLING, P.A. (1985): Aspects of the washout of salmonid eggs. 6. Information on gravel composition, red sites, the dimensions of redds and the depth of egg burial. – Freshwater Biological Association, 18 S.
- CRISP, D.T. & CARLING, P.A. (1989): Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. – Journal of Fish Biology 34: 119 – 134.
- DIRKSMEYER, J. (2008): Untersuchungen zur Ökomorphologie der Laichhabitate von Lachsen und Meerforellen in Deutschland. – Bibliothek Natur & Wissenschaft Band 18, 201 S.
- GAUMERT, D. & KÄMMEREIT, M. (1993): Süßwasserfische in Niedersachsen. – Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Dezernat Binnenfischerei, Hrsg., 161 S.
- GERKEN, R. (2006): Wiederansiedelung von Lachs und Meerforelle im oberen Wümmegebiet. Praktischer Arten- und Gewässerschutz an Bächen und

- Flüssen des Tieflandes. – Naturkundliche Schriftenreihe Stiftung Naturschutz, Landkreis Rotenburg (Wümme), Band 3, 159 S.
- GUM, B., TÄUBERT, J.-E., RÖSCH, R., HANTKE, H. (2013): Fisch des Jahres 2013. Die Forelle. – Verband Deutscher Sportfischer e.V. (Hrsg.), Offenbach am Main, 51 S.
 - INGENDAHL, D., MARTY, A., LARINIER, M. & NEUMANN, D. (1995): Die Charakterisierung von Laichplätzen des Atlantischen Lachses und der Meerforelle in einem Fluss der französischen Pyrenäen. – Limnologica 25 (1): 73 – 79.
 - INGENDAHL, D. (1999): Das hyporheische Interstitial in der Mittelgebirgsregion und limitierende Bedingungen für den Reproduktionserfolg von Salmoniden (Lachs und Meerforelle). – Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL): 71 – 81.
 - JUNGWIRTH, M., HAIDVOGEL, G., MOOG, O., MUHAR, S., SCHMUTZ, S. (2003): Angewandte Fischökologie an Fließgewässern. – Facultas Universitätsverlag, Wien, 547 S.
 - KLEMETSEN, A., AMUNDSEN, P.-A., DEMPSON, J.B., JONSSON, B., JONSSON, N., O'CONNELL, M.F., MORTENSEN, E. (2003): Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. – Ecology of Freshwater Fish 12: 1 – 59.
 - KONDOLF, M. (2000): Assessing Salmonid Spawning Gravel Quality. – Transactions of the American Fisheries Society 129: 262 – 281.
 - KRUSPE, R., NEUMANN, J., OPITZ, M., THEISS, S., UHLMANN, W., ZIMMERMANN, K. (2014): Fließgewässerorganismen und Eisen. Qualitative und quantitative Beeinflussungen von Fließgewässerorganismen durch Eisen am Beispiel der Lausitzer Braunkohlenfolgelandschaft. – Schriftenreihe, Heft 35/2014, Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 94 S.,
 - KUBITZKI, J., ZECK, F., BALLÜER, A. (2013): Gewässerentwicklungsplan Delme (im Landkreis Oldenburg), 72 S.
 - KUHN, U. (2015): Detailstrukturkartierung ausgewählter Fließgewässer in Niedersachsen und Bremen. Ergebnisse 2010 bis 2014. – Oberirdische Gewässer Band 38, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,

Küsten- und Naturschutz (Hrsg.), Norden, 62 S.

- KUHN, U., FRICKE, D., PINZ, K. (2017): Gewässergestalten. Bäche und Flüsse in Niedersachsen und Bremen. – Oberirdische Gewässer Band 40, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.), Norden, 100 S.
- LARSEN, S. & ORMEROD, S.J. (2010): Low-level effects of inert sediments on temperate stream invertebrates. – *Freshwater Biology* 55: 476 – 486.
- LOUHI, P., MÄKI-PETÄYS, A. & ERKINARO, J. (2008): Spawning habitat of atlantic salmon and brown trout: general criteria and intragravel factors. – *River research and applications* 24: 330 – 339.
- MADSEN, B.L. & TENT, L. (2000): Lebendige Bäche und Flüsse. Praxistipps zur Gewässerunterhaltung und Revitalisierung von Tieflandgewässern. – Edmund Siemers-Stiftung, Hrsg., Hamburg, 156 S.
- MEISEL, S. (1961): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 56 Bremen. Geographische Landesaufnahme 1:200.000. Naturräumliche Gliederung Deutschlands. – Selbstverlag Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Bad Godesberg, 28 S.
- MORGENSTERN, C. (2014): Gesammelte Werke. Herausgegeben von Klaus Schuhmann. Mit Anmerkungen von Renate Beyer. – Anaconda Verlag, Köln, 166f. S.
- NIEPAGENKEMPER, O. & MEYER, E.I. (2003): Messungen der Sauerstoffkonzentration in Flusssedimenten zur Beurteilung von potentiellen Laichplätzen von Lachs und Meerforelle. – Landesfischereiverband Westfalen und Lippe, Hrsg., Grüne Reihe, Band 3, 87 S.
- PEURANEN, S., VUORINEN, P.J., VUORINEN, M. & HOLLENDER, A. (1994): The effects of iron, humic acids and low pH on the gills and physiology of Brown Trout (*Salmo trutta*). – *Annales Zoologici Fennici* 31: 389 – 396.
- RASPER, M., SELLHEIM, P., & STEINHARDT, B. (1991): Das Niedersächsische Fließgewässerschutzprogramm - Grundlagen für ein Schutzprogramm. Einzugsge-

9. Quellenverzeichnis

- biete von Weser und Hunte. – Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen Heft 25/3, Hannover, 306 S.
- RENNEBECK, L. (2015): Untersuchung und Bewertung der Laichhabitate von Meerforellen (*Salmo trutta*) in der oberen Geeste und Grove. – Hochschule Bremen, Masterthesis. Bremen, 143 S.
 - SCHMIDT, G.W. (2000): Der Atlantische Lachs *Salmo salar*. – In: VERBAND DEUTSCHER SPORTFISCHER E.V., Hrsg., Fisch des Jahres 2000. Der Lachs. Verlag M. Faste, Kassel, 43 - 57 S.
 - SCHMIDT, G.W. (2000): Lachs-Wiederansiedelung in Nordrhein-Westfalen. – In: VERBAND DEUTSCHER SPORTFISCHER E.V., Hrsg., Fisch des Jahres 2000. Der Lachs. Verlag M. Faste, Kassel, 22 - 42 S.
 - SCHUBERT, F. (1817): Die Forelle. Erste Fassung. – Schubert's Werke. 1 S.
 - VERBAND DEUTSCHER SPORTFISCHER E.V. (VDSF), Hrsg. (2003): Lachse in Deutschland. Dokumentation der Wiedereinbürgerungsprojekte des atlantischen Lachses (*Salmo salar* L.) in Deutschland. – VDSF Verband Deutscher Sportfischer e.V., Offenbach am Main, 135 S.
 - VUORI, K.-M. (1995): Direct and indirect effects of iron on river ecosystems. – Annales Zoologici Fennici 32: 317 - 329.

9.2 Internetquellen

- ftp://ftp-cdc.dwd.de:observations_germany.climate.daily.more_precip.recent.Tageswerte_RR_05822_akt.
ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/daily/more_precip/recent/ (Zugriff am 01.07.2018).
- www.nlwkn.niedersachsen.de: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Naturschutz. Natura 2000. Stand der hoheitlichen Sicherung der Gebiete. Schutzgebiete zur Umsetzung von Natura 2000. Ausgewiesene Landschaftsschutzgebiete. Delmetal zwischen Harpstedt und Delmenhorst.

https://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/natura_2000/stand_hoheitlichen_sicherung_gebiete/schutzgebiete_zur_umsetzung_von_natura_2000/landschaftsschutzgebiet-delmetal-zwischen-harpsedt-und-delmenhorst-109675.html (Zugriff am 06.06.2018).

- www.nwzonline.de: Nachrichten. Wirtschaft. Weser-Ems. Meerforelle fühlt sich im Flösschen zuhause.
https://www.nwzonline.de/wirtschaft/weser-ems/meerforelle-fuehlt-sich-im-fluesschen-zu-hause_a_3,1,255179653.html (Zugriff am 26.07.2018).
- www.pegelonline.nlwkn.niedersachsen.de: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Messwerte. Pegel. Delme Holzkamp.
<https://www.pegelonline.nlwkn.niedersachsen.de/Pegel/Binnenpegel/Name/Holzkamp> (Zugriff am 01.07.2018).

9.3 Mündliche Mitteilungen

- KOLHOFF, T. (2017): Tobias Kolhoff, Gewässerwart und Elektrofischer des Fischereivereins Twistring. Mitteilung vom 25.11.2017.
- SALVA, J. (2017): Dr. Jens Salva, Fischereibiologe des Landesfischereiverbandes Weser-Ems e.V. in Oldenburg. Mitteilung vom 20.10.2017. Mitteilung vom 27.12.2017. Mitteilung vom 13.08.2018.

Danksagung

Ein herzlicher Dank gebührt Prof. Dr. Herbert Zucchi, der im Zuge seiner Betreuung während dieser Arbeit jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand. Ihre Leidenschaft für den Bereich Zoologie und Tierökologie hat schon während des gesamten Studiums, sowie auch nochmal bei der Bachelorarbeit immer wieder neu motiviert, in diesem Themenkomplex etwas bewegen zu wollen. Ich freue mich sehr, dass ich die Gelegenheit hatte, Ihre Lehre genießen zu dürfen und etwas von Ihrer Leidenschaft mitbekommen zu haben.

Weiterhin möchte ich mich bei Dr. Jens Salva bedanken. Nicht nur aufgrund der Anregung zur Bearbeitung dieses Themas, sondern auch für deine Betreuung, bei der ich wusste, dass ich mich jederzeit bei Fragen und Problemen an dich wenden konnte. Deine unerlässliche Arbeit im Bereich des Naturschutzes, vor allem des Gewässer- und Fischartenschutzes ist ebenfalls ansteckend und in deinem Wirkungskreis nicht wegzudenken. Ich bin äußerst froh, immer wieder neue Erkenntnisse zu genannten Themenbereichen von dir zu erfahren.

Auch ohne die Hilfe meiner Familie wäre die Durchführung der Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen, weswegen ich mich auch bei euch in ganz besonderer Art und Weise bedanken möchte.

Anhang

Anhangsverzeichnis

A1: Einzelfraktionen der gesiebten Sedimentproben

A2: Entwicklungsstadien der Meerforelleneier /-larven vom Augenpunktstadium bis zum Besatz-Stadium im Bruthaus Oldenburg

Anhang

A1: Einzelfraktionen der gesiebten Sedimentproben





A2: Entwicklungsstadien der Meerforelleneier /-larven vom Augenpunktstadium bis zum Besatz-Stadium im Bruthaus Oldenburg



Augenpunktstadium



Anfängliches Schlupf-Stadium



Mittleres Schlupf-Stadium



Fortgeschrittenes Schlupf-Stadium



Abgeschlossenes Schlupf-Stadium



Besatz-Stadium am Gewässer

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.“

Ort, Datum

Unterschrift