

# Das Ökosystem „Küsten-Salzwiese“ – ein Überblick

Von Professor Dr. Berndt Heydemann\* \*\*

## Inhaltsverzeichnis

0. SUMMARY
1. ALLGEMEINES
2. FLORA UND VEGETATION
  - 2.1. Schlickgras-Röhricht (*Spartina anglica*-Zone)
  - 2.2. Queller-Zone (*Salicornia dolichostachya* = *stricta*-Zone)
  - 2.3. Andelrasen (*Puccinellia maritima*-Zone = untere Salzwiese)
  - 2.4. Rotschwingel-Bottenbinsen-Rasen (*Festuca rubra littoralis* – *Juncus gerardi*-Zone = *Armerietum maritimae*)
    - 2.4.1. Bottenbinsen-Rasen (*Juncus gerardi*-Zone) = Untere Rotschwingel-Zone
    - 2.4.2. Meerstrandsbeifuß-Zwergstrauch-Zone (*Artemisietum maritimae*) = Obere Rotschwingel-Zone
3. FAUNA
  - 3.1. Artenanteil der verschiedenen Faunen-Gruppen
    - 3.1.1. Bodeninneres (*Endogaion*)
    - 3.1.2. Bodenoberfläche (*Epigaion*)
    - 3.1.3. Vegetationsschicht (*Epiphytobios*)
  - 3.2. In der Salzwiese nicht vertretene Arten-Gruppen (im Vergleich zur Süßwiese)
  - 3.3. Nur in der Salzwiese auftretende Arten-Gruppen (im Vergleich zur Süßwiese)
  - 3.4. Ernährungstypen im Ökosystem Salzwiese
    - 3.4.1. Konsumenten I. Grades
    - 3.4.2. Konsumenten II. Grades
    - 3.4.3. Konsumenten III. Grades
    - 3.4.4. Konsumenten IV. Grades
    - 3.4.5. Konsumenten V. Grades
  - 3.5. Biomasse, Produktion und Stoffumsatz in der Salzwiese
    - 3.5.1. Primärproduktion

---

\* Prof. Dr. B. Heydemann, Zoologisches Institut der Universität Kiel, Abt. Angewandte Ökologie/Küstenforschung, Olshausenstr. 40/60 – Biologiezentrum – 2300 Kiel 1

\*\* Herrn Prof. Dr. Wolfgang Tischler zum siebzigsten Geburtstag

- 3.5.2. Sekundäre Biomasse
- 3.5.3. Tertiäre Biomasse
- 3.6. Durchschnittliche Besiedlungsdichte der Makrofauna
- 3.7. Stoffumsatz der herbivoren Vögel in der Salzwiese
- 3.8. Stoffumsatz der zoophagen Vogelarten der Salzwiese (Beispiel Nordstrander Bucht)
- 3.9. Umsatz von Primärproduzenten durch phytophage Evertebraten
- 3.9.1. Besiedlungsdichte von phytophagen Evertebraten an Salzpflanzen (Halophyten)
- 3.9.2. Differenzierung der phytophagen Arten in bezug auf die Wirtspflanzen
4. AUSWIRKUNGEN VON EINDEICHUNGEN IN DER SALZWIESE
- 4.1. Auswirkungen auf die Flora
- 4.2. Auswirkungen auf die Fauna
5. AUSWIRKUNGEN VON BEWEIDUNG IN DER SALZWIESE
6. AUSWIRKUNGEN VON KÜNSTLICHEN ENTWÄSSERUNGSGRÄBEN („GRÜPPCHEN“) IN DER SALZWIESE
7. LITERATURVERZEICHNIS

## 0. Summary

### The Ecosystem of a Coastal Saltmarsh – a Survey

The silty of the Northwestern european mainland coast are differentiated in 5 vegetation-complexes, to which most of the animal compartments of the saltmarsh ecosystem are associated. The trophic level of primary production is based on 55 species of phanerogamic plants have a higher abundace in the saltmarshes and can only exist in saline environments.

The important species of the fauna belong to 19 taxonomic animal groups. 17 larger taxa of evertibrates have no indigenous species in the saltmarshes.

The total amount of species: 1.650 species of macrofauna and 300–400 species of microfauna.

#### The macrofauna is differentiated in the following nutritive groups:

410 species = 25 % to the phytophagous group;

500 species = 30 % to the detritophagous group;

245 species = 15 % to the carnivorous group;

290 species = 18 % to the parasiting group;

100 species = 6 % to the avifauna (from this number 25 species = 1,5 % belongs to breeding species)

100 species = 6 % belongs to species of which the trophic position is uncertain.

**The biomass of macrofauna** amounts to 10–15 g/m<sup>2</sup> dryweight (June to August) = 100–150 kg/ha = 0,5–1 % of the annual primary production. Most of the species are univoltinuous – the have only 1 generation/year.

The abundance of the epigeic macrofauna increases to 20.000–60.000 ind/m<sup>2</sup>/in June–August. Nearly 9–10 % of the biomass of the macrofauna is consumed by bird species particularly by *Vanellus cristatus* and *Pluvialis apricaria*.

Most of the phytophagous species are concentrating to 10 halophyte species as host plants. The four most visited halophytes are *Festuca rubra littoralis* (with 35 phytophagous species), *Aster tripolium* (with 23 animal species) and *Atriplex hastata* (with 16 animal species). Some frequent halophyte species – like *salicornia stricta* – only have 1 or 2 species of phytophagous animals.

There is a negative grazing effect on most of the halophytes and animal species to be observed. 16 frequent species of the halophytic vegetation are widely eliminated by grazing together with 106 adjoined phytophagous animal species. The supposed number of phytophagous species, which show a large decreasing of abundance by grazing amounts to 280–300 species.

Two frequent species of halophytes are rather resistant against grazing: *Armeria maritima* and *Glaux maritima* – but they are only important as host plants for 4 phytophagous animal species.

A very intensive threatening for saltmarsh fauna is deriving from the artificial drains („Grüppen“) in a network from 10 to 100 m in the forelands of the Wadden-Sea. The draining network is threatening the character of the saltmarshes as an „international wetland“ by decreasing the water- and saltcontent of the soil. Many animal species cannot exist in saltmarshes after constant decreasing of wetness and of salinity on the soil and by the isolation effect of the geometrical, artificial drain network, which prevents the migrating to higher saltmarshes in periods of longer inundations of the lower saltmarsh.

## 1. Allgemeines

Das Supralitoral umfaßt ca. 5% des Wattenmeeres (Wattenmeerfläche ca. 750 000 ha) – also rund 40 000 ha. Davon entfallen ca. 25 000 ha auf Salzwiesen. Salzwiesen gehören damit zu einem der flächenärmsten Ökosystem-Typen des Kontinents. Das Salzwiesen-Supralitoral erstreckt sich mit einer durchschnittlichen Breite von 100–200 m vor der nordwestdeutschen Küste, erreicht aber in Buchten Ausdehnungen seewärts von weit über 1000 m. Der ursprüngliche, als zusammenhängender Saum ausgebildete Salzwiesenstreifen ist von der Festlandsküste durch viele Eindeichungsvorhaben in zahlreiche Einzelabschnitte zerrissen (Anthropogener Effekt der Verinselung der Salzwiesen).

Als Bodensediment finden sich Salzwiesen vorrangig Schlickböden, meist mit hohem Nährstoffgehalt (Schlick-Salzwiesen), seltener Sand-Sediment (Sand-Salzwiesen), als Biotop-Elemente im Vorfeld von Dünenbildung. Die folgenden Daten und Zusammenstellungen beziehen sich vorwiegend auf Schlick-Salzwiesen.

Im vertikalen Profil des Gezeitenbereiches siedeln sich Salzwiesen zwischen – 0,20 cm (Mitteltidehochwasserlinie [MThw-Linie] bis zu +120 cm (bis 150 cm max.) MThw-Linie an. Das Gesamtgefälle liegt dabei durchschnittlich im Bereich von 1:500. Das durchschnittliche Gefälle des Supralitorals der Salzwiesen ist damit steiler in Richtung Eulitoral als das Eulitoral-Gefälle in Richtung Sublitoral (letzteres etwa 1:1000 und mehr (Heydemann 1979).

Die zonenhafte Verteilung der Flora und Fauna hängt ab von:

- Anzahl der Überflutungen
- Salzgehalt des Bodenwassers
- Bodenfeuchtigkeit
- Bodentyp
- Bodentextur.

Die Fauna ist ihrerseits wiederum zusätzlich abhängig von folgenden Faktoren:

- Art und Umfang der Detritusschicht
- Vegetationszusammensetzung
- Vegetationshöhe
- Vegetationsdichte
- Strukturteil-Aufbau der Vegetation (Anteil von Wurzeln, Stengeln, Blatt, Blüte, Früchten)

Zu den biotischen Habitaten der Fauna (z. B. die Vegetation oder ein Wirtstier für Parasiten-Arten) kommt die abiotische Habitat-Diversität der Salzwiese; dazu gehören z. B. folgende Habitat-Typen:

- Detritusauflage
- Anspülhaufen
- Prielränder
- Bodenabbrüche
- vegetationslose Schlamm- und Sandstellen
- Salzwasser-Schlenken
- Bodenrisse und Bodenlöcher.

Die Habitat-Diversität stellt eine entscheidende Basis für die Arten-Diversität der Fauna dar.

Die Überflutungen nehmen sukzessive von 730 Überflutungen jährlich an der MThw-Linie auf 10–20 im obersten Bereich der Salzwiese ab. Diese Anzahl entspricht etwa der Anzahl an vollständigen „Landunter“ der unterdeichten Halligen. In Richtung zur oberen Salzwiese wird der relative Anteil der Sommer-Überflutungen immer geringer.

## 2. Flora und Vegetation

Etwa 55 Blütenpflanzen-Arten stellen neben 50 Makroalgen-Arten im wesentlichen die Produzenten-Schicht. Mikroalgen spielen produktionsmäßig oberhalb der MThw-Linie nicht mehr die Rolle wie im Eulitoral. Von den Blütenpflanzen sind etwa 25 Pflanzenarten häufig. 70–90% aller Salzwiesenpflanzen, darunter die häufigen Arten, können außerhalb von Salzwiesen-Arealen nicht dauerhaft existieren.

Die Pflanzenarten ordnen sich vorwiegend den folgenden Vegetations-Komplexen zu:

**2.1. SCHLICKGRASRÖHRICHT** (*Spartina anglica*-Zone) (an vielen Standorten auch mit anderen Gesellschaften gemischt auftretend) – im Mittel an vielen Stellen der Küste von etwa 3 Blütenpflanzen gebildet (vgl. auch Knauer 1981) (zwischen – 60 bis +10 cm MThw) (Höhe der Vegetation unbeweidet 40–60 cm).

**2.2. QUELLER-ZONE** (*Salicornia dolichostachya* = *stricta*-Zone) – im Mittel meist nur von 2 Blütenpflanzen-Arten gebildet (vgl. auch Knauer, 1981) – zwischen –50 bis +10 cm MThw-Linie. Höhe 10–30 cm, diese Zone wird heute oft vom Schlickgras stark eingeengt.

**2.3. ANDELRASEN** (*Puccinellia maritima*-Zone) (= untere Salzwiese) – im Mittel von etwa 14–16 Blütenpflanzen-Arten (vgl. auch Knauer, 1981) gebildet – zwischen –25 bis +50 cm über MThw (meist 0 bis +30 cm über MThw), 150–400 Überflutungen jährlich, manchmal Übergang in eine Straußgras-Zone (*Agrostis stolonifera* = *salina*-Zone).

Der Andelrasen ist durch Beweidung begünstigt und stellt infolgedessen heute in den durch Beweidung genutzten Flächen die verbreitetste Pflanzengesellschaft der unteren Salzwiese dar; der Andelrasen geht an nicht beweideten, nährstoffreichen Standorten relativ schnell in eine Meerstrandsaster-Hochstaudenflur (*Aster tripolium*-Zone) oder eine Keilmelden-Zwergstrauch-Formation (*Halimione portulacoides*-Zone) über. Die Artenkombination dieser unbeweideten unteren Salzwiesen-Zone ist weitaus mehr als die beweidete Andelzone von krautigen Halophyten (halophilen Dicotyledonen) geprägt.

**2.4. ROTSCHWINGEL-BOTTENBINSEN-RASEN** (*Festuca littoralis*-*Juncus gerardi*-Zone) (= *Armerietum maritimae*) (= obere Salzwiese). Diese Zone wird etwa im Mittel von 20 Blütenpflanzen-Arten gebildet (vgl. auch Knauer, 1981) zwischen +35 und +120 cm MThw (meist +50 bis +100 cm MThw).

Die obere Salzwiese läßt sich in die „Untere Rotschwengel-Zone“ (Bottenbinsen-Rasen = *Juncus gerardi*-Zone) von +35 bis +70 cm MThw (mit 200–50 Überflutungen jährlich, mit der Höhe abnehmend) und eine „Obere Rotschwengel-Zone“ von +70 bis +100 cm MThw (mit 50–20 Überflutungen jährlich, mit der Höhe abnehmend) = Meerstrandsbeifuß-Zone (*Artemisietum maritimae*) gliedern. Der Rotschwengelrasen stellt in seiner heutigen Ausprägung in der Regel ebenfalls eine Vegetationsform dar, die durch Beweidungseinfluß begünstigt wird. Da die höheren und älteren Salzwiesen-Zonen bevorzugt eingedeicht werden, ist der Rotschwengelrasen in der Regel flächenmäßig geringer vertreten als der Andelrasen.

Andelrasen und Rotschwengelrasen sind aber insgesamt in beweideten Gebieten die physiognomisch bestimmenden Vegetations-Zonen, denn zu ihnen gehören ca. 90% der nordwesteuropäischen Salzwiesenflächen.

Im unbeweideten Bereich sind verschiedene, biotische, von der Vegetation geprägte Habitate typisch, z. B. neben der Aster-Hochstauden-Flur (*Aster tripolium*-Zone) die Keilmelden-Zwergstrauch-Zone (*Halimione portulacoides*-Habitat) im Niveau der unteren Salzwiese (Bereich Andelzone) oder die Strandbeifuß-Zwergstrauch-Zone (*Artemisia maritima*-Habitat), neben der Strandwiderstoß-Zone (*Limonium vulgare*-Habitat) – die letzteren beiden meist im Bereich der Rotschwengel-Zone.

### 3. Fauna

Die Fauna entspricht in ihrer groben Zonierung weitgehend der gekennzeichneten Anordnung der Vegetationszonen, da die Vegetation im Bereich der Salzwiesen im wesentlichen auf dieselben Faktoren wie die Fauna in ihrer ökologischen Verteilung

reagiert: auf Salzgehalt, Überflutungshäufigkeit, Bodenfeuchtigkeit, Bodentyp. Besondere Einzelhabitats, die den Vegetationszonen meist in einer charakteristischen Form eingeordnet sind, ergeben für die Fauna eine von diesen Hauptzonen abweichende Verteilung.

1650 Arten der Makrofauna (über 1 mm Körperlänge) sind in Salzwiesen indigen, davon 1550 Evertebrata-Arten. Etwa 800 Arten sind stenök auf Salzwiesen spezialisiert. Die Spezialisierung zeigt sich in den beiden ökologischen Phänomenen der Bindung an die Biotope oder Ökosysteme und der Resistenz. Jeweils eines dieser Phänomene kann das ausschließliche oder vorzugsweise Vorkommen in Salzwiesen bewirken. Im ersten Fall spricht man von halotopobionten Arten der Salzwiese, im zweiten Fall von halotopophilen Arten.

### **3.1. ARTENANTEIL DER VERSCHIEDENEN FAUNEN-GRUPPEN IN DER SALZWIESE**

HOHE ARTENANTEILE DER FAUNA ENTFALLEN AUF FOLGENDE GRUPPEN (JE NACH HÖHEN-ZONE UNTERSCHIEDLICH):

**3.1.1. BODENINNERES (ENDOGAION):** Enchytraeidae, Acari, Amphipoda, Collembola, Staphylinidae, Larven von Coleopteren und Dipteren.

**3.1.2. BODENoberFLÄCHE (EPIGAION) INCL. DETRITUSSCHICHT:** Araneae, Acari, Amphipoda, Collembola, Carabidae, Staphylinidae, Hydrophilidae, Hymenoptera parasitica (Hymenoptera-Terebrantes), Diptera (mit jeweils wenig Arten, aber mit hohen Individuenanteilen).

**3.1.3. VEGETATIONSSCHICHT (EPIPHYTOBIOS):** Aphidina, Cicadina, Heteroptera, Chrysomelidae, Curculionidae, Microlepidoptera, Macrolepidoptera, Hymenoptera parasitica, Diptera (stellenweise mit hohen Individuenanteilen, aber meist nur mit geringer Artenzahl).

### **3.2 IN DER SALZWIESE – IM VERGLEICH ZUR SÜSSWIESE – NICHT VERTRETENE ARTENGRUPPEN:**

Folgende Artengruppen, die in den Wiesensystemen des Binnenlandes häufig sind, fehlen in Salzwiesen Nordwesteuropas vollständig (oder fast vollständig). Diese Arten haben – jedenfalls in Nordwesteuropa – an die Salzwiese keine ökologische Adaptation erreicht:

- Regenwürmer – Lumbricidae
- Pseudoscorpiones (im Gegensatz zum Felslitoral und Sandstrand Südeuropas)
- Asseln – Isopoda (selten im Nordwesten vorkommend: Sphaeroma-Arten, aber in Salzwiesen von Frankreichs Atlantik-Küste bereits häufig)
- Weberknechte – Opiliones
- Tausendfüßler – Diplopoda (im Gegensatz zum höheren Sandstrand, wo eine Art in Mitteleuropa vorkommt)
- Hundertfüßler – Chilopoda (im Gegensatz zum Felslitoral und zum hohen Sandstrand)
- Eintagsflügler – Ephemeroptera (Larven nicht in Salzwassertümpeln)
- Steinflügler – Plecoptera (Larven nicht im Salzwasser)
- Ohrwürmer – Dermaptera (im Gegensatz zum Sandstrand, der in Mitteleuropa 1 Art aufweist)
- Schaben – Blattoidea (im Gegensatz zu Dünen-Ökosystemen)

- Geradflügler – Orthoptera (im Gegensatz zu Südeuropa mit mehreren Arten in der Strauch-Vegetation der Salzwiese oberhalb der MThw-Linie und im Gegensatz zu Dünen-Ökosystemen)
- Flechtlinge – Copeognatha (im Gegensatz zur Salzstrauch-Vegetation des Mittelmeeres)
- Schlammflügler – Megaloptera (Larven nicht in Salzwassertümpeln)
- Netzflügler – Neuroptera (im Gegensatz zu Dünen-Ökosystemen)
- Pflanzenwespen – Hymenoptera-Symphyta (im Gegensatz zu Hymenoptera parasitica)
- Wespen und Bienen – Hymenoptera-Aculeata (im Gegensatz zu Dünen-Ökosystemen)
- Köcherfliegen – Trichoptera (einige Arten in Brackwassertümpeln als Larven vorkommend, sonst fast nur im Süßwasser).

### 3.3. NUR IN DER SALZWIESE – IM VERGLEICH ZU SÜSSWIESEN – AUFTRETENDE ARTENGRUPPEN:

- EINIGE TIERGRUPPEN (NICHT NUR TIERARTEN!) TRETEN NUR IN KÜSTENSALZWIESEN UND NICHT IN SÜSSWIESEN AUF; DAZU GEHÖREN:

- Borstenwürmer – Polychaeta (z. B. *Nereis diversicolor* und einige Arten in der unteren Salzwiese im Endogaion und Epigaion)
- Amphibische Vorderkiemenschncken – Prosobranchia (z. B. *Assiminea grayana*, in der unteren Salzwiese)
- Amphibische Hinterkiemenschncken – Opisthobranchia: *Alderia modesta*
- Jugendstadien von Zehnfußkrebse – Decapoda (Strandkrabbe – *Carcinus maenas*, in der unteren Salzwiese)
- Flohkrebse Amphipoda, Fam. Talitridae (in allen Salzwiesen-Zonen).

### 3.4. ERNÄHRUNGSTYPEN DER SALZWIESEN-FAUNA

AUF DIE EINZELNEN ERNÄHRUNGSTYPEN DER SALZWIESEN-FAUNA (MACRO-FAUNA = ARTEN ÜBER 1 MM KÖRPERLÄNGE) ENTFALLEN FOLGENDE ARTENZAHLN:

#### 3.4.1. KONSUMENTEN I. GRADES

- 3.4.1.1. Pflanzenverzehrende Arten = Phytophage: ca. 410 Arten  
(davon 6 Vogelarten) = 24%
- 3.4.1.2. Abfallverzehrende Arten = Detritophage: = 30% ca. 500 Arten  
zus. ca. 910 Arten

#### 3.4.2. KONSUMENTEN II. GRADES

- 3.4.2.1. Räuberische Arten = episitische (carnivore) Wirbellose – Evertabrata (ernähren sich von phytophagen oder detritophagen Evertabraten):ca. 230 Arten  
= 14% zus. ca. 910 Arten
- 3.4.2.2. Parasiten I. Grades (parasitieren an phytophagen oder detritophagen oder episitischen Evertabraten und Vertebraten): ca. 220 Arten  
= 14% zus. ca. 450 Arten

#### 3.4.3. KONSUMENTEN III. GRADES

- 3.4.3.1. Große räuberische (episitische) Evertabrata (ernähren sich von Konsumenten II. Grades): ca. 15 Arten  
= 1%

3.4.3.2. Parasiten II. Grades (parasitieren in Parasiten I. Grades):	ca. 70 Arten
= 4%	
	zus. ca. 85 Arten
<b>3.4.4. KONSUMENTEN IV. GRADES</b>	
3.4.4.1. Zoophage (carnivore Wat- und Wasservögel:	ca. 85 Arten
davon 22 Brutvogelarten) = 5%	
3.4.4.2. Zoophage (carnivore) Singvögel:	10 Arten
(davon 3 Brutvogelarten) = 0,6%	
	zus. ca. 95 Arten
<b>3.4.5. KONSUMENTEN V. GRADES</b>	
3.4.5.1. Carnivore Tag- und Nachtgreifvögel:	4 Arten
(bis max. 8 Arten auf dem Durchzug:	
= 0,4%	
<b>3.4.6. ARTEN MIT UNKLARER TROPHISCHER ZUORDNUNG:</b>	ca. 100 Arten
= 6%	
	zusammen ca. 1650 Arten

### 3.5. BIOMASSE, PRODUKTION UND STOFFUMSÄTZE IN DER SALZWIESE

Die pflanzliche Produktion der beweideten Salzwiese (Salzrasen oder Salzweide) wird vor allen Dingen durch Gräser bestimmt. Die Schlickgras-Zone und die Queller-Zone ist wegen der Position (zum Teil unterhalb der MThw-Linie liegend) für Beweidung durch Rinder und Schafe, aber auch für phytophage Evertebraten weniger zugänglich, d. h. daß der Stoffumsatz in diesem Bereich durch Weidetiere und Evertebraten relativ gering ist.

#### 3.5.1. PRIMÄRPRODUKTION (in g/m<sup>2</sup>/Jahr) (vgl. Heydemann 1981a)

3.5.1.1. Makro- und Mikroalgen (am Boden wachsende, terrestrische Arten;	
namentlich im unteren Andelrasen auftretend)	100–350 g
3.5.1.2. Blütenpflanzen	100–1500 g
durchschnittliche Tageszuwachsrate (je nach Vegetationszone)	
in der Vegetationszeit)	
(1) 2 und 14 (15 g) Trockenmasse/Tag	
(nach Knauer 1981)	
3.5.1.3. Durchschnittliche allochthone Zufuhr von organischem Material	
ausgegangen von 1 cm Sedimentations-Rate/Jahr:	500 g/m <sup>2</sup>
bei max. ca. 3 cm Sedimentation/Jahr:	1500 g/m <sup>2</sup>
Durchschnittliche verfügbare primäre organische Gesamt-Substanz	
	(3.5.1.1. + 3.5.1.2. + 3.5.1.3.) = 1000 g <sup>2</sup> = 10 t/ha/Jahr
	die Spanne reicht von mind. 7–30 t/ha/Jahr
(je nach Salzwiesen-Zone)	

Damit erweist sich die Salzwiese als ein in besonderem Maße „eutrophes“ oder besser „polytrophes“ Ökosystem. Die besonderen Streßfaktoren der Salzwiese für Flora und Fauna – wie Salzgehalts-, Feuchtigkeits-Schwankungen, Überflutungen – können wegen des hohen autochthonen, vor allem aber allochthonen Nährstoffangebots zum Teil ausgeglichen werden.

### 3.5.2. SEKUNDÄRE BIOMASSE (STANDING CROP)

Die Werte der Biomasse (bezogen auf die Makrofauna) schwanken zur selben Jahreszeit erheblich, je nach Stärke der Detritusschicht, aber auch je nach Beweidung und Vertritt durch Vieh. Die im folgenden genannten Werte sind durchschnittliche Angaben aus den Monaten Juni bis August:

3.5.2.1. Makro-Fauna (Evertebrata) des Bodens und der Bodenoberfläche (Endogaion + Epigaion)		
a) Andelzone (mind. 1 bis max. 7 g)		3g/m <sup>2</sup>
b) Rotschwingelzone (mind. 0,5 bis max. 5 g)		2 g/m <sup>2</sup>
3.5.2.2. Makrofauna (Evertebrata der Vegetationsschicht) (Phytobios)		
a) Andelrasen (mind. 3 bis max. 10 g)		7 g/m <sup>2</sup>
b)Rotschwingelrasen (mind. 5 bis max. 20 g)		13 g/m <sup>2</sup>
Makro-Fauna (Wirbellose) insgesamt:		
Durchschnitt	Andelzone	10 g/m <sup>2</sup>
	Rotschwingelzone	15 g/m <sup>2</sup>

### 3.5.3. TERTIÄRE BIOMASSE

3.5.3.1. Vögel	1,0-0,2 g/m <sup>2</sup>
(zur Rastperiode gerechnet; in der Brutperiode weniger)	

### 3.6. DURCHSCHNITTLICHE BESIEDLUNGSDICHTEN DER MAKROFAUNA (ÜBER 1 MM KÖRPERGRÖSSE)

Die Besiedlungsdichte (stationäre Abundanz) schwankt erheblich – wie in allen terrestrischen Ökosystemen der gemäßigten Zone – innerhalb der einzelnen Jahresperioden. Im folgenden werden die Durchschnittswerte aus der Periode Juni bis August angegeben:

#### 3.6.1. MAKRO-FAUNA

a) der Bodenoberfläche (Epigaion) 20 000 bis 60 000 Ind./m<sup>2</sup> (Mittelwerte des Andel- und Rotschwingelrasens, die Werte der Queller- und Schlickgraszone liegen wesentlich darunter)

b) Vegetationsschicht (Phytobios) 2000 bis 5000 Ind./m<sup>2</sup> (Mittelwerte wie für die Bodenoberfläche angegeben)

#### 3.6.2. Brutvögel (25 Arten)

ca. 2 Paare/ha (Mittelwerte verschiedener Standorte) (vgl. Schultz, 1981, Heydemann, 1980b).

#### 3.6.3. Rastvögel (75 Arten):

ca. 160 Ind./ha (Mittelwerte verschiedener Standorte) (vgl. Schultz, 1981, Heydemann, 1980b).

### 3.7. STOFFUMSATZ DER HERBIVOREN VÖGEL IN DER SALZWIESE

In den Monaten März bis Mai spielen namentlich 2 Vogelarten, die Nonnengans und die Ringelgans, in den Salzwiesen Nordwesteuropas als Pflanzenverzehrer für den Stoffumsatz der Primärproduktion eine besondere Rolle. Dazu sind Angaben von Schultz (1981) und Mitarbeitern (Prokosch, 1979) gemacht worden. Diese Ergebnisse sind auch für die Beurteilung des Einflusses der Vögel auf die phytophage Makrofauna der Evertebrata in den Salzwiesen wichtig. Es zeigt sich, daß ein wesentlicher Einfluß in der Nahrungskonkurrenz in erster Linie in den Monaten April/Mai gegenüber den phytophagen Evertebraten in der Salzwiese vorliegt. Im März zeigen die Evertebraten in der Vegetationsschicht (im Gegensatz zur Bodenoberfläche und des Bodeninnern) noch keine große Aktivität, so daß hier die Konkurrenz gering ist.

In der Regel ist aber davon auszugehen, daß aufgrund der typischen Phänologie der Arten die Hauptentwicklung der phytophagen Evertebraten in der Salzwiese erst ab Juni beginnt – also nach dem Fortzug der Gänsearten.

Tab. 1: Konsum und Energie-Umsatz von Gänse-Arten in der Salzwiese (nach Schultz, 1981)

Herbivore Vögel der Salzwiese	Ind/ha	Basalmeta- bolismus kcal/Tag	Konsum g/Tag (Trocken- gewicht)
Nonnengans ( <i>Branta leucopsis</i> )	12 (März–April)	124	40–50
Ringelgans ( <i>Branta bernicla</i> )	10 (April–Mai)	99	30–40
Verschiedene Gänsearten ( <i>Anser spec.</i> )	1	129	40–50

Die herbivoren Gänse-Arten benötigen von März bis April in der Salzwiese durchschnittlich 1000 m<sup>2</sup>/Ind., da der Zuwachs der Pflanzenbiomasse in dieser Zeit nur gering ist. Im Mai kann man mit 2–6 g täglicher pflanzlicher Produktion (Trockengewicht) als Zuwachs rechnen, so daß pro Individuum mindestens 10–15 m<sup>2</sup>/Tag an Salzwiese für die Gänse zur Verfügung stehen müssen, das wären – ohne Nachproduktion gerechnet – im Mai 300–400 m<sup>2</sup>/Gans. 50 000 Gänse würden danach im März 5000 ha Salzwiesen (nahezu alle in Schleswig-Holstein verfügbaren) benötigen und im Mai ca. 3000–4000 ha, also etwa 60–90% des Gesamtbestandes an Salzwiesen. Daraus ergibt sich der Konflikt zwischen Gänse-Nahrungsanspruch und der Landwirtschaft. Bei einer ständig wachsenden Viehdichte im Rahmen der Intensivierung der Landwirtschaft auf Salzwiesen und bei ständig zunehmenden Störungen durch Erholungsbetrieb in demselben Bereich muß eine gleichbleibende Besatzdichte mit Gänsen zu immer stärkeren Konflikten führen. Man muß außerdem davon ausgehen, daß noch weit größere Flächen – als es diese Hochrechnungen besagen – für die Erhaltung des augenblicklich vorhandenen Gänsebestandes erforderlich sind, da durch die Verschmutzung mit dem Gänsekot der Graswuchs auch für die Gänse selbst beeinträchtigt wird.

Infolge der Eindeichung, der überstarken Beweidung und wegen der zunehmenden Beunruhigung an den verbliebenen Salzwiesen-Standorten (zu geringe Streifenbreite der Salzwiesen vor den Deichen, die bei einer Fluchtdistanz von 500 m und mehr heute keine dauerhaft ruhigen Zonen darstellen), werden die durchziehenden Meergänse-Arten an zu wenigen Salzwiesenflächen der Nordseeküste zusammengedrängt. Hier entwickeln die Gänse nicht nur eine Konkurrenz zur Viehhaltung – wie auf den Halligen – sondern auch eine Zerstörung der Nahrungsbasis für die frühjahrsaktiven Wirbellosen der Salzwiesen. Die Zusammendrängung der Gänsepopulationen im Frühjahr hat also auch erhebliche Folgen für die übrigen Tierarten in den Salzwiesen-Ökosystemen.

Aber natürlich läßt sich nicht – wegen der Änderung der Verteilung der Gänsepopulationen in ihren typischen Nahrungsbiotopen im Frühjahr – eine ständige Vertreibung der Gänse als Forderung ableiten, weil dies dem ständigen Nahrungsentzug bzw. dem Verhungern gleich käme. Statt dessen muß auf die konkurrierende Nutzung der Salzwiesen durch den Menschen und auf die damit zusammenhängende

starke Entwässerung teilweise ganz, zum anderen weit mehr als bisher verzichtet werden. Das ergibt für das gesamte übrige Ökosystem – bei gleichzeitiger Ausweitung von genügend großen Ruhezeiten für die Meeressäuger – die notwendige Sicherung der Nahrungsbasis.

Die extensive Landwirtschaft in den Salzwiesenbereichen muß so erfolgen, daß die typischen Ökosysteme in den typischen Arteninventaren und Quantitäten (Dominanz der Arten) erhalten bleiben. Die Landwirtschaft darf nicht auf das Vertreiben von pflanzenverzehrenden Tierarten auf Salzwiesen angewiesen sein, sondern die Zulassung von Gänsen in Salzwiesen – gerade durch die „Strategie der Nichtbeweidung von 30–50%“ der Salzwiesen-Bestände – muß im Rahmen der EG-Agrarpolitik subventioniert werden. Die Subvention der Unterproduktion von Vieh und Milch in der EG ist mehr gerechtfertigt als die Überproduktion, weil die Subventionierung der Unterproduktion gleichzeitig positive ökologische Folgen hat. Die Entschädigungsregelung gegenüber der Landwirtschaft für den Produktionsverlust infolge der Gänsebeweidung ist also volkswirtschaftlich vertretbar.

### **3.8. STOFFUMSATZ DER ZOOPHAGEN VOGELARTEN DER SALZWIESE – AM BEISPIEL DER NORDSTRANDER BUCHT**

Über die zoophagen Vogelarten der Salzwiese macht Schultz (1981) einige Angaben, die für die Einschätzung des Umsatzes von Sekundär-Produktion der Evertebraten in den Salzwiesen wichtig sind.

Außer den Singvögeln (Wiesenpieper, Schafstelze, Feldlerche) sind vor allem Kiebitz, Goldregenpfeifer, Kampfläufer und Bekassine in den Salzwiesen als Zoophage anzusehen. Kiebitze entnehmen durchschnittlich 5 kg tierische Biomasse/Jahr/ha im Bereich der Salzwiese bei einer normalen Rastdichte. Goldregenpfeifer benötigen durchschnittlich 8 kg tierische Biomasse/Jahr/ha bei normaler Rastdichte. Auf Kiebitz und Goldregenpfeifer entfallen zusammen  $13 \text{ kg/Jahr/ha} = 1,3 \text{ g m}^{-2}/\text{Jahr}$ . Kampfläufer und Bekassinen werden wegen der geringen Dichte nicht in die Rechnung einbezogen. Die genannten Arten nehmen vor allem Tiere der Bodenoberfläche auf. An der Bodenoberfläche werden durchschnittlich zwischen  $15 \text{ g/m}^2/\text{Jahr} = 150 \text{ kg/Jahr/ha}$  an tierischer Biomasse (Makrofauna der Wirbellosen) produziert. Davon werden allein von den beiden genannten Vogelarten durchschnittlich  $1,3 \text{ g/m}^2/\text{Jahr} = 9,3 \%$  der produzierten Zoomasse der Bodenoberfläche aus dem Ökosystem entnommen. Ein hoher Anteil der übrigen Sekundärproduktion wird neben anderen zoophagen Vogelarten vor allem durch die Konsumenten II. und III. Grades (carnivore Wirbellose) und parasitische Hymenopteren (Parasiten I. und II. Grades) umgesetzt – soweit sie nicht (ohne Nahrungseinfluß-Umwege) direkt in den Detritus-Zyklus übergeht. Carnivore Säugetiere spielen in der Salzwiese in der Regel keine Rolle (höchstens in Bereichen von Brutkolonien der Seeschwalben und Möwen), so daß sie in diese Rechnung nicht mit übernommen wurden.

### **3.9. UMSATZ VON PRIMÄRPRODUZENTEN DURCH PHYTOPHAGE WIRBELLOSE**

#### **3.9.1. BESIEDLUNGSDICHTE VON PHYTOPHAGEN EVERTEBRATEN AN SALZPFLANZEN (HALOPHYTEN)**

Zu den phytophagen Wirbellosen der Salzwiese rechnen neben einigen Schneckenarten, die vornehmlich die Algen der Bodenoberfläche aufnehmen, fast aus-

schließlich Insekten. Es finden sich zahlreiche spezialisierte (monophage, oligophage) Beziehungen phytophager Tiere zu Halophyten (als Wirtspflanzen) in den Salzwiesen. Für die Kenntnis der Vernetzung im Ökosystem der Salzwiese sind genauere Angaben über die Beziehungen von Phytophagen zur Wirtspflanze erforderlich (vgl. Tab. 2).

Tab. 2: Halophyten der Salzwiese und die an ihnen lebenden pflanzenverzehrenden (phytophagen) Tierarten (Evertebraten) (Anordnung in der Reihenfolge der abnehmenden Artenzahlen der an den Halophyten lebenden Tiere – mit Angaben von Meyer, 1984; Regge, 1973; Stüning, 1984; Th. Tischler, 1984; v. Tschirnhaus, 1981; Heydemann, 1981a, c).

Halophyten-Arten (als Wirtspflanzen)	Jeweilige Artenzahl der phytophagen Makrofauna an der betreffenden Wirtspflanzen-Art
1. Salzwiesen-Rotschwengel ( <i>Festuca rubra littoralis</i> )	35
2. Meerstrandsaster ( <i>Aster tripolium</i> )	23
3. Andelgras ( <i>Puccinellia maritima</i> )	20
4. Pfeilmelde ( <i>Atriplex hastata</i> )	16
5. Strandmelde ( <i>Atriplex littorale</i> )	16
6. Lanzettblättrige Melde ( <i>Atriplex laciniata</i> )	16
7. Meerstrandwegerich ( <i>Plantago maritima</i> )	12
8. Strandquecke ( <i>Agropyron littorale</i> = <i>Elytrigia pungens</i> )	12
9. Salzwiesen-Straußgras ( <i>Agrostis stolonifera salina</i> )	12
10. Salzwiesen-Herbstlöwenzahn ( <i>Leontodon autumnalis littoralis</i> )	12
11. Meerstrandbeifuß ( <i>Artemisia maritima</i> )*	9
12. Bottenbinse ( <i>Juncus gerardi</i> )	9
13. Dänisches Löffelkraut ( <i>Cochlearia danica</i> )	7
14. Gebräuchliches Löffelkraut ( <i>Cochlearia officinalis</i> )	7 (?)
15. Meerstrandssode ( <i>Suaeda maritima</i> )	7
16. Meerstrandsdreizack ( <i>Triglochin maritima</i> )	5
17. Strandwiderstoß ( <i>Limonium vulgare</i> )	4
18. Meerstrandssimse ( <i>Bolboschoenus maritimus</i> )	4
19. Krähenfuß-Wegerich ( <i>Plantago coronopus</i> )	3
20. Schlickgras ( <i>Spartina anglica</i> )	3
21. Geränderter Salzpörgel ( <i>Spergula marginata</i> = <i>media</i> )	3
22. Meeres-Salzpörgel ( <i>Spergula salina</i> )	3
23. Portulak-Keilmelde ( <i>Halimione portulacoides</i> )	3
24. Gestielte Keilmelde ( <i>Halimione pedunculata</i> )	3 (?)
25. Meerstrandnelke ( <i>Armeria maritima</i> )	2
26. Meerstrandmilchkraut ( <i>Glaux maritima</i> )	2
27. Strand-Zahntrost ( <i>Odontites rubra littorale</i> )	2
28. Salzwiesen-Queller ( <i>Salicornia dolichostachya</i> = <i>stricta</i> )	2
29. Brackwasser-Queller ( <i>Salicornia brachystachya</i> )	2
30. Froschbinse ( <i>Juncus ranarius</i> )	1

In die Untersuchungen der Beziehungen von Insekten zu Pflanzenarten der Salzwiese wurden 55 Salzpflanzen-Arten einbezogen. An 30 Halophyten-Arten konnten phytophage Tierarten nachgewiesen werden. Da die übrigen Salzpflanzenarten weitgehend in die nahe Verwandtschaft der mit Phytophagen besetzten Arten gehören, ist bei weiteren Untersuchungen das Auffinden zahlreicher

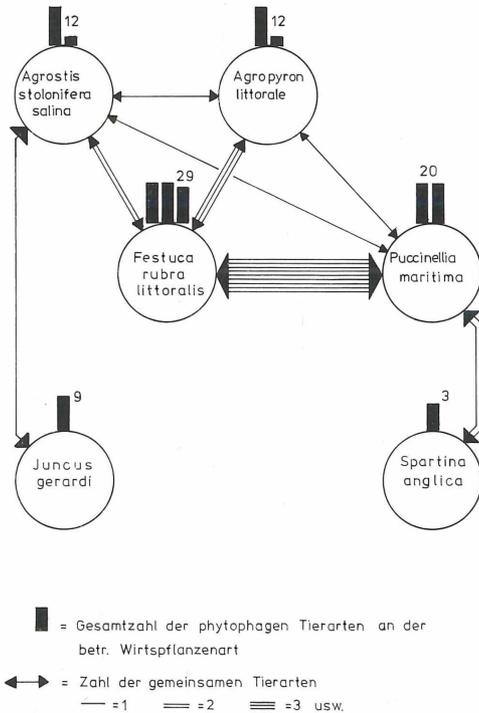
weiterer Beziehungen von phytophagen Wirbellosen zu anderen Halophyten-Arten wahrscheinlich. Das gilt vor allen Dingen für die seltenen Halophyten-Arten und deren Primär-Konsumenten. Für etwa 40% der in Salzwiesen vorhandenen phytophagen Evertebraten-Arten konnten die hauptsächlichen Nahrungsbeziehungen zu Wirtspflanzen ermittelt werden (vgl. Regge, 1973; Meyer, 1984; Stünig, 1984; Tischler, 1984; v. Tschirnhaus, 1981; Heydemann, 1981a, c).

Bisher wurden folgende phytophage Evertebraten-Gruppen noch nicht abschließend untersucht:

- Zikaden – Cicadina
- Wanzen – Heteroptera
- Fransenflügler – Thysanoptera
- Schlupfwespen-Arten (zahlreiche Familien haben phytophage Arten, neben der sonst meist parasitischen Lebensweise) (Gruppe der parasitischen Schlupfwespen – Hymenoptera-Terebrantes)
- Fliegen und Mücken aus zahlreichen Familien (Diptera)

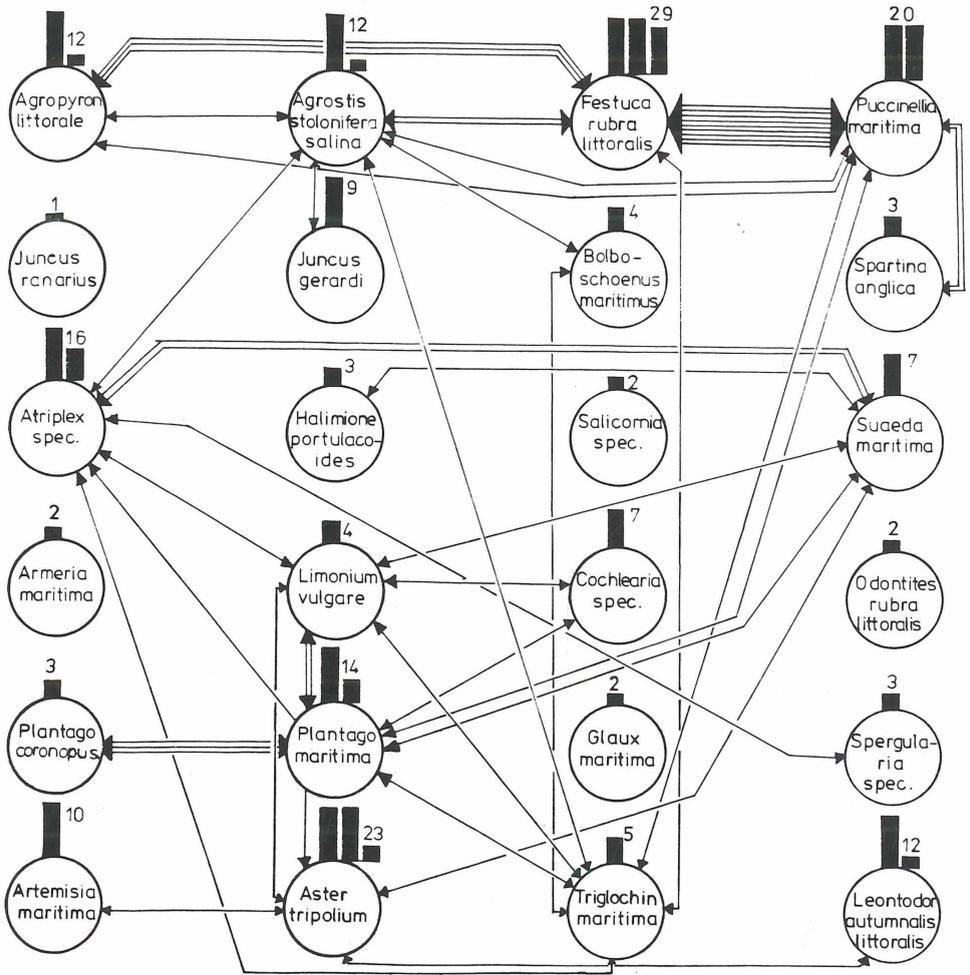
### 3.9.2. DIFFERENZIERUNG DER PHYTOPHAGEN Arten in bezug auf die WIRTS-PFLANZEN

Die Differenzierung der phytophagen Fauna im Hinblick auf die Spezialisierung auf die Wirtspflanzen der Salzwiese ist in stärkerem Umfang vorhanden als zunächst



Die Vernetzung der Gras- und Binsenarten der Salzwiesen am Beispiel der spezialisierten phytophagen Wirbellosen

Die häufigen Salzwiesen-Pflanzen als „ökologische Nischen“ für die pflanzenverzehrenden (phytophagen) Tierarten



Erläuterungen: Die Säulen geben die Anzahl der Arten pro Pflanzenart an. Die vernetzten (= gemeinsamen) Arten sind durch Verbindungspfeile dargestellt (1 Strich = 1 gemeinsame Art). Jede Pflanze stellt mindestens 5 Strukturteile = Merotope zur Verfügung (a. Wurzeln, b. Stengel/Sproße, c. Blätter, d. Blüten/Blütenknospen, e. Frucht/Samen). Jeder Strukturteil kann von außen als Nahrung (für ektophage Arten) und von innen (für endophage Arten) angenommen werden. Daraus ergeben sich im Durchschnitt 10 „ökologische Nischen“ pro Pflanzenart.

angenommen wurde. Das gilt auch für die Beziehungen der verbreitetsten Halophyten der Salzwiese zu den phytophagen Tierarten. Beispielsweise sind das Andelgras (*Puccinellia maritima*) und der Rotschwengel (*Festuca rubra littoralis*) alleine für mindestens 37 phytophage Salzwiesen-Arten in der Makrofauna die Nahrungsbasis, davon haben sie aber nur 12 Arten gemeinsam (vgl. Abb. 1). Die Strandquecke (*Agro-*

pyron littorale) und das Salzwiesen-Straußgras (*Agrostis stolonifera salina*) haben zusammen 23 Insekten-Arten. Davon nimmt aber nur eine Art gemeinsam an beiden Pflanzen Nahrung auf, obwohl sie direkt nebeneinander vorkommen können. Die Strandquecke hat mit dem Andelgras und dem Rotschwingelgras zusammen 49 Insekten-Arten gemeinsam, wovon aber nur 2 Arten an allen drei Gras-Arten zusammen vorkommen. Die Fauna des Salzwiesen-Straußgras und des Rotschwingelgras ergibt zusammen 41 phytophage Insekten-Arten; davon kommen aber nur 3 Arten gemeinsam auf beiden Wirtspflanzen vor. Diese geringe Gemeinsamkeit an zoophagen Tierarten von Wirtspflanzen, die zu derselben Familie (Gräser-Gramineae = Poaceae) gehören, ist überraschend.

Eine erste Gesamtübersicht über die Wirtspflanzenbeziehungen von phytophagen Wirbellosen – soweit diese Tiergruppen bisher untersucht wurden – zu 29 Halophyten-Arten zeigt Tab. 3.

Die verschiedenen Nahrungspflanzen-Arten der Salzwiese sind allein wegen ihrer besonders spezialisierten Ansprüche im Rahmen der sog. „Ausgleichsmaßnahmen“, die nach den Eindeichungen getroffen werden sollen, nicht gegeneinander austauschbar. Renaturierte Salzwiesen-Flächen müssen das gesamte Arteninventar der Flora umfassen, um die Fauna in ihrer qualitativen Vielfalt nicht zu reduzieren. Beispielsweise wandern auch durch intensive Beweidung im Vorland ausgefallene Wirtspflanzen-Arten nur sehr langsam in die ohne Beweidung belassenen Vergleichsareale (Forschungsareale) wieder ein, vor allen Dingen, weil heute unbeweidete Salzwiesen als Arten-Reservate im Vorlandbereich so gut wie nicht mehr vorkommen.

#### **4. Auswirkungen von Eindeichungen in der Salzwiese**

##### **4.1. AUSWIRKUNGEN AUF DIE FLORA**

Die Flora wird nach Eindeichungen aufgrund verschiedener ökologischer Umwandlungsprozesse entscheidend beeinflusst.

**4.1.1.** Die Mehrzahl der Salzpflanzenarten stirbt innerhalb der ersten 2–3 Jahre nach der Eindeichung ab, soweit diese Flächen 30 cm und mehr über der bisherigen MThw-Linie liegen. Diejenigen Salzpflanzen, die hier aufgrund geringerer Salzansprüche noch 5–6 Jahre lang in größerer Populationsdichte siedeln, werden dann durch die erhöhte Konkurrenz bei Eindringen der Süßwiesenpflanzen zurückgedrängt.

**4.1.2.** Gleichzeitig oder mit einem etwa 1–2jährigen Verzug im Verhältnis zur Entsalzung treten vorwiegend salzfeindliche (halophobe) Pflanzenarten aus dem Bereich der Ruderalflächen oder der Wiesen- und Weidenregionen auf. Diese Pflanzenarten verbreiten sich um so mehr, je geringer vor der Eindeichung die Flächen mit Vegetation bedeckt waren (vor allen Dingen kommen hier Areale unterhalb der früheren MThw-Linie in Frage).

**4.1.3.** Die vor der Eindeichung unterhalb der MThw-Linie gelegenen Wattflächen überziehen sich in der Regel in den ersten 1–5 Jahren zunächst mit einigen Salzpflanzen, die sonst in der Quellerzone auftreten (*Salicornia stricta* und *brachystachya*) und einjährigen (annuellen) Pflanzen aus der Salzwiese. Mit Abnahme des Salzgehaltes setzt hier ein Zurückweichen gegenüber der salzfeindlichen Vegetation des Binnenlandes ein. Wesentliche Unterschiede bestehen nach der Eindeichung in der Vegetation auf sandigen und auf schlickigen Böden.

Tab. 3:

Beziehung zwischen pflanzenverzehrenden (phytophagen) Insekten zu Salzpflanzen in den Salzwiesen Nordwest-Europas (Nordseeküste). Nach Untersuchungen von B. Heydemann,

Pflanzenverzehrende Tiergruppen	Aphidoidea	Coleoptera	Lepidoptera	Cecidomyiidae
<b>Wirtspflanzenarten</b>				
<b>Agropyron littorale</b> ( <i>Elytrigia pungens</i> ) Salzwiesenquecke	<i>Diuraphis</i> (?) <i>frequens</i>	<i>Phyllobius</i> <i>vespertinus</i> <i>Ph. virideaeris</i>	<i>Apamea oblonga</i> <i>Mesoligia furuncula</i>	–
<b>Agrostis stolonifera</b> <i>salina</i> Salzwiesen- straußgras	<i>Geoica setulosa</i> <i>Metopolophium</i> <i>dirhodum</i> <i>Paranoecia pskovica</i> <i>Schizaphis agrostis</i>	<i>Tanymecus palliatus</i> ? (?) <i>Phyllobius</i> <i>vespertinus</i>		(?) <i>Mayetiola</i> <i>agrostidis</i>
<b>Armeria maritima</b> Strandnelke	–	<i>Polydrusus pulchellus</i>	<i>Aristotella brizella</i> <i>Cnephasia longana</i> <i>Lobesia litoralis</i>	–
<b>Artemisia maritima</b> Meerstrandsbeifuß	<i>Lidaja heinzei</i> <i>Macrosiphoniella</i> <i>pulvera</i>	–	<i>Coleophora</i> <i>artemisiella</i> <i>Eucosma maritima</i>	<i>Rhopalomyia</i> ( <i>Diarthronomyia</i> ) <i>florum</i>
<b>Aster tripolium</b> Meerstrandsaster	<i>Aphis tripolii</i> <i>Brachycaudus</i> <i>helichrysi</i> <i>Macrosiphoniella</i> <i>asteris</i> <i>Pemphigus bursarius</i>	–	<i>Bucculatrix maritima</i> <i>Clepsis spectrana</i> <i>Coleophora asteris</i> <i>Eucosma tripoliana</i> <i>Eupithecia</i> <i>centaureata</i> <i>Phalonidia affinitana</i>	–
<b>Atriplex hastata</b> ( <i>latifolia</i> ) Pfeilmelde	<i>Hayhurstia atriplicis</i>	–	<i>Coleophora atriplicis</i>	<i>Aphidoletes</i> <i>aphidimyza</i> (lebt auf <i>Hayhurstia</i> zoophag)
<b>Atriplex laciniata</b> ( <i>maritima</i> ) Lanzettblättrige Melde	–	–	vielleicht eine Art von – (?) <i>Atriplex littoralis</i>	
<b>Atriplex littoralis</b> Strandmelde	?	–	<i>Chrysoesthia</i> <i>sexguttella</i> ( <i>Microsetia stipella</i> ) <i>Clepsis spectrana</i> <i>Discestra trifolii</i> <i>Eupithecia simplicata</i> <i>Lacanobia oleracea</i> <i>Scrobipalpa nitentella</i> <i>Sc. obsoletella</i>	–
<b>Atriplex patula</b> Niederliegende Melde	??	–	vielleicht wie Nr. 8	vielleicht wie Nr. 6
<b>Cochlearia danica</b> (und andere <i>Cochlearia-species</i> ) Löffelkraut	–	<i>Phaedon concinnus</i>	<i>Clepsis spectrana</i>	–

U. Irmeler, H. Meyer, H. Regge, D. Stüning, Th. Tischler, M. v. Tschirnhaus (die Tabelle 3 ist ein erster Überblick und noch nicht vollständig, insbesondere nicht für die Gruppen der Rhyncho-  
ta und Diptera).

Agromyzidae	Chloropidae	Drosophilidae	other Brachycera (Schizophora)	Heteroptera/ Cicadina	total number of species
Cerodontha lateralis Liriomyza phryne Phytomyza nigra	Cerema neglecta Dicraeus fennicus Meromyza nigrivenis	-	-	1 Art	12
Liriomyza orbone Phytomyza nigra	Cetema neglecta Elachiptera cornuta Oscinella frit O. hortensis O. nitidissima	1 Art unbestimmt	1 Ephydride unbekannt	1 Art	17
-	-	-	-	-	4
Liriomyza gutmanni - Napomyza maritima n. sp.	-	Scaptomyza pallida (phytosaprophag)	Tephritidae: Tephritis spec. (Trypetidae)	1 Art	10
Calycomyza humeralis Liriomyza pusilla Melanagromyza tripolii Napomyza tripolii Phytomyza asteris Ph. horticola	Calomoncosis aprica	Scaptomyza pallida (phytosaprophag)	Tephritidae (Trypetidae): Eusinia sonelis Paronyxa plantaginis Trypanea ocellata	1 Art	22
Amauromyza luteiceps	Elachiptera cornuta (phytophag, phytosaprophag)	Scaptomyza graminum	Anthomyiidae: Pegomya betae atriplicis	1 Art	15
Amauromyza luteiceps	-	Scaptomyza graminum	Anthomyiidae: Pegomya betae atriplicis	-	3
Amauromyza luteiceps	-	Scaptomyza graminum	Anthomyiidae: Pegomya betae atriplicis P. hyoscyami chenopodii	-	11
vielleicht wie Nr. 7/8	-	vielleicht wie Nr. 7/8	vielleicht wie Nr. 7/8	wahrscheinlich 1 Art	wahrscheinlich 38
Phytomyza rufipes	-	Scaptomyza flava (gemeldet von C. anglica)	-	1 Art	5

<b>Pflanzenverzehrende Tiergruppen</b>	<b>Aphidoidea</b>	<b>Coleoptera</b>	<b>Lepidoptera</b>	<b>Cecidomyiidae</b>
<b>Wirtspflanzenarten</b>				
<b>Festuca rubra littoralis</b> <b>Rotschwingel</b>	Anoecia corni Aploneura lentisci Atheroides brevicornis A. serrulatus Baizongia pistatae Forda formicaria Geoica setulosa Geoica utricularia Macrosiphum avenae (?) Neanoecia zirmitzi Rhopalosiphum insertum Rh. padi Sipha glyceriae Tetraneura ulmi	Crepidodera ferruginea Phyllobius vespertinus Polydrusus pulchellus	Agriphila selasella Amphipoea fucosa Apamea oblonga Crambus perlella Diarsia rubi Mythimna favicolor Pediasia aridella	–
<b>Glaux maritima</b> <b>Meerstrandsmilchkraut</b>	Parathecabius spec.	Phytobius zumpti	Monochroa tetragonella	–
<b>Halimione portulacoides (and H. pedunculata)</b> <b>Keilmelde</b>	–	–	Coleophora atriplicis C. maeniaceella C. suaedivora Eupithecia simplicata Scrobipalpa instabiella Sc. salinella	–
<b>Juncus gerardi</b> <b>Bottenbinse</b>	Juncobia leegii Rhopalosiphum padi	(?) Chaetocnema sahlbergi (?) Limnobaris pilistriata	Bactra robustana (?) Coleophora adjunctella	Procystiphora gerardi
<b>Juncus ranarius</b> <b>Froschbinse</b>	–	–	–	–
<b>Leontodon autumnalis littoralis</b> <b>Salzwiesen-Herbstlöwenzahn</b>	–	–	–	Contarinia hypochoerides
<b>Limonium vulgare</b> <b>Strandwiderstoß</b>	Staticobium limonii	Apion limonii	Clepsis spectrana Hydraecia micacea	–
<b>Odontites rubra littoralis</b> <b>Strandzahnrost</b>	–	–	–	–
<b>Plantago coronopus</b> <b>Krähenfußwegerich</b>	–	Ceuthorhynchidius thalhammeri Chrysomela haemoptera Otiorhynchus ligneus ssp. frisius Polydrosus pulchellus	–	–

<i>Agromyzidae</i>	<i>Chloropidae</i>	<i>Drosophilidae</i>	other <i>Brachycera</i> ( <i>Schizophora</i> )	<i>Heteroptera/</i> <i>Cicadina</i>	total number of species
<i>Cerodontha denticornis</i> <i>Phytomyza nigra</i>	<i>Aphanotrigonum femorellum</i> <i>Chlorops calceatus</i> <i>Meromyza triangulina</i> <i>Oscinella frit-</i> <i>Gruppe</i> <i>O. pusilla</i> <i>Oscinomorpha albisetosa</i> <i>Tropidoscinis albipalpis</i>	-	-	2 Arten	35
-	-	-	-	-	3
-	-	-	-	1 Art	7
<i>Metopomyza junci</i>	<i>Melanum laterale</i> <i>Oscinella trigonella</i> <i>Tropidoscinis junci</i> sp. n.	-	-	1 Art	12
-	-	-	<i>Sphaeroceridae:</i> 1 unbestimmte Art	-	1
<i>Liriomyza strigata</i> <i>Liriomyza taraxaci</i> <i>Ophiomyia beckeri</i> <i>Ophiomyia pinguis</i> <i>Ophiomyia pulicaria</i> <i>Phytomyza farfarella</i> <i>Ph. horticola</i> <i>Ph. rhabdophora</i> <i>Ph. wahlgreni</i> <i>Phytomyza spec.</i>	-	1 unbestimmte Art	1 indet. <i>Trypetidae</i>	-	13
-	-	-	-	-	4
<i>Phytomyza euphrasiae</i> <i>Ph. isais</i>	-	-	-	-	2
<i>Phytomyza plantaginis</i>	-	-	-	-	5

<b>Pflanzenverzehrende Tiergruppen</b>	<b>Aphidoidea</b>	<b>Coleoptera</b>	<b>Lepidoptera</b>	<b>Cecidomyiidae</b>
<b>Wirtspflanzenarten</b>				
<b>Plantago maritima</b> <b>Meerstrandswegerich</b>	-	Ceuthorhynchidius thalhammeri Chrysomela staphylea Ch. haemoptera Longitarsus plantago-maritimus L. pratensis Mecinus collaris Philopodon plagiatus Polydrusus pulchellus (polyphag) Otiorhynchus ligneus spp. frisius	Clepsis spectrana Cnephasia longana Diarsia rubi (?) Hydraecia micacea Scrobipalpa samadensis ssp. plantaginella	Jaapiella schmidti
<b>Puccinellia maritima</b> <b>Andelgras</b>	Aploneura lentisci Atheroides brevicornis A. serrulatus Rhopalosiphum padi Sipha littoralis	Phyllobius vespertinus Polydrusus pulchellus	Agriphila selasella Mythimna favicolor Pediastia aridella	Mayetiola puccinelliae
<b>Salicornia brachystachya</b> <b>Brackwasser-Queller</b>	-	-	vielleicht Arten von 23.	-
<b>Salicornia stricta</b> <b>Watt-Queller</b>	-	-	Coleophora salicorniae Scrobipalpa nitentella Sc. salinella	-
<b>Scirpus (Blososchoenus) maritimus</b> <b>Meerstrandssimse</b>	-	-	Bactra robustana	-
<b>Spartina anglica</b> <b>Schlickgras</b>	Sipha littoralis	Notaris bimaculatus	Mythimna favicolor	-
<b>Spergularia marginata (= media)</b> <b>Geränderter Salzwiesenspörgel</b>	-	Cassida vittata	-	-
<b>Spergularia salina (= marina)</b> <b>Salzspörgel</b>	-	Cassida vittata	-	-
<b>Suaeda maritima</b> <b>Strandsode</b>	Chaitaphis suaedae -	-	Clepsis spectrana Coleophora atriplicis C. maeniaceella C. suaedivora Discestra trifolii Scrobipalpa nitentella Sc. salinella	-
<b>Triglochin maritima</b> <b>Meerstrands-Dreizack</b>	Rhopalosiphum padi -	-	Clepsis spectrana Hydraecia micacea Phalidonia vectisana Scrobipalpa stangei	-

<b>Agromyzidae</b>	<b>Chloropidae</b>	<b>Drosophilidae</b>	<b>other Brachycera (Schizophora)</b>	<b>Heteroptera/ Cicadina</b>	<b>total number of species</b>
Phytomyza plantaginis	-	-	-	-	16
Cerodontha denticornis	Aphanotrigonum fascinellum	-	-	1 Art	21
Phytomyza nigra	A. femorellum A. nigripes Meromyza puccinelliae Oscinella frit- Gruppe O. pusilla Oscinomorpha albisetosa	-	-	-	
-	-	-	-	-	vielleicht 3
-	-	-	-	-	3
-	Cerodonta fasciata (?) C. suturalis (?) Elachiptera cornuta Eribolus slesvicensis Eurinia lurida	-	Scatophagidae: 1 unbestimmte Art	-	8
-	-	-	-	-	3
-	-	Scaptomyza granimum	Ephydriidae: Psilopa leucostoma	-	3
-	-	-	-	-	1
-	-	-	-	1 Art	9
Liriomyza angulicornis L. latipalpis	Elachiptera cornuta Tropidoscinis triglochimidis	-	-	-	9

**4.1.4.** Nach 10–15 Jahren erscheint meistens – wenn keine Kultivierung und Drainierung eingesetzt hat – eine Hochstaudengesellschaft. Nach einigen Jahrzehnten kann auch ein Weiden-Eschen-Erlengebüsch (bei höherem Grundwasserstand) aufwachsen. Bei Beweidung taucht eine Süßweidenvegetation auf, bei Mahdnutzung eine Weidelgras-Weißklee-Vegetation (*Lolium perenne*-*Trifolium repens*-Komplex), die sich je nach Sediment (Sand oder Schlick) in unterschiedlicher Richtung entwickelt.

**4.1.5.** Auf ehemaligen Sandböden kann sich eine Entwicklung in Richtung zu Primär-Dünen mit Meersenf-Bewuchs (*Cakile maritima*) vollziehen. In südlicheren Regionen (z. B. Westfriesland) taucht auch eine Vegetationsentwicklung zu einem Sanddorn-Gebüsch auf.

**4.1.6.** In schlickigen Arealen ist die Entsalzung weniger schnell als in sandigen. In schlickigen Arealen tritt in Trockenperioden des Sommers leichter ein kapillares Aufsteigen von salzhaltigem Wasser ein, so daß die Oberflächenschichten auf Kleiböden stärker durch salziges Grundwasser zur Aufsalzung gelangen können.

**4.1.7.** In Wasserstaubereichen tritt nach der Eindeichung bei Salzwasser-Einfluß eine Entwicklung im Randbereich zu Brackwasser-Röhricht (*Scirpetum maritimae*) auf. In den stark nassen Uferbereichen über der mittleren Wasserlinie, auch in einzelnen Bereichen von umgewandelten Salzwiesen erscheint bei stärkerer Aussüßung eine Verlandungsgesellschaft mit Schilfröhricht (*Phragmitetum australis*).

**4.1.8.** Die besondere Charakteristik der biozönotischen Entwicklung nach der Eindeichung liegt in den ersten beiden Jahrzehnten in einer starken Destabilisierung der ursprünglich sehr viel stabileren Wandlungsprozesse der Küstenregion. Infolgedessen sind diejenigen Arten, die auf eine langsamere Entwicklung ökologischer Faktoren eingestellt sind (wie bei normalen Verlandungsprozessen), in ihrer Existenz gefährdet; davon sind mindestens 50% der Pflanzenarten betroffen.

## **4.2. WIRBELLOSEN-FAUNA**

### **4.2.1. VERÄNDERUNGEN DER FAUNA INFOLGE VON VERÄNDERUNGEN DER FLORA**

Die Veränderung der Fauna in eingedeichten Bereichen der ehemaligen Salzwiesen hängt vielfach mit den Veränderungen der Flora eng zusammen und zwar aus folgenden Gründen:

- a) Die Fauna reagiert auf die Verringerung des Salzgehaltes in ihren Nahrungspflanzen negativ.
- b) Die Fauna reagiert auf die Verringerung des Beschattungsgrades der Bodenoberfläche, die in Gebieten geringer Florentwicklung wenig beschattet und damit der Austrocknung stärker ausgesetzt ist.
- c) Die Versorgung mit lebendem Pflanzenmaterial wird zunächst in manchen Bereichen der eingedeichten Zonen geringer, dadurch entstehen Populationsveränderungen der Fauna.
- d) Die anfallenden Abfallstoffe der Flora verändern sich oder verringern sich wegen des geringeren Nährstoffangebotes (Ausbleiben der Überflutung und infolgedessen Ausbleiben von herantransportierten Nahrungsstoffen). Von diesen Nahrungsstoffen hängen ca. 500 detritophage Tierarten ab.
- e) Fast 50% der 420 pflanzenverzehrenden (phytophagen) Tierarten sind auf bestimmte Salzpflanzen-Arten bzw. Gruppen von Salzpflanzen-Arten spezialisiert. Der Ausfall einer einzigen Salzpflanzen-Art zieht im Durchschnitt den Ausfall von 8–16 und mehr Tierarten nach sich.

- f) Die Energie-Bilanz von nichtspezialisierten Tierarten, die sowohl auf Salzwiesenpflanzen wie auf Süßwiesenpflanzen wachsen können, verschlechtert sich bei vielen Arten, da eine bessere Ausnutzung salzreicher Nahrung als von salzarmer Nahrung bei zahlreichen Küsten-Arten vorhanden ist.

#### **4.2.2. ABHÄNGIGKEITEN DER FAUNA VOM VERSCHWINDEN VON HABITATEN INFOLGE DER EINDEICHUNG**

Die Spezialisierung der Fauna der Wirbellosen im oberen Eulitoral und im Supralitoral ist zum erheblichen Teil eine Spezialisierung auf Habitate, die mit der Dynamik des Wassers (ständig wechselnde Wasserstände) und mit der Dynamik des Salzgehaltes zusammenhängt. Nach der Eindeichung entfallen diese wechselnden Wasserstände. Sie werden nur in solchen Bereichen aufrechterhalten, die als Salzwasserbiotope mit voller Tidenabhängigkeit entwickelt werden. Die Spezialisierung auf den Salzwiesenbereich ist eine Spezialisierung auf Habitate mit unperiodischer Überflutung, z. T. ist es eine Bindung an salzhaltige Habitate und des Weiteren an eine bestimmte Raumstruktur, z. T. auch eine Bindung an Detritus-Ablagerungen in einer bestimmten Form, wie sie nur für Salzwiesen typisch sind (Heydemann 1980a, 1981b, d)

Es treten beispielsweise folgende Spezialisierungen auf bestimmte Habitate auf, die nach Eindeichung nicht mehr in der typischen Form vorhanden sind:

- a) Spezialisierung auf die Vegetationsüberhänge an den Prielkanten, soweit sie nicht beweidet werden.
- b) Spezialisierung auf die Schlickoberfläche an der vom Wasser periodisch freifallenden Prielbasis.
- c) Spezialisierung auf vertikale Prielseiten, die nicht mit Blütenpflanzen, bewachsen sind, dafür aber mit Algen besetzt sind.
- d) Spezialisierung auf eine bestimmte Dichte nicht fortschwemmbarer Abfallsubstanzen (Detritus-Substanz)
- e) Spezialisierung auf Salzwassertümpel und Salzwasserpflützen, die nicht periodisch ihr Wasser wechseln.
- f) Leben in selbstgegrabenen Lochsystemen im Klei oder sandigen Schlicksediment.
- g) Leben in Hohlräumen des Kleibodens, die durch abgestorbene Blütenpflanzenwurzeln entstanden sind.

#### **4.2.3. PRODUKTIONSBIOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN DER EINDEICHUNGEN IM BEREICH DER FAUNA**

Die Biomassen-Verhältnisse der Wirbellosen des Eulitorals werden entscheidend durch die Eindeichung verändert. Zunächst stirbt die Fauna in allen Eulitoralflächen, die nach der Eindeichung nicht mehr mit Wasser bestanden sind, sofort nach der Eindeichung ab. In den Flächen, in denen ein Salzwasserstau eine gewisse Zeit vorhanden ist und in denen ein Salzwasser-Biotop dauerhaft entwickelt wird, zeigt sich eine Verringerung der Biomasse auf etwa 10–20% (im Bodenbereich). In den Wasserflächen entwickeln sich völlig neue Ökosystemkomplexe. Das freie Wasser kann in den Salzwasser-Biotopen eine höhere Biomasse der Fauna erhalten, als das freie Wasser vor der Eindeichung, aber die Artenverhältnisse ändern sich dabei zu 90–100% im Pelagial (Fauna des freien Wassers) und zwar sowohl in der freischwebenden Mikrofauna (Plankton), als auch in der schwimmenden Makrofauna (Nekton)

Im Bereich des Salzwiese steigt in den ersten 5 Jahren die Biomasse der Fauna um ein Mehrfaches an, fällt dann aber infolge Nahrungsentzugs auf geringere Werte als in der natürlichen Außendeichs-Salzwiese zurück. Gleichzeitig erfolgt eine weitgehende Artenumwandlung.

Bei den Auswirkungen der Eindeichungen sind folgende Wirkungen auf die verschiedenen Typen von Biomassen der Fauna zu unterscheiden:

**4.2.3.1. ABSOLUTE BIOMASSE.** Die Biomassenwerte beziehen sich auf eine bestimmte Flächeneinheit und können z. B. als Lebend-Schlüpfgewicht in einer bestimmten Zeiteinheit pro Flächeneinheit gerechnet werden. Dabei sind Minderungen innerhalb der ersten 5 Jahre um etwa 20–50% in der Ausschlüpf-Biomasse, selbst bei gleichbleibendem Salzgehalt, als Durchschnittswerte zu sehen. Charakteristisch ist die starke Differenz der Ausschlüpf-Biomasse zwischen eingedeichten Sandwatten einerseits (etwa 13 kg/ha) und sehr schlickhaltigen Bereichen andererseits (etwa 110 kg/ha/4 Wochen).

Im Unterschied zu den nicht eingedeichten Bereichen, in denen auch im Winter eine hohe aktive Biomasse im Schutz des dichten Pflanzenfilzes entwickelt ist und auch als Nahrungspotential für zoophage Vögel zur Verfügung steht, wird nach der Eindeichung infolge der Verdünnung der Vegetation eine Verringerung der tierischen Biomasse zur Winterzeit und damit auch für die Rastvögel herbeigeführt. In den natürlichen Salzwiesenbereichen stellt die winteraktive Fauna eine wesentliche Nahrungsgrundlage für bestimmte Rastvogel-Arten dar, die auf Insektenaufnahme eingestellt sind. Das ist vor allen Dingen in den Vorwinterzeiten und in den kälteren Frühjahrszeiten der Fall für Goldregenpfeifer und Kiebitz.

**4.2.3.2. DIE AKTIVITÄTS-BIOMASSE** gibt die Werte der in einer Flächen- oder Raumeinheit aktiven Individuen wieder. Auch in diesem Bereich machen sich starke Verringerungen in bezug auf die Aktivitätsdichte der vorlandtypischen Arten bemerkbar.

## 5. Auswirkungen von Beweidung in der Salzwiese

Hierzu werden an dieser Stelle nur einige generelle Angaben gemacht (darüber wird später umfassender berichtet). Durch Beweidung werden 16 häufige Halophyten-Arten weitgehend aus der Salzwiese eliminiert. Aus dem Bereich der bisher eingehend bekannten Halophyt-Tier-Relation werden dadurch mindestens 106 phytophage Tierarten durch totalen Ausfall betroffen. Die endgültige Zahl der durch Beweidung total ausgeschalteten oder stark betroffenen Arten der Evvertebraten liegt wahrscheinlich zwischen 280–300 Arten von insgesamt 420 phytophagen Arten der Salzwiese. Darüber hinaus sind zahlreiche Tierarten durch Verminderung ihrer Populationsdichte betroffen (vgl. Irmeler & Heydemann 1983).

An den wenigen durch mäßige und intensive Beweidung begünstigten Halophyten-Arten der Salzwiese (Andelgras, Rotschwingelgras, Schlickgras, Strandnelke) leben rd. 80 phytophage Tierarten, also nur 20% der Gesamtf fauna der Phytophagen. Die Tierpopulationen an den durch Beweidung begünstigten Salzwiesenpflanzen erleiden durch die Beweidung aber trotzdem oft Populationseinbußen infolge Produktionsausfalls der Nahrungspflanzen, infolge Beseitigung bestimmter typischer Strukturteile (wie Blüten und höherer Blattbereiche) oder durch direkte Vertrittwirkung.

Einige phytophage Arten werden durch Beweidung in der Populationsdichte angehoben. Das gilt vor allem für einige Blattläuse (vgl. Regge, 1973) und Zikaden-Arten, die als Meristem-Sauger die jungen Sprosse von Gräsern bevorzugen. Der Austrieb von Gräsern wird durch intensive Beweidung in der Salzwiese in bezug auf die Zahl der jungen Triebe erhöht, dafür aber die Gesamtlänge der Sprosse verringert. Die von der Beweidung weniger betroffenen oder begünstigten Pflanzenarten aus der Gruppe der zweikeimblättrigen Pflanzen (Dicotyledonen) – wie die Strandnelke (*Armeria maritima*) und der Queller (*Salicornia dolichostachya*) (letztere auch vor allem wegen der bevorzugten Zone im oberen Eulitoral-Watt und der unteren Andelzone weniger vom Vieh erfaßt) haben zusammen nur 9 phytophage Tierarten. Hier kann sich also die Beweidungsresistenz von einigen Salzwiesen-Pflanzen nicht nachhaltig positiv auf die Artenvielfalt der phytophagen Makrofauna in den Salzwiesen auswirken, da sie nur eine geringe Bedeutung für phytophage Arten haben.

Das Schlickgras (*Spartina anglica*) besetzt im Übergang vom Eulitoral zum Supralitoral (an der MThw-Linie) stellenweise 25–30% des gesamten Vorlandes und der hohen Wattflächen (über –50 cm MThw). In der Nordstrander Bucht sind dies beispielsweise 27% der Vorlandflächen (nach Knauer, 1981). Trotzdem stellt *Spartina anglica* aber nur für 3 phytophage Tierarten die Nahrungsbasis dar. Im Fall der Schlickgraszone bleiben also hohe Anteile der Primärproduktion durch die Makrofauna ungenutzt – das Schlickgras ist etwa vor 50 Jahren an den deutschen Küsten – aus England kommend – angepflanzt worden. Offensichtlich hat dieser „Fern-Transport“ aber nichts mit einer eventuellen Verminderung der phytophagen Tierarten an dieser Wirtspflanzen-Art zu tun, da nach bisheriger Kenntnis auch aus dem englischen Raum offenbar nicht mehr phytophage Arten bekannt sind.

Die Strandnelke (*Armeria maritima*) und das Strandmilchkraut (*Glaux maritima*) stellen die einzigen häufigen insektenblütigen Salzpflanzen-Arten dar, die die Beweidung durch Schafe (wegen niedrigen Wuchses) hinreichend überstehen. Beide Pflanzenarten stellen aber zusammen nur die Nahrungsbasis für 4 phytophage Tierarten dar. Hier liegt also eine ähnliche ökologische Situation wie bei dem Schlickgras vor: die Beweidungsresistenz der Pflanzenarten schlägt nicht auf eine theoretisch denkbare Artenvielfalt der Fauna durch.

Dagegen werden folgende für phytophage Tierarten wichtige Pflanzenarten durch Beweidung weitgehend ausgeschaltet (oder sie kommen an Stellen starken Vertritts kurzfristig wieder auf):

- Meerstrandsaster (*Aster tripolium*) – Melden-Arten (*Atriplex* ssp.)
- Meerstrandwegerich (*Plantago maritimus*)
- Strandbeifuß (*Artemisia maritima*)
- Keilmelde (*Halimione* ssp.)

Diese Halophyten stellen aber die Nahrungsbasis für 62 spezialisierte Insekten-Arten der Salzwiese dar.

An diesen Zusammenhängen zwischen Tier-Arten und Pflanzen-Arten in der Salzwiese sind besonders deutlich die hohen Destruktionseinflüsse infolge Beweidung durch Schafe und Rinder in der Salzwiese erkennbar. Sie werden zur Zeit weiter untersucht (vgl. auch Irmeler, 1982 & Heydemann 1983).

Insgesamt ergibt sich eine erhebliche Minderung der Artenvielfalt, also eine Uniformierung der Vegetation durch Beweidung. Die einjährigen Pflanzen wie Queller (*Salicornia stricta*), Meerstrandssode (*Suaeda maritima*) und die Melden-Arten (*Atriplex* sp.) können allerdings an Stellen starken Vertritts – dort also, wo die peren-

nierende Vegetation vollständig zerstört ist – wiederum begrenzte Ausbreitungschancen haben. Das gilt aber nur für den Typus einer „Umtriebsweide“ mit entsprechenden Ruhezeiten, die zum Keimen und Austreiben der einjährigen Arten führen können. Die an diesen annuellen Arten lebende phytophage Fauna hat eine Vermehrungschance, wenn die Nichtbeweidung wenigstens eine Vegetationsperiode anhält.

Die Verlagerung der Artenzusammensetzung der Vegetation unter dem Einfluß der Beweidung führt ebenfalls zur Begünstigung solcher Arten, die sich vornehmlich vegetativ vermehren. Dadurch schwindet das Blütenangebot für die blütenbewohnenden (floricolen) und blütenbesuchenden Arten bei Beweidung nicht nur als direkte Folge des Verbisses in erheblichem Umfang, sondern auch als indirekte Folge über die Veränderung der Arten-Zusammensetzung der Vegetation.

Die Entwicklung der Biomasse der Vegetation (oberhalb des Bodens) führt bei intensiver und sehr intensiver Beweidung zu Abnahmen bis auf fast 60% der Vergleichswerte von Arealen ohne Beweidung (vgl. Hansen, 1981).

Die Vorteile einer Beweidung von Salzwiesen für den Küstenschutz sind durch die bisherigen Ergebnisse zum Teil als sehr gering, in bezug auf den Faktor „Verdichtung des Bodens“ als gering zu veranschlagen, da das Gesamtporenvolumen und das Feinporenvolumen offenbar gar nicht wesentlich durch Beweidung vermindert wird, sondern höchstens das Grobporenvolumen um ca. 25% (vgl. Hansen 1981, Irmeler & Heydemann 1983). Für die Bodenbewohner der Fauna hat die Verringerung des Grobporenvolumens durch Vertritt außerdem eine sehr nachteilige Wirkung.

In den 25 Jahre lang beobachteten Dauer-Parzellen an verschiedenen Standorten der Nordseeküste, die ohne Beweidung und ohne Entwässerungsgräben (Grüppelung) blieben, wurden außerdem nirgendwo – trotz zahlreicher Sturmfluten – in diesem Zeitraum auch nur die geringsten Anhaltspunkte einer Erosion ermittelt. Statt dessen besteht in den nicht beweideten Salzwiesen die Tendenz zu wesentlich schnellerem Fortschritt der Sedimentation, also zur Erhöhung des Vorlands. Der Durchschnittswert von 7 cm Sedimentationserhöhung in 25 Jahren als Mehrzuwachs der unbeweideten Salzwiesen im Vergleich zur beweideten Salzwiese ergibt umgerechnet jährliche Bodenerhöhungen der unbeweideten Salzwiese im Verhältnis zur beweideten Salzwiese von ca. 3 mm.

Die Zahl der Pflanzenstengel pro Flächeneinheit – gemessen an der Bodenoberfläche –, also die „Narbendichte“, erhöht sich mit zunehmender Beweidung. Bei Schafbeweidung kann die Stengeldichte von extensiver Beweidung (ca. 1,5 Schafe/ha) zu sehr intensiver Beweidung (ca. 4,5 Schafe/ha) um das Dreifache zunehmen (vgl. Hansen 1981).

Diese Raumstruktur-Änderung an der Bodenoberfläche hat für die epigäische Fauna eine Verminderung der Aktivitätsdichte und damit auch eine Verminderung der Nahrungsaufnahme-Möglichkeit zur Folge. Viele epigäische, vor allem räuberische (episitische) Arten werden infolgedessen durch intensive Beweidung verdrängt. Bei längerer Pflanzenstengeln und geringer Stengeldichte – wie sie bei Nichtbeweidung auftritt – ergibt sich außerdem ein gleichmäßiger Feuchtigkeitszustand und an der Bodenoberfläche für die Laufaktivität wichtiger „Tunneleffekt“. Der „Tunneleffekt“ setzt den „Raumwiderstand“ der Pflanzen herab und erhöht dadurch die Aktivitätsdichte vieler episitischer Arten. Der „Tunneleffekt“ verbessert den Verdriftungsschutz für die Evertibratenfauna vor allem bei den Sommerüberflutungen der Salzwiesen.

Die tierische Biomasse wird schon durch eine geringe Beweidung von 0,5 Rindern/ha so nachhaltig beeinträchtigt, daß sich zu den noch stärker beweideten Flächen nur geringe Unterschiede ergeben (Irmeler & Heydemann, 1983). Wenn sich bei Beweidung im Rahmen von relativ kurzen Ausschaltungsperioden der Beweidung noch keine starke Verminderung der Artenzahlen in der Fauna ergibt, liegt dieses vor allem daran, daß der Verlust an vertritt- und verbißempfindlichen Arten durch die Begünstigung von kotverzehrenden oder wenigstens allgemein kotbegünstigten (coprophilen) Tierarten aufgewogen wird. Aber die coprophile Fauna stellt durch Dominanzveränderungen innerhalb der Salzwiesenfauna eine erhebliche Faunenverfälschung durch anthropogene Einflüsse dar.

Nach Aufgabe von Beweidung sind zunächst nur einige Tierarten der Wirbellosen-Fauna in der Lage, die freiwerdenden Ressourcen (höhere Vegetation, andere Pflanzenstrukturen, anderes raumstrukturelles Angebot) auszunutzen. Daher dominieren dann zunächst einzelne Arten (Irmeler & Heydemann, 1983).

## **6. Auswirkungen von künstlichen Entwässerungsgräben („Grüppen“) in den Salzwiesen**

Das heutige Salzwiesen-Vorland ist an der Festlandsküste Nordwesteuropas in der Regel von einem künstlichen, geometrisch angelegten System von Gräben („Grüppen“) durchzogen. Dies System dient in erster Linie der Entwässerung. Alle 10 m sind senkrecht zur Deichlinie stehende Gräben („Grüppen“) angelegt, die alle 100 m (parallel zur Deichlinie) in größere Sammelgräben münden. Diese Sammelgräben fließen in einen künstlich angelegten Hauptgraben (oder einen natürlich vorhandenen Priel, der meist senkrecht zur Deichlinie verläuft und in das freie Watt des Eulitorals mündet.

Etwa alle 7–10 Jahre werden diese Grabensysteme ausgehoben, in Deutschland zumeist noch von Hand, in Dänemark und in den Niederlanden vielfach schon mit Hilfe von Baggern. 7–10 Jahre nach dem letzten Grabenaushub sind die Gräben zumeist wieder stark zugeschlickt und dann meist wieder mit Salzvegetation zugewachsen.

Beim Aushub der Gräben wird das abgetragene Bodenmaterial in der Mitte der sich dazwischen befindlichen Landstreifen („Beete“) abgelegt. Bei diesen Maßnahmen werden die in der Zwischenzeit gebildeten besonderen Habitate des Grabenrandes weitgehend zerstört. Außerdem wird durch den abgelegten Aushub eine ökologische Veränderung der „Beete“, insbesondere ihres Mittelteils („Beetmitte“) bewirkt. Durch Abdeckung der Vegetation ist in den ersten beiden Jahren nach der Ablage des Bodens ein erheblicher Ausfall an der Vegetation und an wirbellosen Tieren feststellbar. In den darauf folgenden Jahren eilt die Region der „Beetmitte“ wegen des künstlich angehobenen Bodenniveaus in der ökologischen Entwicklung (Sukzessionsfolge) den Salzbereichen der „Beete“ und den Grabenkanten erheblich voran.

Wesentlich bei der Beurteilung der mechanischen Strukturveränderung beim Aushub erscheint, daß die Vielfalt der Habitate der natürlichen Priel- und Grabenränder weitgehend zerstört wird. Die ökologische Entwicklung der meisten Habitattypen des Grabenrandes muß nach dem Aushub wieder bei „Null“ beginnen. Bei natürlichen Prielrändern, die vor Anlage von Grabensystemen die Salzwiesen durchzogen, blieben diese Habitate dagegen Jahrzehnte wenig verändert. Dadurch hielten sich in einem natürlichen Kleinpriel-System der Salzwiesen jahr-

zehntelang dieselben ungestörten oder nur wenig veränderten Habitate in ähnlichen Raumpositionen für die Fauna.

Im folgenden werden die Grundprinzipien der ökologischen Veränderungen in Salzwiesen durch die Anlagen von Entwässerungs-Gräben zur Entwässerung dargestellt:

### **6.1. EINSCHRÄNKUNG DER ZAHL DER HABITATTYPEN:**

Die Habitatvielfalt wird durch das Grabensystem („Grüppen-System“) wesentlich eingeschränkt. Der natürliche Priel oder naturnahe, lange Zeit unbearbeitet gebliebene alte Grabenrand (mit prielähnlichem Aufbau) bietet dagegen mit seinem unregelmäßigen Randverlauf viele „ökologische Nischen“ (Habitattypen). Folgende ökologische Nischen sind in natürlichen Priel- und Grabensystemen normalerweise vorhanden (nach Wrage & Heydemann, 1984):

- a) Überhängende Pflanzenpolster mit geringerem Beweidungseinfluß,
- b) gut belüftete Bodenkrümelstrukturen unter den Pflanzenpostern,
- c) pflanzenarme Grabenabbruchkanten mit schräger Inklination (nicht senkrecht) und zum Teil mit hoher Sonneneinstrahlung (starke Aufwärmung)
- d) Pflanzenzonierung mit besonders gefährdeten Pflanzen, die gut durchlüfteten Boden benötigen.
- e) lochreiche Grabenränder für bodenbewohnende Tierarten,
- f) feuchte Tunnelbereiche unter überhängender Vegetation mit geringer Stengeldurchwachsung (nur mit aufliegenden Stengeln)

Diese Habitattypen fallen bei den häufig gegrüppelten, künstlichen Grabensystemen fort.

### **6.2. EINSCHRÄNKUNG DES NAHRUNGSANGEBOTES**

Für Tiere aller Trophiestufen bietet der natürliche Priel oder der naturnahe, wenig beeinflusste Grabenrand eine jeweils gute Nahrungsbasis und zwar durch:

- a) Blütenpflanzen sehr verschiedener Artzugehörigkeit; sie treten in hängender Wuchsform auf und bieten dadurch ein bodennahes Blattangebot für solche Tierarten, die von der Bodenoberfläche aus pflanzenverzehrend (phytophag) aktiv sind.
- b) direkt über dem Boden befindlichen dichten Algenbelag (ca. 50 Makro-Algenarten sind daran beteiligt); der sowohl im lebenden Zustand als auch mit abgestorbenem Thalli-Substrat zahlreiche phytophage und detritophage Tierarten ernährt. Dazu gehören vor allen Dingen die in den Salzwiesen bedeutsamen Stelzenmücken-Larven (Fam. Limoniidae).

### **6.3. ERHÖHUNG DER STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEIT**

Durch die Beseitigung der natürlichen Mäanderform der Kleinpriele wird die Strömungsgeschwindigkeit beim Ein- und Ausfließen des Tidestromes erhöht. Dagegen bewirken überhängende Pflanzenteile der natürlichen, wenig von Beweidung beeinflussten Priele und der extensiv gepflegten Grabensysteme (im Zusammenhang mit der Mäanderform) für die nicht festsitzende (nicht sessile) Fauna einen erheblichen Schutz gegen Verdriftung. Pflanzenstrukturen bieten am Prielrand die notwendige Festhalte-Möglichkeit.

Anderenfalls können bis zu 90% der Wirbellosen-Population oberhalb der Bodenoberfläche bei einer sommerlichen Hochflut aus den Salzwiesen ausgespült werden; sie sterben nach Wasserverfrachtung im Eulitoral zumeist bald ab.

Außerdem bilden sich bei verringertem Abfluß bei natürlichen, in der Regel weniger dichtem Prielsystem kleine Stillwasser-Bereiche (Schlenken) in den Salzwiesen; aus diesen Schlenken können sich Organismen nicht-aquatischer Tierarten nach Überflutung leichter wieder befreien, weil Schlenken keine Wellenbewegung und keine Strömung aufweisen.

#### **6.4. BESEITIGUNG DER RESTWASSER-BEREICHE IN KÜNSTLICHEN GRÄBEN**

Während die Sohle der häufig ausgehobenen, gegrüppelten Gräben so verändert wird, daß das bei Flut eingeströmte Wasser auch bei Ebbe wieder schnell abfließen kann, so bleibt in den natürlichen Prieln und bei naturnah belassenen Gräben, in denen nur in großen Zeitabständen ein Ausheben stattfindet (gleichzeitig mit schrägem und senkrechten Grabenrändern und vielleicht auch in Mäanderform angelegt), wenigstens an einigen Stellen Restwasser zurück. Diese Bereiche dienen meist einer besonderen, aquatischen Fauna von ca. 200–300 Arten als Habitat, ähnlich wie in den wenig entwässerten Salzwiesen die Habitate der „Schlenken“.

#### **6.5. ERHÖHUNG DER VERDUNSTUNGSRATE**

Mit breiter Sohle versehene, geradlinige Gräben sind – ohne Vegetationsschutz durch angrenzende Hochstaudenfluren, wie dies bei Beweidung der Salzwiesen der Fall ist – der Sonneneinstrahlung und den bodennahen Windbewegungen ausgesetzt. An der Bodenoberfläche der Gräben kommt es im Zusammenhang mit dem schnellen Wasserabzug nach der tidenabhängigen Überflutung andererseits zu intensiver Verdunstung. Der schlickreiche Boden überzieht sich dann schnell mit einer schwer durchdringlichen Salzkruste. Dadurch sterben jeweils viele aquatische und semiterrestrische Tiere, ab, die empfindlich gegen hohe Verdunstungsraten und gegen überhohen Salzgehalt sind und sich bei schnellabziehendem Wasser nicht mehr rechtzeitig in den notwendigen Schutz des Bodeninnern oder unter überliegende Pflanzen begeben können.

Hohe Salzkonzentrationen über 40 ‰ Salzgehalt sind für die meisten an der Bodenoberfläche lebenden Tierarten unverträglich. Das Grüppeln verstärkt in diesen Bereichen die ohnehin vorhandenen und für die Mehrheit der Fauna problematischen, sehr starken Schwankungen der abiotischen Faktoren „Feuchtigkeit und Salzgehalt“ des Milieus. In den tieferen Mäandern natürlicher Salzwiesen-Priele werden dagegen solche Extreme stark gemildert.

#### **6.6 RÜCKGANG DER VERNETZUNGSWIRKUNG VERSCHIEDENER ZONEN BEI HÄUFIG AUSGEHOBENEN (GEGRÜPPELTEN) GRABENSYSTEMEN**

Die vielfältige Niveau-Struktur der natürlichen Prielsysteme und der naturnahen Gräben bietet in der Salzwiese gerade bei niveaugleichen Großarealen eine vielfältige Zonierung ganz unterschiedlicher Niveauhöhen mit jeweils entsprechend verschiedenartiger Flora und Fauna. Dagegen werden durch das häufige Ausheben der Gräben diese Zonierungen jeweils wieder zerstört. Die durch Priele mit langsam abfließenden Tidewasser gekennzeichneten natürlichen oder naturnahen Salzwiesen verlieren ihren ursprünglichen Charakter durch häufige Grabenräumung. Die Vernetzungswirkung der gabelig verlaufenden Prielsysteme wird durch die künstlichen Entwässerungssysteme in den Salzwiesen alleine aufgrund der geometrischen Grabenstrukturen und der hart abgrenzenden Saumbereiche stark reduziert. Geometrische Grabensysteme wirken isolierend auf die nicht flugfähigen Wirbellosen (Ever-

tebraten), da jeweils meist nur 1000 m<sup>2</sup> große Beete zwischen den künstlichen Gräben als Aktivitäts-Areal für diese Tierarten in Frage kommen.

Unter natürlichen oder naturnahen Bedingungen wiederholt sich außerdem ein wesentlicher Teil der normalen Vorland-Zonierung in den Kleinprielen und den Randbereichen auf kleinstem Raum, und dabei stellt sich oft folgende Verteilung der sonst großflächig vorhandenen Vorland-Zonen ein:

- a) Eulitoral-Zone mit Kiesalgen-Watt (Diatomeen-Zone): auf der mittleren Grabensohle;
- b) Quellerzone (*Salicornietum dolichostachiae*): auf den Seiten der Grabensohle oder auf den Seiten der Priel-Sohle;
- c) Andelzone (*Puccinellietum maritimae*): bildet sich meist im unteren Seitenprofil der kleinen Priele oder auf einer unteren Prielrand-Terrasse aus;
- d) Rotschwengelzone (*Festucetum rubrum littorale*) (incl. *Juncetum gerardi* und *Artemisietum maritimae*): bildet sich meist im Bereich der oberen Grabenkante aus.

Hieraus ergibt sich, daß die Verarmung der Salzwiesen durch Beseitigung des ursprünglich dichotom und mäanderartig ausgebreiteten Kleinpriel-Systems zugunsten eines geometrisch ausgespannten künstlichen Grabennetzes – im Zusammenhang mit der Entnahme des dort angesammelten Schlickmaterials und der Schaffung glatter Grabenkanten (also mit einem unnatürlichen Profil) – zur Zerstörung des ursprünglichen Verbundsystems in der Salzwiese führt. Durch das künstliche und zugleich häufig ausgehobene Entwässerungssystem liegt eine entscheidende weitere Ursache für die beobachtete Arten- und Habitatverarmung der anthropogen stark belasteten Salzwiesen Nordwesteuropas vor.

## 7. Literatur

- BREHM, K. & TH. EGGERS (1974): „Die Entwicklung der Vegetation in den Speicherbecken des Hauke-Heien-Kooges (Nordfriesland) von 1959–1974“. Schriften Naturwiss. Ver. Schleswig-Holstein, **44**, 27–36.
- HANSEN, D. (1981): „Entwicklung der Nettoprimärproduktion salzbeeinflusster Vegetation und Möglichkeiten der Beeinflussung durch versch. Nutzungen untersucht auf dem Vorland des Nordfriesischen Wattenmeeres und im Vogelschutzgebiet Hauke-Haien-Koog“. Diss. Kiel, 265 pp.
- HEYDEMANN, B. (1979): „Responses of Animals to Spatial and Temporal Environmental Heterogeneity within Salt Marshes“, „Ecological Processes in Coastal Environments“, The First European Ecological Symposium of The British Ecological Society, Norwich 12–16 Sept. 1977 (Eba. R. L. Jeffries and A. J. Davy) Blackwell Scientific Publ., Oxford, London, Edinburgh, Melbourne, 145–163.
- HEYDEMANN, B. (1980a): „Die ökologische Gefährdung des Wattenmeeres und Grundlagen zu seinem Schutz“. Natur und Landschaft, 55. Jg., Heft 6, 240–249.
- HEYDEMANN, B. (1980b): „Die ökologische Spezialisierung des Wattenmeeres“ Natur und Landschaft, 55. Jg., Heft 6, 232–239.
- HEYDEMANN, B. (1981a): „Ökologie und Schutz des Wattenmeeres“. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Heft 255. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 232 S.
- HEYDEMANN, B. (1981b): „Ökologische Leitsätze zur Frage der Eindeichung im Wattenmeer Nordwesteuropas“. NORDFRIESLAND 57, 15/1. Heft, 9–27.

- HEYDEMANN, B. (1981c): „Ecology of the Arthropods of the Lower Salt Marsh“. „Terrestrial and Freshwater Fauna of the Wadden Sea Area“ (Ed.: Smit, C. J., J. den Hollander, W. K. R. E. van Wingerden, W. J. Wolff), Report 10 of the Wadden Sea Working Group, Leiden/Niederlande 10/35–10/57.
- HEYDEMANN, B. (1981d): „Wattenmeer: Bedeutung – Gefährdung – Schutz“ Gefährdete Lebensstätten unserer Heimat „Wattenmeer“, Leitung Dr. G.-J. Kierchner, Deutscher Naturschutzring e.V. (DNR), Bonn, 49 pp.
- HEYDEMANN, B. (1981): „Ökologie und Schutz des Wattenmeeres – Leitlinien zu Bestand, ökol. Bedeutung und zum Schutze der nordwesteuropäischen Wattenmeerregion – Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 255. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 232 pp.
- IRMLER, U. & B. HEYDEMANN (1983): „Die ökologische Problematik der Beweidung von Salzwiesen an der Niedersächsischen Küste – am Beispiel der Leybucht“. Niedersächsisches Landesverwaltungsamt – Naturschutz, Landschaftspflege, Vogelschutz –, Hannover, 156 pp. + 13 Taf.
- KNAUER, N. (1981): Gutachten über die Vegetationsverhältnisse des Vorlandes in der Nordstrander Bucht und Entwicklungsmöglichkeiten – Kurzfassung. Gutachten zur geplanten Vordeichung der Nordstrander Bucht, Schriftenreihe der Landesregierung Schleswig-Holstein, Kiel, 175–196.
- MEYER, H. (1984): „Experimentell-ökologische Untersuchungen an Gallmücken (Cecidomyiidae-Diptera) in Salzwiesenbereichen Nordwestdeutschlands“. Faun.-ökol. Mitt. Suppl. 6 (im Druck).
- PROKOSCH, P. (1979): Bewertung der Vorländer und Halligen im Nordfriesischen Wattenmeer für die Ringelgans. Forschungsauftrag des Landesamtes für Naturschutz und Landschaftspflege Schleswig-Holstein.
- REGGE, H. (1973): Die Blattlaus-Arten (Hexapoda, Aphidoidea) des Gezeitenbereichs der Nordseeküste Schleswig-Holsteins. Faun.-Ökol. Mitt. 4, S. 223–240.
- REISE, K. (1981): „Ökologische Experimente zur Dynamik und Vielfalt der Bodenfauna in den Nordsee-Watten“. Verhdlg. Dtsch. Zool. Ges. 1–15.
- SCHULTZ, W. (1981): Vogelkundliche Bedeutung der Nordstrander Bucht. In: Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Ed.): Gutachten zur geplanten Vordeichung der Nordstrander Bucht. S. 197–236.
- SOMMER, R.-G. (1978): „Experimentell-ökologische Untersuchungen an Dolichopodiden (Diptera-Brachycera) im Grenzbereich Land-See“. Diss. Kiel, 123 pp.
- STÜNING, D. (1984): „Biologisch-ökologische Untersuchungen an Lepidopteren des Supralitorals der Nordseeküste“. Faun.-ökol. Mitt. Suppl. 9 (im Druck).
- TISCHLER, TH. (1984): „Experimentelle Untersuchungen zur Ökologie und Biologie phytophager Käfer (Chrysomelidae, Curculionidae: Coleoptera) im Litoral der Nordseeküste“. Faun.-Ökol. Mitt. Suppl. 5 (im Druck).
- TSCHIRNHAUS V., M. (1981): „Die Halm- und Minierfliegen im Grenzbereich Land-See der Nordsee“. Eine ökologische Studie mit Beschreibung von zwei neuen Arten und neuen Fang- und Konservierungsmethoden. (Diptera: Chloropidae et Agromyzidae). SPIXIANA Supplement 6, München, 405 pp., 11 Taf.
- WOLF, W. J. (Ed.) (1983): Ecology of the Wadden Sea. A. A. Balkema, Rotterdam, 3 Bde.
- WRAGE, H.-A. (1982): „Ökologie der Stelzenmücken (Limoniidae) des Litorals und angrenzender Gebiete im Nordseeküstenbereich (Diptera, Nematocera). Faun.-Ökol. Mitt., Suppl. 3, 1–48.
- WRAGE, H.-A. & Heydemann, B. (1984): Anthropogene Beeinflussung von semiterrestrischen Küstenökosystemen durch Beweidung und Entwässerung. Unveröffentlichtes Manuskript.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Berndt Heydemann  
Zoologisches Institut der Universität Kiel  
Abt. Angewandte Ökologie/Küstenforschung  
Olshausenstr. 40/60 – Biologiezentrum – 2300 Kiel 1

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Faunistisch-Ökologische Mitteilungen](#)

Jahr/Year: 1984-1985

Band/Volume: [5](#)

Autor(en)/Author(s): Heydemann Berndt

Artikel/Article: [Das Ökosystem „Küsten-Salzwiese“ - ein Überblick 249-279](#)