

Bericht zur Herstellung der Durchgängigkeit am Siel und Schöpfwerk Knock

Autoren:

Dr. Oliver-D. Finch & Anke Joritz

Gewässerbewirtschaftung / Flussgebietsmanagement - Oberirdische Gewässer -
NLWKN - Betriebsstelle Aurich * Oldersumer Straße 48 * 26603 Aurich

Danksagung:

Besonderer Dank geht an den 1. Entwässerungsverband Emden, namentlich an Obersielrichter R. Behrends und Verbandsingenieur J. van Dyk sowie an die beiden Schöpfwerksmeister M. Kurtz und K. Koch für die kooperative Umsetzung des Projektes. Innerhalb des NLWKN wurden die Arbeiten im GB 3.2 der Betriebsstelle Aurich maßgeblich unterstützt, genannt seien hier vor allem A. Engels und D. Post. Am Fischmonitoring an der Knock arbeiteten im Jahr 2017 S. Hagedorn (Bundesfreiwilligendienstlerin) und K. Jürgens (Praktikantin) engagiert mit – auch ihnen gebührt ein herzlicher Dank!

Titelbild: Ansicht vom Siel und Schöpfwerk Knock mit Glasaal (*Anguilla anguilla*; Fotos: Finch) und Dreistacheligem Stichling (*Gasterosteus aculeatus*; Foto: Jürgens)

Aurich, 15.02.2018

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	3
1 Vorwort	4
2 Lage und Beschreibung des Siel und Schöpfwerkes Knock	5
3 Besonderheiten der Fischwanderungen an Siel und Schöpfwerken in Ästuarien.....	7
4 Entwicklung der Verbesserung der Durchgängigkeit an der Knock	9
4.1 Ursprüngliche Varianten	9
4.2 Anpassung der Sielsteuerung – Entwicklung der Fischsielungen.....	10
4.3 Problematik der Sedimentablagerungen in der Außenmuhde	10
4.4 Implementierung der Fischsielungen.....	11
4.5 Weitere Maßnahmen	13
5 Beweissicherung: Sedimentation und Salz	14
6 Ergebnisse der fischökologischen Untersuchungen 2017	15
7 Weitere Planungen	17
7.1 Umsetzung der optimierten Fischsielungen ab 2018	17
7.2 Fortsetzung des fischökologischen Monitorings bzw. der Effizienzkontrolle.....	17
7.3 Weitere in den nächsten Jahren zu beachtende Aspekte.....	18
8 Fischschutz während des Pumpbetriebs.....	20
9 Zusammenfassung	21
10 Literatur.....	22

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lage des Siel und Schöpfwerkes Knock ca. 10 km westlich der Stadt Emden und wesentliche Teile des Einzugsgebietes bis zum nordöstlich gelegenen Großen Meer (Kartenquelle: https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/ ; Maßstab 1:75.000).	5
Abb. 2: Siel und Schöpfwerk Knock, emsseitige Ansicht, mit den nördlich gelegen vier Pumpen- und den südlich gelegen zwei Sielläufen (Foto: Finch).....	6
Abb. 3: Modell des Migrationsverhaltens von Glasaalen im Tideästuar. Während der Flut (<i>Flood</i>) vollständige Verteilung in der Wassersäule; mit Einsetzen der Ebbe (<i>Slack/Early Ebb</i>) Orientierung zu den Ufern und aktives Aufwärtsschwimmen; im Ebbstrom (<i>Ebb</i>) Aufenthalt am oder im Sohlsubstrat (aus Harrison et al. 2014).....	8
Abb. 4: Fischklappenanlage (Schütz im Hubtor) im Siel und Schöpfwerk Sautel (aus Finch 2010).	9
Abb. 5: Ergebnisse der Tiefenmessung der Außenmuhde 2014 (300 kHz Fächerecholot; NLWKN Norden, Herr Dirks, Herr Bruckert; Maßstab 1:2.000).	11
Abb. 6: Schema des Ablaufs der Fischsielungen im Vergleich zu einem normalen Sielzug in Abhängigkeit von den Tidewasserständen.....	13
Abb. 7: Boje mit Salz-Monitoringsonde am Moenkeweg (Foto: Finch).	14
Abb. 8: Ergebnisse der Vermessung der Binnenmuhde (300 kHz Fächerecholot; NLWKN Norden, Herr Dirks, Herr Bruckert).....	15
Abb. 9: Fisch-Monitoring an der Knock, hier ein Fang Dreistacheliger Stichlinge am 20.03.2017 (Foto: Jürgens).	16
Abb. 10: Schema des Ablaufs der ab 2018 optimierten Fischsielungen in Abhängigkeit von den Tidewasserständen.	18
Abb. 11: Ausbreitung des Lockstroms („FD 1“; vgl. Abb. 10) zu Generierung des Brackwasserlebensraums zwischen den beiden Wassergleichständen im Ebb- und Flutstrom in der Außenmuhde der Knock (Fotos: Finch).	19
Abb. 12: Propellerkopf mit Welle einer Pumpe des Siel und Schöpfwerkes Knock (hier zu Wartungszwecken ausgebaut; aus: EV Emden o.J.).....	20

1 Vorwort

Die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit, insbesondere für Fische und Neunaugen, ist vor dem Hintergrund des Verbesserungsgebotes eines der zentralen Ziele der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL 2000). Dabei wurden in Deutschland bisher im Bereich von Siel und Schöpfwerken nur wenige Anstrengungen unternommen, die Durchgängigkeit sowohl für den Fischaufstieg als auch für den Fischabstieg zu verbessern. Im Nordwestdeutschen Küstenbereich, den sich anschließenden Marschgebieten und in den Flussniederungen ist der Bedarf an solchen Maßnahmen in besonderem Maße gegeben. Hier ist zum einen mit über 300 Bauwerken eine signifikante Anzahl an Querbauwerken vorhanden, und zum anderen kommt etlichen dieser Bauwerke eine besondere Bedeutung zu, da sie in der ersten Deichlinie bzw. entlang tidegeprägter Flussunterläufe liegen. Sie stellen somit die „Einstiegs- bzw. Verbindungstore“ zwischen marin-brackigen und limnischen Lebensräumen dar und finden sich für die Vernetzung der verschiedenen Lebensräume daher an wichtigen Positionen. Sie sind, abgesehen von den Tidewehren in den Strömen und Flüssen (z.B. Herbrum (Ems), Hemelingen (Weser) und Geesthacht (Elbe)) somit die ersten Querbauwerke, die von aus dem Meer aufsteigenden Fischen zu überwinden sind und die letzten, die beim Abstieg eine Passage ermöglichen müssen. Ist eine Durchgängigkeit an dieser Stelle nicht vorhanden, so gehen große aquatische Lebensräume für die wandernden Arten verloren.

Potentiell betroffen sind sowohl die Laichwanderungen aller anadromen (zum Laichen aus dem Meer ins Süßwasser aufsteigenden) Fischarten als auch die der katadromen (zum Laichen aus dem Süßwasser ins Meer abwandernde) Fischarten. Doch nicht nur die Laichwanderung kann behindert werden, sondern auch die Wanderungen der Jungfische, die zum Aufwachsen den Lebensraum wechseln. Prominente Beispiele für anadrome Laichwanderungen sind Lachs, Meerforelle, Fluss- und Meerneunauge, Maifisch und im Küstenbereich auch die marine Wanderform des Dreistacheligen Stichlings, die alle zum Laichen aus dem Meer in die Flüsse oder sogar bis in die Flussoberläufe wandern. Katadrom ist der Europäische Aal, welcher aus den heimischen Flüssen und Seen in die Sargassosee vor Mittelamerika zum Laichen abwandert. Bei den Jugendstadien ist besonders der Aufstieg der Glasaale ins Süßwasser zu nennen,

aber auch z.B. die Abwanderung der Smolts von Lachs und Meerforelle sowie die der metamorphosierten Neunaugenlarven.

Für den Bereich der Unterems wird im 2015 in Kraft getretenen „Masterplan Ems 2050“ (MP-Ems 2015) unter Artikel 12 die Thematik der Verbesserung der Durchgängigkeit für das Gebiet der Unterems behandelt. Neben dem Tidewehr in Herbrum werden das Siel und Schöpfwerk Knock und das Oldersumer Siel konkret benannt sowie im Anhang sieben weitere Siel- und Schöpfwerksstandorte aufgelistet, an denen die Möglichkeiten zur Verbesserung der Durchgängigkeit geprüft werden sollen.

Bioconsult (2009, 2012) ermittelte für das Siel und Schöpfwerk Knock eine schlechte Durchgängigkeit für den Fischaufstieg, so dass die Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit dringlich ist. Vorliegender Bericht zeigt den Stand der Umsetzung von solchen Maßnahmen an dieser Stelle bis ins Jahr 2018. Der NLWKN, Betriebsstelle Aurich hatte an diesem Bauwerk schon vor Verabschiedung des MP Ems in enger Zusammenarbeit mit dem 1. Entwässerungsverband Emden (1. EV Emden) mit Studien zur Verbesserung der Durchgängigkeit begonnen (u.a. KÜFOG 2014), da das Einzugsgebiet u.a. seitens des LAVES (Dezernat für Binnenfischerei) als „Verbindungsgewässer“ bzw. weiter stromauf als „Laich- und Aufwuchsgewässer“ eingestuft wird und durch die Flussgebietseinheit Ems (Bioconsult 2012) als Vorranggewässer festgelegt wurde. Es hat eine Größe von 490 km². Auch wenn es verschiedene Unterschöpfwerksgebiete gibt, die der freien Durchwanderbarkeit des gesamten Einzugsgebietes entgegenstehen, so wird durch die Knock doch ein großes, küstennahes Einzugsgebiet für Wanderfischarten erschlossen, welches stromauf ohne Querbauwerke bis zum Großen Meer und darüber hinaus bis in die Umgebung von Aurich reicht.

Die praktische Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit wurden ergänzt durch Untersuchungen zur Fischfauna, die Aufschluss über das vorhandene Artenspektrum und die (relativen) Häufigkeiten sowie über mögliche Wanderbewegungen geben sollen. Die wesentlichen bisher vorliegenden fischökologischen Ergebnisse zur Knock werden im vorliegenden Bericht ebenfalls zusammenfassend dargestellt (vgl. JÜRGENS 2018).

2 Lage und Beschreibung des Siel und Schöpfwerkes Knock

Das Siel und Schöpfwerk Knock liegt im äußersten Westen Ostfrieslands am Emsästuar, benachbart zu den Niederlanden. Das Stadtgebiet Emdens ist ca. 10 km entfernt. Über das Siel und Schöpfwerk wird der überwiegende Teil (340 km²) des ca. 490 km² großen Verbandsgebietes des 1. EV Emden entwässert (Abb. 1). Daher kommt dem Bauwerk eine besondere Bedeutung im Küstenschutz und für Hochwassersicherheit des Binnenlandes zu.

Das binnendeichs gelegene Gewässernetz dient dabei der Entwässerung und in Zeiten hoher Niederschläge und gleichzeitig ungünstigen Entwässerungsverhältnisse in die Ems auch als Wasserspeicher. Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit dürfen diese Funktionen keinesfalls beeinträchtigen. Zuwässerungen von buten nach binnen, wie sie z.B. in der Wesermarsch praktiziert werden, finden an der Knock auch zu niederschlagsarmen Zeiten u.a. aufgrund der hohen Salinität des Emswassers nicht statt.

Die Steuerung des Siel und Schöpfwerkes Knock ist weitgehend automatisiert über eine Pegel- und SPS-Steuerungsanlage. Aufgrund der Bedeutung des Bauwerks für die Entwässerung ist aber auch ständig ein Schöpfwerksmeister vor Ort, so dass manuelle Steuerungsprozesse erfolgen und die Automatik ergänzen bzw. überwachen. Zur Entwässerung sind je nach Außenwasserstand zwei Sielläufe mit jeweils 11,85 m Breite und 37,9 m Länge oder vier Propellerpumpen mit einer maximalen Förderleistung von 60 m³/s (4x 15 m³/s) nutzbar (Abb. 2). Die Sielläufe sind jeweils mit einem Hubtorpaar (buten & binnen) ausgestattet (doppelte Deichsicherheit). In der Praxis wird unter Normalbedingungen das äußere Sieltor als Verschluss verwendet, während das innere Tor stets gehoben ist, u.a. um Korrosion zu vermeiden. Nur bei Sturmfluten und Gefahrensituation wird auch das innere Sieltor mittels Hydraulikpumpen verschlossen. Als Alarminstallation sind binnenseitig Staupendel installiert, die bei aus der Ems einfließendem Wasser anschlagen und ein sofortiges Schließen des äußeren Tores bewirken.

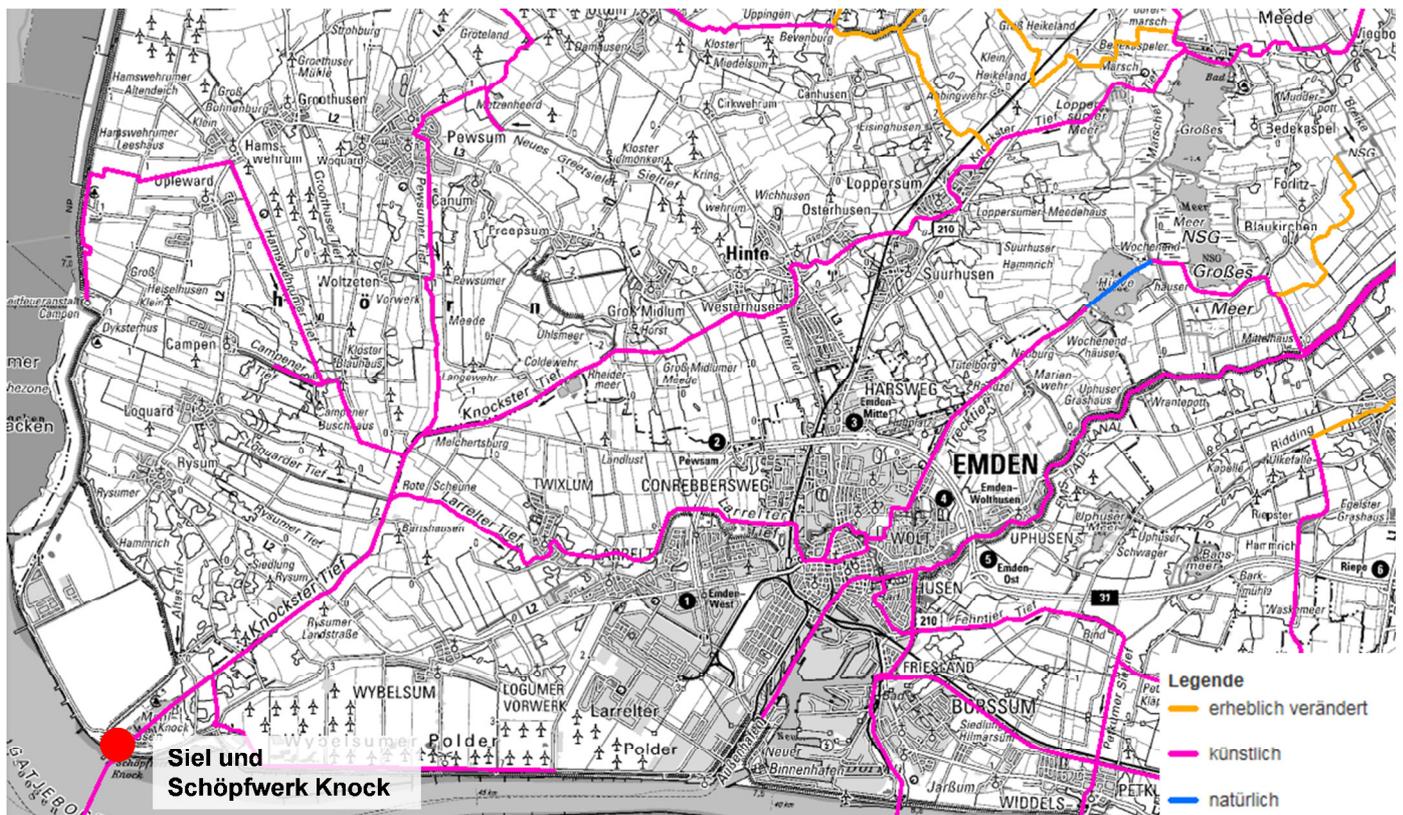


Abb. 1: Lage des Siel und Schöpfwerkes Knock ca. 10 km westlich der Stadt Emden und wesentliche Teile des Einzugsgebietes bis zum nordöstlich gelegenen Großen Meer (Kartenquelle: <https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/>; Maßstab 1:75.000).

Das unmittelbare Einzugsgebiet umfasst die beiden Hauptgewässer II. Ordnung (Knockster Tief und Larrer Tief) sowie zahlreiche daran angeschlossene Marschtiefs und Gräben (II., III. sowie ohne Ordnung). Ebenso gehören die beiden Seen „Hieve“ und „Großes Meer“ und die diesen zufließenden Marschgewässer, die ihren Ursprung teilweise in der Auricher Geest haben, zum Einzugsgebiet. Unterschöpf- bzw. Stufenschöpfwerke trennen die Einzugsgebiete niedriger gelegenen Wasserkörper mehrere Marschtiefs (105 km²) von den Hauptgewässern, aber das für Fische ohne Querbauwerke erreichbare Einzugsgebiet zwischen der Knock und Greetsiel gehört mit 383 km² dennoch zu den größten Ostfrieslands.

Aus ökologischer Sicht wird durch das Siel und Schöpfwerk eine künstliche, scharfe Trennung zwischen Süß- und Salzwasser bzw. zwischen den Bin-

nengewässern und dem Ästuar hergestellt. Ursprünglicher Tideeinfluss ist binnendeichs nicht mehr vorhanden. Salzwasser kann allenfalls nur noch in minimalem Umfang ins Binnenland vordringen. Ausgedehnte Brackwasserlebensräume, die wandernden aquatischen Arten als Orientierungs- und physiologischer Anpassungsraum dienen können, sind verloren gegangen. Es haben sich binnendeichs in relativ geringer Entfernung zur Deichlinie reine Süßwasserzönosen der limnischen Marschgewässer etabliert, die durch stärkeren Salzeinfluss beeinträchtigt würden. Nicht nur aus Gründen des Schutzes der Oberflächengewässer, sondern auch des Grundwassers und der Landnutzung gilt es, den Salzeinfluss so gering wie möglich zu halten. Allerdings liegen im Bereich des Knockster Tiefs an mehreren Stellen natürliche, oberflächennahe Salzvorkommen, die auch Auswirkungen auf das Gewässer haben (van Dyk, mündl.).



Abb. 2: Siel und Schöpfwerk Knock, emsseitige Ansicht, mit den nördlich gelegen vier Pumpen- und den südlich gelegen zwei Sielläufen (Foto: Finch).

Im Gegensatz zu etlichen anderen Siel und Schöpfwerken, an denen aufgrund von binnendeichs erfolgreicher Landsackung und Anstieg des Meeresspiegels bzw. des Tidehubs (fast) kein Sielbetrieb mehr möglich ist und die Entwässerung (nahezu) ausschließlich über Pumpen erfolgen muss, sind am Siel und Schöpfwerk Knock noch regelmäßig freie Sielzüge unter Nutzung des natürlichen Gefälles möglich.

Diese finden nur bei niedrigem Außenwasserstand max. 2x täglich um Niedrigwasser statt. Dies hat besondere Relevanz für den Fischabstieg und die Erzeugung von Lockströmungen (s. u.). Im Jahresmittel (2010-14) ist die Pumpmenge etwa doppelt so hoch wie die Sielmenge (58,2 / 27,4 Mio m³a⁻¹), wobei in den Wintermonaten u.a. auch wegen der niedrigeren Binnenwasserstände mehr geschöpft als gesielt wird

als in den Sommermonaten. Der Sielbetrieb wird ab einem Wasserstandsunterschied von 10 cm begonnen und endet ebenfalls kurz vor Wasserstandsgleichheit.

Im Rahmen der Bewirtschaftung des Siel und Schöpfwerkes Knock sind folgende Binnenwasserstände am Binnenpegel in Bedekaspel einzuhalten:

- Sommer = NN – 1,27 m
- Winter = NN – 1,40 m

Am Pegel Knock betragen die Mittelwerte der Tidekurve folgende Werte:

- MTHw = NN + 1,39 m
- MTNw = NN – 1,58 m
- MThb = 2,97 m

Dies bedeutet, dass freie Sielzüge im Sommer zwischen NN – 1,27 und NN – 1,58 m, also innerhalb

einer mittleren Wasserstandsdifferenz von 31 cm und im Winter innerhalb einer mittleren Differenz von 18 cm möglich sind, was 10 % bzw. 6 % des MThb entspricht. Die zur Verfügung stehenden Zeitfenster umfassen im Mittel also nur einen geringen Teil eines 12 Stunden dauernden Tidezyklus. Zudem unterliegen diese Zeiten bzw. sowohl die Binnen- als auch die Außenwasserstände aber zahlreichen Variationen (u.a. durch Windverhältnisse und Mondphase).

Da bei Pumpenbetrieb hohe Stromkosten entstehen – selbst wenn bevorzugt nachts gepumpt wird – erfolgt die Entwässerung bevorzugt über Sielzüge.

Binnenseitig schließt sich an das Bauwerk ein ca. 0,4 km² großer Mahlbusen an, der als Wasserreservoir ein schnelles Absenken des Binnenwasserstandes verhindert. Emsseitig existiert am Siel und Schöpfwerk Knock ein Vorhafen, der von zwei Molen umschlossen wird. Zur Ems setzt sich das Gewässer als ca. 300 m langes Außentief fort, welches durch zwei Leitdämme umgrenzt wird (vgl. Abb. 5 und Abb. 11). Da der gesamte Bereich dem Einfluss der Ems ausgesetzt ist, kommt es im Vordeichsbereich in unterschiedlichem Maße zu Sedimentablagerungen.

3 Besonderheiten der Fischwanderungen an Siel und Schöpfwerken in Ästuarien

Im Gegensatz zu klassischen Lösungen zur Herstellung der Fischdurchgängigkeit z.B. an Sohlabstürzen oder Wehren der Fließgewässer des Binnenlandes (vgl. z.B. DWA 2014) sind die Verhältnisse an Schöpfwerken grundlegend anders, da die Entwässerung mittels Pumpen entgegen des Fließgefälles erfolgt und freie Sielzüge mit dem Fließgefälle allenfalls bei bestimmten Wasserständen um Niedrigwasser möglich sind. Erschwerend kommt der Tideeinfluss hinzu, der außendeichs für ständig wechselnde Wasserstände sorgt (s.o.).

Hinsichtlich der Faktoren „Auffindbarkeit“ und „Passierbarkeit“, die für Fischwanderhilfen wesentlich sind (vgl. u.a. DWA 2014), gelten an Siel und Schöpfwerken also besondere Bedingungen. Eine konstante, gleichgerichtete Leitströmung, wie sie heute z.B. bei modernen Fischpässen im Binnenland angelegt wird, ist insofern an Siel und Schöpfwerken nicht vorhanden; sie müsste künstlich erzeugt werden, wobei die Frage bleibt, ob der Faktor „Strömung“ wie im reinen

Süßwasser hier tatsächlich ebenfalls relevant ist, oder ob vielmehr die Orientierung in einem gleichzeitig erzeugten Salzgradienten erfolgt bzw. sich die Fische bis zu einem gewissen Punkt passiv mit der Tide verdriften lassen. Dies ist inzwischen für Glasaale sehr gut beschrieben (Harrison et al. 2014). Demnach erfolgt die Stromaufbewegung der Glasaale mittels des sog. *Selective Tidal Stream Transport* (STST) (vgl. Abb. 3). Ein Übergang zur aktiven, stromaufgerichteten Bewegung findet bei den Glasaalen erst am Endpunkt der Tidewelle statt. Dies sorgt möglicherweise dafür, dass sich die Aale in Nieuwe Statenzijl (NL), nachdem sie passiv unter Tideeinfluss in den südlichen Dollart und damit an den Endpunkt der Tidewelle gelangt sind, anschließend aktiv in der dort vorhandenen Aufstiegshilfe ins Binnenland bewegen. Ein ähnliches Phänomen könnte auch in Wapeliersiel am südlichen Ende des Jadebusens vorliegen, wo 2017 während des Fischmonitorings am meisten Glasaale erfasst wurden (s. Kap. 6).

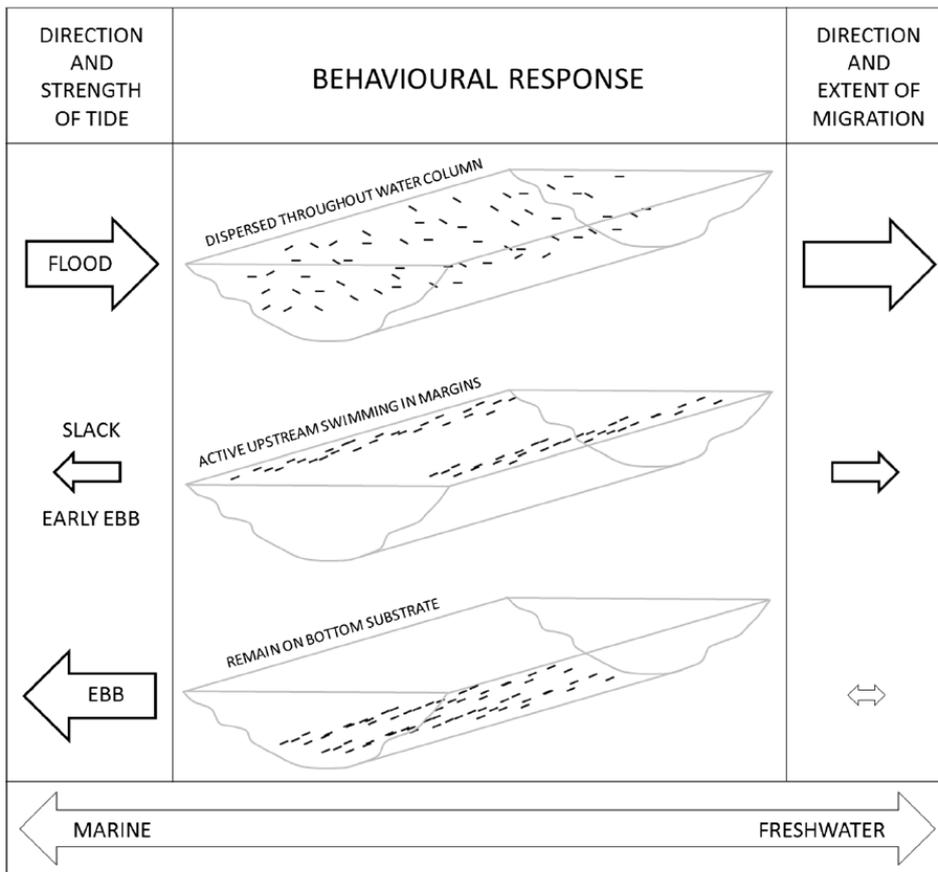


Abb. 3: Modell des Migrationsverhaltens von Glasaalen im Tideästuar. Während der Flut (Flood) vollständige Verteilung in der Wassersäule; mit Einsetzen der Ebbe (Slack/Early Ebb) Orientierung zu den Ufern und aktives Aufwärtschwimmen; im Ebbstrom (Ebb) Aufenthalt am oder im Sohlsubstrat (aus Harrison et al. 2014).

Während des Pumpbetriebs ist je nach Bauart, Drehzahl und Abmessungen der vorhandenen Pumpen unter Umständen ein Fischabstieg möglich; ein Aufstieg kann durch die Pumpen keinesfalls erfolgen, da mechanische Kräfte und bei niedrigen Drehzahlen auch Rückschlagklappen dies ausschließen. Für die an der Knock vorhandenen vier Propellerpumpen liegen zur Verträglichkeit für absteigende Fische keine genauen Angaben vor. Verletzte oder durch die Pumpen getötete Fische werden in der Außenmuhde bei Inaugenscheinnahme nicht beobachtet (Kurtz, mdl.), auch nicht während der eigenen Untersuchungen 2017. Da die Pumpen relativ langsam drehen (175 Umdrehungen/min) und einen großen Durchmesser haben (2,20 m) ist die Schädigungsrate für die Pumpen passierende Fische möglicherweise gering. Untersuchungen hierzu wären aber wünschenswert, zumal für die meisten Fische ein Eindringen in die Pumpen durch den Grobrechen (Stabweite 8 cm) problemlos möglich ist. Auch erfolgt der Pumpbetrieb zumeist nachts und bei hohen Abflüssen, u.a. im Herbst. Gerade zu diesen Zeiten kann es aber zu starken Abwanderbewegungen der besonders schädigungssensitiven Blankaale kommen (z.B. Vøllestad et al. 1986).

Während der Sielzüge ist eine gewisse Durchgängigkeit der Bauwerke für Fische gegeben. Der Abstieg während der Sielzugszeiten wird überwiegend als unproblematisch eingeschätzt und sollte z.B. abwandernden Blankaalen während der Sielzüge möglich sein, sofern sie keine negativ rheotaktischen Reaktionen gegenüber den im Bauwerksbereich erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten zeigen. Die Fische dürften über die durch den Sielzug induzierte Hauptströmung stromab geleitet werden.

Der Fischaufstieg während der Sielzüge wird allerdings stark beeinflusst durch die Wasserstände und die sich in Abhängigkeit davon im kastenartigen Gerinne des Siellaufs einstellenden Strömungsgeschwindigkeiten bzw. er ist abhängig von der Schwimmleistung der Fische. Bei normalem Sielbetrieb sind die Strömungsgeschwindigkeiten nach einer langsameren Anfangsphase im Mittel sehr hoch, so dass die Passierbarkeit deutlich eingeschränkt ist und allenfalls sehr schwimmstarken Arten eine Passage gelingen kann. Schwimmschwache Arten sowie Jung- und Kleinfische können das Bauwerk über die meiste Zeit eines Sielzuges nicht durchwandern. So liegen die kritischen Schwimgeschwindigkeiten bei Klein- und Jungfischen im Bereich von 0,35 bis 0,6 m/s (vgl.

KüFOG 2014). Der untere Wert sollte dabei z.B. für den Dreistacheligen Stichling gelten.

Insbesondere in Zeiten geringer Niederschläge, die nicht nur im Sommer sondern auch immer wieder im Frühjahr oder Herbst auftreten, findet allerdings nicht nur kein Pumpbetrieb, sondern auch keinerlei Sielbetrieb statt, so dass während solcher Zeiträume ohne gesonderte Maßnahmen keinerlei Fischwechsel durch das dann geschlossene Bauwerk möglich ist.

U.a. genau an diesem Punkt setzt das Konzept der Fischsielungen an, indem es in diesen Zeiten überhaupt Öffnungsphasen der Siele generiert, also für eine vermehrte Anzahl an Öffnungen sorgt und verlängerte Öffnungszeiten bei für Fische günstigen Strömungsbedingungen in den

besonders relevanten Jahreszeiten schafft (Frühjahr und Herbst).

In diesen niederschlagsarmen Zeiten können so auch trotz der zusätzlichen Öffnungsphasen für die Fischsielungen die für die Landwirtschaft wichtigen Mindestwasserstände (z.B. Sommerpeil) über einen langen Zeitraum eingehalten werden, da es nur zu geringen Abflüssen kommt.

An der Knock fördert diese Maßnahme aufgrund des zu erwartenden Artenspektrums, welches auch im Binnenland entsprechende Bedingungen vorfinden muss, im Frühjahr den Auf- und Abstieg verschiedener Fischarten und ggf. auch des Flussneunauges sowie im Herbst insbesondere den Abstieg der Blankale.

4 Entwicklung der Verbesserung der Durchgängigkeit an der Knock

4.1 Ursprüngliche Varianten

Zur Diskussion standen spätestens ab dem Jahr 2013, überwiegend auch schon früher, folgende Varianten zur Verbesserung der Durchgängigkeit an der Knock, die alle keinen Bezug nehmen auf die Pumpen (d.h. der Einsatz anderer Pumptechnik stand u.a. aus Kostengründen nicht zur Diskussion) (vgl. auch KüFOG 2014):

- 1) Einbau einer Fischklappe in eines der Hubtore (ähnlich den realisierten Maßnahmen in Petkum und Sautel; Abb. 4);
- 2) Verbindung zur Ems über das alte Siel am Altarm der Knock;
- 3) Verbindung über östliche gelegene Gewässerabschnitte an der Schäferei;
- 4) Weitere Varianten wie Installation eines Saugheberfischpasses, einer Fischschleuse o.ä.;
- 5) Anpassung der Sielsteuerung.

Variante 1) schied in der weiteren Diskussion aus, weil diese aufgrund der Belastung der Statik der vorhandenen Tore mit einem Neubau eines Hubtores verbunden ist. Dies führt zu erheblichen Kosten (ca. 414.000 EUR; vgl. KüFOG 2014).

Varianten 2) und 3) wurden als nicht realisierbar und zielführend bewertet, da (I.) die Auffindbarkeit aufgrund des Verlaufes der Hauptströmung über das Siel und Schöpfwerk Knock deutlich eingeschränkt wäre und (II.)

im Vordeichsbereich erhebliche Verschlickungsprobleme zu erwarten wären.



Abb. 4: Fischklappenanlage (Schütz im Hubtor) im Siel und Schöpfwerk Sautel (aus Finch 2010).

Zudem (III.) wäre die Deichsicherheit durch die Schaffung einer neuen Deichöffnung herabgesetzt bei gleichzeitig (IV.) erheblichen Kosten (ca. 522.000 EUR bzw. 1.210.000 EUR).

Alle Maßnahmen, die in den Bestand am Siel und Schöpfwerk eingreifen, führen ebenfalls zu erheblichen Kosten. So wurde der Bau eines Saugheberfischpasses mit 1.242.000 EUR geschätzt (vgl. KÜFOG 2014). Auch innerhalb des Gebäudes sind aufgrund der baulichen Enge und der vorhandenen Straße sowie der zu wahren Hochwassersicherheit kaum weitergehende

Maßnahmen vorstellbar (z.B. Fischaufzug nach KNOLL 2006 o. ä.).

Variante 5) wurde als effizient und kostengünstig (ca. 5.000 EUR) eingeschätzt. Zugleich versprach der Maßstab der Maßnahme eine hohe Effizienz, da über den 11,5 m breiten Siellauf eine ausreichend große und dem System des Ästuars angemessene Öffnungsweite erreicht werden kann.

Insofern galt es, u.a. als Fazit der Studie von KÜFOG (2014), die Realisierbarkeit der Variante 5) – Anpassung der Sielsteuerung – weiter zu verfolgen.

4.2 Anpassung der Sielsteuerung – Entwicklung der Fischsielungen

In der Variantenprüfung von KÜFOG (2014) wurde die Vorzugsvariante „Anpassung der Sielsteuerung“ als Rahmenentwurf einer weitergehenden Prüfung zur Verbesserung der Fischaufstiegsmöglichkeiten unterzogen. Normale Sielzüge zur Entwässerung mit vollständig geöffneten Sieltoren erfolgen ab bzw. bis 10 cm Wasserstandsunterschied, also buten 10 cm niedriger als binnen, um den Eintrag von Emswasser ins binnen-deichs gelegene Gewässersystem zu verhindern. Je nach Tidewasserstand und wandernden Sunk- (nach Oberstrom) bzw. Schwall- (nach Unterstrom) Welle errechnen sich die im Siellauf auftretenden Strömungsgeschwindigkeiten. Bei 400 m Wellenabstand ergibt sich beispielsweise zu Beginn bei 10 cm Wasserspiegeldifferenz eine Fließgeschwindigkeit von 1,77 m/s. Bei Niedrigwasser errechnet sich eine Fließgeschwindigkeit von 3,3 m/s. Somit ist für Fische während herkömmlicher Sielzüge bei Geschwindigkeiten von (deutlich) mehr als 1,5 m/s in den 38 m langen Sielläufen nur eine geringe Durchwanderbarkeit nach stromauf gegeben.

Die von KÜFOG (2014) im Weiteren vorgeschlagene Öffnung eines Sieltores bereits ab Wasserstandsgleiche im Ebbstrom und die ebenfalls als erforderlich angesehene stets spaltweise Öffnung wurde in den weiteren Planungen verworfen bzw. in anderer Form realisiert:

- 1) So ergaben Berechnungen durch A. Engels (NLWKN Aurich), dass die Geschwindigkeiten unter dem spaltweise geöffneten Sieltor z.B. bei einem Wasserstandsunterschied von nur 0,2 m schon 2,2 m/s betragen (während die Berechnungen durch KÜFOG (2014) niedrigere Werte ergeben haben). Hier werden also bei der „Strömung unter Spalt“ bereits frühzeitig für Fische nicht mehr überwindbare Strömungsgeschwindigkeiten erreicht, die auch oberhalb der Geschwindigkeit liegen können, die in einem voll geöffneten Siellauf entstehen. Auch wenn bei einer solchen Steuerung die Geschwindigkeit im übrigen Siellauf geringer ist, so ist eine solch starke Unterströmung der spaltweise geöffneten Sieltore durch Fische die meiste Zeit nicht zu überwinden. Eine vollständige Öffnung zumindest bei geringen Wasserstandsunterschieden bietet hier Vorteile.
- 2) Eine dauerhafte spaltweise Öffnung des Sieltores von Wasserstandsgleiche im Ebbstrom bis zur Wasserstandsgleiche im Flutstrom führt zu starken Schlammablagerungen in den dann eingetauchten inneren Spanten, evtl. zu verstärkter galvanischer Korrosion des Tores und ggf. zu recht hohen Abflüssen, die gerade in Phasen niedriger Niederschläge nicht zu tolerieren sind, um die Soll-Wasserstände im Knockster Tief einzuhalten.

4.3 Problematik der Sedimentablagerungen in der Außenmuhde

Emsseitig kommt es am Siel und Schöpfwerk Knock durch die starke Sedimentbelastung der Unterems zu Ablagerungen. Die Ablagerungen bilden sich in Abhängigkeit vom Siel und Schöpfbetrieb sowie der Ti-

deströmungen. Bereits im Jahr 2014 wies der 1. EV Emden insbesondere auf einen Sedimentrücken im Mündungsbereich zur Ems zwischen den beiden Außenmolen hin (Abb. 5). Dieser war so stark aufgehöh-

dass er bei Ebbe kaum noch überspült war und die hier z.B. bei Pumpbetrieb auftretenden Strömungsgeschwindigkeiten eine Anwanderung von Fischen zu dieser Zeit erschwerten.

Eine möglichst umfangreiche Verbesserung der Durchgängigkeit konnte insofern nur erreicht werden, wenn die Außenmuhde einer regelmäßigen Unterhaltung unterliegt. Da diese Maßnahme inkl. der Beseitigung der Sedimentbank für den Verband insbesondere

auch deutlich bessere Sielzugmöglichkeiten gewährleistet, erklärte sich der 1. EV Emden nach mehreren Gesprächen im Jahr 2015 bereit, die regelmäßige Unterhaltung der sich in seinem Eigentum befindlichen Außenmuhde zukünftig jährlich selbst zu übernehmen. Entsprechende Baggerarbeiten sind durch ein Schiff der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) in den Wintern 2015/16 und 2016/17 erfolgt.

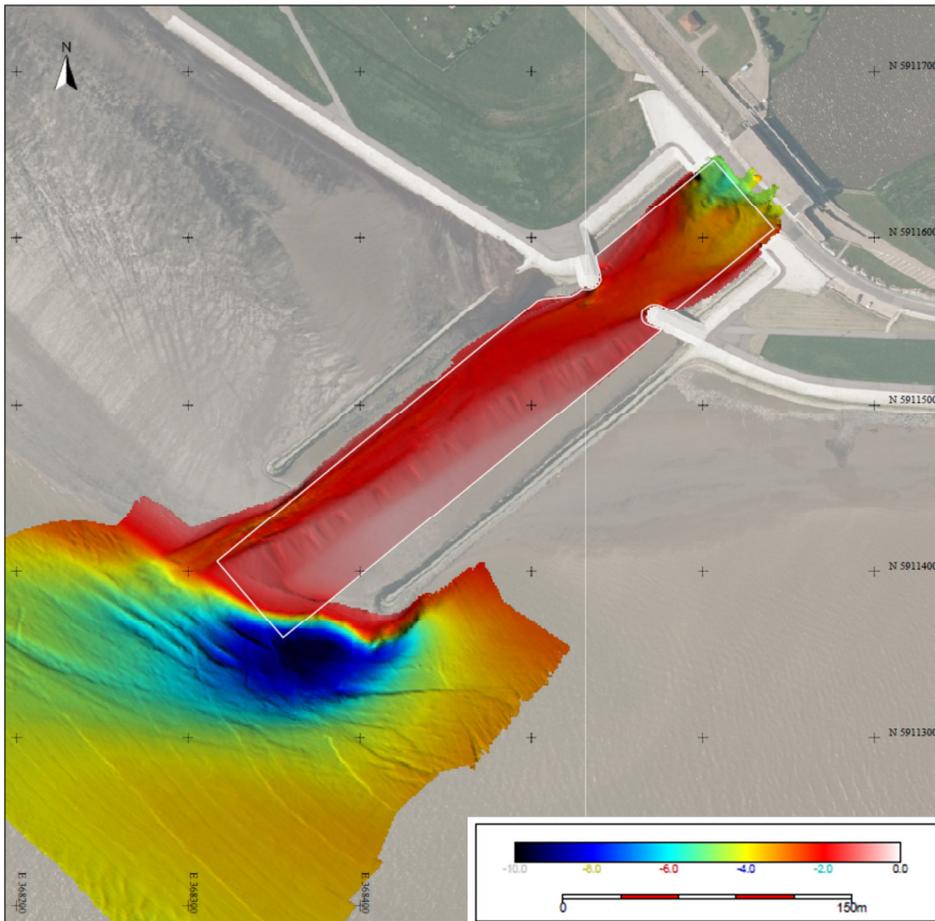


Abb. 5: Ergebnisse der Tiefenmessung der Außenmuhde 2014 (300 kHz Fächerecholot; NLWKN Norden, Herr Dirks, Herr Bruckert; Maßstab 1:2.000).

4.4 Implementierung der Fischsielungen

Sämtliche weitergehenden Überlegungen zur Verbesserung der Durchgängigkeit mittels Fischsielungen wurden gemeinsam vom 1. EV Emden und dem NLWKN Aurich vorgenommen.

Hinsichtlich der entstehenden Kosten wurde zwischen dem 1. EV Emden und dem NLWKN vereinbart, dass die unmittelbare Maßnahmenumsetzung durch das Land Niedersachsen getragen wird. Folgekosten entstehen dem Land Niedersachsen aber nicht, da der Verband als Eigentümer und Gewässerbewirtschafter diese Maßnahme als wichtigen Beitrag

zur EG-Wasserrahmenrichtlinie umsetzt. Zu derartigen Maßnahmen ist der Verband im Sinne des Verbesserungsgebotes aufgefordert.

Zur Verbesserung der Durchgängigkeit durch Fischsielungen wird der südlich im Bauwerk gelegene Siellauf 1 mit den Sieltoren 1 & 2 genutzt. So sollen Sedimentablagerungen und Salzwasser nahe der nördlich angeordneten Pumpen vermieden werden. Das Sieltor 2 ist außer in Gefahrensituation deaktiviert und wird im Normalbetrieb nicht als Verschluss genutzt, so dass alle Maßnahmen für ein fischfreundli-

ches Sielmanagement auf das Sieltor 1 konzentriert werden können.

Mit dem Ziel, bei größtmöglicher Effizienz die bauliche Belastung (Verschleiß), die personelle Belastung und den Einfluss auf das Binnengewässer so gering wie möglich zu halten, wurden Zeiträume festgelegt, während derer die Fischsielungen stattfinden sollen, sofern es die Entwässerungsverhältnisse gestatten: dies sind die Zeiten mit den zu erwartenden höchsten Wanderaktivität der Fische im Frühjahr (10.03. bis 31.05.) und Herbst (15.09. bis 30.11.). In den Sommer und Wintermonaten finden solche zusätzlichen Sielungen nicht statt.

Die Fischsielungen gliederten sich dabei zunächst in zwei Phasen: eine Lockstromphase, während der Wasser durch eine spaltweise Öffnung des Sieltores gedrosselt aus der Binnenmuhde in Richtung Ems abfließt und eine Einschwimmphase, während der das Sieltor ganz geöffnet ist und die Fischpassage bei steigendem Emswasserstand und somit geringer werdenden Strömungsgeschwindigkeiten bis zur Wasserstands-gleiche stattfinden kann. Kurz nach Wasserstands-gleich schließt das Tor vollständig.

Unter Anwesenheit von Mitarbeitern des Verbandes und des NLWKN Aurich erfolgte am 09.05.2016 und am 12.05.2016 ein Testbetrieb. Dieser Testbetrieb wurde etwa so durchgeführt, wie die Fischsielungen später automatisch ablaufen sollten: Das Sieltor 1 wurde bei auflaufend Wasser ab einer Wasserstands-differenz ab 1 m spaltweise um ca. 40 cm geöffnet. Dabei wurde das Tor durch den 1. EV Emden und den NLWKN (Herr R. Peters) zunächst auf möglicherweise auftretende Schwingungen geprüft. Solche Schwin-gungen konnten selbst bei größter Wasserstands-differenz weder mechanisch noch akustisch wahrgenom-men werden. Abnormale Verschleißerscheinungen sind insofern durch die Fischsielungen nicht zu erwar-ten. Gleichzeitig zeigte sich bei diesem Testbetrieb, dass in der Außenmuhde ab Differenzen um 30 cm geringe Strömungsgeschwindigkeiten auftreten, so dass eine Fischanwanderung und mit emsseitig zu-nehmenden Wasserstand bis zum Scheitelpunkt auch eine Fischpassage zu erwarten ist.

Da am 09.05.2016 ein Absacken des Tores bei Spaltöffnung beobachtet werden konnte, wurde für die zu implementierende automatische Steuerung eine automatische hydraulische Nachregelung erforderlich. Dafür waren auch Anpassungen der Hardware durch-zuführen.

Folgende Rahmenpunkte wurden festgelegt:

- Bei Pumpbetrieb keine Öffnung der Tore.
- Normaler Sielbetrieb hat Vorrang.
- Keine Fischsielungen bei Hochwasser buten oder binnen.
- Priorität der 2. Deichsicherheit (Rück-schlagpendel).
- Fischsielungen sind manuell ausschaltbar bzw. abubrechen (z.B. bei Wartungsarbei-ten).
- Wenn möglich werden beide Tiden im Tages-verlauf für Fischsielungen genutzt.
- Für Niedrigwasserstände binnen ist ein ma-nuelles Abschalten für 24h möglich.
- Gut sichtbare und nachvollziehbare Imple-mentierung in die vorhandene Steuerungs-software.
- Erforderliche Prozessmeldungen („Tor auf“, „Tor zu“) an die Sielwärter.
- Erfassung der Torwege in cm-Schritten.
- Öffnungswasserstände können manuell ein-gestellt werden.
- Übermittlung der Aktivitäten an das vorhan-dene Aufzeichnungssystem.

Zusammenfassend wurde im Vergleich zu norma-len Sielzügen für die Fischsielungen festgelegt (vgl. Abb. 6):

- Beginn der Fischsielung ab einer Wasserstands-differenz $<-\Delta W1$ ($-\Delta W1 = -65$ cm) und steigenden Wasserständen (buten) mit der spaltweisen Öff-nung des Sieltores um x cm (zunächst vorgesehen 45 cm; beide Werte manuell änderbar).
- Nach x Minuten (zunächst 15 min, manuell änder-bar) vollständige Öffnung des Sieltores bis zur Wasserstands-differenz von $+\Delta W3$ (+2 cm, manuell änderbar) kurz vor Anschlag der Staupendel.

Eine Steuerung über die Differenz $-\Delta W2$ war ent-gegen Abb. 6 aufgrund der sich ausbreitenden Sunk-Schwall-Welle nicht möglich, so dass hier auf eine zeitgesteuerte Lösung zurückgegriffen werden muss-te.

In der Phase der Spaltöffnung wird ein Nachsacken des Tores auf eine Spaltöffnung von 35 cm toleriert, danach beginnt die Nachregelung auf die voreinge-stellte Öffnungshöhe (z.B. 45 cm).

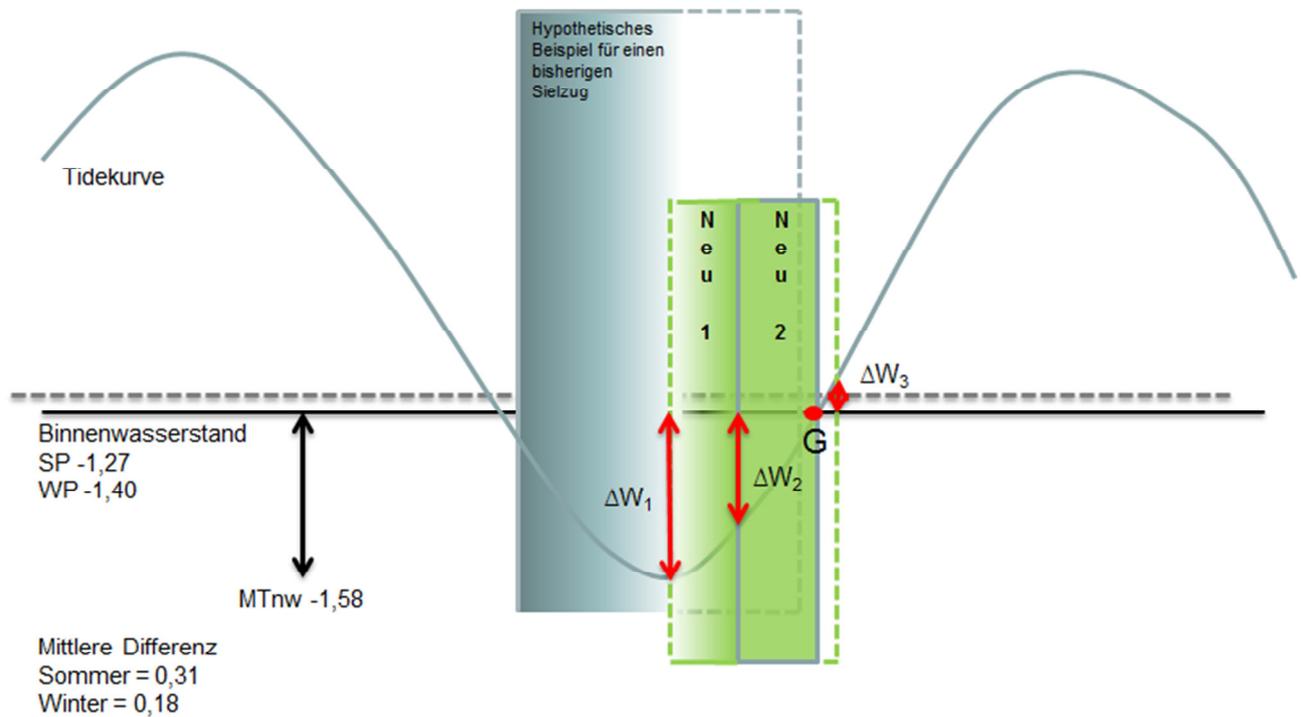


Abb. 6: Schema des Ablaufs der Fischsielungen im Vergleich zu einem normalen Sielzug in Abhängigkeit von den Tidewasserständen.

Eine erste vollständig über die neue Steuerung geregelte erfolgreiche Fischsielung konnte am 14.02.2017 durchgeführt werden. Die SPS startete den Prozess bei einer eingestellten Wasserstands-differenz von -60 cm mit der spaltweisen Öffnung des Sieltores 1. Die Spaltöffnungshöhe war auf 50 cm gesetzt, da die Hydraulik in diesem Bereich besser arbeitet als bei 40 cm. Nach 15 min Spaltöffnungszeit öffnete die Steuerung das Tor vollständig. Es blieb dann für 16 min vollständig geöffnet, bevor es automatisch wieder geschlossen wurde. Über die gesamte Laufzeit der somit 31 min dauernden Fischsielung fiel der Wasserstand im schöpferknackster Siel um 6 bis 7 cm. Im Vorfeld war die selbsttätige Schließung des Tores durch Ausschlag der Staupendel erfolgreich überprüft worden.

4.5 Weitere Maßnahmen

Damit die Abwanderung von Blankaalen im Spätsommer und Herbst aus dem Einzugsgebiet ungehindert möglich sind, wurde zwischen dem 1. EV Emden und dem Bezirksfischereiverband Ostfriesland e. V. (BVO e. V.) als Pächter des Fischereirechte einvernehmlich die Vereinbarung getroffen, dass zwischen dem 01.09. bis 31.12. eines jeden Jahres im südli-

chen Bereich des Knackster Tiefs zwischen der Ortschaft Hinte und dem Siel und Schöpfwerk keine Fangvorrichtungen (Reusen, Stellnetze o.ä.) gestellt werden dürfen.

Der zeitliche Umfang der zusätzlich durch die Fischsielungen generierten Öffnungszeiten lässt sich zukünftig über die Meldungen an das vorhandene Aufzeichnungssystem ermitteln. Im Frühjahr 2017 wurde demnach zwischen März und Mai insgesamt eine zusätzliche Öffnungsdauer von $20,6$ h erreicht. Dabei bleibt zu beachten, dass diese Öffnungen einen besonderen Wert für die Fischfauna haben, da sie zu den besonders relevanten Jahreszeiten erfolgen und das fischökologisch günstige Strömungsfenster um die Wasserstandsgleiche einschließen.

Die automatisierten Fischsielungen wurden durch manuelle Steuerungen ab Anfang Mai 2017 weiter adaptiert (vgl. Kap. 7). Diese optimierenden Anpassungen sollen bis zum Frühjahr 2018 auch in der automatisierten Steuerung umgesetzt werden.

Weiterhin hatte sich in den Vorjahren gezeigt, dass es auch bei normalem Betrieb der Sieltore in deren

inneren Spanten zu Schlick- und Detritusablagerungen kommt. Schon beim Testbetrieb zu den Fischschleusungen im Jahr 2016 wurde deutlich, dass sich dieses Phänomen durch die Teilöffnung (Spaltöffnung) des Tores im Siellauf 1 verstärken würde. Da-

her wurde im August 2016 eine Wasserleitung in die Hubtorkammern gelegt. Mit diesem Wasser können die Spanten durch Druckspülung einfacher und besser von den Schöpfwerksmeistern gereinigt werden.

5 Beweissicherung: Sedimentation und Salz

Um den Zustand des Gewässers auch nahe des Siel und Schöpfwerkes Knock und mögliche Auswirkungen der Fischsielungen zu überwachen, wurde ein Salz-Monitoring begonnen. Zudem erfolgte eine Vermessung der Sohlhöhen im binnen gelegenen Malbusen, um mögliche Sedimentablagerungen zu überwachen.

Neben der seitens des GLD der NLWKN Betriebsstelle Aurich einmal monatlich beprobten Messstelle am Buntelsweg (ca. 2.500 m stromauf) wurden drei Messsonden (Ott ecolog 800) an Bojen im Gewässerslängsverlauf des Knockster Tiefs installiert. Eine Messsonde befindet sich ca. 140 m stromauf des Bauwerks, also unmittelbar im Durchmischungsbe- reich (Boje 1). Eine zweite Sonde wurde auf Höhe der Straße „Moenkeweg“ ca. 1.600 m stromauf ange- bracht (Boje 2; Abb. 7). Die dritte Messsonde befindet sich an der Rysumer Landstraße im Knockster Tief (Boje 3; ca. 4.400 m stromauf des Siel und Schöpf- werks). Weitere manuelle Messungen erfolgen monat- lich durch den GLD an der Bartshauser Straße, ca. 6.000 m stromauf). Insofern ist eine recht dichte Messkette hinsichtlich des Faktors „Salz“ realisiert. Allerdings gab es bis Ende 2017 Probleme mit nicht plausiblen Werten der Messsonden. Dies kann an Problemen in der Messtechnik liegen, oder auch an landseitigen Salzeinflüssen. So liegen zeitweise die Leitfähigkeiten im Bereich Moenkeweg bzw. sogar an der Rysumer Landstraße höher als am Siel und Schöpfwerk (25.10. bis 25.11.2016). Die Messtechnik muss 2018 weiter optimiert werden, um durchgängig plausible Ergebnisse zu erhalten.

Trotz der Schwierigkeiten zeigten bisherige Mes- sungen, dass an Boje 1 bei längeren Pausen in den Sielzügen eine Salzzunge ankommt, die sich wahr- scheinlich aufgrund von Undichtigkeiten des Bau- werks von der Ems landeinwärts schiebt (z.B. 15.10. bis 15.11.2016). Bei Sielzügen wird dieses Salzwas- ser dann wieder nach außen transportiert.



Abb. 7: Boje mit Salz-Monitoringsonde am Moenkeweg (Foto: Finch).

Die hydrographische Vermessung der Sohlhöhen in der Binnenmuhde erfolgte am 27.09.2016 durch die NLWKN Betriebsstelle Norden: Es wurde ein Peilplan und eine Wegekarte erstellt (Abb. 8), so dass diese Untersuchung in den Folgejahren reproduziert werden kann. Aktuell sind die Wassertiefen im Malbusen überwiegend bereits geringer als 2 m. Zukünftig ist dann auch festzustellen, um welchen Sedimenttyp es sich handelt und ob Sedimente und Trübstoffe aus der Ems zu einer möglichen Verschlickung der Binnen- muhde beitragen. Solche Emssedimente könnten währen der Fischsielungen und durch normale Un- dichtigkeiten der Sieltore in die Binnenmuhde gelan- gen.

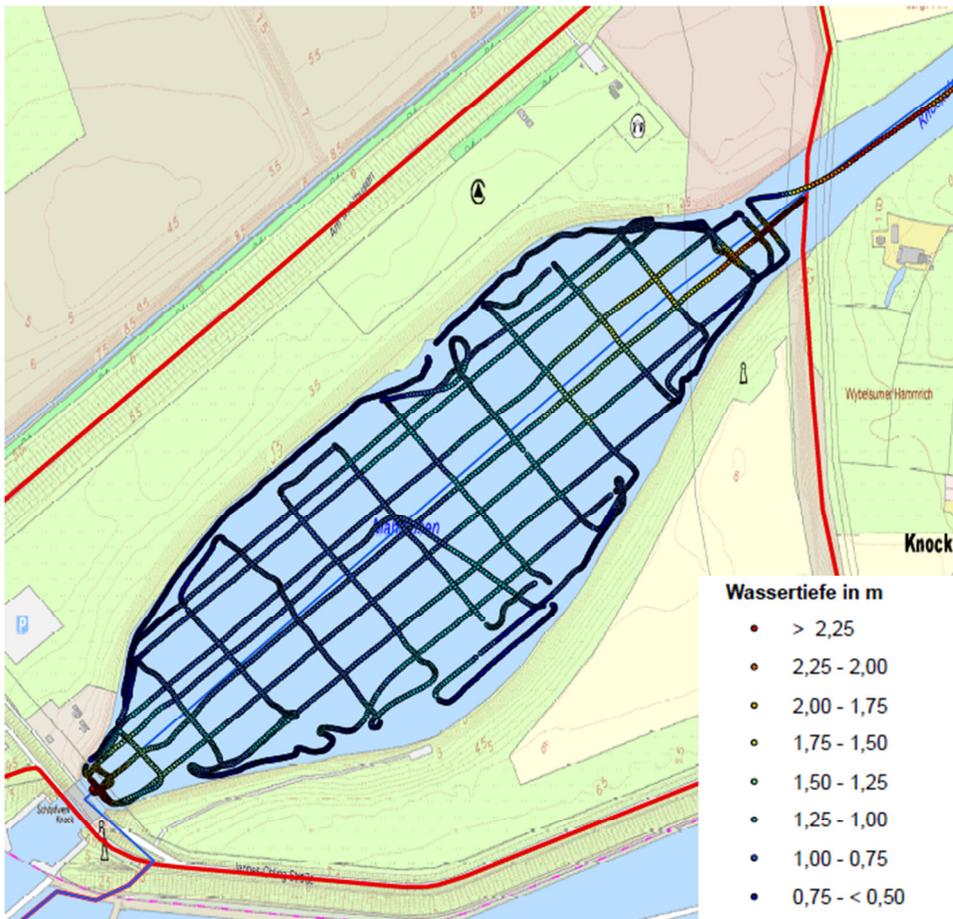


Abb. 8: Ergebnisse der Vermessung der Binnenmuhde (300 kHz Fächerecholot; NLWKN Norden, Herr Dirks, Herr Bruckert).

6 Ergebnisse der fischökologischen Untersuchungen 2017

Zur Fischfauna der Unterems liegen u.a. aus dem WRRL-Monitoring des LAVES (Dezernat für Binnenfischerei) umfangreiche aktuelle Erfassungen vor (Mosch, schriftl. 17.11.2017). Diese Erfassungen spiegeln aber nicht das Wandergeschehen an den Siel und Schöpfwerken wider, da sie an anderen Positionen erfolgen, nur zeitlich punktuelle Aufnahmen im Frühjahr und Herbst im Hauptstrom der Ems umfassen und Geräte der erwerbsmäßigen Fischerei verwendet werden, Jung- und Kleinfische also unterrepräsentiert sind. Binnendeichs erfolgen im Einzugsgebiet der Knock zur Fischfauna ebenfalls Monitoringuntersuchungen durch das LAVES im Rahmen des landesweiten FFH- bzw. WRRL-Monitorings. Hierbei erfolgen die Erfassungen standardmäßig mittels Elektrofischungen. Allerdings liegen auch hier keine Untersuchungen aus der unmittelbaren Umgebung des Siel- und Schöpfwerkes Knock vor. Eine Abschätzung des Einwandergeschehens ist mit die-

sen Daten nicht möglich, zumal diese Erfassungen ausschließlich im Herbst erfolgen.

Im Jahr 2016 ergaben erste Voruntersuchungen, dass sich u.a. Dreistachelige Stichlinge und Stinte am Bauwerk in der Außenmuhde des Siel und Schöpfwerk Knock einfinden. Darauf folgend wurde daher im Frühjahr 2017 erstmalig ein gezieltes Fischmonitoring durchgeführt (Abb. 9).

Umfangreichere Erfahrungen mit solchen Untersuchungen liegen bisher v.a. aus den Niederlanden vor, so dass die entsprechende Vorgehensweise – auch um eine internationale Vergleichbarkeit herzustellen – übernommen wurde:



Abb. 9: Fisch-Monitoring an der Knock, hier ein Fang Dreistacheliger Stichlinge am 20.03.2017 (Foto: Jürgens).

Mittels eines feinmaschigen (1 mm), 1 qm großen Hebenetzes werden alle 5 oder 10 min die sich in der Wassersäule aufhaltenden Fische durch schnelles Hochziehen des Netzes gefangen. So liefert diese Vorgehensweise Hinweise zu den vorhandenen Arten und zu den Häufigkeiten, in Abhängigkeit vom Standort, dem Erfassungstermin und z.B. auch vom Tidegeschehen.

Auch wenn absolute Vergleiche zwischen verschiedenen Standorten mit dem gewonnenen Datenmaterial kaum möglich sind, so kann man doch Hinweise zu Häufigkeiten und Vorkommen von Arten oder Gilden gewinnen (vgl. Jürgens 2018). Für die Knock haben die Untersuchungen 2017 gezeigt, dass im Vergleich zu den weiter stromauf an der Ems untersuchten Standorten Oldersum und Sautel sowie auch im Ver-

gleich zum Standort Pogum an der Knock mehr Fische auftreten. Von den Zielarten für die Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit wurden Dreistachelige Stichlinge und Glasaale an der Unterems im Vergleich der vier Untersuchungsstandorte in größeren Mengen nur in der Außenmuhde an der Knock erfasst (vgl. Jürgens 2018). Insgesamt dominierten Dreistachelige Stichlinge, juvenile Meeräschen und Glasaale die Fänge an der Knock. Süßwasserfische, die z.B. in Sautel deutlich häufiger gefangen wurden, traten an der Knock kaum auf (nur Brasse/Güster und Zwergstichling). Stattdessen wurden auch einzelne ästuartypische oder marine Arten erfasst (Seenadel, Stint und Seeskorpion). Die Phänologie der Wanderfische beginnt im zeitigen Frühjahr ab Anfang März mit der Anwanderung des Dreistacheligen Stichlings. Dann kommen die Glasaale mehr und mehr hinzu, bevor die Wanderungen Anfang Mai zurückgehen.

In den Abendstunden Anfang April waren viele Glasaale nachzuweisen. Die Ergebnisse zeigten weiter, dass besonders bei tideunabhängigem Pumpbetrieb Fische in die Außenmuhde einwandern. So wurden am 20.03.2017 nach längerem Pumpbetrieb hohe Abundanzen des Dreistacheligen Stichlings erfasst.

Ein möglichst hoher Anteil an Frischwasser aus dem Binnenbereich in der Außenmuhde führt dort also offenbar ebenso zu höheren Fischdichten wie die Abendstunden. Diese Erkenntnisse wurden dann im Sinne eines *adaptive management* für die weitere Optimierung der Verbesserung der Durchgängigkeit genutzt (vgl. Kap. 7).

Nachdem die Fischsielungen durch manuelle Steuerung Anfang Mai 2017 weiter optimiert worden waren, wurden am 10.05.2017 bei einem stichprobenartigen Fang mittels Hebenetzen kurz vor Schließung des Sielttores direkt im Siellauf 1 der Knock einzelne Glasaale, Dreistachelige Stichlinge und Meeräschen sowie jeweils Individuum vom Scheibenbauch (*Liparis liparis*), von der Seenadel (*Syngnathus* sp.) und eine Grundel (*Pomatoschistus* sp.) nachgewiesen. Diese Beprobungen zur Effizienz der Maßnahmen erwiesen sich zwar wegen der hohen Strömungsgeschwindigkeiten im Siellauf bzw. dem Verschluss des Sielttores als schwierig. **Dennoch liefern sie wertvolle Hinweise darauf, dass es offenbar den genannten Arten möglich ist, das Angebot der verbesserten Durchgängigkeit zu nutzen, um ins Binnenland zu gelangen.**

7 Weitere Planungen

7.1 Umsetzung der optimierten Fischsielungen ab 2018

Zwei im Jahr 2017 gemachte Beobachtungen sollen ab 2018 zu einer weiteren Optimierung der Fischsielungen genutzt werden. Die Steuerungstechnik soll im Winter 2017/18 entsprechend angepasst werden.

- 1) Am 20.03.2017 wurde während des Fischmonitorings die höchsten Dichten des Dreistacheligen Stichlings festgestellt. Vorausgegangen war eine längere Phase mit Pumpbetrieb.
- 2) In der Außenmuhde wurden während des Lockstroms bei Spaltöffnungsweiten von 50 cm je nach Tidewasserstand recht hohe Strömungsgeschwindigkeiten registriert. Diese verhindern möglicherweise eine effektive Einwanderung von Fischen aus der Ems in den Bereich der Außenmuhde.

zu 1) Aus der ersten Beobachtung wurde abgeleitet, dass es sich anbietet, die Außenmuhde bereits im Ebbstrom mit Wasser aus dem Knockster Tief zu füllen, um die Fische über einen möglichst langen Zeitraum anzulocken. Ab 2018 soll daher im Frühjahr das Sieltor 1 bereits kurzzeitig ab dem Zeitpunkt der Wasserstandsgleiche im Ebbstrom für ca. 10 min vollständig geöffnet und anschließend wieder geschlossen werden (FD 1 in Abb. 10 und Abb. 11). So wäre die Außenmuhde über den ganzen Zeitraum zwischen den Wasserstandsgleichen mit Frischwasser bzw. im Zeitverlauf leicht brackig werdendem Wasser befüllt – auf Fische würde sie ähnlich eines Brackwasserlebensraumes wirken (Abb. 11). Im Flutstrom wird dann die Fischsielung mit dem Einsetzen der Lockströmung

(FD 2) fortgesetzt, wobei eine geringere Spaltöffnungsweite verwendet wird (vgl. Punkt 2) und in zeitlich kürzerem Abstand die vollständige Öffnung (FD 3) erfolgt, so dass die Fische einwandern können. Im Herbst sind diese zusätzlichen Torbewegungen (welche u.a. mit zusätzlichen Alarmmeldungen an die Schöpfwerksmeister verbunden sind) nicht erforderlich, da der Dreistachelige Stichling und weitere kleinstwüchsige und somit schwimmschwache Wanderfischarten (Glasaal, Flunder, Stint) nicht zu erwarten sind. Primär soll im Herbst neben dem möglichen Aufstieg von Neunaugen und Salmoniden der schadlose Abstieg der Blankaale ermöglicht werden, so dass einfache, zusätzliche Fischsielungen im Flutstrom mit den Phasen FD 2 und FD 3 – wie sie bereits 2017 praktiziert wurden – ausreichen, um dieses Ziel zu erreichen.

zu 2) Im 2017 implementierten Programm zur Durchführung der Fischsielungen wurde als unterer Grenzwert bisher eine Spaltöffnungsweite von 35 cm festgesetzt. Zukünftig soll es möglich sein, auch geringere Spaltöffnungshöhen (z.B. 20 cm) einzustellen und die Nachregelungshöhe ebenfalls herabzusetzen (z.B. auf 10 cm). So werden geringe Strömungsgeschwindigkeiten während des Lockstroms gewährleistet, und es wird sichergestellt, dass die Fische von der Ems kommend in die Außenmuhde einschwimmen können. Die anschließende vollständige Toröffnung läuft wie bisher ab.

7.2 Fortsetzung des fischökologischen Monitorings bzw. der Effizienzkontrolle

Im Frühjahr 2018 soll u.a. durch Elektro- oder Zugnetzbefischungen vor bzw. während der Periode der Fischsielungen nochmals versucht werden, auch quantitative Hinweise auf die durch die Maßnahmen geförderte Einwanderung u.a. des Dreistacheligen Stichlings zu bekommen.

Auch sind Elektrobefischungen geeignet, um Kontrollbefischungen an bekannten Monitoringstrecken

u.a. des WRRL-Monitorings, welches durch das LA-VES betrieben wird, durchzuführen. Ein Abgleich mit den Fangzahlen aus früheren Jahren kann möglicherweise Veränderungen in den Fischartengemeinschaften aufzeigen. Auch an diesen Positionen sind für 2018 Befischungen vorgesehen.

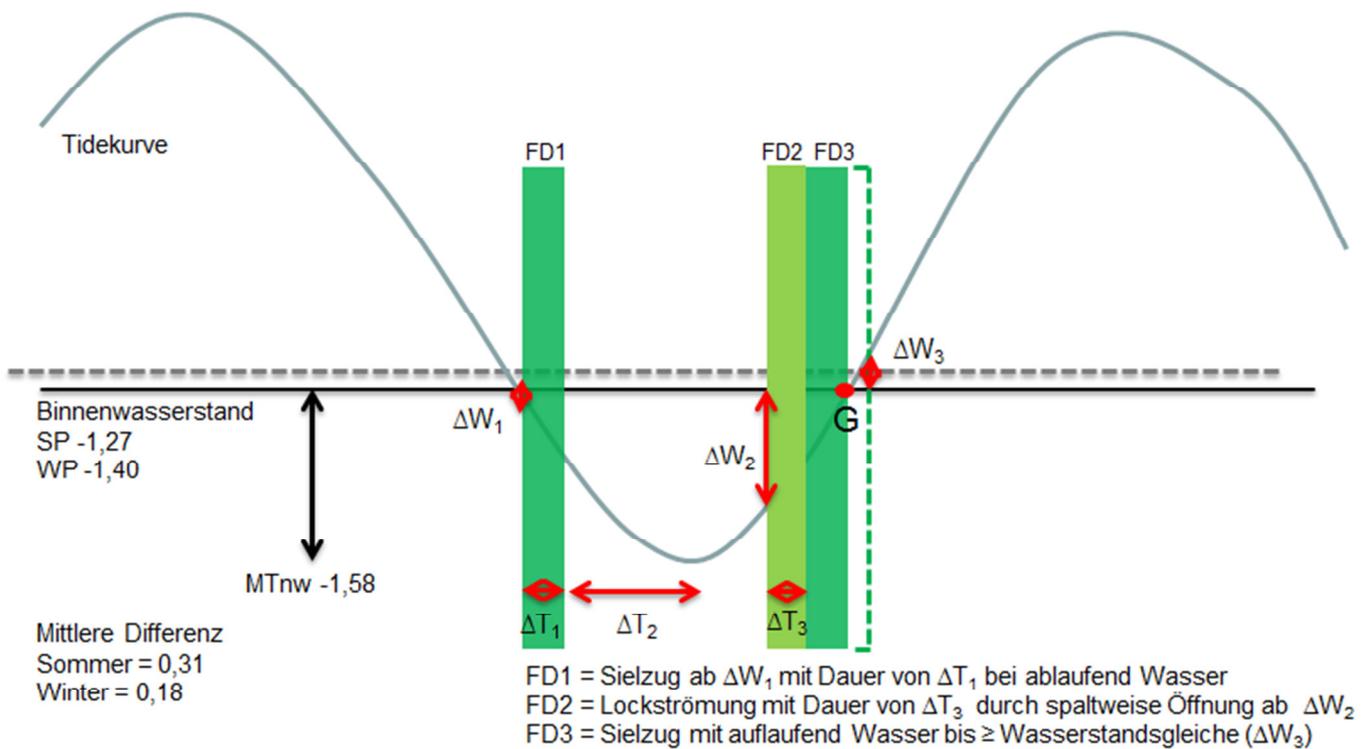


Abb. 10: Schema des Ablaufs der ab 2018 im Frühjahr optimierten Fischsielungen in Abhängigkeit von den Tidewasserständen.

7.3 Weitere in den nächsten Jahren zu beachtende Aspekte

Aufgrund der starken Unterströmung des Spaltes während der Lockströmung ist zu prüfen, ob der Bedarf an Opferanaoden an Sieltor 1 größer ist als an den anderen Sieltoren. Zusätzlich, durch die Fischsielungen verursachter Verschleiß lässt sich durch Vergleiche zwischen Sieltor 1 und Sieltor 3 (im Siellauf 2) feststellen.

Es ist eine weitere Beobachtung der Intensität der Sedimentablagerungen in den inneren Spanten des Sieltores 1 erforderlich. Obwohl projektfinitanziert bereits eine Spülrohrleitung beschafft wurde, bleibt zu

prüfen, ob und wie stark die Ablagerungen, welche durch die die Spaltöffnung während des Lockstromes verursacht werden, zunimmt. Die Arbeitsbelastung für die Schöpfwerksmeister muss diesbezüglich vertretbar bleiben.

Das Monitoring der Leitfähigkeit im Bereich des Knockster Siels ist fortzusetzen. Dabei sind die Messwerte weiter zu plausibilisieren. Nach einigen Jahren regelmäßigen Betriebs der Fischsielungen ist auch die Vermessung der Binnenmuhde zu wiederholen (dann inkl. Substratansprache).



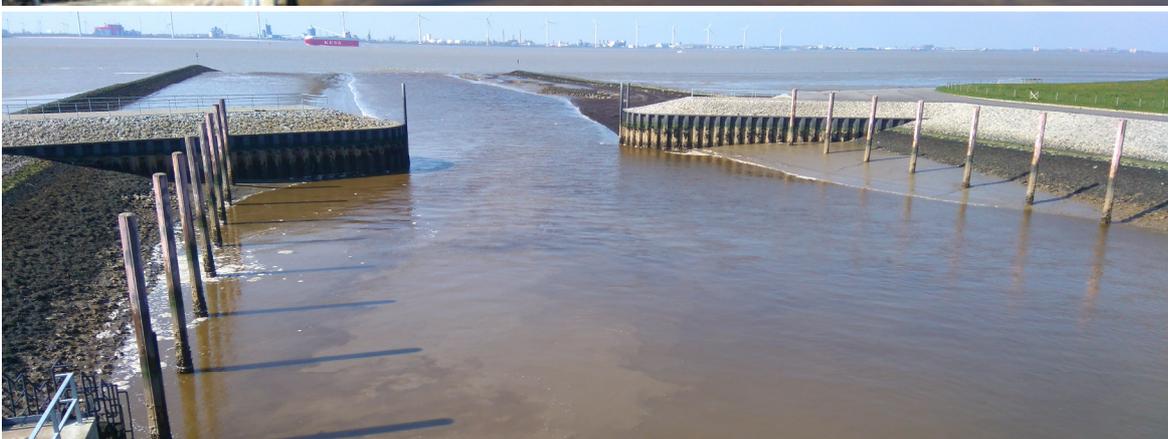
a)



b)



c)



d)

Abb. 11: Ausbreitung des Lockstroms („FD 1“; vgl. Abb. 10) zu Generierung des Brackwasserlebensraums zwischen den beiden Wassergleichständen im Ebb- und Flutstrom in der Außenmüde der Knock (Fotos: Finch).

8 Fischschutz während des Pumpetriebs

Am Siel und Schöpfwerk Knock bisher nicht betrachtet wurden mögliche Folgen des Pumpetriebs auf abstiegswillige Fische. Hier fehlen Untersuchungen zu etwaigen Schädigungs- oder Mortalitätsraten der während des Betriebs die Pumpen passierenden Fische. Unbekannt ist, ob es an der Knock bei den großen, vergleichsweise langsam drehenden Pumpen (s. v.; Abb. 12) tatsächlich kaum Schädigungen gibt. **Solche Untersuchungen sind also Voraussetzung, um ggf. erforderlich weitergehende Maßnahmen einzuleiten.**

Bei anderen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass insbesondere kleine und schnell drehende Pumpen hohe Schädigungsraten und Mortalitäten auslösen können (Kunst et al. 2010). Besonders bedroht ist der

Aal: Aufgrund seiner Körperform durchschwimmen auch große Individuen die Grobrechen mühelos und v.a. die abwandernden Blankaale sind aufgrund ihrer Körperlänge besonders durch die schlagenden Propellerblätter und die sich anschließenden Leitbleche der Pumpen gefährdet. Die Wanderungen der Blankaale finden im Herbst, nachts und bei erhöhten Niederschlägen statt (vgl. Kap. 3), also gerade dann, wenn der Pumpbetrieb gegenüber dem Sielbetrieb auch wegen der dann niedrigeren Binnenwasserstände an der Knock überwiegt. Auch sind die Anströmgeschwindigkeiten am vorhandenen Rechen mit 0,74 m/s so hoch, dass sie deutlich den Orientierungswert von 0,25 m/s übersteigen (vgl. KüFOG 2014, DWA 2005).



Abb. 12: Propellerkopf mit Welle einer Pumpe des Siel und Schöpfwerks Knock (hier zu Wartungszwecken ausgebaut; aus: EV Emden o.J.).

Von KüFOG (2014) wurde der Einsatz eines Migromaten®, durch den die Wanderaktivitäten gehälterter Aale mittels Besenderung in einem Beckensystem registriert werden, zur Verbesserung der Abstiegssicherheit für Fische vorgeschlagen. Allerdings entstehen beim Einsatz dieser Technik mehrere Schwierigkeiten:

1) Beschaffung der Aale für den Migromaten®: Es wäre eine Kooperation mit der örtlichen Fischerei erforderlich, um jeweils für Saisonbeginn geeignete

Aale vorrätig zu haben. Insgesamt entsteht ein zusätzlicher Arbeitsaufwand. 2) Der Pumpbetrieb ist im Gegensatz zu dem von Wasserkraftanlagen nicht aussetzbar, wenn mit dem vermehrten Anwandern von Aalen zu rechnen ist. Die Hochwassersicherheit ist gerade in Phasen hoher Niederschläge auf den Pumpbetrieb angewiesen, ein Aussetzen kommt in diesen Zeiten nicht in Frage. Zudem wird dem Sielbetrieb allein schon aus Kostengründen stets der Vorzug gegeben, d.h. weniger Pumpbetrieb könnte nicht

durch mehr Sielbetrieb ausgeglichen werden. Selbst wenn der Migromat® anzeigen würde, dass die Aale verstärkt wandern, müsste aus Gründen der Hochwassersicherheit in diesen Fällen dennoch gepumpt werden. 3) Die Technik des Migromaten® ist nicht unumstritten (Larénier & Travade 2011). Die Vorhersagesicherheit ist u. U. unzureichend und es erfolgen Betriebsunterbrechungen ohne Aalwanderungen bzw. es erfolgen Aalwanderungen ohne Betriebsunterbrechungen. Dies wäre bei Einbau der Technik nicht zu tolerieren.

Eine andere Lösung wäre der Einsatz geeigneter Fischeschonrechen, die ggf. für den Gefahrenfall wegklappbar installiert sein müssten. Solche Rechentechnik gibt es inzwischen für verschiedene, auch groß dimensionierte Wasserkraftanlagen. Sie sollte prinzipiell auch an Schöpfwerken einsetzbar sein (u.a. Hasinger, schriftl. Mitt.), sofern ebenfalls eine geeignete Rechenreinigungstechnik eingesetzt wird. Allerdings bleibt dann das Problem, die Fische von Binnen nach Buten zu geleiten. Hier wären spezielle Vorrichtungen erforderlich, für die es bisher an Schöpfwerken nur unbefriedigende Lösungen gibt, u.a. weil sie nur für Aale entwickelt wurden (Lehmann et al. 2016). Ansonsten müssten die Fische in der Knock, also Binnen, vor den Fischeschonrechen verharren, bis sich die Möglichkeit für einen freien Sielzug ergibt.

Verhaltensbarrieren sind bisher grundsätzlich eher als ineffizient beschrieben. Insbesondere in Mar-

schengewässern sind z.B. Lichtscheucheinrichtungen zudem aufgrund der Wassertrübung wahrscheinlich weniger effizient. An Blasenvorhänge oder Schallscheuchanlagen können sich die Fische gewöhnen, sofern kein gut auffindbarer alternativer Wanderkorridor zur Verfügung steht. Auch haben diese Anlagen einen hohen Wartungsaufwand. Die Verwendung von elektrischen Scheuchanlagen erscheint im Brack- bzw. Salzwasser an der Knock wenig erfolgversprechend (vgl. KÜFOG 2014).

Neben möglichen, bisher weitgehend unerforschten Rechen-Bypass-Lösungen stellt die Verwendung fischeschonender Pumpen eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung des Fischschutzes dar (vgl. u.a. Finch et al. 2018). Die Technik ist bereits an Schöpfwerken in den Niederlanden verschiedentlich und in Deutschland erstmalig in Bayern im Einsatz. Die Ergebnisse, die u.a. im Auftrag der Hersteller solcher Pumpen gewonnen wurden, sind vielversprechend und zeigen, dass durch Neubau bzw. Nachrüstung vorhandener Pumpen fischeschonende Lösungen etabliert werden können.

Dies bedeutet, dass bei entsprechenden Schöpfwerksrevisionen – auch am Siel und Schöpfwerk Knock – unbedingt die Möglichkeiten des Einbaus solcher fischeschonender Pumpen oder anderweitiger Lösungen (fischeschonende Rechen o.ä.) geprüft werden sollten.

9 Zusammenfassung

Bereits seit einigen Jahren wurde sich mit der Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit am Siel und Schöpfwerk Knock befasst. Seit 2015 wurden die Möglichkeiten in enger Zusammenarbeit zwischen NLWKN und dem 1. Entwässerungsverband Emden zunehmend konkretisiert. Im Frühjahr 2017 konnte nach eingehender technischer Prüfung erstmalig mit tidegesteuerten, automatisierten Fischesielungen begonnen werden. Diese zusätzlichen Sielungen verbessern insbesondere in Phasen mit wenigen oder keinen normalen Sielzügen im Frühjahr und Herbst die Durchgängigkeit für Fische. Durch Öffnungszeiten bis zum Gleichstand der Wasserstände von Ems und Knock decken die Fischesielun-

gen die Schwimmfähigkeiten verschiedener Fischarten und -größen ab. Neben allgemeinen Aspekten zur Durchgängigkeit an Siel und Schöpfwerken werden in vorliegender Schrift die vorbereitenden Arbeiten am Siel und Schöpfwerk Knock ebenso dargestellt wie die Umsetzung und die noch geplante weitere Optimierung der Maßnahme. Letztere umfasst eine zusätzliche Öffnungsphase im Flutstrom, die in den Frühjahrmonaten vor allem die beiden Zielarten Dreistacheliger Stichling (*Gasterosteus aculeatus*) und Glasaal (*Anguilla anguilla*) mit größerer Effizienz in die Außenmuhde locken soll.

10 Literatur

- BIOCONSULT (2009): Durchgängigkeit und Vernetzung von Küsten- und Binnengewässern Bestandsituation und Konkretisierung von Maßnahmen im Sinne der EG-Wasserrahmenrichtlinie. – unveröff. Gutachten, Bremen, 121 S. + Anhang.
- BIOCONSULT (2012): Herstellung der Durchgängigkeit für Fische und Rundmäuler in den Vorranggewässern der internationalen Flussgebietseinheit Ems. – unveröff. Gutachten, Bremen, 182 S. + Anhang.
- EG WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. ABl. L 327 vom 22.12.2000.
- EV Emden (o. J.) Der I. Entwässerungsverband Emden – Gestern. Heute. Morgen. – Broschüre, Krummhörn, 20 S.
- DWA (Hrsg.) (2005): Fischschutz und Fischabstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. – In: DWA-Themen.
- DWA (Hrsg.) (2014): Merkblatt DWA-M 509 – Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. – DWA Regelwerk, 334 S.
- FINCH, O.-D. (2010): Erfolgskontrolle der im Rahmen von Ersatzmaßnahmen durch die EWE AG hergestellten Fischklappenanlage im Sauteler Siel. – unveröff. Gutachten, Rastede, 28 S. + Anhang.
- FINCH, O.-D., J. HUISMAN, C. LECOUR & P. P. SCHOLLEMA (2018): Fischschonende Pumpen in Schöpfwerken. – Wasserwirtschaft 2-3 (2018): 23-28.
- HARRISON, A. J., A. M. WALKER, A. C. PINDER, C. BRIAND, M. W. APRAHAMIAN (2014): A review of glass eel migratory behaviour, sampling techniques and abundance estimates in estuaries: implications for assessing recruitment, local production and exploitation. – Rev. Fish Biol. Fisheries 24 : 967-983.
- JÜRGENS, K. (2018): Fischmonitoring an Sielen und Schöpfwerken zwischen Ems und Jade 2017. – unveröff. Bachelorarbeit, Oldenburg, 65 S. + Anhang.
- KÜFOG (2014): Siel und Schöpfwerk Knock – Variantenprüfung für die Herstellung der Durchgängigkeit. – unveröff. Gutachten, Loxstedt, 65 S. + Anhang.
- KNOLL, S., A. MÜLLER-BELECKE & J.-H. MENG (2006): Herstellung der Fischdurchgängigkeit von Schöpfwerken im norddeutschen Tidegebiet. – Wasserwirtschaft 7-8 (2006): 29-32.
- KUNST, J. M., B. SPAARGAREN, T. VRIESE, M. KROES, C. RUTJES, E. VAN DER POWW KRAAN, R.R. JONKER (2010): Gemalen of vermalen worden – Onderzoek naar visvriendelijkheid van gemalen. – STOWA Wo3, 134 S.
- LARIENIER, M. & F. TRAVADE (2011): Test on the MII-GROMAT® biomonitor on River Shannon (Ireland). – In: Baran, P. & L. Basilico: Management plan to save the eel – Optimising the design and management of installations, S. 133-135.
- LEHMANN, B., B. ADAM; O. ENGLER; V. HECHT & K. SCHNEIDER (2016): Ethohydraulische Untersuchungen zur Verbesserung des Fischschutzes an Wasserkraftanlagen. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 151: 1-156.
- MP EMS (2015): Vertrag „Masterplan Ems 2050“. – 15 S.
- VØLLESTAD, L. A., B. JONSSON, N. A. HVIDSTEN, T. F. NÆSJE, Ø. HARALDSTAD & J. RUUD-HANSEN (1986): Environmental factors regulating the seaward migration of European Silver Eels (*Anguilla anguilla*). – Canadian J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1909-1916.



Seenadel (*Syngnathus* sp.; Foto: Jürgens).