©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

Kieler Notizen zur Pflanzenkunde (Kiel. Not. Pflanzenkd.) 43: 3–46 (2018)

Die Ausbreitungsbiologie des Schierlings-Wasserfenchels

– Jacqueline Neubecker –

Kurzfassung

Der Schierlings-Wasserfenchel (*Oenanthe conioides* (Nolte) Lge), ein zweijähriger Doldenblütler, ist eine prioritäre Art gemäß FFH-Richtlinie. Das Verbreitungsgebiet der endemischen Art liegt an der Elbe im Tidesüßwasserbereich zwischen Glückstadt und Geesthacht. Die Bundesländer Hamburg, Schleswig-Holstein und Niedersachsen, in denen das weltweit einzige Vorkommen liegt, haben eine besondere Verantwortung für den Erhalt der Art. Von 2000 bis 2004 wurde daher vom Botanischen Vereins zu Hamburg e.V. ein Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben - finanziert vom Bundesamt für Naturschutz und der Hamburger Behörde für Umwelt und Energie - durchgeführt, in dem die Biologie des Schierlings-Wasserfenchels erforscht und in einem Pilotprojekt die Ansiedlung der Art erprobt wurde. Ergebnisse zur Ausbreitungsbiologie werden im Folgenden vorgestellt.

Abstract: Dispersal biology of *Oenanthe conioides,* endemic to Northern Germany

The Elbe water-dropwort (*Oenanthe conioides* (Nolte) Lge), a biennal Apiacea, is a priority species subject to the Habitats Directive. The areal of the endemic species is situated at the river Elbe in the tidal freshwater sector between Glückstadt and Geesthacht. The federal states Hamburg, Schleswig-Holstein and Lower Saxony, comprising the worldwide unique occurrence, have a particular responsibility for the conservation of the species. Therefore, during the period 2000-2004 a testing an development project - funded by the Federal Agency for Nature Conservation and the Ministry of Environment of the Free and Hanseatic City of Hamburg - was conducted by the Botanical Association of Botany in Hamburg e.V., in which the biology of the species was investigated and settlement methods were tested. Results of the biology of dispersal are presented below.

1 Einleitung

Der Schierlings-Wasserfenchel (*Oenanthe conioides*) – spätestens seit dem Urteil des Bundesverwaltungsgerichts in Leipzig im Februar 2017 zur Fahrrinnenanpassung der Elbe ist die Pflanze jedem interessierten Botaniker bekannt.

Oenanthe conioides ist eine der vier prioritären Pflanzenarten, für deren Erhaltung Deutschland gemäß der FFH-Richtlinie (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie: Richtlinie 92/43 EWG des Rates) eine besondere Verantwortung zukommt, weil sie weltweit

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

nur an der Elbe und ihren tidebeeinflussten Nebenflüssen vorkommt, sie ist eine endemische Art. Die einzigen Vorkommen liegen in den drei norddeutschen Bundesländern: der Schierlings-Wasserfenchel gilt nach den Roten Listen gefährdeter Pflanzen Deutschlands (Korneck et al. 1996), Hamburgs (Poppendieck et al. 2010), Schleswig-Holsteins (Mierwald & Romahn 2006) und Niedersachsens (Garve 2004) als vom Aussterben bedroht.

Endemische Arten entstehen meist als Folge einer geografischen Isolation der Populationen, in der Isolation entwickeln sich eigene Arten. Der Schierlings-Wasserfenchel hat eine eigene ökologische Nische im tidebeeinflussten Süßwasserlebensraum der Elbe erobert. Ein Grund der Seltenheit und Gefährdung der Art liegt sicherlich darin, dass es sich um eine endemische Art handelt, aber auch darin, dass der Lebensraum der Art durch Eindeichungen und Nutzung des Vorlandes deutlich abgenommen hat. Daher ist es umso wichtiger zu wissen, ob geeignete Habitate (wieder) besiedelt werden können und besiedelt bleiben. Damit zusammen hängt auch die Frage, ob die Populationen miteinander in Verbindung und Austausch stehen.

Der Schierlings-Wasserfenchel (Abb. 1.1-1, Abb. 1.1-2 und Abb. 1.1-3) ist eine überwiegend zweijährigen Pflanze aus der Familie der Doldengewächse (Apiaceae). Das Vorkommen liegt an den Ufern der tidebeeinflussten Fließgewässer in einer Höhenlage etwa zwischen 1,1m und 0,3m unterhalb der MTHw-Linie, vegetationskundlich im Bereich der Flusswatten mit Pioniervegetation bis in die Röhrichtzone und am Rand des Tide-Weiden-Auwalds. Schwerpunktmäßig werden leicht geneigte Ufern auf Kleiboden besiedelt.

Seit der Jahrtausendwende ist die Art verstärkt im Fokus der Behörden und der Naturschutzverbände. Da bis dahin das Wissen um die Ökologie und Biologie von *Oenanthe conioides* noch relativ gering war, wurde zunächst von 2000 bis 2004 ein Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben (E+E-Vorhaben) durchgeführt, finanziert durch das Bundesamt für Naturschutz und die Hamburger Behörde für Umwelt und Energie (Botanischer Verein zu Hamburg e.V. (Hrsg.) 2004; Neubecker 2002, Neubecker et al. 2005). Erprobt wurde hierbei in einem Pilotvorhaben die Ansiedlung des Schierlings-Wasserfenchels. Nachdem die Ansiedlungsversuche des E+E-Vorhabens mit der Etablierung einer nachhaltigen neuen Population des Schierlings-Wasserfenchels am Priel Overhaken erfolgreich verlaufen waren, sollte der Gesamtbestand durch weitere Ansiedlungen gestärkt werden. So wurden vor allem auf Hamburger Gebiet viele Renaturierungs- und Ansiedlungsvorhaben durchgeführt (Neubecker 2010a, Neubecker 2010b). Eine Zusammenfassung der Ergebnisse des E+E-Vorhabens und der durchgeführten Maßnahmen findet sich unter http://www.botanischerverein.de/aktionen-und-projekte/gebietsbetreuung-durch-den-botanischen-verein/der-schierlings-wasserfenchel-oenanthe-conioides [letzter Zugriff: 2018-01-18]. Neben weiteren Themenbereichen wurde im E+E-Vorhaben auch die Ausbreitungsbiologie untersucht, die im Folgenden dargestellt wird.

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at



Abb. 1.1-1: Rosette des Schierlings-Wasserfenchels (*Oenanthe conioides*), NSG Schweenssand, Juli 2017.



Abb. 1.1-2: Blühendes Individuum des Schierlings-Wasserfenchels (*Oenanthe conioides*), NSG Heuckenlock, Juni 2017.

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at



Abb. 1.1-3: Früchte des Schierlings-Wasserfenchels (*Oenanthe conioides*), Vorland bei Kreetsand, August 2017.

1.1 Verbreitungsgebiet und Ausbreitungsarten des Schierlings-Wasserfenchels

Vorkommen des Schierlings-Wasserfenchels wurden erstmals im Jahr 1910 dokumentiert. Junge (1912) konnte bei Kartierungen in den Jahren 1910 und 1911 am Elbufer zwischen der Störmündung (in der Nähe von Glückstadt) und Howe (in der Nähe der Luhemündung) 31 Fundorte von *Oenanthe conioides* feststellen, an etwa 2/3 der Fundorte „reichlich/in Mengen“ und „mehrfach“. Noch in den 1950er Jahren soll die Pflanze nach Berichten Hamburger Botaniker viele Vorkommen mit zahlreichen Individuen gehabt haben. Nach einer starken Reduktion des Vorlandbereichs durch Eindeichungen nach der großen Sturmflut von 1962 und weiteren Eingriffen in das Tideregime der Elbe fand sich der Schierlings-Wasserfenchel 1995 in den von Junge angegebenen noch vorhandenen Fundorten bei einer Nachkartierung nur noch sporadisch (Below et al. 1996). Die Kartierungen im Rahmen des E+E-Vorhabens zum Schierlings-Wasserfenchel (Botanischer Verein zu Hamburg e.V. (Hrsg.) 2004) und insbesondere eine nachfolgende Kartierung der potenziellen Standorte des Schierlings-Wasserfenchels (Obst et al. 2006) ergaben, dass das Verbreitungsgebiet von *Oenanthe conioides* etwa zwischen Glückstadt und dem Stauwehr bei Geesthacht liegt und neben den seit langen bekannten Fundorten nur kleine weitere Bestände umfasst.

Insgesamt findet sich *Oenanthe conioides* im Verbreitungsgebiet zum einen in Form von zahlreichen verstreuten Vorkommen mit relativ geringer Individuenzahl, zum anderen gibt es einige wenige größere Populationen. Innerhalb der größeren Populationen variiert das Vorkommen räumlich und zeitlich in geringem Maße.

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

Der Gesamtbestand des Schierlings-Wasserfenchels ist nur dann langfristig gesichert, wenn gewährleistet ist, dass zum einen Diasporen in den bestehenden Populationen verbleiben, damit diese günstigen Lebensräume langfristig besiedelt bleiben. Zum anderen ist es für den genetischen Austausch zwischen Populationen und für Neubesiedlungen im Elbe-Tidelebensraum wichtig, dass auch eine Ausbreitung zwischen den Populationen bzw. in neu entstehende Habitate stattfinden kann und zum Erfolg führt.

Die Ausbreitungseinheit (Diaspore) der Doldengewächse, zu denen der Schierlings-Wasserfenchel gehört, besteht aus einer Spaltfrucht, die in zwei Teilfrüchte zerfällt. Die Fruchtwand von *Oenanthe sp.* enthält, wie bei fast allen im oder am Wasser lebenden Apiaceen, ein Aerenchym, das sich nur äußerst schwer und langsam mit Wasser füllt und infolgedessen eine Verfrachtung der schwimmenden Teilfrüchte durch fließendes Wasser über weite Strecken ermöglicht (Hegi, 1925/26). Die Früchte von *Oenanthe conioides,* die neben dem Aerenchym in der Fruchtwand augenscheinlich auch über eine wasserabweisende Epidermis verfügen, werden vermutlich hauptsächlich schwimmend über das Medium Wasser (hydrochor) ausgebreitet.

Die Kenntnis der Ausbreitungsbiologie des Schierlings-Wasserfenchels ist ein wesentlicher Bestandteil für das Verständnis der Verbreitung und der Gefährdung der Art. Viele bedrohte Pflanzenarten leben verinselt in ihren Rückzugsräumen, die nach einer Standortzerstörung oder –veränderung oder nach einer Nutzungsänderung der umgebenden Landschaft verblieben sind. Lebt *Oenanthe conioides* auch verinselt in Rückzugsräumen? Um sich der Beantwortung dieser Frage zu nähern, muss eine Reihe von aufeinander aufbauenden Fragestellungen beantwortet werden. Die Fülle der durchgeführten Untersuchungen und Ergebnisse zur Ausbreitungsbiologie wird hier fokussiert auf diejenigen Aspekte und Ergebnisse, die für die Beantwortung der Fragestellungen notwendig sind, die ausführliche Darstellung findet sich in den Berichten zum E+E-Vorhaben (Botanischer Verein zu Hamburg e.V. (Hrsg.) 2004).

2 Schwimmfähigkeit von Diasporen des Schierlings-Wasserfenchels

Wie lange sind die Diasporen von *Oenanthe conioides* schwimmfähig; kann eine hydrochore Ausbreitung über die Elbe stattfinden?

Dass Diasporen von *Oenanthe*-Arten schwimmfähig sind, ist seit langer Zeit bekannt. Nach Ulbrich (1928) halten sich die Früchte von *Oenanthe aquatica* zwei bis zehn Tage auf der Wasseroberfläche. Bei den Versuchen von Hroudova et al. (1992) waren die meisten Früchte von *Oenanthe aquatica* schon nach zwei Tagen, fast alle

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

aber nach Ablauf von fünf Tagen auf den Grund gesunken. Die von Below (1997) erstmals in kleinem Rahmen angesetzten Schwimmversuche mit *Oenanthe conioides* erbrachten ähnliche Ergebnisse.

Die hydrochore Ausbreitung an Flüssen wurde vielfältig untersucht (Boedeltje et al. 2004, Nilsson et al. 2010). Die in der nachfolgend aufgeführten Literatur genannten Methoden wurden auf Ihre Anwendbarkeit im Tide-Elbesystem geprüft und bei der Konzeption der durchgeführten Versuche berücksichtigt.

Basis für die Ermittlung der Ausbreitung einzelner Arten sind Kenntnisse über ihre Schwimmfähigkeit. Staniforth & Cavers (1976) testeten die Schwimmfähigkeit von *Polygonum*-Samen sowohl in ruhigem als auch in bewegtem Wasser. Schneider & Sharitz (1988) untersuchten die Schwimmfähigkeit von *Taxodium distichum* und *Nyssa aquatica*-Samen. Edwards et al. (1994) verglichen die Schwimmfähigkeit von *Asclepias perennis* und *A. exaltata*-Samen im Feld und im Labor. Huiskes et al. (1995) untersuchten die Ausbreitung der Samen von Halophyten in Tide-Salzmarschen der Niederlande. Danvind & Nilsson (1997) führten Schwimmfähigkeitsversuche mit 17 alpinen Pflanzenarten durch, um damit die Verbreitung dieser Arten entlang eines Flusses in Nordschweden zu erklären. Smith & Keevin (1998) untersuchten die Schwimmfähigkeit der Samen der gefährdeten endemischen *Boltonia decurrens* (Asteraceae), eine Art der Überschwemmungsgebiete. Bill et al. (1999) führten Schwimmfähigkeitsversuche mit 18 verschiedenen Arten durch, Bill (2000) testete verschiedene Methoden zur Untersuchung der hydrochoren Ausbreitung.

Die Diasporen müssen, wenn sie in ihrer natürlichen Umgebung beobachtet werden sollen, markiert werden. Payne & Maune (1981) untersuchten die Ausbreitung von *Cakile edentulata* var. *lacustris*, indem sie die Früchte der Art mit orange fluoreszierender Autofarbe besprühten. Nilsson & Grelsson (1990) untersuchten, ob sich Holzwürfel zur Darstellung der Ausbreitungswege von Diasporen an einem naturnahen Fluss eignen. Sie zeigten, dass bei einem Ausbringungsversuch die Anzahl von am Ufer wiedergefundenen Holzstücken positiv korrelierte mit der Anzahl von Diasporen im Treibsel, was nahe legt, dass Holzstücke als Diasporenersatz verwendet werden können. Nilsson et al. (1991) verwendeten rotbemalte *Pinus sylvestris*-Würfel mit 2,2 cm Seitenlänge. Die Kartierung der angelandeten Holzwürfel sollte ein Bild der räumlichen Verteilung von Samen entlang eines Flusses geben. Sie konnten bei Ausbreitungsversuchen mit Holzwürfeln an einem naturnahen Fluss feststellen, dass in denjenigen Flächen, in denen viele Holzwürfel wiedergefunden wurden, viele Pflanzenarten mit lange Zeit schwimmenden Samen vorkamen. Andersson et al. (1999) verglichen die gleichen *Pinus sylvestris*-Würfel mit Achänen von *Helianthus annuus* an einem naturnahen Fluss und an einem regulierten Flusslauf. Sie evaluierten die Brauchbarkeit von Holzwürfeln als „Diasporen-Nachahmer“ („diaspore mimics") in einem Landschaftsmaßstab. Die in zwei borealen Flüssen (naturnah/mit Staustufen) ausgebrachten Holzwürfel zeigten ein ver-

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

gleichbares Ausbreitungsverhalten wie ausgebrachte Achänen der Sonnenblume (*Helianthus annuus*).

2.1 Versuchsaufbau und Ergebnisse

Um die Früchte im Freiland in ihrer Ausbreitung verfolgen zu können, müssen diese farbig markiert werden. Der Einfluss der Markierung auf die Schwimmfähigkeit sollte daher vorab untersucht werden. Hierfür wurden trockene Früchte von *Oenanthe cf. conioides* (Ernte Spülfeld Glückstadt), die sterilisiert wurden, und im Versuchsjahr kurz vorher geerntete Früchte von *Oenanthe conioides* (Ernte Heuckenlock) auf ihre Schwimmfähigkeit untersucht. Auf gleiche Weise wurden unmarkierte Früchte untersucht. Da geplant war, neben der kleinräumigen auch die großräumige Ausbreitung der Diasporen zu verfolgen und dies bei den kleinen Früchten des Schierlings-Wasserfenchels nicht möglich ist, wurden auch größere Diasporen als „diaspore mimics“ verwendet: Haselnüsse mit Schale (vgl. Kapitel 6).

Die zu markierenden Früchte wurden mit gelber Leuchtfarbe besprüht und mussten sofort nach dem Einfärben in Papier gerollt werden, um ein Verkleben untereinander zu verhindern. Dadurch trennte sich ein großer Teil der Früchte in Teilfrüchte. Für die Versuchsansätze wurden die Diasporen (jeweils 25 Spaltfrüchte bzw. 50 Teilfrüchte oder Kombinationen) in 100 ml Elbwasser in 250 ml-Erlenmeyerkolben gegeben, je Kombination mit zwei Wiederholungen. Das Wasser war entweder unbewegt (die Glasgefäße wurden auf den Boden gestellt), was den Bedingungen in einem Graben oder Prielende entsprechen würde, oder bewegt. Die Glasgefäße wurden dafür auf einen Rüttler gestellt (75 U/min), das bewegte Wasser entspricht annähernd den Bedingungen in der Stromelbe. Die Glasgefäße wurden alle 12 Stunden kontrolliert. Dabei wurde die Anzahl abgesunkener Teilfrüchte in regelmäßigen Abständen gezählt, der Versuchsdurchlauf wurde nach 14 bzw. 15 Tagen beendet.

In der Auswertung wurde die Anzahl abgesunkener Diasporen umgerechnet auf die für die Ausbreitungsbiologie relevante Anzahl verbliebener schwimmender Diasporen. Für die auszugsweise Darstellung der Ergebnisse und zum Vergleich der Ergebnisse beider Versuche wurde beispielhaft die Schwimmfähigkeit der Diasporen nach 1-1,5 und nach 4,5 Tagen dargestellt. Der Zeitraum nach 1-1,5 Tagen wurde gewählt, da vermutet wird, dass sich in dieser Zeit die Diasporen im Freiland mit der Tide und der Strömung des Flusses von Population zu Population ausbreiten können. Für das Ermitteln der maximalen Ausbreitungsdauer der Teilfrüchte wurde der letztmögliche Termin vor der Keimung gewählt, der Ablesezeitpunkt am 4,5. Tag nach Versuchsbeginn. Die Ergebnisse zur Schwimmrate der Keimlinge werden im Folgenden nicht dargestellt.

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

Generell betrachtet schwammen die Teilfrüchte auf unbewegtem Wasser länger als auf bewegtem Wasser und die vorjährigen Diasporen länger als die diesjährigen. Die Haselnüsse sanken im dargestellten Beobachtungszeitraum nicht ab. Am schnellsten sanken diesjährige angetrocknete und einige Tage alte Teilfrüchte auf bewegtem Wasser ab. Schon nach 1-1,5 Tagen, einem Zeitraum innerhalb dessen vermutlich die Ausbreitung hauptsächlich stattfindet, zeigte sich dieses Schwimmverhalten. Die diesjährigen, frischen grünen Teilfrüchte auf bewegtem Wasser, die für die Ausbreitung an der Elbe vermutlich die wichtigste Rolle spielen, schwammen noch zu 52% nach einem Tag. Wie aus den Ergebnissen der täglichen Messung hervorgeht, waren bei dieser Kategorie erst nach etwa vier Tagen alle Früchte abgesunken.

Eine Markierung der Früchte ist zum Verfolgen der Diasporenausbreitung unter Freilandbedingungen auf jeden Fall notwendig. Der Versuch erbrachte, dass sich zum Verfolgen der kleinräumigen Ausbreitung (vgl. Kapitel 5) innerhalb der ersten 1,5 Tage auf bewegtem Wasser am ehesten die mit Farbe markierten, angefeuchteten (nicht sterilisierten) vorjährigen Früchte eignen. Ihr Schwimmverhalten entspricht in etwa dem der frischen und grünen, direkt von der Pflanze stammenden Früchte. Eine Markierung der Früchte hatte offensichtlich die Keimfähigkeit nicht beeinträchtigt, so dass aus Naturschutzgesichtspunkten auch ein Besprühen größerer Mengen von Diasporen für Freilandversuche zu vertreten ist.

Die Haselnüsse schwimmen, auch mit Farbe besprüht, nach 4,5 Tagen noch zu fast 100%. Haselnüsse sind wesentlich größer als die Früchte und daher bei Ausbreitungsversuchen im Freiland vor allem bei weiter vom Ausbringungsort entfernten Standorten leichter wiederzufinden als die markierten Früchte. Die Haselnüsse scheinen daher geeignet, als Diasporenersatz die Ausbreitung zwischen den Populationen (vgl. Kapitel 6) innerhalb der ersten ein bis zwei Tage qualitativ abzubilden.

2.2 Diskussion zur Schwimmfähigkeit von Diasporen

Der Laborversuch zur Schwimmfähigkeit der Teilfrüchte und der Haselnüsse bildet die Grundlage für die Versuche zur Schwimmfähigkeit im Freiland (vgl. Kapitel 5 und 6). Im Ergebnis zeigt sich, welche Art von Diasporen des Schierlings-Wasserfenchels für die Ausbreitungsversuche geeignet ist und ob die ausgewählten „diaspore mimics“, die Haselnüsse, verwendet werden können.

Rückschlüsse von den Ergebnissen der Laborversuche auf eine mögliche Ausbreitung im Freiland werden im Folgenden gezogen, hierbei ist jedoch einschränkend auf die geringe Anzahl an Wiederholungen in den Versuchsansätzen und die relativ geringen Wiederfundraten im Freiland zu verweisen.

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

Als ein wichtiges Ergebnis für die Einschätzung der Ausbreitung im Freiland wird unter der o.g. Einschränkung die Schwimmrate der frischen grünen Früchte auf bewegtem Wasser angesehen, diese schwammen nach 1,5 Tagen noch zu 52%. Vermutlich sind die ersten ein bis zwei Tage das Zeitfenster, in dem eine Ausbreitung stattfindet (vgl. hierzu auch Kapitel 3). Da die Fließgeschwindigkeit in Ufernähe aufgrund lokaler Unterschiede wie bspw. Uferlage (Prallhang/Gleithang), Uferbewuchs und Verwirbelungen durch Buhnen oder Baumwurzeln sehr divers ist und zudem die Fließgeschwindigkeit in Berechnungen nur als Mittelwert über die Wassertiefe dargestellt wird (BAW 2006), lässt sich über die reale Ausbreitungsdistanz von Diasporen wenig sagen.

Die generativen Individuen des Schierlings-Wasserfenchels stehen bei Flut meist vollständig unter Wasser, die reifen Früchte lösen sich von der Mutterpflanze und gelangen bei zu- oder abnehmendem Wasser auf die Wasseroberfläche. Von dort aus können die schwimmfähigen Diasporen, je nach Tide, stromauf oder stromab verdriftet werden, eine hydrochore Ausbreitung über die Elbe kann stattfinden. Die Diasporen schwimmen dann vermutlich ausreichend lange, um zur nächsten Population oder dem nächsten geeigneten Habitat zu gelangen.

3 Sinkgeschwindigkeit der Diasporen von *Oenanthe conioides*

Wie schnell sinken die Diasporen am Ende ihrer Schwimmphase ab; können sich die Diasporen unter Berücksichtigung ihrer Schwimmfähigkeit und Sinkgeschwindigkeit innerhalb und zwischen den Populationen ausbreiten?

3.1 Versuchsaufbau und Ergebnisse

Neben dem Versuch zur Schwimmfähigkeit wurde auch untersucht, wie schnell die Diasporen absinken, nachdem sie ihre Schwimmfähigkeit verlieren. Dazu wurden zehn Glaszylindern von 37cm Standhöhe (ca. 1l Volumen) mit Wasser gefüllt. Pro Zylinder wurden 10 Früchte (Doppelsamen) auf die Wasseroberfläche gelegt. Die luftgetrockneten Früchte stammen von Pflanze Nr. 1 aus den Messungen zur Schätzung des Diasporengewichts (vgl. Kapitel 4.1), der Versuch zur Sinkgeschwindigkeit wurde im Folgejahr durchgeführt. Die Glaszylinder wurden in 10 cm-Abschnitte eingeteilt (7-17cm, 17-27cm, 27-37cm) und die Sinkgeschwindigkeit der insgesamt 100 Früchte in den 3 Abschnitten mit Hilfe einer Stoppuhr (Sekunden/10cm) ermittelt. Die ersten 7cm wurden nicht gemessen, um Einflüsse auf den Beginn der Sinkphase auszuschließen. Die Sinkgeschwindigkeit wurde solange gemessen, bis alle Früchte abgesunken waren.

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

Für die Auswertung der Sinkgeschwindigkeit wurden Werte von Fehlmessungen ausgeschlossen, ebenso die Ergebnisse desjenigen Glaszylinders, in dem Seife zur Verminderung der Oberflächenspannung zugegeben wurde, da diese im Mittel deutlich schneller abgesunken waren. Diejenigen Früchte, die begonnen hatten zu keimen oder eine Algenschicht ausgebildet hatten, wurden bei der Auswertung ebenfalls nicht mit einberechnet, da sie meist deutlich langsamer zu Boden sanken als die anderen Früchte. Die verbleibenden 67 Werte setzen sich zusammen aus 3-10 Wiederholungen je Glaszylinder. Die hieraus errechnete mittlere Sinkgeschwindigkeit der Diasporen liegt bei 6,49 s/10cm (Abb. 3.1-1). Umgerechnet beträgt die Sinkgeschwindigkeit der Diasporen des Schierlings-Wasserfenchels 0,92m/min.

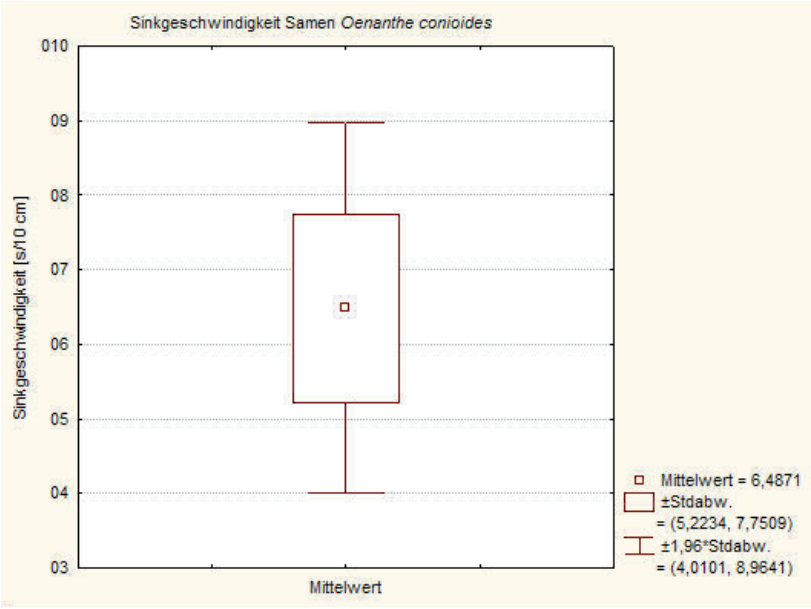


Abb. 3.1-1: Statistische Auswertung der Sinkgeschwindigkeit der Früchte von *Oenanthe conioides*.

3.2 Diskussion zur Sinkgeschwindigkeit der Früchte

Wenn die untersuchten Diasporen ihre maximale Schwimmfähigkeitsdauer erreicht haben (vgl. Kapitel 2), sinken sie mit einer Geschwindigkeit von 0,92m/min zu Boden und können dort, sofern es sich um ein geeignetes Habitat handelt, keimen. Die Messung der Sinkgeschwindigkeit wurde mit vorjährigen, luftgetrockneten Diaspo-

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

ren durchgeführt. Da diese relativ schnell gesunken waren und im Ergebnis des Versuchs zur Schwimmfähigkeit (vgl. Kapitel 2) eine längere Schwimmzeit als bei den frischen Diasporen festgestellt wurde, ist zu vermuten, dass die frischen Diasporen auch schneller absinken als die trockenen Diasporen.

Der Schierlings-Wasserfenchel hat seinen optimalen Standort in einer Höhenlage von 1,10m-0,30m unter MThW. Mit einer Sinkgeschwindigkeit von (mindestens) 0,92m/min sind die Diasporen bei mittlerem Tidehochwasser innerhalb von etwa einer Minute auf diese geeignete Höhenlage gesunken. Die Früchte fallen bei jeder Tidesituation von der Mutterpflanze ab und können sich von dort aus ausbreiten, sofern sie verdriften. Vermutlich finden sich also beim Verdriftungsziel auch in Höhenlagen unter und über der optimalen Verbreitungszone Diasporen in der Samenbank. Die Kombination der ermittelten, ausreichend langen Schwimmfähigkeitsdauer mit der am Ende der Schwimmfähigkeit relativ schnellen Absinkdauer ist eine gute Voraussetzung dafür, diejenige geeignete Höhenlage, in die sich die Art eingenischt hat, zu erreichen. Das Verdriftungsziel ist ein geeignetes Habitat; es kann in der Nähe der Mutterpflanze sein, aber auch weiter entfernte Populationen können theoretisch erreicht werden.

4 Schätzung der Diasporenproduktion von *Oenanthe conioides*

Wie viele Früchte produziert ein Individuum des Schierlings-Wasserfenchels durchschnittlich, lässt sich die Diasporenproduktion eine Population abschätzen?

Zur Ermittlung der absoluten Ausbreitungsrate von *Oenanthe conioides* ist neben der Kenntnis der Anzahl generativer Individuen einer Population auch die Menge an produzierten fruchtbaren Diasporen pro Pflanze wichtig. Daher wurde eine Untersuchung zur Ermittlung der Diasporenmenge mit Hilfe a) einer Schätzung über die Hochrechnung einer Zählung und b) einer Wiegung durchgeführt. Da die untersuchten zehn Pflanzen aufgrund ihrer individuelle Lebensgeschichte eine recht unterschiedliche Anzahl an Diasporen produzierten und sich diese auch nur über eine aufwendige Zähl- und Schätzmethode abbilden ließ, wird auf die Darstellung des Versuchsteils der Schätzung verzichtet. Mit Hilfe der Wiegemethode wurde die Anzahl produzierter Diasporen je Individuum ermittelt.

In der Praxis ist die Kenntnis des Tausendkorngewichts der Art wichtig, um die Menge der für Ansiedlungen oder wissenschaftliche Untersuchungen geernteten Diasporen einzuschätzen. Der Begriff des Tausendkorngewichts beinhaltet die Einheit, die zur Aussaat verwendet wird. Das Tausendkorngewicht wurde daher auf Grundlage der Ergebnisse der Wiegemethode errechnet.

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

4.1 Pflanzenmaterial und Versuchsaufbau

Die Ermittlung von Menge und Gewicht der Diasporen des Schierlings-Wasserfenchels erfolgte im Botanischen Garten Hamburg. Für die Untersuchung wurden zehn Pflanzen direkt dem Gebiet Heuckenlock an verschiedenen Stellen entnommen, um den Erfolg des Versuchs zu gewährleisten – im Vorjahr musste die Untersuchung an Individuen aus der Erhaltungskultur abgebrochen werden, da eine pilzartigen Erkrankung zu einem frühen Absterben der Pflanzen geführt hatte. Die Anzahl fruchtender Exemplare war im Untersuchungsjahr im Heuckenlock recht hoch und die im Versuch gesammelten Diasporen wurden aufgehoben als Grundlage für die Erhaltungskultur bzw. als Material für weitere geplante Ansiedlungsversuche, so dass die Entnahme von zehn Exemplaren vertretbar war.

Jede der zehn Pflanzen wurde anschließend in einen eigens hierfür angefertigten „Käfig“ gestellt und die Pflanzen wurden durchnummeriert. Der Käfig war ein aus Dachlatten angefertigtes, 1 m³ großes, kubisches Holzgestell, das an den Seiten mit einer feinen, für *Oenanthe*-Teilfrüchte undurchlässigen Gaze bespannt wurden. Auf dem Boden jedes Käfigs wurde eine samenundurchlässige Plane ausgebreitet. Oben waren die Käfige offen, damit Bestäuber die Pflanzen erreichen konnten (Abb. 4.1-1).



Abb. 4.1-1: *Oenanthe conioides* im "Käfig" in der Versuchsanlage des Botanischen Gartens Hamburg

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

Einen Monat nach Einrichtung des Versuchs auf dem Gelände der Tideanlage wurden Ende Juli eine erste Dokumentation des phänologischen Entwicklungszustands durchgeführt und die jeweils reifen Spaltfrüchte geerntet. Weitere Dokumentationen und Ernten erfolgten in Abständen von 14 Tagen und anschließend von zwei Mal einer Woche. Ende August waren alle Pflanzen bis auf Teile der Pflanze 8 abgestorben, die Ernte wurde für die anderen Pflanzen abgeschlossen. Mitte September wurden die restlichen Früchte der Pflanze 8 eingesammelt.

4.2 Ermittlung der Diasporenproduktion je Pflanze

Bei jedem Aufnahmetermin wurden die reifen Diasporen abgeerntet, soweit sie sich leicht von den Döldchen lösen ließen, und die abgefallenen Diasporen auf der Bodenplane eingesammelt. Die eingesammelten Diasporen wurden in einem geschlossenen Raum bei Zimmertemperatur ausgebreitet und auf diese Weise luftgetrocknet. Nach der Saatgutreinigung wurde für jede Pflanze das Gewicht von 10 x 100 Diasporen in Tüten gewogen, das Nettogewicht ermittelt und mit Hilfe des Gewichtes der Gesamtmenge reifer Früchte die Anzahl der Diasporen je Pflanze ermittelt (Abb. 4.2-1).

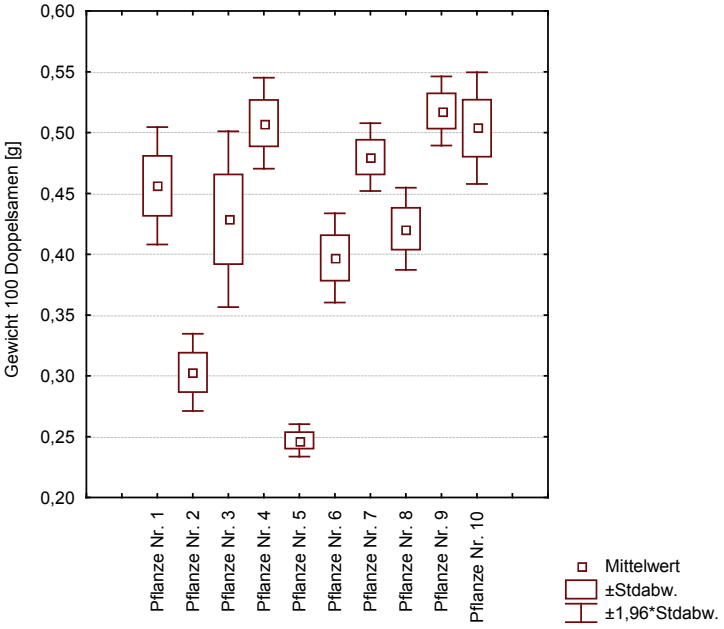


Abb. 4.2-1: Mittelwert Gewicht 100 Spaltfrüchte von *Oenanthe conioides* je Pflanze.

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

Das Wiegen aller Diasporen einer Pflanze ergab, geteilt durch das Einzelgewicht einer Diaspore, die reale Anzahl an Diasporen je Pflanze (Tab. 4-1). Im Mittel waren dies 2494 Diasporen je Pflanze.

Tab. 4-1: Gewicht und Anzahl der Diasporen von *Oenanthe conioides* je Pflanze

Pflanzen-Nr.	Gewicht 100 Diasporen [g], Mittelwert aus 10 Tüten	Gewicht einzelne Diaspore [g], errechnet	Gewicht aller Diasporen je Pflanze [g], gewogen	Anzahl Diasporen (Gewicht aller Diasporen/ Gewicht einzelne Diaspore)
1	0,4563	0,004563	9,519	2086
2	0,3029	0,003029	9,8 09	3238
3	0,4288	0,004288	19,951	4653
4	0,5078	0,005078	17,792	3504
5	0,2470	0,002470	3,711	1502
6	0,3970	0,003970	9,961	2509
7	0,4799	0,004799	8,504	1772
8	0,4210	0,004210	6,536	1552
9	0,5178	0,005178	9,953	1922
10	0,5037	0,005037	11,109	2205
Mittelwerte	0,42622	0,0042622	10,685	2494

Das mittlere Gewicht der geernteten Diasporen der 10 Versuchspflanzen des Schierlings-Wasserenchels (*Oenanthe conioides*) aus dem Heuckenlock lag bei 0,4262g/100 Diasporen, das ergibt ein Tausendkorngewicht von 4,262g.

4.3 Ermittlung der Diasporenproduktion je Pflanze

Mithilfe der Wiegemethode lässt sich zwar die Diasporenproduktion der jeweils untersuchten Individuen des Schierlings-Wasserfenchels ermitteln, der Lebensweg der Individuen verläuft aber so unterschiedlich, dass sich mit diesem Ergebnis keine

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

ausreichend genaue Vorhersage zur Gesamtmenge an Diasporen bei bekannter Anzahl blühender Individuen treffen lässt.

Auch vor Ort in den bekannten Populationen lässt sich beobachten, dass die Individuen innerhalb einer Vegetationsperiode unterschiedlich groß und alt werden – einige Pflanzen knicken ab und reifen z.T. weiter, andere fallen um und werden komplett verdriftet –, sodass auch dort die Diasporenmenge recht unterschiedlich ist. Die Diasporenproduktion einer Population lässt sich daher nur unzureichend anhand der Individuenanzahl abschätzen. Mit Hilfe der Wiegemethode lässt sich jedoch das praxisrelevante Tausendkorngewicht ermitteln und mit anderen Apiaceen vergleichen.

4.3.1 Literaturvergleich des Tausendkorngewichts mit anderen Apiaceae

Das Tausendkorngewicht vergleichbarer Apiaceae beträgt (Gewicht von einer Diaspore mit Anhängen, gerundet):

Aegopodium podagraria	2,485g
Angelica archangelica	4,885g
Anthriscus sylvestris	3,613g
Chaerophyllum bulbosum	1,500g
Carum carvi	2,374g
Conium maculatum	2,775g
Pastinaca sativa	4,190g
Peucedanum palustre	1,990g
Sium latifolium	1,184g

(umgerechnet auf das Tausendkorngewicht, aus: Hintze, C., Heydel, F., Hoppe, C., Cunze, S., König, A. & Tackenberg, O. (2013). D³: The Dispersal and Diaspore Database - Baseline data and statistics on seed dispersal. Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst. 15, 180-192. - www.seed-dispersal.info, letzter Zugriff: 2018-03-14).

Das Tausendkorngewicht von *Oenanthe conioides* liegt mit 4,262g im Vergleich zu anderen Apiaceae im schweren Bereich. Das hohe Gewicht und die Gestalt der Diaspore, eine glatte, wasserabweisende Spaltfrucht, lässt vermuten, dass der Schwerpunkt auf einer hydrochoren Ausbreitungsweise liegt. Auch die Erzengelwurz (*Angelica archangelica* L.) und der Wiesenkerbel (*Anthriscus sylvetris* (L.) Hoffm.), die beide in enger Nachbarschaft zum Schierlings-Wasserfenchel vorkommen können, haben relativ schwere und glatte Diasporen.

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

5 Kleinräumige Ausbreitungswege

Wie lässt sich die kleinräumige Ausbreitung der Diasporen nachverfolgen?

Die Freilandversuche sollten der Beobachtung der kleinräumigen Ausbreitungswege, auch als Vorversuch für die Untersuchung der Ausbreitungswege zwischen den Populationen, dienen. Mit verschiedenen Methoden wurde versucht, die Ausbreitung von Diasporen im Priel Overhaken und im Heuckenlock abzubilden. Ein Versuchsaufbau, bei dem Fangnetze verwendet wurden, war bzgl. der Ausbeute an eingefangenen Diasporen wenig erfolgreich und wird daher im Folgenden nicht beschrieben. Ein Versuch zur Darstellung des Samenregens rund um eine Mutterpflanze wird ebenfalls nicht wiedergegeben. Es werden die folgenden Versuche dargestellt:

Mit am Ufer ausgebrachten Sedimentationsmatten wurden diejenigen Diasporen „eingefangen“, die durch die Mutterpflanzen in der Population ausgestreut bzw. mit Bodensediment verfrachtet und weiter ausgebreitet oder von außerhalb über das Wasser hierher verfrachtet wurden (Kapitel 5.1). Weiterhin wurden farbig markierte Diasporen, deren Schwimmfähigkeit und Sinkgeschwindigkeit zuvor untersucht wurde, an verschiedenen Stellen innerhalb der Populationen des Schierlings-Wasserfenchels ausgebracht und in ihrer Ausbreitung dokumentiert (Kapitel 5.2).

5.1 Diasporenfang durch Sedimentationsmatten

In einem Freilandversuch wurde die Ausbreitungsrate und -distanz von Diasporen über das Wasser mithilfe von Sedimentationsmatten ermittelt. Die am Prielufer fixierten Sedimentationsmatten sollten das Elbsediment mitsamt den Diasporen, die sich darin natürlicherweise ablagern, auffangen.

In einem Vorversuch im Priel Overhaken wurden vier verschiedene Mattentypen auf ihre Eignung als Sedimentationsmatten hin geprüft. Bei den geeignetsten Sedimentationsmatten handelt es sich um 60 x 40 cm große Matten mit teppichartigem Gewebe. Diese Matten halten besonders gut die sedimentierende Schlicklage fest. Im Vorversuch wurde ebenfalls eine Methode zur Bestimmung der Diasporenfänge getestet. Die Samen wurden aus den Matten über einem feinmaschigen Sieb ausgewaschen. Diese Methode erwies sich als sehr aufwendig und wurde nicht weiter verfolgt, da der Schlick sich nicht vollständig abwaschen ließ. Stattdessen wurden die Matten mitsamt dem sedimentierten Schlick aufbewahrt und die Keimung aller auflaufenden Pflanzenarten dokumentiert.

Im Priel Overhaken wurde im Juli ein Transekt mit 13 der oben beschriebenen Sedimentationsmatten in der Nähe der Prielmündung am Prielufer angelegt. Die Sedimentationsmatten wurden hierfür auf dem Prielboden, der z.T. von der Vegetation

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

freigelegt werden musste, mit Heringen befestigt (Abb. 5.1-1). Im Heuckenlock wurden im Durchströmungspriel zwei Transekte mit jeweils 10 Matten am Prielufer im Tidebereich angelegt.



Abb. 5.1-1: Ausbringen der Sedimentationsmatten im Priel Overhaken am Südufer.

Alle drei Transekte mit den Sedimentationsmatten verblieben über die gesamte Reifungsperiode der Samen von *Oenanthe conioides* vier Monate lang ungestört an den drei Standorten (Abb. 5.1-2). Mitte Oktober wurden die Matten vorsichtig vom Untergrund gelöst und für die Dokumentation der Keimlinge zu einer Freilandanlage des Ökologiezentrums Kiel transportiert. Dort wurden die Matten mit dem aufliegenden Schlick jeweils in eine Plastikschale gelegt und diese in Kaltbeeten deponiert (Abb. 5.1-3), die zum Schutz vor Diasporen-Fremdeintrag mit einem Flies abgedeckt wurden. Bei Bedarf wurde gewässert, über Winter waren die Matten in frostfreien Gewächshäusern untergebracht. Die angesammelten Samen keimten nach und nach. Die aufgelaufenen Keimlinge wurden sobald es möglich war determiniert und danach aus der Matte entfernt, um den nachfolgenden Keimlingen Platz zu schaffen. Die Bestimmung und Zählung erfolgte an acht Terminen, im Dezember des Versuchsjahres und ab April des Folgejahres monatlich bis September. Durch eine achtmalige Bestimmung und Zählung der Keimlinge über einen Zeitraum von

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

einem Jahr wurden sowohl die Sofortkeimer, als auch Arten, die eine gewisse Keimruhe aufweisen erfasst.



Abb. 5.1-2: Verschlickte Sedimentationsmatte am 16.10., Prielsohle Nähe Mündung Priel Overhaken.



Abb. 5.1-3: Kaltbeete mit den Sedimentationsmatten in Plastikschalen, Freilandanlage Ökologiezentrum Kiel.

5.1.1 Artenreiche Sedimentationsmatten

Auf den Matten hatten sich nach vier Monaten reichlich Diasporen im bis zu zwei Zentimeter mächtigen Sediment angesammelt, die keimten und bestimmt wurden.

Es konnten 46 Pflanzenarten bestimmt werden. Zwei Keimlinge waren nur bis auf der Ebene der Familien zu bestimmen, fünf Keimlinge waren bis auf Gattungsebene zu bestimmen, z.T. konnte hier aber im Vergleich mit der vor Ort durchgeführten Vegetationskartierungen die Art vermutet werden. Die gekeimten Diasporen geben ein Abbild derjenigen Arten wieder, die sich im Priel durch Samenaustrag aus dem Priel oder durch Verdriftung über das Wasser von anderen Ufern in den Priel hinein finden.

Unter den Keimlingen der Sedimentationsmatten befanden sich viele Arten der Röhrichte, Hochstauden und Zweizahnfluren, die am Priel wachsen. In großen Mengen waren typische Arten wie *Nasturtium officinale, Persicaria hydropiper, Callitriche spec.* (bei Vegetationsaufnahmen am Priel als *Callitriche palustris agg.* bestimmt) und *Veronica catenata* gekeimt. *Urtica dioica* und *Poa trivialis* hatten in

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

ihrer Verbreitung am Priel Overhaken im Laufe der Beobachtungsjahre des E+E-Vorhabens deutlich abgenommen, finden sich aber offensichtlich im dortigen Sediment in größeren Mengen.

Oenanthe conioides hatte sich in drei Sedimentmatten verfangen, insgesamt acht Diasporen waren gekeimt.

5.1.2 Diskussion zum Diasporenfang durch Sedimentationsmatten

Die Methode war generell zum Samenfang geeignet, es wurden große Mengen unterschiedlicher Pflanzenarten, auch *Oenanthe conioides*, im sedimentierten Schlick gefunden. Der auf den Matten sedimentierte Schlick mit den darin enthaltenen Diasporen stellt einen räumlichen und zeitlichen Übergang von den durch Samenregen über das Medium Wasser ausgebreiteten Samen in die Samenbank dar. Im Laufe der Ablagerungen und Umschichtungen am Tideufer bildet sich aus der oberen Sedimentschicht eine Samenbank, in der die langlebigen Samen des Schierlings-Wasserfenchels lagern. Diese Samen erhalten bei einer Freilegung der Bodenschicht oder erneuten Umlagerung die Möglichkeit der Keimung.

Das E+E-Vorhaben beinhaltete verschiedene Untersuchungen zur Samenbank und zur oberirdischen Vegetation, die mit den Ergebnissen des Diasporenfangs durch Sedimentmatten verglichen wuden. Im Heuckenlock wurden an verschiedenen Stellen im Umfeld der Wuchsorte von *Oenanthe conioides* Bodenproben entnommen und die Samenbank untersucht. Von den in den Sedimentationsmatten aufgelaufenen Keimlingsarten fanden sich 18 Arten auch in den Bodenproben. Die Samenbank im Heuckenlock wies 17 weitere, insgesamt also 35 Arten auf. Im Vergleich der Keimlinge der Sedimentationsmatten mit denen der Bodenproben zeigt sich hier wie dort ein hohes Aufkommen von *Callitriche spec., Uritca dioica* und *Nasturtium officinale agg.* In der Samenbank befinden sich üblicherweise langlebige Samen, die kurzlebigen Samen sind unterrepräsentiert. Die im Heuckenlock untersuchte Samenbank ist im Vergleich zu Samenbanken aus terrestrischen Standorten relativ heterogen. Die obersten Sedimentschichten enthalten längst nicht in allen Fällen die meisten Samen. Dies spricht entweder für eine lange Lebensdauer der Samen in der Samenbank, so dass sie sich in tieferen Schichten akkumulieren können, oder für eine häufige Umschichtung bis in größere Tiefen (vgl. Jensch in Botanischer Verein zu Hamburg e.V. (Hrsg.) 2004).

Sandkühler (1994) konnte am Ufer der Hase, Osnabrück, beim Vergleich der aktuellen Vegetation mit der Samenbank nur geringe Ähnlichkeiten in der aktuellen Artenzusammensetzung feststellen. Amiaud & Touzard (2004) bezeichnen eine geringe Übereinstimmung zwischen der Artenzusammensetzung der Samenbank und der ungestörten oberirdischen Vegetation in ihrer Untersuchung als vergleichbar mit den meisten Studien zu ausdauerndem Grasland oder Salzmarschen. Nach ihren Ergebnissen und auch denjenigen anderer Studien finden sich in der Samen-

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

bank von Grasland Pflanzenarten früherer Sukzessionsstadien. Dies ist auch bei der Samenbank im Heuckenlock der Fall.

Im Priel Overhaken wurden, ebenfalls im Rahmen des E+E-Vorhabens, zehn Transekte mit insgesamt 69 Dauerquadraten angelegt, deren Vegetationsentwicklung im Verlauf von vier Jahren dokumentiert wurde. Von den 169 Pflanzenarten, die am Priel Overhaken kartiert wurden, fanden sich 41 Arten in den Sedimentationsmatten wieder. Im Heuckenlock wurden 31 Dauerquadrate angelegt und deren Vegetationsentwicklung im Verlauf von vier Jahren dokumentiert. Die Auswertung dieser Ergebnisse wurde allerdings zusammen mit anderen Dauerquadraten an natürlichen Standorten des Schierlings-Wasserfenchels durchgeführt, sodass ein direkter Vergleich der auf den Sedimentationsmatten gekeimten Arten mit der Vegetation im Heuckenlock nicht möglich war (vgl. Planula in Botanischer Verein zu Hamburg e.V. (Hrsg.) 2004).

Der Vergleich der in den Sedimentationsmatten „gefangenen“ Diasporen mit den Ergebnissen der Vegetationsaufnahmen am Priel Overhaken und der Samenbankuntersuchung zeigt, dass sich einige Pflanzenarten, die in der aktuellen Vegetation und in der Samenbank vorkommen, auch auf den Sedimentationsmatten wiederfinden. Die bestehenden Unterschiede zur aktuellen Vegetation und zur Samenbank können viele Ursachen haben. Zunächst müsste durch das Ausbringen von wesentlich mehr Sedimentationsmatten eine Sättigungskurve an Neufunden von Pflanzenarten erreicht werden. Generelle Unterschiede zur aktuellen Vegetation werden aber immer bestehen bleiben, da die realen Vegetationsverhältnisse durch eine vorhandene Keimnische, eine erfolgreiche Etablierung und die Konkurrenzkraft der Art bestimmt werden. Auch Zufälligkeiten in der Erstbesiedlung von Standorten und das große vegetative Ausbreitungsvermögen der bestandsbildenden Röhrichtarten können das Vorkommen prägen, mehr als dies standörtliche Unterschiede tun (vgl. Köhler in Botanischer Verein zu Hamburg e.V. (Hrsg.) 2004).

Die Ausbreitung von Diasporen innerhalb der Population lässt sich also mithilfe der Sedimentationsmatten qualitativ nachweisen, die Funde sind allerdings nicht repräsentativ für die Diasporen, die sich in der Samenbank in Wuchsorten des Schierlings-Wasserfenchels finden und lassen auch nur in eingeschränktem Maße Rückschlüsse auf die dortige reale Vegetation ziehen.

5.2 Freilandversuch mit Haselnüssen und Teilfrüchten

Der Freilandversuch zur kleinräumigen Ausbreitung sollte der Beobachtung der Ausbreitungswege innerhalb der Population und als Vorversuch für die Untersuchung der Ausbreitungswege zwischen den Populationen dienen. Im Juni/Juli wurden trockene Früchte von *Oenanthe conioides* und Haselnüsse, im September frisch geerntete Früchte des Schierlings-Wasserfenchels ausgebracht. Die Haselnüsse mit

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

Schale schwimmen auf dem Wasser und sind gut wiederzufinden, sie wurden daher als „diaspore mimics“ eingesetzt (vgl. Kapitel 2).

Die Haselnüsse und die Teilfrüchte wurden mit verschiedenen Leuchtfarben besprüht, die Schwimmfähigkeit und Sinkgeschwindigkeit der markierten Diasporen wurde vorab ermittelt (vgl. Kapitel 2 und 3). Am 26. Juni wurden sie zu je 500 Stück (Abb. 5.2-1) an zwei unterschiedlichen Stellen am neuen Priel in Overhaken (Prielende, Prielmitte) sowie an drei Stellen im Heuckenlock (Sandbucht am Elbufer, einseitig offener Priel, beidseitig offener Durchströmungspriel) bei auflaufendem Wasser am Ufer in der Höhenlage von vorhandenen Schierlings-Wasserfenchel-Pflanzen ausgebracht.



Abb. 5.2-1: Ausbringung der Haselnüsse im Priel Overhaken, 26. Juni.



Abb. 5.2-2: Ausbringung der markierten Früchte von *Oenanthe conioides* im Priel Overhaken, 2. Juli.



Abb. 5.2-3: Beobachtung der Haselnüsse und der Früchte von *Oenanthe conioides* im Priel Overhaken bei auflaufendem Wasser, 2. Juli.

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

Direkt im Anschluss wurde die Ausbreitung während der nachfolgenden Flut beobachtet. Am 27. Juni, vom 02. bis 04. Juli und am 26. Juli wurden die Wiederfunde bei Ebbe kartiert. Am 02. Juli wurden zusätzlich an den gleichen Stellen 500 trockene, sterilisierte, farbig markierte Teilfrüchte (Herkunft Spülfeld Glückstadt, vorjährige Diasporen anderer Herkunft standen nicht zur Verfügung) im Freiland ausgebracht (Abb. 5.2-2). Die ausgebrachten Haselnüsse und Teilfrüchte wurden in ihrer Ausbreitung während des nachfolgenden auflaufenden Wassers beobachtet (Abb. 5.2-3). Am 03. und am 04. Juli wurde auch der Verbleib dieser Teilfrüchte bei Ebbe kartiert.

Der Versuch wurde im September an den gleichen Stellen mit 500 frisch geernteten, in jeweils unterschiedlichen Farben markierten Teilfrüchten (Herkunft Heuckenlock, eine Farbe je Ausbringungsort) wiederholt. Die Früchte stammten aus einer Ernte vom September. Sie wurden vor der Ausbringung in Plastiktüten gelagert, damit sie nicht antrockneten. Die Ausbringung fand am 12. September statt, die Kartierung der noch vorhandenen, im Juli ausgebrachten Haselnüsse und der frisch ausgebrachten Teilfrüchte erfolgte am 13. und 14. September je einmal, vor und nach dem Einschwingen des Tidehochwassers.

Sowohl die trockenen als auch die frischen, mit Sprühfarben markierten Teilfrüchte waren innerhalb kurzer Zeit nach Ausbringung durch die Strömung des auflaufenden Wassers zum großen Teil verdriftet und trotz intensiver Beobachtung nicht mehr zu sehen. Schon bei der erstfolgenden Kartierung waren die Teilfrüchte, obwohl gut erkennbar, auch nach intensiver Nachsuche nur noch zu einem geringen Teil aufzufinden. Die markierten Haselnüsse dagegen wurden i.A. in den ersten Tagen nach der Ausbringung in großen Mengen wieder gefunden und auch noch nach 11 Wochen waren an zwei Standorten einige Haselnüsse vorhanden.

5.2.1 Wiederfundraten der Diasporen

Die Wiederfundrate der 500 am 02. Juli ausgebrachten trockenen Teilfrüchte betrug am 03. Juli zwischen 3,0% und 13,8%, am 04. Juli lag die Anzahl mit 2,2 bis 12,8% geringfügig niedriger. An den aufeinander folgenden Kartiertagen (03.07./04.07.) war die Wiederfundrate im Durchströmungspriel des NSG Heuckenlock und im Priel Overhaken, hier vor allem am Prielende, deutlich höher als im Heuckenlock/Sandbucht und am einseitig offenen Priel im Heuckenlock.

Bei den 500 am 12. September ausgebrachten frischen Teilfrüchten lag die Wiederfundrate am 13. September insgesamt zwischen 2,4% und 11,4%, am 14. September lag die Anzahl mit 1,0-10% geringfügig niedriger. An den aufeinander folgenden Kartiertagen (13.09./14.09.) war wiederum die Wiederfundrate im Durchströmungspriel des NSG Heuckenlock und im Priel Overhaken höher als im Heuckenlock/Sandbucht und am einseitig offenen Priel im Heuckenlock, die Unterschiede zwischen den Standorten waren allerdings nicht so deutlich wie bei den

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

trockenen Teilfrüchten. In der Prielmitte des Priels Overhaken war die Wiederfundrate der frischen Teilfrüchte am höchsten.

Die am 26. Juni ausgebrachten Haselnüsse fanden sich am Folgetag an allen Standorten in großen Mengen (im Heuckenlock zwischen 56,2% und 94,0%, im Priel Overhaken 100%) und auch noch sechs Tagen nach der Ausbringung, am 02. Juli, wurden zwischen 41,6% (Minimum Heuckenlock) und 100% (Priel Overhaken) Wiederfunde kartiert.

Die Haselnüsse fanden sich bei den Kartierungen in großer Menge wieder (Wiederfundrate 42-100%). Ein quantitativ vergleichbares Ergebnis mit den Teilfrüchten ist also bei den „diaspore mimics“ nicht zu erwarten. Interessanterweise wurden die Teilfrüchte aber oft in unmittelbarer Nähe der Haselnüsse gefunden, sie setzten sich also an ähnlichen Stellen ab und sind somit für einen qualitativen Vergleich verwendbar.

5.2.2 Zurückgelegte Distanzen der Diasporen

Die maximal zurückgelegten Distanzen der am 02. Juli ausgebrachten trockenen Teilfrüchte war an den beiden Folgetagen am Priel Overhaken (1-4m) sehr gering, etwas höhere Distanzen zeigten sich im Heuckenlock in der Sandbucht und am einseitig offenen Priel (bis zu 20m). Die maximale Ausbreitungsdistanz von 200m wurde im Durchströmungspriel Heuckenlock am 03. Juli festgestellt.

Auch bei den zurückgelegten Distanzen der wiedergefundenen frischen Teilfrüchte zeigt sich an den beiden Folgetagen nach der Ausbringung ein ähnliches Bild wie bei den trockenen Teilfrüchten: sehr geringe Distanzen am Priel Overhaken (1-2m), etwas größere Distanzen im Heuckenlock in der Sandbucht (maximal 13m), am einseitig offenen Priel (maximal 16 m) und die größten Distanzen am Durchströmungspriel. Diese sind allerdings nicht so groß wie bei den trockenen Teilfrüchten, sie betragen hier nur 25-30m.

Die maximal zurückgelegte Ausbreitungsdistanz der wiedergefundenen Haselnüsse war am Priel Overhaken mit 1-4m an allen Kartiertagen sehr gering. Im Heuckenlock lag sie am 02. Juli beim einseitig offenen Priel mit 20 m und an der Sandbucht mit 30m etwas höher. Die Ausbreitungsdistanz der am 26. Juni ausgebrachten Haselnüsse nahm am Durchströmungspriel im Laufe der Zeit zu und erreichte am 04. Juli ein Maximum mit 200m. Danach wurden dort Haselnüsse nur noch in geringer Anzahl und Distanz vom Ausbringungsort wieder gefunden.

5.2.3 Diskussion zum Freilandversuch mit Haselnüssen und Teilfrüchten

Mit dem Freilandversuch zur kleinräumigen Ausbreitung konnten Informationen zu den Ausbreitungsdistanzen der Diasporen des Schierlings-Wasserfenchels gewonnen werden. Im Vergleich dazu wurde die Ausbreitung der Haselnüsse unter-

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

sucht, da diese bei einer Untersuchung der Ausbreitungsdistanzen zwischen den Populationen verwendet werden sollten. Die Wiederfundrate der an verschiedenen Standorten ausgebrachten, markierten Teilfrüchte von *Oenanthe conioides* war mit maximal 11,4% (frische Teilfrüchte) bzw. maximal 14% (trockene Teilfrüchte) relativ gering. Die markierten Früchte wurden im Gelände gut wiedergefunden, eine geringe Wiederfundrate liegt daher vermutlich nicht an Kartierfehlern. Darauf deutet auch die Tatsache hin, dass drei verschiedene Kartierer sehr ähnliche Wiederfundraten ermittelten. Eher ist es zu vermuten, dass der Großteil der Früchte aus den Lokalpopulationen heraus in die Elbe verdriftet wurde. Die Haselnüsse dagegen wurden i.A. einige Tage nach der Ausbringung in großen Mengen wieder gefunden. Dass die Haselnüsse in großen Mengen an ähnlichen Fundorten wie die Früchte wiedergefunden wurden, zeigt, dass die Haselnüsse als „diaspore mimics“ zum Verfolgen der Ausbreitungswege der Früchte geeignet sind. Sie werden zwar nicht so schnell aus der Population heraus verdriftet wie die Früchte, aber vermutlich können diejenigen Haselnüsse, die man bei einer Kartierung des größeren Umfelds finden würde, Hinweise auf die Ausbreitungswege zwischen den Populationen geben. Daher wurde im Anschluss an diesen Versuch eine Freilanduntersuchung zur Ausbreitung markierter Haselnüsse zwischen den Populationen durchgeführt (vgl. Kapitel 6).

Die gleichzeitige Beobachtung der Strömungsverhältnisse und der Ausbreitungsdistanzen gibt Aufschluss über die verschiedenen Lebensraumbedingungen. Am einseitig offenen Priel Overhaken sind die zurückgelegten Distanzen aller Diasporen sehr gering, auch die Strömung an den Prielufern ist der Beobachtung nach überwiegend sehr gering. Somit ist die Wahrscheinlichkeit der Etablierung von Nachkommen in der Nähe der Ausgangspopulation relativ groß. Direkt an der Stromelbe wird davon ausgegangen, dass die verdrifteten Früchte mit dem Strom schnell weit weg getragen werden. Ähnlich verhält es sich vermutlich auch bei denjenigen Früchten, die aus den Prielen hinaus mit der Hauptströmung in die Elbe verdriftet werden, sobald sie den Mündungsbereich des Priels erreicht haben.

Betrachtet man die reale Verbreitung, die Fundorte des Schierlings-Wasserfenchels beispielhaft an den Prielen des Heuckenlocks, so lässt sich diese mit dem beobachteten Schwimmverhalten der Diasporen recht gut erklären. Am einseitig offenen Priel sind die Wasserbewegung und die täglich zurückgelegte Entfernung so gering, dass die meisten Früchte im Bereich des Prielendes verbleiben. An der Sandbucht und im anschließenden Weidengebüsch am Elbufer ließen sich Drehströmungen feststellen, die wie in einem Strudel die Früchte am Ufer der Bucht herumtreiben. Dadurch können an beiden Seiten der Bucht Exemplare des Schierlings-Wasserfenchels auftreten.

Dagegen ist der Durchströmungspriel an beiden Seiten zur Elbe offen. Hier befindet sich ein Verbreitungsschwerpunkt der Pflanzen an einer Stelle, die eine besondere Hydrodynamik besitzt. Die von der Nordsee in die Elbe hereinströmende Tidewelle

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

ist im Hauptstrom schneller als in den Seitenarmen und Prielen, weil sie dort einer geringeren Reibung ausgesetzt ist. Dies führt dazu, dass die Tidewelle das nordseeabgewandte Ende des Priels von der Elbe her früher erreicht, als das Wasser durch den Priel hindurch fließt. So strömt also bei Flut auch Wasser vom hinteren Ende her in den Priel hinein. Bedingt durch die Prielmorphologie treffen sich die beiden Flutwellen im Priel etwa an einer Stelle, die zwei Drittel von der Nordsee und ein Drittel von der anderen Seite entfernt liegt. Genau an dieser Stelle stand der Hauptbestand des Schierlings-Wasserfenchels im Durchströmungspriel (Abb. 5.2-4).

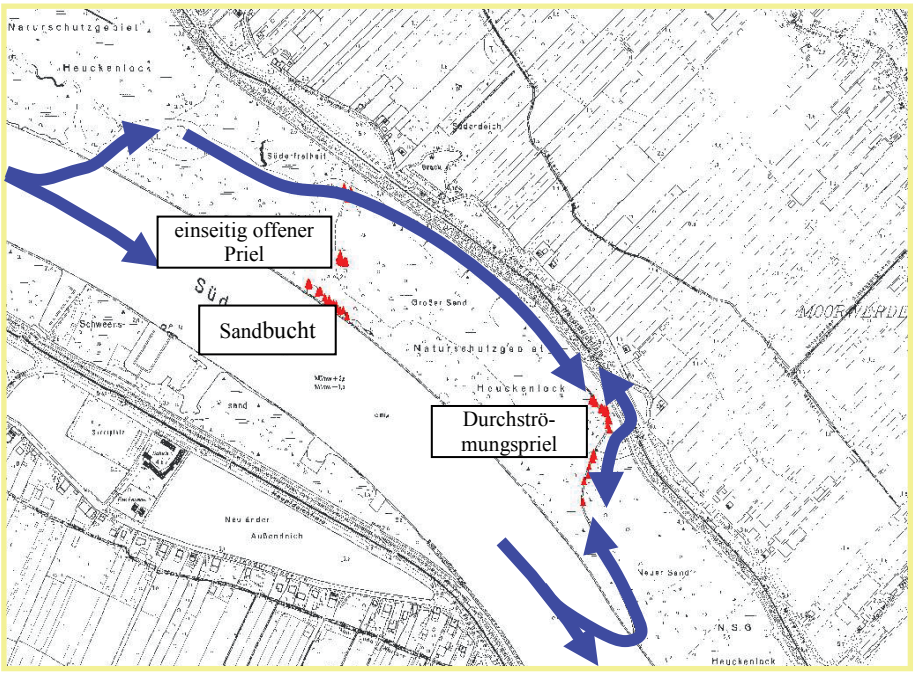


Abb. 5.2-4: Fundorte von *Oenanthe conioides* im Naturschutzgebiet „Heuckenlock", Jahr 2000. Bild verändert nach Kurz (in Botanischer Verein zu Hamburg e.V. (Hrsg.) 2004). Rote Dreiecke: Fundorte von Einzelpflanzen von *Oenanthe conioides,* blaue Pfeile: Wasserströmung bei Flut, Text in Kästen: Bezeichnung der Standorte

6 Ausbreitungswege zwischen den Populationen

Nach den verschiedenen Vorversuchen (vgl. Kapitel 5) wurde im Sommer des Folgejahres eine Untersuchung zur großräumigen Ausbreitung des Schierlings-Wasserfenchels durchgeführt. Die Früchte von *Oenanthe conioides* können auf-

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

grund ihrer geringen Größe nicht in ihrer realen Ausbreitung verfolgt werden. Als Samenersatz („diaspore mimics“) erschienen nach den Vorversuchen die Haselnüsse geeignet für eine großräumige Verfolgung der Ausbreitungswege.

Für die Darstellung der Ausbreitungsdistanz zwischen den Populationen wurde ein Intervall von einem Tag zwischen Ausbringung und Kartierung gewählt, sodass innerhalb von diesem Zeitraum mit einer realen Rate von schwimmenden Früchten des Schierlings-Wasserfenchels > 52% gerechnet werden kann (vgl. Kapitel 2). Die Haselnüsse schwimmen nach 1,5 Tagen noch zu 100% und können daher die Ausbreitungswege von *Oenanthe conioides* abbilden, quantitative Aussagen lassen sich mit dieser Methode jedoch nicht treffen.

6.1 Das Ausbringen der Haselnüsse

Für den Freilandversuch zur großräumigen Ausbreitung wurden insgesamt 100 kg Haselnüsse mit Schale verwendet. Jeweils 25 kg, das sind überschlägig 7.353 Haselnüsse, wurden mit Malerfarbe eingefärbt (Farben weiß, rosa, gelb, lila). Die Haselnüsse wurde am 26. Juni ausgebracht: bei Ebbe und bei Flut jeweils an der Prielmündung des südwestexponierten Priels in Overhaken und an einer vergleichbaren, nordexponierten Prielmündung auf der anderen Elbseite schräg gegenüber bei Fliegenberg. Die Ausbringung der Haselnüsse erfolgte flächig direkt am Gewässerrand.



Abb. 6.1-1: Ausbringung der weißen Haselnüsse, Priel Overhaken bei Ebbe, 26. Juni.



Abb. 6.1-2: Ausbringung der lila Haselnüsse, Priel Fliegenberg bei Ebbe, 26. Juni.

Die weißen Haselnüsse wurden im Mündungsbereich des Priels Overhaken bei Ebbe ausgeschüttet und verteilt (Abb. 6.1-1), im gleichen Bereich bei Flut in knietiefem Wasser die rosa Haselnüsse. An der Mündung des Priels Fliegenberg wurden bei Ebbe die lila Haselnüsse verteilt (Abb. 6.1-2), am Abend bei Flut an gleicher Stelle die gelben Haselnüsse. Direkt nach der jeweiligen Ausbringung vor Ort wurde die Verdriftung der Haselnüsse beobachtet (Abb. 6.1-3). Die bei Ebbe ausge-

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

brachten lila und weißen Haselnüsse hatten über einen Zyklus von Flut (26.6. abends), Ebbe (27.6. nachts) und Flut (27.6. morgens) die Möglichkeit zur Ausbreitung. Die am 26. Juni abends bei Flut eingebrachten rosa und gelben Haselnüsse konnten sich im Verlauf der folgenden Ebbe und Flut ausbreiten, bevor die Wiederfunde kartiert wurden.



Abb. 6.1-3: Ausbreitung der gelben Haselnüsse direkt nach der Ausbringung, Priel Fliegenberg bei Flut, 26. Juni

6.2 Die Kartierung

Die Kartierung erfolgte mit Hilfe von Studenten der Universität Hamburg (Prof. Dr. Jensen) am 27. Juni rund um Niedrigwasser über einen Zeitraum von ca. 5 Stunden auf Basis von Karten im Maßstab 1:1.000. Beide Elbufer von Zollenspieker an der Stromelbe bis zur Spadenländer Spitze an der Norderelbe und dem Heuckenlock an der Süderelbe wurden in 100m lange Uferabschnitte unterteilt, für die jeweils Parameter zur Uferstruktur, Ufervegetation und die Anzahl an Wiederfunden der ausgebrachten Haselnüsse erfasst wurden. Hierbei wurden diejenigen Abschnitte, die nach Einschätzung der Uferstruktur als potentiell geeigneter Lebensraum für *Oenanthe conioides* angesehen wurden, flächig bzw. bei schwer zugänglichen Bereichen durch Stichproben begangen. Die kartographische Darstellung der kartierten 100m-Uferabschnitte wurde zur besseren Darstellbarkeit in GIS auf Flächen zwischen dem kartierten Ufersaum und der Elbmittellinie erweitert. Dies führt an stark buchtigen Ufern und an Prielen zur Darstellung eines schmalen Flächenabschnitts (Abb. 6.2-1).

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

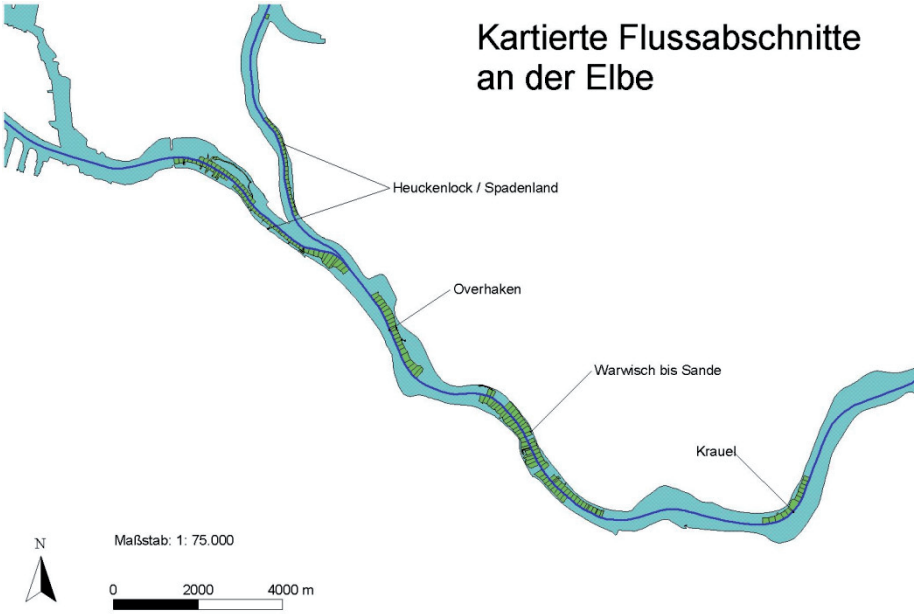


Abb. 6.2-1: Darstellung der am 27./28.06. kartierten Flussabschnitte an der Elbe, in denen die am 26.6. ausgebrachten Haselnüsse gesucht wurden

6.3 Wiederfunde der Haselnüsse

Am Tag nach der Ausbringung wurden die wiedergefundenen Haselnüsse kartiert. Im Versuchszeitraum herrschte ein ungewöhnlich starker Westwind. Die Kartierungen erbrachten in den ausgewählten Uferabschnitten eine unterschiedliche Anzahl an Wiederfunden der jeweiligen gefärbten Haselnüsse. Abbildungen zu den realen Wiederfunden im Vergleich zur Modellierung finden sich in Kapitel 7. Die Wiederfundraten der jeweils 7.353 ausgebrachten Haselnüsse betrugen insgesamt 17,87% (weiße Haselnüsse, am Priel Overhaken bei Ebbe ausgebracht), 25,40% (rosa Haselnüsse, am Priel Overhaken bei Flut ausgebracht), 16,71% (lila Haselnüsse, am Priel Fliegenberg bei Ebbe ausgebracht) und 16,03% (gelbe Haselnüsse, am Priel Fliegenberg bei Flut ausgebracht). Viele der wiedergefundenen Haselnüsse waren im näheren Umfeld des jeweiligen Ausbringungsortes verblieben, weiter weg fanden sich 0,19% (weiß), 7,72% (rosa), 9,86% (lila) und 13,87% (gelb) der ausgebrachten Haselnüsse.

Die Haselnüsse wurden nicht nur auf die andere Uferseite verfrachtet, sondern auch weit nach Norden und Süden an die Stromelbe und die Süder- bzw. Norderelbe. Der

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

östlichste Wiederfund lag im Bereich der DGK 7618 Sande-Zollenspieker, also in einer Entfernung von etwa 3 km. Stromab reichte die Ausbreitung viel weiter: Haselnüsse aller Farben fanden sich im Bereich der DGK 7026 Norderelbe (Ostufer) in einer Entfernung von ca. 8 km vom Priel Fliegenberg bzw. ca. 5 km vom Priel Overhaken. Im natürlichen Verbreitungsschwerpunkt von *Oenanthe conioides*, dem etwa 5 km entfernten Naturschutzgebiet Heuckenlock, fanden sich die meisten der stromab dokumentierten bei Flut ausgebrachten Haselnüsse wieder.

Aufgrund des ungewöhnlich starken Westwindes im Versuchszeitraum spielte die Verdriftung an das westexponierte Ufer vermutlich eine überrepräsentative Rolle. Insbesondere diejenigen Haselnüsse, die am Priel Fliegenberg ausgebracht wurden, fanden sich auf der gegenüberliegenden Elbseite in relativ hoher Anzahl. Wind und Strömung der nachfolgenden Flut verfrachtete einen großen Teil der bei Ebbe ausgebrachten Haselnüsse an das stromauf gelegene westexponierte Elbufer.

Dagegen wurden diejenigen Haselnüsse, die beim Priel Overhaken ausgebracht worden waren, gar nicht auf die andere Uferseite der Stromelbe verdriftet. Neben dem Wind spielte vermutlich die nachfolgende Tide und damit die Strömungsrichtung des Wassers eine entscheidende Rolle in der Ausbreitung. Auf die bei Ebbe ausgebrachten Haselnüsse hatte der Westwind so stark gedrückt, dass eine Ausbreitung aus der Prielmündung hinaus fast gar nicht möglich war. Die wenigen Haselnüsse, die sich außerhalb dieses Bereichs wiederfanden, lagen trotz der dem Ausbringungszeitpunkt folgenden Flut stromab. Bei dem geringen Umfang an außerhalb der Prielmündung gefundenen Haselnüsse kann es sich hierbei um ein Zufallsergebnis oder ebenfalls um den Einfluss des Windes handeln. Auch die bei Flut ausgebrachten Haselnüsse konnten die Umgebung des Priels kaum verlassen, breiteten sich aber in höherem Maße stromab aus, der nach der Flut folgenden Ebbströmung folgend.

6.4 Diskussion der Ausbreitungswege zwischen den Populationen

Der kleinräumige Ausbringungsversuch von Haselnüssen zusammen mit markierten Teilfrüchten des Schierlings-Wasserfenchels (vgl. Kapitel 5.2) hatte gezeigt, dass sich die Wiederfundorte der markierten Haselnüsse als „diaspore mimics“ und der markierten Teilfrüchte sehr gut deckten. Die ausgebrachten Haselnüsse wurden mit der Strömung stromauf und stromab verdriftet. Unter der Einschränkung, dass die wesentlich größeren Haselnüsse auf der Wasseroberfläche stärker dem Wind ausgesetzt sind, lässt sich qualitativ auch die Ausbreitung der Schierlings-Wasserfenchel-Früchte zwischen den Populationen mit den Haselnüssen abbilden.

Interessant ist, dass auch bei der Fernausbreitung die Haselnüssen an Flussuferabschnitte wiedergefunden wurden, die nicht nur für eine Besiedlung mit dem Schierlings-Wasserfenchels geeignet sind, sondern sogar schon besiedelt sind. Insbeson-

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

dere die Funde im Heuckenlock sind hervorzuheben, da dort ein Verbreitungsschwerpunkt des Schierlings-Wasserfenchels zu finden ist. Die Ergebnisse legen also nahe, dass eine Verbindung zwischen den kartierten *Oenanthe conioides*-Populationen besteht und zwischen den weiteren Populationen ebenfalls, z.T. in Form von Trittsteinen, bestehen kann.

Trotz der dargestellten Ungenauigkeiten und der z.T. geringen Datengrundlage soll hier versucht werden, Rückschlüsse von den wiedergefundenen „diaspore mimics" auf eine theoretische Wiederfundrate von frischen, unmarkierten Früchten des Schierlings-Wasserfenchels zu ziehen, indem die verschiedenen Versuche verknüpft werden. Bei den natürlichen Ausbreitungseinheiten handelt es sich entweder um frische oder leicht angetrocknete Früchte, am ehesten vergleichbar mit den Freilandverhältnissen ist daher die Ausbreitungsrate der frischen markierten Früchte im Versuch zur kleinräumigen Ausbreitung (vgl. Kapitel 5.2). Bei den 500 ausgebrachten, frischen markierten Früchten lag die Wiederfundrate am Folgetag insgesamt zwischen 2,4% und 11,4%, nach zwei Tagen lag die Anzahl mit 1,0-10,0% geringfügig niedriger. Um einen Vergleich mit dem Schwimmversuch durchführen zu können, der Ergebnisse nach 1,5 Tagen darstellt, sei hier von einer Wiederfundrate von 10% ausgegangen. Im Schwimmversuch (vgl. Kapitel 2) lag der Anteil schwimmender frischer markierter Früchte auf bewegtem Wasser nach 1,5 Tagen bei 16%, der Anteil frischer unmarkierter Früchte hingegen noch bei 52%. Setzt man die Wiederfundrate der frischen markierten Früchte im Freiland (10%) ins Verhältnis zur Schwimmfähigkeit nach 1,5 Tagen (16%) und ermittelt die unbekannte Wiederfundrate frischer unmarkierter Früchte im Freiland im Verhältnis zur Schwimmfähigkeit frischer unmarkierter Früchte im Schwimmversuch (52%), so ergibt sich rechnerisch bei einer kleinräumigen Ausbreitung im Freiland eine theoretische Wiederfundrate von 32,5% unmarkierter Früchte des Schierlings-Wasserfenchels nach 1,5 Tagen.

Nun zum Vergleich der Ergebnisse der kleinräumigen Ausbreitung mit dem Ausbreitungsversuch zwischen den Populationen. Die beim kleinräumigen Ausbreitungsversuch ausgebrachten, markierten Haselnüsse fanden sich am Folgetag an allen Standorten in großen Mengen (im Heuckenlock zwischen 56,2% und 94,0%, im Priel Overhaken 100%). Die Wiederfundrate der Haselnüsse im Versuch zur Ausbreitung zwischen den Populationen liegt an allen kartierten Standorten am Elbufer einen Tag nach dem Ausbringen in weiterer Entfernung vom Ausbringungsort zwischen 0,19% und 13,87%, im Mittel bei 7,91%. Setzt man die Wiederfundrate der fern ausgebreiteten Haselnüsse von im Mittel 7,91% ins Verhältnis zur Wiederfundrate bei einer kleinräumigen Ausbreitung am Beispiel Priel Heuckenlock (94%) und ermittelt die unbekannte Wiederfundrate der fern ausgebreiteten, frischen unmarkierten Früchte von *Oenanthe conioides* im Verhältnis zur oben ermittelten Wiederfundrate von 32,5% im Freiland bei kleinräumiger Ausbreitung, so ergibt sich rechnerisch eine theoretische Wiederfundrate der frischen unmarkierten Früch-

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

te des Schierlings-Wasserfenchels an weiter entfernten Ufern von 2,73%. Diese zugegebenermaßen sehr gewagte Hochrechnung zeigt immerhin, dass sich ein relevanter Anteil der reifen Diasporen einer Population an den Ufern, auch quer über die Elbe hinweg, von einer Population zur anderen Population ausbreiten kann.

Leider konnte aufgrund der individuell recht unterschiedlichen Menge an Diasporen je Pflanze eine Gesamtmenge an produzierte Diasporen bei bekannter Anzahl an generativen Individuen nicht genau genug geschätzt werden (der entsprechende Versuch wurde daher nicht dargestellt), sodass keine quantitativen Aussagen zur Ausbreitungsrate von einer bekannten Population aus getroffen werden. Selbst wenn eine belastbare Anzahl reifer Diasporen je Population bekannt wäre, könnte man diese Anzahl dennoch nicht mit einem entsprechenden Zuwachs am neuen Standort gleichsetzen. Es muss bei der Ausbreitung von Diasporen sowieso immer davon ausgegangen werden, dass von denjenigen Diasporen, die „das sichere Ufer erreicht haben“ in der empfindlichen Phase der Keimung und Etablierung etliche nicht überleben.

Die Ergebnisse der genetischen Untersuchungen des E+E-Vorhabens haben gezeigt, dass die Verteilung der genetischen Variation innerhalb der Populationen deutlich höher liegt (87,5%) als diejenige zwischen den Populationen (12,5%), die Differenzierung zwischen den Populationen ist also niedrig. Der geringe Abstand zwischen den Populationen, die oben dargestellte Möglichkeit einer Verbindung untereinander durch den Fluss und eine, gemäß Below (1997), vermutete hohe Rate an Auslöschen von Populationen und Neu- oder Wiederbesiedeln von Standorten lassen darauf schließen, dass die Migration von Samen zwischen Standorten und Populationen häufig vorkommt. Für eine Verbindung untereinander spricht also die genetische Einheitlichkeit, andererseits hat der Lebensraumverlust und die damit verbundene zunehmende Isolierung erst rezent eingesetzt, sodass sich diese Isolierung auch noch nicht in genetischer Differenzierung abgebildet haben kann (Kadereit & Kadereit 2005).

7 Modellrechnung und Freilandkartierung

7.1 Modellierung hydrochorer Pflanzenausbreitung am Beispiel *Oenanthe conioides*

Im Anschluss an die Freilandversuche wurde eine Modellierung des Ausbreitungsverhaltens von Haselnüssen und von *Oenanthe conioides*-Früchten durchgeführt. Die Modellierung wurde mit Hilfe des mathematischen Verfahrens PARTRACE (entwickelt von der BAW, Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg) im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität Kiel durchgeführt (Gabriel 2005). Die Model-

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

lierungsergebnisse der Haselnussausbreitung wurden mit Ausbreitungsmustern aus der Freilandkartierung verglichen. Dadurch sollte die Anwendbarkeit der verwendeten Modellierungsverfahren auf das Ausbreitungsverhalten von *Oe. conioides* qualitativ abgeschätzt werden. Im Anschluss wurde mittels einer Modellierung der Ausbreitung von *Oe. conioides* am Beispiel von 14 ausgewählten, realen Populationen an der Elbe untersucht, ob und wie das Metapopulationsgefüge der Art dargestellt werden kann. In der Modellierung wurden je 500 „Modellhaselnüsse“ an den Ausbringungsorten Priel Overhaken und Priel Fliegenberg jeweils bei Ebbe und Flut, zu den real am 26. Juni 2002 gegen 16:10 Uhr und gegen 21:30 Uhr herrschenden Tidebedingungen „eingebracht“ und ihre Ausbreitung berechnet.

Zum Zeitpunkt der Ausbringung der Haselnüsse und bis zur Kartierung am Folgetag herrschte starker Westwind, der zu einer deutlichen Verdriftung der auf der Wasseroberfläche treibenden Haselnüsse an das nordostexponierte Ufer führte. Der Einfluss von Oberflächenwind auf die Verdriftung von Partikeln ist in der Modellierung PARTRACE nicht implementiert. Um dennoch eine annähernde Vergleichbarkeit der Kartierung mit der Modellierung zu erreichen, wurden die jeweils gegenüberliegenden Uferabschnitte zusammengefasst bzw. Kartierabschnitte auf den gesamten Flussabschnitt ausgedehnt. Die Partikel im Modell wurden als angelandet oder gesunkene angesehen, wenn a) die Partikelbahn das Modell am Systemrand verlässt, dann endet die Partikelbahn in der Randzelle beim Austrittsort, b) der Partikel innerhalb einer Gitterzelle verbleibt, die während der Simulation trocken gefallen ist und c) wenn sich der Partikel zwar in einer sog. „feuchten Gitterzelle“, die als überflutet gilt, befindet, die Simulation aber beendet ist.

7.2 Vergleich Modellrechnung/Freilandkartierung

Der Vergleich von Kartierung und Modell zeigte sowohl sehr ähnliche Ergebnisse als auch größere Unterschiede in der Anlandung der Haselnüsse (zu den Kartierergebnissen vgl. Kapitel 6.3).

Die weißen Haselnüsse, am Priel Overhaken - dem südwestexponierten Ufer - bei Ebbe ausgebracht, wurden im Rahmen der Kartierung an der Elbe nur am gleichen Ufer und zwar ganz überwiegend in der Nähe des Ausbringungsortes und etwas stromab sowie an der Norderelbe wiedergefunden. In der Modellierung waren die weißen Haselnüsse etwas breiter gestreut (Abb. 7.2-1). Sie fanden sich auch in der Umgebung des Ausbringungsortes, hier aber sowohl stromauf als auch, in größerer Menge (77 von 500 Modellhaselnüsse) im stromab benachbarten Hafen Oortkaten. Ebenso spiegelte sich im Modell die Verdriftung an das Ostufer der Norderelbe wider (132 von 500 Modellhaselnüssen), diese reichte hier weiter als in der Realität kartiert. Interessant ist im Modell, dass die einzigen Haselnüsse, die den Weg in die Süderelbe fanden, in das NSG Heuckenlock gelangten, und zwar alle in dieselbe Gitterzelle (21 von 500 Modellhaselnüssen).

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

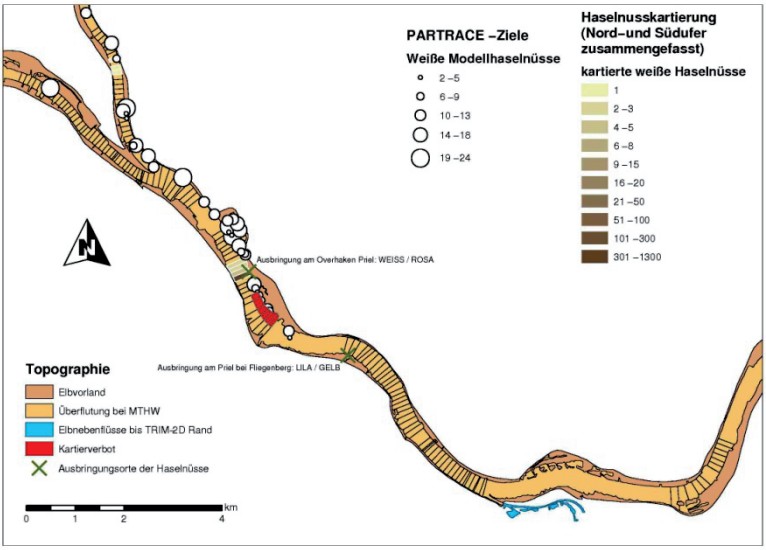


Abb. 7.2-1: Ergebnis der Modellierung zur Ausbreitung der weißen Haselnüsse, Ausbringung Priel Overhaken bei Ebbe (aus: Gabriel 2005).

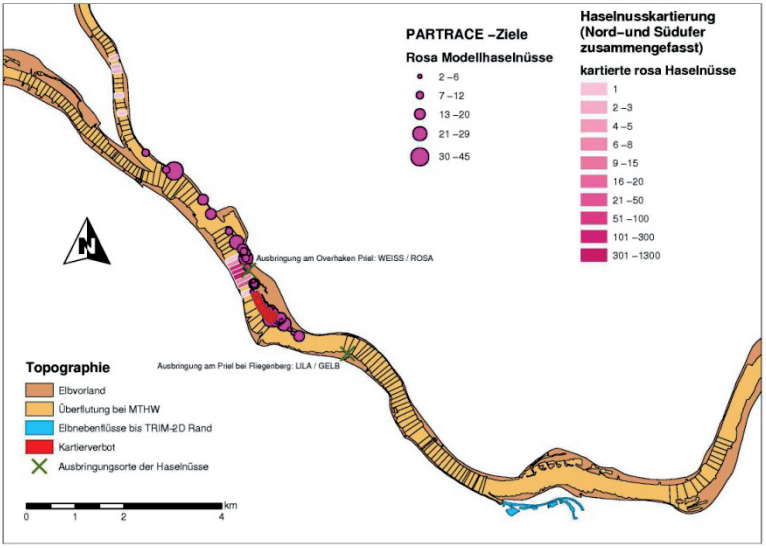


Abb. 7.2-2: Ergebnis der Modellierung zur Ausbreitung der rosafarbenen Haselnüsse, Ausbringung Priel Overhaken bei Flut (aus: Gabriel 2005).

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

Die rosafarbenen Haselnüsse, die am Priel Overhaken bei Flut eingebracht wurden, fanden sich bei der Kartierung vor Ort in etwas größerer Zahl als die weißen Haselnüsse stromauf und in deutlich größerer Zahl stromab bis etwa anderthalb Kilometer in die Norderelbe hinein. In der Modellierung hingegen lagerten sich viele Haselnüsse stromaufwärts in kleinen Buchten unterhalb der MThw-Linie ab sowie stromab zwischen Hafen Oortkaten und dem Beginn der Norderelbe (91 von 500 Modellhaselnüsse). In der Modellierung war die Reichweite der Haselnüsse also stromab geringer als in der Realität und stromauf wanderten die Modellhaselnüsse weiter als die realen Haselnüsse.

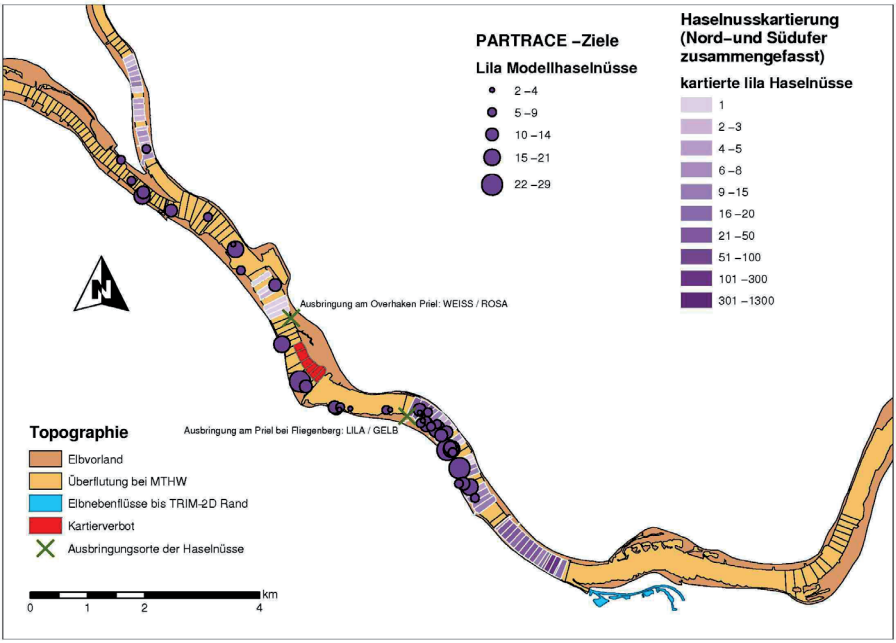


Abb. 7.2-3: Ergebnis der Modellierung zur Ausbreitung der lilafarbenen Haselnüsse, Ausbringung Priel Fliegenberg bei Ebbe (aus: Gabriel 2005).

Die bei Ebbe am nordexponierten Ufer ausgebrachten lilafarbenen Haselnüsse wurden, was eine Ausbreitung in der Umgebung des Ausbringungsortes angeht, gut durch das Modell abgebildet. Die Reichweite der weiter entfernt kartierten Haselnüsse war dagegen größer als diejenige der im Modell angelandeten Haselnüsse. Sowohl stromauf, als auch stromab entlang der Norderelbe fanden sich in der Realität weiter entfernt Haselnüsse als im Modell. Die dem Westwind ausgesetzten lilafarbenen und gelben Haselnüsse wurden in der Realität vermehrt an das gegenüber-

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

liegende Ufer verdriftet, was in der Modellrechnung nicht direkt berücksichtigt werden konnte.

Auch für die gelben Haselnüsse, ausgebracht am nordexponierten Ufer bei Flut, wurde die Ausbreitung in der Umgebung des Ausbringungsortes gut durch das Modell abgebildet. Die reale, windbedingte Verdriftung westwärts und damit sowohl an die andere Uferseite als auch stromauf fand sich jedoch im Modell naturgemäß nicht so deutlich wieder, da das Modell nur das Strömungsverhalten des Elbwassers berücksichtigte und nicht den Wind. Auch die Tatsache, dass vor allem die gelben, also die bei Flut (nachfolgend Ebbe) ausgebrachten Haselnüsse die Süderelbe und hier vor allem das Heckenlock erreichen, lässt sich nicht so ausgeprägt im Modell erkennen.

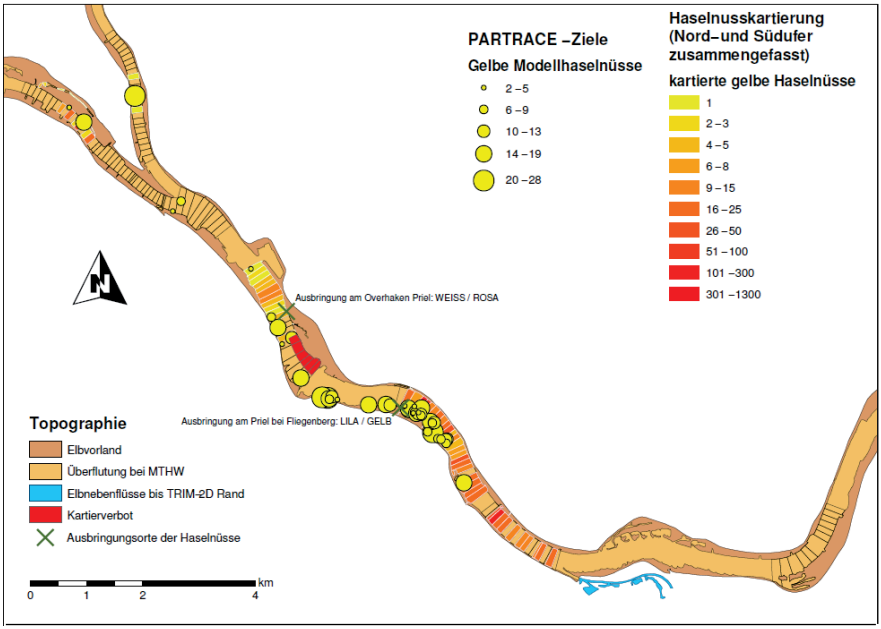


Abb. 7.2-4: Ergebnis der Modellierung zur Ausbreitung der gelben Haselnüsse, Ausbringung Priel Fliegenberg bei Flut (aus: Gabriel 2005).

Eine Modellrechnung mit jeweils 500 ausgebrachten *Oenanthe conioides* Modelldiasporen im Umkreis von 14 Standorten („Trittsteinpopulationen“ genannt), die in natura Schierlings-Wasserfenchelpopulationen enthalten, hat unterschiedliche Verdriftungserfolge bei verschiedenen Transportentfernungen ergeben. Einen hohen Verdritfungserfolg mit mehr als 50% vom Ausbringungsort verdrifteten Diasporen bei gleichzeitig hoher Verdriftungsentfernung (zwischen 26 km und 31 km maximale Entfernung vom Wuchsort) fand sich bei fünf Ausbringungsorte, die fast alle

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

oberhalb (stromauf) des Stromspaltungsgebiets liegen. Der reale Verbreitungsschwerpunkt im NSG Heuckenlock erwies sich dagegen im Modellversuch als ein Wuchsort, von dem aus wenige Diasporen verdriften und diese auch nicht weit kommen. Gabriel (2005) ermittelte darüber hinaus mit Hilfe der Modellierung Bereiche, die er als „potenzielle ökologische Fallen" bezeichnet, da sich die hier angelandeten Diasporen aufgrund der schlechten ökologischen Bedingungen nicht etablieren können, als Beispiel nennt er die Hafenbecken an der Süderelbe. Als Gegenstück benennt er Flächen, die nach Anlandung der Diasporen als besonders geeignet für eine Ansiedlung erscheinen, wie die Billwerder Bucht/Holzhafen.

Gabriel (2005) sieht eine Vergleichbarkeit der Modellierung mit den Kartierergebnissen als wenig gegeben. Dies bezieht er nicht so sehr auf die eigentlichen Ergebnisse, sondern mehr auf die Gesamtkonzeptionierung des Haselnussexperiments. So seien die Diasporen vor Ort schwer wiederzufinden und der Einfluss von Oberflächenwinden im Modell nicht zu berechnen. Die Fruchtgröße der Haselnüsse überschreite die für eine Modellierung vorgesehene Partikelgröße um ein Vielfaches. Gabriel empfiehlt, Modellrechnungen vor dem Freilandversuch durchzuführen und Ausbringungszeitraum und –ort sowie die Kartierabschnitte nach den Ergebnissen der Modellierung zu richten. Der Fokus von Modellierung solle so ausgerichtet sein, dass Kartierergebnisse die Modellierung bestätigten und nicht umgekehrt. Die verwendeten Modellierungsverfahren (TRIM-2D und PARTRACE) zeigen nach Gabriel (2005) die Vernetzungsfähigkeit von Populationen hydrochorer Pflanzenarten in Flusssystemen sehr detailliert an und eignen sich zur Darstellung des Ausbreitungsnetzes in der Metapopulation einer betrachteten Pflanzenart (auch quantitativ), vorausgesetzt, die Modellierungsvoraussetzungen werden eingehalten.

Generell als gegeben sieht Gabriel (2005) das Vorhandensein von Ausbreitungswegen zwischen den disjunkten Einzelpopulationen an, dies als Voraussetzung für die Vernetzungsfähigkeit von Populationen des Schierlings-Wasserfenchels zu einer Metapopulation. Das in der Diplomarbeit entwickelte landschaftsökologische Modell müsse ergänzt werden um ein populationsökologisches Modell, dass Faktoren wie Etablierungserfolg der eingewanderten Diasporen, Keimrate, Rate der produzierten Samen, Mortalität, u.a. sowie Emigrations- und Immigrationsrate berücksichtigt. Die Modellrechnung zu den 14 „Trittsteinpopulationen" zeigt, dass die Modelldiasporen bei etwa einem Drittel der Populationen weit verdriftet werden und auf diese Weise mit vielen weiteren Populationen in Verbindung stehen können. Auch die Beständigkeit des Verbreitungsschwerpunkts im NSG Heuckenlock ließe sich mit dieser Modellrechnung erklären, da die Modelldiasporen von hier aus wenig verbreitet werden.

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

8 Population, Metapopulation und der Praxisbezug

Für die Bildung einer überlebensfähigen Population an einem Standort ist eine erfolgreiche Ausbreitung, gefolgt von der Etablierung, dem Überleben und der Reproduktion nötig (Bruun & Ejrnaes 2006). Camus & Lima (2002) geben einen Überblick über die verschiedenen Definitionen des Begriffs Population. Nach Berryman (2002) haben Populationen eine räumliche Identität und werden über ihre spezifische Populationsdynamik bezüglich Reproduktion und Überlebensrate definiert. *Oenanthe conioides* weist als meist zweijährige Art eine hohe Populationsdynamik auf (Abb. 8-1 und Abb. 8-2). Die Geburts- und Todesereignisse bestimmen die Fluktuation innerhalb einer Population (Below in Botanischer Verein zu Hamburg e.V. (Hrsg.) 2004).

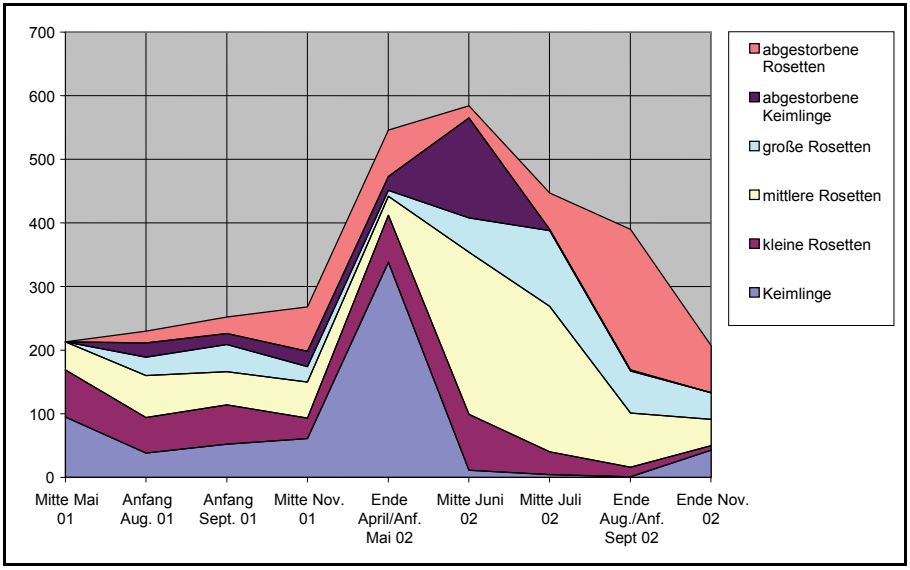


Abb. 8-1: Anteile verschiedener vegetativer Entwicklungsstadien an fünf untersuchten Beständen an neun Terminen im Verlauf der Jahre 2001 und 2002 (aus: Below in Botanischer Verein zu Hamburg e.V. (Hrsg.) 2004).

Die Keimrate von *Oenanthe conioides* ist hoch, es besteht keine Dormanz (vgl. Jensch in Botanischer Verein (Hrsg.) 2004). Die meist zweijährige Art ist in ihrer individuellen Ausprägung, beispielweise bzgl. der Doldenzahl und des Absterbezeitpunkts recht divers. Daher konnte nicht in ausreichend belastbarem Maße von der Anzahl an Dolden auf die Menge an reifen Diasporen je Pflanze ge-

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

schlossen werden. Auch das Ausmaß der ausgebreiteten Diasporen konnte nicht sicher quantitativ abgeschätzt werden.

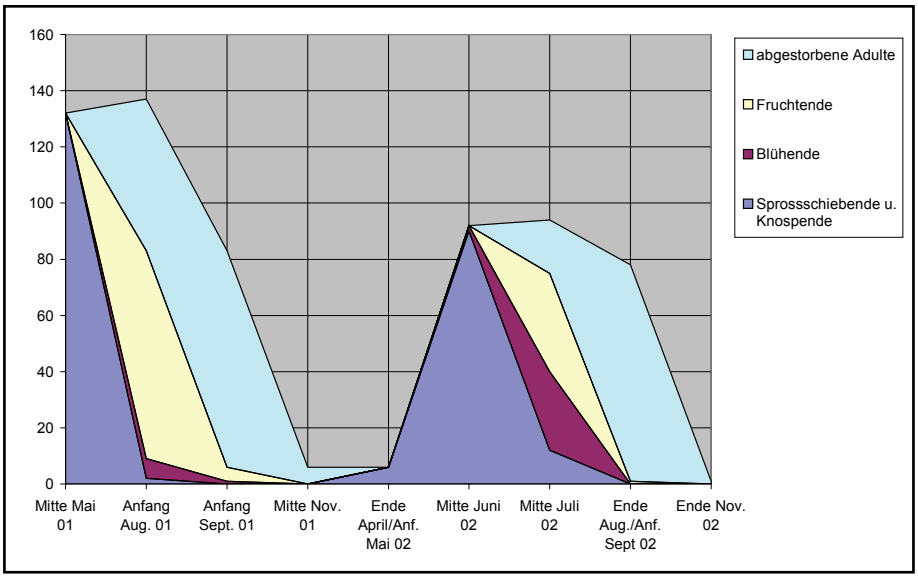


Abb. 8-2: Anteile verschiedener generativer Entwicklungsstadien an fünf untersuchten Beständen an neun Terminen im Verlauf der Jahre 2001 und 2002 (aus: Below in Botanischer Verein zu Hamburg e.V. (Hrsg.) 2004).

Der Begriff der Metapopulation hat in den 1990er Jahren zunehmend Eingang in Naturschutzdebatten gefunden (Reich & Grimm 1996). Basierend auf der Theorie der Insel-Biogeographie von MacArthur und Wilson (1963, 1967), führte Levins (1970) den Begriff der Metapopulation ein und bezeichnete eine Metapopulation als eine Population von Populationen, die lokal aussterben und wieder einwandern. Seit den 1990er Jahren rückte der Aspekt der Verinselung in Bezug auf die Abnahme naturnaher Biotope aufgrund anthropogener Einflüsse in den Vordergrund. Nicht nur natürlicherweise isolierte Vorkommen, sondern auch rückläufige Populationen ehemals häufigerer Arten versuchte man mithilfe des Metapopulationskonzepts in ihrer Entwicklung abzubilden.

Als eine Metapopulation bezeichnen Silvertown & Lovett Doust (1993) eine Population von Populationen im Sinne von Populationen, die durch einen signifikanten Fluss von Individuen - bei Pflanzen meist in Form von Samen - miteinander in Verbindung stehen. Das Konzept der Metapopulation geht davon aus, dass sich die Landschaft aus zur Besiedlung geeigneten und ungeeigneten Flächen zusammensetzt. Die geeigneten Habitate sind als „Flecken“ unterschiedlicher Größe („pat-

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

ches“) in der Landschaft verteilt. Die Habitate können durch die Art besiedelt oder noch unbesiedelt sein. Innerhalb eines Habitats durchlaufen die Individuen ihre artspezifische Lebensgeschichte („life history“), die insgesamt das Verhältnis der Geburts- zur Aussterberate dieser Population bestimmt. Zwischen den Populationen finden Migrationsereignisse statt, die zum genetischen Austausch beitragen. Durch Immigration findet auch eine Besiedlung „freier“ Habitate statt; durch Emigration, aber auch durch Zufallsereignisse kann eine vorhandene Population aussterben. Diese Kriterien sind bei *Oenanthe conioides* gegeben.

Die klassische Metapopulationstheorie basiert auf Untersuchungen von Tier- und Pflanzenpopulationen, die innerhalb des ausgewählten Landschaftsmaßstabs aufgrund natürlicher Gegebenheiten oder anthropogener Einflüsse relativ isoliert liegen (Hanski 2004). Flüsse bilden dagegen ein natürliches Verbindungselement zwischen Populationen von wasserbeeinflussten Pflanzenarten (Nilsson et al. 2010). Auch die Rolle einer langlebigen Samenbank, wie der Schierlings-Wasserfenchel sie bildet, ist bisher noch nicht ausreichend in das Metapopulationskonzept integriert. Diese beiden Gegebenheiten lassen die Frage, ob *Oenanthe conioides* eine Metapopulation bildet oder nicht, schwer beantworten. Untersuchungen zur Diasporenbank haben ergeben, dass die Art eine ausdauernde Samenbank besitzt (Jensch in Botanischer Verein (Hrsg.) 2004), die Art akkumuliert keimfähige Samen im Boden auf besiedelten Standorten. Somit kann sich *Oenanthe conioides* auf früheren Standorten ggf. regenerieren, wenn die Lebensraumbedingungen wieder verbessert werden. Eine quantitative Abschätzung, in welchen Maße die Samenbank zur Ausbildung der realen Vegetation, insbesondere der Schierlings-Wasserfenchelpopulationen beiträgt, lässt sich nur schwer treffen.

Praxisrelevant ist jedoch die Frage, ob die Populationen des Schierlings-Wasserfenchels miteinander in Verbindung stehen.

Der Schierlings-Wasserfenchel (*Oenanthe conioides*) ist ebenfalls in seiner Verbreitung rückläufig, viele der früheren Standorte existieren aufgrund von Deichbaumaßnahmen und Hafenbau nicht mehr. Andererseits ist die Elbe ein natürliches Verbindungselement und Ausbreitungsmedium zwischen den Populationen. Interessant ist daher die Frage, ob die anthropogen bedingte Abnahme geeigneter Lebensräume bereits zu einer Isolierung der Populationen geführt hat oder andersherum gefragt, ob die Populationen (noch) miteinander in Verbindung stehen und somit auch neu entstandene oder neu geschaffene Lebensräume besiedelt werden können.

Der Süßwassertidelebensraum ist im betrachteten Ausschnitt, dem Areal von *Oenanthe conioides,* heutzutage nicht so dynamisch, wie man sich das vielleicht vorstellt. Alpenflüsse beispielsweise können im Alpenvorland ihr Flussbett durch die Wassermassen der jährlichen Schneeschmelze stark verändern (sofern sie dafür noch den Platz haben). Der Unterlauf der Elbe ist im Vergleich dazu nicht so stark

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

von jährlichen Ereignissen betroffen, die Tide pendelt hier täglich ein und aus und sorgt dadurch für einen durchgehend relativ gleichmäßigen Wasserstand. So gab es beispielsweise im 5-Jahres-Zeitraum 2011-2015 lediglich 28 Sturmfluten, das sind im Mittel weniger als 6 Sturmfluten pro Jahr (aus: Gewässerkundliche Information 2017, Hamburg Port Authority). Bis zum Mittelalter waren viele Elbufer nicht befestigt, die Strömung veränderte laufend die Gestalt und Lage der Werder (Sandinseln) im Binnendelta rund um Hamburg. Die heutigen Sturmfluten haben aufgrund der durchgehenden Eindeichungen weit weniger gestaltende Kraft, meist führen sie nur zur verstärkten Ablagerung von Treibsel. Eine Dynamik, die das Aussterben und die Neugründung von Populationen zur Folge hat, in der klassischen Definition eine Voraussetzung für eine Metapopulation, findet also in diesem Ausmaß nicht statt. *Oenanthe conioides* ist daher auch viel weniger als meist angenommen eine Art, die an dynamische Lebensräume angepasst ist und diese stetige Erneuerung benötigt. Schwerpunktvorkommen gibt es schon seit Beginn der Kartierungen vor über 100 Jahren an den gleichen Orten und auch die lokalen, kleineren Populationen, die als Trittsteine dienen können, finden sich oft mehr oder weniger an den gleichen Orten. Schilflücken beispielsweise werden jährlich neu geschaffen, und zwar meist im Umfeld der vorjährigen Schilflücken, sodass hier krautige Pflanzenarten neu keimen können. Der Schierlings-Wasserfenchel ist also keine Pionierart in dem Sinne, dass stets neue Habitate benötigt werden. Die Anzahl kleiner, besiedelter Populationen ist in ihrer Menge zurück gegangen, vermutlich auch aufgrund veränderter Hydrodynamik und Hydromorphologie (Neubecker et al. 2017).

Mithilfe der durchgeführten Untersuchungen zur Ausbreitungsbiologie konnte gezeigt werden, dass die Populationen vermutlich miteinander in Verbindung stehen und somit auch eine Neubesiedlung von geeigneten Biotopen möglich ist. Für die Wiederbesiedlung früherer Standorte kann die Samenbank eine Rolle spielen, neue Habitate können durch aktive Ansiedlung oder, unter günstigen Randbedingungen, mit Hilfe von Diasporeneintrag „von außen“ durch andere Populationen besiedelt werden. Ob eine Wieder- oder Neubesiedlung von alleine stattfindet, hängt stark von der Verfügbarkeit geeigneter Habitate und der Nähe zu besiedelten Standorten ab. Letztlich kommt es für den Erhalt des Schierlings-Wasserfenchels also vor allem darauf an, seinen Lebensraum zu schützen, zu erhalten und zu regenerieren.

Danksagung

Die Fragestellungen zur Ausbreitungsbiologie und umfassenden Ideen zu Untersuchungsmethoden hat Dr. Holger Kurz, bfbb, in Zusammenarbeit mit Helgard Below im Rahmen des E+E-Vorhabens erarbeitet. Von den hier aufgeführten Versuchen hat Dr. H. Kurz die Versuche zur Schwimmfähigkeit und Sinkgeschwindigkeit sowie federführend den Versuch zur Ausbreitung der Diasporen innerhalb der Population durchgeführt. Bei vielen Versuchen zur Ausbreitungsbiologie haben neben mir auch Helgard Below (wissenschaftliche Mitarbeiterin) und Anke Brandt (wissen-

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

schaftliche Hilfskraft) mitgearbeitet. Die Ergebnisse wurden mir freundlicherweise für eine weitere Auswertung zur Verfügung gestellt. Für die Unterstützung bei der Durchführung des Versuchs zu Ausbreitungswegen zwischen den Populationen danke ich Prof. Dr. Kai Jensen und seinen Studenten, Universität Kiel/Hamburg. Dr. Kati Vogt und Dr. Leo Rasran haben die Keimlinge im Versuch Sedimentationsmatten determiniert. Mike Gabriel hat die Ergebnisse zur Fernausbreitung mit seiner Modellierung verglichen. Ihnen allen sei herzlich gedankt!

Literatur

Amiaud B. & Touzard B. (2004): The relationships between soil seed bank, aboveground vegetation and disturbances in old embanked marschlands of Western France. Flora 199: 25-35.

Andersson E., Nilsson C. & Johansson M.E. (1999): Plant dispersal along boreal rivers and its relation to the riparian flora. In: Andersson, E. (Hrsg.): Relationships between hydrochory and riparian flora in boreal rivers.

BAW (2006): Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Aussenelbe an die Containerschifffahrt, Gutachten zur ausbaubedingten Änderung der morphodynamischen Prozesse. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, Hamburg, Ilmenau

Below H. (1997): *Oenanthe conioides* (Nolte) Lange - ökologische und pflanzensoziologische Untersuchungen zum Vorkommen einer stark bedrohten Pflanzensippe im Tideelbegebiet. Magisterarbeit Univ. Lüneburg: 79 S.

Below H., Poppendieck H.H., Hobohm C. (1996): Verbreitung und Vergesellschaftung von *Oenanthe conioides* (Nolte) Lange im Tidegebiet der Elbe. Tuexenia 16: 299-310.

Berryman A.A. (2002): Population: a central concept for ecology? Oikos 97(3): 439-442.

Bill H.C. (2000): Besiedlungsdynamik und Populationsbiologie charakteristischer Pionierpflanzenarten nordalpiner Wildflüsse. Wissenschaft in Dissertationen, Band 557. Verlag Görich & Weiershäuser, Marburg.

Bill H.C., Poschlod P., Reich M. & Plachter H. (1999): Experiments and observations on seed dispersal by running water in an Alpine floodplain. Bulletin of the Geobotanical Institute ETH 65: 13–28.

Boedeltje, G., Bakker, J.P., Ten Brinke, A., Van Groenedael, J.M., Soesbergen, M. (2004): Dispersal phenology of hydrochorous plants in relation to discharge, seed release time and buoyancy of seeds: The flood pulse concept supported. J. Ecol. 92: 786–796.

Botanischer Verein zu Hamburg e.V. (Hrsg.) (2004): Endbericht des E+E-Vorhabens Schierlings-Wasserfenchel im Auftrag des BMU/Bundesamt für Naturschutz, Bonn.

Brouwer W., Stählin A. (1975): Handbuch der Samenkunde für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwirtschaft. DLG-Verlag Frankfurt/Main

Bruun H.H. & Erjnaes R. (2006): Community-level birth-rate: a missing link between ecology, evolution and diversity. Oikos 113(1): 185-191.

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

Camus, P.A. & Lima M. (2002): Populations, metapopulations, and the open-closed dilemma: the conflict between operational and natural population concepts. Oikos 97(3): 433-438.

Danvind C. & Nilsson C. (1997): Seed floating ability and distribution of alpine plants along a northern Swedish river. Journal of Vegetation Science 8: 271–276.

FFH-Richtlinie (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie). ABl EG Nr. L 206: 7.

Gabriel M. (2005): Modellierung hydrochorer Pflanzenausbreitung am Beispiel O*enanthe conioides*. Diplomarbeit, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Ökologie-Zentrum.

Garve, E. (2004): Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen, 5. Fassung, Stand 01.03.2004. – Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen (Hildesheim) 24 (1): 1-76.

Hanski I. & Gaggiotti O. (2004): Ecology, genetics, and evolution of metapopulations. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. 696 S.

Hegi G. (1925/26): Illustrierte Flora von Mittel-Europa, Band V 2. Teil. Carl Hansen Verlag, München.

Hroudova Z., Zakravsky P., Hrouda L. & Ostry I. (1992): *Oenanthe aquatica* (L.) POIR.: Seed Reproduction, Population Structure, Habitat Conditions and Distribution in Czechoslovakia. Folia Geobot. Phytotax 27: 301-355.

Huiskes A.H.L., Koutstaal B.P., Herman P.M.J., Beeftink W.G., Markusse M.M., De Munck W. (1995): Seed dispersal of halophytes in tidal salt marshes. Journal of Ecology 83: 559-567.

Jensen K., Trepel M., Merritt D., Rosenthal G. (2006): Restoration ecology of river valleys. Basic and Applied Ecology 7: 383-387.

Junge P. (1912): Über die Verbreitung der *Oenanthe conioides* (Nolte) im Gebiet der Unterelbe. Jahrb. Hamburgisch. Wiss. Anstalten 19, 3. Beih.: 123-128, Hamburg.

Kadereit G. & Kadereit J.W. (2005): Phylogenetic relationships, evolutionary origin, taxonomic status, and genetic structure of the endangered local Lower Elbe river (Germany) endemic *Oenanthe conioides* (Nolte ex Rchb.f.) Lange (Apiaceae) ITS and ALFP evidence. Flora 200 (2005): 15-29.

Korneck, D., Schnittler, M. & Vollmer, I. (1996): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta) Deutschlands.- In: Ludwig, G. & Schnittler, M. (Bearb.): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. Schr.R. f. Vegetationskunde (28): 21-187.

Levins R. (1970): Extinction. In: Gerstenhaber, M. (Hrsg.): Some Mathematical Problems in Biology. American Mathematical Society, Providence, RI. S. 75-107.

MacArthur R.H. & Wilson E.O. (1963): An equilibrium theory of insular zoogeography. Evolution (Lawrence, Kans.) 17: 373-387.

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

MacArthur, R.H. & Wilson E.O. (1967): The Theory of Island Biogeography. Princeton University press, Princeton, NJ.

Merritt, D.M. & Wohl E.E. (2002): Processes governing hydrochory along rivers: Hydraulics, hydrology, and dispersal phenology. Ecol. Appl. 12: 1071–1087.

Mierwald, U. & K. Romahn (2006): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen in Schleswig-Holstein. - LANU SH - Natur - RL 18-1, 122 S.

Neubecker, J. (2002): Das E+E-Vorhaben Schierlings-Wasserfenchel – eine Projektevaluation. Schriftenreihe für Vegetationskunde 36: 125-129.

Neubecker, J. (2010a): Der Schierlings-Wasserfenchel (*Oenanthe conioides*) – Ökologie und Ansiedlungsmaßnahmen im limnischen Elbe-Ästuar. Naturschutz und Biologische Vielfalt 91: 173-189.

Neubecker, J. (2010b): Schutzkonzept für den endemischen Schierlings-Wasserfenchel (*Oenanthe conioides*). Natur und Landschaft 85 (12): 520-524.

Neubecker, J., Below, H., Brandt, I., Köhler, S. (2017): Monitoring des Schierlings-Wasserfenchels (*Oenanthe conioides*) in den FFH-Gebieten sowie weiterer Standorte in Hamburg, Erfassung 2017. Gutachten im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, 106 S.

Neubecker, J., Köhler, S., Obst, G. & Jensen, K. (2005): Der Schierlings-Wasserfenchel, erfolgreiche Ansiedlung einer prioritären FFH-Art an der Elbe - Naturschutz und Landschaftsplanung 37 (8): 248-255.

Nilsson, C., Gradfjell, M. & Grelsson, G. (1991): Importance of hydrochory in structuring plant communities along rivers. Can. J. Bot. 69: 2631–2633.

Nilsson, C., Brown, R. L., Jansson, R. & Merritt, D. M. (2010): The role of hydrochory in structuring riparian and wetland vegetation. Biological Reviews 85: 837–858.

Obst G., Köhler S., Kurz H., Below H., Brandt I. (2006): Kartierung potenzieller Standorte des Schierlings-Wasserfenchels (*Oenanthe conioides*) an der Unterelbe zwischen Geesthacht und Glückstadt. Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Naturschutzamt, 21 S.

Payne A.M. & Maun M.A. (1981): Dispersal and floating ability of dimorphic fruit segments of *Cakile edentula* var. *lacustris*. Can. J. Bot. 59: 2595–2602.

Poppendieck, H.-H., Bertram, H., Brandt, I., Engelschall, B. & J. v. Prondzinski (Hrsg.) (2010): Rote Liste und Florenliste der Gefäßpflanzen von Hamburg. Sonderdruck aus: Der Hamburger Pflanzenatlas von a bis z, 568 S., 1. Auflage, Hamburg.

Reich, M. & Grimm, V. (1996): Das Metapopulationskonzept in Ökologie und Naturschutz: eine kritische Bestandsaufnahme. Z. Ökologie u. Naturschutz 5: 123-139.

Sandkühler, J (1994): Untersuchung der Diasporenbank als Revitalisierungspotential urbaner Fießgewässer am Beispiel der Hase. Universität Osnabrück, Fachbereich Biologie/Chemie, Diplomarbeit: 123 S.

Schneider R.L. & Sharitz R.R. (1988): Hydrochory and regeneration in a bald cypress-water tupela swamp forest. Ecology 69: 1055-1063.

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

Silvertown, J.W. & Lovett Doust, J. (1993): Introduction to Plant Population Biology. Blackwell, Oxford, 210 S.

Smith M. & Keevin T.M. (1998): Achene morphology, production and germination, and potential for water dispersal in *Boltonia decurrens* (Decurrent False Aster), a threatened floodplain species. Rhodora 100, 901: 69–81.

Staniforth R.J. & Cavers P.B. (1976): An experimental study of water dispersal in *Polygonum ssp*. Can. J. Bot. 54: 2587–2596.

Ulbrich E. (1928): Biologie der Früchte und Samen (Karpobiologie). – Berlin.

Anschrift der Verfasserin

Dipl. Biol. Jacqueline Neubecker
PLAN
Diekskamp 1 L
22949 Ammersbek
jacqueline.neubecker@web.de

Alle Fotos, Grafiken, sofern nicht anders vermerkt: Jacqueline Neubecker

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Kieler Notizen zur Pflanzenkunde

Jahr/Year: 2018

Band/Volume: 43

Autor(en)/Author(s): Neubecker Jacqueline

Artikel/Article: Die Ausbreitungsbiologie des Schierlings-Wasserfenchels 3-46