

# Copyright ©

---

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

## Verbreitung und Verbreitungsmöglichkeiten der Bohrmuschel *Teredo navalis* L. und ihr Vordringen in den NO-Kanal bei Kiel.

VON LISELOTTE SCHÜTZ<sup>1)</sup>

Zum ersten Male wurde von MÖBIUS 1872 von einem Vordringen der Bohrmuschel in den NO-Kanal — damals Eiderkanal — berichtet; ihre Verbreitung reichte aber nicht über das Schleusengelände hinaus. In jener Zeit lebte *Teredo navalis* im Kieler Fördegebiet und bildete dichte Populationen in dem reichlich vorhandenen Holzwerk, denn die Uferbefestigungen bestanden zum größten Teil aus Strauchwerk, und vor Möltenort wurden an kleinen Pfählen aus Kiefern- und Fichtenholz Miesmuscheln gezüchtet. Diese Hölzer waren frisch, kaum abgelagert und weich und wurden von der Bohrmuschel bevorzugt. Im Frühsommer erzeugten diese Populationen große Larvenschwärme, von denen Teile in den Eiderkanal gelangten, wo im Bereich des Schleusenengebietes Verhältnisse geherrscht haben müssen, die eine Ansiedlung ermöglichen. Die Bohrgänge der heranwachsenden Tiere aber blieben nur klein. Vermutlich führte der Süßwasserausstrom im Herbst und Winter zu einer bedeutenden Verschlechterung der Lebensbedingung, so daß die Tiere zugrunde gingen. Da der Befall keine lange Lebensdauer besaß, konnten keine starken Zerstörungen entstehen.

Eine erneute Einwanderung in den NO-Kanal wurde erst 1951 wieder festgestellt. Damals führte die Wasser- und Schifffahrtsdirektion eine Untersuchung der Holzbauten auf Bohrmuschelbefall im Holtenauer Binnen- und im Nordhafen im Spätsommer durch. Her. Baurat LUETTJOHANN entdeckte über der Hafensohle in ca. 9 m Tiefe an mehreren Pfählen starken Befall. Oberhalb 7,5 m Wassertiefe traten keine Röhren mehr auf, aber unterhalb lagen sie sehr eng nebeneinander, so daß an den Pfahlrändern die Trennwände papierdünn waren. Bei den Pfählen, die ungefähr 48 cm Durchmesser hatten, blieb in der Mitte ein Kern von 30 cm  $\varnothing$  unzerstört. Um dieses Mittelstück befand sich ein Mantel von ungefähr 6,5 cm Breite, der dicht mit *Teredo*-Röhren besetzt war (LUETTJOHANN 1952). In den Gängen lebten keine Tiere mehr. Diese Holzbauten befanden sich im Bereich des NO-Kanals zwischen km 96,8 und 96,3. Die Entfernung von den Schleusentoren bis zur äußersten Zerstörungsstelle beträgt 1,2 km. Etwas weiter kanalabwärts ungefähr bei km 95 befand sich eine alte zerfallene Brücke, an der 1951 sogar in Wasser Spiegelhöhe leere Röhren von *T. navalis* zu beobachten waren. Wann die Besiedlung damals stattgefunden haben kann, ließ sich nicht mehr ermitteln. Im Gebiet der Kieler Förde waren nach dem 2. Weltkrieg die Pfähle der Brückenanlagen in Schilksee dicht mit *T. navalis* besetzt. Die Larvenproduktion dieser Population war demnach wohl sehr groß, so daß eine Einwanderung von dieser Stelle aus als wahrscheinlich angesehen werden kann. Die Umweltsbedingungen für die Ansiedlung müssen sehr günstig gewesen sein.

Erneut wurden 1961 vom Wasserbauamt Holtenau im NO-Kanal die Dalben und Brücken auf Bohrmuschelbefall untersucht. *Teredo navalis* hatte sich, wie sich dabei zeigte, westwärts bis nach Schwartzenbek km 93 ausgebreitet und war somit auf einer

<sup>1)</sup> Den Herren Oberbaurat Ramacher, Baurat Meyer, Bauassessor Brandenburg und Inspektor Dombergen vom Wasserbauamt Holtenau möchte ich für ihre ständige Bereitschaft, mich bei diesen Untersuchungen zu unterstützen, meinen aufrechten Dank sagen. Ihre Hinweise haben meine Arbeit wesentlich gefördert. Ebenso danke ich Herrn Hj. Thiel für seine mannigfaltige Hilfe herzlich, insbesondere für die photographischen Aufnahmen von einigen ausgebauten Holzpfählen.

Strecke von fast 5 km in dieses Brackgewässer vorgedrungen. Die Bohrmuschel hatte sich dort an den Pfählen schon 1 m unter der Wasserlinie angesiedelt. In 2—3 m Tiefe lebten Individuen, welche Gänge von 30, ja vereinzelt 37 cm Länge und einem  $\varnothing$  von 0,8—1 cm in das Holz gebohrt hatten (Abb. 1). Der Abstand der Individuen voneinander betrug im allgemeinen 2—3 cm, in höheren und tieferen Lagen häufig 10—15 cm (Abb. 2). Auch dicht über der Kanalsohle fand man noch Bohrungen. Die Eindringtiefe in das Holz betrug selten 5 cm, größtenteils ging sie nicht über 2—3 cm hinaus. Diese Zerstörungen führten noch nicht zu einer Gefährdung der Standortsicherung. Im Binnenhafen von Holtenau wurden bei dieser Untersuchungsreihe dagegen erhebliche Schäden an Pfählen festgestellt. An einer Fähranlegebrücke waren in 8—8 $\frac{1}{2}$  m Wassertiefe etwas über der Hafensohle die Pfeiler so stark angebohrt, daß sie bei einem starken Seitendruck abgeknickt sind. Der unzerstörte Holzkern hatte einen Durchmesser von 18—20 cm. Der von den Bohrgängen durchsetzte äußere Pfählmantel besaß eine Breite von 8—10 cm. Die Länge der Röhren betrug im Mittel 10—12 cm, viele hatten nur ein Ausmaß von 5—8 cm. Am Rande lagen die Gänge so nahe beieinander, daß die Trennschichten kaum 2 mm breit waren (Abb. 3 und 4). Schon 2 m höher, in 6—6 $\frac{1}{2}$  m Wassertiefe war die Zerstörung durch Bohrmuschelgänge nicht mehr so erheblich; hier war der Kern im Mittel 25—28 cm stark, der von Bohrmuscheln durchsetzte Mantel war 4—6 cm breit, selten 7 cm. Der Abstand der Röhren betrug häufig 4—5 cm, größtenteils 1—2 cm (Abb. 5). Die Bohrgänge waren aber länger, einige maßen 25 bis 28 cm, durchschnittlich 22—25 cm. Röhren von 1—2 cm Länge befanden sich noch in  $\frac{1}{4}$  m unter der Wasseroberfläche. Diese Brücke liegt ungefähr 1 km von den Schleusen entfernt. An anderen Pfählen im Hafengebiet zeigte sich schon 25 cm unter der Wasseroberfläche eine sehr dichte Bohrmuschelansiedlung. Die Gänge waren durchschnittlich 20—25 cm lang (Abb. 6). Ein Teil der Röhren war noch bewohnt. In  $\frac{1}{2}$  m Wassertiefe war die Population dichter. Die Röhrenlänge betrug 15—20 cm (Abb. 7). Alle Tiere, die hier noch existierten, waren reif. Es waren ausschließlich ♀♀. Bei einigen hatten sich Ovarien entwickelt, andere trugen schon Eier, aber keine befruchteten. Diese Besiedlung im Hafengebiet muß vor 2 Jahren erfolgt sein. Im Jahre 1959, als die Temperaturen der Sommermonate über 20 Grad C. anstiegen und die Salzgehalte auch in der Förde ungewöhnlich hoch waren, hat eine (da sich in Schilksee noch immer die mit *Teredo navalis* verseuchte Brücke befand) besonders große Larvenproduktion in der Förde stattgefunden. Die Verhältnisse im NO-Kanal waren für eine Ansiedlung der Bohrmuschel wohl selten so günstig. Aber auch im Sommer 1961 konnte cand. rer. nat. H. THIEL im Schleusengebiet an den Fendern Neubesiedlung feststellen.

Es ist also bemerkenswert, daß eine Art, die im Eu- mehr noch im Polyhalinikum beheimatet ist, hier im NO-Kanal ins Brackwasser einwandert und existieren kann. Es taucht daher die Frage auf, welche Umstände haben dazu geführt, daß ihr Eindringen möglich ist und wie weit vermag sie sich in diesem Gewässer auszubreiten. Aufschluß darüber können wir erhalten durch die Kenntnis ihrer regionalen Verbreitung, ihres Verhaltens gegenüber den wichtigsten Umweltfaktoren und ihrer Biologie. Daraus lassen sich durch Vergleich die Möglichkeiten aufzeichnen, die ihre Ausbreitung im Kanal fördern oder hindern.

Das Ursprungsgebiet von *Teredo navalis* liegt im Mündungsgebiet der mittel- und nordeuropäischen Flüsse. Heute ist diese Bohrmuschel weltweit verbreitet. Schiffe haben sie in die Häfen des Indiks, Pazifiks, Atlantiks und des Schwarzen Meeres verschleppt. Sie lebt in japanischen, südafrikanischen und kalifornischen Gewässern. In den letzten Jahren zeigt sich bei dieser Art die Tendenz, sich auch dort anzusiedeln, wo sie bisher nicht zu existieren vermochte. In fast arktischen Bereichen in der Nähe

von Trondheim wurden Individuen dieser Bohrmuschel gefunden. Ins Brackwasser der Ostsee ist sie in den heißen Sommern 1933—36 bis zur Darßer Schwelle vorgedrungen und ist dort auch verblieben. (NAIR 1959; BECKER 1959; HAAS 1955; MOLL 1941; VALKANOV 1957). Im Bereich der borealen Flußmündungen herrschen polyhaline Verhältnisse. In diesen Gewässern mit schwankendem Salzgehalt entfaltet sich *T. navalis* optimal. Im allgemeinen dringt sie nur selten über niedrigere Salzgehalte als 12—14‰ hinaus vor, so weit bisher in holländischen, britischen und deutschen Gewässern und auch im Schwarzen Meer beobachtet werden konnte. Ihre Anpassung an Salzgehalte um 10‰, wie es sich an der Darßer Schwelle zeigt, bedeutet eine Änderung ihres bisher bekannten Verhaltens gegenüber diesem wichtigen Umweltfaktor. Es sei bemerkt, daß die Schwankungsbreite an diesem Ort nur 1‰ beträgt, also sehr klein ist (NAIR 1959, BECKER 1959, v. BENTHEM-JUTTING 1943, HAAS 1926, MÖBIUS 1875, MOLL 1941, VALKANOV 1957).

Bei experimentellen Untersuchungen, die sowohl im Schwarzen Meer als auch in der Bucht von San Francisco unternommen wurden, erwies es sich, daß *T. navalis* fähig ist, wesentlich niedrigere Salzgehalte zu ertragen, als man nach ihren Existenzgrenzen erwarten konnte. Bis zu einem Salzgehalt von 9‰ reagieren die Tiere völlig normal, erst unterhalb von 7‰ verlangsamen sich ihre Reaktionen. Bei einem Salzgehalt von 5‰ schlossen sich ihre Röhren; sie überdauerten in diesem Zustand die Milieuänderung bis zu 6 Wochen. Ein großer Teil der Tiere starb allerdings während dieser Zeit. Salzgehalte unter 3‰ wirken auf *T. navalis*-Individuen lethal. Es sei hinzugefügt, daß dies Beobachtungen nur bei Temperaturen über 15° C gemacht wurden (v. BENTHEM-JUTTING 1943; HAAS 1955). Soweit bisher in borealen Gewässern festgestellt wurde, nimmt mit sinkendem Salzgehalt sowohl die Bohr- und als Folge davon auch die Wachstumsintensität ab. Im Ostseeraum sind daher die Zerstörungen durch Bohrmuschelbefall nicht so stark wie im Bereich der Nordsee (HAAS 1926; 1955).

Die größte Aktivität zeigt *T. navalis* im Temperaturbereich von 15—25° C. In den mittleren Breiten kann sich diese Bohrmuschel während der warmen Jahreszeit voll entfalten. Frost vernichtet viele Individuen dieser Art. Wir finden im Boreal nahe der Wasseroberfläche kaum Röhren von ihr. Die Bohrtätigkeit hört unterhalb 5° C auf. Bisher ist es *T. navalis* kaum gelungen, in arktische Gewässer vorzudringen, denn Reife und Entwicklung der Larven kann nur stattfinden, wenn die Temperatur mindestens 15° C überschreitet. Da aber zu beobachten ist, daß diese Art entlang der norwegischen Küste immer weiter nach Nordensich ausbreitet, muß eine Anpassung an kältere Temperaturen auch während dieser wichtigen Lebensphasen möglich sein, wenn andere Faktoren optimal vorhanden sind, oder die klimatischen Bedingungen müssen sich im Nordatlantik in den letzten Jahren so verändert haben, daß eine Ausbreitung borealer Arten in diesem Raum gefördert wird. In den Häfen auf den Faröern siedeln sich häufig *T. navalis*-Larven an, aber reife Tiere wurden dort niemals festgestellt. Auf einer Insel im Südwesten vorgelagerten Insel Vestmannaeyjar werden Pfähle angetrieben, die Bohrgänge von der Bohrmuschel aufweisen, wie cand. rer. nat. KIECKHÄFER mir berichtete. Ein großer Teil der Tiere lebt und vermag im Sommer unter den klimatischen Bedingungen an der Südküste Islands auch zu existieren, eine Einbürgerung konnte bisher dort nicht festgestellt werden (NAIR 1959; HAAS 1926 und 1955).

#### Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 1)

Abb. 1: Längsschnitt an einem von *Teredo navalis* befallenen Pfahl in 2½ m Tiefe bei km 93.

Abb. 2: Längsschnitt in 1½ m Tiefe am gleichen Ort wie bei Abb. 1.

Abb. 3: Querschnitt in 8½ m Tiefe. Holtener-Fährbrücke.

Abb. 4: Längsschnitt in 8½ m Tiefe am gleichen Ort wie bei Abb. 3.



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

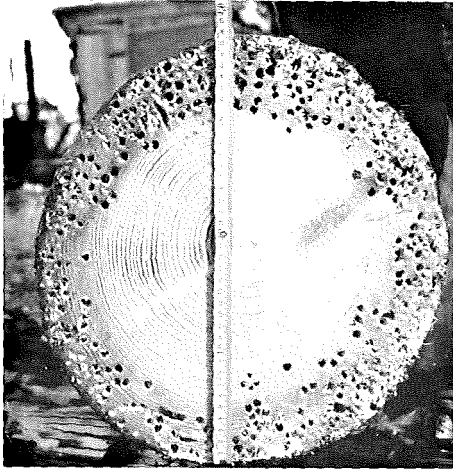


Abb. 5

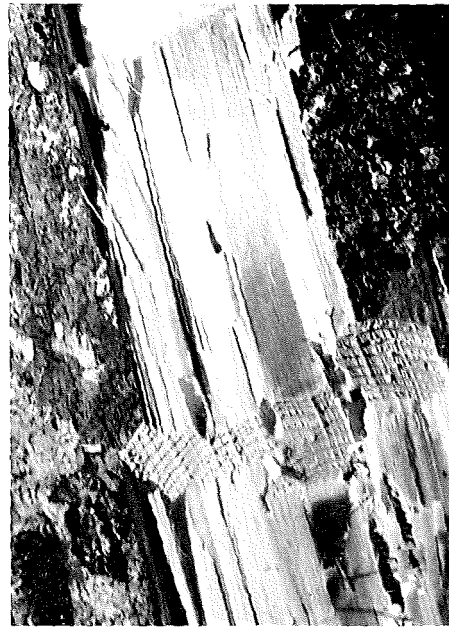


Abb. 6



Abb. 7

Tafel 2 (zu L. Schütz)

In stark verschmutzten Häfen hat sich *T. navalis* bisher noch nicht angesiedelt. Ihr O<sub>2</sub>-Bedürfnis scheint relativ hoch zu sein. Die Dichte des Befalls nimmt unterhalb 10 m auffallend ab; unterhalb 15 m beobachtete man kaum noch Bohrgänge. Ganz vereinzelt hat man in 50 m Tiefe noch Individuen gefunden (v. BENTHEM-JUTTING 1943; LUETTJOHANN 1952). Auch weder in kalkreichen Gewässern noch in solchen mit reicher Humusführung wurde *T. navalis* bisher angetroffen; ihr Vorkommen scheint sich auf einen relativ engen pH-Bereich zu beschränken (v. BENTHEM-JUTTING 1943; LUETTJOHANN 1952).

Ursprünglich siedelte sich *T. navalis* in Holzstämmen, Ästen und Zweigen an, die mit dem herabfließenden Wasser ins Meer geschwemmt worden waren. Je frischer und weicher das Holz, desto stärker war die Besiedlung. Heute finden wir diese Bohrmuschel in fast allen Hölzern. Ihre Eindringtiefe und ihre Besiedlungsdichte sind aber abhängig von der Härte des Substrats und von schädlichen Stoffen wie Alkaloiden, die in allen Kernhölzern enthalten sind. Bemerkenswerterweise findet sich *T. navalis* nicht in den Hölzern, welche Kieselsäure-Kristalle enthalten. Nach den Angaben von HAAS (1926) über *T. navalis*-Befall, läßt sich eine Gruppierung der Holzarten vornehmen entsprechend ihrer Resistenz gegenüber dem Anbohren dieser Muscheln.

1. Zu der Gruppe, die kaum oder gar nicht von *Teredo navalis*-Individuen zerstört wird, gehören:  
Gummibaum, Yarah, Eiche und Greenhart. Sie besitzen ein festes, alkaloidhaltiges Kernholz. Greenhart enthält außerdem noch Kieselsäurekristalle.
2. Zu der Gruppe von Holzarten, die nicht völlig zerstört werden, gehören:  
Espe, Eibe, Buche und Esche. Sie haben ein Kernholz, welches aber nicht in so hohem Maße schädigende Stoffe enthält, wie das der vorgenannten Gruppe.
3. Zu der Gruppe, welche *T. navalis* optimale Lebensverhältnisse vom Substrat her bietet, gehören alle typischen Nadelhölzer.

Folgende Beobachtungen bestätigen diese Gruppierung. In der 2. Hälfte des vorigen Jahrhunderts wurden Brückenanlagen und Dalben, die aus Föhrenholz (Pinus) bestanden, im Laufe von 7—8 Jahren völlig zerstört, solche aus pommerscher Kiefer sogar schon in 3 Jahren, während Eichenpfähle im Laufe ihres Einsatzes von fast 60 Jahren nicht einen Bohrgang aufwiesen (MÖBIUS 1872). Balaniden- und Mytilusbewuchs verhindern den Bohrmuschelbefall nicht. Die Larven dringen zwischen den Gehäusen durch und setzen sich am Holz fest. Dagegen wehren dichter Rotalgenbewuchs und Mudablagerungen das Eindringen von Jungstadien dieser Muscheln ab (v. BENTHEM-JUTTING 1943; HAAS 1926).

*Teredo navalis* meidet auch faulendes Holz. Bisher ist nicht bekannt, ob die bei den Zersetzungs Vorgängen sich entwickelnde Humussäure oder der dabei entstehende O<sub>2</sub>-Mangel die Schädigung des Organismus herbeiführen. Beide Vorgänge werden vermutlich eine Störung der normalen Lebensfunktionen bewirken, was sich vor allem auf die Intensität des Einbohrens auswirken wird (v. BENTHEM-JUTTING 1943; HAAS 1926 und 1955).

Der Lebenszyklus, der von v. BENTHEM-JUTTING (1943) in holländischen Gewässern studiert wurde, hat unter borealen Klimabedingungen annähernd folgenden Verlauf. Im Juni beginnt die Fortpflanzungszeit, die Larven schwimmen je nach Umweltsbe-

---

#### Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 2)

Abb. 5: Querschnitt in 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m Tiefe am gleichen Ort wie bei Abb. 3.

Abb. 6: Längsschnitt in <sup>1</sup>/<sub>4</sub> m Tiefe an einem Pfahl ca. 0,5 km von der Holtener-Schleuse entfernt.

Abb. 7: Längsschnitt in 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m Tiefe am gleichen Ort wie bei Abb. 6.

dingungen 1—2 Wochen im Plankton umher, dann setzen sie sich fest und die Metamorphose findet statt. Dieser Vorgang dauert ungefähr  $2-2\frac{1}{2}$  Wochen. Daran schließt sich die Wachstumszeit an, sie beginnt Anfang bis Mitte Juli. Während der wärmsten Zeit des Jahres wachsen die Tiere und bohren sich in das Holz ein. Nach 6—8 Wochen Wachstums- und Entwicklungszeit erreichen die Individuen im allgemeinen eine Länge von 4—5 cm und sind geschlechtsreif. Man hat bisher aber noch nicht beobachtet, ob sie dann schon eine neue Generation erzeugen. v. BENTHEM-JUTTING (1943) berichtet, daß die Fortpflanzungszeit in den mitteleuropäischen Gewässern im August endet. Die Reife der Fröhsommergeneration beginnt aber erst im September. Es ist wohl anzunehmen, daß im Herbst kaum noch Befruchtung und Entwicklung der Larven von *T. navalis* stattfinden wird. Im Spätsommer ist eine Steigerung des Wachstums festzustellen, denn schon nach 10 Wochen Lebensdauer, Mitte bis Ende September, haben die Individuen eine Länge von ungefähr 10 cm erreicht. Dann folgt kaum noch eine Größenzunahme. Bei  $8-5^{\circ}\text{C}$  hört das Wachstum und auch das Bohren allmählich auf. Im Durchschnitt erreicht *T. navalis* ein Alter von 2 selten  $2\frac{1}{2}$  Jahren. Ihre Länge beträgt dann im Mittel 20—25 cm, nur vereinzelt beobachtet man Individuen, die ungefähr 30 cm groß sind.

*Teredo navalis* hat an der amerikanischen Atlantikküste bei Woods-Hole einen annähernd gleichen Lebensablauf (HAAS 1955), obgleich die Umweltsbedingungen sicher nicht ganz die gleichen sind. Gewiß ist, daß im Mittel die Temperatur höher liegt. Die jeweiligen Leistungen, sowohl Wachstum als auch die der Produktion, sind nicht bekannt, vermutlich werden sich hier Unterschiede zeigen.

Auch an der nördlichen Grenze ihrer Verbreitung, an der Küste von Norwegen, pflanzt sich *T. navalis* im Fröhsommer fort (NAIR 1959); ihre Larven werden im Juni in großer Zahl angetroffen und das Hauptwachstum fällt auf den Hochsommer.

An der südlichen und an der nördlichen Grenze und in der Mitte seiner Verbreitung im Atlantik hat *T. navalis* einen annähernd gleichen zeitlichen Lebensablauf. Diese Übereinstimmung der Entwicklungsabläufe mag ihre Ursache in Abhängigkeiten von Umweltsvorgängen haben, die in allen Teilen des Verbreitungsgebietes von *Teredo navalis* einen ähnlichen rhythmischen Verlauf haben. Ich denke dabei an Zusammenhänge zwischen Reife- und Befruchtungsvorgänge und Phytoplankton, auch solche zwischen Planktonverhältnissen und Larvalentwicklung, wie sie von vielen anderen borealen Muschelarten bekannt sind. Plötzlicher Temperaturanstieg im Fröhsjahr kann in bestimmten Entwicklungsphasen als Stimulans dienen, wie man z. B. bei *Mytilus edulis* beobachten kann. Bisher sind bei *T. navalis* in dieser Hinsicht noch keine Beobachtungen gemacht worden.

Ganz allgemein möchte ich sagen, daß Aussagen über Ausbreitungstendenzen einer Art nur möglich sind, wenn eine genaue Kenntnis der Zusammenhänge zwischen Umwelt und Lebenslauf besteht.

*Teredo navalis* wächst nur, wenn die Temperatur über  $5^{\circ}\text{C}$  ansteigt; während des Wachstums ernährt sie sich hauptsächlich von Zellulose. Sie bohrt sich daher auch nur bei Temperaturen über  $5^{\circ}\text{C}$  in das Holz ein. Mit dem Atemwasser nimmt die Art aber auch Plankton auf und die in ihm enthaltene Nahrung wird verzehrt. Im Winter stellt dieses die einzige Nahrung dar, häufig auch im Fröhsjahr, wenn die Tiere reifen. Vorsommerliche Phytoplanktonentwicklung und Reife laufen annähernd parallel, so daß möglicherweise hier Zusammenhänge bestehen.

Diese Bohrmuschel wird, wie schon erwähnt, nach 6—8 Wochen geschlechtsreif. Es entwickeln sich bei ihr zuerst die Hoden; die Ovarien erst, nachdem die Spermien das Tier verlassen haben. Im folgenden Jahr wird selten ein gleicher Reifezyklus beobachtet. In der Regel bleiben die Tiere ♀♀. Die ♂♂ sind klein und an Zahl den ♀♀



unterlegen. Ganz vereinzelt bleibt ein Tier während seines ganzen Lebens ♂. Das starke Überwiegen der ♀♀ führt zu einer großen Nachkommenschaft (v. BENTHEM-JUTTING 1943; HAAS 1955).

Zusammenfassend kann ich über das bisher Erörterte also folgendes sagen:

1. *T. navalis* entwickelt sich im Eu- und Polyhalinikum optimal, bis zu einem mittleren Salzgehalt von ungefähr 10‰ ist sie aber noch existenzfähig, Werte unter 5‰ überleben die Tiere selten.

2. *T. navalis* entfaltet ihre größte Aktivität im Temperaturbereich von 15—25° C; bei Temperaturen um 0° C gehen die meisten Individuen zugrunde. Bei 5° C stellen die Tiere das Bohren ein und nehmen dann auch an Größe nicht mehr zu.

3. Das Sauerstoffbedürfnis ist relativ groß. In verschmutzten Häfen siedelt sich *T. navalis* nicht an.

4. Die Anpassungsbreite bezüglich des pH's ist gering; humus- und kalkreiche Gewässer werden von *T. navalis* gemieden.

5. *T. navalis* bevorzugt als Biotop weiches und frisches Holz, in alkaloidhaltiges Holz oder solches mit Kieselsäurekristallen dringt sie nicht ein.

6. Die Fortpflanzungszeit von *T. navalis* liegt sowohl im südlichen wie im nördlichen Nordatlantik im Frühsommer.

7. Das Wachstum fällt in die wärmste Zeit des Jahres, während der sich *T. navalis* tief ins Holz einbohrt.

8. Balaniden- und Mytilus-Bewuchs an Holzbauten verhindern den Bohrmuschelbefall nicht; dagegen wehren dichter Rotalgenbewuchs und Mudablagerungen das Eindringen von Jugendstadien von *T. navalis* ab.

Betrachtet man hierauf die Verhältnisse im NO-Kanal, so ergeben sich in diesem Brackgewässer für *Teredo navalis* nachfolgende Milieubedingungen und damit Ausbreitungsmöglichkeiten. Bei der obengenannten Untersuchungsstelle Schwartenbek bei km 93 (von den Holtener Schleusen ungefähr 5 km entfernt) liegen in normalen Jahren an der Oberfläche die Salzgehaltswerte bei 10‰, in der Tiefe bei 12—13‰. Im Frühjahr und Sommer werden Werte bis zu 14‰ gemessen, vereinzelt sogar bis zu 20‰.

An der Eidereinmündung bei km 85 (von der Holtener Schleuse ungefähr 13 km entfernt) beträgt in 3—5 m Tiefe der mittlere Salzgehalt noch 10‰ und in Sehestedt bei km 75 (von der Holtener Schleuse ungefähr 22 km entfernt) in 8—11 m Tiefe ebenfalls 10‰. Bis zu dieser Station wäre nahe der Kanalsohle eine Einwanderung von *Teredo navalis* bezüglich des Salzgehaltes möglich, denn sein Existenzminimum wird hier noch erreicht. Die Temperaturen liegen an dieser Stelle im Winter im Durchschnitt bei 2° C, selten wurden niedrigere Werte festgestellt. Dieser Faktor würde also ebenfalls der Ausbreitung kein Hindernis bieten (Ax 1952, BRANDHORST 1955, SCHÜTZ 1960). Einen hemmenden Faktor stellt aber eine dichte Detritusablagerung dar. Schon von km 85,5 sind die Pfähle unterhalb 2—3 m dicht mit Wohnröhren aus Detritus von Amphipoden bedeckt. Auch fängt sich zwischen dem Algen- und dem Seepockenbewuchs Detritus. Dieser organogene Detritus stammt vor allem aus dem Süßwasser der in den Kanal mündenden Eider. Larven der Bohrmuschel können sich unter diesen Bedingungen kaum noch festsetzen, und eine Entwicklung von erwachsenen Tieren würde durch die zwangsläufige Aufnahme von humushaltigem Detritus mit dem Atemwasser beeinträchtigt. Da ferner anzunehmen ist, daß das Phytoplankton im Entwicklungsablauf von *T. navalis* eine Rolle spielt, und dieser Faktor, soweit er aus der Ostsee stammt und marinen Ursprungs ist, bei km 85,5 nur noch gering im Medium vorhanden ist, wird auch sein Mangel sich als eine Verbreitungsschranke auswirken. Die Ausbreitung von *T. navalis* wird also im NO-Kanal nicht allein durch die vorherr-

schen Halinitätsverhältnisse bestimmt. Wie schon eingangs erwähnt, haben sich im Sommer 1959 Larven der Bohrmuschel bei km 93 (ungefähr 5 km von der Schleuse entfernt) angesiedelt. Die Tiere sind herangewachsen, ein Teil von ihnen lebte noch nach 2 Jahren. Einige haben eine Länge von 30 cm, wenige sogar 37 cm erreicht. Selbst unter optimalen Lebensbedingungen sind Tiere mit derartigen Ausmaßen niemals angetroffen worden. In jenem Jahr herrschten außergewöhnliche Verhältnisse. Das Salzgehaltsgefälle von der Förde in den NO-Kanal betrug während der Sommermonate kaum 1‰, und die mittleren wie die absoluten Werte lagen im Durchschnitt 2—4‰ höher als normal. Die Salzgehalte bei km 93 haben in 2—3 m Tiefe wahrscheinlich im Mittel ungefähr 13‰ betragen, wobei Maxima von 16‰ durchaus möglich gewesen sind, wie sich nachträglich aus hydrographischen Messungen, welche cand. rer. nat. HJ. THIEL an der Schleuse durchgeführt hat und die er mir freundlicherweise hierfür zur Verfügung stellte, ermitteln ließ. Auch im Herbst 1959 waren die Salzgehaltsverhältnisse noch relativ günstig, erst im Winter sanken die Werte gelegentlich unter 10‰, vereinzelt wurden solche von 6‰ gemessen. 1960 stiegen die Salzgehalte im Frühjahr und Sommer auf über 14‰ und lagen im Mittel wieder um 13‰. Erst 1961 änderten sich die Halinitätsverhältnisse dahin, daß sie wieder als normal bezeichnet werden konnten, d. h. daß bei Schwartenbek der Mittelwert des Oberflächenraumes 10‰ beträgt. In den Sommermonaten und im Frühjahr 1961 waren Werte von 12‰ und darüber sogar selten. Eine Neubesiedlung mit *T. navalis* hat 1960 und 1961 nicht stattgefunden. Die Populationen, die sich 1959 dort gebildet haben, sind heute — Juli 1961 — verschwunden, man findet nur leere Bohrgänge in den Pfählen.

Aber nicht nur die Salzgehalte hatten sich im NO-Kanal verändert, auch die Temperaturen hatten hohe Werte erreicht. Während der Sommermonate 1959 lagen die mittleren Temperaturwerte über 20° C, Höchstwerte von 24° C wurden erreicht. Auch 1960 stiegen die Werte im Hochsommer über 20° C, jedoch betrug die mittleren Sommertemperaturen ungefähr 18° C. Bis zum Juli 1961 wurden Werte von 18° C dagegen selten gemessen. Die hohen Temperaturen von 1959 begünstigten zweifellos mit die Larvenproduktion in der Kieler Förde, so daß dichte Larvenschwärme auch in den NO-Kanal eindringen konnten, wo die Ausbreitung wie auch die Entwicklung und vor allem die Wachstumsleistung der Individuen durch die günstige Wärme gefördert wurde. Die abnormen Größen der Tiere bei Schwartenbek können wohl zu einem wesentlichen Teil auf die stimulierende Wirkung der hohen Temperaturen auf Wachstum und Bohrtätigkeit zurückgeführt werden. Ihre höchste Aktivität erreicht *T. navalis*, wie oben schon erwähnt wurde, bei Temperaturen zwischen 15 und 25 Grad C.

Die Ursache dieser auffallenden Wachstumsleistung scheint aber nicht nur in der durch Wärme gesteigerten Bohrtätigkeit und damit erhöhten Nahrungsaufnahme allein zu liegen, sondern zugleich in dem Ausfall der Entwicklung von Geschlechtsorganen und demzufolge auch der Larvenproduktion. Geschlechtsreife Tiere wurden an dieser Station nämlich nicht festgestellt. Diese weitere Begründung der gesteigerten Leistung wage ich hier auszusprechen auf Grund meiner vergleichenden ökologischen Untersuchung über die Hartbodenfauna im NO-Kanal 1952/53 (SCHÜTZ 1960). Die Ausbreitung von *Teredo navalis* 1959/60 bis km 93 (5 km von der Schleuse entfernt), zeigt kein besonderes Verhalten oder neue Leistung dieser Art an, denn aus anderen Meeresteilen ist ihre Verbreitung bis zu einem Salzgehalt von 12—14‰ bekannt. Als sich die Verhältnisse an dieser Station bezüglich des Salzgehaltes verschlechterten und sich damit das marine Milieu änderte, gingen die Individuen zugrunde und ein neues Vordringen ist bisher nicht bekannt geworden.

Im Bereiche des Holtener Binnen- und Nordhafens, der sich auf eine Strecke von 1,2 km erstreckt und an die Schleusen anschließt, sind die Besiedlungen von *T. navalis*

seit 1959 äußerst dicht. In der Nähe der Kanalsohle, wo die Salzgehaltsverhältnisse sich nur geringfügig von denen in der Förde unterschieden, war die Populationsdichte am größten.

Eine so enge Siedlungsweise führt zwangsläufig zu einer Nahrungskonkurrenz, die sich negativ auf die Wachstumsintensität und die Lebensdauer auswirkte. Die meisten Individuen erreichten nur ein Alter von 1 Jahr und ihre Größe betrug selten über 15 cm, im Mittel etwa 10—12 cm. Im Gegensatz dazu waren die Tiere, die sich etwas aufgelockerter angesiedelt hatten, größer und wenige von ihnen lebten noch nach  $2\frac{1}{4}$  Jahren und waren sogar geschlechtsreif. Ihre Wachstumsleistung war normal, denn ihre Länge betrug 20—25 cm.

Ich habe hier nur ♀♀ mit Ovarien beobachtet, von denen einige unbefruchtete Eier besaßen. Es läßt sich allerdings nicht feststellen, ob die Tiere schon nach 1 Jahr reif geworden sind und sich 1961 bereits in einem 2. Reifezyklus befanden, ferner, ob jemals ♂♂ entstanden sind oder ob nur eine Entwicklung der weiblichen Phase stattgefunden hat. Nach diesem Befund läßt sich keine Aussage darüber machen, ob eine neue Generation unter den geschilderten Bedingungen im NO-Kanal erzeugt werden kann; eine Larvenproduktion konnte nicht festgestellt werden. Bemerkenswert scheint mir außerdem, daß die Reife der Tiere im Hochsommer stattfand, während in den marin-polyhalinen, borealen Gewässern *T. navalis* während des Frühsommers schon mit der Fortpflanzung beginnt. Diese zeitliche Verschiebung dieser wichtigen Lebensphase kann zu einer Störung des normalen Entwicklungsablaufes führen, so daß auch dadurch eine weitere Entfaltung der Art unter den veränderten Umweltsbedingungen gehemmt wird.

Je weiter ein Larvenschwarm in den Kanal vordringt, desto stärker wird er dezimiert. Die limnischen Komponenten des brackiger werdenden Mediums wirken sich offenbar auf die Larven schädlich aus. An den Pfählen nahe der Schleuse (km 97—96) und besonders in tieferen Wasserschichten, wo die Verhältnisse denen in der Förde ähneln, sind die dichtesten Ansiedlungen zu beobachten.

Larvenschwärme sind vermutlich an die Wasserschicht gebunden, in die sie ausgestoßen werden, denn nur so läßt sich zum Teil erklären, daß an den Pfählen in ganz unterschiedlichen Tiefen mal dichtere und mal aufgelockerte Ansiedlung anzutreffen war.

Aber nicht nur *Teredo navalis* hat im NO-Kanal 1959 sein Areal erweitert, auch andere marin-euryhaline Arten zeigten eine ungewöhnliche Verbreitung. Es waren vor allem Arten, deren Larven besonders während der Sommerzeit das Plankton bevölkern, wie die Muscheln *Mytilus edulis*, *Cardium edule* und *Mya arenaria*, außerdem der Polychaet *Polydora ciliata*. Die Bodenfauna des NO-Kanals erhielt durch sie bis km 85 ein typisch marines Gepräge, die brackigen Elemente traten weniger in Erscheinung.

1961 hatte sich das Bild wieder verändert. Brackwasserarten, vor allem Polychaeten ohne Planktonlarvenstadium, herrschten in den Gemeinschaften vor, die marin-euryhalinen Tiere traten in der Minderzahl auf. Auch Ax fand 1952 an den Pfählen im Nordhafen, wo ein paar Jahre vorher *T. navalis*-Individuen auffallende Zerstörungen angerichtet hatten, nach ihrem Absterben nur noch eine Brackwasserfauna vor, die wohl marine Elemente enthielt, deren Prägungskraft in der Gemeinschaft aber unbedeutend war.

Nach den bisherigen Beobachtungen also lassen sich folgende Punkte für die Ausbreitung der Bohrmuschel *Teredo navalis* im NO-Kanal anführen:

1. Die Salzgehalte müssen mindestens während der Sommermonate im Durchschnitt 12—14‰ erreichen.
2. Mit dem Einstrom salzreichen Wassers müssen alle marinen Komponenten eingeführt werden, von denen der Lebensablauf dieser Bohrmuschel abhängt.

3. Das Salzgehaltsgefälle an den Schleusen darf während der Zeit des Larveneinstroms kaum 1‰ übersteigen.
4. Die Temperaturen müssen im Mittel mindestens 18° C während des Hochsommererreichens, denn nur unter diesen Umständen wachsen die Tiere schnell heran.
5. Detritusablagerungen dürfen kaum das Substrat bedecken, auch im Wasser selbst dürfen Schwebstoffe nur in geringer Menge vorhanden sein.
6. Es muß ein geeignetes Substrat vorhanden sein, auf dem sich die Individuen ansiedeln können, vor allem Pfähle aus Nadelhölzern.
7. Süßwasserzuflüsse, die reichlich Humus führen und die die hydrographischen rhythmischen Abläufe im NO-Kanal verändern, werden ein Eindringen fast stets unmöglich machen.

*Teredo navalis* ist wohl gelegentlich in den NO-Kanal eingedrungen; eine Einbürgerung der Art hat aber noch nicht stattgefunden, da sie bisher nicht in der Lage war, sich an irgendeiner Stelle im Kanalgebiet fortzupflanzen. Wohl sind reife ♀♀ beobachtet worden, aber ihre Anwesenheit bestimmt noch nicht eine Entwicklung von Larven; denn befruchtete Eier sind noch nicht gefunden worden.

Im Wesentlichen hängt eine Einwanderung von *T. navalis* von der Stärke der Populationen dieser Art im Gebiet der Kieler Bucht ab. Wenn hier keine von dieser Bohrmuschel befallenen Pfähle vorhanden sind, können auch keine dichten Larvenschwärme entstehen, die in den NO-Kanal eingeschwemmt werden.

#### Literaturverzeichnis

- Ax, P. (1959): Eine Brackwasserlebensgemeinschaft an Holzpfehlen des NO-Kanals. — Kieler Meeresforsch. 8. — BECKER, G. (1959): Biological investigations on marine borers in Berlin-Dahlem. — In.: Marine boring and fouling organisms. Edited by Dixy Lee Ray, Seattle. — v. BENTHEM-JUTTING, G. (1943): Mollusca (I) C. Lamellibranchia. — Fauna van Nederland. — BRANDHORST, W. (1955): Hydrographie des Nord-Ostsee-Kanals. — Kieler Meeresforsch. 11. — HAAS, F. (1926): Lamellibranchia — TNO IX d 1. — HAAS, F. (1955): Bivalvia II — Bronns Kl. u. Ord. des Tierreichs. — LUETTJOHANN, E. (1952): Ergebnisse der Tauchuntersuchungen der 800 m Kaimauer im Binnenhafen Holtenau. — Hansa Jahrg. 89, Nr. 25/26 Hafentechnisches Heft (6). — MÖBIUS, K. (1872): Die Prosobranchia und Lamellibranchia der Kieler Bucht. — MOLL, F. (1941): Die Verbreitung der Terediniden, — Zool. Jahrb. Syst. 74. — NAIR, N. BALAKRISHNAN (1959): The marine Timber-boring Molluscs and Crustaceans of Western Norway. — Univ. i. Bergen, Arbok 1959, Naturvitensk. rekke Nr. 1. — SCHÜTZ, L. (1960): Die Hartbodenfauna des NO-Kanals — ein Brackgewässer — im Jahre 1952/53 — Dissertation, Kiel. — VALKANOV, A. (1957): Katalog unserer Schwarzmeerfauna. — Arb. Biol. Station Varna 19.