

Zeitliche und räumliche Verteilung von Fintenlaichprodukten in der Tideelbe bei km 643/640 sowie im Bereich von km 630 bis 680

Eingangsuntersuchung 2011
Ende April – Anfang Juni



Auftraggeber:
WSA Hamburg
Hamburg

Januar 2012

Auftraggeber: WSA Hamburg
Hamburg

Titel: Zeitliche und räumliche Verteilung von Fintenlaichprodukten in der
Tideelbe bei km 643/640 sowie im Bereich von km 630 bis 680

Eingangsuntersuchung 2011 von Ende April – Anfang Juni 2011

Auftragnehmer: BIOCONSULT
Schuchardt & Scholle GbR

Reeder-Bischoff-Str. 54
28757 Bremen
Telefon 0421 · 620 71 08
Telefax 0421 · 620 71 09

Klenkendorf 5
27442 Gnarrenburg
Telefon 04764 · 92 10 50
Telefax 04764 · 92 10 52

Internet www.bioconsult.de
eMail info@bioconsult.de

Bearbeiter: Dipl.-Biol. Jörg Scholle
Dipl.-Biol. Sandra Schulze
Dipl.-Biol. Pelle Kursch-Metz
Dipl.-Geogr. Tim Bildstein
Dr. Bastian Schuchardt

Datum: Januar 2012

Inhalt

1. Zusammenfassung	9
2. Anlass und Zielsetzung	13
3. Betrachtungsraum	15
4. Methodik	18
4.1 Probenahme: Konzeption und Durchführung	18
4.1.1 Quertransekt bei km 643, „Referenz“ bei km 640	18
4.1.2 Längstransekt km 630 – km 680	21
4.2 Auswertung	22
5. Ergebnisse	26
5.1 Abiotische Rahmenparameter	26
5.2 Untersuchung Quertransekt	34
5.2.1 Finteneier	37
5.2.1.1 Zeitliche Verteilungsmuster	37
5.2.1.2 Räumliche Verteilung der Eidichten	41
5.2.1.3 Eistadien	44
5.2.2 Fintenlarven	45
5.2.2.1 Zeitliche Verteilungsmuster	45
5.2.2.2 Räumliche Verteilung	48
5.2.3 Synoptische Betrachtung der Quertransektbefunde	51
5.3 Untersuchung Längstransekt	54
5.3.1 Finteneier	56
5.3.2 Fintenlarven	61
6. Zusammenfassende Schlussfolgerung	68
7. Hinweise für ein weiteres Monitoring	71
Literatur	74
Anhang	77

Abbildungen und Tabellen

Abb. 1:	Übersicht über den Betrachtungsraum von Elb-km 630 – km 680 (gelbe Linie). Lage der Messstellen im Längsschnitt (orange); Lage der Messstellen bei Quertransekt km 643 (rot) und Vergleichsmessstelle (Referenz für Vergleich mit früheren Untersuchungen) bei km 640 (gelb).	15
Abb. 2:	Anordnung der Quertransekt-Stationen (QT 1- QT 4) bei km 643, in der Hahnöfer Nebenelbe (Qt 5) sowie bei km 640 (QT 6, QT 7 -„Referenz“). FR = Fahrrinne	19
Abb. 3:	Ringnetzensemble zur Erfassung der Fintenlaichprodukte in der Tideelbe.	20
Abb. 4:	Vertikale Anordnung der Ringnetze an den Quertransektstationen (schematische Darstellung).....	21
Abb. 5:	Darstellung der Untersuchungsbereichs „Längsschnitt“ von km 630 – km 680. Lage der Längsschnitt-Stationen (orange Punkte).	22
Abb. 6:	Inhalt eines Ringnetzholts (Beispiel, 3.5.2011), gespülte Probe zeigt zahlreiche Finteneier. Pfeile kennzeichnen beispielhaft einzelne Eier (auf dem Sieb sind allerdings überwiegend Finteneier zu sehen).	23
Abb. 7:	Probengefäß für Finteneier zur Bestimmung der Entwicklungsstadien.	24
Abb. 8:	Entwicklung der Wassertemperatur (° C) bei km 643. Bild: oben Temperaturen oberflächennah, Bild unten: Temperaturen bodennah. Gestrichelte Linien (senkrecht): Untersuchungszeitraum Fintenlaichuntersuchung vom 21.4. – 8.6.2011. Datenquelle WSA Hamburg, Pegel D1. orange Querlinie: Wassertemperatur zu Beginn der Untersuchung.	26
Abb. 9:	Entwicklung der Leitfähigkeit (ms/cm) bei km 643. Bild: oben Leitfähigkeit oberflächennah, Bild unten: bodennah. Linien (senkrecht): Untersuchungszeitraum Fintenlaichuntersuchung vom 21.4. – 8.6.2011. Datenquelle WSA Hamburg, Pegel D1.	27
Abb. 10:	Vergleich Sauerstoffgehalte (mg/l) oberflächennah vs. bodennah, am Beispiel stündlicher Mittelwerte vom 18.5. und 8.6. 2011. Daten WSA Hamburg Pegel D1, km 643; 5minütliche Messwerte.	28
Abb. 11:	Entwicklung der oberflächennahen Sauerstoffkonzentration (mg/l) bei km 643 im Zeitraum von Anfang April bis Anfang Juni 2011. Linien (senkrecht): Untersuchungszeitraum Fintenlaichuntersuchung vom 21.4. – 8.6.2011. Datenquelle WSA Hamburg, Pegel D1. Rote Linie: Orientierungswert Sauerstoffminimum.	29
Abb. 12:	Tidephasenabhängige Variabilität der oberflächennahen Sauerstoffkonzentration bei km 643 in der Tideelbe; exemplarisch für 4 ausgewählte Tage. 21.4. (Bild oben links), 6.5. (Bild oben rechts), 12.5. (Bild unten links) und 8.6.2011 (Bild unten rechts). Grüner Pfeil: +/- Tideniedrigwasser; schwarzer Pfeil: +/-Tidehochwasser. Rote Linie (LS): „O ₂ -Warnwert (3,5 mg/l)“ (Orientierungswert). 3sigma = 3fache Standardabweichung bezogen auf den Tagesmittelwert (MW). Datenquelle WSA Hamburg, Pegel D1.	30
Abb. 13:	Variabilität der oberflächennahen (Bild oben) und sohnahen (Bild unten) Strömungsgeschwindigkeiten (cm/s) bei km 643 im Zeitraum vom 1.4. – 8.6.	

	2011 (Bilder links), sowie beispielhaft für einen Tagesgang (21.4.2011, Bilder rechts), grüne Pfeile: Tideniedrigwasser, schwarze Pfeile Tidehochwasser. M = Tagesmittelwert. Grundlage stündliche Mittelwerte Pegel D1 km 643, Datenquelle: WSA Hamburg.	31
Abb. 14:	Oberwasserabfluss (Tagesmittelwerte m ³ /s) der Elbe (Pegel Neu Darchau) für den Zeitraum 1.4. - 8.6.2011 (Quelle WSA Hamburg).....	32
Abb. 15:	Überblick über verschiedene abiotische Parameter (Q m ³ /s; Wassertemperatur ° C, Sauerstoff mg/l sowie pH-Wert und Leitfähigkeit mS/m) bezogen auf den Pegel Grauerort (km 660) in der Tideelbe. Quelle: FGG Elbe.	33
Abb. 16:	Ei- und Larvendichten am Quertransekt bei km 643 im Zeitraum 21.4. – 8.6.2011. Aufsteigend angeordnet. Rot Rahmen: als Ausreißer detektierte Einzelwerte.....	36
Abb. 17:	Entwicklung der Finteneianzahlen bei km 643/640 von Mitte April bis Anfang Juni.37	
Abb. 18:	Untersuchungszeitpunkte während der Tidephasen, schematische Darstellung.....	39
Abb. 19:	Finteneidichte während verschiedener Tidephasen, Daten Quertransekt bei km 643 und km 640. Ohne Ausreißerwert.....	39
Abb. 20:	Mittlere Finteneidichte entlang des Quertransektes bei km 643 im Zeitraum 21.4. – 8.6.2011 in der Tideelbe. Nord = Station QT1; süd-nord = QT 2; süd-mitte = QT 3; süd = QT 4; HN = QT 5 Hahnöfer Nebeneelbe.	41
Abb. 21:	Mittlere Finteneidichte entlang des Quertransektes bei km 640 im Zeitraum 21.4. – 8.6.2011 in der Tideelbe. Süd_ref= QT 6; Mitte_s_ref = QT 7.....	42
Abb. 22:	Mittlere Finteneidichte in verschiedenen Tiefenzonen im Bereich von km 643/640 im Zeitraum vom 21.4. – 8.6.2011 in der Tideelbe.	43
Abb. 23:	Entwicklung der Fintenlarvenanzahlen bei km 643/640 von Mitte April bis Anfang Juni 2011.	45
Abb. 24:	Anzahl Fintenlarven während verschiedener Tidephasen, Daten Quertransekt bei km 643 und km 640. Rot: signifikant unterschiedliche Larvenanzahlen. <i>Berechnung ohne „Ausreißerwert“ vom 12.5., QT 5 oben, Flutphase</i>	47
Abb. 25:	Mittlere Fintenlarvenanzahl entlang des Quertransektes bei km 643 im Zeitraum 21.4. – 8.6.2011 in der Tideelbe. Nord = Station QT1; süd-nord = QT 2; süd-mitte = QT 3; süd = QT 4; HN = QT 5 Hahnöfer Nebeneelbe.....	49
Abb. 26:	Mittlere Fintenlarvenanzahl entlang des Quertransektes bei km 640 im Zeitraum 21.4. – 8.6.2011 in der Tideelbe. Süd_ref= QT 6; Mitte_s_ref = QT 7. 49	
Abb. 27:	Mittlere Fintenlarvenanzahl in verschiedenen Tiefenzonen im Bereich von km 643/640 im Zeitraum vom 21.4. – 8.6.2011 in der Tideelbe.	51
Abb. 28:	Übersicht über Annahmen für eine exemplarische modellhafte Projektion der Quertransektdaten bei km 643/640 vom 6.5.2011 auf einen größeren Elbabschnitt.....	52
Abb. 29:	Ergebnis der exemplarischen Modellierung zur räumlichen Projektion der Quertransektdaten. Daten vom 6.5.2011 (km 643/640). Unterhalb km 650 und oberhalb km 630 keine Angaben mehr möglich.	52

Abb. 30:	Ei- und Larvendichten aufsteigend angeordnet, Datengrundlage Längstransectuntersuchung km 630 – km 680. Rot Rahmen: als Ausreißer detektierte Einzelwerte.	56
Abb. 31:	Finteneidichten (Ind.*100 m ³ auf Holebene) im Längsverlauf der Tideelbe. Die Punkte veranschaulichen die Variabilität über die Zeit (4.5., 19.5., 2.6.2011) sowie auch kleinräumig (Stromseite, Tiefenzonen).....	57
Abb. 32:	Zeitlich und kleinräumige Variabilität der Finteneidichte in der Tideelbe im Bereich von km 630 – km 680. Bilder 1 – 3 Daten aus Stromelbe und Nebeneiben zusammengefasst: Bild 4 nur Daten aus den untersuchten Nebeneiben (Lühesander NE, Pagensander NE, Schwarztonnensand, Glückstädter NE). Messstelle „Beginn“ = Position im stromaufliegenden Abschnitt; Messstelle „Ende“ = Position stromabliegender Abschnitt.....	59
Abb. 33:	Finteneidichte im Bereich der Stromelbe von km 630 – km 680 (Messstellen mit LT bezeichnet) und in den Nebeneiben (NE) Lühesander NE, Pagensander NE, Schwarztonnensand (SchwtS) sowie Glückstädter NE zu verschiedenen Zeitpunkten während der Reproduktionszeit (4.5.- Bild oben, 19.5. - Mitte, und 2.6.2011 - unten). <i>Beachte: LT-Daten (Säulenabbildungen) sind hier zusätzlich nach Stromseite (Nord-linke Stromseite, Süd-rechte Stromseite) differenziert; der dargestellte Mittelwert basiert jeweils aus 4 Hols auf der nördlichen sowie 4 Hols auf der südlichen Stromseite.</i>	61
Abb. 34:	Fintenlarvendichten/Hol (Ind.*100 m ³) im Längsverlauf der Tideelbe. Die Punkte veranschaulichen die Variabilität über die Zeit (4.5., 19.5., 2.6.2011) sowie auch kleinräumig (Stromseite, Tiefenzonen).	62
Abb. 35:	Fangzahlen/Hol (Ind.*100 m ³) von Fintenlarven, differenziert nach 3 Entwicklungsstadien im Verhältnis zur Gesamtabundanz (alle Entwicklungsstadien summiert) im Abschnitt von km 630 – km 680 der Tideelbe (N = 190 Hols). <i>Bild 1: Anzahl Prolarven vs. Gesamtanzahl; Bild 2: Anzahl Frühlarven vs. Gesamtanzahl; Bild 3: Anzahl Spätlarven vs. Gesamtanzahl jeweils differenziert nach Untersuchungszeitpunkt (KW = Kalenderwoche).</i>	64
Abb. 36:	Zeitlich und kleinräumige Variabilität der Fintenlarvenanzahl in der Tideelbe im Bereich von km 630 – km 680. Bilder 1 – 3 Daten aus Stromelbe und Nebeneiben zusammengefasst: Bild 4 nur Daten aus den untersuchten Nebeneiben (Lühesander NE, Pagensander NE, Schwarztonnensand, Glückstädter NE). Messstelle „Beginn“ = Position im stromaufliegenden Abschnitt; Messstelle „Ende“ = Position stromabliegenden Abschnitt.	65
Abb. 37:	Fintenlarvendichte im Bereich der Stromelbe von km 630 – km 680 (Messstellen mit LT bezeichnet) und in den Nebeneiben (NE) Lühesander NE, Pagensander NE, Schwarztonnensand (SchwtS) sowie Glückstädter NE zu verschiedenen Zeitpunkten während der Reproduktionszeit (4.5.- Bild oben, 19.5. - Mitte, und 2.6.2011 - unten). <i>Beachte: LT-Daten (Säulenabbildungen) sind hier zusätzlich nach Stromseite (Nord-linke Stromseite, Süd-rechte Stromseite) differenziert; der dargestellte Mittelwert basiert jeweils aus 4 Hols auf der nördlichen sowie 4 Hols auf der südlichen Stromseite.</i>	67
Tab. 1:	Erfassung von Fintenlaichprodukten in der Tideelbe; Überblick über die Untersuchungstermine im Frühjahr 2011.	20

Tab. 2:	Charakterisierung der verschiedenen Eistadien (nach: VON WESTERNHAGEN 1970).....	23
Tab. 3:	Sauerstoff-Tagesmittel (5minütl. Messwerte) differenziert nach oberflächennah und bodennah bei km 643, für ausgewählte Zeitpunkte. Daten WSA Hamburg Pegel D1.....	28
Tab. 4:	Übersicht über auffällige, als „Ausreißer“ detektierte Werte. $N \cdot \text{signa} = n$ -faches der Standardabweichung. Nachrichtlich: Orientierungswerte nach Anpassung an ein plausibles durchfiltertes Wasservolumen auf der Grundlage der Messwerte der Parallelproben. * = Werte im Rahmen der Auswertung nicht berücksichtigt.....	35
Tab. 5:	Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der saisonalen Daten km 643/640.....	38
Tab. 6:	Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der saisonalen Daten km 643/640. Rot: signifikant unterschiedliche Eidichten. Ohne Ausreißerwert.	40
Tab. 7:	Finteneidichten differenziert nach Tidephasen und Probenahmezeitpunkte. Daten Quertransekt km 643/640.....	40
Tab. 8:	Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der mittleren Stationsdaten bei km 643/640 für den Zeitraum 21.4. – 8.6.2011. Quertransekt bei km 643: QT 1 – QT 5 und bei km 640: QT 6 & 7. Rot: signifikant unterschiedliche Eidichten.	42
Tab. 9:	Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der vertikal differenzierten Daten km 643/640. Rot: signifikant unterschiedliche Eidichten.	43
Tab. 10:	Entwicklungsstadien der Finteneier differenziert nach Fangdatum auf der Basis des Quertransektdaten bei km 643 sowie der Stationen bei km 640. Zur Definition der Stadien s. Kap. 4.2.....	44
Tab. 11:	Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der saisonalen Daten km 643/640.....	46
Tab. 12:	Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der saisonalen Daten km 643/640. Rot: signifikant unterschiedliche Eidichten. Rot: signifikant unterschiedliche Larvenanzahlen. <i>Berechnung ohne „Ausreißerwert“ vom 12.5., QT 5 oben, Flutphase</i>	47
Tab. 13:	Anzahl Fintenlarven differenziert nach Tidephase und Probenahmezeitpunkt. Daten Quertransekt km 643/640.....	48
Tab. 14:	Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der mittleren Stationsdaten (Fintenlarven) bei km 643/640 für den Zeitraum 21.4. – 8.6.2011. Quertransekt bei km 643: QT 1 – QT 5 und bei km 640: QT 6 & 7. Rot: signifikant unterschiedliche Larvenanzahlen.	50
Tab. 15:	Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der vertikal differenzierten Daten (Fintenlarven) km 643/640. Rot: signifikant unterschiedliche Larvenanzahlen.....	51
Tab. 16:	Vergleich „Modellergebnisse“ basierend auf Quertransektdaten vom 6.5.2011 mit Daten aus den Längstransektuntersuchungen (4.5./5.5.2011) für den Abschnitt um km 630, km 640 und km 650. LT = Längstransekt.....	54

Tab. 17:	Übersicht über auffällige Werte, als „Ausreißer“ detektierte Werte. $N \cdot \text{signa} =$ n-faches der Standardabweichung. Nachrichtlich: Orientierungswerte nach Anpassung an ein plausibles durchfiltertes Wasservolumen auf der Grundlage der Messwerte der Parallelproben. Werte im Rahmen der Auswertung nicht berücksichtigt.....	55
-----------------	--	----

1. Zusammenfassung

Allgemeines und Ziel

Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung hat den gesetzlichen Auftrag zur Unterhaltung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe. Um das Sedimentmanagement im Sinne der NATURA 2000 - Belange optimieren zu können, bedarf es der genauen Kenntnis der von der Unterhaltung ausgehenden Auswirkungen auf die Finte. Da nicht auszuschließen ist, dass ein Teil der Fintenlaichprodukte einer erhöhten Mortalität durch die im zentralen Reproduktionsareal auch während der Laichzeit erfolgenden Unterhaltungsarbeiten (Baggerungen, Einbringen von Baggergut) unterliegt, sind für eine verbesserte Abschätzung der möglichen Auswirkung vertiefte Kenntnisse über die raum-zeitliche Verteilung der Eier und Larven erforderlich.

Vor diesem Hintergrund wurde BioConsult Schuchardt & Scholle GbR vom WSA Hamburg beauftragt, in 2011 eine Untersuchung zur Erfassung von Finteneiern und Fintenlarven im Elbquerschnitt bei km 643 (Hauptlaichareal, inkl. Hahnöfer Nebanelbe) sowie orientierend auch im Längsverlauf der Elbe (km 630 – km 680, Hauptstrom und Nebanelben) durchzuführen. Folgende Fragen sollten mit dem Untersuchungsprogramm beantwortet werden:

- Wie sind Finteneier und Larven über den Querschnitt verteilt?
- Wie sind die Finteneier und Larven über die Tiefe verteilt?
- Wie sind Finteneier und Larven über den Tidezyklus verteilt?
- Wo treten Finteneier und Larven im Längsverlauf der Tideelbe auf?

Methodik

Im Zeitraum vom 21.4. – 8.6.2011 sind bei km 643/640 Untersuchungen zum Vorkommen von Fintenlaichprodukten über ein Quertransekt durchgeführt worden; damit wurde die Hauptreproduktionszeit der Finte zeitlich abgedeckt. Insgesamt wurden dabei 10 Untersuchungskampagnen durchgeführt; bei jeder Kampagne sind jeweils 7 Stationen zu jeweils 4 Tidephasen beprobt worden. Um Hinweise auf die Vertikalverteilung der Fintenlaichprodukte zu erfassen, wurden 3 Tiefenzonen gleichzeitig untersucht. Die Beprobung erfolgte mittels Ringnetzen (Durchmesser 0,5 m, Länge 2,5 m, Maschenweite 500 µm; Auffanggefäß am Netzende, Durchmesser 11 cm, Höhe 20 cm, 300 µm Maschenweite). Die Netze wurden vom Fischkutter aus an den festgelegten Stationen jeweils für 5 min/Hol exponiert. Insgesamt sind im Untersuchungszeitraum bei km 643/640 etwa 660 Proben entnommen worden.

Ergänzend zur Quertransektuntersuchung wurden mit der analogen Methodik insgesamt 2 x 6 Messstellen (Nord- & Südseite der Tideelbe) sowie 2 x 4 Stationen in Nebanelben (stromauf, stromab) im Längsverlauf von km 630 – km 680 beprobt. Die Positionierung der Stationen erfolgte in 10 km Schritten, wobei jeweils sowohl nördlich als auch südlich der Fahrrinne eine Station beprobt wurde. Mit Lühesander NE, Pagensander NE, Schwarztonnensand sowie Glückstädter NE wurden 4

Nebeneiben in die Untersuchung einbezogen. Diese Untersuchungen sind an 3 Terminen (4.5., 19.5., 2.6.2011) durchgeführt worden. Insgesamt wurden im Rahmen der Längstransectuntersuchung 192 Proben entnommen.

Die ermittelten Daten (Finteneier, Fintenlarven) sind auf 100 m³ durchfiltriertes Wasservolumen standardisiert worden.

Ergebnisse

Im Rahmen der Untersuchung konnte eine hohe Ei- und Larvendichte im Bereich um km 643 festgestellt werden; z.T. betrug Einzelwerte sowohl für Finteneier als auch für Larven bis zu >10.000 Ind.*100 m³. Bezogen auf den gesamten Untersuchungszeitraum liegt das 0.95-Quantil basierend auf den einzelnen Holdaten ($N_{ges} > 600$ Hols) bei 3.082 Ind.*100 m³ (Finteneier) und bei ca. 1.350 Ind.*100 m³ für die Fintenlarven. Ähnlich hohe Zahlen konnten auch noch stromab von km 643 bei um 650 km ermittelt werden. Im Vergleich dazu waren die Anzahlen stromauf von km 643 deutlich geringer. Um km 630 lag die Eidichte im Hauptstrom bei <10 Ind.*100 m³; die Larvendichte ganz überwiegend <295 Ind.*100 m³.

Die Untersuchung zur Reproduktion der Finte in der Tideelbe hat zusammengefasst Folgendes ergeben:

Die Auswertung der **abiotischen Rahmenbedingungen** zeigt, dass die Wassertemperaturen im Untersuchungsgebiet bei km 643 im April (< 10 °C) zunächst noch vergleichsweise niedrig waren. Erst ab Ende April 2011 erfolgte ein rascher Anstieg bis auf ca. 15 °C in der 2. Maiwoche; im Juni erreichten die Wassertemperaturen bis etwa 20 °C. Die Leitfähigkeit nahm im Untersuchungszeitraum (600 µS/cm Anfang April) u.a. in Abhängigkeit vom Oberwasser zu und war gegen Ende Mai als schwach oligohalin zu bezeichnen (bis >1.000 µS = ca. >0,9 ppt). Die Sauerstoffbedingungen waren ab Mitte Mai phasenweise durch niedrige Werte (Tagesmittel z.T. <3,5 mg/l) gekennzeichnet, insbesondere ab Ende Mai erhöhte sich der Anteil pessimaler O₂-Tagesmittelwerte von <4 mg/l. Im Verlauf des Frühjahrs sank der Oberwasserabfluss (Pegel Neu Darchau) von 900 m³/s (Anfang April) aufgrund einer längeren Trockenphase auf etwa 400 m³/s (Mitte Juni). Insgesamt wichen die abiotischen Rahmenbedingungen, bezogen auf den Untersuchungszeitraum 2011, nicht auffällig von denen der Vorjahre ab.

Finteneier wurden im Zeitraum von 21.04.11 – 02.06.11 erfasst. Die Befunde deuten darauf hin, dass in 2011 der Beginn der Laichtätigkeiten um Mitte April datiert werden kann, wobei eine erste noch wenig umfangreiche Eiablage bereits bei Wassertemperaturen <12 °C erfolgt ist. Das Maximum der Finteneidichte (mittlere Dichte/Untersuchungstag >2.000 Ind.*100 m³) trat im Zeitraum Anfang bis Mitte Mai auf. Ab Ende Mai/Anfang Juni gingen die Eidichten deutlich zurück; ab der 2. Juniwoche (08.06.) wurden keine Finteneier bei km 643 mehr erfasst. Deutliche Unterschiede im Hinblick auf die Finteneidichte zwischen Hauptstrom (km 643/640) und der Hahnöfer Nebeneibe wurden nicht dokumentiert. Im untersuchten Querschnitt war die Verteilung der Eier sehr variabel, so sind v.a. auf der südlichen Stromseite bzw. nahe Strommitte höhere Anzahlen erfasst worden. Die Vertikalverteilung zeigt einen signifikanten Gradienten zwischen den Tiefenzonen. Die höchste Eidichte (im Mittel >1.500 Ind.*100 m³) wurde bodennah, die geringste oberflächennah (im Mittel <250 Ind.*100 m³) ermittelt. In Bezug auf die Tidephasen zeigten sich ebenfalls Unterschiede, so

wurden insbesondere um die Hochwasserphase höhere Eizahlen und bei Niedrigwasser i.d.R. geringere Anzahlen dokumentiert.

Die Untersuchung im Längsverlauf der Tideelbe hat ergeben, dass 2011 Finteneier im gesamten Untersuchungsbereich von km 630 – km 680 vorhanden waren. Generelle Unterschiede zwischen Nebelbenen und Hauptstrom waren dabei nicht augenscheinlich. Lokal unterschiedlich wurden sowohl höhere Anzahlen im Hauptstrom oder in Nebelbenen verzeichnet. Neben der Hahnöfer Nebelbe waren Finteneier v.a. in der Lühesander Nebelbe in höheren Anzahlen vorhanden.

Im Rahmen der Untersuchung wurde ergänzend bzw. testweise ein modellhafter Ansatz angewendet, der die Daten zu den Eianzahlen (hier nur exemplarisch für Daten vom 6.5.) mit Tidephase und Tideweg verschneidet. Ein solches Vorgehen ermöglichte aus den „Punktdaten“ (hier Quertransektdaten) Hinweise auf die flächenhafte Verteilung der Eier abzuleiten. Die Ergebnisse der hier zunächst exemplarischen modellbasierten Betrachtung lassen vermuten, dass in 2011 der Hauptreproduktionsbereich zwischen km 640 und km 650+ gelegen hat.

Fintenlarven wurden im Zeitraum von 27.04.11 bis 08.06.11 erfasst. Das Maximum der Fintenlarvendichte (mittlere Dichten/Untersuchungstag $500 - 1.000 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$) trat um Mitte Mai auf und lag damit erwartungsgemäß etwas später als das Maximum der Eidichte. Ab Ende Mai/Anfang Juni gingen die Larvendichten deutlich zurück; Larven waren aber auch in der 2. Juniwoche noch präsent. Anders als für die Finteneidichte dokumentiert, lagen die Larvenanzahlen im Hauptstrom niedriger (Gesamtmittel: $350 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$) als in der Hahnöfer Nebelbe (Gesamtmittel: $1.000 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$). Im untersuchten Querschnitt zeigte die Verteilung der Larven kein deutliches Muster. So wurden auf der südlichen Stromseite zwar höhere Anzahlen erfasst, die Unterschiede waren aber statistisch nicht signifikant. Die Vertikalverteilung zeigt einen Gradienten zwischen den Tiefen zonen, der aber im Vergleich zu den Finteneizahlen weniger deutlich ist. Anders als die Eidichte wurden die höchsten Larvenanzahlen oberflächennah (im Mittel $>650 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$) und die geringsten im mittleren/bodennahen Wasserkörper ermittelt (im Mittel $<260 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$). In Bezug auf die Tidephasen ergaben sich keine deutlichen Unterschiede.

Die Untersuchung im Längsverlauf der Tideelbe zeigt, dass Fintenlarven in 2011 im gesamten Untersuchungsbereich von km 630 – km 680 nachgewiesen wurden. Generelle Unterschiede zwischen Nebelbenen (Gesamtmittel $250 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$) und Hauptstrom (Gesamtmittel $300 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$) waren dabei nicht augenscheinlich. Lokal unterschiedlich wurden sowohl höhere Anzahlen im Hauptstrom oder aber in Nebelbenen verzeichnet. Neben der Hahnöfer Nebelbe waren Finteneier v.a. in der Lühesander Nebelbe in höheren Anzahlen erfasst.

Mit dem oben bereits erwähnten modellhaften Ansatz (der beispielhaft, ausschließlich auf Daten vom 6.5.2011 beruht) erscheint es plausibel, dass in 2011 das Hauptvorkommen der Larven (frühe Entwicklungsstadien) Anfang Mai zwischen km 643 – km 650+ gelegen hat.

Die vorliegende Untersuchung hat ausgeprägte Muster auf verschiedenen Ebenen deutlich werden lassen (saisonales Muster; Vertikalverteilung; Verteilung im Längsschnitt etc.). Gleichzeitig ist deutlich geworden, dass das Vorkommen von Fintenlaichprodukten in einem definierten Stromabschnitt einer hohen zeitlichen und räumlichen Variabilität unterliegt, die nur eingeschränkt durch eine Untersuchung eines Jahres erfasst werden kann. Besonders die interannuelle Variabilität ist aufgrund der Vielzahl relevanter Parameter (u.a. Reproduktionserfolg in den Vorjahren; Hydrologie; Witte-

rung und Klima; anthropogene Faktoren) vermutlich hoch und kann nur über längerfristige Untersuchungen erfasst werden.

2. Anlass und Zielsetzung

Die Finte (*Alosa fallax*) zählt im Sinne der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie zu den Arten von gemeinschaftlichem Interesse für die Schutzgebiete ausgewiesen worden sind. Die Schutzgebiete umfassen große Teile aller Wattenmeerästuare, die als Reproduktions- und Aufwachshabitat exklusive und unverzichtbare ökologische Funktionen für die Fintenpopulation übernehmen. Ems und Eider sind derzeit für die Finte von untergeordneter Bedeutung, da hier aufgrund der ungünstigen abiotischen Rahmenbedingungen keine erfolgreiche Reproduktion der Art erfolgen kann. Neben dem Weserästuar hat v.a. diesbezüglich die Elbe eine zentrale Bedeutung. Allerdings wird der Erhaltungszustand der Finte auch in der Elbe, gemessen an einer historischen Situation, (noch) als ungünstig eingestuft, so dass Maßnahmen zu Entwicklung, zumindest aber zur Stabilisierung der Population erforderlich sind. Dieser „Handlungsbedarf“ wird im Rahmen des Integrierten Bewirtschaftungsplans (IBP) aufgezeigt, in dem die Sicherung des Bestandes der Finte mit naturnaher Abundanz und Populationsstruktur als Ziel festgelegt wird. Insbesondere für das Laichareal, das im Bereich des unteren Süßwasserabschnitts (Mühlenberger Loch – bis ca. Lühesand) lokalisiert ist, wird eine Verbesserung des ökologischen Zustandes der Tideelbe angestrebt. Infolge der bestehenden und auch zukünftig intensiven anthropogenen Nutzung (z.B. Schifffahrt mit Unterhaltungserfordernis der Fahrrinne) ist das IBP-Ziel kurzfristig sehr wahrscheinlich nicht zu erreichen. Allerdings ist im IBP ein Bündel von Maßnahmen vorgesehen, das zu einer Stabilisierung bzw. zu einer Verbesserung der derzeitigen Situation beitragen kann. So ist für den Abschnitt Lühesand - Mühlenberger Loch u.a. folgendes aufgeführt:

„Die Risiken lassen sich teilweise mindern, in dem sauerstoffreiche, strömungsgeschützte und nahrungsreiche Seitenräume für Fintenlarven erhalten werden. Das Sedimentmanagement wird optimiert, um Beeinträchtigungen in den relevanten Zeiträumen möglichst gering zu halten.“

Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung hat den gesetzlichen Auftrag zur Unterhaltung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe. Um das Sedimentmanagement im Sinne der NATURA 2000 - Belange optimieren zu können, bedarf es der genauen Kenntnis der von der Unterhaltung ausgehenden Auswirkungen auf die Finte. Die bisherigen Kenntnisse deuten darauf hin, dass eine unmittelbare Gefährdung adulter Finten durch die Unterhaltung nicht besteht bzw. wohl eher gering ist. Es ist aber wahrscheinlich, dass ein Teil der Fintenlaichprodukte einer erhöhten Mortalität durch die im zentralen Reproduktionsareal auch während der Laichzeit erfolgenden Unterhaltungsarbeiten (Baggerungen, Einbringen von Baggergut) unterliegt. Unklar sind jedoch die Auswirkungen einer solchen Beeinträchtigung auf Populationsebene.

Eine belastbare Quantifizierung durch eine in situ - Messung einer durch die Unterhaltung bedingten möglichen Schädigung des Fintenbestandes ist methodisch nicht umsetzbar. Es erscheint aber auf der Grundlage einer geeigneten Datenbasis möglich, Hinweise für eine Optimierung der Unterhaltung zur Minimierung der Beeinträchtigungen abzuleiten und damit die im IBP festgelegten Ziele zu unterstützen. Hierzu ist es erforderlich, die noch bestehenden Wissensdefizite v.a. der (kleinskaligen) raumzeitlichen Verteilung der Laichprodukte (Finteneier, Fintenlarven) im zentralen Reproduktionsareal zu verringern.

Vor diesem Hintergrund ist es Aufgabe der in 2011 durchgeführten Untersuchung, die räumliche und zeitliche Variabilität der Fintenlaichprodukte zu erfassen und wenn möglich bzw. so weit vorhanden, systematische Muster zu identifizieren und darzustellen. Hierfür wurden innerhalb des Reproduktionszeitraums der Finte (von Mitte April bis Mitte Juni 2011) an einem Elbquerschnitt im Hauptlaich- und Aufwachsareal bei km 643 entsprechende Untersuchungen vom WSA Hamburg veranlasst. Ergänzend wurden zur besseren räumlichen Einordnung der Daten orientierende Befischungen im Längsverlauf von km 630 – km 680 durchgeführt.

Der vorliegende Bericht enthält die Ergebnisdarstellung der aktuellen Untersuchung sowie eine Empfehlung für eine zukünftige Monitoringkonzeption. Eine Bewertung der Befunde im Hinblick auf die Auswirkung von Unterhaltungsmaßnahmen ist nicht Bestandteil dieser Studie.

3. Betrachtungsraum

Der Betrachtungsraum umfasst das Elbästuar von km 630 (Süßwasserabschnitt) bis km 680 (Brunsbüttel, oligo-mesohalin). Der Fokus lag dabei auf der Untersuchung eines festgelegten Quertransekts bei km 643 im unteren Abschnitt der Süßwasserzone. Das Quertransekt befindet sich in einem Elbeabschnitt, der im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie zum Gewässertyp „Ströme der Marschen“ (Typ 22.3) zählt. Etwa ab Stade bis zur Mündung ins Wattenmeer ist das Elbästuar als Übergangsgewässer (Typ T1) klassifiziert (Abb. 1).

Der gesamte Betrachtungsraum ist Bestandteil verschiedener FFH-Gebiete (u.a. „Schleswig-Holsteinisches Elbeästuar und angrenzende Flächen“ DE 2323-392, „Unterelbe“ DE 2018-331 sowie Teile hamburgischer Gebiete „Rapfenschutzgebiet Hamburger Stromelbe“ DE 2424-303 und „Komplex NSG Neßsand und LSG Mühlenberger Loch“ DE 2424-302).

Abb. 1 zeigt eine Übersicht über den Betrachtungsraum und die Lage bzw. Position der verschiedenen Messstellen.

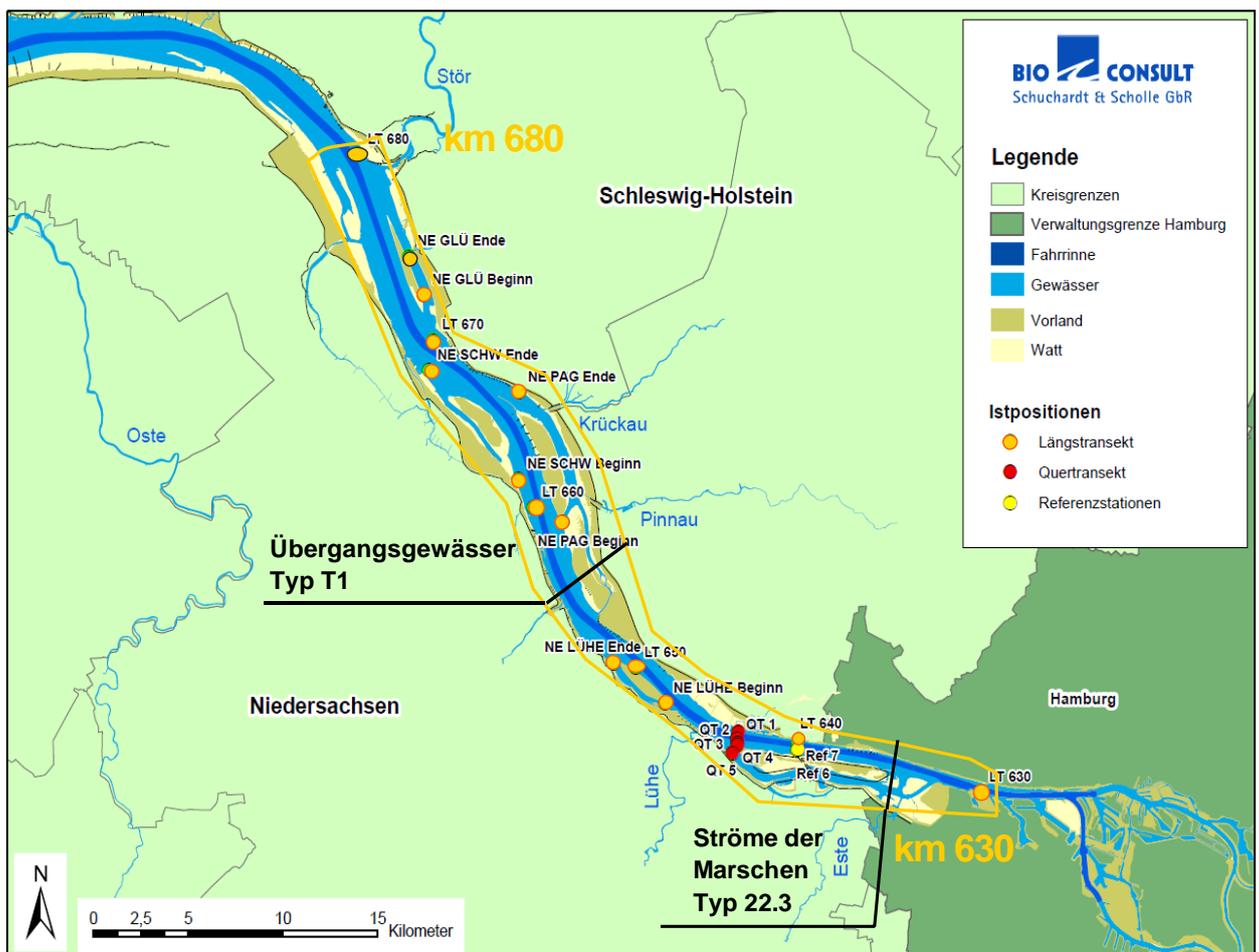


Abb. 1: Übersicht über den Betrachtungsraum von Elb-km 630 – km 680 (gelbe Linie). Lage der Messstellen im Längsschnitt (orange); Lage der Messstellen bei Quertransekt km 643 (rot) und Vergleichsmessstelle (Referenz für Vergleich mit früheren Untersuchungen) bei km 640 (gelb).

Die Vorlandflächen, Watten, Nebenrinnen und Priele bilden zusammen mit der Stromrinne der Elbe ein komplexes, natürlicherweise stark veränderliches System von Lebensräumen, deren Grenzen heute durch bauliche Maßnahmen vielerorts festgelegt und in ihrer Ausdehnung reduziert sind (REISE 2005; SCHUCHARDT et al. 2007). Der überwiegende Teil der Flächen ist heute als Bestandteil des Natura 2000 Netzwerkes geschützt

Die Hydro- und Morphodynamik des Elbästuars wird wesentlich von der Tidedynamik im Zusammenwirken mit dem Oberwasser geprägt. Der Tidehub erhöht sich von 2,9 m in Cuxhaven auf 3,6 m in Hamburg-St.Pauli. Erst stromauf des Stromspaltungsgebietes Hamburg und damit auch außerhalb des für Seeschiffe ausgebauten Abschnitts sinkt der Tidehub bis auf 2,5 m am Tidewehr Geesthacht. Der aktuelle Tidehub ist im inneren Ästuar durch bauliche Maßnahmen der Vergangenheit stark verändert; dabei hat auch die Trennung in energiereiche Stromrinne und sedimentative Seitenbereiche zugenommen (SCHUCHARDT 1995).

Charakteristikum des Ästuars sind der longitudinale Gradient der Salinität und seine starke Dynamik, der auch für die Biozöosen von entscheidender Bedeutung ist. Die Position der Brackwasserzone wird zum einen durch die Gezeiten geprägt. Zum anderen ist für die Lage und Ausbildung der Brackwasserzone besonders der Oberwasserzufluss von Bedeutung. Gezeiten und Oberwasserdynamik führen insgesamt zu einer sehr großen Variabilität der Salinität im Raum. Die Lage der Brackwasserzone ist in der Elbe durch die baulichen Maßnahmen langfristig nach stromauf verlagert worden (z. B. Riedel-Lorje et al. 1992, Bergemann 1995, WGE 2004); dieser Aspekt wird aber derzeit noch kontrovers diskutiert. Vereinfachend wird die Salinität unter biologischen Gesichtspunkten nach dem Venice-System klassifiziert. Dabei wird die limnische Zone mit Salinitäten $<0,5\text{‰}$ von der oligohalinen Zone ($0,5 - 5\text{‰}$), der mesohalinen Zone ($5 - 18\text{‰}$) und der polyhalinen Zone ($18 - 30\text{‰}$) unterschieden. Lage und Ausdehnung dieser Zonen im Ästuar sind sehr stark veränderlich. Im engen Zusammenhang mit dem Salinitätsgradienten steht Lage und Ausdehnung der ästuarinen Trübungszone, die mit dem oberen Bereich des Salzgradienten assoziiert ist (Riedel-Lorje et al. 1992).

Die Zusammensetzung der Sedimente im Sublitoral des Elbästuars wird v. a. durch die Strömungsgeschwindigkeiten geprägt. Im Fahrwasser, wo höhere Geschwindigkeiten vorherrschen, dominieren Mittelsande, während die strömungsärmeren Seitenräume hauptsächlich Feinsande aufweisen. In bestimmten Abschnitten der Fahrinne treten auch erosionsfeste Kleilagen. Sowohl Grobsande als auch ältere Sedimente wie z. B. Geschiebemergel stehen nur örtlich an, das Gleiche gilt auch für Feinsande und Schlick. Auf strömungsberuhigten Wattbereichen, wie zum Beispiel dem Mühlenberger Loch, können jedoch auch Schlicke dominieren.

Die Sauerstoff-Konzentrationen in der Unterelbe sind seit den 1950er Jahren sehr gut dokumentiert (www.arge-elbe.de). In den 1980er Jahren wurden über größere Strecken, insbesondere im limnischen Bereich unterhalb von Hamburg, Konzentrationen von <3 mg/l und z.T. auch <1 mg/l gemessen; seit den 1990er Jahren waren Konzentrationen unter 3 mg/l räumlich und zeitlich deutlich reduziert (WGE 2004, Kerner 2007). Mit Beginn des 21. Jahrhunderts sind allerdings tendenziell wieder vermehrt saisonal Sauerstoffdefizite v.a. im hamburgischen Bereich der Tideelbe aber auch unterhalb Hamburgs dokumentiert worden (ARGE ELBE/FGG ELBE 2007). Solche Defizite traten v.a. allem im Hochsommer aber lokal z.T. auch bereits im Frühsommer (Mai/Juni) auf.

Situation der Finte in der Elbe

Die Reproduktion der Finte erfolgt etwa zwischen Mitte April und Ende Mai in der limnischen und z.T. auch in der oligohalinen Zone. In dieser Phase weisen entweder Eier oder jüngere Larvenstadien ihre größten Dichten auf. Die nicht haftenden Eier werden ins freie Wasser abgegeben und flottieren grundnah mit der Gezeitenströmung bis zur Entwicklung hin und her. Während der Laichzeit sind die treibenden Eier nahezu im gesamten Oligohalinikum anzutreffen (u.a. Bioconsult 2006, Gerkens & Thiel 2001, Oesmann & Pezenburg 2007). Ab April bis mindestens Herbst sind Finten verschiedener Altersklassen im inneren und äußeren Ästuar präsent.

Finten sind heute im Vergleich zur historischen Situation in allen Wattenmeerästuaren durch eine geringere Bestandsdichte gekennzeichnet (vgl. Scholle 2011). Für die Weser verwies Nolte (1976) auf die drastisch rückläufigen Fangzahlen nach 1955. Ab 1960 wurde sie in den Fangstatistiken gar nicht mehr aufgeführt (vgl. Schuchardt et al. 1985). Wilkens & Köhler (1977) sowie Kausch (1996) verweisen für die Elbe auf eine räumliche Verlagerung der historischen Fintenlaichplätze und führen dies auch auf den Einfluss der Stoffbelastung und der erfolgten Strombaumaßnahmen zurück. Beide Faktoren sowie z.B. auch die hohen Verluste durch Kühlwasserentnahmen können wohl auch für die erheblichen Bestandrückgänge der Finte in den Tideästuaren mitverantwortlich gemacht werden (u.a. Fricke 2004). Auch von Aprahamian et al. (2003) werden die Faktoren Wasserverschmutzung, Strombaumaßnahmen und Zerschneidung von Gewässern für die Beeinträchtigung der Fintenbestände mitverantwortlich gemacht. In jüngerer Vergangenheit zeigen Untersuchungsergebnisse eine (beginnende) Zunahme der Bestände in Weser und Elbe (Schulze & Schirmer 2004, Bioconsult 2006, Fricke 2004). Costello et al. (2002) verweisen allerdings auf grundsätzliche Wissensdefizite im Hinblick die Einschätzung einer theoretisch möglichen Größe von Fintenbeständen.

Grundsätzlich hat sich u.a. die Habitatqualität für die Finte in der Elbe durch den sukzessiven Ausbau zur Schifffahrtsstraße gegenüber dem natürlichen Ausgangszustand verändert. Nach verschiedenen Autoren (u.a. Thiel 2008) wird der Mangel an Reproduktions- und Aufwuchsgebieten der frühen Fintenstadien als ein strukturelles Hauptdefizit im Zusammenhang mit dem Fintenbestand hervorgehoben. Vor diesem Hintergrund wurde in Anlehnung an die Methodik nach BFN (2010), unter Berücksichtigung der FFH-relevanten Parameter Populationsgröße, Qualität der relevanten Habitate sowie bestehender Beeinträchtigungen die Fintenpopulation im Elbästuar insgesamt als mittel-schlecht (C) eingestuft (Bioconsult 2010).

4. Methodik

4.1 Probenahme: Konzeption und Durchführung

Die in 2011 durchgeführte Untersuchung basierte auf zwei konzeptionellen Ansätzen:

1. Raumzeitlich kleinskalige Beprobungen von Finteneiern und Fintenlarven bei km 643 über den Flussquerschnitt sowie einem Vergleichsstandort bei km 640. Die Auswahl des Untersuchungsbereiches bei Hanskalbsand erfolgte vor dem Hintergrund der bekannten besonderen Bedeutung dieses Abschnitts als Reproduktionsareal der Finte. Der Standort bei km 640 soll auch dazu dienen, einen Vergleich mit früheren Untersuchungsergebnissen (z.B. Limnobios 2009) aus diesem Bereich ermöglichen. Ein solcher Vergleich ist jedoch nicht Aufgabe des vorliegenden Berichts.
2. Orientierende Untersuchungen im Längsverlauf der Tideelbe von km 630 – km 680. Die Beprobungen erfolgten dabei alle 10 km jeweils nördlich und südlich der Fahrrinne. Zusätzlich wurden die Nebeneiben (Lühesander NE, Pagensander NE, Schwarztonnensand & Glückstädter NE) in die Untersuchung einbezogen.

4.1.1 Quertransekt bei km 643, „Referenz“ bei km 640

Die Untersuchung bei km 643/640 zielt auf die Identifizierung der zeitlichen und räumlichen Variabilität der Vorkommen der Fintenei- und -larvendichte im Bereich des Laichareals auf verschiedenen Skalen.

Zeitskala:

- ‚Kleinskalig‘ über eine Tide. Ziel ist die Ermittlung der FEL-Dichte im Verlauf der Ebb- und Flutphase. Dazu wurden jeweils 4 Tidephasen (um Hochwasser, um Niedrigwasser, Flutstrom, Ebbstrom) beprobt. Die Daten lassen auch indirekt Rückschlüsse auf die räumliche Längsverteilung der FEL-Dichte in einem Wasserkörper von ca. 15 km zu (etwaiger Tideweg, vgl. Bergemann 1995).
- ‚Mittelskalig‘ über die Hauptreproduktionszeit (ca. Mitte April – Anfang Juni). Die Beprobungen wurden wöchentlich, z.T. 2mal wöchentlich in der o.g. Reproduktionszeit durchgeführt. Die oben beschriebene kleinskalige Beprobung wurde zu 10 Terminen in der Hauptlaichzeit durchgeführt.

Raumskala:

- Verteilung der Laichprodukte über das Querprofil.
- Vertikalverteilung der Laichprodukte an jeder Querprofil-Station.

Das Querprofil wird durch 4 Stationen im Haupttrom (QT 1 – 4) sowie 1 weiteren in der Hahnöfer Nebelbe (QT 5) repräsentiert (Abb. 2). An jeder Station wurden 3 Tiefenstufen (oberflächennah, mittlere Wassersäule, bodennah) gleichzeitig beprobt.

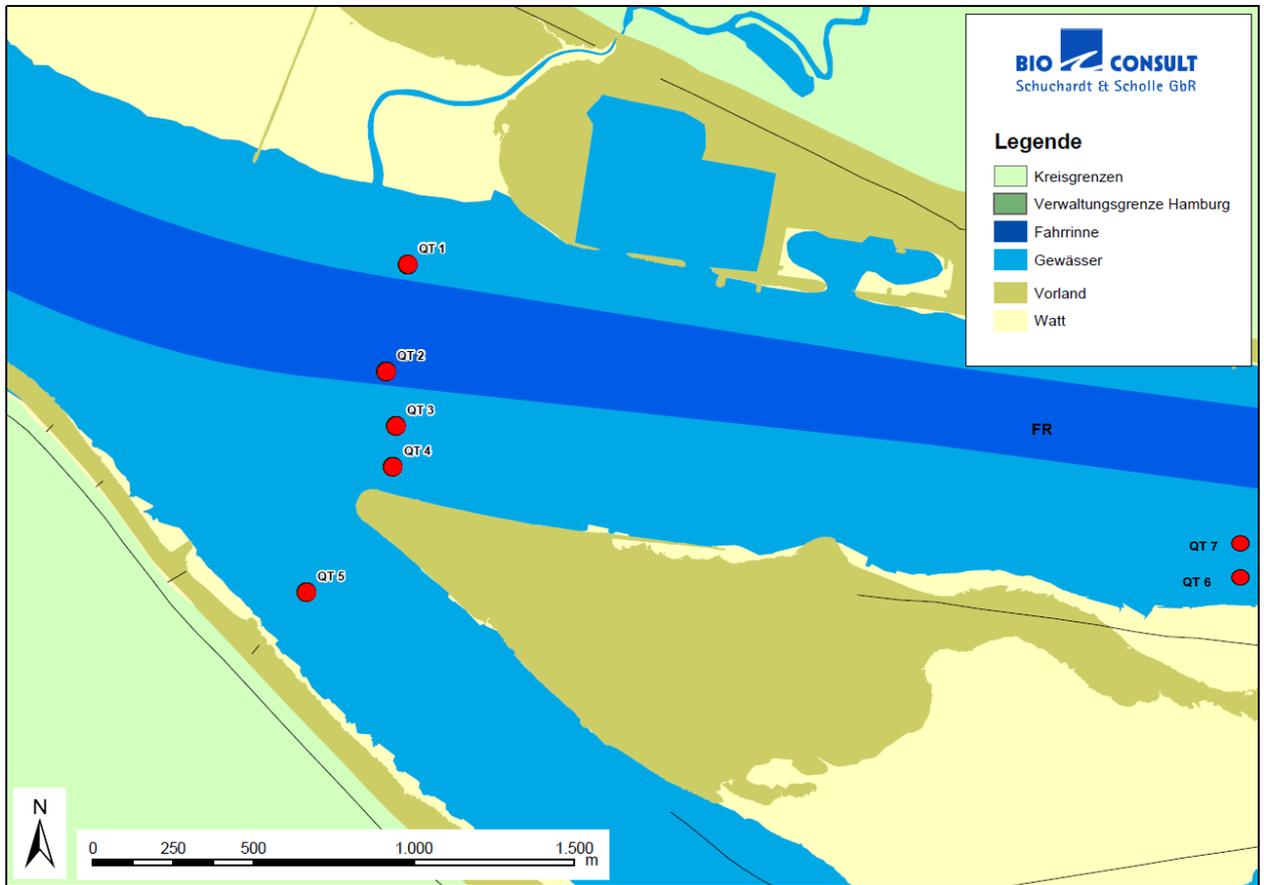


Abb. 2: Anordnung der Quertransekt-Stationen (QT 1- QT 4) bei km 643, in der Hahnöfer Nebelbe (Qt 5) sowie bei km 640 (QT 6, QT 7 - „Referenz“). FR = Fahrrinne

Die kleinräumige Positionierung der Probenahmestationen innerhalb des Quertransektes richtete sich weitgehend nach den schiffahrtspolizeilichen Vorgaben und ergibt sich wie folgt:

Radarlinie (Fahrrinnenmitte)	Entfernung von Radarlinie in Richtung Nord bzw. Süd				
	+200 m	-100 m	-300 m	-450 m	Hahnöfer NE
Messstellen bei km 643	QT 1	QT 2	QT 3	QT 4	QT 5

Die genauen Koordinaten der einzelnen Probenahmestationen sind dem Anhang zu entnehmen.

Untersuchungszeitraum

Die Untersuchung erstreckte sich vom 21.4. – 8.6.2011; damit wird die Hauptreproduktionszeit der Finte zeitlich abgedeckt. Insgesamt wurden 10 Untersuchungskampagnen durchgeführt, wobei die einzelnen Kampagnen in Abständen von 3 – 5 Tagen erfolgten. Tab. 1 gibt eine Übersicht über den zeitlichen Ablauf der Untersuchung.

Tab. 1: Erfassung von Fintenlaichprodukten in der Tideelbe; Überblick über die Untersuchungstermine im Frühjahr 2011.

Datum	Tag	Transekt	Anzahl Hols	Stationen
21.04.11	Do	Quer	61	1-5 (Quer) und 6-7 (Ref)
27.04.11	Mi	Quer	61	1-5 (Quer) und 6-7 (Ref)
03.05.11	Di	Quer	61	1-5 (Quer) und 6-7 (Ref)
04./05.05.2011		Längs	64	alle 10km und Nebeneiben
06.05.11	Fr	Quer	61	1-5 (Quer) und 6-7 (Ref)
09.05.11	Mo	Quer	61	1-5 (Quer) und 6-7 (Ref)
12.05.11	Do	Quer	61	1-5 (Quer) und 6-7 (Ref)
18.05.11	Mi	Quer	61	1-5 (Quer) und 6-7 (Ref)
19./20.05.2011		Längs	64	alle 10km und Nebeneiben
25.05.11	Mi	Quer	61	1-5 (Quer) und 6-7 (Ref)
01.06.11	Mi	Quer	61	1-5 (Quer) und 6-7 (Ref)
02./3.06.2011		Längs	64	alle 10km und Nebeneiben
08.06.11	Mi	Quer	61	1-5 (Quer) und 6-7 (Ref)

Erfassungsmethodik

Die Beprobung erfolgte mit 3 Ringnetzen. Diese wurden mit Schnellverschlusskarabinern und zwei langen Seilen verbunden. Die Verbindungsseile zwischen den Ringnetzen waren im Abstand von einem Meter mit Augen versehen, so dass die Entnahmetiefe der Proben flexibel an die Rahmenbedingungen angepasst werden konnte. Generell wurde 1 Netz 1-2 m unter der Wasseroberfläche, eines etwa in der Mitte der Wassersäule und eines 1-2 m über Grund platziert. Um zu gewährleisten, dass die Netze durch die Strömung möglichst wenig auftrieben, ist am untersten Ringnetz ein Gewicht (ca. 60 kg) befestigt worden. Die Anordnung der Netze ermöglichte es, die vorgesehenen 3 Tiefenzonen gleichzeitig zu beproben (Abb. 4).



Abb. 3: Ringnetzensemble zur Erfassung der Fintenlaichprodukte in der Tideelbe.

Die Ringnetze wurden durch die Fa. Aqua Research konfiguriert und sind wie folgt dimensioniert: Durchmesser 0,5 m, Länge 2,5 m, Maschenweite 500 µm, Auffanggefäß am Netzende (Durchmesser 11 cm, Höhe 20 cm, 300 µm Maschenweite).

Die Beprobungen sind von Bord des kommerziellen Hamenkutters Luise (Eigner Eberhardt Rübcke) durchgeführt worden. Die Exposition der Netze erfolgte über den Schiffsmast mittels Seilwinde (Abb. 3).

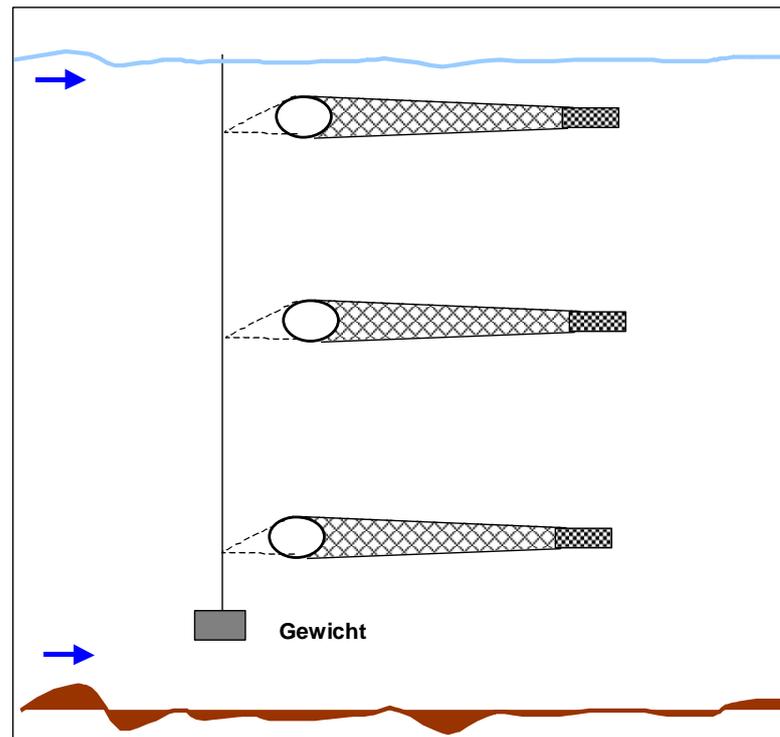


Abb. 4: Vertikale Anordnung der Ringnetze an den Quertransektstationen (schematische Darstellung).

Expositionsdauer und Anzahl der Hols

Die Dauer eines Hols betrug jeweils 5 min. Um eine Standardisierung der Rohdaten auf Ind.*100 m³ zu ermöglichen, wurde für jeden Hol/Netz das durchfilterte Wasservolumen ermittelt. Dies erfolgte durch die Installation eines Messflügels (Hydrobios) in der Mitte der Ringöffnung eines jeweiligen Netzes. Insgesamt wurden im Frühjahr 2011 über den Zeitraum von Mitte April bis Anfang Juni im Bereich des Quertransektes bei km 643, inkl. der assoziierten Referenzstationen bei km 640 (2 Stationen), >600 Hols entnommen und ausgewertet.

4.1.2 Längstransekt km 630 – km 680

Ergänzend zur Quertransektuntersuchung wurden mit der gleichen Methodik (s.o.) insgesamt 2 x 6 Messstellen (Nord- & Südseite der Tideelbe) sowie 2 x 4 Messstellen in Nebeneiben (stromauf, stromab) im Längsverlauf von km 630 – km 680 beprobt.

Die Positionierung der Messstellen erfolgte in 10 km Schritten, wobei jeweils sowohl nördlich als auch südlich der Fahrrinne eine Messstelle beprobt wurde. Mit Lühesander NE, Pagensander NE, Schwarztonnensand sowie Glückstädter NE wurden 4 Nebenelben in die Untersuchung einbezogen. Die Lage der Messstellen ist Abb. 5 zu entnehmen.

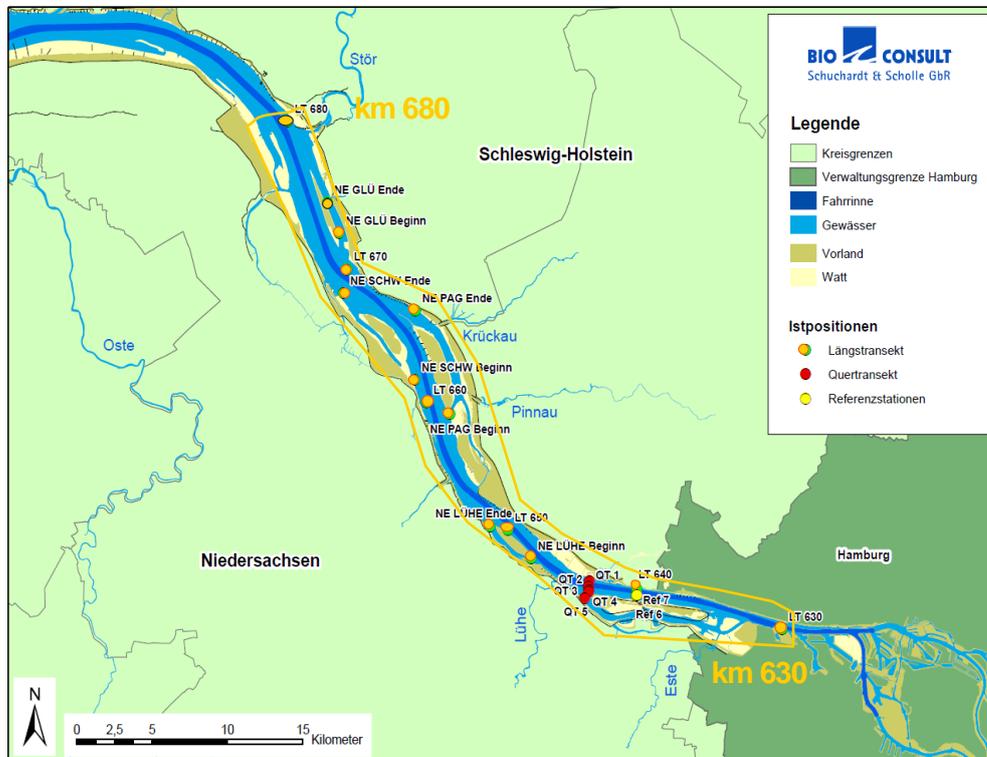


Abb. 5: Darstellung der Untersuchungsbereichs „Längsschnitt“ von km 630 – km 680. Lage der Längsschnitt-Stationen (orange Punkte).

Anders bei km 643 erfolgte die Untersuchung der Längstransect-Stationen nur an 2 Tiefenzonen (oberflächennah, bodennah). Die Beprobungen erfolgten an insgesamt 3 Terminen (Anfang Mai, Mitte Mai, Anfang Juni; vgl. Tab. 1). Insgesamt wurden 192 Hols entnommen und ausgewertet.

4.2 Auswertung

Aufarbeitung der Fänge

Finteneier: Das jeweilige Fangmaterial wurde über einem Sieb konzentriert und die Finteneier/Hol komplett vor Ort gezählt. Mittels einer Stichprobe je Quertransect von maximal 20 Eiern wurden die Entwicklungsstadien der Finteneier entsprechend Tab. 2 bestimmt. Die Bestimmung der Entwicklungsstadien der in Formol fixierten Finteneier (Abb. 7) erfolgte in Anlehnung an gängige Verfahren, die z.B. von VON WESTERNHAGEN (1970) ausführlich beschrieben wurden. Die Klassifizierung der Stadien wurde mit Hilfe eines Binokulars im Labor vorgenommen.

Tab. 2: Charakterisierung der verschiedenen Eistadien (nach: VON WESTERNHAGEN 1970).

Stadium	Beschreibung
Ia	Furchenstadien, Kalottenbildung, Keimscheibe linsenförmig
Ib	Gastrulation
II	Embryo bis 180° um den Dotter gewachsen - Primitivstadium - Kopf- und Augenblasen angelegt
III	Embryo umspannt 180-270° des Dotters - Augenlinsen abgeschnürt - Myomere deutlich abgesetzt
IV	Embryo am Hinterende vom Dotter gelöst - Herz schlägt - Schwanzbewegungen - Pigmente vorhanden - Flossensaum deutlich abgesetzt
V	Larvale Weiterentwicklung - Larve gestreckt, Dotter vorhanden - Beginn Mauldurchbruch

**Abb. 6:** Inhalt eines Ringnetzholts (Beispiel, 3.5.2011), gespülte Probe zeigt zahlreiche Finteneier. Pfeile kennzeichnen beispielhaft einzelne Eier (auf dem Sieb sind allerdings überwiegend Finteneier zu sehen).



Abb. 7: Probengefäß für Finteneier zur Bestimmung der Entwicklungsstadien.

Fintenlarven: Nach Aussortierung der Finteneier (s.o.) wurde der übrige Fang zur Konservierung in 96%iges Ethanol überführt. Im Labor wurden die Fischlarven aus dem Probematerial aussortiert und bis zur erforderlichen taxonomischen Ebene (Artbestimmung Finte, Großtaxa der übrigen Arten nur nachrichtlich – im vorliegenden Bericht nicht dargestellt) bestimmt. Die taxonomische Ansprache erfolgte nach Ehrenbaum (1894, 1964), Fricke (1987), Kyle & Ehrenbaum (1929), Hass (1969), Mc Gowan & Berry (1983), Russel (1976) und für einige Merkmale auch nach Diekwisch (1987).

Die Entwicklungsstadien der Larven wurden grob klassifiziert in: (A) Prolarven (Dottersackstadium), (B) frühe Larven (Dottersack nicht mehr vorhanden, embryonaler Flossensaum vorhanden, Flossenstrahlen noch nicht erkennbar) sowie in (C) spätere Larven: Flossenstrahlen erkennbar bis ausdifferenziert.

Entnahme von Unterproben: Bei sehr umfangreichen Probevolumina war eine Komplettauswertung der Larvenproben nicht möglich. In solchen Fällen wurde das Material im Labor so weit möglich durchmischt und gewogen. Der Umfang der Unterprobe wurde über das Gewicht bestimmt. Aufgrund z.T. sehr hoher Probevolumina von bis zu >100 g war das Verhältnis Gesamtprobe/Unterprobe allerdings nicht linear. In der Regel sind Proben <5 g komplett ausgewertet worden. Insgesamt erfolgte bei ca. 30% der Hols ($N_{\text{ges}} = 852$) eine Auswertung über Unterproben. Insbesondere zu Beginn der Untersuchung war das Fangvolumen aufgrund u.a. sehr hoher Ruderfusskrebs- und hoher Stintlarvenzahlen sehr groß. Auf den Zeitraum 21.4. – 6.5. entfielen etwa 70% der Unterprobenentnahme.

Statistische Auswertung

Mittels ANOVA (einfaktorielle Varianzanalyse) wurde geprüft, ob die bei km 643/640 ermittelten zeitlichen und räumlichen unterschiedlichen Dichten der Fintenlaichprodukte statistisch signifikante Muster aufweisen. Es sei darauf hingewiesen, dass die Voraussetzung „homogene Varianzen“ aufgrund der impliziten saisonalen Variabilität der Daten meist nicht erfüllt war (Bartlett Test), so dass die ANOVA-Ergebnisse nicht uneingeschränkt belastbar sind (siehe Hinweis unten). Als post hoc Test, der dazu dient ermittelte signifikante Mittelwertunterschiede einzelnen Gruppen zuzuordnen, wurde die Least Significant Difference (LSD)-Methode genutzt.

Für den Vergleich von 2 Datengruppen (z.T. relevant im Rahmen der Längstransectuntersuchung) wurde der U-Test (Mann-Whitney) verwendet. Es handelt sich um ein parameterfreies Verfahren, das keine bestimmte Verteilungsform der Daten voraussetzt.

Hinweis: *Ergänzend zur univariaten einfaktoriellen Varianzanalyse (post hoc Fisher LSD Test) wurde z.T. auch der parameterfreie H-Test (Kruskal Wallice) genutzt, falls die Voraussetzungen für die einfache Varianzanalyse nicht erfüllt waren. Wo sich die Ergebnisse auf den H-Test beziehen, ist dies im Text entsprechend vermerkt.*

5. Ergebnisse

5.1 Abiotische Rahmenparameter

Die folgenden Daten zu den Parametern Wassertemperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoff und Strömungsgeschwindigkeit wurden vom WSA Hamburg zur Verfügung gestellt und beziehen sich auf den Dauermesspegel D1 bei km 643. Ausgewertet wurden Daten vom 1.4. – 10.6.2011. Bei den Daten handelt es sich 5-minütliche Messwerte.

Wassertemperatur

Im Frühjahr lag die Wassertemperatur noch bis Mitte April mit <12 °C vergleichsweise niedrig. Aufgrund der einsetzenden längeren Hochdruckwetterlage im April/Mai stieg die Wassertemperatur relativ schnell auf >15 °C an. Im Zeitraum der Untersuchung vom 21.4. – 8.6.2011 lag die Wassertemperatur zwischen ca. 12 °C und 20 °C.

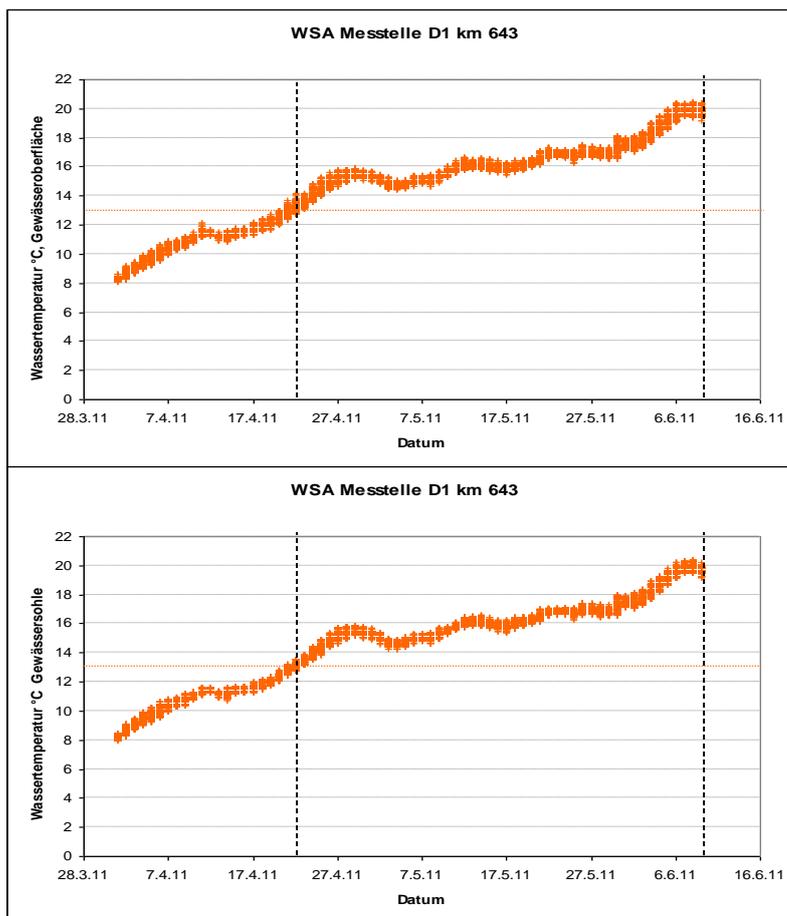


Abb. 8: Entwicklung der Wassertemperatur (° C) bei km 643. Bild: oben Temperaturen oberflächennah, Bild unten: Temperaturen bodennah. Gestrichelte Linien (senkrecht): Untersuchungszeitraum Fintenlaichuntersuchung vom 21.4. – 8.6.2011. Datenquelle WSA Hamburg, Pegel D1. orange Querlinie: Wassertemperatur zu Beginn der Untersuchung.

Es wird auch deutlich, dass die oberflächennahen und bodennahen Temperaturen nur wenig unterschiedlich waren (Abb. 8 oben, unten). Dies gilt auch im Hinblick auf die Tidephase. Die Unterschiede innerhalb eines Tages betragen z.B. Anfang bis Mitte April $<0,5$ °C. Solche diurnalen Unterschiede werden durch die „Spannweite“ der Temperaturganglinie veranschaulicht (Abb. 8).

Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit zeigt einen vergleichsweise deutlichen Anstieg von Anfang April bis Anfang Juni von ca. $600 \mu\text{S}/\text{cm}$ auf etwa $950 \mu\text{S}/\text{cm}$. Im Untersuchungszeitraum vom 21.4. – 8.6.2011 lag die Leitfähigkeit zwischen $700 \mu\text{S}/\text{cm}$ – $900 \mu\text{S}/\text{cm}$ (s. Abb. 9). Der Anstieg ist wohl in Zusammenhang mit dem Oberwasserabfluss der Elbe zu sehen, der im Verlauf des Frühjahrs aufgrund einer längeren Trockenphase zurückging (s.u.).

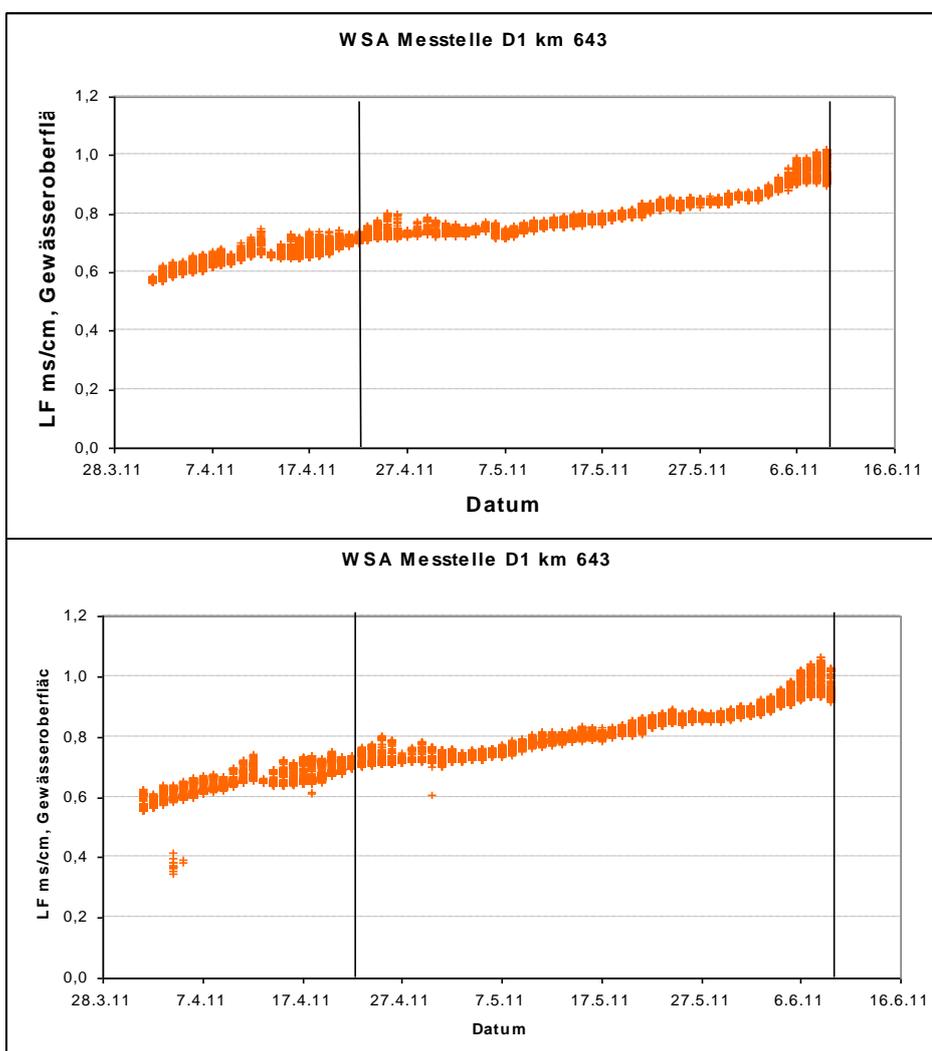


Abb. 9: Entwicklung der Leitfähigkeit (ms/cm) bei km 643. Bild: oben Leitfähigkeit oberflächennah, Bild unten: bodennah. Linien (senkrecht): Untersuchungszeitraum Fintenlaichuntersuchung vom 21.4. – 8.6.2011. Datenquelle WSA Hamburg, Pegel D1.

Die oberflächennahen und bodennahen LF-Werte waren nur wenig unterschiedlich (Abb. 9), wobei die Leitfähigkeit bodennah (max. bis zu 1.193 $\mu\text{S}/\text{cm}$) etwas höher lag als oberflächennah (max. bis zu 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Ähnliches gilt auch im Hinblick auf die Variabilität der Leitfähigkeit im Tideverlauf. So unterschieden sich die Leitfähigkeiten im Untersuchungszeitraum zwischen Tidehoch- und -niedrigwasser um weniger als 100 μS im Maximum. Solche diurnalen Unterschiede werden durch die „Spannweite“ der Leitfähigkeitsganglinie veranschaulicht (Abb. 9).

Sauerstoff

Die folgende Auswertung fokussiert auf die oberflächennah ermittelten Sauerstoffwerte. Bodennahe Werte liegen - möglicherweise aufgrund eines Sondenausfalls - nicht für den gesamten Zeitraum vor, so dass auf eine Darstellung verzichtet wurde. Stichprobenhafte Vergleiche (Messwerte vom 18.5. und 8.6.) zeigten aber, dass vertikal, zwischen Oberfläche und Sohle, keine ausgeprägten O_2 -Unterschiede vorlagen (Abb. 10, Tab. 3).

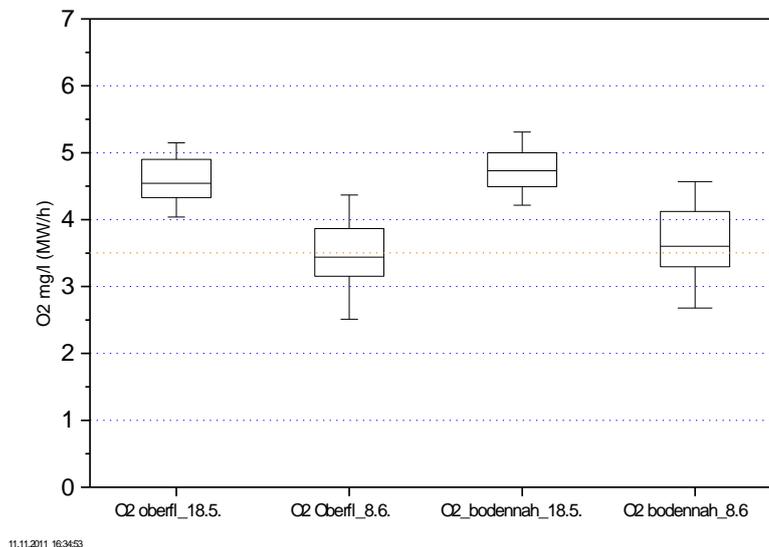


Abb. 10: Vergleich Sauerstoffgehalte (mg/l) oberflächennah vs. bodennah, am Beispiel stündlicher Mittelwerte vom 18.5. und 8.6. 2011. Daten WSA Hamburg Pegel D1, km 643; 5minütliche Messwerte.

Tab. 3: Sauerstoff-Tagesmittel (5minütl. Messwerte) differenziert nach oberflächennah und bodennah bei km 643, für ausgewählte Zeitpunkte. Daten WSA Hamburg Pegel D1.

	N	Tagesmittelwert (mg/l)	Vertrauen_ 95%	Std. Abw.	Untergrenze_ 95%	Obergrenze_ 95%
O2 oberfl_18.5.	288	4,6	$\pm 4,08076\text{e-}02$	0,35	0,33	0,38
O2 bodennah_18.5.	288	4,7	$\pm 3,95765\text{e-}02$	0,34	0,32	0,37
O2 Oberfl_8.6.	288	3,5	$\pm 6,38495\text{e-}02$	0,55	0,51	0,60
O2 bodennah_8.6	288	3,6	$\pm 6,64870\text{e-}02$	0,57	0,53	0,62

Auf der Grundlage der oberflächennahen Daten zeigt sich für den Zeitraum von Anfang April – Anfang Juni 2011 ein deutlicher Rückgang der Sauerstoffkonzentration von >10 mg/l auf z.T.

<3 mg/l (Abb. 11). Ab Mitte Juni sanken einzelne Messwerte sogar unter 1 mg/l (z.B. am 16.6.; Werte ab dem 8.6. sind nicht in Abb. 11 dargestellt).

Im Untersuchungszeitraum vom 21.4. – 8.6.2011 lagen die Sauerstoffgehalte im Tagesmittel zwischen ca. 7,5 mg/l (bis Ende April) und 3,5 mg/l um Anfang Juni. Insbesondere für Mai ist eine ausgeprägte Variabilität der O₂-Gehalte zu erkennen. So wechselten sich mehrfach kürzere Phasen mit höheren und geringeren O₂-Gehalten ab. In ‚Sonderaufgabenbereich Tideelbe‘ (2008) wird für die Finte ein Wert von 3 – 4 mg/l als noch tolerabel angegeben, der Optimalwert liegt mit >7 mg/l jedoch deutlich höher. Länger andauernde Phasen mit Werten <3,5 mg/l können u.U. als Beeinträchtigung für Fische betrachtet werden (vgl. Turnpenny et al. 2006).

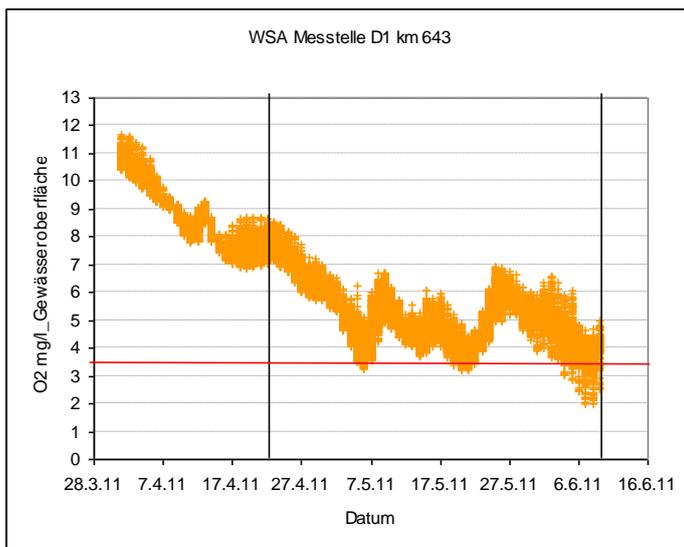


Abb. 11: Entwicklung der oberflächennahen Sauerstoffkonzentration (mg/l) bei km 643 im Zeitraum von Anfang April bis Anfang Juni 2011. Linien (senkrecht): Untersuchungszeitraum Fintenlaichuntersuchung vom 21.4. – 8.6.2011. Datenquelle WSA Hamburg, Pegel D1. Rote Linie: Orientierungswert Sauerstoffminimum.

Abb. 11 veranschaulicht zudem die Schwankungsbreite der Sauerstoffkonzentration innerhalb eines 24h-Zyklus mit bis zu >1,5 mg/l. Um diesen Aspekt deutlicher hervorzuheben, wurde auf der Grundlage stündlicher Mittelwerte der „Tagesgang“ (24h) für jeweils 4 ausgewählte Zeitpunkte (21.4; 6.5.; 18.5.; 8.6.) ermittelt (Abb. 12). Auf dieser Betrachtungsebene ergeben sich folgende Befunde:

- Der bereits oben benannte Rückgang der Sauerstoffkonzentration ab Ende April wird auch anhand der ausgewählten Zeitpunkte ersichtlich.
- Der Orientierungswert für eine Mindestkonzentration (3,5 – 4 mg/l, s. Hinweis oben) wird ab Anfang Mai im Tagesgang z.T. unterschritten.
- Die Variabilität innerhalb eines 24h-Zyklus steht auch in Zusammenhang mit der Tidephase. So wurden O₂-Minima bzw. -Maxima an km 643 immer um Tidehoch- oder Tideniedrigwasser verzeichnet. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass z.B. am 21.4. und

6.5. Minima um Tidehochwasser und Maxima um Tideniedrigwasser auftraten, während dies am 18.5. und 8.6. umgekehrt war. Die Strichproben deuten an, dass vor Mitte Mai geringere Sauerstoffwerte eher unterhalb von km 643 „entstanden“ sind, während im späteren Frühjahr die Entstehung ausgeprägter Defizite offensichtlich eher stromauf von km 643 anzunehmen ist (vgl. Abb. 12, Bilder unten). Gründe für diese Befunde sind im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht herauszufiltern. Denkbar wäre aber ein Zusammenhang mit Oberwasserabfluss und Wassertemperatur. Während im früheren Frühjahr die Temperaturen noch niedrig und der Oberwasserabfluss noch höher war, scheinen sauerstoffzehrende Abbauprozesse erst unterhalb von km 643 in höherem Maße erfolgt zu sein. Nach Mitte Mai könnten diese Prozesse aufgrund höherer Temperaturen und gleichzeitig geringerem Oberwasserabfluss dann oberhalb von km 643 stattgefunden haben, so dass tidebedingt dann entweder um Tidehochwasser oder um Tideniedrigwasser Sauerstoffminima bei km 643 zu verzeichnen waren.

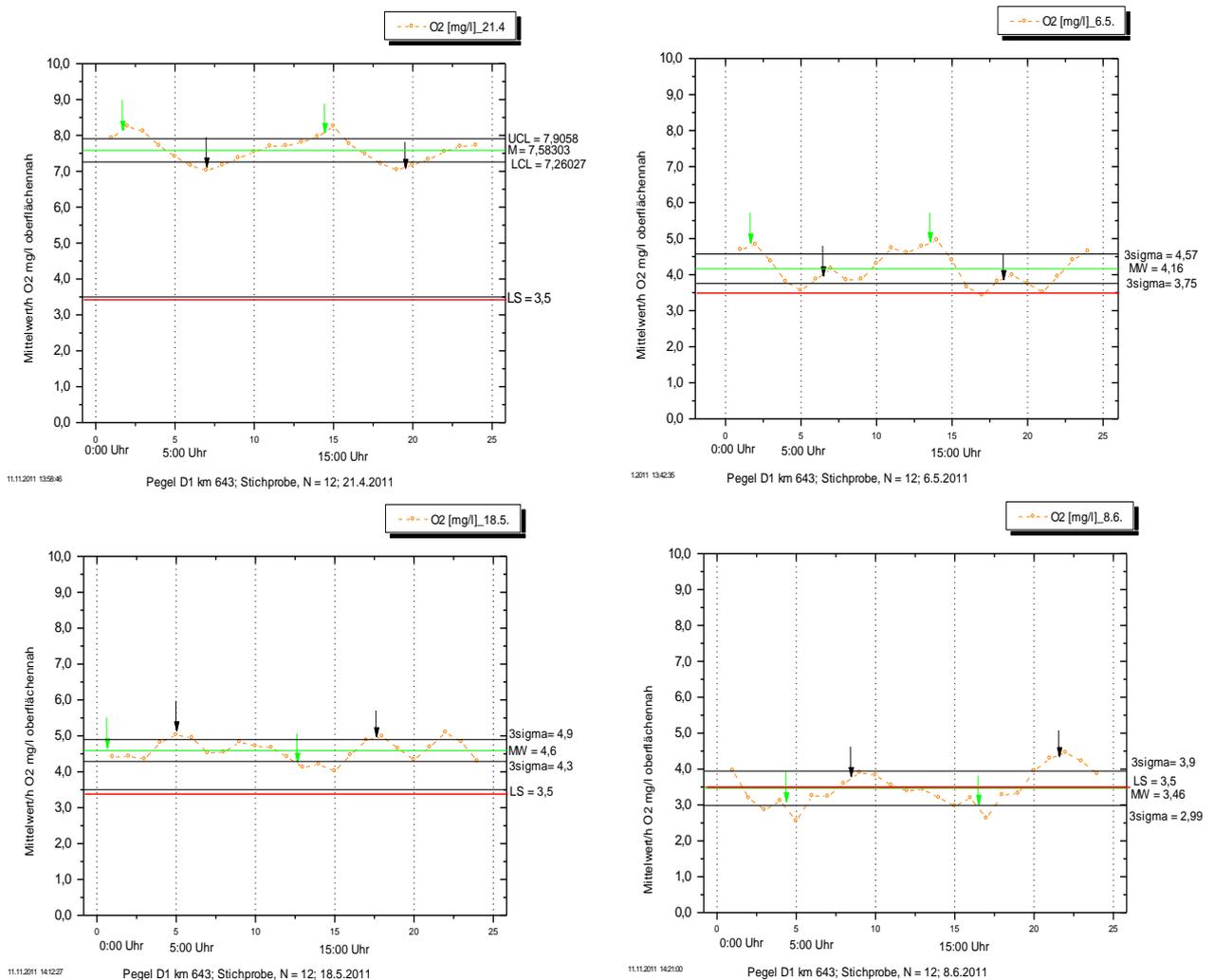


Abb. 12: Tidephasenabhängige Variabilität der oberflächennahen Sauerstoffkonzentration (stündlicher Mittelwert) bei km 643 in der Tideelbe; exemplarisch für 4 ausgewählte Tage. 21.4. (Bild oben links), 6.5. (Bild oben rechts), 12.5. (Bild unten links) und 8.6.2011 (Bild unten rechts). Grüner Pfeil: +/-Tideniedrigwasser; schwarzer Pfeil: +/-Tidehochwasser. Rote Linie (LS): „O₂-Warnwert (3,5 mg/l)“ (Orientierungswert). 3sigma = 3fache Standardabweichung bezogen auf den Tagesmittelwert (MW). Datenquelle WSA Hamburg, Pegel D1.

Strömung

Die Strömungsgeschwindigkeiten variieren mit der Tidephase sowie saisonal (Abb. 13). Während des Flutstroms erreichte V_{\max} Werte bis 110 cm/s, während der Ebbstromphase lag die maximale Strömungsgeschwindigkeit überwiegend <80 cm/s.

Gewisse Unterschiede zeigen sich auch im Vergleich der oberflächennahen und sohnahen Strömungsgeschwindigkeiten, dabei wurden höhere Werte oberflächennah ermittelt. So lag die Strömungsgeschwindigkeit (hier als Tagesmittelwert über beide Tidephasen) z.B. am 21.4.2011 oberflächennah bei 61 cm/s und sohnah bei 48 cm/s (Abb. 13, Bilder links).

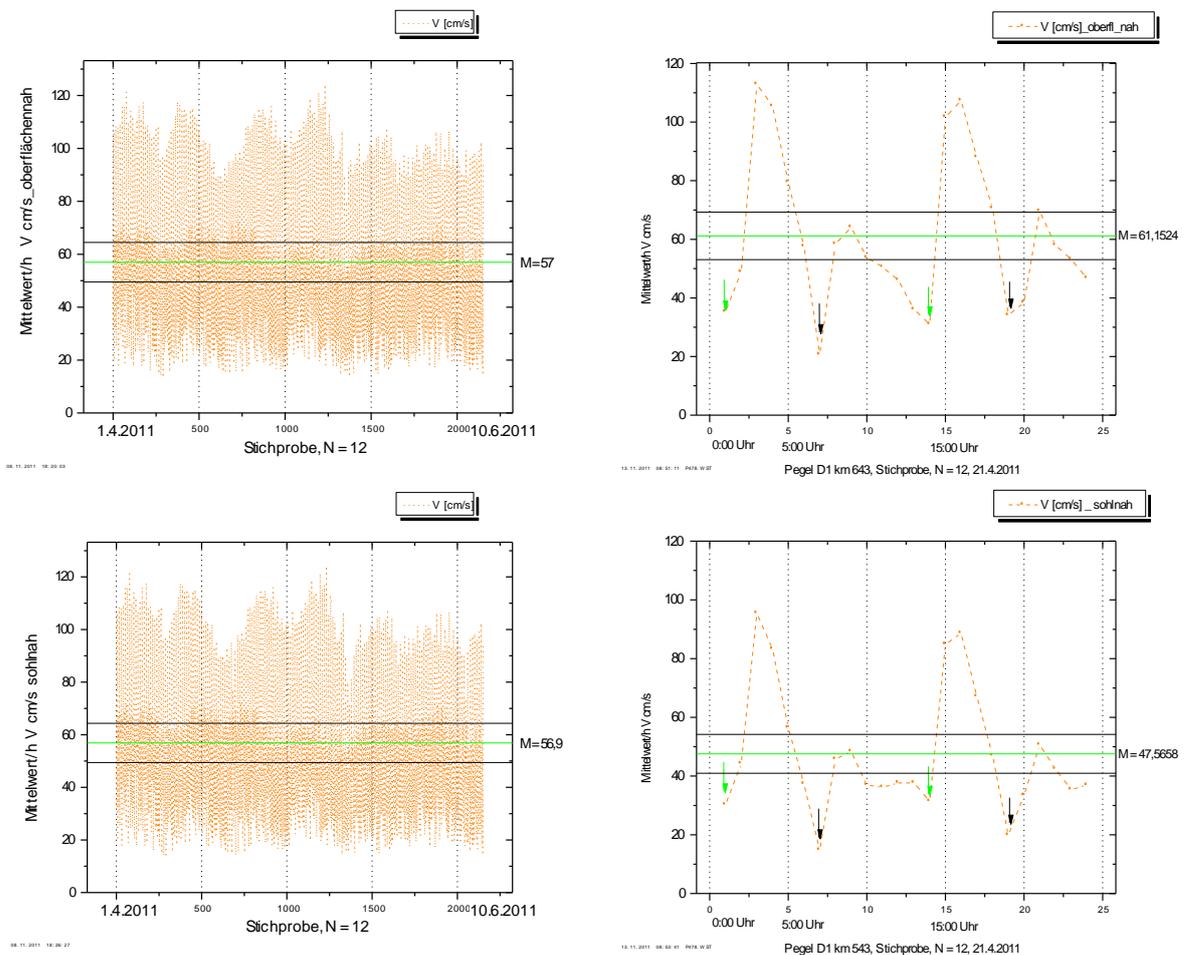


Abb. 13: Variabilität der oberflächennahen (Bild oben) und sohnahen (Bild unten) Strömungsgeschwindigkeiten (cm/s) bei km 643 im Zeitraum vom 1.4. – 8.6. 2011 (Bilder links), sowie beispielhaft für einen Tagesgang (21.4.2011, Bilder rechts), grüne Pfeile: Tideniedrigwasser, schwarze Pfeile Tidehochwasser. M = Tagesmittelwert. Grundlage stündliche Mittelwerte Pegel D1 km 643, Datenquelle: WSA Hamburg.

Oberwasserabfluss

Im Zeitraum von Anfang April bis Anfang Juni 2011 ging der Oberwasserabfluss bezogen auf den Pegel Neu Darchau von ca. 950 m³/s Anfang April auf <400 m³/s Anfang Juni zurück. Der im Frühsommer geringe Abfluss ist auf eine längere Trockenperiode zurückzuführen. Im Untersuchungszeitraum (21.4. – 8.6.) reduzierte sich der Oberwasserabfluss von etwa 700 m³/s auf <400 m³/s (Abb. 14).

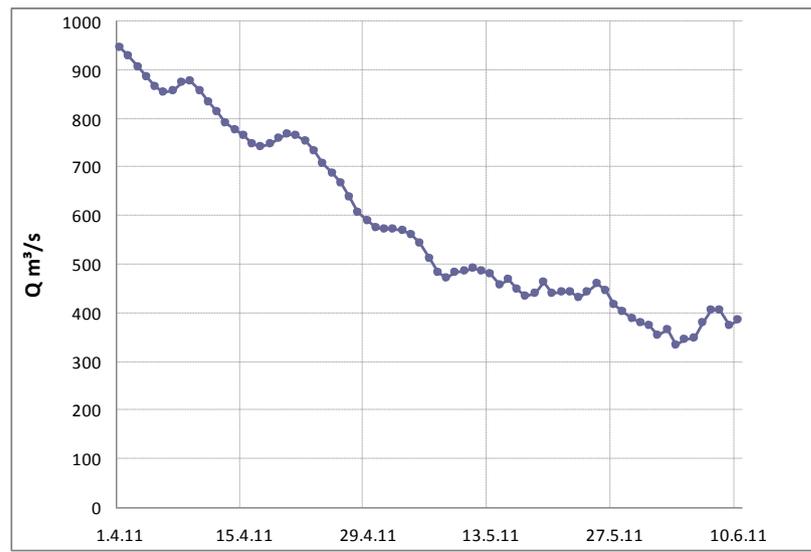


Abb. 14: Oberwasserabfluss (Tagesmittelwerte m³/s) der Elbe (Pegel Neu Darchau) für den Zeitraum 1.4. - 8.6.2011 (Quelle WSA Hamburg).

Vergleich mit den Vorjahren

Abb. 15 zeigt eine Übersicht über abiotische Rahmenbedingungen im oligohalinen Abschnitt (Pegel Grauerort km 660) der Tideelbe für den Zeitraum 2005 – 2009. Diese Darstellung soll dazu dienen, die in 2011 vorherrschenden Rahmenbedingungen bei km 643 interannuell grob einzuordnen. Die Daten zeigen die jährliche Variabilität von Abflussmenge, Wassertemperatur, Sauerstoff und Leitfähigkeit.

Im Frühjahr sind i.d.R. die Abflussmaxima zu erwarten. In 2006 wurde ein sehr hoher Abfluss mit >3.500 m³/s verzeichnet, im Jahr 2009 lag der Abfluss bei ca. 1.000 m³/s (Abb. 15, Bild oben). Im Zeitraum 2005 – 2009 variierten die Frühjahrsabflüsse (Januar – Juni) von >1.000 m³/s (frühes Frühjahr) und >500 m³/s im Frühsommer. Die Daten aus 2011 (April – Juni) entsprechen in etwa den Bedingungen von 2009 und sind bezogen auf die vergangenen 6 Jahre damit eher unterdurchschnittlich. Aufgrund der insgesamt aber eher geringeren bis moderaten Unterschiede ist das Frühjahr 2011 bezogen auf den Oberwasserabfluss nicht als ein (besonderes) Ausnahmejahr einzustufen.

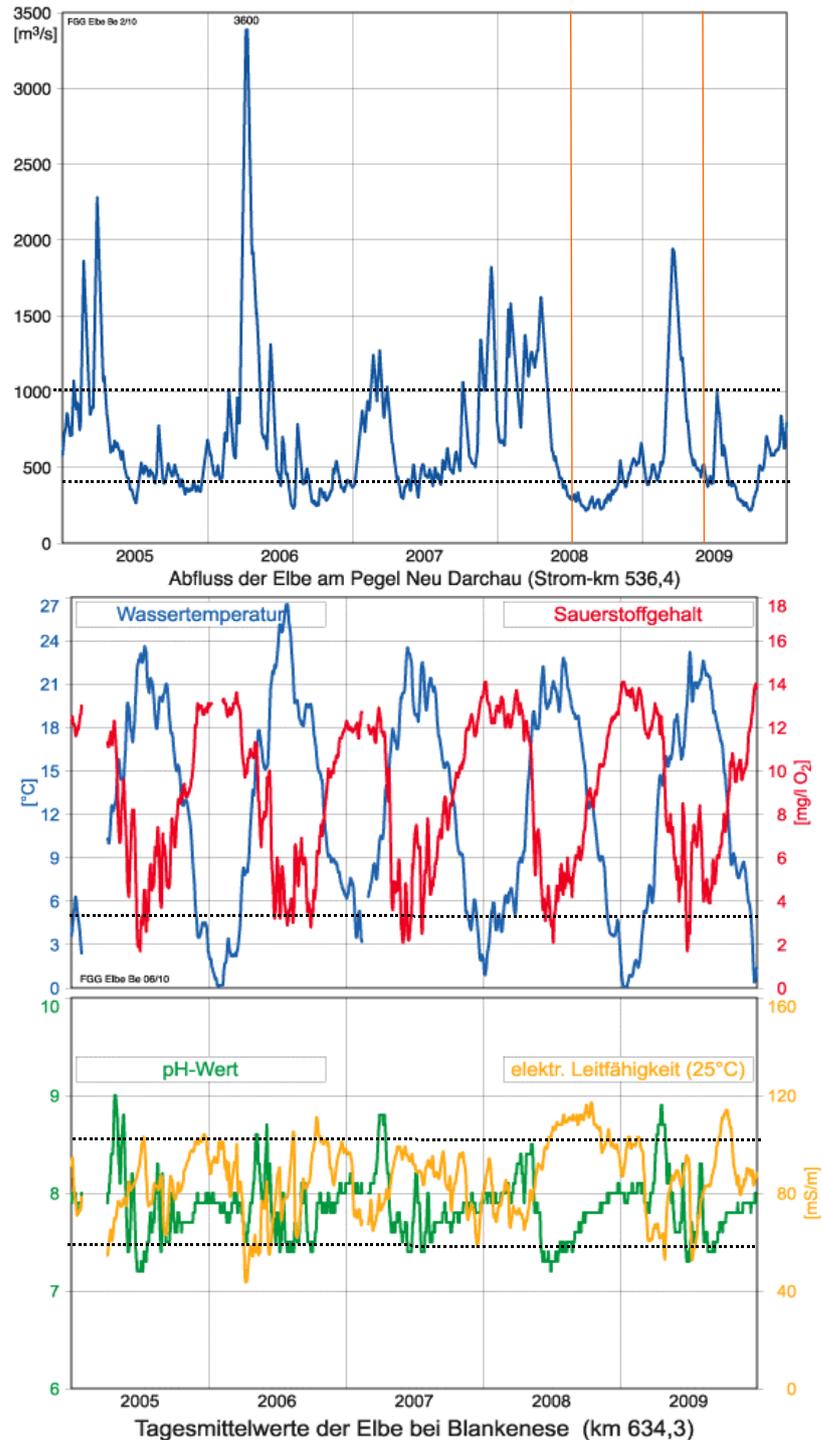


Abb. 15: Überblick über verschiedene abiotische Parameter ($Q \text{ m}^3/\text{s}$; Wassertemperatur $^{\circ}\text{C}$, Sauerstoff mg/l sowie pH-Wert und Leitfähigkeit mS/m) bezogen auf den Pegel Grauerort (km 660) in der Tideelbe. Quelle: FGG Elbe.

Im Hinblick auf die Temperatur und Sauerstoffentwicklung ist für den Zeitraum eine ähnliche Entwicklung erkennbar (vgl. Abb. 15, Bild Mitte), wie sie auch für das Frühjahr (April – Juni 2011) dokumentiert ist (s.o.).

Jedoch lagen die Wassertemperaturen im April 2011 (z.T. noch $<10^{\circ}\text{C}$) im Vergleich zu den Vorjahren ($>12^{\circ}\text{C}$) wohl etwas niedriger. Bei bereits Anfang April höheren Wassertemperaturen (deutlich $>12^{\circ}\text{C}$) wäre auch ein früherer Beginn der Laichaktivität nicht auszuschließen. Ob allerdings die Temperatur der alleinige Faktor ist, der den Beginn der Laichphase auslöst, kann im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht geklärt werden.

Die Sauerstoffentwicklung im Frühjahr entsprach in 2011 ebenfalls weitgehend derjenigen der Vorjahre. So wurden auch im Zeitraum 2005 – 2009 bis Ende April /Anfang Mai jeweils vergleichsweise höhere Werte ($>5\text{ mg/l}$) festgestellt. Ein deutlicher Rückgang der O_2 -Konzentration erfolgte dann ab ca. Mitte Mai; im Juni traten dann auch bei Grauerort vermehrt Sauerstoffstoffgehalte von $<3,5\text{ mg/l}$ auf (Abb. 15, Mitte). Bezogen auf die letzten Jahre erscheint die Sauerstoffentwicklung in 2011 nicht auffällig anders.

Ähnliches gilt auch für den Parameter Leitfähigkeit. Die in 2011 festgestellte Schwankungsbreite von $950\ \mu\text{s/cm}$ – $400\ \mu\text{s/cm}$ entspricht auch etwa derjenigen die in 2005 – 2009 gemessen wurden (Abb. 15, unten). Wobei davon auszugehen ist, dass bei Grauerort (km 660) die Leitfähigkeit bereits generell etwas höher liegt als bei km 643.

5.2 Untersuchung Quertransekt

Die Untersuchung bei km 643 folgte einem dichten zeitlichen und räumlichen Probenahmeraster (s. Kap. 4). Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf

- die Reproduktionszeit der Finte,
- zeitlich kleinskalige Daten zur Verteilung der Fintenlaichprodukte auf der Tidephasenebene,
- auf Vorkommen von Fintenlaichprodukten im Flussquerschnitt,
- kleinskaliger auf die Vertikalverteilung der Fintenlaichprodukte.

Hinweis: An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass im Rahmen einer Vorprüfung der auf $\text{Ind} \cdot 100\text{ m}^3$ standardisierten Daten, verschiedene sehr hohe Ei- und Larvendichten als Ausreißer detektiert wurden (Ausreißertest). Mögliche Fehlerquellen sind hier eine fehlerhafte Bestimmung des durchfilterten Wasservolumens oder u.U. auch ein unterprobenbedingter Umrechnungsfehler. Tab. 4 zeigt eine Übersicht über solche auffälligen Werte. Aus einem Vergleich mit den durchfilterten Wasservolumina aus den jeweiligen Parallelproben einer Messstelle ließen sich Hinweise auf eine u.U. fehlerhafte Volumen-Messung ableiten. Letzteres war mit hoher Wahrscheinlichkeit am 3.5. an QT1 (Hol „unten“, „Ebbphase“) der Fall. Hier differierte das berechnete Wasservolumen um den Faktor 20 gegenüber den an dieser Messstelle zur gleichen Zeit entnommen Parallelproben (Mitte, oberflächennah). Aus diesem Grund erschien es sinnvoll, die Ergebnisse (Abundanz Finteneier und Larven) dieses Hols unberücksichtigt zu lassen (Tab. 4). Gleiches gilt für den Larvenabundanzwert an QT5 (oben, Flutphase) vom 12.5.2011. Wenngleich hier kein deutlicher Hinweis auf eine fehlerhafte Volumenbestimmung vorliegt, bleibt dieser Wert aber ebenfalls unberücksichtigt, da er den nachfolgenden Maximalwert um mehr als den Faktor 5 überschreitet (ein Fehler

durch Unterbeprobung ist nicht eindeutig, aber denkbar). Andere, als Ausreißer detektierte Werte sind im Rahmen der Auswertung unverändert einbezogen worden, da Hinweise auf Fehlerquellen nicht abzuleiten waren.

Tab. 4: Übersicht über auffällige, als „Ausreißer“ detektierte Werte. N*sigma = n-faches der Standardabweichung. Nachrichtlich: Orientierungswerte nach Anpassung an ein plausibles durchfiltertes Wasservolumen auf der Grundlage der Messwerte der Parallelproben. * = Werte im Rahmen der Auswertung nicht berücksichtigt.

Variable: Eidichte Ind*100 m ³							
Fall_Nr.	Datum	Vertikal	Tidephase	Ind.*100m ³	n*Sigma	P	Hinweis auf Fehler Volumenbrechung
36	QT 1_3.5.	unten	Flutphase	23.061	5,77	0,00000	möglich
135	QT2_27.4.	unten	THW	20.709	5,16	0,00008	nein
174	QT2_9.5.	unten	Ebbphase	53.251	13,58	0,00000	möglich
255	QT 3_27.4	unten	THW	31.985	8,08	0,00000	möglich
282	QT 3_6.5.	unten	Ebbphase	58.023	14,81	0,00000	möglich
305*	QT 1_3.5.	unten	Ebbphase	62.000			ja
Variable: Larvenanzahl Ind*100							
305*	QT 1_3.5.	unten	Ebbphase				ja
421	QT4_12.5.	oben	THW	12.637	4,70106	0,00079	nein
528*	QT5_12.5.	oben	Flutphase	60.395	23,0124	0,00000	nein*

Abb. 16 zeigt die aufsteigend angeordneten Abundanzdaten (Finteneier und -larven). Es wird ersichtlich, dass ca. 40% der Hols 1 Ind.*100 m³ (Eier und Larven) unterschritten. 70% der Hols wiesen Ei- oder Larven-Dichten <100 Ind.*100 m³ auf; 10% der Messwerte erreichten Eidichten >1.000 Ind.*100 m³ und Larvendichten >600 Ind.*100 m³. Deutlich wird die singuläre Stellung der oben dargestellten sehr hoher Abundanzdaten.

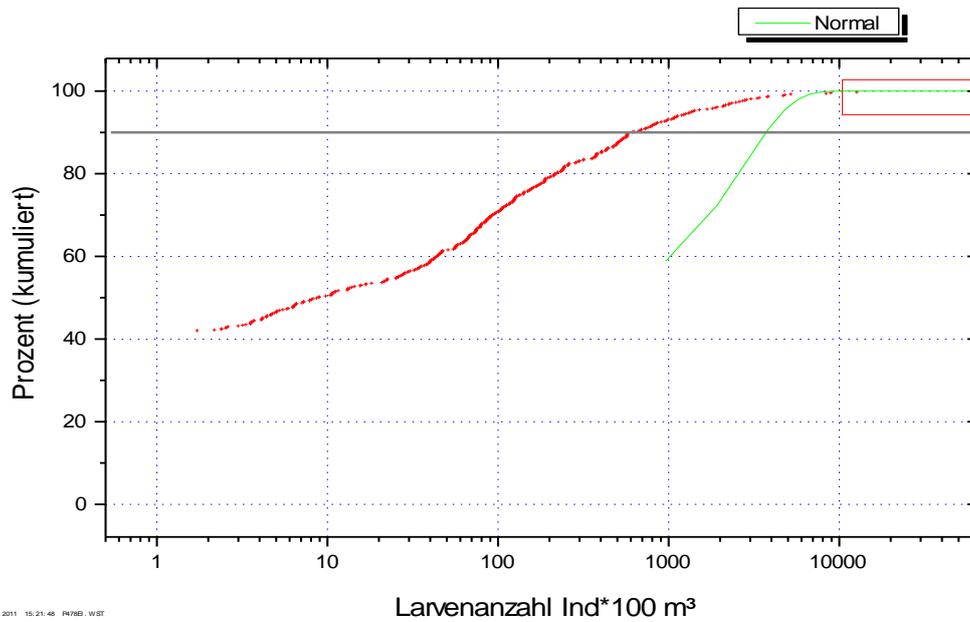
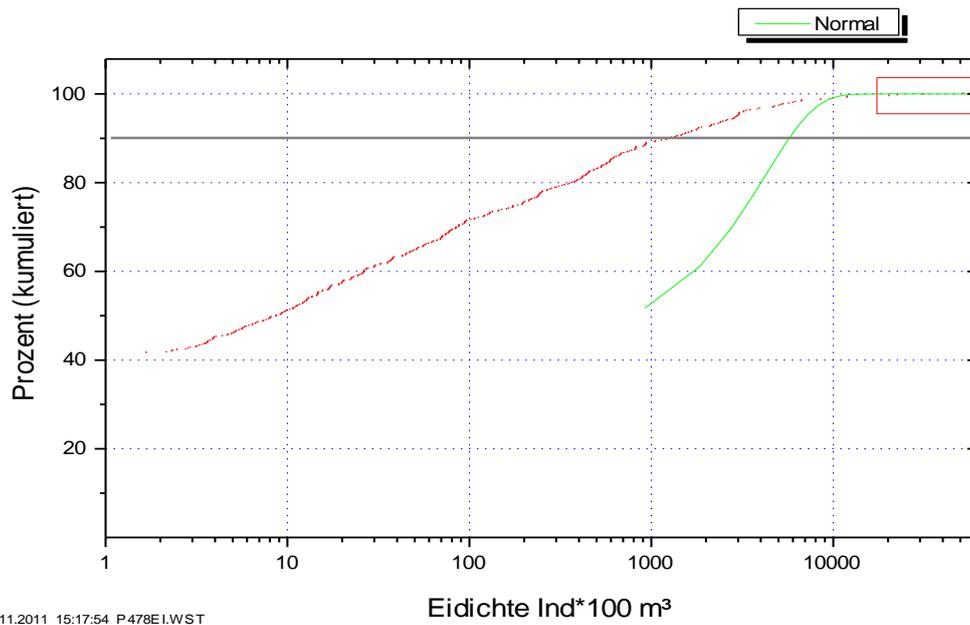


Abb. 16: Ei- und Larvendichten am Quertransekt bei km 643 im Zeitraum 21.4. – 8.6.2011. Aufsteigend angeordnet. Rot Rahmen: als Ausreißer detektierte Einzelwerte.

5.2.1 Finteneier

5.2.1.1 Zeitliche Verteilungsmuster

Saisonal

Die Darstellung der saisonalen Entwicklung der Finteneianzahlen basiert auf den jeweiligen Mittelwerten der verschiedenen Untersuchungskampagnen aller QT-Stationen bei km 643 sowie auf den Stationen bei km 640.

Finteneier wurden im Zeitraum von 21.04.11 – 18.06.11 erfasst (Abb. 17). Die Ergebnisse zeigen, dass bereits am 21.4. Finteneier, allerdings in noch geringer Anzahl von im Mittel 10 Ind.*100 m³, erfasst werden konnten. Zu diesem Zeitpunkt lagen die Wassertemperaturen nur um 12 °C. 99% der am 21.4. erfassten Eier befanden sich im Entwicklungsstadium I, die ausgewertete Stichprobengröße betrug N = 971. Das Alter der Eier kann auf ca. 1 – 2 Tage datiert werden. Vor diesem Hintergrund ist anzunehmen, dass der Beginn der Reproduktionsphase in 2011 um Mitte April lag.

Bereits ab dem zweiten Fangtermin (Ende April) konnten bei Wassertemperaturen um 15 °C hohe Eidichten von durchschnittlich 1.700 Ind.*100 m³ dokumentiert werden. Möglicherweise handelte es sich dabei um den Beginn umfangreicherer Laichaktivitäten. Eine solche Annahme wird durch die Tatsache unterstützt, dass am 21.4./27.4 die Anzahl der Fintenlarven noch sehr gering war (s. Kap. 5.2.2.1). Bei nennenswerten Laichaktivitäten deutlich vor Ende April, wäre eine höhere Anzahl an Larven in den Fängen wahrscheinlich gewesen, dies war Ende April noch nicht der Fall.

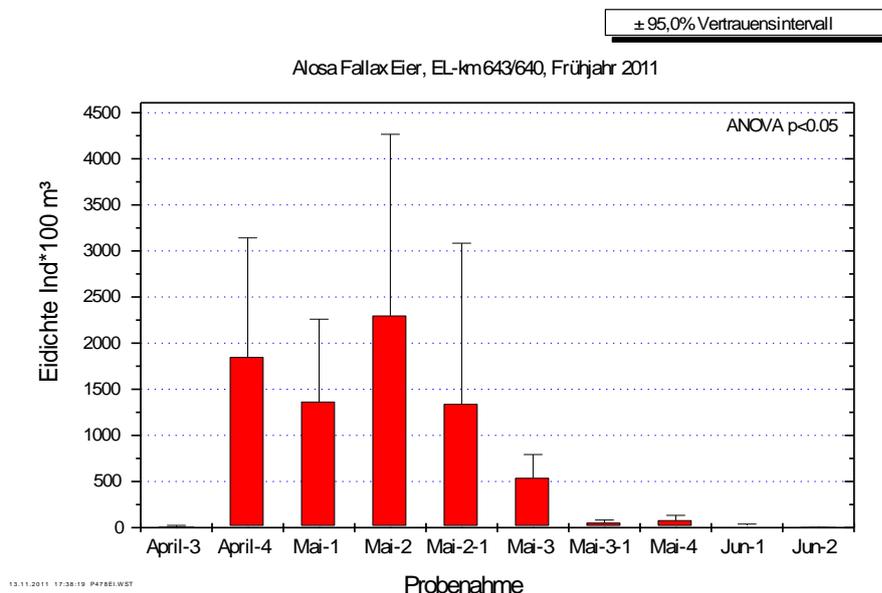


Abb. 17: Entwicklung der Finteneianzahlen bei km 643/640 von Mitte April bis Anfang Juni.

April-3 = 21.4; April-4 = 27.4.; Mai-1 = 3.5.; Mai-2 = 6.5.; Mai-2-1 = 9.5.; Mai-3 = 12.5.; Mai-3-1 = 18.5.; Mai-4 = 25.5.; Juni-1 = 1.6.; Juni-2 = 8.6.2011. Ohne Ausreißerwert.

Hohe Eidichten von $>500 - >2.000 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$ wurden bei einer mehr oder weniger ausgeprägten Variabilität bis Mitte Mai festgestellt. In dieser Zeit sank der Anteil früherer Entwicklungsstadien, blieb aber mit 68 % - $>80 \%$ vergleichsweise hoch; fortgeschrittene Eistadien (Stadium IV/V) erreichten einen nur geringen Anteil. Die Wassertemperaturen lagen in dieser Phase um $15 - 16 \text{ }^\circ\text{C}$, die O_2 -Gehalte waren mit etwa 5 mg/l nur mäßig hoch. Ab der 3. Maiwoche gingen die Eidichten dann deutlich ($<100 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$) zurück. Anfang Juni wurden Finteneier nur noch vereinzelt festgestellt; in der 2. Juniwoche erfolgte kein Nachweis bei km 643/640 mehr (Abb. 17). Die Wassertemperaturen lagen zu diesem Zeitpunkt mit $20 \text{ }^\circ\text{C}$ vergleichsweise hoch; der O_2 -Tagesmittelwert erreichte nur noch $3,4 \text{ mg/l}$. Sauerstoffdefizite von z.T. $<3 \text{ mg/l}$ wurden während des gesamten Junis verzeichnet (vgl. Kap. 5.1). Da der Laichprozess und die Entwicklung der Finteneier zu diesem Zeitpunkt bereits abgeschlossen war, ist ein Einfluss der defizitären Sauerstoffkonzentration auf die Eientwicklung nicht anzunehmen. Ob auch Werte von $4 - 5 \text{ mg/l}$, die während der Hauptlaichzeit auftraten, die Ei-Entwicklung beeinträchtigen, ist im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht zu klären. Auffällige Hinweise hierauf, z.B. eine hohe Verpilzungsrate durch abgestorbene Eier wurden nicht dokumentiert.

Der statistische Vergleich zeigt, dass sich der Zeitraum von Ende April – Mitte Mai durch signifikant höhere Anzahlen von den übrigen Untersuchungszeitpunkten unterscheidet; die Zeitpunkte „Mitte April“ (April-3), „Ende Mai“ (Mai-4) sowie Anfang Juni (Juni-1, Juni-2) unterschieden sich durch signifikant geringere Eidichten (ANOVA $p < 0.05$; Tab. 5). Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Hauptlaichaktivität im Bereich um km 643 in 2011 auf den Zeitraum 4. Aprilwoche – Mitte Mai datiert werden kann. Ab Mitte Mai – Anfang Juni erfolgten weitere Laichtätigkeiten in diesem Bereich, allerdings in geringerem Umfang. Ab Anfang Juni war die Laichphase wohl abgeschlossen.

Tab. 5: Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der saisonalen Daten km 643/640. April-3 = 21.4.; April-4 = 27.4.; Mai-1 = 3.5.; Mai-2 = 6.5.; Mai-2-1 = 9.5.; Mai-3 = 12.5.; Mai-3-1 = 18.5.; Mai-4 = 25.5.; Juni-1 = 1.6.; Juni-2 = 8.6.. Rot: signifikant unterschiedliche Eidichten. Ohne Ausreißerwert.

ANOVA $p = 0.0007$ post hoc Fisher LSD	April-3	April-4	Mai-1	Mai-2	Mai-2-1	Mai-3	Mai-3-1	Mai-4	Jun-1	Jun-2
Mittelwert Ind.*100 m ³	10,2	1848,4	1364,9	2298,4	1339,4	538,4	52,8	78,5	23,9	0,7
Tagesmittel WT °C	12,5	15,1	14,9	14,9	16,0	16,0	16,0	16,6	17,4	20,1
Tagesmittel O ₂ -mg/l	7,5	6,8	5,6	4,2	5,6	4,7	4,6	5,5	5,1	3,4
April-4	0,01									
Mai-1	0,05	0,48								
Mai-2	0,001	0,51	0,18							
Mai-2-1	0,05	0,46	0,97	0,16						
Mai-3	0,45	0,06	0,23	0,011	0,25					
Mai-3-1	0,95	0,01	0,06	0,001	0,06	0,48				
Mai-4	0,92	0,01	0,06	0,001	0,07	0,51	0,97			
Jun-1	0,98	0,01	0,05	0,001	0,06	0,46	0,97	0,94		
Jun-2	0,99	0,01	0,05	0,001	0,05	0,44	0,94	0,91	0,97	

Tidephasen

Die Betrachtungsebene „Tidephasen“ bezieht sich auf die Flut – und Ebbphase sowie auf das Tidehoch- und Tideniedrigwasser. Flut- bzw. Ebbphase repräsentieren dabei die Situation um die jeweiligen Maxima der Tideströmungen. Hoch- und Niedrigwasser repräsentieren die Phase kurz vor oder nach dem Kenterpunkt der Tide (Abb. 18). Aufgrund der zu geringen Strömungen konnten unmittelbar zu Hoch- bzw. Niedrigwasser keine Probenentnommen werden, da hier um eine passive Fangmethode handelt, d.h. die Beprobung erfolgte unter Nutzung der Tideströmung von einem festen Standort.

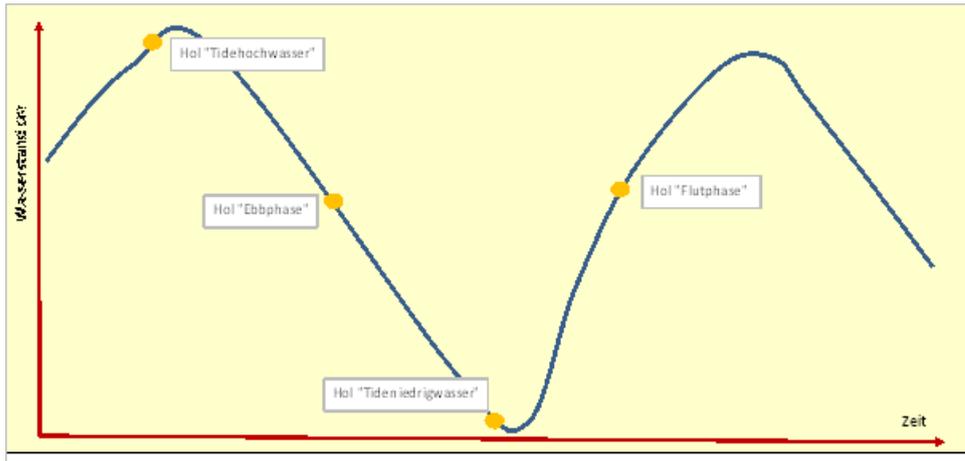


Abb. 18: Untersuchungszeitpunkte während der Tidephasen, schematische Darstellung.

Die Darstellung der tidebedingten Variabilität der Finteneidichten basiert auf den jeweiligen Mittelwerten der Untersuchungskampagnen und der QT-Stationen bei km 643 und km 640.

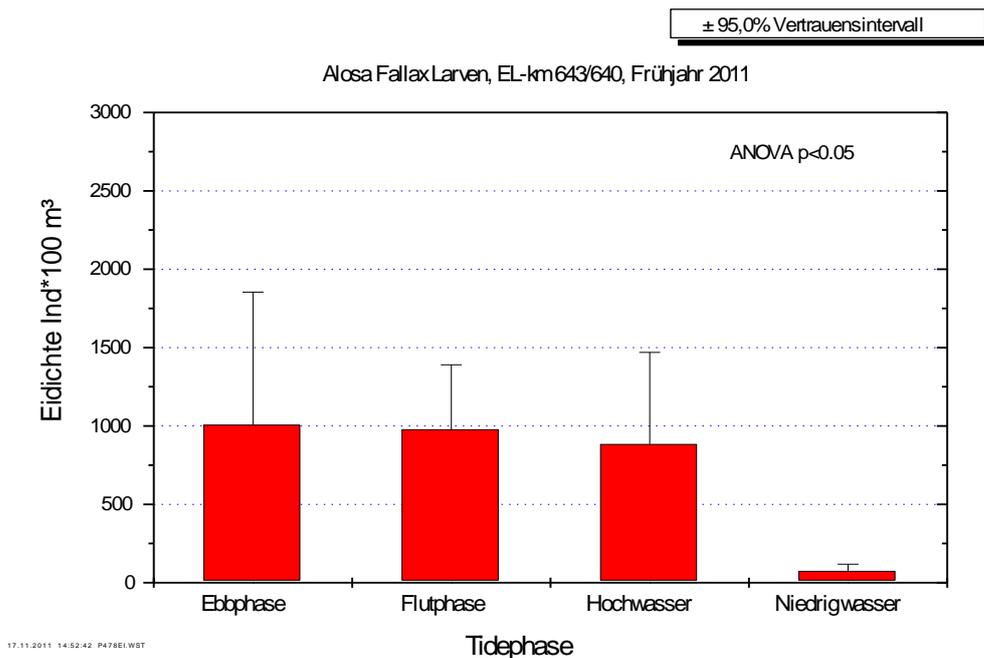


Abb. 19: Finteneidichte während verschiedener Tidephasen, Daten Quertransekt bei km 643 und km 640. Ohne Ausreißerwert.

Die Ergebnisse zeigen, dass Finteneier über die gesamte Tide erfasst werden konnte. Zwischen Ebb- und Flutphase sowie um Tidehochwasser wurden im Mittel nur geringe Unterschiede festgestellt. Im Gesamtmittel lagen die Eidichten um 1.000 Ind.*100 m³. Deutlich unterschiedlich waren die Fangergebnisse um Tideniedrigwasser, hier lagen die Eidichten bezogen auf das Gesamtmittel bei nur 75 Ind.*100 m³. Statistisch unterscheidet sich dieser Wert signifikant von den Ebphasewerten (ANOVA <0.05, Tab. 6). Der geringe Wert repräsentiert einen Wasserkörper von weiter

stromauf der um die Niedrigwasserphase, dann bei km 643 beprobt wurde. Die zu diesem Zeitpunkt geringe Eidichte zeigt, dass in 2011 deutlich oberhalb (um etwa km 630) von km 643 geringere Eianzahlen vorhanden waren und dort entsprechend eine geringere Laichaktivität anzunehmen ist.

Tab. 6: Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der saisonalen Daten km 643/640. Rot: signifikant unterschiedliche Eidichten. Ohne Ausreißerwert.

ANOVA $p = 0.0007$ post hoc Fisher LSD	Hochwasser	Ebbphase	Niedrigwasser	Flutphase
Mittelwert Ind.*100 m ³	884,1	1007,1	74,8	977,6
Hochwasser				
Ebbphase	0,78			
Niedrigwasser	0,08	0,031		
Flutphase	0,84	0,95	0,051	

Es ist zu berücksichtigen, dass der Betrachtungsebene „Tidephasen“ Gesamtmittelwerte (Untersuchungszeit, Quertransektstationen) zugrunde liegen. Bezogen auf einzelne Untersuchungstermine und/oder Stationen können gewisse Abweichungen möglich sein. So wurden beispielsweise während der ersten Untersuchungskampagne am 21.4. (Apr-3) und am Ende des Untersuchungszeitraums am 8.6. (Jun-2) um Niedrigwasser jeweils die zu diesen Zeitpunkten höchsten Eidichten dokumentiert. Statistisch sind diese Befunde aber von untergeordneter Bedeutung, da die Eidichten zu diesen Zeitpunkten saisonale Minima aufwiesen (Tab. 7).

Tab. 7: Finteneidichten differenziert nach Tidephasen und Probenahmezeitpunkte. Daten Quertransekt km 643/640. April-3 = 21.4; April-4 = 27.4.; Mai-1 = 3.5.; Mai-2 = 6.5.; Mai-2-1 = 9.5.; Mai-3 = 12.5.; Mai-3-1 = 18.5.; Mai-4 = 25.5.; Juni-1 = 1.6.; Juni-2 = 8.6.2011. Ohne Ausreißerwert.

Finteneier Ind*100 m ³	N	Mittelwert	Std.Abw.		N	Mittelwert	Std.Abw.
Ebbphase_ges.	187	1007,1	5865,38	Niedrigwasser_ges.	140	74,8	257,425
April-3	18	3,4	6,1	April-3	14	33,1	113,0
April-4	19	876,7	1776,8	April-4	14	70,8	159,6
Mai-1	19	591,7	1422,2	Mai-1	14	211,2	645,6
Mai-2	19	4724,3	13281,3	Mai-2	14	92,6	203,2
Mai-2-1	19	3253,9	12141,8	Mai-2-1	14	138,1	198,7
Mai-3	18	434,3	989,5	Mai-3	14	156,8	332,8
Mai-3-1	19	16,7	41,2	Mai-3-1	14	10,0	15,9
Mai-4	19	16,5	18,9	Mai-4	14	29,7	99,2
Jun-1	18	18,6	48,2	Jun-1	14	3,7	8,0
Jun-2	19	0,1	0,5	Jun-2	14	1,5	4,7
Flutphase_ges.	140	977,6	2465,4	Hochwasser_ges	141	884,1	3516,2
April-3	14	6,5	11,3	April-3	15	0,3	1,3
April-4	14	1654,1	2098,8	April-4	14	5139,1	9615,9
Mai-1	14	4507,5	6231,1	Mai-1	14	425,4	654,4
Mai-2	14	1081,3	1224,9	Mai-2	14	2429,0	3332,2
Mai-2-1	14	1145,3	1080,7	Mai-2-1	14	136,6	374,8
Mai-3	14	860,5	888,1	Mai-3	14	731,7	1375,4
Mai-3-1	14	182,0	182,7	Mai-3-1	14	15,4	34,9
Mai-4	14	264,0	376,5	Mai-4	14	25,6	49,9
Jun-1	14	74,1	82,2	Jun-1	14	0,7	1,8
Jun-2	14	0,9	1,8	Jun-2	14	0,6	2,2

Gruppiert man die Tidephasendaten nach Lage der Quertransektstationen sind die Minima immer um Tideniedrigwasser verzeichnet worden (Daten siehe Anhang 1). Die Befunde lassen den Schluss zu, dass die Eiablage überwiegend im Nahbereich von km 643 bzw. weiter stromab stattfand. Die weitgehend regelmäßigen Minima bei km 643 um die Niedrigwasserphase lassen den

Schluss zu, dass im stromauf befindlichen Abschnitt um +/- km 630 in 2011 die Laichaktivität geringer war als weiter stromab bis etwa km 650+. Die vergleichsweise hohen Eidichten um Tidehochwasser unterstützen diese Annahme (s.o.).

5.2.1.2 Räumliche Verteilung der Eidichten

Quer

Um ein räumliches Verteilungsmuster der Eier im Flussquerschnitt zu identifizieren, wurden alle Hols im Bereich des Quertransektes bei km 643 gruppiert nach den QT-Stationen (1 – 5) ausgewertet. Die bei km 640 befindlichen Stationen (QT 6 & 7) wurden ebenfalls in die Betrachtung einbezogen. Es sei dabei angemerkt, dass diese räumliche Betrachtungsebene dabei zwangsläufig andere Betrachtungsebenen (saisonal, Tidephase, Tiefenzonierungen) integriert.

Die Ergebnisse zeigen, dass die räumliche Verteilung der Finteneier im Flussquerschnitt nicht homogen war (Abb. 20, Abb. 21). Im Vergleich wurden deutlich höhere an den Stationen QT 2 (Mitte_n) und QT 3 (Mitte_s, d.h. nahe der Fahrinne) festgestellt, wobei die Station „Mitte_n“ (QT 2) tatsächlich innerhalb der Fahrinne (südlicher Rand) positioniert war (s. Kap. 4.1, Abb. 2).

In den ufernäheren Bereichen waren die Eidichten z.T. deutlich geringer (Abb. 20). Dies gilt auch für die beiden bei km 640 untersuchten Stationen. Diese erreichten mit durchschnittlich >250 Ind.* 100 m³ ähnliche Werte wie die ufernäheren Stationen des Quertransektes bei km 643 (Abb. 21).

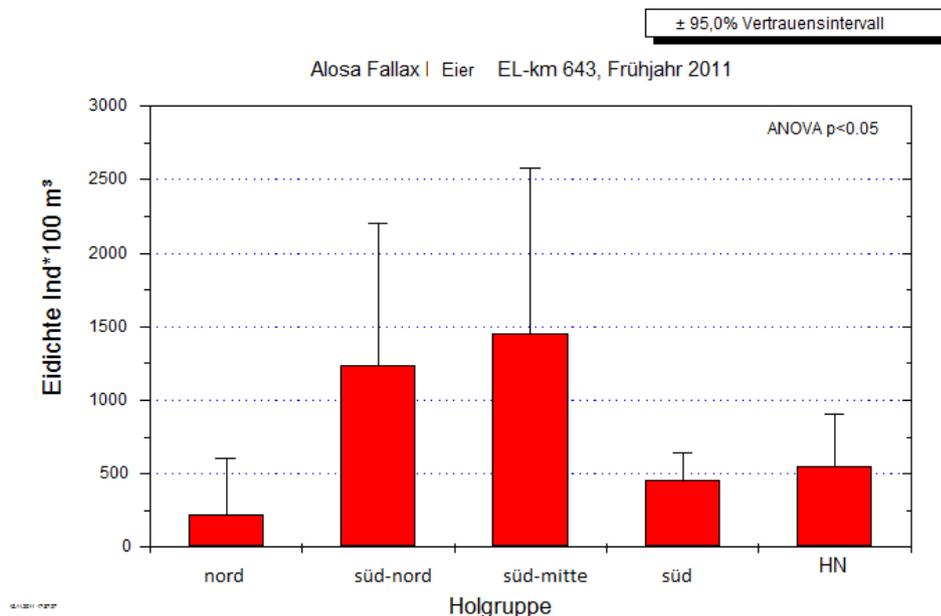


Abb. 20: Mittlere Finteneidichte entlang des Quertransektes bei km 643 im Zeitraum 21.4. – 8.6.2011 in der Tideelbe. Nord = Station QT1; süd-nord = QT 2; süd-mitte = QT 3; süd = QT 4; HN = QT 5 Hahnöfer Nebenelbe.

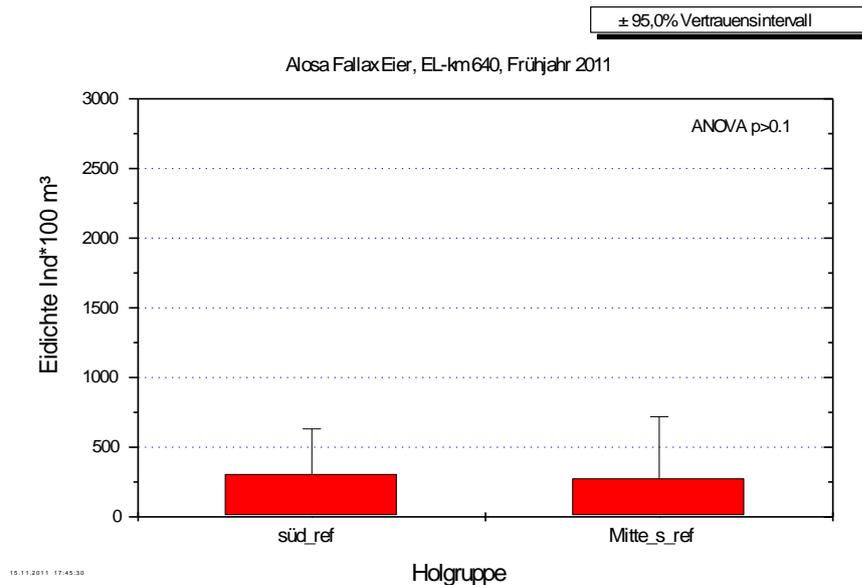


Abb. 21: Mittlere Finteneidichte entlang des Quertransektes bei km 640 im Zeitraum 21.4. – 8.6.2011 in der Tideelbe. Süd_ref= QT 6; Mitte_s_ref = QT 7.

Der statistische Vergleich zeigt, dass sich die an den Stationen QT 2 (süd-nord) und QT 3 (süd-mitte) festgestellten Eidichten signifikant von den an QT 1 (nord) und QT 4 (süd) festgestellten Werten unterscheiden. Aufgrund der insgesamt hohen Variabilität, die u.a. auch durch die saisonale Abundanzdynamik (s.o.) hervorgerufen wird, sind die Unterschiede zu den übrigen Stationen auf dieser Betrachtungsebene statistisch als zufällig einzustufen (Tab. 8). Vergleiche man die Stationswerte auf der Grundlage z.B. einzelner Fangkampagnen sind abweichende Ergebnisse nicht auszuschließen.

Tab. 8: Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der mittleren Stationsdaten bei km 643/640 für den Zeitraum 21.4. – 8.6.2011. Quertransekt bei km 643: QT 1 – QT 5 und bei km 640: QT 6 & 7. Rot: signifikant unterschiedliche Eidichten.

ANOVA p = 0.0013 post hoc Fisher LSD	nord_QT 1	Mitte-n_QT 2	Mitte-s_QT 3	süd_QT 4	HN_QT 5	süd_ref_QT 6	Mitte_s_ref_QT 7
Mittelwert Ind.*100 m³	222,9	1234,4	1452,5	452,9	550,7	306,1	274,8
nord_QT 1							
Mitte-n_QT 2	0,042						
Mitte-s_QT 3	0,014	0,66					
süd_QT 4	0,64	0,12	0,05				
HN_QT 5	0,55	0,22	0,10	0,86			
süd_ref_QT 6	0,93	0,32	0,22	0,87	0,80		
Mitte_s_ref_QT 7	0,95	0,23	0,14	0,82	0,74	0,98	

Gründe für die z.T. unterschiedlichen Verteilungen entlang des Quertransektes sind nicht unmittelbar ersichtlich. Da die planktischen Fischeier zu aktiven Ortwechseln nicht in der Lage sind, ist die räumliche Verteilung der Eier im Flussquerschnitt überwiegend auf die lokalen Strömungen zurückzuführen.

Vertikal

Um Hinweise auf mögliche systematische Muster in der vertikalen Verteilung der Finteneier zu erhalten, wurden die Daten nach der vertikalen Hol-Position zusammengefasst und verglichen. Dabei beziehen sich die oberflächennahen Hols immer auf eine Wassertiefe von 1,5 m. Die absoluten Tiefen der Vertikalpositionen „Mitte“ und „unten“ variierten dabei mit der Position einer Quertraktstation sowie mit der Tidephase.

Vor diesem Hintergrund zeigen die Ergebnisse einen deutlichen vertikalen Gradienten. In der unteren Wassersäule wurde ein ausgeprägtes Abundanzmaximum (im Gesamtmittel >1.500 Ind.* 100 m³) festgestellt. Die oberflächennahen Eidichten (116 Ind.*100 m³) lagen um mehr als Faktor 10 niedriger als die bodennah erfassten Anzahlen (Abb. 22, Tab. 9).

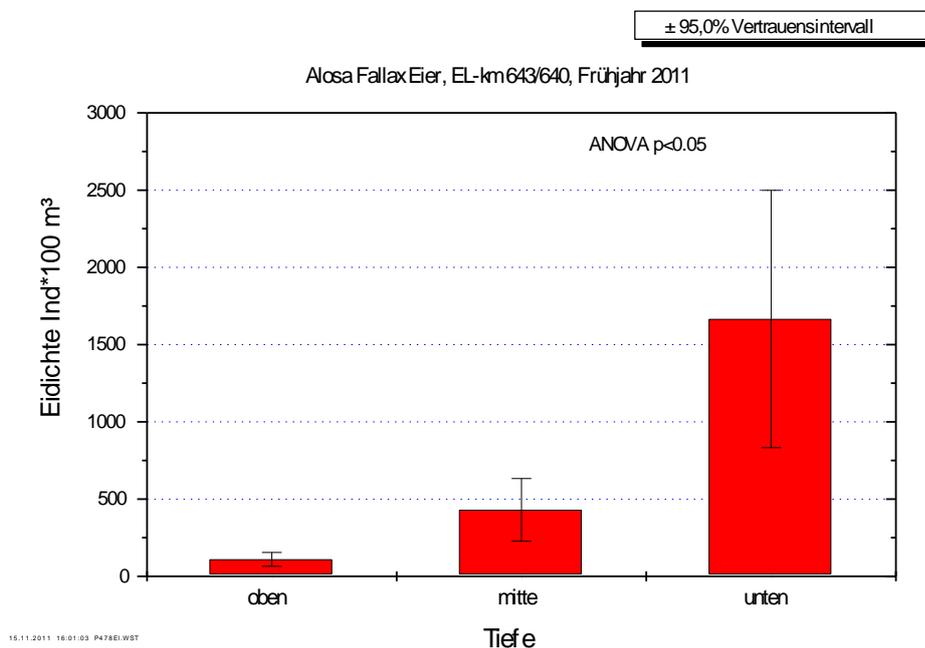


Abb. 22: Mittlere Finteneidichte in verschiedenen Tiefenzonen im Bereich von km 643/640 im Zeitraum vom 21.4. – 8.6.2011 in der Tideelbe.

Die in 2011 festgestellten Unterschiede hinsichtlich der Vertikalverteilung der Finteneier sind statistisch signifikant. Die bodennah ermittelte Eidichte ist im Vergleich zu den Befunden der Positionen „Mitte“ und „oben“ signifikant höher (Tab. 9).

Tab. 9: Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der vertikal differenzierten Daten km 643/640. Rot: signifikant unterschiedliche Eidichten.

ANOVA p = 0.00005 post hoc Fisher LSD	oben	mitte	unten
Mittelwert Ind.*100 m ³	116,8	454,5	1759,6
oben			
mitte	0,42		
unten	0,00004	0,002	

5.2.1.3 Eistadien

In Rahmen der Untersuchung wurden die Entwicklungsstadien der Eier über Stichproben ausgewertet. In Verschneidung mit dem Fangort und Fangzeitpunkt lassen sich eingeschränkt gewisse Rückschlüsse auf den Laichort ableiten. Insgesamt wurden 5 Entwicklungsstadien unterschieden (s. Kap. 4.2), die im Verlauf der Untersuchung auch erfasst wurden.

Tab. 10: Entwicklungsstadien der Finteneier differenziert nach Fangdatum auf der Basis des Quertransektdaten bei km 643 sowie der Stationen bei km 640. Zur Definition der Stadien s. Kap. 4.2.

Datum	Ei-Stadium	Anzahl basierend auf Stichprobe	Anteil %
27.4.	Ia/Ib	823	88,7
27.4.	II	81	8,7
27.4.	III	22	2,4
27.4.	IV/V	2	0,2
3.5.	Ia/Ib	811	77,7
3.5.	II	4	0,4
3.5.	III	159	15,2
3.5.	IV/V	70	6,7
6.5.	Ia/Ib	1178	98,7
6.5.	II	8	0,7
6.5.	III	8	0,7
6.5.	IV/V	0	0,0
12.5.	Ia/Ib	754	93,1
12.5.	II	4	0,5
12.5.	III	52	6,4
12.5.	IV/V	0	0,0
18.5.	Ia/Ib	774	85,8
18.5.	II	2	0,2
18.5.	III	67	7,4
18.5.	IV/V	59	6,5
25.5.	Ia/Ib	321	92,2
25.5.	II	0	0,0
25.5.	III	24	6,9
25.5.	IV/V	3	0,9
1.6.	Ia/Ib	163	76,5
1.6.	II	0	0,0
1.6.	III	49	23,0
1.6.	IV/V	1	0,5
8.6.	Ia/Ib	4	50,0
8.6.	II	1	12,5
8.6.	III	1	12,5
8.6.	IV/V	2	25,0

Der weitaus größte Anteil entfiel auf frühe Entwicklungsstadien Ia/Ib, d.h. auf Eier, die sich in einem noch wenig ausdifferenzierten Stadium befanden. Der Anteil lag in Abhängigkeit des Fangtermins bei ca. 50 % – 98,7% (Tab. 10). Die höchsten Dichten der Stadien Ia/Ib entfielen dabei erwartungsgemäß auf die Hauptreproduktionsphase (Ende April – Mitte Mai). Aufgrund des frühen Entwicklungsstadiums (Alter ca. 1 – 2 Tage) waren die Eier noch keinem wesentlichen Nettostromabtransport unterlegen. Hieraus lässt sich schlussfolgern, dass sich der Untersuchungsbereich im Hauptreproduktionsareal (2011) der Finte befand.

Der weitere Befund, dass frühe Stadien (in unterschiedlicher Dichte) über die gesamte Untersuchungszeit festgestellt werden konnten, legt eine mehr oder weniger „kontinuierliche“ Eiablage über mehrere Wochen nahe, wobei der Umfang der Eiablage aber zeitlich variabel war. Ein Hauptzeitraum der Eiablage lässt sich, wie oben bereits beschrieben, abgrenzen.

Die Ergebnisse zeigen des Weiteren, dass der Anteil späterer Entwicklungsstadien (insbesondere IV/V) fast über die gesamte Untersuchungszeit eher gering war (Tab. 10). Gründe für diesen Befund lassen sich im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht benennen.

5.2.2 Fintenlarven

5.2.2.1 Zeitliche Verteilungsmuster

Saisonal

Die Darstellung der saisonalen Entwicklung der Fintenlarven basiert analog zur Auswertung der Finteneier auf den jeweiligen Mittelwerten der verschiedenen Untersuchungskampagnen aller QT-Stationen bei km 643 sowie auf den Stationen bei km 640.

Fintenlarven wurden im Zeitraum von 27.04.11 – 08.06.11 erfasst (Abb. 23). Die Ergebnisse, die sich auf die Transsektdaten bei km 643/640 beziehen, zeigen, dass erstmals am 27.4. Fintenlarven, allerdings in noch sehr geringer Anzahl (im Mittel $<0,1$ Ind.*100 m³ - in Abb. 23 nicht grafisch darstellbar), erfasst wurden. Zu diesem Zeitpunkt lagen die Wassertemperaturen um 15 °C.

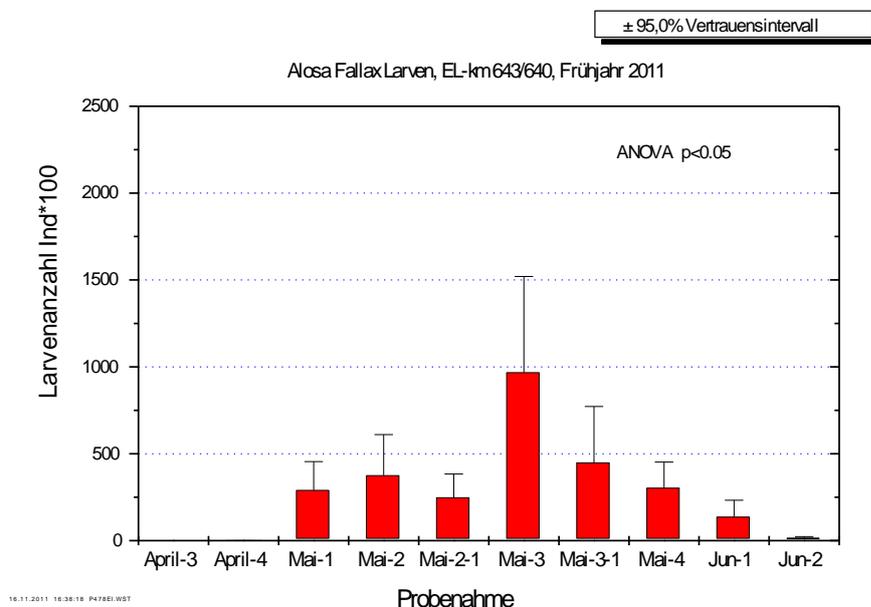


Abb. 23: Entwicklung der Fintenlarvenanzahlen bei km 643/640 von Mitte April bis Anfang Juni 2011.

April-3 = 21.4; April-4 = 27.4.; Mai-1 = 3.5.; Mai-2 = 6.5.; Mai-2-1 = 9.5.; Mai-3 = 12.5.; Mai-3-1 = 18.5.; Mai-4 = 25.5.; Juni-1 = 1.6.; Jun-2 = 8.6.. Berechnung ohne „Ausreißerwert“ vom 12.5., QT 5 (Mai-3) „oben“, Flutphase.

Ab Anfang Mai stiegen die Anzahlen an; ein ausgeprägtes Maximum (Mittelwert 968 Ind.*100 m³) wurde um Mitte Mai, bei Wassertemperaturen um 16 °C, verzeichnet. Im Zeitraum von etwa 2 Wochen vor und nach dem Maximum variierte die Larvendichte eher gering und lag im Mittel um 250 – 300 Ind.*100 m³. Ab der 2. Maihälfte bis Anfang Juni ging die Larvenzahll kontinuierlich zurück. In der 2. Juniwoche (Jun-2) lag die Individuendichte nur noch bei etwa 14 Ind.*100 m³ (Abb. 23). Bei Wassertemperaturen um 20 °C wurden zu diesem Zeitpunkt geringe Sauerstoffgehalte von im Tagesmittel um 3 mg/l gemessen (Tab. 11 und Kap. 4.1). Ob und in weit diese Rahmenbedingungen Einfluss auf die Mortalitätsrate der Larven haben könnte, ist im Rahmen dieser Untersuchung nicht zu klären. Bei länger andauernden O₂-Defiziten ist eine Beeinträchtigung nicht auszuschließen.

Etwa 81 % der Anfang Mai erfassten Larven waren noch in einem sehr frühen Entwicklungsstadium (Prolarve), 19% wurden als Frühlarven klassifiziert. Ab Mitte Mai sank der Anteil von Tieren im Prolarvenstadium auf 30 %, während der Anteil des Frühlarvenstadiums anstieg (70%). Bis Ende Mai wurden fast ausschließlich Frühlarvenstadien erfasst (99 – 100%). Ab Anfang Juni traten dann fast ausschließlich Spätlarvenstadien in Erscheinung.

Der statistische Vergleich zeigt, dass sich der Zeitraum um Mitte Mai durch höhere Larvendichten von den übrigen Zeitpunkten abgrenzen lässt. Insbesondere Mai-3 (Ende 2. Maiwoche) unterscheidet sich durch hohe Abundanzen signifikant von allen anderen Fangergebnissen. Die Zeitpunkte „April“ (April-3 , April-4) und Juni (Jun-1, Jun-2) unterschieden sich durch signifikant geringere Fintenlarvenzahlen (ANOVA p <0.05; Tab. 5). Mitte April 2011 waren Larven noch nicht in den Fängen vertreten. Dies deutet darauf hin, dass wie bereits auf der Grundlage der „Eidaten“ geschlossen wird, nennenswerte Laichprozesse erst nach Mitte April stattfanden. Dies ist auch insofern plausibel, als die Wassertemperaturen Anfang April bei lediglich 8 °C und bis Mitte April dann auf etwa 12 °C anstiegen. Ab etwa Mitte Juni sanken die Larvenzahlen deutlich.

Tab. 11: Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der saisonalen Daten km 643/640.

April-3 = 21.4; April-4 = 27.4.; Mai-1 = 3.5.; Mai-2 = 6.5.; Mai-2-1 = 9.5.; Mai-3 = 12.5.; Mai-3-1 = 18.5.; Mai-4 = 25.5.; Juni-1 = 1.6.; Juni-2 = 8.6.2011. Rot: signifikant unterschiedliche Larvenanzahlen. Berechnung ohne „Ausreißerwert“ vom 12.5., QT 5 oben, Flutphase.

ANOVA p = 0.0003 post hoc Fisher LSD	April-3	April-4	Mai-1	Mai-2	Mai-2-1	Mai-3	Mai-3-1	Mai-4	Jun-1	Jun-2
Mittelwert Ind.*100 m ³	0,0	0,04	290,3	375,3	248,7	968,4	449,0	303,6	137,1	14,4
Tagesmittel WT °C	12,5	15,1	14,9	14,9	16,0	16,0	16,0	16,6	17,4	20,1
Tagesmittel O ₂ -mg/l	7,5	6,8	5,6	4,2	5,6	4,7	4,6	5,5	5,1	3,4
April-4	-									
Mai-1	-	0,073								
Mai-2	-	0,021	0,599							
Mai-2-1	-	0,124	0,797	0,434						
Mai-3	-	0,000	0,000	0,000	0,000					
Mai-3-1	-	0,006	0,326	0,649	0,216	0,002				
Mai-4	-	0,061	0,935	0,657	0,734	0,0001	0,368			
Jun-1	-	0,399	0,345	0,143	0,492	0,0000	0,06	0,305		
Jun-2	-	0,929	0,09	0,026	0,148	0,0000	0,007	0,074	0,450	

Tidephasen

Die Betrachtungsebene „Tidephase“ bezieht sich auf Flut – und Ebbphase sowie Tidehoch- und Tideniedrigwasser. Flut- bzw. Ebbphase repräsentieren dabei die Situation um die jeweiligen Maxima der Tideströmungen. Hoch- und Niedrigwasser repräsentieren die Phase kurz vor oder nach dem Kenterpunkt der Tide (zur zeitlichen Abfolge der Beprobung während der Tidephasen s. Abb.

18). Die Darstellung der tidebedingten Variabilität der Fintenlarvenanzahlen basiert auf den jeweiligen Mittelwerten der Untersuchungskampagnen und der QT-Stationen bei km 643 und km 640.

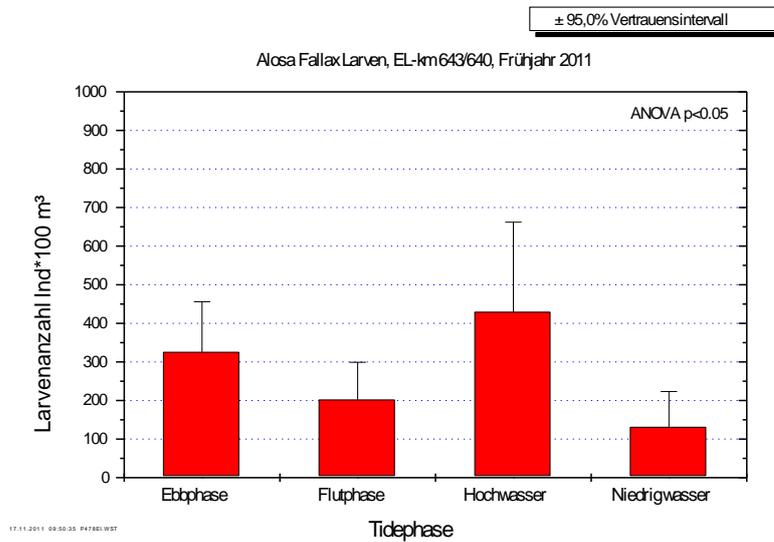


Abb. 24: Anzahl Fintenlarven während verschiedener Tidephasen, Daten Quertransekt bei km 643 und km 640. Rot: signifikant unterschiedliche Larvenanzahlen. Berechnung ohne „Ausreißerwert“ vom 12.5., QT 5 oben, Flutphase.

Die Ergebnisse zeigen, dass Fintenlarven über die gesamte Tide erfasst werden konnten. Zwischen den Tidephasen sind Abundanzunterschiede festgestellt worden. Um Tidehochwasser wurde die höchste mittlere Larvendichte (430 Ind.*100 m³) erfasst. Deutlich geringere Anzahlen wurden um Niedrigwasser erfasst, hier lagen die mittleren Larvenzahlen bei 130 Ind*100 m³. Statistisch unterscheidet sich dieser Befund signifikant von den Werten, die um Tidehochwasser dokumentiert wurden (s. Tab. 12). Weitere signifikante Befunde wurden auf der Betrachtungsebene „Tidephase“ nicht festgestellt. Im Vergleich zu den Eidichten ergibt sich somit ein ähnliches Ergebnis, wobei aber die tidephasenbedingten Unterschiede bei den Larvendichten weniger deutlich ausgeprägt waren.

Tab. 12: Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der saisonalen Daten km 643/640. Rot: signifikant unterschiedliche Eidichten. Rot: signifikant unterschiedliche Larvenanzahlen. Berechnung ohne „Ausreißerwert“ vom 12.5., QT 5 oben, Flutphase.

ANOVA p = 0,03 post hoc Fisher LSD	Hochwasser	Ebbphase	Niedrigwasser	Flutphase
Mittelwert Ind.*100 m³	429,7	325,5	131,2	202,2
Hochwasser				
Ebbphase	0,31			
Niedrigwasser	0,01	0,060		
Flutphase	0,04	0,23	0,520	

Es ist zu berücksichtigen, dass der Betrachtungsebene „Tidephasen“ Gesamtmittelwerte (Untersuchungszeit, Quertransektstationen) zugrunde liegen. Bezogen auf einzelne Untersuchungstermine und/oder Stationen können gewisse Abweichungen vom oben dargestellten Gesamtergebnis möglich sein. So wurde beispielsweise am 18.5. (Mai-3-1) um Tideniedrigwasser mit einem Tagesmittel

von 638 Ind*100 m³ der zweithöchste Wert an diesem Untersuchungstag registriert. Das Minimum entfiel am 18.5. auf die Flutphase (81,9 Ind.*100 m³; s. Tab. 13). Im bilateralen Vergleich Tidehochwasser vs. Tideniedrigwasser zeigt sich, dass die jeweilige Larvendichte bei Thw immer vergleichsweise höher war als um die Niedrigwasserphase (Tab. 13).

Tab. 13: Anzahl Fintenlarven differenziert nach Tidephase und Probenahmezeitpunkt. Daten Quertransekt km 643/640. April-3 = 21.4; April-4 = 27.4.; Mai-1 = 3.5.; Mai-2 = 6.5.; Mai 2-1 = 9.5.; Mai 3 = 12.5.; Mai-3-1 = 18.5.; Mai-4 = 25.5.; Juni-1 = 1.6.; Jun-2 = 8.6.2011. Rot: signifikant unterschiedliche Larvenanzahlen. Berechnung ohne „Ausreißerwert“ vom 12.5., QT 5 oben, Flutphase.

Fintenlarven Ind*100 m ³	N	Mittelwert	Std.Abw.		N	Mittelwert	Std.Abw.
Ebbphase ges.	187	325,5	905,14	Niedrigwasser ges	140	131,2	551,276
April-3	18	0,0	0,0	April-3	14	0,0	0,0
April-4	19	0,0	0,0	April-4	14	0,0	0,0
Mai-1	19	21,3	51,6	Mai-1	14	0,6	1,6
Mai-2	19	584,5	1178,5	Mai-2	14	171,1	420,7
Mai-2-1	19	252,3	636,4	Mai-2-1	14	75,8	117,1
Mai-3	18	1293,0	2111,4	Mai-3	14	390,7	893,8
Mai-3-1	19	265,6	286,7	Mai-3-1	14	638,0	1342,7
Mai-4	19	559,3	769,9	Mai-4	14	19,0	30,6
Jun-1	18	291,7	556,9	Jun-1	14	10,6	12,7
Jun-2	19	19,6	38,6	Jun-2	14	5,8	16,8
Flutphase ges.	139	202,2	576,1	Hochwasser ges	141	429,7	1396,1
April-3	14	0,0	0,0	April-3	15	0,0	0,0
April-4	14	0,2	0,6	April-4	14	0,0	0,0
Mai-1	14	180,3	260,7	Mai-1	14	1055,0	997,5
Mai-2	14	81,9	148,0	Mai-2	14	589,1	1231,2
Mai-2-1	14	483,6	750,4	Mai-2-1	14	181,9	200,9
Mai-3	13	771,1	1372,7	Mai-3	14	1312,1	3307,1
Mai-3-1	14	51,7	73,3	Mai-3-1	14	906,4	2221,2
Mai-4	14	403,1	684,2	Mai-4	14	141,6	222,7
Jun-1	14	84,2	140,0	Jun-1	14	117,7	367,7
Jun-2	14	6,8	10,5	Jun-2	14	23,8	52,8

5.2.2.2 Räumliche Verteilung

Quer

Um ein räumliches Verteilungsmuster der Larven im Flussquerschnitt zu identifizieren, wurden alle Hols im Bereich des Quertransekts bei km 643 gruppiert nach QT-Stationen (1 – 5) ausgewertet. Die bei km 640 befindlichen Stationen (QT 6 & 7) wurden ebenfalls in die Betrachtung einbezogen, diese Daten sind auf dieser Betrachtungsebene allerdings getrennt dargestellt. Es sei dabei angemerkt, dass diese räumliche Betrachtungsebene zwangsläufig andere Betrachtungsebenen (saisonal, Tidephase, Tiefenzonierungen) integriert.

Die Ergebnisse zeigen, dass die räumliche Verteilung der Fintenlarven im Flussquerschnitt nicht homogen war (Abb. 25, Abb. 26). In der Hahnöfer Nebeneibe (QT 5) konnte die im Vergleich höchste Anzahl in 2011 festgestellt werden. Hier lagen die mittleren Larvenzahlen bei 1.000 Ind.*100 m³; wobei diese Station durch eine insgesamt sehr hohe zeitliche Variabilität der Larvendichte gekennzeichnet war (vgl. 95%-Vertrauensintervall, s. Abb. 25). Die geringste Larvendichte innerhalb des Quertransekts wurde mit durchschnittlich ca. 140 Ind.*100 m³ im ufernäheren nördlichen Elbebereich (QT 1) erfasst. Die Stationen „Mitte“ (süd-nord, süd-mitte) sowie „Süd“ wiesen im internen Vergleich nur geringe Unterschiede zwischen 265 – 350 Ind.*100 m³ auf. Insgesamt deutet sich auf der hier gewählten Betrachtungsebene ein aufsteigender Quergradient der Larven von Nord nach Süd an. Nach H-Test (Kruskal Wallice) sind die Ergebnisse insgesamt signifikant, wobei im Einzelnen das Ergebnis QT 1 (nord) < QT 5 (HN) nach Fisher LSD -Test signifikant ist (p

= 0.027). Aufgrund der hohen Variabilität sind die übrigen Unterschiede statistisch nicht signifikant.

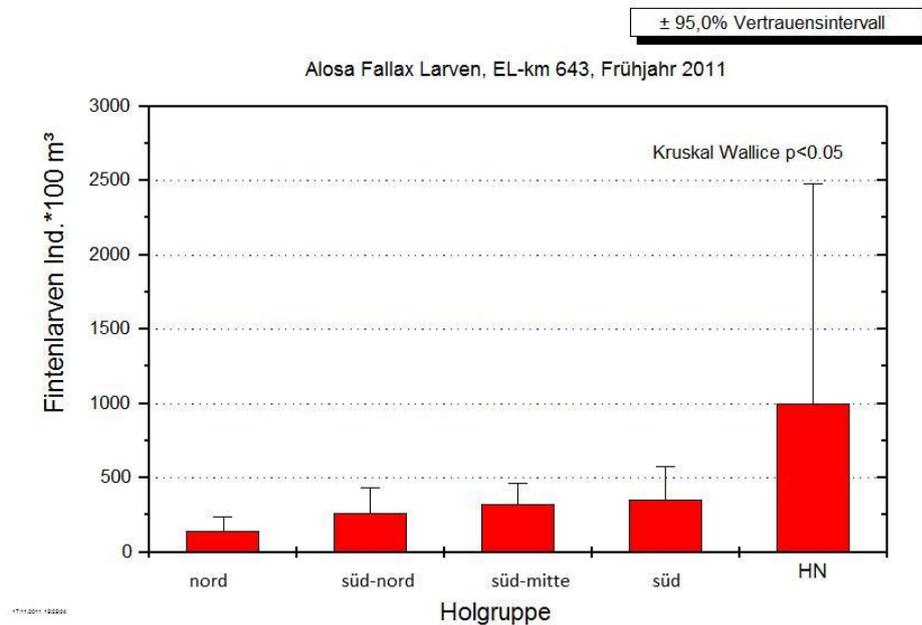


Abb. 25: Mittlere Fintlarvenanzahl entlang des Quertransektes bei km 643 im Zeitraum 21.4. – 8.6.2011 in der Tideelbe. Nord = Station QT1; süd-nord = QT 2; süd-mitte = QT 3; süd = QT 4; HN = QT 5 Hahnöfer Nebelbe.

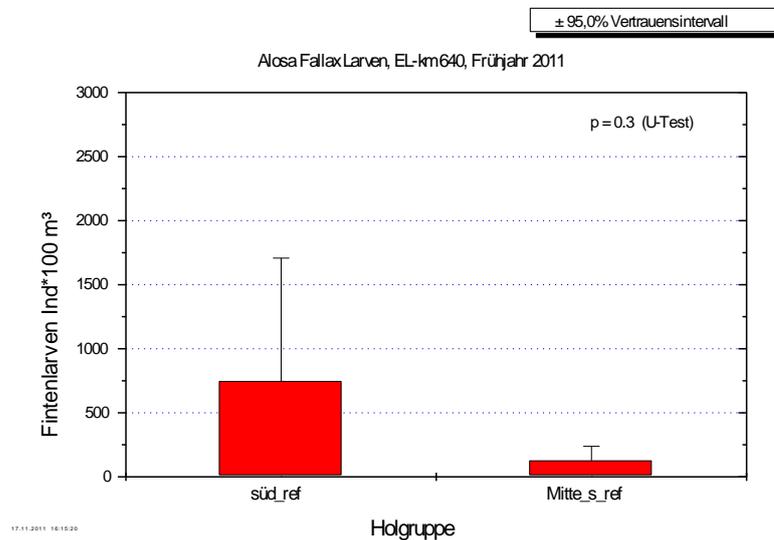


Abb. 26: Mittlere Fintlarvenanzahl entlang des Quertransektes bei km 640 im Zeitraum 21.4. – 8.6.2011 in der Tideelbe. Süd_ref= QT 6; Mitte_s_ref = QT 7.

Abb. 26 zeigt die Ergebnisse für die Stationen bei km 640. Im ufernäheren Bereich QT 6 lag die mittlere Larvenzahl mit ca. 750 Ind.*100 m³ höher als im Bereich der Stromelbe bei km 643, aber noch unter der Anzahl, die in der Hahnöfer Nebelbe erfasst wurde (s.o.). An Station QT 7 (km 640) die weiter in Richtung Strommitte positioniert war, wurden im Untersuchungszeitraum durch-

schnittlich 126 Ind.*100 m³ erfasst. Die Unterschiede zwischen QT 6 & QT 7 waren aufgrund der hohen Variabilität, insbesondere bei QT 6, nicht signifikant (parameterfreier U-Test, $p = 0.358$).

Aufgrund der insgesamt hohen Variabilität, die u.a. auch durch die saisonale Abundanzdynamik (s.o.) hervorgerufen wird, sind die oben dargestellten Unterschiede auf der Grundlage eines statistischen Gesamtvergleichs aller Stationen bei km 643 & km 640 (QT 1 – QT 7) nicht signifikant (ANOVA $p = 0.36$; Tab. 14). Im bilateralen Vergleich unterscheiden sich die Stationswerte von QT 1 vs. QT 7 signifikant (Fisher LSD Test $p = 0.02$), alle übrigen Stationsvergleiche ergaben keine signifikanten Unterschiede (Tab. 14).

Tab. 14: Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der mittleren Stationsdaten (Fintenlarven) bei km 643/640 für den Zeitraum 21.4. – 8.6.2011. Quertransekt bei km 643: QT 1 – QT 5 und bei km 640: QT 6 & 7. Rot: signifikant unterschiedliche Larvenanzahlen.

ANOVA $p = 0.36$ post hoc Fisher LSD	nord_QT 1	Mitte-n_QT 2	Mitte-s_QT 3	süd_QT 4	HN_QT 5	süd_ref_QT 6	Mitte_s_ref_QT 7
Mittelwert Ind.*100 m ³	141,1	265,6	322,6	351,1	996,9	746,3	126,8
nord_QT 1							
Mitte-n_QT 2	0,711						
Mitte-s_QT 3	0,591	0,87					
süd_QT 4	0,53	0,80	0,933				
HN_QT 5	0,02	0,052	0,07	0,09			
süd_ref_QT 6	0,34	0,45	0,50	0,53	0,70		
Mitte_s_ref_QT 7	0,98	0,80	0,72	0,68	0,12	0,41	

Gründe für die z.T. unterschiedlichen Verteilungen entlang des Quertransektes sind nicht unmittelbar ersichtlich. Die festgestellte räumliche Verteilung der Larven im Flussquerschnitt könnte u.a. auf den Faktoren „aktiver Ortswechsel“ (spätere Entwicklungsstadien) und „Strömungsbedingungen“ zurückzuführen sein. Letzteres gilt v.a. für sehr frühe Entwicklungsstadien der Larven, die unter den gegebenen hohen Strömungsgeschwindigkeiten (bis zu >1 m/s; s. Kap. 5.1) zu zielgerichteten Ortwechseln noch kaum in der Lage sein werden.

Vertikal

Um Hinweise auf mögliche systematische Muster in der vertikalen Verteilung der Fintenlarven zu erhalten, wurden die Daten nach der vertikalen Hol-Position zusammengefasst und verglichen. Dabei beziehen sich die oberflächennahen Hols immer auf eine Wassertiefe von 1,5 m. Die absoluten Tiefen der Vertikalpositionen „Mitte“ und „unten“ variierten dabei mit der Position einer Quertransektstation sowie mit der Tidephase.

Vor diesem Hintergrund zeigen die Ergebnisse erkennbare vertikale Unterschiede. Anders als bei den Finteneiern wurde für die Fintenlarven ein ausgeprägtes Abundanzmaximum in der oberen Wassersäule dokumentiert (im Gesamtmittel 688 Ind.* 100 m³). Die in der Wassersäulenmitte und sohl nah erfassten Larvendichten (124 Ind.*100 m³; 255 Ind.*100 m³) waren um mehr als Faktor 5 bzw. um die Hälfte geringer als die oberflächennahen Larvendichten (Abb. 27, Tab. 15).

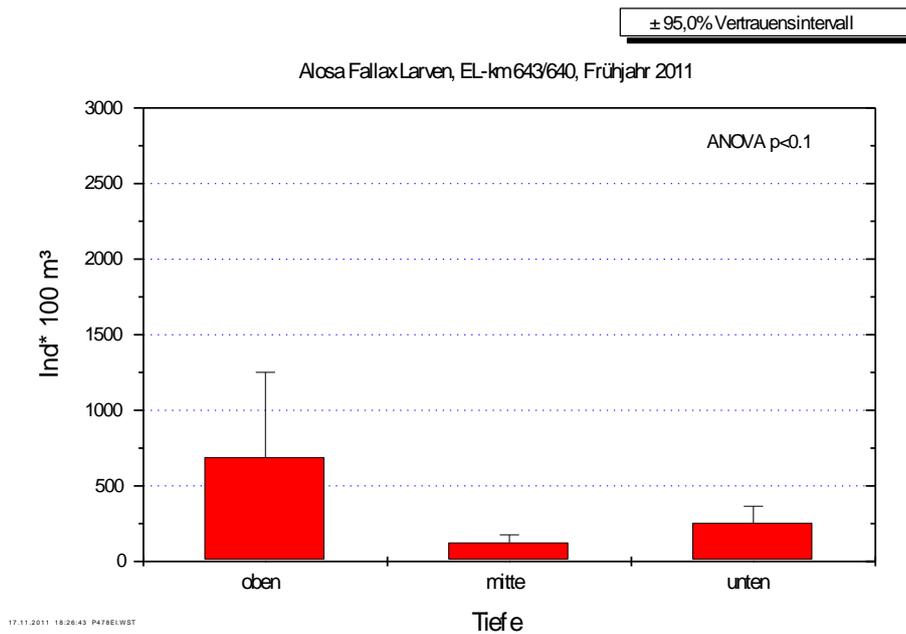


Abb. 27: Mittlere Fintenlarvenanzahl in verschiedenen Tiefenzonen im Bereich von km 643/640 im Zeitraum vom 21.4. – 8.6.2011 in der Tideelbe.

Die in 2011 festgestellten vertikalen Unterschiede der Verteilung der Fintenlarven sind statistisch schwach signifikant. Die in der Mitte der Wassersäule ermittelte Larvenzahl ist im Vergleich zu den oberflächennahen Befunden signifikant geringer (Fisher LSD Test, $p = 0.03$; Tab. 15).

ANOVA $p = 0.07$ post hoc Fisher LSD	oben	mitte	unten
Mittelwert Ind.*100 m ³	688,7	124,4	255,20
oben			
mitte	0,03		
unten	0,08	0,623	

Tab. 15: Ergebnisse der ANOVA (post hoc Fisher LSD Test) auf der Grundlage der vertikal differenzierten Daten (Fintenlarven) km 643/640. Rot: signifikant unterschiedliche Larvenanzahlen.

5.2.3 Synoptische Betrachtung der Quertransektbefunde

Auf der Grundlage der zeitlich und kleinräumig hochauflösenden Quertransekt-Daten wurde versucht mittels einer modellhaften Betrachtung die Verteilung der Finteneier und –larven für einen größeren Elbabschnitt um das Quertransekt bei km 643/640 zu berechnen. Ziel ist es über „punktuellen“ Quertransekt Daten Hinweise auf die Bedeutung des Elbabschnitts auch ober- und unterhalb von km 643 abzuleiten.

Die hier durchgeführte exemplarische Analyse umfasst die Daten der Untersuchungskampagne vom 6.5.2011. Des Weiteren wurde für die räumliche Projektion der biologischen Daten, die jeweilige Tidephase in der die Beprobung stattfand berücksichtigt. Dafür waren vereinfachte Annahmen u.a. zum Ebb- und Fluttideweg erforderlich. Für die Analyse wurden die Fangdaten je Quertran-

sektstation über die Tiefe gemittelt. Die der exemplarischen Modellierung zugrunde liegenden Annahmen sind Abb. 28 zu entnehmen.

Ebbstrom 2,6 km * h Flutstrom 3 km * h
 Dauer Ebbe 6,5 h – 7 h
 Dauer Flut 5,5 h
 Pegel St.Pauli bezogen auf Lühort HW –35 min/ NW –47 min
 Tideweg 15 – 20 km
Hypothetische Annahme: km 643 Mittelpunkt eines angenommen Tideweges von ca. 18 km
 Rückberechnung Herkunft eines Partikels (hier Eier oder Vorlarven):
Zeitspanne (Ebbphase) = Hochwasserzeitpunkt – n = Beprobungszeitpunkt
Zeitspanne (Flutphase) = Niedrigwasserzeitpunkt + n = Beprobungszeitpunkt
 $N_{\text{Zeitspanne}} * km * h = \text{Entfernung von km 643} = \text{angenommener Herkunftsort}$

Abb. 28: Übersicht über Annahmen für eine exemplarische modellhafte Projektion der Quertransektaten bei km 643/640 vom 6.5.2011 auf einen größeren Elbabschnitt.

Nach der Umrechnung der Daten anhand der Tidewege sind die rechnerisch ermittelten Koordinaten in eine schematische Karte der Elbe übertragen worden. Dabei wurden die einzelnen Messpunkte (hier Daten der QT-Stationen) anhand ihrer Lage zur Mittellinie der Fahrrinne entsprechend neu positioniert. Anschließend wurden die Ei- bzw. Larvendichten der Finte aus den Dichten an den einzelnen Probenahmestellen mit einem Triangulations-Verfahren linear interpoliert (verwendete Software: SURFER).

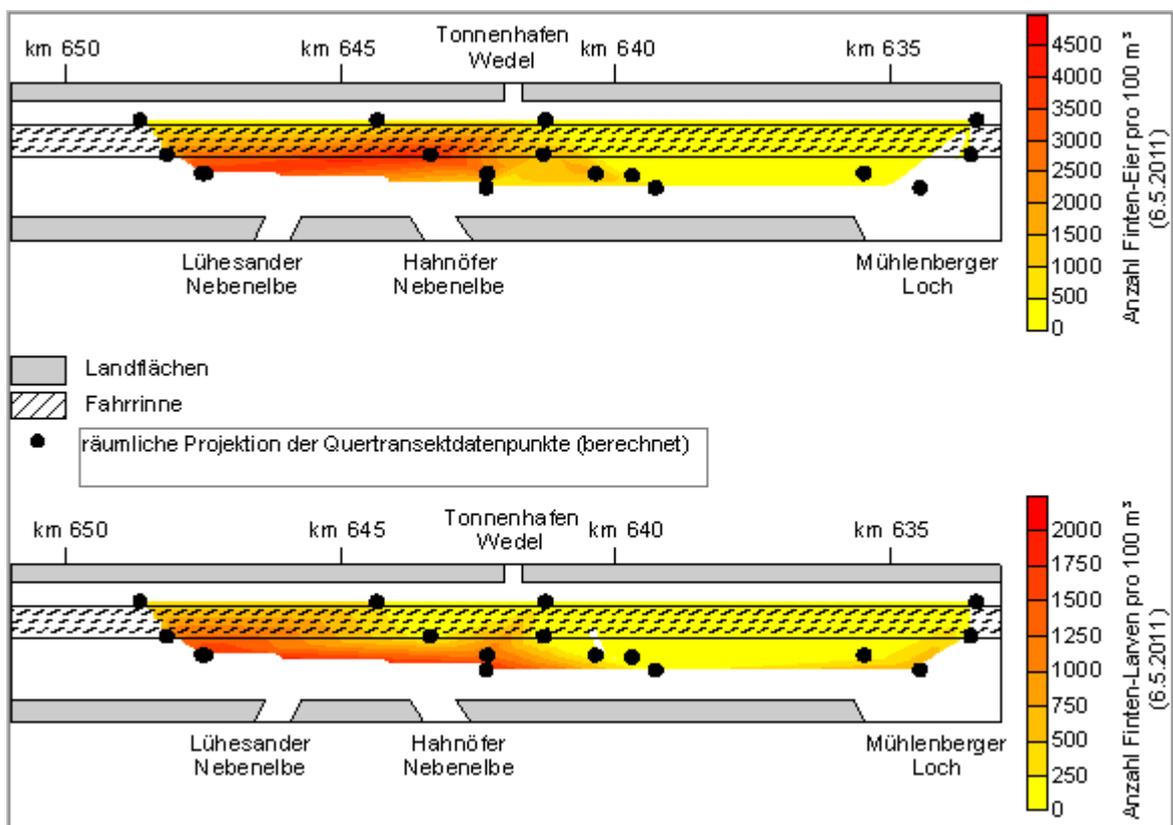


Abb. 29: Ergebnis der exemplarischen Modellierung zur räumlichen Projektion der Quertransektaten. Daten vom 6.5.2011 (km 643/640). Unterhalb km 650 und oberhalb km 630 keine Angaben mehr möglich.

Abb. 29 zeigt das Ergebnis des modellhaften Ansatzes zur Ermittlung der Abundanzverteilung der Finteneier und -larven für den Abschnitt der Tideelbe von km 630 bis ca. km 645/650 auf der Grundlage der Daten vom 6.5.2011 (km 643/640). Aus den Ergebnissen lassen sich folgende Hinweise ableiten:

- Um km 643 konnten die höchsten Anzahlen (Finteneier und Larven) erfasst werden.
- Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass v.a. weiter stromab zu diesem Untersuchungszeitpunkt ähnlich hohe Anzahlen zu erwarten waren.
- Für den Abschnitt von unterhalb von km 640 waren dagegen deutlich geringere Anzahlen anzunehmen.

Dies deutet für 2011 darauf hin, dass die umfangreichsten Laichaktivitäten um den Bereich km 640 – km 650(+) erfolgt sind. Diese Annahme wird auch dadurch unterstützt, dass am 6.5. 2011 bei km 643/640 mehr als 95% der erfassten Eier frühen Entwicklungsstadien zugeordnet wurden (Tab. 10, die aufgrund ihres Alters noch keinem wesentlich Nettostromabtransport unterlagen. Nach der modellhaften Darstellung wäre im Bereich um km 645 - 650 eine Finteneidichte im Mittel um $>2.000 \text{ Ind.} \cdot \text{m}^3$ und Larvenanzahlen um $>750 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$ zu erwarten. Im Abschnitt bei km 635 wären demnach nur sehr geringe Werte zu erwarten (Abb. 29, gelbe Farbtöne). Zur weiteren Plausibilitätsprüfung wurden, so weit möglich, Ergebnisse der Längstransektstationen (km 630, km 640, km 650) mit den „Modellergebnissen“ verglichen (Tab. 16). Hierzu sind LT-Untersuchungen (4.5/5.5.2011, s.a. folgendes Kap. 5.3) herangezogen worden, die zeitnah zur Quertransektuntersuchung bei km 643 (6.5.2011) durchgeführt wurden.

Der stichprobenhafte Vergleich zeigt, dass die tatsächlichen Fangergebnisse aus der Längstransektuntersuchung mit den Modellergebnissen, die auf den Quertransektdaten basieren in etwa der gleichen Größenordnung liegen. Dieser exemplarische Befund gibt einen Hinweis darauf, dass „punktuellen“ Daten (hier Quertransekt), die zeitlich und kleinräumig hoch aufgelöst sind, über einen modellhaften Ansatz u.U. auch großräumigere Informationen liefern können.

Tab. 16: Vergleich „Modellergebnisse“ basierend auf Quertransekt Daten vom 6.5.2011 mit Daten aus den Längstransekteruntersuchungen (4.5./5.5.2011) für den Abschnitt um km 630, km 640 und km 650. LT = Längstransekt.

Elbe - km	+/- 630	*/- 640	*/- 650
Finteneiedichte Ind.*100 m ³ LT-Daten vom 4.5./5.5.2011 - Mittelwert	<5	>50	>3.000
Finteneiedichte Ind.*100 m ³ nach Modell aus QT-Daten bei km 643/640 vom 6.5.2011 - Mittelwert (geschätzt)	<10	<100	>2.000
Fintenlarven Ind.*100 m ³ LT-Daten vom 4.5./5.5.2011 - Mittelwert	0	>50	>230
Fintenlarven Ind.*100 m ³ nach Modell aus QT-Daten bei km 643/640 vom 6.5.2011 Mittelwert (geschätzt)	<100	<100	>750

5.3 Untersuchung Längstransekt

Ergänzend zur Hauptuntersuchung bei km 643/640 erfolgte an drei Terminen eine orientierende Untersuchung entlang des Salinitätsgradienten von km 630 (Süßwasserabschnitt unterhalb Hamburg) bis km 680 Glückstadt (meso-oligohalin). In diese als Längstransekt bezeichnete Untersuchung wurden auch die Nebelbeben (Lühesand, Pagensand, Schwarztonnensand sowie Glückstädter Nebelbebe einbezogen. Die Untersuchung wurde Anfang Mai (4.5./5.5.), Mitte Mai (19.5.) und Anfang Juni (2.6.) durchgeführt. Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf

- ein raum-zeitliches Vorkommen von Fintenlaichprodukten im Längsschnitt und
- die kleinräumige Verteilung (Stromseite „Nord“ vs. Stromseite „Süd“; Nebelbeben Bereiche „stromauf“ vs. „stromab“).

Hinweis: Analog zur Bearbeitung des Quertransekt Datensatzes erfolgte auch für die Längstransekterdaten zunächst eine Vorprüfung der auf Ind*100 m³ standardisierten Daten auf mögliche Ausreißer (Ausreißertest). Mögliche Fehlerquellen wären hier eine fehlerhafte Bestimmung des durchfilterten Wasservolumens oder u.U. auch ein unterprobenbedingter Umrechnungsfehler. Tab. 17 zeigt eine Übersicht über solche auffälligen Werte. Aus einem Vergleich mit den durchfilterten Wasservolumina aus den jeweiligen Parallelproben einer Messstelle ließen sich Hinweise auf eine u.U. fehlerhafte Wasservoluminabestimmung ableiten. Letzteres war mit hoher Wahrscheinlichkeit am 4.5. an km 670 (Nord; Hol „unten“) sowie am 4.5. an der Messstelle Glückstädter Nebelbebe

der Fall. Hier differierte das berechnete Wasservolumen um den Faktor 15 bzw. 6 gegenüber den an diesen Messstellen zur gleichen Zeit entnommenen Parallelproben (oberflächennah). Aus diesem Grund erschien es sinnvoll, die Ergebnisse (Abundanz Larven) dieser Hols unberücksichtigt zu lassen (Tab. 17). Die Abundanzwerte der Finteneier ($0 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$) wurden dagegen nicht aus dem Datensatz ausgeschlossen, da „Nullwerte“ nicht durch einen möglichen Fehler bei der Volumenberechnung beeinflusst werden. Die als mögliche Ausreißer detektierten Werte vom 5.5.2011 bei km 650 Süd (Tab. 17), wurden nicht aus dem Datensatz ausgeschlossen, da kein Hinweis auf eine mögliche Fehlfunktion des Strömungsmessers vorlag. Zu dem ist zu berücksichtigen, dass die betreffenden - bei km 650 in kurzem Zeitabstand - entnommenen Hols gleichsinnig durch hohe Anzahlen gekennzeichnet waren.

Tab. 17: Übersicht über auffällige Werte, als „Ausreißer“ detektierte Werte. $N \cdot \text{sigma}$ = n-faches der Standardabweichung. Nachrichtlich: Orientierungswerte nach Anpassung an ein plausibles durchfiltertes Wasservolumen auf der Grundlage der Messwerte der Parallelproben. Werte im Rahmen der Auswertung nicht berücksichtigt.

Variable: Fintenlarven $\text{Ind} \cdot 100 \text{ m}^3$							
Fall	Datum	Ort	Vertikal	$\text{Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$	$n \cdot \text{Sigma}$	P	Hinweis auf Fehler Volumenberechnung
20	4.5.	km 670 N	unten	32214,3	13,18	0,0000	ja
50	4.5.	Glückstädter NE	unten	4170,0	-	-	ja
Variable: Finteneier $\text{Ind} \cdot 100 \text{ m}^3$							
20	4.5.	km 670 N	unten	0,0	-	-	s.o.
50	4.5.	Glückstädter NE	unten	0,0	-	-	s.o.
34	5.5.	km 650 S	unten_H1	6480,7	4,8	0,0002	nein
36	5.5.	km 650 S	unten_H2	16095,6	12,2	0,0000	nein

Abb. 30 zeigt die aufsteigend angeordneten Abundanzdaten (Finteneier und -larven). Es wird ersichtlich, dass ca. 50 % (Finteneier) bzw. 23 % (Fintenlarven) der Hols $< 10 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$. 90 % bzw. 60 % der Hols wiesen Ei- oder Larven Dichten $< 100 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$ auf. Etwa 5 % (Finteneier) bzw. 10 % (Fintenlarven) der Messwerte erreichten Werte $> 1.000 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$. Deutlich wird die singuläre Stellung der oben dargestellten sehr hoher Abundanzdaten.

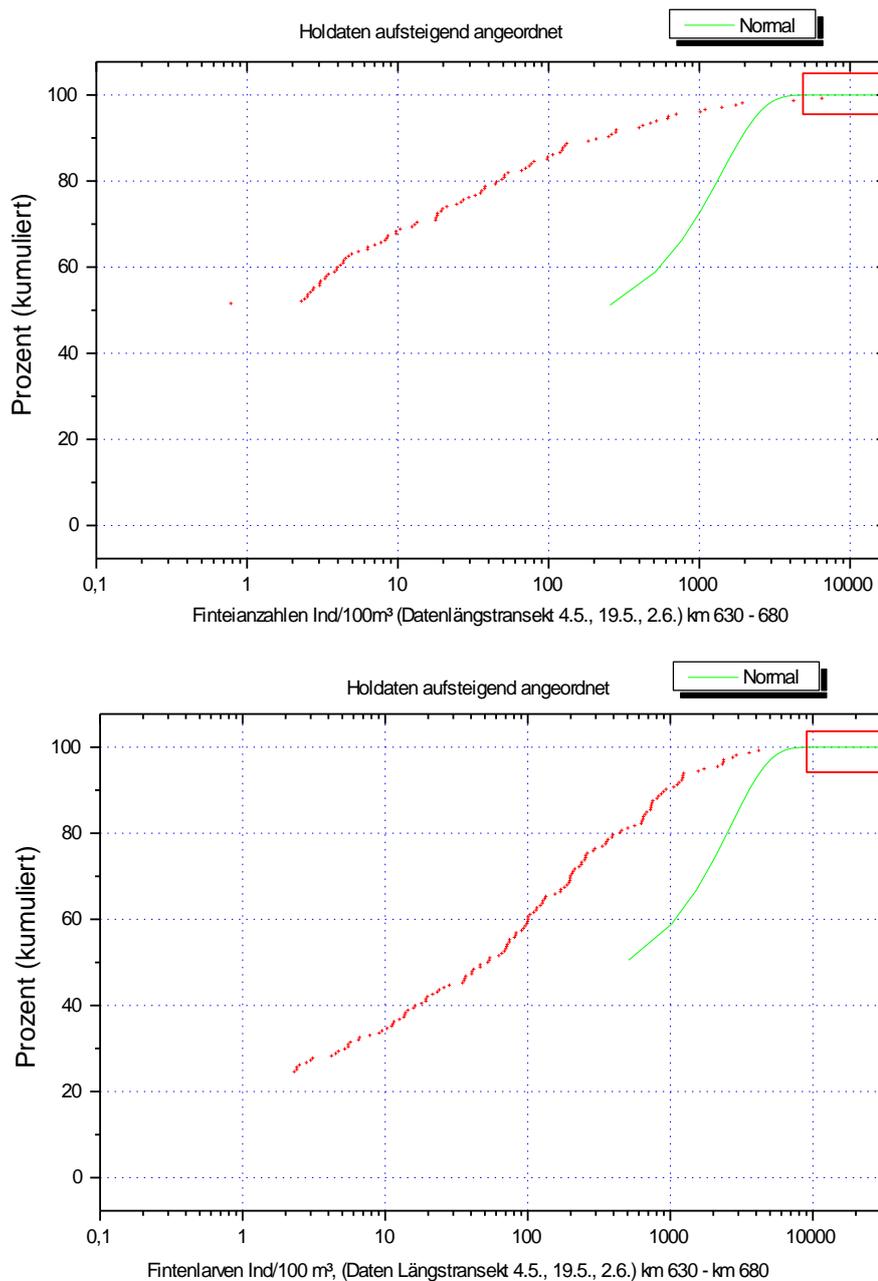


Abb. 30: Ei- und Larvendichten aufsteigend angeordnet, Datengrundlage Längstransektuntersuchung km 630 – km 680. Rot Rahmen: als Ausreißer detektierte Einzelwerte.

5.3.1 Finteneier

Die Ergebnisse zeigen, dass im gesamten Untersuchungsbereich von km 630 – km 680 Finteneier erfasst werden konnten, dabei zeigen sich im Längsverlauf der Elbe z.T. deutliche Abundanzunterschiede. Auf der in Abb. 33 gewählten Betrachtungsebene (ungemittelte Holdaten) wird eine stationsintern hohe Variabilität erkennbar. Diese resultiert zum einen aus der saisonalen und einer kleinräumigen Variabilität, da die Strom-km bezogenen Daten sowohl den Untersuchungszeitraum

als auch die Stromseiten (Nord, Süd) und 2 Tiefenzonen (oberflächennah, bodennah) integrieren. Trotz dieser Variabilitätsfaktoren ist ein räumliches Verteilungsmuster erkennbar. So wurden im Bereich von km 645 – 660 die höchsten Eidichten erfasst. Nur in diesem Abschnitt wurden die meisten Einzelwerte mit deutlich >500 Ind.* 100 m^3 erfasst; die mittlere Eidichte lag hier bei 482 Ind.* 100 m^3 . Deutliche Minima wurden bei km 630 (im Mittel <1 Ind.* 100 m^3) und km 680 (im Mittel $1,4$ Ind.* 100 m^3) verzeichnet. Insbesondere die Untersuchungsstationen bei km 650 (<1.000 Ind.* 100 m^3) unterscheiden sich, mit Ausnahme von km 645 (983 Ind.* 100 m^3), durch signifikant höher Eidichten von allen übrigen Stationen (ANOVA, Fisher LSD Test, $p = 0.017$). Der über die Längstransectuntersuchung festgestellte Vorkommensschwerpunkt unterhalb von km 640 – etwa 660 ist gleichsinnig zu den Quertransectbefunden bei km 643 (s. Kap. synoptische Betrachtung).

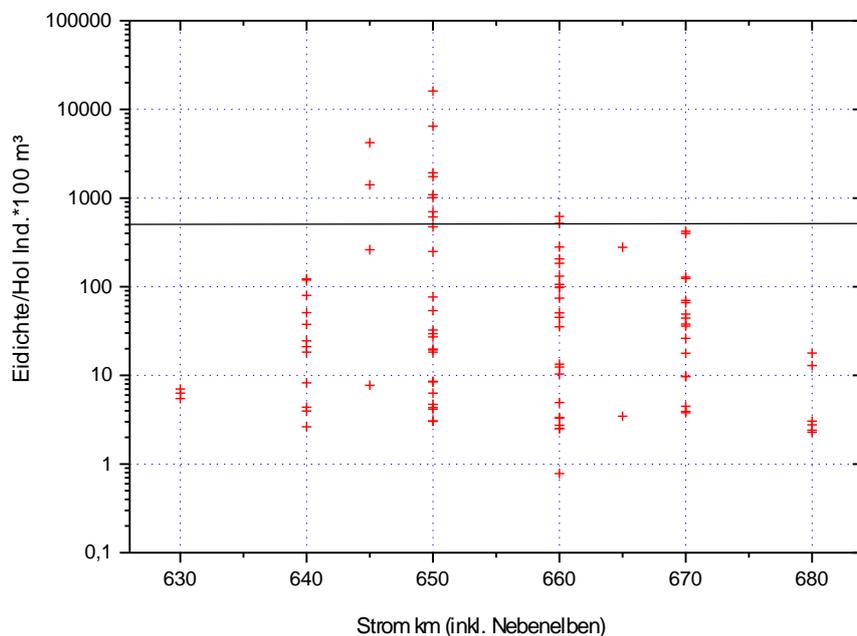


Abb. 31: Finteneidichten (Ind.* 100 m^3 auf Holebene) im Längsverlauf der Tideelbe. Die Punkte veranschaulichen die Variabilität über die Zeit (4.5., 19.5., 2.6.2011) sowie auch kleinräumig (Stromseite, Tiefenzonen).

Wie bereits oben angemerkt, spiegeln die Holdaten verschiedene Variabilitätsfaktoren wider. Die Daten sind wie folgt gruppiert und ausgewertet worden, um die zeitliche und kleinräumige Variabilität zu veranschaulichen:

- Daten gruppiert nach Untersuchungszeitpunkt (Abb. 32, Bild 1): Finteneier wurden in signifikant höheren Anzahlen in der 1. Maiwoche (18 KW) nachgewiesen (ANOVA, Fisher LSD Test, $p < 0.05$). Im Mittel lagen die Anzahlen zu diesem Zeitpunkt bei etwa 600 Ind.* 100 m^3 . Bereits in der 20. KW (3. Maiwoche) und insbesondere in der 22. KW (1. Juniwoche) konnten nur noch vergleichsweise geringe Anzahlen erfasst werden. Dieses Ergebnis entspricht weitgehend auch dem Befund der Quertransectuntersuchung bei km 643/640 und eines zu erwartenden saisonalen Entwicklungsmusters.

- Daten gruppiert nach Stromseite (Abb. 32, Bild 2): An jeder Station des Längstransektiv erfolgte eine Beprobung der nördlichen sowie der südlichen Stromseite. Diese Betrachtung umfasst auch die Daten aus den Nebelbeben, deren Daten jeweils der nördlichen oder südlichen Seite zugeordnet wurden. Die Ergebnisse veranschaulichen ausgeprägte Unterschiede, insofern als insgesamt im Bereich der südlichen Stromseite höhere Eidichten erfasst wurden als auf der nördlichen Seite. Die Ergebnisse sind trotz der hohen Variabilität (Faktoren s.o.) statistisch signifikant (parameterfreier U-Test $p < 0.05$). Die Gründe für ein solches Ergebnis lassen sich im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht identifizieren. Denkbar wären hydrografische Faktoren (Strömungsverhältnisse), z.B. Akkumulation der freischwebenden Eier im Bereich stärker ausgeprägter Strömungen („Prallhangcharakter“).
- Daten gruppiert nach Tiefenzone (Abb. 32, Bild 3): Im Rahmen der Längstransektivuntersuchung wurden an jeder Station 2 Tiefenzonen (oberflächennah, sohl nah) beprobt. Die Daten zeigen analog zu den Quertransektivdaten bei km 643/640 einen deutlichen vertikalen Gradienten mit höheren Eidichten in der oberen Wassersäule (im Mittel $> 350 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$) und wesentlich geringen Anzahlen ($69 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$) in der unteren Wassersäule. Diese Unterschiede sind statistisch signifikant (parameterfreier U-Test $p < 0.01$).
- Nebelbeben, Daten gruppiert nach Position der Messstellen (Abb. 32, Bild 4): Die Ergebnisse deuten auf räumliche Unterschiede in den Nebelbeben hin. So wurden unabhängig von der Lage der Nebelbebe in 2011 ganz überwiegend höhere Eidichten im stromauf befindlichen Bereich und geringere an den Stationen die im stromabliegenden Bereich der Nebelbeben liegen festgestellt. Diese Unterschiede sind statistisch signifikant (parameterfreier U-Test $p < 0.01$). Denkbarer Grund für dieses Ergebnis wäre auch ein Zusammenhang mit jeweils unterschiedlichen hydrografischen Bedingungen.

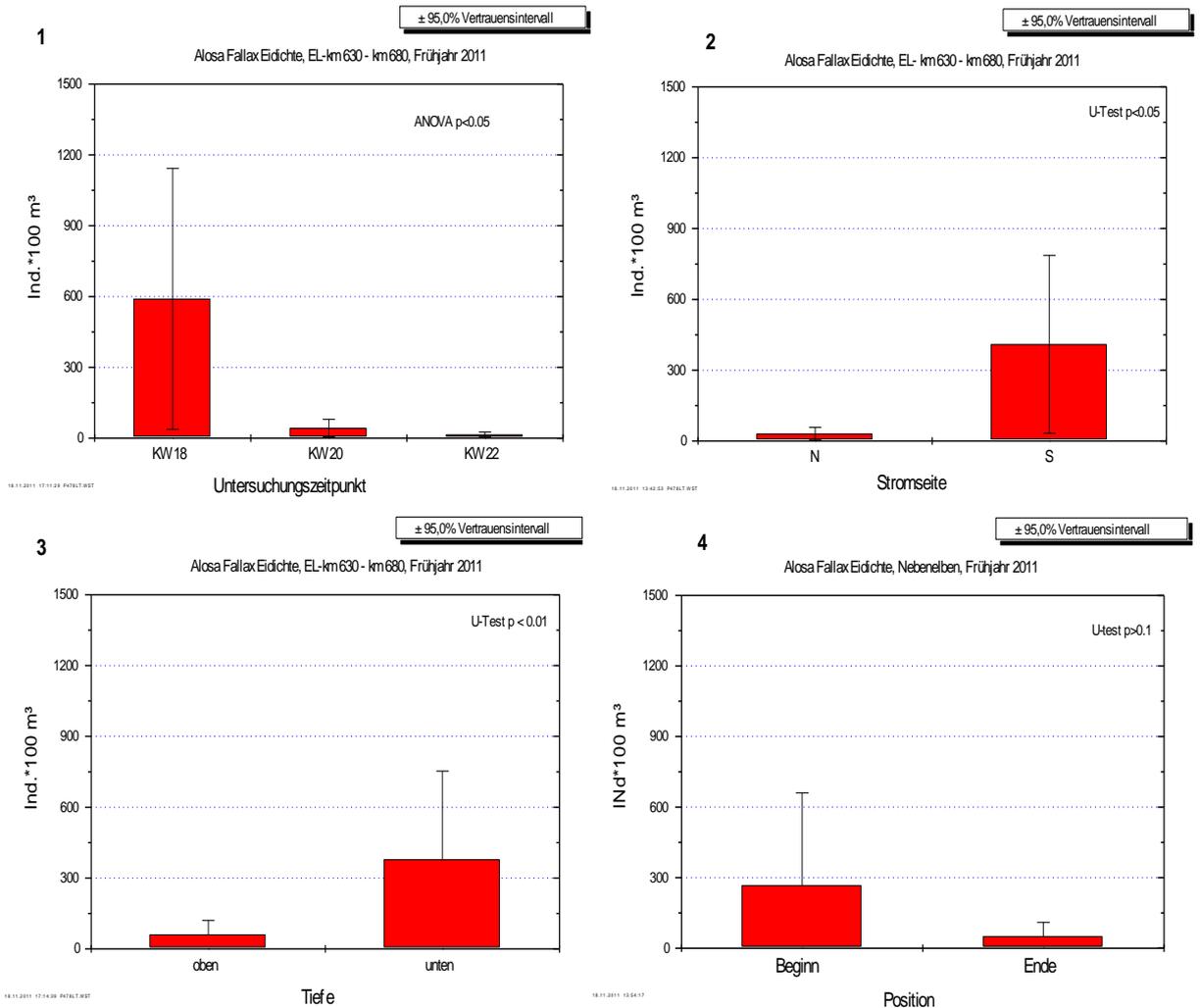
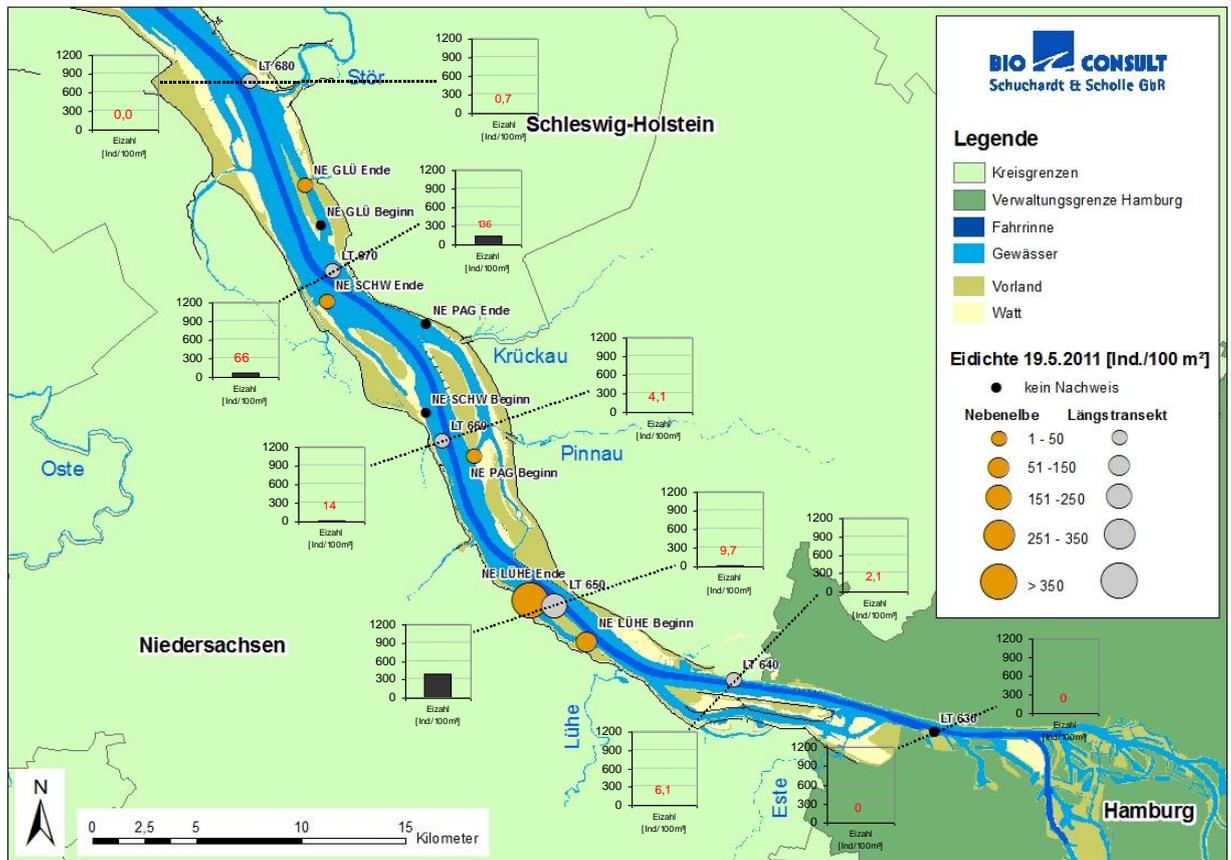
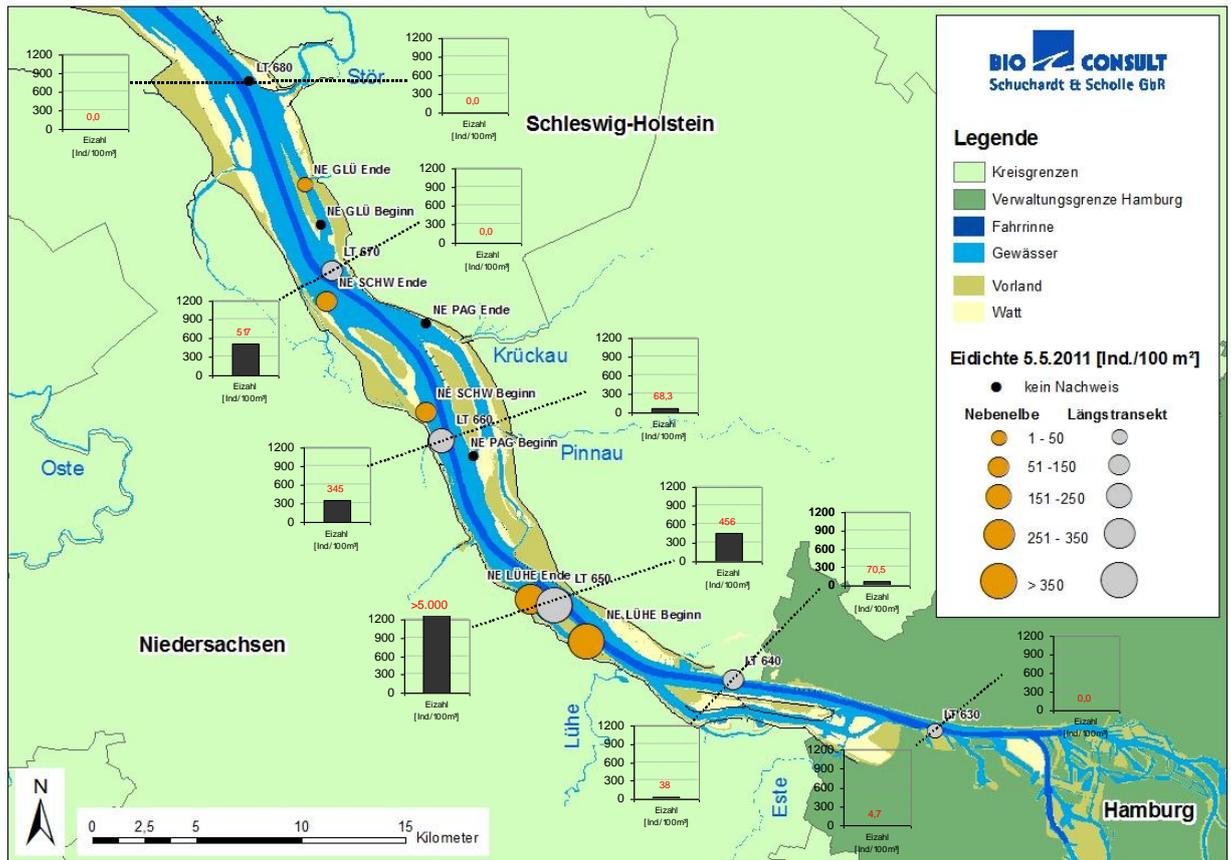


Abb. 32: Zeitlich und kleinräumige Variabilität der Finteneidichte in der Tideelbe im Bereich von km 630 – km 680. Bilder 1 – 3 Daten aus Stromelbe und Nebeneiben zusammengefasst: Bild 4 nur Daten aus den untersuchten Nebeneiben (Lühesander NE, Pagensander NE, Schwarztonnensand, Glückstädter NE). Messstelle „Beginn“ = Position im stromaufliegenden Abschnitt; Messstelle „Ende“ = Position stromabliegender Abschnitt.

Abb. 33 zeigt eine zusammenfassende Übersicht über Eidichten an den Längstransektstationen (LT km 630 – km 680) und in den Nebeneiben, differenziert nach Untersuchungstermin in 2011. Die für die Stromelbe dargestellten Ergebnisse differenzieren dabei nicht zwischen der Stromseite, die jeweiligen Abundanzkategorien reflektieren den Mittelwert aus Nord- und Südseite.



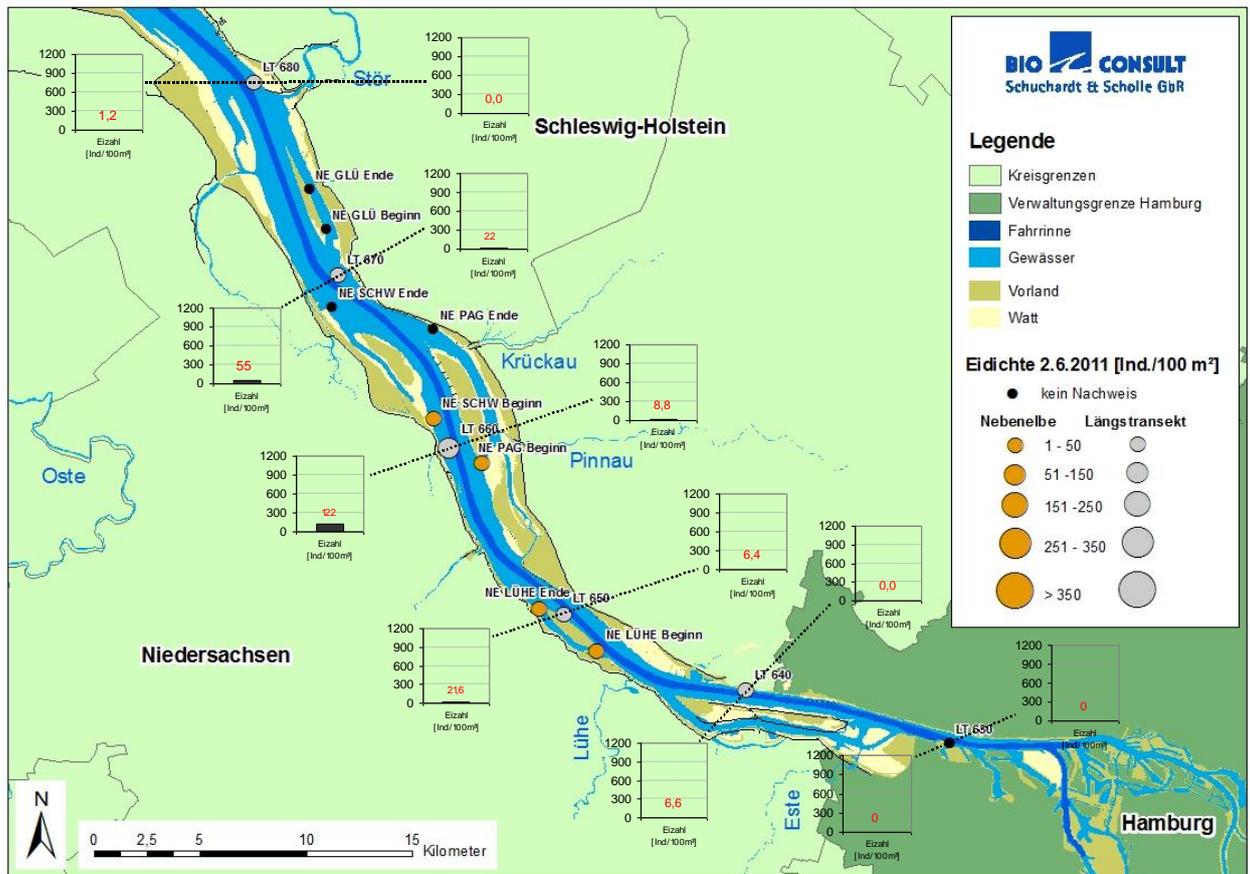
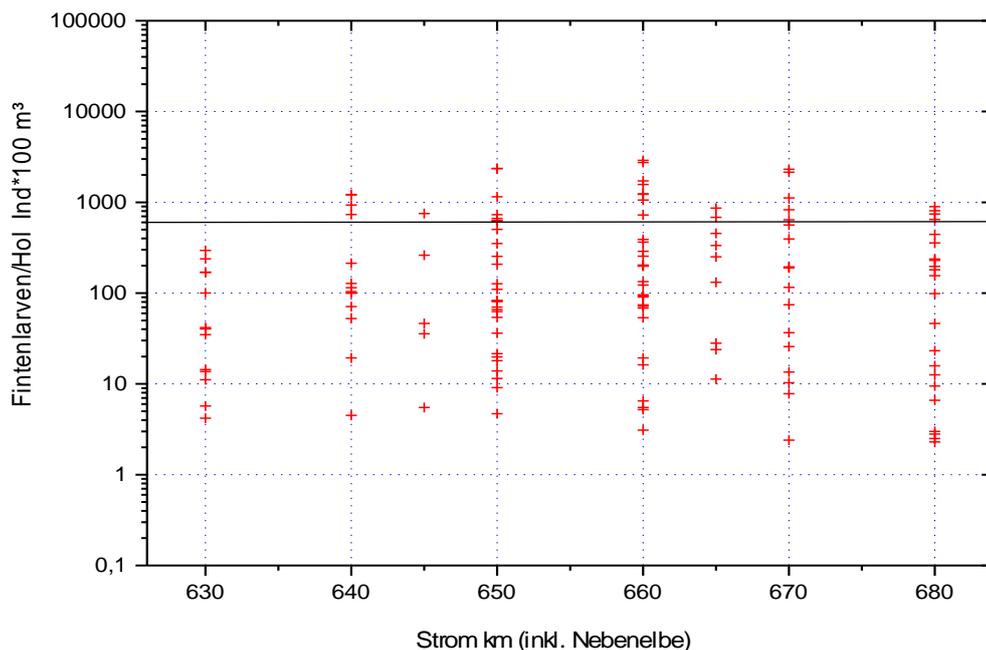


Abb. 33: Finteneidichte im Bereich der Stromelbe von km 630 – km 680 (Messstellen mit LT bezeichnet) und in den Nebeneiben (NE) Lühesander NE, Pagensander NE, Schwarztonnsand (SchwtS) sowie Glückstädter NE zu verschiedenen Zeitpunkten während der Reproduktionszeit (4.5.- Bild oben, 19.5. - Mitte, und 2.6.2011 - unten). *Beachte: LT-Daten (Säulenabbildungen) sind hier zusätzlich nach nördlicher und südlicher Stromseite (Nord = linke Stromseite, Süd = rechte Stromseite) differenziert; der dargestellte Mittelwert basiert jeweils auf 4 Hols auf der nördlichen sowie 4 Hols auf der südlichen Stromseite.*

5.3.2 Fintenlarven

Die Ergebnisse zeigen, dass im gesamten Untersuchungsbereich von km 630 – km 680 Fintenlarven erfasst werden konnten. Dabei zeigen sich im Längsverlauf der Elbe Abundanzunterschiede. Auf der in Abb. 34 gewählten Betrachtungsebene (ungemittelte Holdaten) wird eine stationsintern hohe Variabilität erkennbar. Diese resultiert zum einen aus der saisonalen und einer kleinräumigen Variabilität, da die Strom-km bezogenen Daten sowohl den Untersuchungszeitraum als auch die Stromseiten (Nord, Süd) und 2 Tiefenzonen (oberflächennah, bodennah) integrieren. Trotz dieser Variabilitätsfaktoren ist ein räumliches Verteilungsmuster zumindest schwach erkennbar. So wurden im Bereich von km 650 – 670 die meisten Larven erfasst. Auf diesen Abschnitt entfiel die höchste Anzahl an Hols mit Abundanzwerten $>500 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$; die mittlere Larvenabundanz lag hier zwischen $>230 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$ (km 665, Pagensander NE) und $455 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$ (km 660). Minima wurden bei km 630 (im Mittel $<50 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$) und km 680 (im Mittel $170 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$)

verzeichnet. Insbesondere die Untersuchungsstationen bei km 650 – km 660 ($>350 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$) unterscheiden sich durch signifikant höhere Larvenzahlen von den Stationen bei km 630 und km 680 (H-Test, Kruskal Wallice; Fisher LSD Test, $p < 0.05$). Der über die Längstransectuntersuchung festgestellte Vorkommensschwerpunkt unterhalb von km 640 – etwa km 660 ist weitgehend gleichsinnig zu den Quertransectbefunden bei km 643 (s. Kap. Synoptische Betrachtung). Insgesamt sind die räumlichen Unterschiede im Längsverlauf auf der Grundlage der Larvendaten weniger deutlich als auf der Grundlage der Finteneidaten.



18.11.2011 15:00:35 P478LT.WST

Abb. 34: Fintenslarvendichten/Hol ($\text{Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$) im Längsverlauf der Tideelbe. Die Punkte veranschaulichen die Variabilität über die Zeit (4.5., 19.5., 2.6.2011) sowie auch kleinräumig (Stromseite, Tiefenzonen).

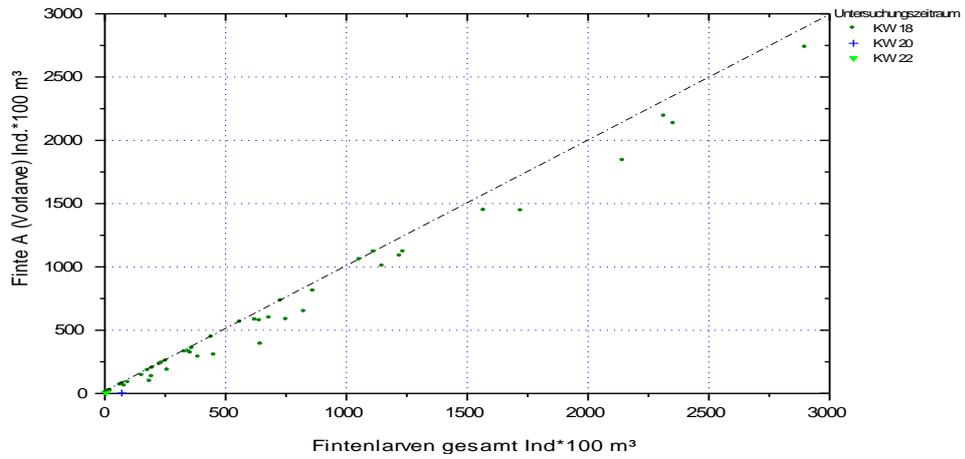
Wie bereits oben angemerkt, spiegeln die Holdaten verschiedene Variabilitätsfaktoren wider. Die Larven-Daten sind wie folgt gruppiert und ausgewertet worden, um die zeitliche und kleinräumige Variabilität zu veranschaulichen:

- Daten gruppiert nach Untersuchungszeitpunkt (Abb. 36 Bild 1): Fintenslarven wurden in signifikant höheren Anzahlen in der 1. Maiwoche (18. KW) nachgewiesen (ANOVA, Fisher LSD Test, $p < 0.05$). Im Mittel lagen die Anzahlen zu diesem Zeitpunkt bei etwa $490 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$. Bereits in der 3. Maiwoche ($260 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$) und insbesondere in der 1. Juniwoche ($71 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$) ging die Larvendichte im Bereich von km 630 – km 680 deutlich zurück. Aus welchem Grund die Anzahlen bereits ab Juni deutlich zurückgingen, ist hier nicht zu klären. Eine bereits umfangreich erfolgte Abwanderung der Larven aus dem Untersuchungsbereich ist u.E. zu diesem vergleichsweise frühen Zeitpunkt nicht wahrscheinlich. Denkbar wären u.a. folgende Faktoren: - hohe Mortalitätsrate der Larven; - methodisch bedingte Befunde. So könnten spätere Larvenstadien bzw. Juvenile aufgrund ihrer

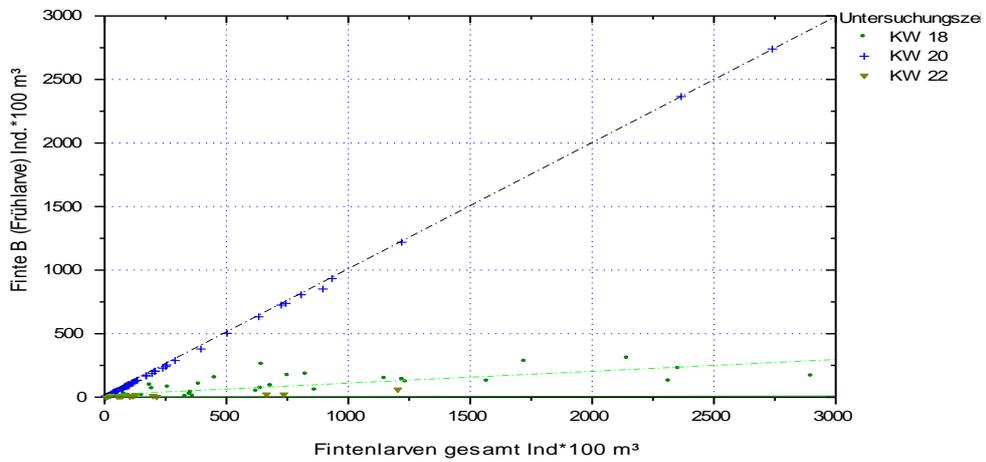
bereits fortgeschrittenen Mobilität mit den eingesetzten Ringnetzen nicht mehr optimal erfasst werden. Abb. 35 verdeutlicht, dass Anfang Mai 2011 überwiegend sehr frühe Larvenstadien erfasst wurden. Die Anzahl der Prolarven ist nahezu identisch mit der Gesamtanzahl (Abb. 35, Bild 1). Ab Mitte Mai dominieren dann die Frühlarvenstadien, bei deutlich geringerem Anteil von Prolarven; Spätlarven wurden zu diesem Zeitpunkt (3. Maiwoche) ebenfalls in niedriger Zahl erfasst (Abb. 35, Bild 2). Anfang Juni dominieren dann Spätlarven; Pro- und Frühlarven wurden Anfang – Mitte Juni nur noch vereinzelt nachgewiesen (Abb. 35, Bild 3).

- Daten gruppiert nach Stromseite (Abb. 36, Bild 2): An jeder Station des Längstransektiv erfolgte eine Beprobung der nördlichen sowie der südlichen Stromseite. Diese Betrachtung umfasst auch die Daten aus den Nebelnelben, deren Daten jeweils der nördlichen oder südlichen Seite zugeordnet wurden. Die larvenbezogenen Ergebnisse zeigen, anders als die Ergebnisse bei den Finteneiern, keine Unterschiede zwischen den Stationen der südlichen Stromseite und der nördlichen Seite. Die Ergebnisse sind statistisch nicht signifikant (parameterfreier U-Test $p > 0.1$). Die Gründe für die unterschiedlichen Befunde „Fintenei vs. Fintenlarven“ lassen sich im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht identifizieren. Ob hier eine bereits gerichtete Mobilität der Larven anzunehmen ist bleibt fraglich. Im Prinzip ähnelt das Ergebnis den Befunden, die bei km 643 (Quertransektiv) dokumentiert wurden.
- Daten gruppiert nach Tiefenzone (Abb. 36, Bild 3): Im Rahmen der Längstransektivuntersuchung wurden an jeder Station 2 Tiefenzonen (oberflächennah, sohlnah) beprobt. Anders als die Quertransektivdaten bei km 643/640, zeigen die Längstransektivdaten keinen deutlichen vertikalen Gradienten. So wurden in der oberen Wassersäule im Mittel ca. 290 Ind.*100 m³ erfasst; in der unteren Wassersäule waren die Larvenzahlen (ca. 240 Ind.*100 m³) nicht wesentlich geringer. Diese Unterschiede sind statistisch nicht signifikant (parameterfreier U-Test $p > 0.1$).
- Nebelnelben, Daten gruppiert nach Position der Messstellen (Abb. 36, Bild 4): Die Ergebnisse zu den Fintenlarven sind weniger deutlich als die zur den Finteneidichten (s.o.). Die Ergebnisse zeigen dennoch räumliche Unterschiede. So wurden in 2011 im Mittel höhere Larvendichten (ca. 450 Ind.*100 m³) im stromauf befindlichen Bereich und geringere an den Stationen, die im stromabliegenden Bereich der Nebelnelben liegen (350 Ind.*100 m³) erfasst. Diese Unterschiede sind aufgrund der hohen Variabilität der Holdaten statistisch allerdings nicht signifikant (parameterfreier U-Test $p > 0.1$).

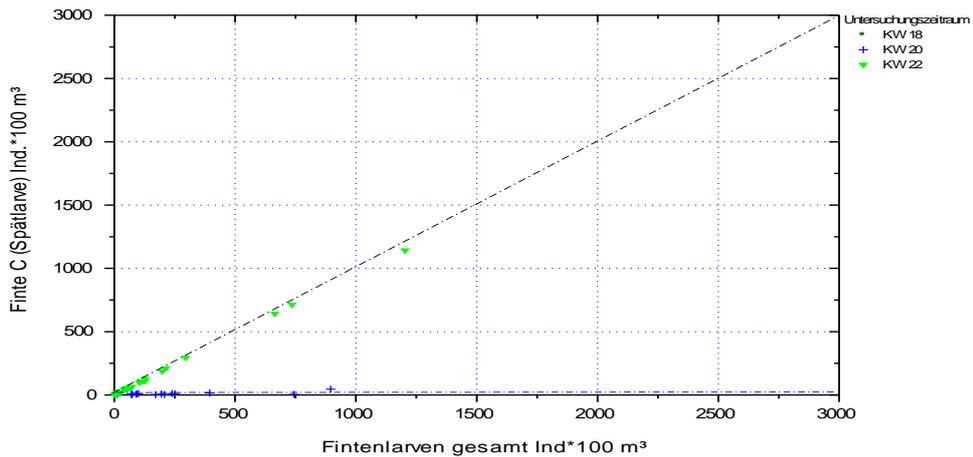
1



2



3



19.11.2011 13:02:24 P478LT:WST

Abb. 35: Fangzahlen/Hol (Ind.*100 m³) von Fintenlarven, differenziert nach 3 Entwicklungsstadien im Verhältnis zur Gesamtabundanz (alle Entwicklungsstadien summiert) im Abschnitt von km 630 – km 680 der Tideelbe (N = 190 Hols). Bild 1: Anzahl Prolarven vs. Gesamtanzahl; Bild 2: Anzahl Frühtarven vs. Gesamtanzahl; Bild 3: Anzahl Spätlarven vs. Gesamtanzahl jeweils differenziert nach Untersuchungszeitpunkt (KW = Kalenderwoche).

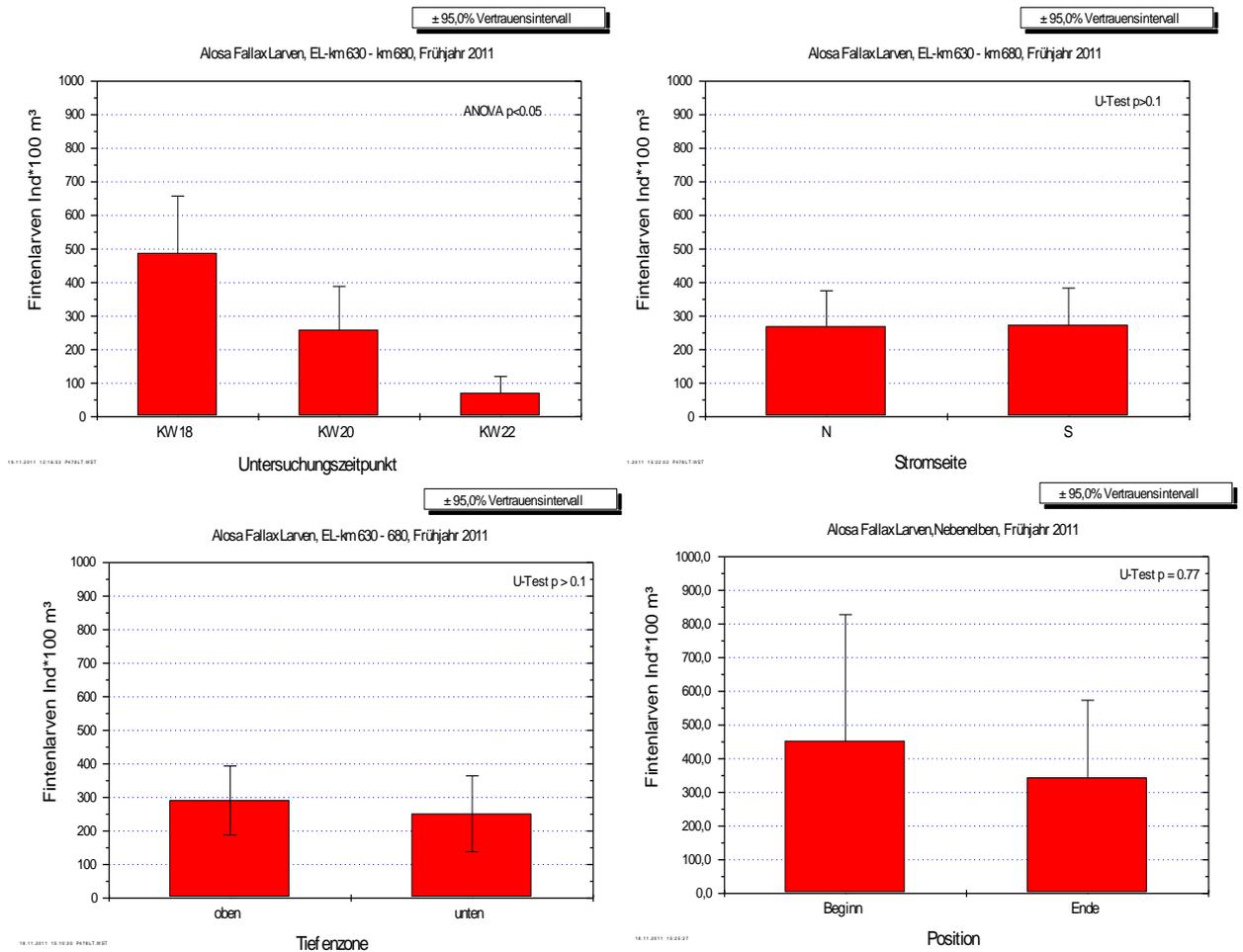
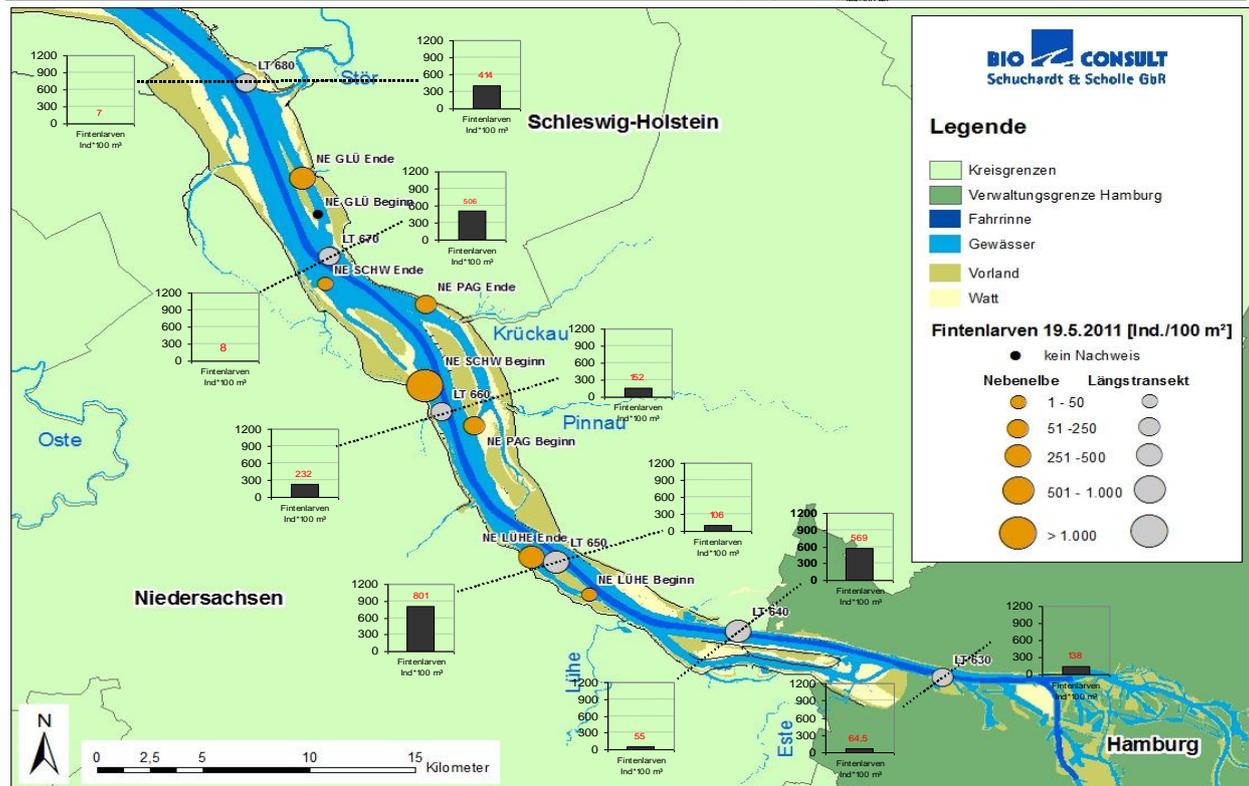
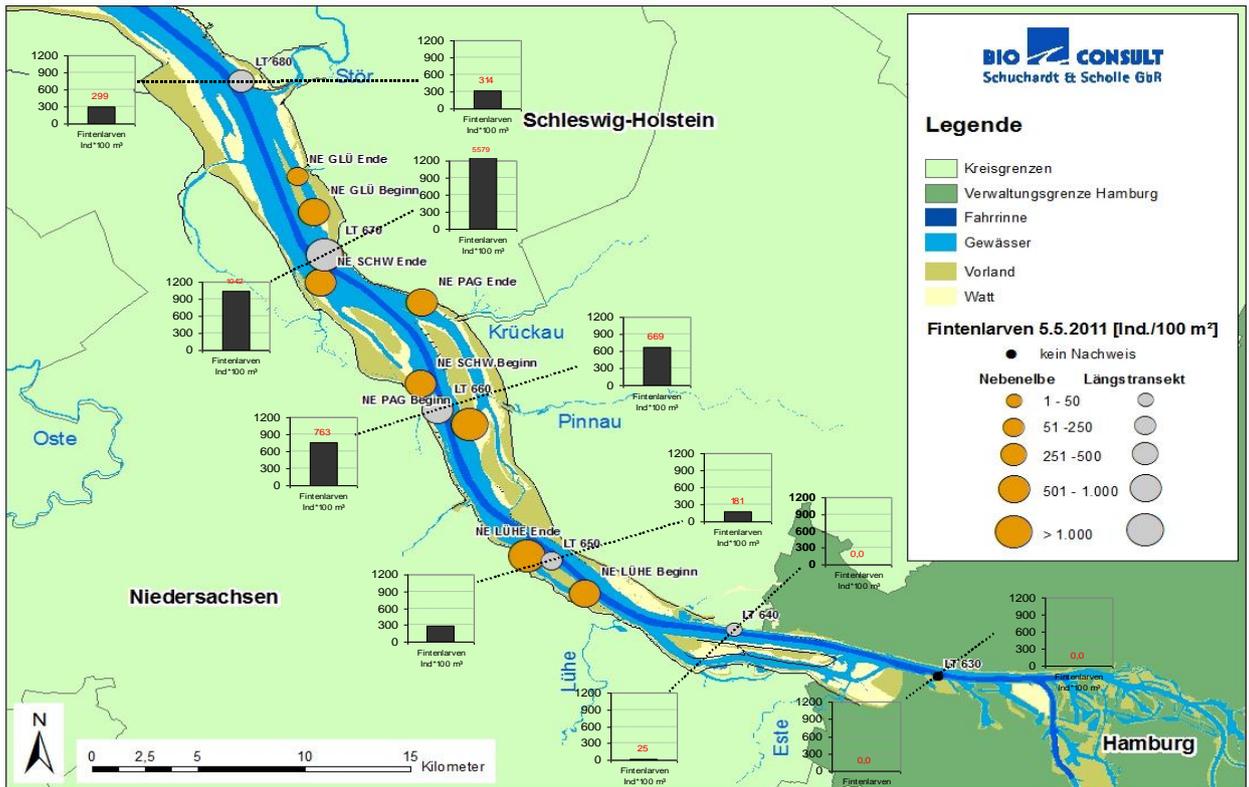


Abb. 36: Zeitlich und kleinräumige Variabilität der Fintenzlarvenanzahl in der Tideelbe im Bereich von km 630 – km 680. Bilder 1 – 3 Daten aus Stromelbe und Nebelnelben zusammengefasst; Bild 4 nur Daten aus den untersuchten Nebelnelben (Lühesander NE, Pagensander NE, Schwarztonnensand, Glückstädter NE). Messstelle „Beginn“ = Position im stromaufliegenden Abschnitt; Messstelle „Ende“ = Position stromabliegenden Abschnitt.

Abb. 37 zeigt eine zusammenfassende Übersicht über die 2011 erfassten mittleren Fintenzlarvenanzahlen an den Längstransektstationen (LT km 630 – km 680) und in den Nebelnelben, differenziert nach Untersuchungstermin. Die für die Stromelbe dargestellten Ergebnisse differenzieren dabei nicht zwischen der Stromseite, die jeweiligen Abundanzkategorien reflektieren den Mittelwert aus Nord- und Südseite.



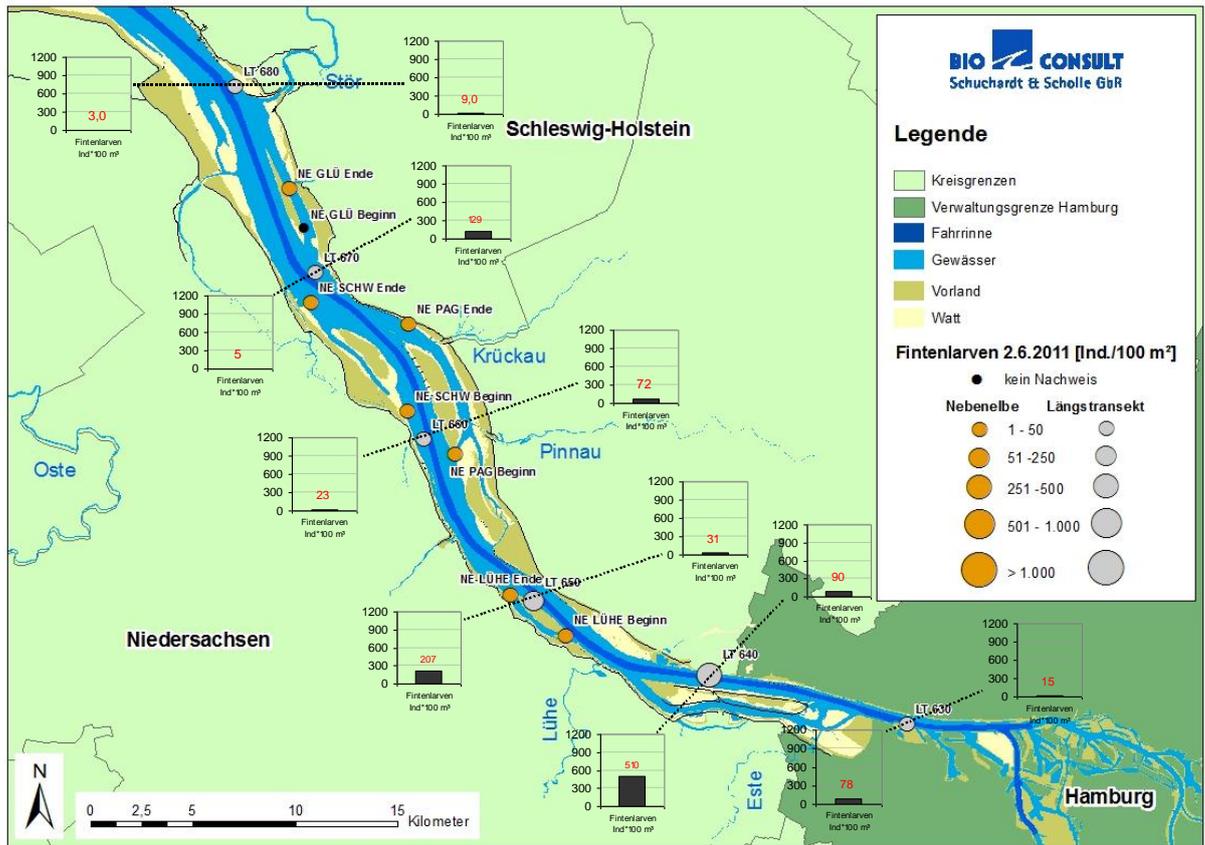


Abb. 37: Fintenlarvendichte im Bereich der Stromelbe von km 630 – km 680 (Messstellen mit LT bezeichnet) und in den Nebeneiben (NE) Lühesander NE, Pagensander NE, Schwarztonnsand (SchwtS) sowie Glückstädter NE zu verschiedenen Zeitpunkten während der Reproduktionszeit (4.5.- Bild oben, 19.5. - Mitte, und 2.6.2011 - unten). *Beachte: LT-Daten (Säulenabbildungen) sind hier zusätzlich nach nördlicher und südlicher Stromseite (Nord = linke Stromseite, Süd = rechte Stromseite) differenziert; der dargestellte Mittelwert basiert jeweils auf 4 Hols auf der nördlichen sowie 4 Hols auf der südlichen Stromseite.*

6. Zusammenfassende Schlussfolgerung

Im Rahmen der in 2011 durchgeführten Untersuchung konnte eine hohe Ei- und Larvendichte im Bereich um km 643 festgestellt werden. Z.T. lagen Einzelwerte sowohl für Finteneier als auch für Larven bis zu $>10.000 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$. Bezogen auf den gesamten Untersuchungszeitraum liegt das 0.95-Quantil basierend auf den einzelnen Holdaten ($N_{\text{ges}} > 600 \text{ Hols}$) bei $3.082 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$ (Finteneier) und ca. $1.350 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$ (Fintenlarven). Im Vergleich dazu waren die Anzahlen weiter stromauf deutlich geringer. Um km 630 lag die Eidichte im Hauptstrom bei $<10 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$; die Larvendichte ganz überwiegend bei $<295 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$.

Die Untersuchung zur Reproduktion der Finte in der Tideelbe hat zusammengefasst Folgendes ergeben:

- Die Auswertung der **abiotischen Rahmenbedingungen** zeigt, dass die Wassertemperaturen im Untersuchungsgebiet bei km 643 im April ($<10 \text{ }^\circ\text{C}$) zunächst noch vergleichsweise niedrig waren. Erst ab Ende April 2011 erfolgte ein rascher Anstieg bis auf ca. $15 \text{ }^\circ\text{C}$ in der 2. Maiwoche; im Juni erreichten die Wassertemperaturen etwa $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Die Leitfähigkeiten nahmen im Untersuchungszeitraum ($600 \mu\text{S}/\text{cm}$ Anfang April) u.a. in Abhängigkeit vom Oberwasser zu und waren gegen Ende Mai als schwach oligohalin zu bezeichnen (bis $>1.000 \mu\text{S} = \text{ca. } >0,9 \text{ ppt}$). Die Sauerstoffbedingungen waren ab Mitte Mai phasenweise durch niedrige Werte (Tagesmittel z.T. $<3,5 \text{ mg/l}$) gekennzeichnet, insbesondere ab Ende Mai erhöhte sich der Anteil pessimaler O_2 -Tagesmittelwerte von $<4 \text{ mg/l}$. Im Verlauf des Frühjahrs sank der Oberwasserabfluss (Pegel Neu Darchau) von $900 \text{ m}^3/\text{s}$ (Anfang April) aufgrund einer längeren Trockenphase auf etwa $400 \text{ m}^3/\text{s}$ (Mitte Juni). Insgesamt wichen die abiotischen Rahmenbedingungen bezogen auf den Untersuchungszeitraum 2011 nicht auffällig von denen der Vorjahre ab.
- **Finteneier** wurden im Zeitraum von 21.04.11 – 02.06.11 erfasst. Die Befunde deuten darauf hin, dass in 2011 der Beginn der Laichtätigkeiten um Mitte April datiert werden kann, wobei eine erste noch wenig umfangreiche Eiablage bereits bei Wassertemperaturen $<12 \text{ }^\circ\text{C}$ erfolgt ist. Das Maximum der Finteneidichte trat im Zeitraum Anfang – Mitte Mai auf. Ab Ende Mai/Anfang Juni gingen die Eidichten deutlich zurück und ab der 2. Juniwoche (08.06.) wurden keine Finteneier bei km 643 mehr erfasst. Deutliche Unterschiede im Hinblick auf die Finteneidichte zwischen Hauptstrom (km 643/640) und der Hahnöfer Nebelbe wurden nicht dokumentiert. Im Flussquerschnitt war die Verteilung der Eier sehr variabel, so wurden v.a. auf der südlichen Stromseite bzw. nahe Strommitte höhere Anzahlen erfasst. Möglicherweise besteht hier ein Zusammenhang mit lokalen Strömungsmustern. Die Untersuchung im Längsverlauf der Tideelbe zeigt, dass 2011 Finteneier im gesamten Untersuchungsbereich von km 630 – km 680 nachgewiesen wurden. Generelle Unterschiede zwischen Nebelbenen und Hauptstrom waren dabei nicht augenscheinlich. Lokal unterschiedlich wurden sowohl höhere Anzahlen im Hauptstrom oder in Nebelbenen verzeichnet. In einer synoptischen modellbasierten Betrachtung der zeitlichen und der räumlichen Ergebnisse scheint in 2011 der Hauptreproduktionsbereich zwischen km 640 – km 650+ (kleinräumig v.a. im südlichen Strombereich im Mittel bis zu $>2.000 \text{ Ind.} \cdot 100 \text{ m}^3$) lokalisiert werden zu können. Stromauf von km 640 waren die Eianzahlen deutlich geringer als weiter stromab. Des Weiteren scheinen die Finten mit den o.g. saisonalen Unterschie-

den (Maximum Anfang – Mitte Mai) über einen Zeitraum von mehreren Wochen abgelaiht zu haben. So konnten Eier in frühen Entwicklungsstadien noch bis Ende Mai nachgewiesen werden.

- **Fintenlarven** wurden im Zeitraum von 27.04.11 – 08.06.11 erfasst. Das Maximum der Fintenlarvendichte trat um Mitte Mai (mittlere Dichten/Fangtag 500 – 1.000 Ind.*100 m³) auf und lag damit etwas später als das Maximum der Eidichte. Ab Ende Mai/Anfang Juni gingen die Larvendichten deutlich zurück, waren aber auch in der 2. Juniwoche noch präsent. Anders als für die Finteneidichte dokumentiert, lagen die Larvenanzahlen im Hauptstrom niedriger (Gesamtmittel: 350 Ind.*100 m³) als in der Hahnöfer Nebelbe (Gesamtmittel 1.000 Ind.*100 m³). Im Flussquerschnitt war die Verteilung der Larven variabel, so wurden v.a. auf der südlichen Stromseite höhere Anzahlen erfasst, die Unterschiede waren zwar erkennbar, aber statistisch nicht signifikant. Möglicherweise besteht hier u.a. auch ein Zusammenhang mit lokalen Strömungsmustern und/oder durch z.T. aktive Ortwechsel älterer Larven. Die Untersuchung im Längsverlauf der Tideelbe zeigt, dass im 2011 Fintenlarven im gesamten Untersuchungsbereich von km 630 – km 680 nachgewiesen wurden. Generelle Unterschiede zwischen Nebelbeben (Gesamtmittel 250 Ind.*100 m³) und Hauptstrom (Gesamtmittel 300 Ind.*100 m³) waren dabei nicht augenscheinlich. Lokal unterschiedlich wurden sowohl höhere Anzahlen im Hauptstrom oder in Nebelbeben verzeichnet. In einer synoptischen Betrachtung der zeitlichen und der räumlichen Ergebnisse scheint in 2011 das Hauptvorkommen der Larven (frühe Entwicklungsstadien) bezogen auf den Zeitpunkt Anfang Mai zwischen km 643 – km 650+ (im Mittel bis zu >750 Ind.*100 m³) lokalisiert werden zu können. Stromauf von km 640 waren die Larvenanzahlen deutlich geringer als weiter stromab. Im Vergleich zur Finteneidichte (um 10 Ind.*100 m³) wurden bei km 630 Larven z.T. noch in vergleichsweise höheren Anzahlen (Holebene: bis zu 295 Ind.*100 m³ im Maximum) erfasst.

Die vorliegende Untersuchung hat ausgeprägte Muster auf verschiedenen Ebenen erkennbar werden lassen (saisonales Muster; Vertikalverteilung; Verteilung im Längsschnitt etc.). Gleichzeitig ist deutlich geworden, dass das Vorkommen von Fintenlaichprodukten in einem definierten Stromabschnitt einer hohen zeitlichen und räumlichen Variabilität unterliegt, die nur eingeschränkt durch eine Untersuchung eines Jahres erfasst werden kann. Besonders die interannuelle Variabilität ist aufgrund der Vielzahl relevanter Parameter (u.a. Reproduktionserfolg in den Vorjahren; Hydrologie; Witterung und Klima; anthropogene Faktoren) vermutlich hoch und kann nur über längerfristige Untersuchungen erfasst werden.

Die Befunde aus 2011 deuten aber darauf hin, dass die Laichtätigkeit im o.g. Abschnitt der Tideelbe vergleichsweise umfangreich war. Dies zeigt auch ein grober Vergleich mit Daten aus 2008 (Limnobios 2009, s.u.). Über Umfang bzw. Erfolg der Rekrutierung lässt sich auf der vorliegenden Datengrundlage keine Aussage treffen. Hinweise auf eine auffällig hohe Mortalitätsrate der Finteneier liegen zumindest nicht vor. Die deutlich rückläufigen Larvenzahlen ab Anfang Juni sind dagegen nicht einzuordnen. Ob dies die Folge einer „normalen“ (oder u.U. erhöhten) Mortalität oder auf Ortswechsel bzw. auf fangmethodische Gründe (hier: keine repräsentative Erfassung juveniler Finten) zurückzuführen ist, ist hier letztlich nicht zu klären.

Exkurs: Gewisse Hinweise auf die interannuelle Variabilität zeigt ein grober Vergleich mit Daten von Limnobios (2009), die im Bereich bei km 638,7 u.a. auf der linken Stromseite (süd) vor

Hanskalbsand erhoben wurden. Aufgrund methodischer Unterschiede der jeweiligen Untersuchungskonzeption ist ein solcher Vergleich nur eingeschränkt aussagekräftig.

*Im Zeitraum Ende April - Ende Juni 2008 wurde eine Eidichte von bis zu ca. 54,1 Ind.*100 m³ (Beprobungszeitpunkt Mitte Mai 2008, Station T4) ermittelt (Limnobios 2009). In 2011 konnten bei großer Schwankungsbreite je nach Untersuchungszeitpunkt und/oder vertikaler Entnahmeposition z.T. deutlich höhere Einzelwerte festgestellt werden. Zu einem vergleichbaren saisonalen Zeitpunkt (Mitte Mai, hier: 12.5.2011) wurden bis zu >500 Ind*100 m³ erfasst. Im Gesamtmittel lag die Eidichte in 2011 bei km 640 etwa um 107 Ind.*100 m³ (dabei sind allerdings singuläre sehr hohe Werte >2.000 Ind.*100 m³ nicht berücksichtigt).*

*In 2008 wurden Anfang Juni Larvenanzahlen von bis ca. 670 Ind.*100 m³ (Station T4) nachgewiesen (Limnobios 2009). In 2011 lagen Ende Mai/Anfang Juni einzelne Werte (>1.200 Ind.*100 m³) über den in 2008 dokumentierten Ergebnissen. Im Mittel lag in 2011 die Larvenanzahl bei km 640 um 490 Ind*100 m³.*

Die Fangzahlen, die im Bereich des Quertransekt (km 643) in 2011 ermittelt wurden, überschritten z.T. deutlich die bei km 640 ermittelten Werte (vgl. Kap. 5.1.2.1 & Kap. 5.2.2.2).

7. Hinweise für ein weiteres Monitoring

Zielsetzung

Das zukünftige Monitoring soll geeignet sein folgende Fragen so weit möglich zu beantworten:

- a. Abschätzung der maximal möglichen Schädigung des Laichs/der Juvenilen durch Unterhaltung (Hopperbaggern, Umlagern und WI-Baggerung).
- b. Ableitung von Handlungsempfehlungen für eine effektive Rücksichtnahme bei der Unterhaltung.
- c. Ableitung eines langfristigen Monitorings zur Dokumentation der Bestandsentwicklung der Finte.

Das in 2011 durchgeführte Monitoring wurde vor dem Hintergrund der Fragen a) und b) konzipiert. Das Untersuchungsdesign hat ermöglicht, die räumliche und zeitliche Varianz in hoher Auflösung zu ermitteln, sodass für 2011 folgende Aspekte

- Beginn der Laichaktivitäten
- Schwerpunkte des räumlich-zeitlichen Auftretens des Laiches
- Schwerpunkte des räumlich-zeitlichen Auftretens der Larven
- ergänzende Informationen zum Vorkommen im Längsverlauf der Tideelbe

belastbar beschrieben werden konnten. Es erscheint auch möglich, durch eine modellhafte Abschätzung u.a. der Verdriftwege (Tidewege) die „punktuellen“ Daten (hier Quertransekt bei km 643) auf einen größeren Stromabschnitt zu projizieren, so dass die Abundanzverteilung zu einem gewählten Zeitpunkt räumlich differenziert dargestellt werden kann. Eine solche Analyse wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung exemplarisch durchgeführt.

Die in 2011 ermittelten Ergebnisse zeigen dabei Übereinstimmungen aber auch Unterschiede zu früheren Befunden. Dies gilt sowohl hinsichtlich der Lokalisierung der Reproduktionsschwerpunkte als auch hinsichtlich kleinräumiger Verteilungsmuster (z.B. vertikal in der Wassersäule). So wies z.B. in 2011 der generell als sehr bedeutsam eingestufte Elbabschnitt im Bereich des Mühlenberger Lochs im Vergleich zu Abschnitten weiter stromab (km 643+) eine (deutlich) geringere Dichte an Fintenlaichprodukten auf, dies legen stichprobenhafte Vergleiche mit Untersuchungen nahe, die in 2011 im Bereich des Mühlenberger Lochs erfolgt sind (Limnobios 2011). Ein detaillierter Vergleich der Daten erfolgte im Rahmen der vorliegenden Studie jedoch nicht. Der stichprobenhafte Vergleich gibt aber auch Hinweise auf die ausgeprägte interannuelle Variabilität in Bezug auf Vorkommensschwerpunkt und/oder Dichte der Fintenlaichprodukte. Dieser Aspekt ist mit einer einmaligen, wenn auch vertieften Untersuchung, zwangsläufig nicht abzubilden.

Vor diesem Hintergrund schlagen wir folgendes Vorgehen in Bezug auf die Konzeption eines zukünftigen Monitorings vor:

1. Beibehaltung des Untersuchungsdesigns

- Im 2. Untersuchungsjahr (2012) sollte keine deutliche Veränderung des Untersuchungsdesigns des in 2011 durchgeführten Monitorings (Quer- und Längstransectuntersuchung) erfolgen. Mit einer unveränderten Fortführung wird die Datenbasis zur Beantwortung der Ziele a) und b) und damit die Aussagekraft der resultierenden Ergebnisse weiter erhöht. Mit einer (wesentlichen) Veränderung des Monitorings würde eine weitere Variable die Identifizierung interannueller Muster deutlich erschweren, da der „Faktor Vergleichbarkeit“ von unterschiedlichen Untersuchungsansätze nicht zu quantifizieren ist.
- Eine Verschneidung mit wesentlichen abiotischen Einflussfaktoren sollte weiterhin erfolgen, um die faunistischen Daten einordnen zu können.

Folgende moderate Veränderungen zur Optimierung wären für 2012 jedoch denkbar:

2. Entfall von Untersuchungsteilen

- Die Auswertung der Ergebnisse hat gezeigt, dass eine Untersuchung der singulären Messstation bei km 640 verzichtbar wäre; diese Daten haben nicht zu einem deutlichen Erkenntnisgewinn geführt. Ergebnisse zu diesem Elbabschnitt wurden zu dem auch über die Beprobung des Längstransekts generiert.
- Denkbar wäre eine Reduzierung der Untersuchungsfrequenz im Bereich des Quertransekts auf eine wöchentliche Probenahme (= ca. 8 Untersuchungstermine im Zeitraum Ende April bis Anfang Juni). In 2011 wurden im Mai z.T. 2 Beprobungen/Wochen durchgeführt (insgesamt 10 Untersuchungstermine).

3. Erweiterung der Untersuchung

- Um die sich in 2011 zeigende Bedeutung des weiter stromab liegenden Elbabschnitts genauer zu erfassen, wäre die Beprobung eines zusätzlichen Quertransekts im Abschnitt im Bereich km 650 – km 655 sinnvoll. Das Untersuchungsdesign sollte dem entsprechen, dass auch bei km 643 durchgeführt wird, jedoch mit geringerer Probenahmefrequenz (z.B. 2 Untersuchungstermine im Mai). Diese zusätzlichen Daten würden insgesamt zu einer räumlichen besseren Auflösung der Vorkommen von Fintenlaichprodukten im Bereich des detektierten Hauptreproduktionsareals beitragen.
- Um Hinweise auf den Umfang abwandernder Jungfinten zu erhalten wären ergänzende, stichprobenhafte Hamenfänge im August/September im Bereich den unteren Oligohalinikums bzw. oberen Mesohalinikums denkbar.
- Sinnvoll wäre im Rahmen der Längstransectfahrten zukünftig auch die Hahnöfer Nebenelbe mit einzubeziehen, ansonsten erscheint eine weitere Verdichtung der Längstransectuntersuchung nicht zwingend.

4. Einbeziehung externer Daten

- Zur Beantwortung der Frage c) „Bestandsabschätzung“ sollten zukünftig auch Daten des WRRL-Monitorings einbezogen werden. U.a. die Finte ist als Indikatorart für die Bewertung des ökologischen Zustands/Potenzials von prioritärer Bedeutung (Scholle & Schuchardt 2012). Diese Daten zu adulten, subadulten und juvenilen Finten werden auch für die Bewertung der Fintenpopulation im Rahmen der FFH-Beurteilung genutzt, da kein eigenständiges FFH-Monitoring existiert. Für die Bewertung nach FFH-RL ist jedoch auch eine Abschätzung der Reproduktionstätigkeit (d.h. Erfassung von Laichprodukten) erforderlich, die in der Elbe bislang (noch) nicht über das WRRL-Monitoring abgedeckt wird. Für Ems und Weser wurden solche ergänzenden Untersuchungen in 2011 zumindest stichprobenhaft bereits durchgeführt. Ob und wann dies auch für die Elbe zutrifft, ist derzeit noch unklar.

5. Ausblick, Konzeption eines langfristigen Monitorings

- Wie bereits oben beschrieben, sollte das Monitoring in 2012 unverändert bzw. ggf. leicht modifiziert weiter durchgeführt werden. Erst im Lichte des Ende 2012 vorliegenden, dann 2jährigen Datensatzes sollte über eine ggf. nochmalige Fortführung des Monitorings in 2013, bzw. über ein verändertes Design für ein zielführendes langfristiges Monitoring diskutiert bzw. entschieden werden. Zum jetzigen Zeitpunkt erscheint eine solche Entscheidungsfindung noch zu früh.
- Im Hinblick auf die Einschätzung möglicher Beeinträchtigungsfaktoren auf die Fintenbestand ist u.a. auch die Sauerstoffsituation im Laichareal ein bedeutsamer Faktor. In diesem Zusammenhang sollte u.U. die Umsetzbarkeit geprüft werden, den Einfluss geringer Sauerstoffgehalte auf Fintenlaichprodukte zu untersuchen.

Literatur

- APRAHAMIAN, M. W., J. L. BAGLINIÈRE, M. R. SABATIÉ, P. ALEXANDRINO, R. THIEL & C. D. APRAHAMIAN, 2003: Biology, status, and conservation of the anadromous atlantic shad *Alosa fallax fallax*. - Am. Fish. Soc. Symp. 35: 103-124
- ARGE ELBE/FGG ELBE, 2007: Sauerstoffgehalte der Tideelbe. Entwicklung der kritischen Sauerstoffgehalte im Jahr 2007 und in den Vorjahren, Erörterung möglicher Ursachen und Handlungsoptionen. Sachstandsbericht der Wassergütestelle Elbe nach der Abstimmung in der Arbeitsgruppe "Oberflächengewässer" in der Flussgebietsgemeinschaft Elbe - 30.11.2007; Hamburg.
- BERGEMANN, M., 1995: Die Lage der oberen Brackwasserzone im Elbeästuar. - Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 39 (4/5): 134-137.
- BFN, 2010: Erfassung der Wanderfische im Rahmen des bundesweiten FFH-Monitorings. Methodenvorschlag erarbeitet von Experten der Länderfachbehörden und des Bundes. Bonn 2010.
- BIOCONSULT, 2006: Untersuchungen zur Reproduktion der Finte (*Alosa fallax fallax*, Lacépède 1803) in der Unterweser. - Endbericht. Bericht im Auftrag des WSA Bremerhaven. 94 S.
- BIOCONSULT, 2010: Bewertung des Erhaltungszustands der Finte (*Alosa fallax*) in der Tideelbe (Teil II). AG: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Flintbek, Schleswig Holstein.
- COSTELLO, M., M. ELLIOTT & R. THIEL, 2002: Endangered and rare Species. - In: ELLIOTT, M. & HEMINGWAY (Hrsg.), *Fishes in Estuaries*. Blackwell Science, Oxford: 217-262
- EHRENBAUM, E., 1894: Beiträge zur Naturschichte einiger Elbfische (*Osmerus eperlanus* L., *Clupea finta* Cuv., *Acerina cernua* L., *Acipenser sturio* L.). - Wiss. Meeresunters. Abt. Helgoland 1: 54-63.
- EHRENBAUM, E., 1964: Eier und Larven von Fischen. - In: (Hrsg.), *Nordisches Plankton*, Zoologischer Teil. Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig: 361-375.
- DIECKWISCH, B., 1987: Die Verteilung der Fischbrut in der Unterelbe 1985. - Diplomarbeit Universität Kiel.
- FRICKE, R., 1987: Deutsche Meeresfische. - Bestimmungsbuch. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, Hamburg: 219 S.
- FRICKE, R., 2004: Fisch des Jahres 2004 - Der Maifisch. - Verband Deutscher Sportfischer e.V. (VDSF), 39 S.
- GAUMERT, T., 2008: Ursachen des Sauerstofftales in der Tideelbe im Laufe der letzten 100 Jahre. Vortrag im Rahmen Workshop "Sauerstoffhaushalt der Tideelbe", 22. April 2008 im Hamburg
- GERKENS, M. & R. THIEL, 2001: Habitat use of age-0 twaite shad (*Alosa fallax* Lacepede, 1803) in the tidal freshwater region of the Elbe River, Germany. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, 363.

- HASS, H., 1969: Unterscheidungsmerkmale dottersackloser Larven von Clupeiformes aus der Unterelbe. - Archiv für Fischereiwissenschaft 20: 22-25.
- KAUSCH, H., 1996: Die Elbe – ein immer wieder veränderter Fluss. - In Lozan & KAUSCH: Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren, 43-52. Parey Buchverlag Berlin.
- KERNER, M., 2007: Effects of deepening the Elbe Estuary on sediment regime and water quality. - Est. Coast. Shelf Sci. 75: 492-500
- KYLE, H. M. & E. EHRENBAUM, 1929: Teleostei Physostomi, 1. Clupeiformes. - In: GRIMPE, G. (Hrsg.), Die Fische der Nord- und Ostsee. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- LIMNOBIOS, 2009: Das Fischlarvenaufkommen beim Sedimentfang Wedel. Eignung einer neuen Fischereimethode zur Untersuchung der lateralen und vertikalen Verteilung von Fischeiern und -larven im Hauptstrom der Tideelbe bei Wedel. AG. HPA, Hamburg
- LIMNOBIOS, 2011: Fischlarven Monitoring im Mühlenberger Loch. AG: HPA Hamburg
- MC GOWAN, M. F. & F. H. BERRY, 1983: Clupeiformes: development and relationships. - In: AMERICAN SOCIETY OF ICTHYOLOGIST AND HERPETOLOGIST (Hrsg.), Ontogeny and systematics of fishes - Ahlstrom Symposium. Californien: 108-126
- NOLTE, W., 1976: Die Küstenfischerei in Niedersachsen. - Forschungen zur niedersächsischen Landeskunde Bd. 105.
- OESMANN, S. & M. PEZENBURG, 2007: Vorhaben Kraftwerke Brunsbüttel und Stade-Bützfleth – Teilbeitrag Fischlarven. Electrabel Deutschland AG, 27 S. + Anhang.
- REISE, K., 2005: Coast of change: habitat loss and transformations in the Wadden Sea. - Helgol Mar Res (2005) 59: 9–21.
- RIEDEL-LORJE, J. C., N. MÖLLER-LINDENHOF & B. VAESSEN, 1992: Salzgehalts- und Trübungverhältnisse im oberen Brackwassergebiet der Elbe. - ARGE ELBE (Hrsg.), Wassergütestelle Elbe Hamburg: 145 S.
- RUSSELL, F. S., 1976: The eggs and planktonic stages of British Marine Fishes. - Academic Press, London, New York, San Francisco: 534 S.
- SCHOLLE, J., 2011: Status of the Anadromous Twaite Shad (*Alosa fallax*) in Wadden Sea Estuaries – Assessment According to EU Directives. CWSS Wadden Sea Day, 2011 Wilhelmshaven.
- SCHOLLE, J. & B. SCHUCHARDT (2011, in press): A fish-based index of biotic integrity – FAT-TW an assessment tool for transitional waters of the northern German estuaries. - Coastline reports 18: 1-74.
- SCHUCHARDT, B., 1995: Die Veränderung des Tidehubs in den inneren Ästuaren von Eider, Elbe, Weser und Ems. Ein Indikator für die ökologische Verformung der Gewässer. - Naturschutz und Landschaftsplanung 27 (6): 211-217.
- SCHUCHARDT, B., D. BUSCH, M. SCHIRMER & K. SCHRÖDER, 1985: Die aus langfristig geführten Fischereistatistiken rekonstruierbaren Bestandsänderungen der Fischfauna: Ein Indikator für Störungen des Ökosystems. - Natur und Landschaft 60 (11): 441-444.

- SCHUCHARDT, B., J. SCHOLLE, S. SCHULZE & T. BILDSTEIN, 2007: Vergleichende Bewertung der ökologischen Situation der inneren Ästuare von Eider, Elbe, Weser und Ems: was hat sich nach 20 Jahren verändert? Coastline Reports 9: 15-26
- SCHULZE, S. & M. SCHIRMER 2005: Die Wiederentdeckung der Finte in der Unterweser. - Tagungsbericht 2004 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL) 5 S.
- THIEL, R., 2008: Erhaltungszustand der Finte in der Elbe. Vortrag i. Rahmen eines Fachgesprächs, BSU Hamburg, Sep. 2008.
- TURNPENNY, A.W.H., J. COUGHLAN & K. LINEY, 2006: Review of Temperature and Dissolved Oxygen Effects on Fish in Transitional Waters. Jacobs Babbie report, client: Environment Agency (NEECA 2), London.
- WESTERNHAGEN, H. V., 1970: Erbrütung der Eier von Dorsch (*Gadus morhua*), Flunder (*Pleuronectes flesus*) und Scholle (*Pleuronectes platessa*) unter kombinierten Temperatur- und Salzgehaltsbestimmungen. - Helgoländer wiss. Meeresunters. 21: 21-102.
- WGE (Wassergütestelle Elbe), 2004: <http://www.arge-elbe.de/wge/Galerie/Hydrologie.html>
- WILKENS, H. & A. KÖHLER, 1977: Die Fischfauna der unteren und mittleren Elbe: die genutzten Arten 1950 – 1975. Abhandlungen und Verhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Hamburg 20: 185-222.

Anhang

Anhang 1: Ausfahrtdaten, Koordinaten, Fangdaten etc. gesondert in Exceltabellen.

**Anhang 2: Finteneidichten differenziert nach Tidephasen und Probenahmezeitpunkte.
Daten Quertransekt km 643.**

Variable: Eidichte Ind*100 m³

Gruppirt nach: Tidephase
und nach: Holzgruppe (Quertransektstationen bei km 643)

	N	Mittelwert	95,0% Vertrauen	Std.Fehler
Gesamte Stichprobe	559	798,276	±333,854	169,964
Hochwasser	141	884,127	±585,440	296,114
Nord (QT1)	30	6,71967	±6,59534	3,22465
Mitte-n (QT 2)	30	1069,71	±1416,92	692,773
Mitte-s (QT 3)	30	1694,14	±2254,13	1102,11
Süd (QT 4)	30	534,920	±440,272	215,261
HN (QT 5)	21	1214,15	±1313,44	629,634
Ebbphase	138	1262,62	±1143,06	578,045
nord	30	70,9760	±70,0112	34,2305
Mitte-n	30	2710,00	±3630,88	1775,24
Mitte-s	29	2943,17	±4140,39	2021,27
süd	29	72,0124	±120,642	58,8953
HN	20	168,627	±140,532	67,1425
Niedrigwasser	140	74,7521	±43,0174	21,7564
nord	30	3,86367	±4,98837	2,43896
Mitte-n	30	113,620	±167,606	81,9476
Mitte-s	30	66,9023	±50,9847	24,9279
süd	30	54,9970	±39,3247	19,2270
HN	20	164,191	±156,767	74,8989
Flutphase	140	977,622	±411,988	208,366
nord	30	810,121	±1569,57	767,409
Mitte-n	30	1044,36	±900,632	440,345
Mitte-s	30	1155,45	±586,707	286,858
süd	30	1137,16	±573,647	280,472
HN	20	622,723	±462,957	221,188

Tab. Fortsetzung

	Std.Abw.	95,0% Untergrenze	95,0% Obergrenze
Gesamte Stichprobe	4018,49	3793,25	4271,73
Hochwasser	3516,15	3146,89	3983,59
nord	17,6621	14,0633	23,7462
Mitte-n	3794,47	3021,32	5101,55
Mitte-s	6036,50	4806,51	8115,88
süd	1179,04	938,798	1585,17
HN	2885,35	2207,07	4167,09
Ebbphase	6790,49	6070,40	7704,35
nord	187,488	149,286	252,072
Mitte-n	9723,40	7742,18	13072,8
Mitte-s	10884,8	8636,22	14722,9
süd	317,161	251,641	428,992
HN	300,270	228,312	438,606
Niedrigwasser	257,425	230,302	291,787
nord	13,3587	10,6368	17,9604
Mitte-n	448,845	357,390	603,458
Mitte-s	136,536	108,716	183,568
süd	105,310	83,8527	141,587
HN	334,958	254,687	489,274
Flutphase	2465,42	2205,66	2794,51
nord	4203,27	3346,83	5651,17
Mitte-n	2411,87	1920,43	3242,68
Mitte-s	1571,19	1251,04	2112,41
süd	1536,21	1223,20	2065,39
HN	989,182	752,131	1444,90