

**Die Entwicklung der deutschen Wattforschung:
Ein wissenschaftshistorischer Beitrag zur Bedeutung
der Pionierarbeiten**

**The development of the German Wadden Sea research:
A historical contribution regarding the importance
of the pioneering works**

Hauke Bietz

**Ber. Polarforsch. Meeresforsch. 477 (2004)
ISSN 1618 - 3193**

Die vorliegende Arbeit ist die inhaltlich nahezu unveränderte Fassung einer Dissertation, die 2003 der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel vorgelegt wurde

Hauke Bietz
Bremerstr. 9d
26215 Wiefelstede
hauke.bietz@artnordwest.de

Die Entwicklung der deutschen Wattforschung: Ein wissenschaftshistorischer Beitrag zur Bedeutung der Pionierarbeiten

Inhalt

Zusammenfassung	3
Summary	6
Danksagung	9
1 Einleitung	10
2 Pioniere der deutschen Wattenmeerforschung: eine Referenz für die heutige Zeit?	13
2.1 Einleitung	13
2.2 Die historische Entwicklung der deutsche Wattenmeerforschung im Überblick	14
2.3 Die Bedeutung historischer Untersuchungen für die moderne Wattenmeerforschung	17
2.4 Methodische Schwierigkeiten	19
2.5 Schlussbetrachtung	19
3 Arthur Hagmeier: Begründer einer systematischen Erforschung der Nordseewatten	21
3.1 Einleitung	21
3.2 Arthur Hagmeiers Bemühen um eine praktisch-angewandte Wattforschung	22
3.2.1 Der Werdegang Arthur Hagmeiers	22
3.2.2 Die Benthosforschung als persönlicher Schwerpunkt	23
3.3 Beziehungen zwischen der kommerziellen Fischereiwirtschaft und der Benthosforschung	25
3.4 Die Förderung der konzeptionellen Wattenmeerforschung	26
3.5 Hagmeiers Beitrag zur Assoziationsforschung	27
3.6 Die Wattforschung Hagmeiers: Ein Nebenaspekt oder Begründung einer wissenschaftlichen Schule?	28
3.7 Sind Hagmeiers Vorstellungen im Sande verflossen?	30
4 Vom Beginn deutscher Wattforschung: Zwei Pionierarbeiten und deren wissenschaftshistorische Auswirkungen	32
4.1 Einleitung	33
4.2 Die Pioniere und ihr Förderer	34
4.2.1 Erich Wohlenberg	34
4.2.2 Otto Linke	35
4.2.3 Arthur Hagmeier	36
4.3 Vergleich der Pionierarbeiten	38
4.4 Unterschiede zwischen den Arbeiten	39
4.5 Grundverständnisse und Traditionen	43
4.6 Bedeutung für nachfolgende Wattforschung	45
4.7 Schlussbetrachtung	47
5 Historische Wattforschung: Was können wir aus den alten Gegensätzen lernen?	48
5.1 Einleitung	48
5.2 Aufgabe und Funktion historischer Langzeitvergleiche	48
5.3 Nur wenige historische Arbeiten eignen sich	49
5.4 Wegweisende Pionierarbeiten im Wattenmeer	49
5.5 Gravierende Unterschiede zwischen den Arbeiten	52
5.6 Vielfältige Ursachen	54
5.7 Konsequenzen für die moderne und zukünftige Meeresforschung	55
6 Die frühe deutsche Wattenmeerforschung im 20. Jhdt: Begründen Pionierarbeiten Wege in die Isolation?	56
6.1 Einleitung	56
6.2 Entwicklung der frühen deutschen Wattenmeerforschung: Ein Überblick	57

6.2.1	Wegbereitende Pioniere der deutschen Wattforschung und ihre Arbeiten	57
6.2.1.1	Arthur Hagmeier	57
6.2.1.2	Erich Wohlenberg	59
6.2.1.3	Otto Linke	59
6.3	Die Institutionalisierung der Wattforschung	61
6.3.1	Die Biologische Anstalt Helgoland	61
6.3.2	Senckenberg-Institut Wilhelmshaven	62
6.3.3	Forschungsstelle Westküste	63
6.3.4	Forschungsstelle Norderney	64
6.4	Der Einbruch der Wattforschung zur Zeit des 2. Weltkriegs	64
6.5	Die Entwicklung der Wattforschung nach 1945	65
6.6	Die Wattforschung in Dänemark, den Niederlanden und Großbritannien	67
6.6.1	Dänemark	67
6.6.2	Die Niederlande	68
6.6.3	Großbritannien	70
6.7	Wissenschaftshistorische Brüche in der europäischen Wattforschung	72
6.8	Ökologisch-theoretische Konzepte und gesellschaftlich-politische Rahmenbedingungen	75
7	Grundzüge der deutschen Wattforschung – ein Überblick	80
7.1	Vergleichende Betrachtung der Pionierphase und der modernen Wattforschung in Deutschland	80
7.2	Holocoen und Ökosystem – zwei grundverschiedene Ansätze?	80
7.3	Konsequenzen für die frühe deutsche Wattforschung als Referenz für die moderne Forschung	81
8	Literatur	83

Zusammenfassung

Die ökologische Wattenmeerforschung in Deutschland kann auf eine 130-jährige Tradition zurückblicken. Der Kieler Zoologe Karl Möbius untersuchte die Ursachen für das Verschwinden der fischereiwirtschaftlich wichtigen Auster (*Ostrea edulis*) aus dem nordfriesischen Wattenmeer. Er prägte dabei am Beispiel der Austernbänke den Begriff der Biozönose als einer Lebensgemeinschaft von in Wechselbeziehungen miteinander verbundener Arten verschiedenster Organismen in einem umgrenzten Areal. Wie sich an dieses Konzept anschließend eine eigenständige Richtung in der deutschen Wattforschung entwickelte und wie dies den weiteren Verlauf beeinflusste, ist Gegenstand dieser wissenschaftshistorischen Arbeit.

Der Vergleich früher Untersuchungen mit heutigen kann helfen, langfristige Veränderungen in der Besiedlung des Wattenmeeres zu erkennen und leistet damit einen Beitrag zur Bewertung des heutigen Ökosystems an der Nordseeküste. Zur Sicherung der Vergleichbarkeit tragen Kenntnisse der verwendeten Methoden ebenso bei wie ein umfassendes Verständnis der ökologisch-theoretischen Konzepte, der logistischen Rahmenbedingungen und des gesellschaftlichen Umfeldes der Pionierarbeiten.

Eine wegweisende Forschungsphase fand in den dreißiger und vierziger Jahren des 20. Jhdts. statt. Arthur Hagmeier, ab 1933 Direktor an der Biologischen Anstalt Helgoland, setzte die Untersuchungen von Möbius an den Austern fort und begann mit quantitativen Bestandsaufnahmen sowie mit ersten Züchtungsversuchen bei Sylt. Er wollte auf der Grundlage dieser Kenntnisse zur Lebensweise einzelner Arten und zu den Lebensbedingungen im Wattenmeer die im Vergleich zur Nordsee hohe biologische Produktivität für den Menschen nutzbar machen.

Seine ökologischen Vorstellungen basierten auf der von dem dänischen Zoologen Carl Georg Johannes Petersen entwickelten Methode zur flächenbezogenen quantitativen Untersuchung. Mit ihrer Hilfe gelang es erstmalig, die Besiedlung verschiedener Gebiete der Nordsee und des angrenzenden Wattenmeeres zu charakterisieren und quantitativ zu vergleichen. Sozio-ökologisch wurden die benthischen Organismen zu Lebensgemeinschaften zusammengefasst und Anzahl sowie Gewicht der Individuen pro Art ermittelt. Die Flora und Fauna des Wattenmeeres wurde zur *Macoma-balthica*-Lebensgemeinschaft gezählt, die Hagmeier in weitere Variationen unterteilte.

Mit der Idee, diese Untersuchungen großflächig im deutschen Wattenmeer fortzuführen, beauftragte Hagmeier ab 1932 den aus Tönning in Schleswig-Holstein stammenden Erich Wohlenberg, die Lebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt im Detail zu erfassen. Methodisch legte Wohlenberg Profillinien quer durch die Gezeitenzone und registrierte die Abfolge der Siedlungsmuster. Er konzentrierte sich dabei idiosynkratisch auf ausgewählte ökologische Phänomene und beachtete deren zeitliche Veränderungen.

In seiner umfangreichen interdisziplinären Arbeit erkannte Wohlenberg enge Beziehungen zwischen hydrologisch-sedimentologischen Faktoren und den lokalen Besiedlungsmustern. Darauf aufbauend ermittelte er fünf verschiedene

Watttypen, die er vorwiegend nach sedimentologischen Aspekten kennzeichnete.

Ab 1934 beauftragte Hagmeier außerdem den aus Leipzig stammenden Otto Linke mit einer entsprechenden Untersuchung auf den Wattflächen des Jadebusens. Unterstützt wurde Linke von dem Wilhelmshavener Senckenberg-Institut und vom Hafengebäudeamt Wilhelmshaven. Im Gegensatz zu Wohlenberg verteilte Linke mehr als 300 Probennahmestationen gleichmäßig über die Gezeitenzone, an denen er umfangreiche hydrologisch-sedimentologische Analysen durchführte. Beeinflusst von pflanzensoziologischen Konzepten ordnete Linke die lokalen Besiedlungen acht Variationen zu, die er in verschiedene Siedlungen unterteilte. Neben den sozio-ökologischen Untersuchungen schätzte er die biologische Gesamtproduktion im Jadebusen ab.

Ausgehend von den Anregungen Hagmeiers hatten die Arbeiten Wohlenbergs und Linkes mit der Charakterisierung der regionalen Lebensbedingungen und Besiedlungsmuster dasselbe Ziel. Die gewählten Methoden und Ergebnisinterpretationen verhinderten jedoch einen direkten Vergleich der beiden Buchten. Ursachen für die Unterschiede sind in den Persönlichkeiten, den Ausbildungswegen, den logistischen Rahmenbedingungen, regionalen Aspekten und nicht zuletzt in den Freiheiten zu finden, die Hagmeier seinen beiden Mitarbeitern in der Feldarbeit einräumte. Dies behinderte indessen die Gründung einer markanten und gerichtet vorgehenden Forschungsschule.

Trotz dieser Unterschiede gehören die Untersuchungen Wohlenbergs und Linkes ebenso wie die Hagmeiers zu den Pionierarbeiten in der deutschen Wattforschung, deren Einfluss bis in die sechziger Jahre reichte.

In den dreißiger Jahren wurden in Deutschland weitere Forschungsinstitute für die Nordseeküste in Schleswig-Holstein und Niedersachsen gegründet. Im wesentlichen konzentrierte sich die deutsche Wattforschung auf anwendungsorientierte Ziele wie Küstensicherung und Landgewinnung. Insbesondere an der Forschungsstelle Westküste in Heide und Husum, an der Wohlenberg bis 1969 beschäftigt war, wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, um große Teile des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres einzudämmen und landwirtschaftlich zu erschließen. Auch an der Forschungsstelle Norderney, an der Linke bis 1951 beschäftigt war, wurde nach Möglichkeiten zum Insel- und Küstenschutz gesucht.

Gegen Ende der Krieges kam die Wattforschung zum Erliegen: Das Institutsgebäude der Biologischen Anstalt Helgoland wurde zerstört und die an der Küstenforschung beteiligten Arbeitsgruppen kriegsbedingt aufgelöst. Erst allmählich gelang es, die Wattforschung zu reorganisieren. Im Vordergrund standen nach dem Krieg abermals anwendungsorientierte Ziele zum Küstenschutz und zur Landgewinnung, die bis in die sechziger Jahre verfolgt wurden.

Die Eigenständigkeit dieser Entwicklung wird im Vergleich mit der sich in Dänemark, den Niederlanden und Großbritannien etablierenden Wattforschung deutlich.

In Dänemark wurden Ende des 19. Jhdts. die ersten sozio-ökologischen Untersuchungen zur Besiedlung von Bodenorganismen im Watt durchgeführt. In den dreißiger und vierziger Jahren des 20. Jhdts. entstanden wichtige ökologische Arbeiten mit Blick auf Zusammenhänge im Nahrungsnetz als Beitrag zur Fischereiforschung. Die wechselvolle niederländische Küstenforschung konzentrierte sich ab 1876 zunächst auf faunistisch-floristische Erfassungen und später auf fischereiwirtschaftliche Aufgaben. Ab 1932 wurden ökologisch-ethologische

und physiologische Untersuchungen durchgeführt. Der Krieg unterbrach die niederländische Küstenforschung. Anschließend wurde sie zügig reorganisiert und in den fünfziger Jahren umfassend ausgebaut. Sozio-ökologische Untersuchungen zur Landgewinnung wurden nicht durchgeführt. In Großbritannien erfolgten an mehreren Zoologischen Stationen vielfältige ökologische Untersuchungen, die der Grundlagenforschung zugerechnet werden können. Ausgehend von den eulitoralen Felsküsten widmeten sich sozio-ökologische Studien zu den marinen Weichböden vor allem den zonalen Besiedlungsmustern.

Im Gegensatz zu den anderen Ländern entwickelte sich die deutsche ökologische Wattforschung über drei Jahrzehnte methodisch und konzeptionell nicht weiter. Erst in den siebziger Jahren wurde die deutsche Wattforschung in die internationale Kooperation eingebunden. Nach der Integration wurde mit ökosystemaren Ansätzen angestrebt, den anthropogenen Einfluss auf die Besiedlung zu ermitteln und Handlungsanweisungen für den Schutz des Naturraums zu entwickeln.

Gründe für die späte Beteiligung sind vorwiegend in dem holistischen Konzept der Lebensgemeinschaft und den anwendungsorientierten Forschungszielen zu sehen. Mit der Pensionierung Hagmeiers 1953 war die Wattforschung nicht mehr in die universitäre Forschung und Lehre eingebunden.

Die Pionierarbeiten der frühen Wattforschung liefern der heutigen Forschung einen Referenzzustand, von dem aus die historische Entwicklung im Ökosystem Wattenmeer rekonstruiert werden kann. Die wissenschaftshistorische Untersuchung beleuchtet die Abhängigkeit der Methoden, Resultate und Einsichten von den theoretischen Konzepten, den Arbeitsbedingungen und den gesellschaftlichen Bezügen.

Summary

The ecological Wadden Sea research in Germany is based on a tradition that has developed over the last 130 years. The Kieler zoologist Karl Möbius investigated reasons for the disappearance of the economically important oysters (*Ostrea edulis*) from the North Frisian Wadden Sea. He described the oyster banks in a case study and coined the term "biocoenosis", meaning a living community in a distinct area in which animals are linked by functional relationships.

The theme of this scientific-historical dissertation is the development of an independent path of the German Wadden Sea research that is based on this concept.

The comparison of early investigations with recent ones can help to analyse long term changes in the biota of the Wadden Sea and thus give hints on the quality status of the ecosystem on the North Sea coast.

In order to ensure the comparability of knowledge about the applied methods as well as ecological theoretical concepts, the logistics and the sociological conditions of the pioneering work are important.

A seminal scientific period occurred in the 1930s and 1940s. Arthur Hagmeier, the director of the Biological Station of Helgoland, continued the investigations begun by Möbius on oysters and started a quantitative stock taking as well as first *breeding attempts* on the island of Sylt.

With the help of this knowledge about the life history of specific species and about their living conditions in the Wadden Sea he planned to make biological marine productions usable for man in an area that is much more productive than that of the North Sea.

His ecological surveys were based on the method for qualitative investigations developed by the Danish zoologist Carl Georg Johannes Petersen. With their help it was possible for the first time to analyse and compare qualitatively regional benthic settling structures. The organisms were socio-ecologically grouped into living communities and numbers and individual weights were analysed. The fauna and the flora of the Wadden Sea were characterized as a part of the *Macoma-balthica*-Community that Hagmeier divided into several regional variations.

With the idea in mind to continue these investigations within the Wadden Sea on large scale, Hagmeier instructed Erich Wohlenberg who came from Tönning in Schleswig-Holstein in 1932 to investigate in detail the benthic communities within the Königshafen on the island of Sylt. Wohlenberg crossed methodically the tidal zone along several profiles and analysed the different local settling structures. He focused idiosyncratically on selected ecological phenomena and observed partly their changes in the course of time.

In his extensive interdisciplinary treatise Wohlenberg recognized and described strong relationships between hydrological-sedimentological factors and local settling structures. Based on these results he determined five different wadden types that he labelled mainly with regard to sedimentological aspects.

From 1934 on Hagmeier instructed Otto Linke from Leipzig with similar investigations on the wadden flats in the bay of Jade

Linke was supported by the Senckenberg-Institut, Wilhelmshaven and from the port authority Wilhelmshaven ("Hafenbauamt"). In contrast to Wohlenberg,

Linke distributed more than 300 sampling stations regularly within the tidal zone and at each of them conducted extensive hydrological-sedimentological and biological analyses. Influenced by floristic sociological concepts Linke assigned local settlements patterns to eight variations that were divided into different settlements ("Siedlungen"). Furthermore he interpolated the overall biological production in the bay of Jade.

Inspired by Hagemeyer's ideas, the investigations of Wohlenberg and Linke both had the same goal concerning the character of local living conditions and settlements structures. Both the applied methods and the individual way of interpretation, however prevent a direct comparison of the two bays. The reasons for these differences can be found in regional aspects as in the individual personalities, the scientific education, the technical logistics, and last, but not least, in the great freedom Hagemeyer gave his colleagues while working in the field. However, these factors constrained the consolidation of a distinctive and specific scientific school.

In spite of these differences the investigations of Wohlenbergs and Linkes as well as those of Hagemeyer belong to the pioneering works of the German Wadden sea research *whose influence extended into the 1960s*.

In Germany further scientific coastal institutes were founded on the North Sea coast of Schleswig-Holstein and Lower Saxony in the 1930s. The German Wadden Sea research focussed mainly on application-orientated goals like coastal protection and land reclamation. Especially in the research stations in Büsum and Husum, where Wohlenberg worked until his retirement in 1969, extensive investigations were conducted in order to embank large areas of the Wadden Sea in Schleswig-Holstein for agricultural use. Also at the research station of Norderney, where Linke worked until 1951, possibilities for island and coastal protection were investigated.

With the end of the Second World War Wadden Sea research collapsed: The Biological Station on Helgoland was destroyed and the coastal research working groups were dissolved due to the war. Afterwards Wadden Sea research was only gradually reorganised.

After the war especially application-orientated goals concerning coastal protection and land reclamation came to the fore until the 1960s.

The autonomy of this development becomes obvious when compared with the research in Denmark, the Netherlands and Great Britain.

In Denmark first socio-ecological investigations concerning benthic organisms on the wadden flats were conducted at the end of 19th century. In the 1930s and 1940s important investigations regarding the food web emerged as a contribution to the fishery research.

From 1876 on the diverse Dutch coastal research focused on the survey of the flora and fauna and afterwards on fishery related tasks. From 1932 onwards ecological-ethological and physiological investigations were conducted. The Second World War interrupted the Dutch coastal research. Afterwards it was efficiently reorganised and in the 1950s extensively expanded. Socio-ecological investigations in the context of land reclamation were not conducted.

In Great Britain varying ecological investigations, which can be designated as fundamental research, took place at several zoological stations. Socio-ecological studies based on the eulitoral hard bottom extended to marine soft bottom and devoted themselves particularly to zonal settling patterns.

In contrast to the other nations the German ecological Wadden Sea research was not developed in a methodical and well-structured way over the course of three decades. Not until the 1970s was the German Wadden Sea research integrated into the international collaboration. In this context the main goal was to analyse ecosystematically the anthropogenic impact on benthic structures and to develop recommendations for the protection of the natural area.

Reasons for the late participation seem to be the applications-orientated scientific goals and the holistic concept of the living community. After the retirement of Hagmeier in 1953 the Wadden Sea research was no longer integrated into the scientific education of universities.

The pioneering works of the early Wadden Sea research can serve as a historical reference and as a starting point for the reconstruction of the ecological changes and development in the Wadden Sea.

The scientific historical investigation illuminates the interdependence of methods, results, working conditions and social relationships as well as the insights gained into theoretical concepts.

Danksagung

Mein Dank gilt zuallererst Prof. Karsten Reise, Alfred-Wegener-Institut, Bremerhaven, für seine beständige konstruktive Kritik, seine persönliche Förderung und für das stetige Vertrauen in mein Ziel, dieses Mosaiksteinchen zur Wattenmeerforschung beizutragen.

Diese Arbeit basiert auf einer Reihe von persönlichen Gesprächen mit Wissenschaftlern und Zeitzeugen, wovon ich insbesondere das bewegende Treffen mit Dr. Otto Linke (1909-2002) 1999 in Aalfeld dankend hervorheben möchte. Herrn Otto Linke jun. verdanke ich eindringliche Gespräche über die Persönlichkeit seines Vaters.

Dr. Erik Hagmeier vermittelte nuancenreich wertvolle Einsichten in das Leben seines Vaters.

Weitere wichtige Gesprächspartner waren Dr. Markus Petersen, Dr. Hermann Michaelis, Prof. Klaus Sander, Prof. Bernd Heydemann, denen ich an dieser Stelle meinen Dank ausdrücken möchte.

Dr. Johan van Bennekom hat mir dankenswerterweise sein Buch zur niederländischen Küstenforschung zur Verfügung gestellt.

Die Fertigstellung der Doktorarbeit wurde durch eine dreimonatige Anstellung als Doktorand am Alfred-Wegener-Institut erheblich erleichtert, wofür ich mich bedanke.

Nicht zuletzt danke ich meiner Lebensgefährtin Magdalene Melchers für ihre geduldige Hilfsbereitschaft.

"Es wird von Wissenschaftshistorikern und Soziologen allgemein (an-)erkannt, dass die Wissenschaft kein Produkt rein-objektiver, intellektueller Automaten ist, sondern dass sie die Schöpfung ideenreicher, intelligenter, oft leidenschaftlicher, manchmal sturer Menschen ist."

Robert P. McIntosh¹

1 Einleitung

Als der Zoologe Otto Linke 1935 eine Anstellung an der Biologischen Anstalt Helgoland fand, kaufte er sich ein Segelboot und stach vom Marinestützpunkt Wilhelmshaven in See. Seine Aufgabe war, die Lebensbedingungen für die Flora und Fauna im Wattboden des angrenzenden Jadebusens zu untersuchen. Arthur Hagmeier, seit 1933 Direktor der Biologischen Anstalt Helgoland, hatte wenige Jahre zuvor umfangreiche ökologische Studien im schleswig-holsteinischen Watt durchgeführt. Sein Ziel war, den Rückgang der fischereiwirtschaftlich wichtigen Auster (*Ostrea edulis*) zu erklären.

Weitere ökologische Untersuchungen unternahm zwischen 1932-1934 der aus Schleswig-Holstein stammende Erich Wohlenberg im Königshafen von Sylt. Sein Interesse galt auffälligen ökologischen Phänomenen zur räumlich-zeitlichen Verteilung und zur Biologie bodenbewohnender Organismen. Zwar lagen die wichtigsten Untersuchungsergebnisse vor, doch ihre Publikation musste Wohlenberg zunächst verschieben, da er eine Anstellung als biologischer Sachbearbeiter an der neugegründeten Forschungsstelle Westküste in Büsum gefunden hatte.

Linke selbst hatte sich zuvor als Doktorand an der BAH mit der Geschlechtsmorphologie verschiedener Strandschnecken (*Littorina spec.*) befasst. 1933 hatte er in seiner Heimatstadt Leipzig bei Prof. Meisenheimer promoviert.

Als Linke schließlich von seinem Boot aus auf den Wattboden des Jadebusens spähte, blickte er auf einen Lebensraum, der weitgehend unbekannt war.

Heute gelten die ausführlichen ökologischen Studien Hagmeiers, Wohlenbergs und Linkes als Pionierarbeiten in der deutschen Wattforschung, sind sie doch die ersten Untersuchungen in Deutschland, die interdisziplinär und großflächig die Lebensbedingungen im Watt erforschten (Hagmeier & Kändler 1927, Wohlenberg 1937, Linke 1939a). Wenn sich auch wissenschaftsmethodisch und – theoretisch andere Vorstellungen von benthischen Besiedlungsmustern durchgesetzt haben, dokumentieren die Ergebnisse die historische Artenzusammensetzung. Ihre Analyse kann zu einem besseren Verständnis für den Lebensraum Watt beitragen.

Im Rahmen von Langzeitvergleichen werden historische Untersuchungen den Ergebnissen heutiger Erfassungen gegenübergestellt und somit wird auf lang-

¹ "It is clearly recognized by historians and sociologists of science that science is not a product of coolly-objective, intellectual automata but is the creation of imaginative, intelligent, often passionate, sometimes obtuse human beings" (McIntosh 1975)

fristige Veränderungen in der Besiedlung geschlossen (u.a. Michaelis 1987, Reise et al. 1989, Reise 1990b). Allerdings eignen sich nur solche historische Studien, die sich methodengleich wiederholen lassen. Eingehende Kenntnis von den Ergebnissen und ihrer methodischen Erarbeitung sind daher unerlässlich (Michaelis & Böhme 1994). Darüber hinaus gibt es weitere zeitlich bedingte Aspekte, die die Untersuchungsstrategien und die Auswertung der Resultate beeinflussen können:

- Methodisch-technische Möglichkeiten,
- logistische Rahmenbedingungen,
- wissenschaftstheoretische Konzepte,
- soziologische Aspekte.

Gilt es daher, historische Ergebnisse mit denen moderner Studien zu vergleichen, hilft ein grundsätzliches Verständnis für die Entstehungsgeschichte der Untersuchungen und ihr sozio-historisches Umfeld, die Vergleichbarkeit zu sichern.

Über die Bedeutung für moderne Langzeitvergleiche hinaus kann die Kenntnis der frühen Wattforschung dazu beitragen, die Entstehung biologischer Fachbereiche im 20. Jhd. nachzuvollziehen. Es bietet sich die Möglichkeit, in soziologische, zeitgeschichtliche und wissenschaftstheoretische Rahmenbedingungen Einblick zu nehmen, durch die aus Ideen wissenschaftliche Schulen entstehen können. Bedeutsam ist dies auch vor dem Hintergrund, dass die Aufgaben und die wissenschaftliche Zielsetzung der Ökologie zum Teil bis in die heutige Zeit uneinheitlich diskutiert wurden (McIntosh 1985, Trepl 1994). Auch in der modernen ökologischen Wattforschung, die in Deutschland mit den Untersuchungen von Karl Möbius (1825-1908) vor etwa 130 Jahren beginnt, wurden je nach Forschungsziel differierende Konzepte entwickelt und unterschiedliche Fachbegriffe verwendet (Möbius 1877, Michaelis & Böhme 1994, Jax et al. 1993). Die Charakterisierung wesentlicher Forschungsziele und Untersuchungsstrategien der frühen Wattforschung kann helfen, ihren epistemologischen Beitrag zum heutigen Verständnis des Lebensraums Watts abzuschätzen (vgl. Reise 1980, Reise 1990b).

Die vorliegende kumulative Dissertation hat daher zum Ziel, ein Beitrag zur Entstehungsgeschichte der frühen deutschen Wattforschung zu sein. Als ausgewählte Aspekte stehen dabei im Vordergrund

- die Bedeutung der Pionierarbeiten für die Entstehung der modernen Wattforschung in Deutschland
- der Einfluss wegweisender Wattforscher
- die vergleichende Entwicklung der Wattforschung in den Wattenmeeranrainerstaaten sowie Großbritannien
- und die wissenschaftstheoretische Bedeutung wesentlicher Merkmale aus der Pionierphase für die moderne Wattforschung

Die Arbeit setzt sich aus fünf Manuskripten zusammen, die bei verschiedenen Fachzeitschriften zur Publikation vorliegen, im Druck bzw. gedruckt sind.

- Bietz, H. & Reise, K. (2002): Pioniere der deutschen Wattenmeerforschung: eine Referenz für die heutige Zeit? Verhandlungen zur Geschichte und Theorie der Biologie, Bd. 8: 215-223
- Bietz, H. (in press): Arthur Hagmeier: Begründer einer systematischen Erforschung der Nordseewatten; Verhandlungen zur Geschichte und Theorie der Biologie
- Bietz, H. & Reise, K. (in press): Vom Beginn deutscher Wattforschung: Zwei Pionierarbeiten und deren wissenschaftshistorische Auswirkungen; Verhandlungen zur Geschichte und Theorie der Biologie
- Bietz, H. (2003): Historische Wattforschung: Was können wir aus den alten Gegensätzen lernen? Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Meeresforschung 4/02:8-13
- Bietz, H. (subm): Die frühe deutsche Wattenmeerforschung im 20. Jhd: Begründen Pionierarbeiten Wege in die Isolation? Historisch-Meereskundliches Jahrbuch

2 Pioniere der deutschen Wattenmeerforschung: eine Referenz für die heutige Zeit?

Hauke Bietz (Wiefelstede), Karsten Reise (List/Sylt); Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für die Geschichte und Theorie der Biologie (2002)

Zusammenfassung

Die ökologische Erforschung des deutschen Wattenmeeres begann vor etwa 130 Jahren und erreichte in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts einen Höhepunkt mit umfassenden Pionierarbeiten zur Verbreitung von Tieren und Pflanzen. Durch den Krieg brach diese Tradition ab und die sich neu konstituierende Wattforschung erhielt ihre wesentlichen Impulse vom Ausland. Eine aktuelle Bedeutung erhielten die frühen Arbeiten jedoch dadurch, dass sie bei methodengleicher Wiederholung die Möglichkeit bieten, langfristige Veränderungen in der Ökologie des Wattenmeeres erfassen zu können. Daraus könnte sich ein neuer Bezug zu den vergessenen Forschungsansätzen des frühen 20. Jahrhunderts entwickeln. Durch eine wissenschaftshistorische Sichtung und kritische Auslese der Literaturquellen soll dieser Prozess der Wiederentdeckung gefördert werden.

Summary

The ecological investigation of the German Wadden Sea has started about 130 years ago and reached a peak level with comprehensive pioneer studies on colonization patterns by animals and plants in the 30s of the 20th century.

Due to the Second World War this tradition stopped and the reviving survey of the Wadden Sea has received essential impulses from abroad.

Nevertheless the former studies have current importance due to the possibility of tracing long-term changes in the ecology of the Wadden Sea using the same methods within the same regions.

Thus it may be possible to develop new relations to the forgotten scientific approaches of the early 20th century. By the help of a scientific-historical review and a critical selection of the historical studies this recovery process has to be promoted.

2.1 Einleitung

Das Wattenmeer ist das Produkt hydrologischer, sedimentologischer und ökologischer Wechselwirkungen. Natürliche Prozesse gestalten im Lebensraum Watt Bedingungen, die nicht alle Organismen tolerieren können. Denjenigen aber, die sich mit der harschen Umwelt arrangieren können, bietet sich ein hohes Nahrungsangebot (Reise 1990b).

Seit einigen Jahrzehnten sind die natürlichen Prozesse in Bedrängnis geraten, woran das menschliche Handeln erheblichen Anteil hat. Dazu gehört die Fischerei ebenso wie die Einleitung von Nähr- und Schadstoffen in das Küstengewässer, der Tourismus und der Deichbau.

Aus Sorge um die Beständigkeit essentieller ökologischer Prozesse gehört das Wattenmeer mittlerweile zu den meist untersuchten Ökosystemen in Deutschland. Umfangreiche interdisziplinäre Forschungsprojekte hatten zuletzt am Ende des 20. Jahrhunderts zum Ziel, die Dynamik ökologischer Prozesse zu verstehen und Stoffflüsse zu quantifizieren (u.a. Gätje & Reise 1998, Dittmann 1999).

Die Beobachtung des zunehmenden menschlichen Einflusses auf den Lebensraum Watt führte in den achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts zur Gründung der Nationalparke in Deutschland und einer internationalen Zusammenarbeit der Wattenmeeranrainerstaaten. Diese Maßnahmen haben zum Ziel, auf wis-

senschaftlicher Grundlage ökologische Prozesse zumindest teilweise vor ungenutzter Nutzung des Wattenmeeres durch den Menschen zu schützen.

Die moderne Wattenmeerforschung kann sich auf eine mehr als 130-jährige Tradition stützen. Vergleicht man die Ergebnisse früher ökologischer Arbeiten mit heutigen Erkenntnissen lassen sich zum Teil große Unterschiede in der lokalen benthischen (bodenbürtigen) Artenzusammensetzung und -verteilung erkennen.

Ursachen werden u.a. in der anthropogenen Nähr- und Schadstoffeinleitung ebenso vermutet wie in der Verkürzung der Deichlinien durch Landgewinnungsmaßnahmen (Michaelis & Reise 1994).

Da Langzeitvergleiche allmähliche Veränderungen aufzuzeigen vermögen, stellen sie ein wichtiges methodisches Instrumentarium in der modernen Wattenmeerforschung dar. Auf die lange Tradition der Küstenforschung verweisend fordert Reise eine gleichwertige Berücksichtigung moderner qualitativer, quantitativer Untersuchungen sowie der historischen Wattenmeerforschung (Reise 1990b, 1995).

Der vorliegende Aufsatz hat zum Ziel, die Bedeutungen weit zurückliegender ökologischer Arbeiten für die moderne Wattforschung zu differenzieren. Auf methodische Schwierigkeiten wird hingewiesen, die die Zahl der für Langzeitvergleiche infrage kommender historischer Werke einschränken.

Als Pionierarbeiten bezeichne ich solche wissenschaftlichen Veröffentlichungen, die als innovative Vorreiter wegweisende interdisziplinäre Untersuchungskonzepte oder -methoden entwickelt und erstmalig in der praktischen Wattenmeerforschung angewendet wurden.

Im folgenden werden die wichtigsten wissenschaftlichen Strömungen in der deutschen Wattenmeerforschung bis in die 50er Jahre des 20sten Jahrhunderts im Überblick beschrieben.

2.2 Die historische Entwicklung der deutsche Wattenmeerforschung im Überblick

Die Fauna des deutschen Wattenmeeres wird erstmals in der Mitte des 19. Jhdts. beschrieben (Michaelis & Reise 1994). Gaben diese erste Einblicke, untersuchte der Kieler Zoologe Karl Möbius (1825-1908) 1869-1891 wesentlich ausführlicher und mit fischereiwirtschaftlichen Motiven nordfriesische Austernbänke (*Ostrea edulis*). Er erkannte erstmals funktionale Beziehungen zwischen den Muscheln, ihren Begleitorganismen und der unbelebten Umwelt.

„Jede Austernbank ist gewissermaßen eine Gemeinde lebender Wesen, eine Auswahl von Arten und eine Summe von Individuen, welche gerade auf dieser Stelle alle Bedingungen für ihre Entstehung und Erhaltung finden, also den passenden Boden, hinreichende Nahrung, gehörigen Salzgehalt und erträgliche und entwicklungsgünstige Temperaturen.

[...]

Die Wissenschaft besitzt noch kein Wort für eine solche Gemeinschaft von lebenden Wesen, für eine den durchschnittlichen äußeren Lebensverhältnissen entsprechende Auswahl und Zahl von Arten und Individuen, welche sich gegenseitig bedingen und durch Fortpflanzung in einem angemessenen Gebiete dau-

ernst erhalten. Ich nenne solche Gemeinschaft Biocoenose oder Lebensgemeinschaft.“ (Möbius 1877)

Mit dieser Beschreibung regt Möbius eine umfassende interdisziplinäre Forschung nach den funktionalen Beziehungen zwischen den Organismen und der Umwelt an. Hinsichtlich der zu rettenden Austerbänke mahnt Möbius eine nachhaltige Nutzung im modernen Sinne an.

Neben diesem qualitativen entwickelte sich ein quantitativer Ansatz, der auf den Kieler Planktologen Viktor Hensen (1835 - 1924) zurückgeht. Friedrich Dahl (1856 - 1929) nahm 1893 im Uferbereich der Unterelbe erstmals Proben auf einer quadratischen Grundfläche (Dahl 1908a). Mit Hilfe dieser Methode zur standardisierten Entnahme von „Massenproben“ wurde ein wesentliches Instrument entwickelt, mit dem eine vergleichende Bestandsaufnahme der lokalen bodenbewohnenden Organismen möglich wurde.

In großräumigem Maßstab erfaßte der Däne C.G. Johannes Petersen (1860 - 1926) die Artenverteilung in der Nordsee und den angrenzenden Küstengewässern. Mit der Kenntnis, daß sich Fische von bodenbewohnenden Tieren ernähren, untersuchte er die produktionsbiologische Leistung der lokalen Benthosorganismen, um den Fischbestand abzuschätzen (Petersen 1913). Zu diesem Zweck unterteilte er die benthischen Assoziationen in großflächige Einheiten, die er nach den jeweils dominierenden Arten bezeichnete. Diese Einteilung war dabei nicht funktional begründet, sie hatte ausschließlich statistische Bedeutung (Spärck 1935).

An diesen großflächigen Untersuchungen nahm in den 20er Jahren der damalige Kustos für Zoologie an der Biologischen Anstalt Helgoland (BAH), Arthur Hagmeier (1886 – 1957), teil. Vom ökologisch-theoretischen Konzept überzeugt, wandte er sich mit seinem Kollegen Rudolf Kändler (1899 - 1993) dem nordfriesischen Wattenmeer zu und dort insbesondere den schwindenden Austerbänken (Hagmeier & Kändler 1927).

Gemeinsam mit den Züchtungsversuchen in der Außenstation in List auf Sylt sollten wissenschaftliche Grundlagen für die Neuansiedlung von Austern gewonnen werden.

Führte die Austernzucht auch nicht zum Ziel, gelang es Hagmeier in dieser Zeit, Untersuchungsmethoden zu entwickeln und grundsätzliche Kenntnisse über das Wirkungsgefüge zwischen den Austern, den Begleitorganismen und abiotischen Faktoren zu erarbeiten.

Hagmeier forschte nach wissenschaftlichen Grundlagen für eine intensive Nutzung der meeresbiologischen Produktion, ohne dass natürliche Prozesse nachhaltig gestört würden. Es gälte, „die Fischerei so in das Gefüge der ökologischen Faktoren einzubauen, dass der Nutzfischbestand dauernd produktionsfähig bleibt.“ (Hagmeier 1942)

Gemäß der Tradition der 1892 gegründeten Meeresbiologischen Station umfasste die Arbeit nicht nur das Wattenmeer, sondern die gesamte Deutsche Bucht.

Mit der Idee ganzheitlicher tiergeographischer Erfassungen und ökologischer Untersuchungen betraute er seine Mitarbeiter, die sich im Wattenmeer ausgewählten Regionen wie dem Königshafen (Wohlenberg 1937) und dem Jadebusen zuwandten (Linke 1939a).

An der BAH entstanden somit wegweisende Arbeiten, die sich mit der Besiedlung und der biologischen Produktionsleistung in ausgewählten Wattenmeerregionen befassten. Im Zentrum standen dabei anwendungsorientierte Ziele („Bonitierung“) sowie ökologische Grundlagenforschung.

Eine etwas andere Forschungsrichtung wurde mit der Gründung des Senckenberg-Instituts 1928 entwickelt. So genannte aktuopaläontologische Untersuchungen dienten der Dokumentation und Deutung von Lebensspuren benthischer Organismen im Watt (Richter 1929). Die Biofazieskunde hat über die faunistische Analyse tieferer Sedimenthorizonte Rückschlüsse erlaubt auf die bodenbürtige Fauna vergangener Zeit. Derartige Erkenntnisse sind bedeutsam für das Verständnis der geologischen Gesteinsbildung (Schäfer 1953).

Demgegenüber suchte die 1935 errichtete Forschungsstelle Westküste in Büsum in erster Linie nach Wegen, das aus dem Meer gewachsene Marschland zu erhalten und zu gewinnen (Wohlenberg 1935, 1938). Zu diesem Zweck wurde „der Bauwert der einzelnen [Pflanzen-] Gesellschaften, d.h. deren auflandende Wirkung“ im Übergang vom Watt zur Salzmarsch untersucht (Linke 1940). Wesentliche Erfolge konnten mit der Aussaat des Quellers (*Salicornia herbacea*) verzeichnet werden (Wohlenberg 1954). In den nachfolgenden Jahrzehnten sollte die Landgewinnung eine wichtige Aufgabe für die angewandte interdisziplinäre Küstenforschung sein.

Weitere anwendungsbezogene Ziele wurden mit der Gründung der Forschungsstelle Küste auf Norderney 1937 verfolgt. Zu ihren Aufgaben gehörte es, Möglichkeiten zu entwickeln, die Küste und die vorgelagerten Inseln vor herandrängenden Sturmfluten zu schützen (Michaelis 1993). Der während und nach dem Zweiten Weltkrieg aufgetretene Mangel an Futterkalk machte zusätzlich die Suche nach geeigneten Schillagerstätten im Watt erforderlich. Diese Forschungsrichtung wurde bis in die 50er Jahre verfolgt.

Zwischen den Instituten bestanden enge Kooperationen, und Mitarbeiter der BAH wurden teilweise in den später gegründeten Forschungsstellen beschäftigt (u.a. Wohlenberg 1937, Linke 1939a, Hagmeier 1942).

Mit Ausbruch des Zweiten Weltkrieges mussten sich alle Institute mit zunehmend eingeschränkten finanziellen Mitteln begnügen. Personelle Engpässe forderten zudem die Konzentration der Kapazitäten auf einen minimalen regulären Forschungsbetrieb, der zum Ende des Krieges zum Erliegen kam.

Die Gebäude der BAH auf der Felsinsel wurden nahezu komplett zerstört. Mit Genehmigung der Besatzungsmächte durfte der damalige Direktor Hagmeier den Forschungsbetrieb in der unversehrten Außenstation List auf Sylt wieder organisieren (Werner 1993).

An der Forschungsstelle Westküste konnte der Wissenschaftsbetrieb nach Kriegsende nur unter finanziellen Schwierigkeiten wieder aufgenommen werden.

Das Senckenberg-Institut in Wilhelmshaven verlor mit der Auflösung der Marine einen wichtigen logistischen Kooperationspartner (Schäfer 1953). Der Forschungsbetrieb musste sich nach dem Krieg daher neu orientieren.

Die kurze Übersicht über die frühe Wattenmeerforschung im 20. Jahrhundert weist auf eine innovative und vielschichtige Forschungslandschaft in Deutschland hin. Daran beteiligt waren mehrere Institute, die jeweils verschiedene Schwerpunkte verfolgten. Somit ist die historische Wattenmeerforschung eng mit der Geschichte der beteiligten Institute verknüpft.

Finanzielle und personelle Einschnitte durch den Zweiten Weltkrieg unterbrachen die Forschung im Wattenmeer weitgehend und verhinderten die Einrichtung kontinuierlicher wissenschaftlicher Zeitreihen, wie sie z. B. Hagmeier empfahl (vgl. Southward 1995).

Wurde an den wissenschaftlichen Küstenforschungsinstituten seit den 50er Jahren ein regulärer Wissenschaftsbetrieb entwickelt, formierte sich erst in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts eine neue bahnbrechende Wattenmeerforschung mit institutsübergreifenden, interdisziplinären Konzepten (Wolff 1983, Reise 1985). Wesentliche Impulse erhielt diese Entwicklung von der niederländischen und der angelsächsischen Küstenforschung.

Trotz oder aufgrund der Heterogenität historischer Forschungsansätze in Deutschland stellen die Pionierarbeiten eine wichtige ökologisch-theoretische Referenz sowie eine methodische und anwendungsbezogene Ressource für die moderne Wattforschung dar.

2.3 Die Bedeutung historischer Untersuchungen für die moderne Wattenmeerforschung

Aus heutiger Sicht ist die historische Wattenmeerforschung unter methodischen sowie ökologisch-historischen Aspekten von erheblicher Bedeutung. Gehören die Arbeiten Möbius auch zu den frühesten Untersuchungen im Küstengewässer der Nordsee, reicht ihr ökologisch-theoretischer Einfluss bis in heutige Zeit.

Möbius beschreibt nicht nur detailliert Austern sowie ihre Begleitorganismen und legt damit erstmals Zeugnis einer heute verschwundenen Artengemeinschaft ab. Er entwickelt den Terminus *technicus* Biozönose oder Lebensgemeinschaft, den er 1886 durch Lebensgemeinschaft austauscht. Mit dieser Bezeichnung, die sich prinzipiell auf viele Artenassoziationen anwenden lässt, formuliert er ein Paradigma der gesamten Ökologie (KölmeI 1981). Wurde zwar über Herleitung und Aussagekraft des Konzepts kritisch diskutiert und wurden im Laufe der Zeit weitere, vor allem statistisch-quantitative und experimentell-funktionelle Fragen in der Wattforschung behandelt, findet das Konzept der Biozönose im wesentlichen bis heute Anwendung (Michaelis & Reise 1994, Reise 1980, 1990a).

Mit der Entwicklung quantitativer Untersuchungsmethoden wurden durch die Mitarbeiter der BAH ab den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts erste Einblicke in artspezifische Häufigkeits- und Verteilungsmuster gewonnen. Als wesentliche Strategie standen dabei großflächige Raster- und Profiluntersuchungen im Vordergrund.

Somit bilden die historischen Arbeiten aus heutiger Sicht ein wichtiges wissenschaftsmethodisches Fundament.

Die frühen quantitativen Arbeiten haben aber für die moderne Forschung noch eine weitere praxisorientierte Bedeutung:

Sie bilden eine essentielle Referenz zum Vorkommen und zur Verteilung der Arten im Wattenmeer und geben im Rahmen von Langzeitvergleichen Auskunft über historische Besiedlungszustände.

Am spektakulärsten sind dabei sicherlich Beschreibungen von Lebensgemeinschaften, die aus dem heutigen Wattenmeer verschwunden sind: Dazu gehören u.a. die Berichte über Seemooswiesen (*Sertularia spec.*)(Metzger 1871), Austernbänke (Möbius 1877, Hagmeier & Kändler 1927) und über die Seegraswiesen (*Zostera marina*)(Wohlenberg 1934).

Auch der umgekehrte Fall - die Einführung von Arten - konnte durch historische Vergleiche ermittelt werden. Viele dieser neuen Wattenmeerbewohner, wie z.B. die Bohrmuschel (*Petricola pholadiformis*), die Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis*), die Pantoffelschnecke (*Crepidula fornicata*) oder der Seeringelwurm (*Nereis virens*) sind vermutlich mit dem Schiffsverkehr von Übersee eingeschleppt worden (Michaelis & Reise 1994).

Neben diesen qualitativen Aspekten zur Artenverbreitung ist nicht weniger bedeutsam die Dokumentation langfristiger allmählicher Veränderungen der biologischen Produktion. Langzeitvergleiche ermöglichen prinzipiell Erkenntnisse über Entwicklungen im Wattenmeer, die sich nicht innerhalb weniger Jahre, über die sich heutige Forschungsvorhaben im Allgemeinen erstrecken, zeigen. Diese langfristigen Veränderungen im Wattenmeer können nur durch wiederholte Untersuchungen in denselben Regionen erkannt werden.

So machte Austen ein Vergleich mit den sedimentologischen Untersuchungen Erich Wohlenbergs (1903-1993)(auf einen starken Rückgang der Schlickwatten im Königshafen zwischen 1932/33 und 1981 aufmerksam (Austen 1994).

Reise et al. verglichen die Ergebnisse faunistischer Erfassungen in den 20er, 30er und 80er Jahren des 20. Jahrhunderts (Reise et al. 1989). Sie stellten erhebliche Zunahmen von Großalgen, subtidalen Miesmuschelbänken und verschiedenen Borstenwürmerarten (Polychaeten) fest. Demgegenüber sind bodenbürtige Rotalgenbestände zurückgegangen. Reise vermutet in diesen Veränderungen eine Förderung opportunistischer Arten wie einiger Polychaeten (Reise 1982).

Gegenüber den erheblichen sedimentologischen und ökologischen Veränderungen im Königshafen sind im Bereich des Jadebusens vergleichsweise konstante Besiedlungen vorgefunden worden.

In Relation zu den 50 Jahre zurückliegenden Ergebnissen von Linke stellte Michaelis 1987 fest, dass sich trotz relativ vieler eingewanderter oder verschwundener Arten die Dominanzverhältnisse in den Assoziationen nicht wesentlich verschoben haben (Linke 1939a, Michaelis 1987).

Zu einem ähnlichen Ergebnis kam Dörjes: Er verglich vier faunistische Erfassungen bei Mellum, die einen Zeitraum von 29 Jahren abdeckten, und stellte keine wesentlichen räumlichen Verlagerungen fest (Dörjes 1987).

Diese Gegenüberstellung der regionalen Langzeitvergleiche im nordfriesischen Wattenmeer und im Jadebusen macht deutlich, wie sehr der zeitliche Betrachtungshorizont erweitert wird. Vor dem Hintergrund, dass es in Deutschland

keine kontinuierlichen Daueruntersuchungen oder Zeitreihen gibt, die einen Zeitraum von mehr als 30 Jahren umfassen (vgl. Southward 1995), werden die historischen Arbeiten und ihre Einbindung in Langzeitvergleiche umso bedeutender für die moderne Wattenmeerforschung.

Die aufgeführten exemplarischen Langzeitstudien zeigen aber auch, dass aus der Fülle historischer Arbeiten nur ein kleiner Teil als Referenz gedient hat. Gründe sind vor allem in methodischen Schwierigkeiten zu finden.

2.4 Methodische Schwierigkeiten

Michaelis und Böhme beklagen nach einer Übersicht über die im ostfriesischen Raum durchgeführten quantitativen Erhebungen stark variierende Untersuchungsmethoden (Michaelis & Böhme 1994). Auch Reise et al. Erkannten eine wesentliche Schwierigkeit in den unterschiedlichen Probennahmemethoden (Reise et al. 1989). Mangelnde statistische Angaben zu räumlich-zeitlichen Schwankungsbreiten erschwerten zusätzlich zuverlässige Aussagen.

Die Verbreitung und Häufigkeit von Arten im Watt sind daher vielfach nach subjektiver Einschätzung beschrieben worden. Es ist unstrittig, dass die Persönlichkeiten der Wissenschaftler und die soziologische Einbindung in Arbeitsgruppen die Untersuchungskonzepte und Ergebnisinterpretationen beeinflussen (Reise 1990a, McIntosh 1985).

Ein weiterer kritischer Punkt sind die unterschiedlichen Fragestellungen, die den Untersuchungen im Feld vorangingen und die am Beginn der methodischen Konzeption standen. So bezeichnet es zum Beispiel der Leiter der Forschungsstelle Westküste, Erich Wohlenberg (1903-1993), als ein wesentliches Ziel der biologischen Praxis, „geeignete Organismen systematisch in den Dienst der Landgewinnung einzuspannen.“ Er zieht dabei „biologische Maßnahmen im Freiland“ den „einengenden Laboratoriumsversuchen“ vor, „um der Natur direkt die Möglichkeit zu geben, selbst die Antwort auf die vom Menschen getroffene Maßnahme zu geben.“ (Wohlenberg 1936)

Demgegenüber wurde an der BAH das Ziel verfolgt, ein „möglichst vollständiges Gesamtbild der Besiedlung und ihrer Veränderungen“ zu erfassen (Hagmeier 1934b). Diese unterschiedlichen Ansätze haben mutmaßlichen Einfluss auf die methodische Konzeption der Forschungsvorhaben.

Hinsichtlich ökologisch-theoretischer Konzepte unterscheidet Reise in den Forschungsströmungen der 20er und 30er Jahre drei Ansätze, von denen mindestens zwei, die klassifikatorische Schule und die zöologische Schule, in Deutschland vertreten wurden (Reise 1980). Es wäre wünschenswert, gelänge es in zukünftigen wissenschaftshistorischen Betrachtungen, die Pionierarbeiten in den Stand der sich entwickelnden Ökologie einzuordnen. Hilfreich kann dabei die individuelle wissenschaftliche Entwicklung ebenso sein wie die historische Entwicklung der beteiligten Institute. Zusätzlich sollte dem Einfluss ausländischer Wissenschaftler nachgespürt werden.

2.5 Schlussbetrachtung

Pionierarbeiten im deutschen Wattenmeer sind nicht nur als essentielle Entwicklungsstufen der modernen Wattenmeerökologie von Bedeutung. Sie beinhalten bereits wesentliche Untersuchungsstrategien und -methoden als wissenschaftshistorische Vorgänger für die moderne Wattforschung.

Darüber hinaus bieten sie weit zurückliegende Ergebnisse zur gemeinschaftlichen Artenverteilung und -häufigkeit im Wattenmeer und stellen daher eine essentielle Referenz für Langzeituntersuchungen dar.

Grenzen in der Vergleichbarkeit historischer mit modernen Arbeiten werden durch unterschiedliche konzeptionelle Ansätze, technisch-methodische Möglichkeiten sowie sozio-historische Entwicklungen aufgezeigt.

Eine detaillierte Analyse der Pionierarbeiten und des soziologischen Umfelds der beteiligten Wissenschaftlergemeinschaft könnte noch weitere Arbeiten als Referenz für regionale Langzeitvergleiche erschließen.

3 Arthur Hagmeier: Begründer einer systematischen Erforschung der Nordseewatten

Hauke Bietz (Wiefelstede); Verhandlungen zur Geschichte und Theorie der Biologie (in press)

Zusammenfassung

Der Meeresbiologe Arthur Hagmeier begann 1911 mit der Erforschung bodenbewohnender Organismen der Nordsee. Als Kustos für Zoologie in der Biologischen Anstalt Helgoland (BAH) übernahm er zusätzlich weitere Forschungs- und Lehraufgaben. Nachdem er 1933 Direktor der BAH wurde, führte er kaum noch eigene Untersuchungen durch, regte aber in seinem Umfeld weitere Benthosforschung an.

Mit Hagmeier wurde die Wattenmeerforschung in der Deutschen Bucht intensiviert und erhielt essentielle Impulse. Mit ihm wurden neue Untersuchungsstrategien angewandt, deren Ergebnisse noch heute bedeutsam sind. Trotz seiner wegweisenden Leistungen gelang es Hagmeier nicht, langfristig eine „Schule“ mit ausgeprägter wissenschaftstheoretischer Konzeption zu gründen. Wesentliche Gründe sind in kriegsbedingten finanziellen und personellen Einschränkungen zu vermuten, die nicht nur die Forschung an der BAH zum Erliegen brachten.

Auch wenn heute die Arbeiten Hagmeiers weitgehend in Vergessenheit geraten sind, so gilt es heute, in Hagmeier den Begründer der systematischen Erforschung des deutschen Wattenmeeres zu sehen.

Summary

In 1911 the marine biologist Arthur Hagmeier started the investigation of the benthic organisms of the North Sea. As curator for zoology at the Biological Station of Helgoland (BAH) he also took on further scientific and teaching tasks. After becoming director of the BAH in 1933, he rarely conducted investigations of his own, but stimulated others around him to carry out further benthic research.

Due to Hagmeier's activities, research in the German Wadden Sea received essential impulses and was also intensified. New scientific strategies were evolved, the results of which are still important today.

Despite his pioneering contributions Hagmeier did not succeed in establishing an enduring school of thought with a distinctive scientific theory. The restrictions in finance and personnel which were caused by the Second World War are probably the main reasons for this.

Even if Hagmeier's scientific work has been partly forgotten today, he must nevertheless be seen as the founder of the systematic research of the German Wadden Sea.

3.1 Einleitung

Das Wattenmeer der Deutschen Bucht gehört heute zu den intensiv untersuchten Ökosystemen in Europa (vgl. Gätje & Reise 1998, Dittmann 1999). Die moderne Wattenmeerforschung erarbeitet Grundlagen für ein integriertes Küstenzonenmanagement, das eine nachhaltige Nutzung unter Ausgleich der Anliegen von Küstenschutz und Naturschutz, Tourismus, Fischerei, Landnutzung, Energie- und Rohstoffgewinnung zum Ziel hat. Dieser interdisziplinäre Ansatz wird gemeinsam von den Anrainerstaaten Dänemark, Deutschland und den Niederlanden verfolgt.

Das Bewusstsein, dass durch das menschliche Tun nicht nur die räumliche Ausbreitung des Wattenmeeres, sondern auch seine Funktion als Lebensraum für eine einzigartige Flora und Fauna verändert wird, fußt auf einer mehr als 130 Jahre alten Tradition. So finden sich erste Beschreibungen der Artenvielfalt schon in der Mitte des 19. Jahrhunderts (Michaelis & Reise 1994). Der Kieler Zoologe Karl Möbius (1825 - 1908) untersuchte den Rückgang der als wohlschmeckend geltenden und deshalb stark befischten Austern (*Ostrea edulis*). Er

beschrieb erstmals enge funktionale Beziehungen zwischen marinen Organismen und ihrer Umwelt. Das gemeinsame Vorkommen verschiedener Arten und ihr Verhältnis zum Lebensraum bezeichnete Möbius als Lebensgemeinschaft (Möbius 1877).

Ausgehend von den Untersuchungen des Kieler Meeresforschers gab es Forschungsphasen, deren heuristischer Wert zuweilen weit über die Grenzen der Wattenmeerforschung hinausreichte und für die ökologische Forschung insgesamt von Bedeutung gewesen ist (Reise 1980). Eine wegbereitende Phase findet sich in den zwanziger bis vierziger Jahren des 20. Jahrhunderts. Ausgehend von der Biologischen Anstalt Helgoland (BAH) wurde das Wattenmeer systematisch untersucht, um wissenschaftliche Grundlagen für eine nachhaltige wirtschaftliche Nutzung zu erarbeiten. Maßgeblich beteiligt war an diesem Vorhaben der damalige Direktor der BAH, Arthur Hagmeier (1886 – 1957; Bückmann 1957, Bietz & Reise 2002).

Die nachfolgenden Ausführungen widmen sich Leben und Werk dieses bemerkenswerten Benthosforschers. Ziel ist es, die wissenschaftshistorische Bedeutung seiner Vorstellungen aufzuzeigen und die Auswirkung dieser fruchtbaren Forschungsphase auf das heutige Verständnis einer modernen Wattforschung.

3.2 Arthur Hagmeiers Bemühen um eine praktisch-angewandte Wattforschung

3.2.1 Der Werdegang Arthur Hagmeiers

Hagmeier wurde 1886 in Oberacker (Baden) geboren (Bückmann 1957). Nach einem naturwissenschaftlichen Studium in Heidelberg promovierte er 1911 bei Professor für Zoologie Otto Bütschli (1848 - 1920) über die Systematik alter und neuer Mermithiden-Arten (Nematoda, Fadenwürmer) (Hagmeier 1912).

Aus Faszination zur Meeresforschung bat er 1911 den Direktor der Biologischen Anstalt Helgoland, Friedrich Heincke (1852 - 1921), am Institut tätig zu werden (Bückmann 1957). Im gleichen Jahr begann Hagmeier während seines Urlaubs die Arbeit an den damaligen Austernanlagen in List auf Sylt.

Hagmeier nahm in den folgenden Jahren an Untersuchungsfahrten des Deutschen Seefischerei-Vereins teil (Mielck 1930). Nach dem Kriegsdienst, aus dem er frühzeitig verwundet zurückkehrte, war Hagmeier zunächst wenige Monate in Konstantinopel als Fischereibiologe tätig. Ab 1919 war er Kustos für Zoologie in der BAH.

In Zusammenarbeit mit Wilhelm Mielck (1878 - 1933), der 1921 Nachfolger von Heincke wurde, war er an der Erweiterung der BAH auf Helgoland beteiligt.

Weiterhin wurden in den zwanziger Jahren Labore für die Hälterung und Züchtung von Meerestieren eingerichtet. Im Zentrum standen vor allem Austern, Hummer sowie Nutzfische (Bückmann 1957).

Zu Hagmeiers regelmäßigen Tätigkeiten gehörten außerdem die Pflege des Aquariums, der Versand von Organismen und z.T. die Lehrveranstaltungen.

Nach dem frühen Tod Mielcks wurde Hagmeier als dienstältester und erfahrenster Mitarbeiter 1934 Direktor der BAH (Werner 1993). Ab 1936 war Hagmeier als Honorarprofessor an der Universität Hamburg tätig. In diesem Zusammenhang wurden die Kontakte zu den Universitäten Hamburg und Kiel ausgebaut (Hagmeier 1934b).

Als Direktor gelang es Hagmeier, den wirtschaftlichen Aufschwung zugunsten der BAH umzusetzen: Als die Austernanlage in List auf Sylt einer Wehrmachts-einrichtung weichen musste, handelte Hagmeier die Errichtung eines neuen, größeren Laborgebäudes aus. Es wurde 1936 eröffnet (Werner 1993).

In den darauf folgenden Jahren wurde der wissenschaftliche Alltag an der BAH zunehmend durch finanzielle Einschränkungen und durch Richtlinien der nationalsozialistischen Politik geprägt. Hagmeier selbst wurde Mitglied der NSdAP und der SA (Erik Hagmeier 2001 pers. com.). Es lag in seinem Verantwortungsbereich, Bewerber auf die Mitgliedschaft in anerkannten Vereini-gungen zu prüfen. Die Bevorzugung bzw. gezielte Förderung von NSdAP-Mitgliedern in wissenschaftlichen Instituten geht auf einen Runderlass von 1938 zurück.

Der Kriegsdienst forderte den Einzug zahlreicher Angestellter (Werner 1993). Verschiedene Fliegerangriffe der Alliierten während des Zweiten Weltkriegs be-schädigten die Gebäude der BAH stark. Konnten die Räumlichkeiten zunächst teilweise wieder benutzt werden, wurden sie in den Angriffen am 18.4.1945 völ- lig zerstört. Die Bevölkerung musste die Insel verlassen. Die Familie Hagmeier wurde in Wedel (Kreis Pinneberg) untergebracht.

Hagmeier wurde 1946 im Rahmen der Entnazifizierungsmaßnahmen als Hono-rarprofessor von der Freien Universität Hamburg entlassen.

Nach Ansicht seines Sohnes stand für A. Hagmeier die Forschung im Mittel-punkt (Erik Hagmeier 2001 pers. com.). Weniger ideologische als vielmehr pragmatische Gründe, die aus seiner Funktion als Anstaltsleiter herrührten, mögen zu seiner NSdAP-Mitgliedschaft geführt haben. Diese Ansicht wird ge-stützt durch das eidesstattliche Zeugnis des jüdischen Kaufmannes Amandus Hamel, der zeitweilig in den Räumen der BAH Unterkunft fand und die meeres-wissenschaftliche Leidenschaft Hagmeiers bestätigte. Mit diesem Zeugnis ge-rüstet, wurde es Hagmeier nach dem II. Weltkrieg gestattet, seine ehemaligen Mitarbeiter zu sammeln und die Anstalt neu aufzubauen.

Hagmeier wurde 1953 pensioniert. Er starb am 20. Juli 1957 in Kiel (Werner 1993).

3.2.2 Die Benthosforschung als persönlicher Schwerpunkt

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts führte die BAH insbesondere Plankton- und Fischbrutuntersuchungen durch sowie botanische, sedimentologische und hyd-rographische Untersuchungen in der Nordsee und zum Teil im Wattenmeer (Hagmeier 1939, 1942).

Auch wenn sich Hagmeier an diesen Arbeiten beteiligte, fand er den Einstieg nicht über diese traditionellen Tätigkeiten der BAH, sondern über die Unters-uchung bodenbewohnender Organismen (Hagmeier 1916, 1930a, 1934b, 1942). Diese Faszination blieb sein Forschungsschwerpunkt.

Über seine Bekanntschaft mit dem dänischen Meeresbiologen Carl Georg Johannes Petersen (1860 - 1928) lernte Hagmeier Methoden zur flächenbezo-genen Biomassebestimmung kennen. Ab 1922 nahm er an Forschungsfahrten seines dänischen Kollegen teil, während der er mit dem Petersen-Greifer die Bodenfauna der Nordsee quantitativ untersuchte (Hagmeier 1925). Mit dieser Methode untersuchte er 1922 den Amerikahafen in Cuxhaven (Hagmeier 1922)

und griff damit in Deutschland erstmals die quantitativen Bestimmungen Friedrich Dahls (1856 – 1929) auf, der 1893 in der Untereifel gearbeitet hatte (Gislen 1930, Trepl 1994, Leps 2001). Etwas später erforschte er gemeinsam mit Richard Kändler (1899 - 1993) ab 1923 die fiskalischen Austernbänke in Nordfriesland (Hagmeier & Kändler 1927).

Anlass war, dass zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Austern- und Muschelfischerei die natürlichen Bestände weitgehend erschöpft waren und die Fangträge zunehmend geringer wurden.

Hagmeier & Kändler strebten wissenschaftliche Erkenntnisse an, die helfen sollten, die Lebensbedingungen von Austern und anderen Muscheln im Wattenmeer zu verstehen und ihre fischereiwirtschaftliche Nutzung zu optimieren (Hagmeier & Kändler 1927, Hagmeier 1927, 1941).

Hagmeiers Ansicht war, dass „die rationelle Ausnutzung der vom Menschen bewohnten Teile der Erdoberfläche am besten durch Kulturbetriebe erfolgen kann, das heißt [durch] planmäßige Vorbereitung des Bodens, Saat und Pflege der Kulturpflanzen oder Züchtung und Aufzucht der in Kultur genommenen Tiere. Auch die meisten Binnengewässer werden in solcher Weise bewirtschaftet. [...] Für die offenen Küstengewässer eignet sich die Fischzucht weniger gut. Dafür stehen hier bodengebundene Muscheltiere zur Verfügung, deren Aufzucht durchführbar ist.“ (Hagmeier 1941)

Versuche mit der Ausbringung niederländischer „Saataustern“ auf die abgefihten nordfriesischen Austernbänke zeigten, dass diese Austern gute Lebensbedingungen vorfanden und später zum Verkauf geerntet werden konnten. Der von diesen Austern produzierte Nachwuchs war aber nicht ausreichend für eine Neubesiedlung der Bänke, zumal Wassertemperatur, Strömungen, Ansatzmöglichkeiten und die anderen dort vorkommenden Tiere Ansatz, Überleben und Wachstum der Austernlarven beeinträchtigen konnten.

Zuchtversuche der Austern in Becken auf Helgoland und List hatten Erfolge. Die zu einer Umsetzung in die Praxis noch nötigen weiteren Arbeiten wurden aber durch den Zweiten Weltkrieg verhindert.

Da Hagmeier enge Beziehungen zwischen der Bodenbesiedlung und hydrologischen sowie sedimentologischen Faktoren sah, ergänzte er die Erkenntnisse zur Züchtung von Austern im Labor durch Bestandsaufnahmen der fiskalischen Austernbänke im schleswig-holsteinischen Wattenmeer. Er kam zum Schluss, dass insbesondere der Gehalt an Plankton und organischem Detritus im Wasser für die Biologie der filtrierenden Austern von besonderer Bedeutung sind.

Mit der Problematik befasst, die Artgemeinschaften räumlich gegeneinander abzugrenzen, wies er auf die Notwendigkeit hin, an hinreichend vielen Stationen Benthosproben zu sammeln.

Seine bisherigen Untersuchungen ermöglichten Hagmeier eine räumlich übergreifende Gegenüberstellung der Bodenbesiedlung im nordfriesischen Wattenmeer und der offenen Nordsee. Als auffallendsten Unterschied erkannte Hagmeier in der Entwicklung der Epifauna des Wattenmeeres, insbesondere der Austernbänke und der *Sabellaria*-Bänke (*Sabellaria spinulosa*), in der Nahrungsmenge sowie in der Wasserbewegung.

Mit der Arbeit in den fiskalischen Austernbänken lieferten Hagmeier & Kändler erstmals umfassende Erkenntnisse zur Besiedlung verschiedener Biotope und der Zusammensetzung lokaler Artenassoziationen im Watt.

Angeregt durch die Erfahrungen in der Züchtung mariner Organismen sowie durch die flächendeckenden Untersuchungen der Wattbodenbesiedlung beauftragte Hagmeier in den dreißiger Jahren Erich Wohlenberg (1903 – 1993) mit der Erforschung der Lebensgemeinschaften im Königshafenwatt auf Sylt (Wohlenberg 1937) und Otto Linke (1909 - 2002) mit derselben Aufgabe im Jadebusen. Diese mehrjährigen Arbeiten sind aufgrund ihres interdisziplinären Forschungsansatzes und ihres Umfangs von erheblicher methodischer und ökologisch-theoretischer Bedeutung für die beginnende Wattforschung in Deutschland (vgl. Plath 1943, Schuster 1951, Gessner 1957).

Mit ihrer ökologisch-systematischen Erfassungsstrategie stellen sie ein wissenschaftliches Rüstzeug für die in der Landgewinnung tätigen Wasserbauingenieure dar (Hagmeier 1939, 1942).

3.3 Beziehungen zwischen der kommerziellen Fischereiwirtschaft und der Benthosforschung

Hagmeiers Untersuchungen basierten auf dem Anspruch, an der Schnittstelle zwischen angewandter Wissenschaft und Grundlagenforschung zu sein. Mit diesem Ansatz stand er in der Tradition der BAH seit ihrer Gründung 1892.

„Den äußeren Anlaß zur Forschung im Dienste der Seefischerei bildete [...] die Frage: Ist der Reichtum des Meeres unerschöpflich, oder ist der Mensch durch seine Fischerei im Stande, die Bestände so zu schädigen, dass eine dauernde Minderung des Ertrages eintritt.“ (Hagmeier 1942)

Die Beantwortung der Frage war zudem über die Deutsche Wissenschaftliche Kommission für Meeresforschung eingebunden in die Internationale Meeresforschung (Hagmeier 1942, Werner 1993).

Schon die quantitative Untersuchung der Schollenbestände vor und nach dem Ersten Weltkrieg zeigten „eine fortschreitende Überfischung [, und das] ist eine Rechtfertigung des großzügigen Arbeitsplanes der Internationalen Meeresforschung, die bisherige Raubfischerei der Nordsee durch eine schonendere Ausnutzung des Fischreichtums zu ersetzen. ‚Ohne Schonung irgendwelcher Art gibt es keine dauernde Erhaltung des Fischbestandes der Nordsee.‘ Das ist jetzt gewiß und das erste große praktische Ergebnis der wissenschaftlichen Meeresforschung“. (Hagmeier 1922)

Trotz oder aufgrund dieser zur Mäßigung mahnenden Worte sah Hagmeier die Nutzung des Meeres zunehmend unter wirtschaftlichen Aspekten.

„Das praktische Endziel der Fischereiwissenschaft ist es keineswegs, den Fischbestand etwa wie ein Naturdenkmal zu schonen und alle schädigenden Einflüsse mit dem Schreckwort ‚Überfischung‘ zu bannen, es gilt vielmehr, die Fischerei so in das Gefüge der ökologischen Faktoren einzubauen, dass der Nutzfischbestand dauernd produktionsfähig bleibt und stets den höchstmöglichen, an wertvollen Arten reichen Ertrag erbringt“. (Hagmeier 1942)

Hagmeier stellt dabei der „rücksichtslosen Ausbeutung“ den Begriff „Fischereikultur“ gegenüber, die sich an der jährlichen Reproduktion orientieren sollte (Hagmeier 1930a). Für den Direktor bildet die so genannte „Bonitierung oder Ertragsschätzung die Beurteilung eines Gewässers einen wesentlichen Teil der

fischereibiologischen Arbeiten.“ (Hagmeier 1925) „[Sie] lassen besonders nahrungsreiche Gebiete erkennen sowie die Bestandsschwankungen wichtiger Nährtierarten in ihrer Bedeutung für das Wachstum der Fische. Gleichzeitig mit der Bonitierung vorgenommene Magenuntersuchungen der Nutzfische geben Auskunft, welche Auswahl Fische treffen.“ (Hagmeier 1942)

Für Hagmeier war somit die Benthosforschung ein Schlüssel, um die schwankenden Fischereierträge zu verstehen und frühzeitig zu erkennen. Aus diesem Grund sind Veröffentlichungen Hagmeiers zur Arbeit auf den fischereilich genutzten Austernbänken von erheblicher Bedeutung für die nachfolgende Wattenmeerforschung, weil mit ihr das Untersuchungskonzept Petersens erstmalig im flachen Küstengewässer Deutschlands angewandt und modifiziert wurde. So dienten Greifer verschiedenen Gewichts den Anforderungen im Wattenmeer ebenso wie die Verwendung nichtrostender Siebe.

Aus heutiger Sicht ist vor allem die Arbeit von Hagmeier & Kändler von Bedeutung, weil sie erstmals quantitative Ergebnisse aus allen wesentlichen sub- und eulitoralen Wattbiotopen Hagmeier liefert (Hagmeier & Kändler 1927). Die Beziehung zwischen der Bodenbeschaffenheit und der endo- sowie epibenthischen Besiedlung beschreibt Hagmeier über ein einheitliches Klassifizierungsschema für Sedimente. Die vorausgegangenen Arbeiten Hagmeiers ermöglichen ihm zudem einen Vergleich der Besiedlung im Wattenmeer und der Nordsee.

Somit haben die Ausführungen in mehrerer Hinsicht methodischen und ökologisch-theoretischen Schlüsselcharakter für die moderne, grundlagenorientierte Wattforschung.

3.4 Die Förderung der konzeptionellen Wattenmeerforschung

Mit seiner ökologisch-theoretischen Vorstellungen sah sich Hagmeier einerseits in der Tradition des Kieler Physiologen Viktor Hensen (1835 - 1924) und andererseits in der Nachfolge Möbius (Hagmeier & Kändler 1927, Reise 1990a). Hensens Planktonuntersuchungen waren erste Versuche, die biologische Produktivität des Meeres zu quantifizieren (McIntosh 1985, Trepl 1994).

Interessanterweise differierten bei Möbius und Hagmeier die Meinungen über die Nutzbarkeit der meeresbiologischen Produktion. „Die Fauna des Meeres kann der Mensch nicht so neu gestalten wie die Fauna des Landes und der süßen Gewässer, weil er das Meer nicht kultivieren kann.“ (Möbius 1875 zitiert nach Leps 2001)

Konnte sich Möbius eine Kultivierung des Meeresbodens nicht vorstellen, verband Hagmeier mit der Hoffnung auf eine „kultivierte“ Fischerei den größtmöglichen Ertrag zum Nutzen der Volksgemeinschaft (Werner 1993). Entwickelte Möbius seine Theorie der Lebensgemeinschaften vermutlich mit den naturphilosophischen Idealen Friedrich Schellings (1775 - 1854) (Leps 1977, McIntosh 1985), forderte Hagmeier die effiziente und gleichzeitig nachhaltige Nutzung der meeresbiologischen Produktionskraft. Mit diesem Ansatz entwickelte Hagmeier die Tradition der BAH weiter mit der Zuversicht in die technische Leistungsfä-

higkeit moderner Fischereifahrzeuge und mit der Hoffnung, dass Schwankungen in den Fischbeständen erklärbar und damit steuerbar sind.

Aufgrund der prinzipiellen Begehrbarkeit des Watts sah Hagmeier eine bessere Möglichkeit als in der offenen Nordsee, Bestandsschwankungen bodenbewohnender Organismen zu erklären und damit variierende Fischereierträge zu verstehen (Hagmeier 1939).

3.5 Hagmeiers Beitrag zur Assoziationsforschung

Der Kontakt zu den dänischen Meeresforschern Harald Blegvard (1886 - 1951) und Petersen haben Hagmeier nicht nur in die Methodik der quantitativen Untersuchung eingeführt, sondern auch in die Zuordnung von Tierassoziationen zu „Tier- oder Lebensgemeinschaften“ (Hagmeier 1925). Dieses Ordnungsprinzip dient dazu, Tier- und Pflanzenassoziationen abzugrenzen und nach den jeweils dominanten Arten („Leitformen“) zu bezeichnen (Hagmeier & Kändler 1927). Es fußt zum großen Teil auf den pflanzensoziologischen Arbeiten der so genannten Montpellier-Schule um Josias Braun-Blanquet (1894 - 1980). Danach werden die Pflanzenarten in erster Linie nach der Häufigkeit der Charakterarten klassifiziert (Hagmeier & Kändler 1927). Ökologisch-funktionale Beziehungen zwischen ihnen treten in den Hintergrund.

Im Watt empfahl Hagmeier „für einen schnellen Überblick“ die Probennahme entlang eines Profils (Hagmeier 1925, Hagmeier & Kändler 1927).

Im Gegensatz zu den Dänen verfolgte er die Theorie, dass die Lebensgemeinschaften nicht nur eine statistisch nachweisbare Ansammlung von Arten ist, die dieselben Umweltbedingungen bestmöglich nutzen und die sich parallel mit diesen in der Zusammensetzung verändern. Vielmehr entwickeln sich die Lebensgemeinschaften teleologisch auf eine Schlussgemeinschaft als ökologisch-strukturelles Ziel hin.

Mit dieser Vorstellung korrespondiert Hagmeier mit der sogenannten Organismischen Theorie des amerikanischen Pflanzenökologen Frederick Clements (vgl. Treppl 1994): „Auf Grund der ökologisch ausgerichteten Forschung ist es heute selbstverständlich, dass der Fischbestand als „Organismus“ betrachtet werden muss, der auf Stärke und Dauer der Fischerei wie auf andere Außenfaktoren seines Lebensraumes verschieden reagiert, dank seiner lebenserhaltenden Eigenschaften.“ (Hagmeier 1942)

Die Wirksamkeit der essentiellen „lebenserhaltenden Eigenschaften“ sah Hagmeier in den kriegsbedingten Bestandsschwankungen der Scholle: Nach Ende des Ersten Weltkriegs, während dessen in nur geringem Ausmaß gefischt wurde, verfielen sich deutlich mehr, größere und ältere Schollen in den Netzen (Hagmeier 1922).

Diese ganzheitliche Vorstellung einer ökologisch-theoretischen Ebene oberhalb der des Individuums haben sich auch seine Mitarbeiter wie zum Beispiel Wohlenberg und Linke zu eigen gemacht (vgl. Linke 1940). In Arbeiten zur Landgewinnung, in denen die Veränderung von Artenassoziationen bis zur „Deichreife“ des Watts beobachtet wird, liegt die Vorstellung von einer teleologischen Entwicklung recht nahe – sie ist sogar in gewisser Weise von vorteilhafter, praktisch-angewandter Bedeutung (vgl. Linke 1940).

In der heutigen ökologischen Wattenmeeresforschung spielen Vorstellungen der Organismischen Theorie praktisch keine Rolle mehr (Reise 1980, McIntosh 1985, Jax et al. 1993). Klassifikatorische Arbeitsweisen erweisen sich dagegen bei der Fernerkundung von Wattbiotopen aus der Luft und in so genannten Geoinformationssystemen (GIS) als hilfreich. Weitere Anwendung finden diese Vorstellungen u.a. in der Verfahrenspraxis von Umweltbehörden.

3.6 Die Wattforschung Hagmeiers: Ein Nebenaspekt oder Begründung einer wissenschaftlichen Schule?

Mit seinen Arbeiten über die Ökologie des Wattenmeeres haben Hagmeier und seine Mitarbeiter eine wichtige methodisch-angewandte Basis entwickelt. Ihre Ergebnisse finden nicht zuletzt durch den dokumentarischen Wert bis heute Beachtung (z.B. Reise & Schubert 1987, Reise 1995). Die Beschreibung von bodenbewohnenden Lebensgemeinschaften im Wattenmeer durch Hagmeier gründet auf dem Willen, die Lebensbedingungen grundlegend zu verstehen und flächendeckend zu beschreiben. Die eigenen sowie die Arbeiten Wohlenbergs und Linkes zeugen davon (Wohlenberg 1937, Linke 1939a).

Trotz dieses wegbereitenden Ansatzes Hagmeiers lässt sich die Kristallisation einer eigenständigen „wissenschaftlichen Schule im Wattenmeer“ nur kurzzeitig nachweisen (Reise 1980, Mills 1990). Davon ausgehend, dass eine wissenschaftliche Schule aus einem sich entfaltenden Konzept und voneinander abhängigen Personen besteht (Lakatos 1978), wurde von Hagmeier in den dreißiger Jahren durchaus eine Schule gegründet, der er selbst sowie die beiden jungen Wissenschaftler Linke und Wohlenberg angehörten. Im weiteren Sinne ist auch Martin Plath hinzuzurechnen, der unter Anleitung von Wohlenberg das nordfriesische Watt um Pellworm untersuchte (Plath 1943).

Bezogen auf die Mitarbeiter Wohlenberg und Linke muss es sich jedoch eher um einen lockeren Zusammenschluss gehandelt haben, während dessen zeitlich versetzt dasselbe Thema mit eigenen Akzenten bearbeitet wurde. Weniger Gründe der fachlichen Qualifikation als vielmehr mangelnde finanzielle Ressourcen verhinderten die Anstellung der beiden an der BAH. Nach Abschluss der Arbeiten im Königshafen und drei Jahre vor Veröffentlichung der Ergebnisse war Wohlenberg mit dem Aufbau der Forschungsstelle Westküste in Büsum beschäftigt und maßgeblich an der großflächigen Landgewinnung in Schleswig-Holstein beteiligt (Lorenzen 1938, Wohlenberg 1934, 1937).

Auch Linke arbeitete nur gelegentlich an der BAH auf Helgoland: Das Senckenberg-Institut in Wilhelmshaven ermöglichte ihm zwischen seinen Fahrten auf den Jadebusen, ein Labor zu nutzen (Linke 1939a, Hagmeier 1939). Ab 1937 wurde er an der Forschungsstelle Norderney mit Aufgaben des Küstenschutzes beauftragt (Linke 1939b). Zwischen den Mitarbeitern der Arbeitsgruppe bestanden eher lockere räumliche und persönliche Beziehungen (Otto Linke jun. 2000 pers. com).

Über die Initiation hinaus scheint Hagmeier jedoch wenig Einfluss auf den Verlauf der Untersuchungen und auf eine gleichgerichtete Interpretation der Ergebnisse genommen zu haben. Die konzeptionellen Unterschiede zwischen den Ausführungen sind geprägt von eigenständigen Grundverständnissen und individuellen Schwerpunkten. Methodische Differenzen in der Auswertung erschwe-

ren einen direkten Vergleich der Ergebnisse in beiden Meeresbuchten (Bietz unveröff.).

1942 schrieb Hagmeier eher knapp: „Für die ökologische und tiergeographische Kennzeichnung der verschiedenen Meeresgebiete geben die [in der Jade und dem Königshafen beschriebenen] Endobiosen brauchbare Unterlagen, da ihr Erscheinungsbild eng verknüpft ist mit den jetzigen und früheren Vorgängen im ganzen Lebensraum der Biocoenose“ (Hagmeier 1942).

Hagmeier konzentrierte sich auf die Bestandsaufnahme im Wattenmeer sowie in Nord- und Ostsee und verglich nur vereinzelt detailliert.

Erst der Kieler Zoologe Adolf Remane (1898 – 1976) führt die Ergebnisse dieser und weiterer Arbeiten im Wattenmeer zusammen (vgl. Remane 1940). In seinem deduktiv entwickelten zöologisch-sedimentologischen System verteilen sich die Lebensgemeinschaften graduell in Abhängigkeit von der Ausprägung ausgewählter abiotischer Faktoren.

Als Erklärung für die Haltung Hagmeiers mögen folgende Hypothesen dienen:

1. Zeitmangel, der im Alltag des Institutsleiters begründet sein mag
2. Eine spätere persönliche Fokussierung auf tiergeographische Aspekte
3. Eigenheiten der Persönlichkeit Hagmeiers

Nach Ansicht seines Sohnes war das umfangreiche Tätigkeitsgebiet Hagmeiers als Direktor der BAH natürlicherweise sehr arbeitsintensiv (vgl. Remane 1940). Das Kriegsgeschehen zwang schließlich dazu, dass sich Hagmeier auf die Tätigkeiten beschränken musste, die für die Aufrechterhaltung eines minimalen Forschungsbetriebes auf Helgoland erforderlich waren. Später war Hagmeier zudem mit dem eigenen Überleben und dem seiner Familie beschäftigt.

Möglicherweise hat zudem die fachliche Fokussierung auf tiergeographische Aspekte dazu geführt, dass es Hagmeier nicht gelang, eine eigene Schule der Wattenmeerforschung langfristig zu konstituieren.

Unter tiergeographischen Untersuchungen werden Forschungsansätze zusammengefasst, die den Vergleich großräumiger Besiedlungsmuster zum Ziel haben (vgl. Spärck 1935). Die Anforderung an die Wissenschaft in Deutschland, möglichst direkt anwendbare Forschungsergebnisse zu liefern, verfolgte aber anscheinend eine Richtung, die weniger universitären Charakter auf internationaler Ebene als Hagmeiers Vorstellungen hatten. Insofern sind die Untersuchungen Linkes und Wohlenbergs zwar durchaus Teile dieses tiergeographischen Gesamtkonzeptes, dessen Ergebnisse als Grundlage für die Abschätzung der biologischen Produktivität hätten dienen können. Mittelfristig jedoch wurden stärker anwendungsbezogene und regional orientierte Forschungswege gefördert, die sich von den Ideen Hagmeiers entfernten.

Diese Entwicklung mag dazu beigetragen haben, dass Wohlenberg und Linke *a priori* die Tätigkeit in der Landgewinnung und dem Küstenschutz universitären Laufbahnen vorgezogen haben. Otto Linke jun. berichtete, dass sein Vater eine ihm angebotene Professur abgelehnt hat (Otto Linke jun. 2001 pers. com.). Die Ausarbeitung und Entwicklung wissenschaftstheoretischer Grundlagen eines tiergeographisch-produktionsbiologischen Konzeptes wie es sich vermutlich Hagmeier vorstellte, hat so auf universitärer Ebene keine Fortsetzung finden können.

Hagmeiers Persönlichkeit wird als eher ernsthaft und z.T. abweisend beschrieben (Werner 1993). Sein langjähriger Weggefährte Kändler empfand den späteren Direktor der BAH als „sehr still, schwierig und ein bisschen menschenscheu. Er war sehr stark in sich gekehrt“ (Rumohr 1999).

Nach Sears ist die Fähigkeit zur Kommunikation ein integraler Bestandteil der Wissenschaft (Sears 1956). Das erlaubt die Schlussfolgerung, dass Hagmeier mit seiner verschlossenen Art, eine integrierende und ggf. begeisternde Redegewandtheit vermissen ließ.

Diese Gründe mögen insgesamt dazu geführt haben, dass Hagmeier die Arbeiten nicht übergreifend verglich, sondern sich auf den Wissenszuwachs in der angewandten Assoziationsforschung beschränkte.

Auch wenn Wohlenberg und Linke in den vierziger Jahren wissenschaftlichen Impulsen folgten, die als Zeichen der politisch-gesellschaftlichen Atmosphäre zu werten sind, so gründete sich ihre Tätigkeit dennoch in einer gemeinsamen Hoffnung: Die zuvor entdeckte immense biologische Produktivität des Wattensmeeres für den Menschen nutzbar zu machen (Mortensen 1922, Hagmeier 1922, Thamdrup 1935a). Und insofern setzten sie die Arbeit des Direktors auf der Seite der anwendungsorientierten Forschung fort.

Von Hagmeier ausgehend entstand somit in den späten dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts eine vielschichtige Forschung. Sie stützte sich auf verschiedene Forscherpersönlichkeiten und war Teil der sich institutionalisierenden Wattensmeerforschung in Deutschland. Diese Phase wurde schließlich entscheidend durch den Krieg beeinflusst, der nicht nur den geregelten wissenschaftlichen Arbeitsalltag in der BAH zerstörte, sondern zusätzlich komplette Infrastrukturen und Arbeitsgemeinschaften (Hagmeier 1951a). In dieser Situation ist von Hagmeier Enormes allein durch die Aufrechterhaltung der Forschung geleistet worden (Bückmann 1957, Gunkel 1995). Die Entwicklung einer wissenschaftlichen Schule mit einem eigenständigen ökologisch-theoretischen Forschungskonzept fiel somit auch dem Krieg zum Opfer.

3.7 Sind Hagmeiers Vorstellungen im Sande verflossen?

Wie stark der Einfluss Hagmeiers auf die Generation um Wohlenberg und Linke eingeschätzt wurde, mag der Review Linkes wiedergeben (Linke 1940). Aspekte der praxis-orientierten Wattforschung in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts waren demnach

- Landgewinnung,
- Küstenschutz,
- Fischerei und
- Schifffahrt.

Linke sah dabei „eine Reihe von Wissenschaftszweigen in gemeinsamer Arbeit beteiligt, vor allem die Hydrographie, Biologie, Bodenkunde, Geologie und Geographie.“

Bezugnehmend auf die bis dato wichtigen wissenschaftlichen Veröffentlichungen im In- und Ausland, erwähnte Linke von den zahlreichen Arbeiten Hagmei-

ers lediglich die über die Untersuchungen auf den fiskalischen Austernbänken (Hagmeier & Kändler 1927). (Summe der referenzierten Arbeiten: 42, davon 30 deutsch, 7 englisch, 1 niederländisch, 3 dänisch, 1 finnisch).

Diese quantitative Auswertung der Referenzen mag einen groben Überblick geben über wichtige Arbeiten im Wattenmeer der südöstlichen Nordsee sowie den Küstengewässern um Großbritannien. Zum Thema Landgewinnung sah Linke wertvolle Beiträge durch die Mitarbeiter der Forschungsstelle Westküste geleistet (13 Veröffentlichungen).

Der Überhang an deutschen Arbeiten ist auch auf die regionale Ausdehnung des Wattenmeeres zurückzuführen. Darüber hinaus beschränkt sich Linke „auf die Praxis gerichtete Probleme, die das Watt stellt“. (Linke 1940)

Trotz dieser Schwerpunkte finden die vergleichsweise jungen wissenschaftlichen Grundlagen, die durch die Vorgänger Petersen und vor allem Hagmeier entwickelt wurden, keine Erwähnung. Zwar hatten die Austern zu dem Zeitpunkt keine wirtschaftliche Bedeutung mehr, aber Hagmeier war derjenige, der konsequent dem Verschwinden der Austern nachging und somit das Wattenmeer mit volkswirtschaftlichem Blick in den Fokus der Forschung rückte.

Heute ist die Arbeit Hagmeiers und Kändlers eine wichtige Referenz für Langzeitvergleiche zur Besiedlung des Wattbodens (Hagmeier & Kändler 1927).

Für Reise ist die Integration der Ergebnisse historischer Arbeiten neben aktuellen quantitativen und qualitativen ökologischen Untersuchungen ein wesentliches Element moderner vorhersagender Forschung (Reise 1995).

Angesichts seiner wegweisenden Ansätze ist Hagmeier nicht nur als Pionier der Wattforschung zu würdigen; seine zahlreichen Veröffentlichungen beeindrucken noch heute ungemindert durch scharfsinnige Formulierungen und streng wissenschaftliche Schlussfolgerungen. Die Ergebnisse zur Verteilung von Organismen im Wattboden sind eine wertvolle Basis, um langfristige Veränderungen ökologischer Prozesse im Watt zu erkennen und zu deuten.

4 Vom Beginn deutscher Wattforschung: Zwei Pionierarbeiten und deren wissenschaftshistorische Auswirkungen

Hauke Bietz (Wiefelstede), Karsten Reise (List/Sylt); Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für die Geschichte und Theorie der Biologie (in press)

Zusammenfassung

Die historische Meeresforschung hat die Aufgabe, Ergebnisse weit zurückliegender Untersuchungen für Langzeitvergleiche zur Verfügung zu stellen. Die Pionierarbeiten Linkes und Wohlenbergs im Königshafen und im Jadebusen in den dreißiger Jahren des 20. Jhdts. spielen in diesem Zusammenhang eine besondere Rolle.

Initiiert und begleitet wurden die Arbeiten von dem Benthologen und Direktor der Biologischen Anstalt, Arthur Hagmeier. Er gewährte den beiden die Freiheit, individuelle, ökologisch-theoretische Ansätze und methodologische Herangehensweisen zu verfolgen. Wesentliche Unterschiede lassen sich ursächlich in den jeweiligen wissenschaftlichen Ausbildungswegen aber auch in den Persönlichkeiten der Wattforscher nachweisen.

Die Pionierarbeiten ermöglichen keinen direkten Vergleich der regionalen Besiedlungsstrukturen. Dennoch stellen sie einen wertvollen Beitrag zur methodischen Evaluation dar: Die biologische Bestandsaufnahme Wohlenbergs steht am Beginn umfangreicher interdisziplinärer Maßnahmen zur staatlich gesteuerten Landgewinnung bis über die Mitte der vierziger Jahre hinaus. Linke erarbeitet im Jadebusen ein ökologisch-soziologisches System unter holistischen Aspekten, das nachfolgende Forschergenerationen andernorts zur Anwendung und Prüfung anregte. Traten bei allen Versuchen Probleme in der Übertragbarkeit auf, wurde diese deskriptive Methode erst nach 45 Jahren als unzureichend für eine Kausalanalyse der lokalen Besiedlung beschrieben.

Die individuellen beruflichen Werdegänge mündeten nicht in universitäre Karrieren. Dieser Umstand schließlich ist es, der die Etablierung wissenschaftlicher Schulen verhinderte. Erst in den 80er Jahren entwickelte sich unter ausländischen Einflüssen eine neue institutsübergreifende Wattforschung.

Ursachen für diese historische Entwicklung der deutschen Wattforschung sind auch in der Dichotomie der erkenntnis-theoretisch fruchtbaren Pionierarbeiten Wohlenbergs und Linkes zu sehen. Sie schufen keine kohärente Grundlage und Startposition, sondern standen sich in der Wohlenbergschen Hinwendung zum Idiosynkratischen und der Linkeschen zum Universellen diametral entgegen.

Summary

It is the task of historical marine research to make past studies and their results available for long-term comparisons. The pioneer studies of Wohlenberg and Linke in the bays Königshafen and Jadebusen in the 1930s play an important role in this connection.

Their investigations were initialised and accompanied by the benthologist and director of the Biological Station of Helgoland, Arthur Hagmeier. He allowed both to develop individual, ecological-theoretical approaches and methods. Essential differences are to be found both in the respective education and careers of the two scientists as well as in their personalities.

The pioneer studies do not enable a direct comparison of regional benthic settling patterns, but they do constitute an important contribution to the methodological evaluation: Wohlenberg's biological stock-taking was the beginning of comprehensive interdisciplinary state-directed actions to gain land from the wadden flats. This continued beyond the mid 1940s. In the Jadebusen Linke evolved a holistically ecological-sociological system that stimulated following generations of scientists to examine and apply it.

Although there were problems concerning the applicability of the system to other areas, it was not until 45 years later that these descriptive methods were declared to be inadequate for causal analysis.

The individual professional development did not however lead to university careers and this prevented the establishment of scientific schools. Indeed, it was not until the 1980s and under foreign influence that new wadden sea research developed, simultaneously integrating many institutions.

Therefore the historical development of the German wadden sea research must be seen to be a result of the dichotomy of Wohlenberg's and Linke's productive pioneer studies as regards scientific findings and theories. They did not evolve a common premise or starting point because Wohlberg's idiosyncratic approach and Linke's universal one were diametrically opposed to each other.

4.1 Einleitung

Die deutsche Wattforschung kann auf eine etwa 130-jährige Geschichte zurückblicken (Reise 1990a, Leps 2001, Bietz & Reise 2002). Erste Ansätze für das moderne Verständnis wurden von dem Kieler Zoologen Karl Möbius (1825-1908) entwickelt, der 1877 das Konzept der Lebensgemeinschaft am Beispiel der Austernbänke erarbeitete (Reise 1980, 1990a). Dieses Konzept basiert auf der Erkenntnis, dass das Zusammenleben der Organismen an einem bestimmten Ort von inneren (biotischen) und äußeren (abiotischen) Faktoren bestimmt wird.

Später wurden dann Methoden entwickelt, mit deren Hilfe die im Boden lebenden Würmer, Krebse und Schnecken quantitativ untersucht wurden (Dahl 1908a, Hagmeier 1925). Arbeitete Friedrich Dahl 1893 erstmalig auf einer quadratischen Grundfläche, um die benthischen Organismen quantitativ zu erfassen, entwickelte der Däne C.G.J. Petersen (1860 - 1926) ein methodisches Konzept, um die Besiedlungsstrukturen und die biologische Produktion pro Flächeneinheit zunächst des Limfjords und später der Nordsee zu untersuchen (Petersen 1913).

Im deutschen Wattenmeer wurde diese Technik von dem Benthologen Arthur Hagmeier (1886 – 1957) methodisch und theoretisch weiterentwickelt (Hagmeier 1925, Hagmeier & Kändler 1927). Ziel des späteren Direktors der Biologischen Anstalt Helgoland (BAH) war es, wissenschaftliche Grundlagen für die nachhaltige Nutzung der biologischen Produktion im Wattenmeer und dem angrenzenden Küstengewässer zu erarbeiten. Mit diesem dualistischen Ansatz und mit den persönlichen Erfahrungen beauftragte er in den dreißiger Jahren seine Mitarbeiter Erich Wohlenberg (1903-1993) und Otto Linke (1909-2002), die benthische Besiedlung des Königshafens und des Jadebusens flächendeckend zu untersuchen (Hagmeier 1942, Wohlenberg 1937, Linke 1939a). Unter Hagmeiers Begleitung entstanden somit in den dreißiger Jahren wegweisende Pionierarbeiten, deren Ergebnisse u.a. eine essentielle Bedeutung für moderne Langzeitvergleiche zwischen der damaligen und der heutigen Besiedlungsstruktur im Wattenmeer haben (Reise 1990b, Bietz & Reise 2002).

Somit entwickelte und institutionalisierte sich in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts ein wegweisender Zweig der marinen Wissenschaft in Deutschland. Heute wird die Wattenmeeresforschung in Deutschland an zahlreichen Fachinstituten und Umweltbehörden in engem Austausch mit niederländischen und dänischen Institutionen betrieben (De Jong et al. 1999).

Unter heuristischen Aspekten ist die frühe Phase der Wattforschung im 20. Jhdt. daher von großer Bedeutung: So waren zu jener Zeit deutlich weniger Forschungsinstitute und Wissenschaftler beteiligt als heutzutage. Ökologisch-theoretische Konzepte waren weniger ausgereift, eingebunden in ernährungswirtschaftliche Programme oder standen in Beziehung zu technischen und logistischen Möglichkeiten. Diese Rahmenbedingungen, in die eine vergleichsweise geringe Zahl an Wissenschaftler eingebunden war, ermöglichen einen

transparenten, überschaubaren Einblick in die Entstehung eines Forschungsbereichs.

Davon ausgehend beschäftigt sich dieser Artikel mit den beiden Pionierarbeiten von Wohlenberg „Die Lebensgemeinschaften des Königshafenwatts“ und Linke „Die Biota des Jadebusenwatts“ sowie mit ihrer wissenschaftshistorischen Bedeutung (Wohlenberg 1937, Linke 1939a). Denn trotz des innovativen und zugleich überaus umfassenden Ansatzes dieser beiden wattökologischen Arbeiten sowie deren Würdigung in zwei bedeutenden Fachbüchern der deutschen Meeresbiologie der Nachkriegszeit (Remane 1940, Gessner 1957), konnten sie kein dauerhaftes heuristisches Forschungsprogramm auslösen. Nach einem vergleichsweise kurzen innovativen Aufleben dauerte es nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs nahezu vier Jahrzehnte, bis die Wattforschung in Deutschland neu auflebte. In diesem Artikel wird der Frage nachgegangen, ob die unterschiedlichen Ansätze und Lösungswege von Wohlenberg und Linke zu einem Orientierungsdilemma führten, das eine Fortführung dieses Forschungszweiges erschwerte oder sogar im Keim erstickte.

4.2 Die Pioniere und ihr Förderer

Wissenschaftliche Untersuchungen entstehen u.a. vor dem Hintergrund wissenschaftlichen Grundwissens und individueller Intuition (McIntosh 1985, Polanyi 1966). Für eine erkenntnistheoretische Betrachtung von wissenschaftlichen Untersuchungen über die technische Methodik hinaus ist daher der Blick auf die beteiligten Personen unerlässlich.

4.2.1 Erich Wohlenberg

Erich Wohlenberg wurde am 12. März 1903 in Tönning als Sohn des Uhrmachermeisters Hermann Hinrich Wohlenberg geboren. Erich Wohlenberg verließ 1920 die Oberrealschule mit der Obersekundarreife. Nach einer Ausbildung im Bankfach und einer Beschäftigung im hamburgischen Überseehandel entschloss sich Wohlenberg 1927, das Maturium durch eine Fremdenreifeprüfung nachzuholen. Anschließend studierte Wohlenberg bis 1931 an der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Hamburg Biologie, Chemie und Geographie.

Wohlenberg promovierte 1931 bei Siegfried Passarge über Beobachtungen zur geomorphologischen Entwicklung einer Marscheninsel im Wattenmeer nahe Eiderstedt („Die Grüne Insel in der Eidermündung, eine entwicklungsphysiologische Untersuchung“, Wohlenberg 1931a). Ziel dieser Arbeit war es, „den natürlichen Entwicklungsverlauf der Landbildung auf Grund der in dem [...] Gebiet angestellten Beobachtungen und Untersuchungen darzustellen.“

Schon zu diesem Zeitpunkt war für Wohlenberg die Landschaft „das Wirkungsfeld einer Gesamtheit von eng miteinander gekoppelten Kräften ganz verschiedenen Charakters“. Dieses Grundverständnis von der Komplexität, in der sedimentologische, hydrologische sowie ökologische Kräfte zusammenwirken, prägte Wohlenberg langfristig.

Ein wichtiges methodisches Prinzip war die Beobachtung und Beschreibung von auffälligen Phänomenen im Watt. Nach Passarge ist die Zusammenstellung und Schilderung des Gesehenen „ein essentieller methodischer Teil der beschreibenden Landschaftskunde“ (Passarge 1929). Demnach gilt es, „die Schönheit einer Landschaft“ ebenso zu analysieren wie das „Erhabene“. Nach

Passarge „hat denn derjenige, der über Kenntnisse in den Naturwissenschaften, in der Völkerkunde, in der Lehre von der Wirtschaft und Geschichte des Menschen verfügt, den größten Genuss am Beobachten der Natur, weil er sich nicht nur an der Schönheit und gewaltigen Größe der Landschaft erfreut, nicht nur unverstandenes Beobachtungsmaterial sammelt, sondern weil er die Vorgänge, die sich heutzutage abspielen und in der Vergangenheit abgespielt haben, erkennen und verstehen kann.“

Nach Passarge ist ein Grundverständnis für eine Landschaft ohne umfassende Kenntnisse ihrer historischen Entstehung nicht möglich.

Angesichts der vielschichtigen interdisziplinären Untersuchungsstrategie und des sich früh entwickelnden Interesses Wohlenbergs für Reste menschlicher Siedlungen im Watt (Wohlenberg 1931b), lassen sich deutliche Einflüsse der wissenschaftlichen Ausbildung zumindest in den frühen Arbeiten Wohlenbergs erkennen.

Ab 1934 befasste sich Wohlenberg als biologischer Sachbearbeiter gemeinsam mit Wasserbauingenieuren an der neugegründeten Forschungsstelle Westküste in Büsum mit Strategien zur Landgewinnung, die unter staatlicher Direktive im Rahmen des „Zehnjahresplans“ gefördert wurden (König 1943, Plath 1943).

Etwas prosaisch formulierte Wohlenberg das Ziel der Wattenmeerbiologie damit, „die Willkür der natürlichen Kräfte mit natürlichen Mitteln zu lenken und nutzbar zu machen“ (Wohlenberg 1936). Es galt, die Ökologie der Organismen zu erforschen, ihre Bedeutung für die mittelfristige Schlickansammlung zu ermitteln und schließlich ihr Wachstum gezielt zu fördern. „Dem Biologen fällt die Aufgabe zu, die Leistung des betreffenden Organismus für den Haushalt der Watten zu erkennen und neue Wege für die planvolle Eingliederung in die praktische Landgewinnungsarbeit aufzuzeigen“.

Der Zehnjahresplan hatte somit strukturell zentralistischen sowie im modernen Sinn interdisziplinären Charakter. Diese Atmosphäre war es schließlich, in der Wohlenberg die Besiedlung des Königshafens untersuchte.

Die Kontinuität der Wattforschung wurde durch den Krieg unterbrochen. Als 1947 mit Erlaubnis der Alliierten die Arbeit der Forschungsstelle wieder aufgenommen werden konnte, wurde Wohlenberg – vermutlich als anerkannter „Antinazi“ (Hermann Michaelis 2000 pers. com.) - mit der Leitung beauftragt. Nach dem Krieg war er neben seiner Tätigkeit als Biologe am Aufbau des natur- und heimatkundlichen Museums Nissenhaus in Husum entscheidend beteiligt. Wohlenberg hat daher in seiner beruflichen Laufbahn früh wissenschaftliche Schwerpunkte gesetzt und diese zielgerichtet in seiner Heimatregion über Jahrzehnte hinweg verfolgt. Wenn Wohlenberg sich mit seiner Arbeit im Königshafen auch habilitierte (Lengsfeld 1993), war er nicht an der Universität tätig, sondern zog die praxisorientierte Arbeit an der Küste vor.

4.2.2 Otto Linke

Im Gegensatz zu Wohlenberg war Otto Linke nicht an der Nordseeküste aufgewachsen: Geboren wurde er am 4. Mai 1909 in Leipzig-Connewitz als Sohn des Oberfeuerwehrmannes Otto Linke sen.. Die Oberrealschule schloss Linke jun. 1926 mit einem sehr guten Reifezeugnis ab. Ein Stipendium ermöglichte ihm schließlich das Studium der Zoologie an der Universität Leipzig.

1933 promovierte Linke mit dem Thema „Morphologie und Physiologie des Genitalapparats der Nordseelittorinen“ (Linke 1933a). Ziel dieser systematisch-

morphologischen Arbeit war die Untersuchung der Geschlechtsorgane der Prosobranchier (Vorderkiemer), um die methodischen Möglichkeiten zur Artbestimmung zu erweitern und Fragen zur histologischen Laichentwicklung verschiedener Arten zu beantworten.

Angeregt wurde Linke durch den Leipziger Professor für Zoologie Dr. Johann Georg Grimpe (1889-1936), zu dessen wichtigsten Veröffentlichungen vor allem das Sammelwerk „Die Tierwelt der Nord- und Ostsee“ gehört (Grimpe und Wagner 1930).

Grimpe nutzte im Sinne Anton Dohrns (1840 – 1909) die Möglichkeit, gezielt Forschungsreisen zu organisieren und die technischen sowie logistischen Möglichkeiten Zoologischer Stationen in Anspruch zu nehmen (Werner 1993). Er stand damit in der Tradition bedeutender Meeresforscher wie Viktor Hensen (1835 – 1924), Wilhelm His (1831 - 1904) und Carl Chun (1852 – 1914) (Werner 1993). Grimpe war Gewähltes Mitglied der British Malacological Society in London.

Nach eigenen Angaben war Linke von der Person Grimpes und von dessen wissenschaftlichem Anspruch, systematisch die marine Fauna zu untersuchen, fasziniert (Otto Linke jun. 2000 pers.com.).

Während seiner Promotion fand Linke zudem Unterstützung in seinem Doktorvater, dem Systematiker Johannes Meisenheimer (1873-1933) sowie in den Meereszoologen der BAH, Arthur Hagmeier und Helmuth Hertling (1891-1944). In den Räumen des Helgoländer Instituts konnte Linke einen Arbeitsplatz sowie Geräte nutzen.

Seinem taxonomisch-systematischen Interesse folgte Linke mehrere Jahre (Linke 1993a, 1933b, 1935a, 1935b). Beginnend mit seiner Arbeit im Jadebusen wandte er sich schließlich ökologischen Fragen zur Besiedlung des Wattbodens zu (Linke 1936a, 1936b, 1938, 1939a).

Ab 1937 wurde er mit hydrologisch-sedimentologischem Schwerpunkt für die neugegründete Forschungsstelle Küste, Norderney tätig (Linke 1939b, 1940, 1949b). Das Bestreben, natürliche Phänomene in empirische wissenschaftliche Ordnungssysteme zu integrieren, sollte sich auch in späteren Arbeiten zeigen. Es spiegelt somit einerseits Eigenschaften der Persönlichkeit Linkes wider und wurde andererseits in der wissenschaftlichen universitären Ausbildung gefördert: So untersuchte Linke erstmalig in den vierziger Jahren die Sinkstoffverfrachtung und Sedimentverlagerung im Wattenmeer. Er erkannte die Bedeutung der Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) als Besiedler der Steinaufschüttungen (Buhnen) zum Schutz der Inseln. Diese und weitere Untersuchungen belegen die wissenschaftliche Vielseitigkeit Linkes, der sich aus dem Binnenland kommend zunächst mit einer ihm fremden Naturlandschaft auseinandersetzte. Eine universitäre Karriere hat Linke nicht eingeschlagen: Ab 1951 war an der Technischen Hochschule Hannover beschäftigt, in der er sich zunehmend der Laborfotografie zuwandte (Otto Linke jun. 2000).

4.2.3 Arthur Hagmeier

Die Pionierarbeiten wurden initiiert vom Direktor der BAH Hagmeier (Wohlenberg 1937, Linke 1939a). Nach seiner Auffassung hatte die „angewandte Meeresforschung die Aufgabe, die wissenschaftlich-biologischen Grundlagen für die zweckmäßige Ausnutzung für den Menschen zu liefern“ (Hagmeier 1934b). Der politischen Atmosphäre entsprechend forderte er, dass „das deutsche Volk den

ihm zustehenden Anteil an der Ausbeute des internationalen Meeres erhält.“ Fischereiforschung, Züchtungsexperimente und biologische Untersuchungen zur Landgewinnung waren somit gleichwertige Aspekte in der Arbeit der BAH (Bückmann 1934, Wohlenberg 1934).

Hagmeier war seit 1912 an der Untersuchung der Besiedlung mariner Weichböden maßgeblich beteiligt. Er entwickelte im deutschen Flachwasser die von dem Dänen Petersen angewandte Untersuchungsmethode zur flächenbezogenen biologischen Produktion („Bonitierung“) weiter (Hagmeier 1922, 1925).

Mit dem Ziel, die Ursachen für das Verschwinden der Austern (*Ostrea edulis*) im nordfriesischen Wattenmeer aufzudecken und Vorschläge zur Verbesserung des fischereilichen Ertrags zu entwickeln, untersuchte er gemeinsam mit Rudolf Kändler (1899 – 1993) die Besiedlung der kommerziell genutzten Austernbänke und des angrenzenden Wattbodens (Hagmeier & Kändler 1927). Die Ergebnisse sind heute eine wertvolle Referenz für Langzeitvergleiche (Reise et al. 1989, Reise 1990b, Bietz & Reise 2002).

Tab. 1: Wesentliche landschaftsräumliche Merkmale des Königshafens und des Jadebusens

	Königshafen	Jadebusen
Geographische Lage	<ul style="list-style-type: none"> An der Nordspitze der nordfriesischen Insel Sylt Tidale Bewässerung über das nördliche Lister Tief 	<ul style="list-style-type: none"> Die Innenjade liegt westlich der Weser, östlich der ostfriesischen Halbinsel Zugang über die Außenjade mit der Nordsee
Allgemeines	<ul style="list-style-type: none"> Entstehung der Insel Sylt im Zuge schubweisen nacheiszeitlichen Meeresspiegelanstiegs. Ab 1927 verbindet der Hindenburgdamm Sylt mit dem Festland. U.a. verkleinerten sukzessive Eindeichungen den Flächenanteil des Eulitorals von 66,1 % um 1900 auf 39,6 % 1992 (Backhaus et al. 1998). Innerhalb des Königshafens gab es die Insel Uthörn, die heute durch Sandaufspülungen deutlich größer ist sowie den Kleinen Hafen bei List, der durch spätere Eindeichung verschwand. Die Lebensbedingungen sind weitgehend marin. 	<ul style="list-style-type: none"> Entstehung im Zuge spätmittelalterlicher Wassereinbrüche ins Binnenland und anschließender konzentrischer Landgewinnung von außen nach innen. Heute ist der Jadebusen - abgesehen von einem südlichen Geestrücken bei Dangast - eingerahmt von Marschflächen. Der mit dem Reichskriegshafen in der 2. Hälfte des 19. Jhdts. errichtete Leitdamm in der Innenjade sichert annähernd konstantes Strömungsgeschehen. Die Lebensbedingungen sind überwiegend marin, der Süßwasserzufluß über den Fluß Jade ist gering.
Maximale Entfernung quer durch das Hauptuntersuchungsgebiets		
Nord-Süd	<ul style="list-style-type: none"> Ca. 3km 	<ul style="list-style-type: none"> Ca. 17 km
Ost-West	<ul style="list-style-type: none"> Ca. 3,5 km 	<ul style="list-style-type: none"> Ca. 17 km
Mittlerer Tidenhub	<ul style="list-style-type: none"> Bei List/Sylt: ca. 1,8 m (1992) (Backhaus et al. 1998) 	<ul style="list-style-type: none"> Bei Wilhelmshaven: 3,75 m (Linke 1939a)
Größte Tiefe	<ul style="list-style-type: none"> Bis 5 m 	<ul style="list-style-type: none"> Innenjade: bis 29 m

Orientierte sich diese Arbeit vor allem an der räumlich-zeitlichen Verteilung einer Art wurden Wohlenberg und Linke dazu angehalten, den benthischen Lebensbedingungen ausgewählter Buchten im deutschen Watt nachzugehen.

4.3 Vergleich der Pionierarbeiten

Als in den dreißiger Jahren Wohlenberg und Linke den Königshafen auf Sylt bzw. dem Jadebusen wissenschaftlich untersuchten (Tab.1), gehörten sie nicht nur zu den ersten, die sich dieser Gebiete des deutschen Wattenmeeres annahmen, sondern auch zu denen, die versuchten, die Lebensbedingungen unter verschiedenen Aspekten für in und auf dem Wattboden lebende Organismen flächendeckend zu beschreiben (vgl. Hagmeier & Kändler 1927). Die nachfolgenden Ausführungen stellen vergleichend beide Arbeiten im Überblick dar.

Ziel ihrer Untersuchungen war es, mit systematischen Probennahmestrategien die räumliche Verteilung der Organismen in Beziehung zu lokalen hydrologischen und sedimentologischen Gegebenheiten zu setzen. Zeitliche Schwankungen in der Besiedungsdichte wurden zum Teil erfasst.

Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich jeweils auf etwa zwei Jahre zuzüglich vereinzelter Kurzbesuche (Tab. 2).

Innerhalb der Buchten beschränkten sich die Forscher im wesentlichen auf die Untersuchung des Eulitorals, also des Gebiets, das im Laufe der Tide zwischen Hoch- und Niedrigwasser regelmäßig trockenliegt und begehbar ist.

In der Arbeit vor Ort waren beide in erster Linie auf sich selbst gestellt, d. h. Wohlenberg und Linke entwickelten die Untersuchungsstrategie, nahmen Proben auf den Wattflächen und analysierten systematisch die Organismen. Experimente vor Ort und umfassende ökologische Beobachtungen der Organismen im Labor und im Watt dienten dazu, kausale Erklärungen für die Verteilungsmuster zu finden. Beide Forscher ließen sich von Fachleuten mit Ortskenntnissen beraten oder, wie zum Beispiel in der Bestimmung ausgewählter Arten, von wissenschaftlichen Spezialisten.

Tab. 2: Bibliographische und organisatorische Eckdaten

Titel	Lebensgemeinschaften des Königshafens	Biota des Jadebusenwattes
Autor	Dr. Erich Wohlenberg	Dr. Otto Linke
<i>Bibliographische Daten</i>	Helgol. Wiss. Meeresunters. 1: S. 1-92	Helgol. Wiss. Meeresunters. 1: S. 201-348
<i>Veröffentlicht am</i>	1937	1939
<i>Umfang</i>	92 Seiten	147 Seiten
<i>Anzahl Gliederungsebenen</i>	6	5
<i>Anzahl Literaturverweise</i>	92	112
<i>Betreuer</i>	Dr. Arthur Hagmeier	Dr. Arthur Hagmeier
<i>Untersuchungsgebiet</i>	Königshafen, Sylt sowie exempl. Vergleichsuntersuchungen im nordfriesischen Wattenmeer und Norderney	Jadebusen sowie exempl. Vergleichsuntersuchungen in der Jademündung
<i>Untersuchungszeitraum</i>	1934/35 – 1936/37, Kurzbesuche bis 8. 1937	1932-34, Kurzbesuche 1934 – 1936

Die Ergebnisse zur Verteilung der Arten übertrugen sie in Karten des jeweiligen Untersuchungsgebietes und entwickelten sedimentologisch-soziologische Systeme, die enge Beziehungen zwischen den Lebensbedingungen und den Organismen integrierten. Mit dieser Vorgehensweise sollten zum einen wissen-

schaftliche Grundlagen erarbeitet und zum anderen Bewertungskataloge für Wasserbauingenieure entwickelt werden.

Aufgrund dieses Ansatzes und der umfangreichen empirischen Untersuchungsgrundlage sind die Veröffentlichungen von Wohlenberg und Linke als deutsche Pionierarbeiten anzusehen, die sich zum Beispiel von den physiologisch ausgerichteten, etwa gleichzeitig entstandenen Arbeiten des dänischen Wattforschers Harald Mogens Thamdrup (1908 - 1998) unterscheiden (Thamdrup 1935a, 1935b).

Die Erstmaligkeit der Arbeiten übertrug ihnen langfristige Bedeutung für nachfolgende Forschergenerationen bis in die heutige Zeit (Remane 1940, Schuster 1951, Gessner 1957, Gerdes & Holtkamp 1980, Reise et al. 1989).

4.4 Unterschiede zwischen den Arbeiten

Trotz dieser Gemeinsamkeiten unterscheiden sich die Arbeiten in einer Reihe von Details zur Probennahmestrategie, zur Untersuchungsmethodik, zu ökologisch-theoretischen Grundvorstellungen u.a. Um die Verschiedenartigkeit darzustellen, seien nachfolgend im Überblick die auffälligsten Differenzen im Aufbau und Struktur der Arbeiten vergleichend gegenübergestellt.

Je nach Studienschwerpunkt und persönlicher Neigung unterscheiden sich die Arbeiten in Struktur und Aufbau (Tab. 3).

Tab. 3: Vergleichende Gegenüberstellung des Aufbaus und der Struktur der jeweiligen Pionierarbeiten

Wohlenberg Kapitel		Linke Kapitel	
A: Einleitung	<ul style="list-style-type: none"> • Geographische und topographische Merkmale • Geologische Entstehung • Probennahmestrategie 	A. Einleitung	<ul style="list-style-type: none"> • Wissenschaftliche Bedeutung der Untersuchung
B Der Wasserhaushalt des Königshafens	<ul style="list-style-type: none"> • Methoden • Das Wasser im Königshafen 	B. Lebensraum	<ul style="list-style-type: none"> • Klimafaktoren • Hydrische Faktoren • Wattenboden Chemisch-physikalische Eigenschaften • Gestalt und Aufbau
C Sedimente	<ul style="list-style-type: none"> • Methoden • Aufbau und Verteilung der Sedimente 		
D Der Kleine Hafen	<ul style="list-style-type: none"> • Räumliche Gliederung • Sedimente und Wasserhaushalt 		
E. Die Lebensgemeinschaften des Königshafens	<ul style="list-style-type: none"> • Methoden • Artenliste • Die Standorte und ihre Besiedlung 	C Oekologie	<ul style="list-style-type: none"> • Definitionen • Artenliste • Lokale Variationen und Siedlungen • Epibiosen • Temporäre Wattengäste • Allgemeine Übersicht
F Schlußwort	<ul style="list-style-type: none"> • Methodische Diskussion der biologischen Bestandsaufnahme 		
G Erläuterungen	<ul style="list-style-type: none"> • Erläuterungen zur beigefügten Karte über die Sedimente und ihre Besiedlung 		
H. Zusammenfassung		D. Zusammenfassung	

Wohlenberg gliederte das Hauptkapitel zur Besiedlung in erster Linie nach geographischen Aspekten. Er untersuchte vor allem auffällige lokale ökologische Phänomene und ihre kausale Beziehung zu abiotischen Faktoren.

So befasste er sich mit Fragen nach der Koexistenz des (*Nereis diversicolor*) und des Sandpierzurms (*Arenicola marina*), autökologischen Betrachtungen wie der Lebensweise des Salzkäfers (*Bledius arenarius*) im Uferbereich sowie lokalen sedimentologischen Umlagerungsprozessen und deren ökologischen Konsequenzen. Linke dagegen strukturierte seine Arbeit nach ökologisch-soziologischen Kategorien. Linke identifizierte acht lokale Variationen, die sich jeweils aus mehreren Siedlungen zusammensetzten. Mit dieser Herangehensweise erarbeitete Linke eine umfassende räumliche biologische Bestandsaufnahme.

Mit dieser Herangehensweise erarbeitete Linke eine systematisch angelegte Bestandsaufnahme der räumlichen Siedlungsverhältnisse mit einem universell gültigen Anspruch. Dieser Unterschied zwischen Wohlenberg und Linke dürfte zum Teil auch eine Konsequenz aus den Gebietsgrößen sein. Linkes Jadebusen ist mehr als zehnmals größer als Wohlenbergs Königshafen. Allein dadurch steigt die Wahrscheinlichkeit, dort wiederkehrende Siedlungsmuster zu erkennen.

Beiden Forschern gemeinsam war die Bedeutung, die sie der Beschreibung als wissenschaftlicher Methode beimessen. Vor allem Wohlenberg scheint der persönlichen Betrachtungsweise und dem eigenen Verständnis mehr Wert beizumessen, als experimentell ermitteltem Datenmaterial. Dieser Ansatz führte einerseits zu beeindruckenden Schilderungen der regionalen Besiedlungsverhältnisse und der Lebensweise der Fauna und Flora. Wohlenberg illustrierte seine Beobachtungen u.a. mit einer Reihe vergleichender Schemata zur lokalen Besiedlung. Andererseits erschwert diese Herangehensweise prinzipiell den direkten Vergleich mit der Arbeit Linkes.

Linkes Schreibstil ist demgegenüber nüchterner: Er beschränkte sich auf wissenschaftliche Aussagen und verzichtete im allgemeinen auf persönliche Eindrücke. Seine sachorientierten Beschreibungen werden schwerpunktmäßig durch Fotos illustriert.

Ausgehend von der zentralen Fragestellung nach den Beziehungen zwischen den Organismen und ihrer abiotischen Umwelt werden von Wohlenberg und Linke im wesentlichen dieselben Untersuchungsmethoden angewandt.

Gemeinsam ist den beiden Arbeiten außerdem die Hauptgliederung in eine Beschreibung des Biotops als unbelebte Komponente gefolgt von der Beschreibung der Lebensgemeinschaft (Biozönose) als der belebten Komponente. Der Biozönosebegriff nach Möbius enthält zwar implizit einen gewissen Hinweis auf einen entsprechenden Biotop, doch wurde der Terminus Biozönose im wesentlichen auf die Lebewesen bezogen und der Terminus Biotop von Dahl auf die abiotischen Verhältnisse. Mehrere Forscher wiesen anschließend darauf hin, dass Biotop und Biozönose zusammen eine Einheit höherer Ordnung bilden, die Thienemann in der Limnologie als „Organismus dritter Ordnung“, Friedrichs als „Organisation“ und schließlich Tansley und alle neueren Autoren als Ökosystem bezeichnen (Dahl 1908b, Thienemann 1926, Tansley 1935, Balogh 1958). Wohlenberg und Linke stehen also zeitlich vor der späteren Ökosystem-

forschung, hatten aber in ihren Untersuchungen dieses holistische Konzept schon im Blick.

Im Gegensatz zu Wohlenberg ist Linke nach Möglichkeit bestrebt, vergleichbare Messwerte zu produzieren (z.B. Bodenhärtemesser, Wärmeleitfähigkeit des Bodens). Wohlenbergs Ziel scheint es dagegen zu sein, ein Verständnis für die kausalen Zusammenhänge zwischen der lokalen Besiedlung und den sie umgebenden Lebensbedingungen zu erarbeiten. Dementsprechend stellt er je nach Fragestellung vor Ort spezifische Untersuchungsinventare zusammen. Linke kam die Möglichkeit entgegen, die Einrichtungen des Senckenberg-Instituts und des Hafengebäudeamtes nutzen zu dürfen. So konnte er mehrere Wochen auf einem Wohnschiff sowie auf seinem eigenen Segelboot verbringen, um von dort zu uferfernen Bereiche zu gelangen. Auf entsprechende logistische Möglichkeiten, aber auch auf wissenschaftliches Informationsmaterial zum tidalen Verlauf, bodenanalytischer Daten u.ä. konnte Wohlenberg im Königshafen nicht zurückgreifen. Er durchschritt im wesentlichen zu Fuß den wesentlich kleineren Königshafen oder nutzte ein Ruderboot. Deutliche Unterschiede zeigen sich in den angewandten Probennahmestrategien: Ging Wohlenberg Veränderungen der Besiedlungsstrukturen entlang mehrerer Profillinien nach, verteilte Linke seine Orte der Probennahme nahezu gleichmäßig im Jadebusen (Tab. 4).

Tab. 4: Überblick über die räumlich-zeitlichen Probennahmestrategien sowie logistische Rahmenbedingungen

Wohlenberg	Linke
<ul style="list-style-type: none"> • Räumliche Probennahme entlang 13 Profillinien sowie an Einzelstationen • Beobachtung zeitlicher Veränderungen am Bsp. des Herzmuschel-Brutfalls • Untersuchung lokaler, auffälliger ökologischer Phänomene • Lokale Entwicklung des methodischen Untersuchungsinventars 	<ul style="list-style-type: none"> • Nahezu gleichmäßige Verteilung von über 300 Probennahmestationen im Eulitoral des Jadebusens • Nur vereinzelte Beobachtungen zeitlicher Veränderungen der Besiedlungsstruktur • Anwendung desselben hydrologischen sedimentologischen und biologischen Untersuchungsinventars

Die Unterschiede in den Artenlisten (Tab. 5) sind weniger in den jeweiligen Gebieten und deren Größe begründet als in einer subjektiven Auswahl und den vorrangig aufgesuchten Biotopen. So macht Wohlenberg macht zum Beispiel keine Angaben zu Nessel- und Säugetieren. Er erforschte eher das obere Eulitoral und erfasste dadurch stärker amphibische Pflanzen- und Insektenarten. Linke konzentrierte sich dagegen auf den unteren Bereich des Eulitorals, den er wiederholt mit dem Schiff bereisen konnte.

Für Wohlenberg war die Besiedlungsstruktur entscheidend durch den historischen Faktor zu erklären, d.h. das Verständnis war untrennbar mit dem Wissen um chronologische Kausalzusammenhänge verbunden.

Linke dagegen sah die Gezeiten als entscheidende, die Besiedlung strukturierende Kraft und den damit zusammenhängenden Strömungsgeschehen und lokalen Wasserbedeckungszeiten.

Der entscheidende Unterschied zwischen der Herangehensweise der beiden Wattforscher ist jedoch in dem jeweiligen ökologisch-theoretischen Grundverständnis zu finden: Der ehemalige Geographie Student Wohlenberg betonte die

Bedeutung des historischen Werdegangs der Landschaft, der auf kurzzeitiger Skala die Besiedlungsstruktur prägt.

Tab. 5: Gegenüberstellung der angetroffenen Organismengruppen

	Königshafen	Jadebusen
Muscheln und Schnecken	19	14
Stachelhäuter	2	2
Nesseltiere	0	10
Krebse	10	21
Asselspinnen	0	2
Insekten	12	1
Fische	17 ¹	14
Säugetiere	0	3
Pflanzen	21	12

¹: separat gelistet in: Wohlenberg 1935

Wohlenberg unterschied insgesamt sieben Watt-Typen, die er zumeist nach der Sedimentzusammensetzung bezeichnete („Fossiler Schlick“, „Mudd-Watt“, „Schlick-Watt“, drei Untertypen des Sand-Watts, „Blualgen-Watt“). Diesen Typen ordnete er jeweils eine „Siedlung“ zu. Eine Ausnahme bildete das „Sand-Watt“, das Wohlenberg aufgrund der großen Ausdehnung lokal „im Gefüge und im Gehalt reduzierender Verbindungen“ in drei Untertypen zu unterteilte.

Das sedimentologisch-soziologische System entwickelte Wohlenberg in erster Linie nach geologischen Aspekten, die lokalspezifische Artenzusammensetzungen zur Folge haben. Der Begriff „Siedlung“ hat somit einen assoziativen Charakter. Die jeweils das Besiedlungsbild bestimmende Art ist der „Leitform“ gleichzusetzen, die in der Pflanzensoziologie eine Rolle spielt (vgl. Braun-Blanquet 1928, Gislén 1930). Zusätzliche Merkmale zur Unterscheidung sind Topographie und „Physiognomie der Landschaft“. Insgesamt erscheinen die von Wohlenberg erwähnten soziologischen Begriffe eher willkürlich verwendet, soweit sie sich für die Besiedlung innerhalb des Königshafens eignen.

Die deskriptiven Definitionen der „Watt-Typen“ beschränken daher die Gültigkeit des Systems im wesentlichen auf den Königshafen.

Demgegenüber definierte Linke wesentliche ökologisch-assoziative Grundbegriffe des coenologischen Systems, auf dem die Gruppierung der lokalen Artenassoziationen beruhten.

Demnach ist die kleinste Ordnung die Siedlung, die hauptsächlich von einer Art bestimmt wird und die Physiognomie der betrachteten Fläche bestimmt. Sie ist „nicht selbstständig“ und ändert sich zwischen den Jahren strukturell mit den äußeren Faktoren. Mehrere Siedlungen werden zu „einer Variation zusammengefasst, die jeweils „selbstständig“ ist und auf Flächen mit bestimmten Bodenarten vorkommen. Faktoren wie die geographische Lage, die Wasserversorgung und die Larvenverfrachtung bestimmen jedoch die lokale Ansiedlung der Arten und damit die Zusammensetzung der lokalen endobenthischen Artenassoziationen, so dass es sich hierbei nicht um Gemeinschaften handelt, sondern lediglich um Variationen der Endobiose (Gislén 1930).

Ausgehend von diesem ökologisch-theoretischen Konzept analysierte Linke im Jadebusen neben epibenthischen Assoziationen und Wattgästen insgesamt fünf endobenthische Variationen, die 16 Siedlungen umfassten.

Insgesamt beinhalten beide Arbeiten somit zwar umfangreiche Beschreibungen ökologischer Details, fußten gleichzeitig aber auch auf grundsätzlich differenten Grundanschauungen, die einen direkten Vergleich der Ergebnisse verhindern.

4.5 Grundverständnisse und Traditionen

Wie schon beide Titel der Veröffentlichungen andeuten, standen im Mittelpunkt die Lebensgemeinschaften der ausgewählten Buchten. Dieser Begriff wurde erstmals von Karl Möbius verwendet, nachdem er die Besiedlung nordfriesischer Austernbänke untersucht hatte.

„Jede Austernbank ist gewissermaßen eine Gemeinde lebender Wesen, eine Auswahl von Arten und eine Summe von Individuen, welche gerade auf dieser Stelle alle Bedingungen für ihre Entstehung und Erhaltung finden, also den passenden Boden, hinreichende Nahrung, gehörigen Salzgehalt und erträgliche und entwicklungsgünstige Temperaturen.

[...]

Die Wissenschaft besitzt noch kein Wort für eine solche Gemeinschaft von lebenden Wesen, für eine den durchschnittlichen äußeren Lebensverhältnissen entsprechende Auswahl und Zahl von Arten und Individuen, welche sich gegenseitig bedingen und durch Fortpflanzung in einem angemessenen Gebiete dauernd erhalten. Ich nenne solche Gemeinschaft Biocoenose oder Lebensgemeinde.“ (Möbius 1877)

Wohlenberg als auch Linke nahmen dieses Prinzip „mit biologischen Einheiten höherer Ordnung, den Lebensgemeinschaften“ zur Grundlage und betitelten damit zu recht Ihre Veröffentlichungen (Hagmeier 1934b).

Für Hagmeier haben beide Pionierarbeiten dazu beigetragen, „die bei der Landgewinnung tätigen Wasserbauer auf die Biologie aufmerksam zu machen“ (Hagmeier 1939). Sie haben den „Ausbau der quantitativen Bodenfaunaforschung zur Ökologie gefördert“ (Hagmeier 1942).

Eine übergreifende Zusammenfassung der Arbeiten im Königshafen und im Jadedeich unternimmt Hagmeier jedoch nicht. Ein Grund dafür ist vermutlich in essentiellen Differenzen zwischen den Arbeiten zu finden.

Wohlenberg strebte an, die räumliche und zeitliche Vielfaltigkeit der Besiedlung zu untersuchen und entwickelte je nach Fragestellung verschiedene lokale Untersuchungsstrategien. Um jedoch „ein tieferes Verständnis für den Lebensraum zu entwickeln“, war für Wohlenberg der „historische Werdegang“ endo- und epibenthischer Lebensgemeinschaften „nicht nur von ebenbürtiger sondern eher größere Bedeutung“ als die Untersuchung der Beziehungen der im Watt lebenden Organismen zum sie umgebenden Lebensraum - soweit sie sich mit biologischen chemischen und physikalischen Arbeitsmethoden beschreiben ließen. Er bezog sich damit auf Karl Friederichs, der sich mit Fragen zur ökologischen Systematik und Siedlungsanalyse in der Land- und Forstwirtschaft befasste (Friederichs 1930) und auf den Limnologen August Thienemann, der von der Biologie eine „physiographische Vorgehensweise“ erwartete.

Nach Wohlenberg lassen sich die Artenassoziationen im Königshafen mehreren Lebensgemeinschaften zuordnen. Wenn es auch räumliche Übergänge zwischen den einzelnen Besiedlungsgruppen gibt, lassen sie sich „mit einer gut

umrissenen Sedimentart zur Deckung bringen" und somit voneinander abgrenzen.

Für Wohlenberg verändert sich die örtliche Besiedlung in Beziehung zur abiotischen Umwelt und kann lokal ein „sich selbst regulierendes Gleichgewicht“ erreichen. Insgesamt verwendete Wohlenberg den Begriff Lebensgemeinschaft eher unscharf und nur insofern, als er zu praxisorientierten Erklärungen physiognomisch-landschaftskundlicher Aspekte beiträgt.

Linke legte demgegenüber seinen Untersuchungen eine abstraktere ökologisch-systematische Ordnung zugrunde, die er in Anlehnung an die Arbeiten Hagmeiers und damit im weiteren Sinne aus denen der klassifikatorischen Schule um den Pflanzensoziologen Josias Braun-Blanquet (1894 - 1980) sowie Karl Friederichs und Torsten Gislén entwickelte.

Die flächendeckende biologische Probennahme sowie die das Klima, Wasser, Boden und Besiedlung umfassende Untersuchungsstrategie lassen auf eine an Friederichs angelehnte holistische Sichtweise schließen (Treppl 1994). Dieses ökologisch-philosophische Konzept hatte den Anspruch, die Ganzheit natürlicher Phänomene und Prozesse zu erfassen und zu erklären.

In Anbetracht dieser Differenzen in der individuellen Herangehensweise hatte Hagmeier den beiden offensichtlich vergleichsweise viel Freiheit gegeben und die Arbeiten nicht als Basis für überregionale Vergleiche angesehen. Vielmehr gestattete er die Umsetzung stark differierender Forschungsansätze und ist damit an der Unterschiedlichkeit entscheidend beteiligt.

Ausgewählte unveröffentlichte Briefe² zwischen dem Direktor Hagmeier und Wohlenberg weisen auf eine dienstliche Beziehung mit freundschaftlichem Charakter hin. Die Differenzen zwischen den Pionierarbeiten, die von Linke initiiert und von Hagmeier toleriert wurden, deuten daraufhin, dass Hagmeier zu Linke in ökologisch-theoretischer Hinsicht eine größere Nähe empfand und ihn daher gewähren ließ. Möglicherweise erkannte Hagmeier in dem Ansatz Linke eher eigene Vorstellungen als in den vorangegangenen Untersuchungen Wohlenbergs. Vorausgesetzt, dieser Vermutung ist ein gewisser Wahrheitsgehalt zuzuordnen, sind es somit persönliche Affinitäten und wissenschaftliche Kohärenzen, die zur Dichotomie in der frühen Wattforschung geführt haben: Wohlenberg geht eher unsystematisch vor und beschreibt idiosynkratisch Phänomene, die er aus der landschaftlichen Konstellation und ihrem geschichtlichen Werdegang her begreift. Eine mögliche allgemeine Bedeutung seiner Beobachtungen im Königshafen basiert auf den ursächlichen Zusammenhängen, die er zwischen Biotop und Lebensgemeinschaft zu erkennen glaubt.

Linke dagegen entwickelt ein abstraktes Einteilungssystem aus zeitlosen Variationen und Siedlungen, das er konsequent anwendet und dem er universelle Gültigkeit beimisst. Seine Vorgehensweise findet später eine pragmatische Anwendung, losgelöst von der Vorstellung, dass subjektiv oder statistisch ermittelte Siedlungsmuster reale Einheiten wären.

² Mit freundlicher Unterstützung von Dr. Erik HAGMEIER

4.6 Bedeutung für nachfolgende Wattforschung

Aus erkenntnis-theoretischer Sicht mögen die essentiellen Differenzen zwischen den Arbeiten bedauerlich erscheinen, verhindern sie doch eine erstmalige regional übergreifende Bestandsaufnahme zweier Buchten des deutschen Wattenmeeres.

Auf der anderen Seite werden unterschiedliche Herangehensweisen verfolgt, die zur methodischen Evaluation beigetragen haben.

Wohlenbergs Ansatz der biologischen Bestandsaufnahme wurde zur methodischen Grundlage für die ökologischen Arbeiten während der Landgewinnungsmaßnahme in den folgenden Jahren (König 1943, Plath 1943). Für ihn war der Vorteil in der biologischen Bestandsaufnahme darin zu sehen, dass „die Organismen auf die Vielheit der Faktoren in ihrer geschlossenen Gesamtheit antworten. Die Art der Besiedlung ist, im weitesten Sinn gesprochen, der lebendige Ausdruck für die Summe und Verknüpfung der Faktoren. Darin liegt die Überlegenheit der biologischen gegenüber der rein mechanisch gerichteten Analysen begründet. Darüber hinaus ist die Kenntnis der Organismen und ihrer Lebensweise die Grundlage dafür, ihre Leistung für den Gesamthaushalt der Watten einzuschätzen“. (Wohlenberg 1937)

Wohlenberg wurde schließlich zu einem prominenten Vertreter der biologischen Bestandsaufnahme im Watt. Auch Linke wurde zu Beginn seiner Tätigkeit im Jadebusen von dem nordfriesischen Wattforscher persönlich in die Arbeitsabläufe eingewiesen (Otto Linke jun. 2000 pers. com.).

In Deutschland waren die Pionierarbeiten Wohlenbergs und Linkes für mehrere Jahrzehnte eine wichtige Grundlage für ein grundlegendes Verständnis ökologischer Prozesse im Watt. Standen Wohlenberg und Linke auch in persönlichem Kontakt zu dem dänischen Wattforscher Thamdrup, spielten dessen vorwiegend physiologisch orientierte Erkenntnisse zur Besiedlung der Ho-Bucht eine vergleichsweise geringe, allenfalls ergänzende Rolle in der deutschen anwendungsbezogenen Forschung (Thamdrup 1935b). Die coenologische Klassifikation der regionalen Besiedlung ermöglichte einerseits Erkenntnisse über die lokale Bodenqualität „in viel schnellerer und einfacherer Weise, als es chemisch-physikalische Bodenanalysen gestatteten“. Andererseits ließen sie Rückschlüsse auf die biogene Sedimentablagerungen zu und wie sie ggf. durch gezielte Maßnahmen zur Ansiedlung bzw. Aussaat bestimmter Tiere und Pflanzen zu fördern wäre (vgl. u.a. Wohlenberg 1934, 1939, Linke 1940, 1949a).

Der Kieler Professor für Zoologie Remane griff schließlich die Ansätze verschiedener Autoren zu den „Sand- und Weichböden-Coenosen der Gezeitenzone des Küstengebietes (Eulitoral)“ auf (Remane 1940). Unter Berücksichtigung deutscher und dänischer Ergebnisse zur benthischen Besiedlung der Nord- und Ostsee entwickelte er ein schematisches multidimensionales Diagramm zwischen den Extremen „Wasserbewegte reine Sande“ und „Stillgebiete, Weichböden“. Berücksichtigt wurden in diesem integrativen Schema verschiedene biotische und abiotische Faktoren. Er erkannte insgesamt neun faunistische Zonen auf Weichböden der Nord- und Ostsee. Remane band die Ergebnisse beider Werke Wohlenbergs und Linkes kontemplativ ein, ohne einer der beiden eine höhere wissenschaftliche Bedeutung beizumessen.

Nach dem Krieg hielten zunehmend ökologisch-systematische Ideen aus dem angloamerikanischen Raum Einzug. Die Entwicklung mathematisch statistischer Methoden hat zusätzlich zur kritischen Diskussion an den zum Teil willkürlichen Siedlungsstrukturen beigetragen (McIntosh 1985, Schuster 1951).

So bezog sich Fritz Gessner in seinem populärwissenschaftlichen Buch „Meer und Strand“ wie zuvor Remane auf die Pionierarbeiten Wohlenbergs und Linkes (Gessner 1957).

Auch Gessner griff gleichwertig auf die Beschreibungen der beiden Pioniere zurück. In seinen Ausführungen jedoch grenzte er den methodischen Ansatz der Assoziationsforschung in Deutschland von angloamerikanischen Ansätzen zur trophischen Ökosystemforschung ab, die Einblick in ökologisch-funktionale Zusammenhänge ermöglichten.

Zweifel an der universellen Gültigkeit räumlicher Besiedlungsmuster wurde erstmals durch die Untersuchungen Schusters genährt (Schuster 1951). Sie untersuchte 1950 die Lebensgemeinschaften im Watt nahe der Insel Mellum. Auch wenn Mellum vom Inneren Jadebusen nur wenige Kilometer entfernt ist, fand sie eine andere coenologische Besiedlungsstruktur als Linke. Dörjes et al. machten für diese Differenzen vor allem lokale hydrographische Gegebenheiten verantwortlich (Schuster 1951).

Als in den fünfziger Jahren die vollständige Eindeichung der Leybucht im westlichen Ostfrieslands diskutiert wurde, wurde der C.G. Müller, Forschungsstelle Norderney, mit einer ausführlichen Expertise beauftragt (Müller 1960). Unter Berücksichtigung der biologischen Bestandsaufnahme ordnete er die Artenassoziationen in das von Linke erarbeitete coenologische System aus Variationen und Siedlungen ein. Erwies sich für Müller dieses Prinzip zwar als anwendbar, schränkte er doch ein, dass lokale Gegebenheiten zu anderen Tiergruppen führten. Die Ergebnisse von Schuster und Linke konnte Müller in der Leybucht nicht bestätigen.

Diese Ausführungen zeigen, dass die coenologischen Besiedlungssysteme in Abhängigkeit von der betrachteten Raumeinheit und anwendungsbezogenen Fragen zwar zu wertvollen Erkenntnissen führen kann. Unter funktionsökologischen, grundlagenorientierten Betrachtungen ist der Beitrag coenologischer Assoziationssysteme jedoch kritisch zu werten.

Erst Gerdes und Holtkamp untersuchten systematisch die Aussagekraft coenologischer Systeme in Vergleich zu anderen Methoden (Gerdes & Holtkamp 1980). Sie erkannten, dass kein ausschließlich deskriptives Verfahren der Assoziationsforschung geeignet ist, differenzierte Hinweise auf die regional verschiedenen abiotischen Faktoren zu geben. Die lokalen Siedlungen können allenfalls die summarische Wirkung unterschiedlicher Faktorenausprägungen widerspiegeln. Als Anzeiger für spezifische abiotische Faktoren sind sie nur bedingt oder gar nicht zu verwenden.

Mit dieser analytischen Erkenntnis widerriefen sie endgültig den coenologischen Ansatz Linkes, die regionale Artenzusammensetzung in ein kausal begründetes soziologisches Gefüge einordnen zu können.

Heute finden klassifikatorische Verfahren aufgrund ihrer anwendungsorientierten Vorteile Eingang in die Umweltbegutachtung (Michaelis & Reise 1994, Reise 1980, 1990b).

4.7 Schlussbetrachtung

Angesichts der Bedeutung, die der klassifikatorischen Assoziationsforschung in Deutschland beigemessen wurde, mag die späte wissenschaftliche Prüfung deskriptiver Verfahren erstaunen. Ein Grund dafür ist möglicherweise auch, dass die ambitionierten Ansätze Wohlenbergs und Linkes nicht im Rahmen universitärer Karrieren frühzeitig wissenschaftstheoretische Entfaltung erfahren haben. Diese Entwicklung entspricht in gewisser Hinsicht *per definitionem* der anwendungsorientierten Herangehensweise Wohlenbergs und Linkes, die sich im Gegensatz zu ihrem Förderer Hagmeier, der an der Universität Hamburg eine Professur wahrnahm, nicht an der marinen wissenschaftlichen Lehre und Forschung beteiligten.

In dieser Folge sind auch die anwendungsbezogenen Schwerpunkte wissenschaftlicher, institutioneller Küstenforschung seit den 50er Jahren auf Fragen zum Küstenschutz, zur Landgewinnung oder wirtschaftlichen Nutzung des Wattenmeeres zu sehen. Erst interdisziplinäre Impulse aus dem niederländischen und angloamerikanischen Raum in den 80er Jahren führten zu einer neuen, bahnbrechenden und institutsübergreifenden Wattenmeerforschung in Deutschland (Wolff 1983, Reise 1985, Bietz & Reise 2002).

Somit hat die methodologische Dichotomie in der Wattforschung mit anwendungs- und nutzungsorientierten Schwerpunkten in der ersten Hälfte des 20. Jhdts. durch Wohlenberg und Linke vermutlich mit dazu beigetragen, dass sich die marine Wattforschung erst unter ausländischen Einflüssen neu formierte und differenzierte Konzepte zur Nutzung des Küstenraumes entwickeln half.

5 Historische Wattforschung: Was können wir aus den alten Gegensätzen lernen?

Hauke Bietz (Wiefelstede); Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Meeresforschung (2003)

Summary

Today, the ecosystem of the Wadden Sea has been the result of extensive climatic, hydrological and sedimentologic changes on different temporal and spatial scales. The transition zone between land and the North Sea important e.g. as nursery ground for economically important fish species as well as habitat for good-tasting mussels. For about 150 years marine researchers have investigated the variability of benthic species stocks and their distribution. Comparisons of modern investigations with those of several decades ago give hints on long-term changes of species stocks in the Wadden Sea.

Problems which arise from methodological and ecological-theoretical differences between the considered studies are commonly known and are taken into account in many cases. However, as the example of Erich Wohlenberg (1903-1993) and Otto Linke (1909-2002) shows, even projects of the same period and with similar aims may be based on different scientific approaches. Reasons for that can be found in specific logistic and sociological structures as well as in individual personalities.

This example shows, that the documentation of sociological and logistic research structures may ensure long-term comparisons and is of scientific-historical importance.

5.1 Einleitung

Die historische Meeresforschung nimmt in der modernen Wissenschaft des Wattenmeeres eine besondere Rolle ein: Fernab der praktischen Arbeit im Watt oder im Labor hat sie u.a. zum Ziel, weit zurückliegende marine Untersuchungen für Langzeitvergleiche zur Verfügung zu stellen. Gerade in der jetzigen Situation, in der weitreichende Veränderungen im Ökosystem Wattenmeer beobachtet werden, bedarf es umfangreicher historischer Datengrundlagen, um die Auswirkungen anthropogener Verhaltens- und Nutzungsweisen zu dokumentieren und bestenfalls Vorhersagen zu ermöglichen (Reise 1995). Diese Einsicht impliziert aber auch Konsequenzen für die aktuelle Meeresforschung, die ihrerseits wichtig für zukünftige Langzeitvergleiche sein kann. Der folgende Artikel beabsichtigt am Beispiel zweier Pionierarbeiten des Wattenmeeres, einerseits auf die Bedeutung wissenschaftshistorischer Untersuchungen für Langzeitvergleiche hinzuweisen, da selbst Arbeiten innerhalb einer eng begrenzten Forschungsphase deutlich differieren können. Andererseits deuten die Erkenntnisse auch auf Konsequenzen für die moderne Wissenschaft hin, gilt es doch, für nachfolgende Forschungsgenerationen möglichst gut dokumentierte und interpretierbare Ergebnisse zu erarbeiten.

5.2 Aufgabe und Funktion historischer Langzeitvergleiche

Seit einigen Jahrzehnten sind im Wattenmeer und dem angrenzenden Küstengewässer natürliche Prozesse in Bedrängnis geraten und ihre Veränderung in das öffentliche Bewusstsein (Reise 1990b, Dittmann 1999, Liebezeit 2001). Eindeichungen und der Meeresspiegelanstieg haben zu einer Verkleinerung der tidalen Übergangszone zwischen Land und Meer geführt. Die Strömungen haben ebenso zugenommen wie der Anteil sandiger Wattflächen. Die Ausbreitungen schlickiger Bereiche und Salzwiesen hat abgenommen. Direkte und indirekte

te Folgen zeigen sich im gesamten Ökosystem. Sind einerseits artenreiche Habitats wie zum Beispiel *Sabellaria*-Bänke oder Seegraswiesen verschwunden, kommen im Rahmen des Küstenschutzes künstliche Hartsubstrate als Anheftungsgrundlage für bodenbewohnende Organismen hinzu. Die veränderten physikalischen Rahmenbedingungen sind es primär, die zu veränderten Lebensbedingungen geführt haben und in deren Folge neue Arten einwandern konnten sowie andere verschwanden. Durch eingeschleppte Organismen wie zum Beispiel die Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis*), die australische Seepocke (*Elminius modestus*), das Schlickgras (*Spartina anglica*) und viele andere hat sich zusätzlich das Artenspektrum qualitativ verändert (Michaelis & Reise 1994). Hinsichtlich räumlich-zeitlicher Besiedlungsmuster zeigen sich somit erhebliche Konsequenzen auf allen ökologischen Ebenen (de Jong et al. 1999). Neben dem Deichbau hat der Mensch an den Ursachen erheblichen Anteil u.a. durch die Fischerei, Jagd sowie Einleitung von Nähr- und Schadstoffen in das Küstengewässer.

Viele dieser Veränderungen sind seit langem bekannt. Langzeitvergleiche der derzeitigen Besiedlungsstruktur mit der in der Vergangenheit helfen, die lokalen Veränderungen zu dokumentieren (Reise et al. 1989, Michaelis & Reise 1994). Auf die lange Tradition der Küstenforschung verweisend fordert daher Reise (1990b, 1995) eine gleichwertige Berücksichtigung von historischer Wattenmeerforschung und aktuellen Untersuchungen. Wünschenswert ist daher eine möglichst breite interdisziplinäre historische Datengrundlage.

5.3 Nur wenige historische Arbeiten eignen sich

Analysiert man jedoch historische Untersuchungen, erschweren Erfassungs- und Analysemethoden – soweit sie beschrieben werden – den direkten Vergleich mit aktuellen Strategien (vgl. Jax et al. 1993, Michaelis & Böhme 1994). Nicht zuletzt erfordern methodisch-technische Entwicklungen eine differenzierte Gegenüberstellung. Es reicht daher vielfach nicht, ungeprüft Daten vergleichsweise weit zurückliegender Beobachtungen für Langzeitvergleiche heranzuziehen. Eine methodische und soziologische Analyse überlieferter Untersuchungen ist ebenso erforderlich wie die Betrachtung historischer Forschungsprogramme. Sie können helfen, ein tieferes Verständnis für historische Bestandsaufnahmen zu entwickeln und ihre Aussagekraft zu relativieren (Bietz & Reise 2002). Die Wichtigkeit dieser Analysen soll am Beispiel zweier Pionierarbeiten (Wohlenberg 1937, Linke 1939a) in den dreißiger Jahren des 20. Jhdts. im deutschen Wattenmeer verdeutlicht werden.

5.4 Wegweisende Pionierarbeiten im Wattenmeer

Als Pionierarbeiten gelten die Untersuchungen Erich Wohlenbergs (1903-1993) zu den Lebensgemeinschaften des Königshafens (Wohlenberg 1937) und Otto Linkes (1909-2002) zur Biota des Jadebusens (Linke 1939a). Sie hatten beide zum Ziel, die Beziehungen zwischen den Organismen und den lokalen Lebensbedingungen in ausgewählten Buchten des deutschen Wattenmeeres zu untersuchen.

Die Idee zur nahezu zeitgleichen Untersuchung hatte der Direktor der Biologischen Anstalt Helgoland (BAH), Arthur Hagmeier (1933-1953). Für ihn waren die Ergebnisse Teil der „angewandten Meeresforschung [mit der] Aufgabe, die

wissenschaftlich-biologischen Grundlagen für die zweckmäßige Ausnutzung für den Menschen zu liefern" (Hagmeier 1934b).

Methodische Basis bildet die biologische Bestandsaufnahme nach Wohlenberg. Auf ihr gründen im wesentlichen die späteren Landgewinnungsmaßnahmen in Nordfriesland (König 1943, Plath 1943) und soll Wasserbauingenieuren Beurteilungskriterien für die „Bonität“ von Wattflächen für die Landgewinnung an die Hand geben. Wohlenberg erkennt als entscheidend, dass „die Organismen auf die Vielheit der Faktoren in ihrer geschlossenen Gesamtheit antworten. Die Art der Besiedlung ist, im weitesten Sinn gesprochen, der lebendige Ausdruck für die Summe und Verknüpfung der Faktoren. Darin liegt die Überlegenheit der biologischen gegenüber der rein mechanisch gerichteten Analysen begründet. Darüber hinaus ist die Kenntnis der Organismen und ihrer Lebensweise die Grundlage dafür, ihre Leistung für den Gesamthaushalt der Watten einzuschätzen“ (Wohlenberg 1937). In der Praxis werden neben den lokalen Sedimentzusammensetzungen das Artenspektrum pro Flächeneinheit definiert und die Biomasse bestimmt.

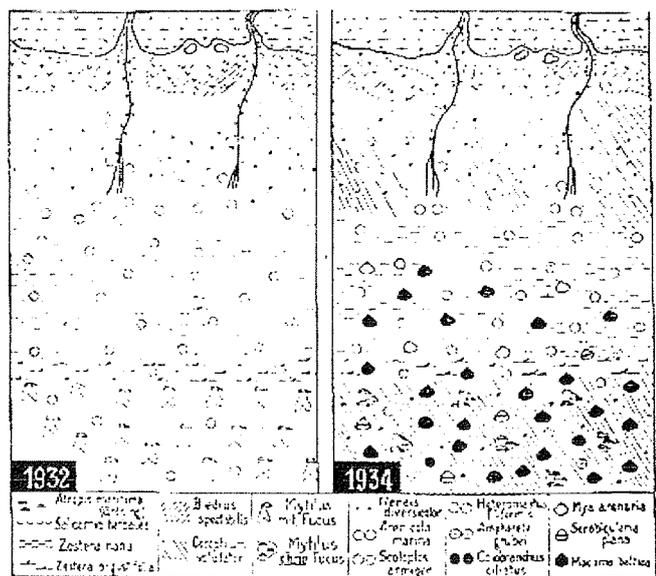


Abb. 1: Veränderte Zonierung der Benthosbesiedlung im Gröning-Watt des Königshafens zwischen 1932 und 1934 (Wohlenberg 1937)

Wesentliche methodische Merkmale sind zudem umfangreiche Beobachtungen und Beschreibungen der jeweiligen Habitats sowie der lokal dominierenden Organismen. Sowohl Wohlenbergs als auch Linkes Arbeit glänzen durch beeindruckende Schilderungen der Lebensbedingungen und ökologischen Vorgänge im Watt. So illustriert Wohlenberg in verschiedenen schematischen Darstellungen sowie Fotos die lokale Besiedlung und ihre zeitliche Veränderung (Abb. 1).

Eingehend untersucht er auch die Autökologie des Salzkäfers (*Bledius spectabilis*) und beschreibt das Vorkommen eines anderen Käfers (*Diglossa mersa*) im Porenluflhorizont eines Stromsandcs am Prielhang. Anhand quantitativer Bestandsaufnahmen werden alternierende Siedlungen der beiden Polychaeten *Arenicola marina* und *Nereis diversicolor* detailliert dargestellt.

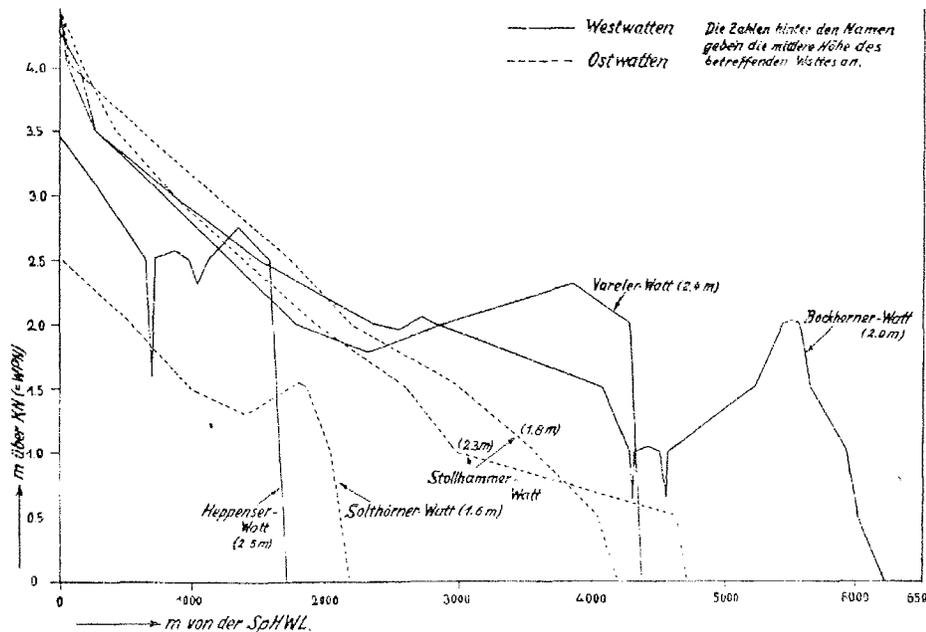


Abb. 2: Querschnitte durch die Ost- und Westwatten des Jadebusens quer zur Hochwasserlinie (Linke 1939a)

Linkes Arbeit umfasst Beschreibungen der hydrographisch-sedimentologischen Gegebenheiten auf den ungleich breiten Ost- und Westwatten des Jadebusens (). Unter Zuhilfenahme wasserbautechnischer Datensammlungen sowie umfangreicher Beobachtungen schildert er die Wirkung von Wind und Wellen auf das Sediment und dessen Umlagerung.

Er erkennt enge Beziehungen zwischen dem Strömungsgeschehen und der benthischen Besiedlung des Bodens: Häufige Umlagerungen des Sediments im unteren Eulitoral verhindern beispielsweise die Ansiedlung von Diatomeen, scheinen dagegen die Verbreitung von des Borstenwurms *Scoloplos armiger* zu fördern. Zwergseeegraswiesen (*Zostera noltii*) prägen dagegen als lokale Epibiosen im oberen Eulitoral das Sediment durch hydromechanisch bedingte „Bodenerhöhungen“ sowie durch zeitweilig erhebliche Sauerstoff- bzw. Kohlendi-oxidanreicherung.

Die flächendeckende Erfassung der benthischen Besiedlung ermöglicht Linke erstmals, im Jadebusen die Biomasse pro Flächeneinheit in den einzelnen Variationen und im gesamten Eulitoral abzuschätzen.

Die ausführlichen und vielschichtigen Beschreibungen der Lebensbedingungen der benthischen Organismen reihen die Arbeiten Wohlenbergs und Linkes in die Gruppe derer ein, auf der das heutige Verständnis des Lebensraums basiert (Remane 1940, Gessner 1957, siehe auch Möbius 1877, Hagmeier & Kändler 1927, Wrage 1930 u.a.). Ihre anschaulichen Schilderungen haben nachfolgende Generationen für die Wattforschung fasziniert (Hermann Michaelis 2000 pers. com., Klaus Sander 2002 pers. com., Karsten Reise 2002 pers. com.)

5.5 Gravierende Unterschiede zwischen den Arbeiten

Angesichts der ähnlichen logistischen Rahmenbedingungen, desselben Initiators und desselben ökologisch-theoretischen, deskriptiven Grundkonzepts, nämlich das der Lebensgemeinschaft (Möbius 1877, Petersen 1913, Hagmeier & Kändler 1927), wäre zu erwarten, in den dreißiger Jahren des 20. Jhdts. erstmalig eine Basis für einen überregionalen Vergleich der Besiedlung zu finden.

Tatsächlich jedoch stehen dieser erkenntnistheoretischen Möglichkeit grundlegende Unterschiede zwischen den Arbeiten gegenüber, die die methodengleiche Gegenüberstellung der etwa zeitgleichen Besiedlungsmuster zwischen beiden Buchten verhindern. Grund dafür sind Eigenheiten der Arbeiten, die im folgenden aufgeführt werden.

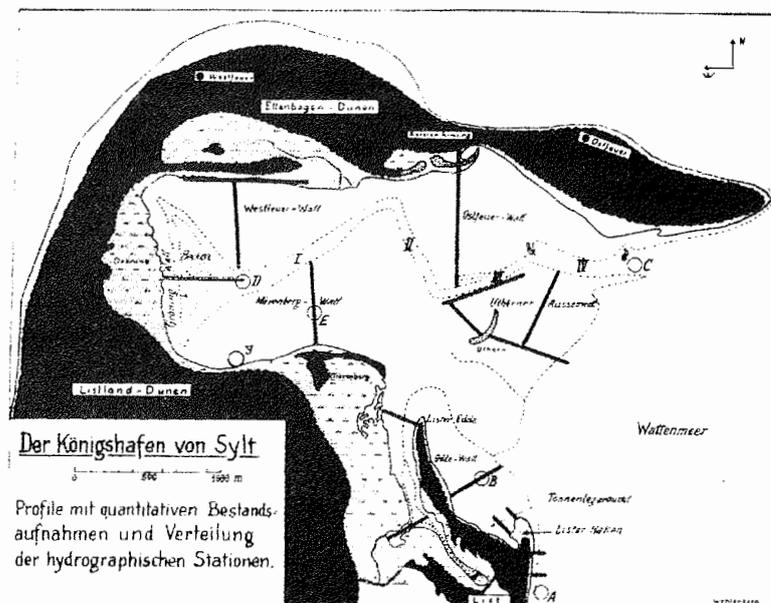


Abb. 3: Profile mit quantitativen Bestandsaufnahmen und Verteilung der hydrographischen Stationen (Wohlenberg 1937)

Innerhalb des eulitoralen Gebiets des Königshafens untersucht Wohlenberg die Besiedlung entlang verschiedener Profillinien sowie an Einzelstationen (Abb. 3). Besondere idiosynkratische Beachtung finden wattökologische Phänomene zur lokalen Besiedlung, deren Ursachen auf kausale Beziehungen zwischen den abiotischen Lebensbedingungen und den benthischen Organismen zurückgehen.

Wohlenberg definiert für den Königshafen fünf verschiedene „Watt-Typen“, die er zumeist nach sedimentologischen Eigenschaften benennt und denen er bestimmte Artenassoziationen („Siedlungen“) zuordnet.

Diese Watt-Typen sind geprägt durch lokale Gegebenheiten, ihre Gültigkeit ist daher im wesentlichen auf den Königshafen begrenzt.

Für den ehemaligen Geographiestudenten ist die Kenntnis des historischen Werdegangs einer Landschaft entscheidend für das Verständnis lokaler Besiedlungsstrukturen (Wohlenberg 1937).

Linke dagegen untersucht die Besiedlung des deutlich größeren Jadebusens an mehr als 300 Einzelstationen, die er nahezu gleichmäßig im Eulitoral verteilt (Linke 1939a, Abb. 4).

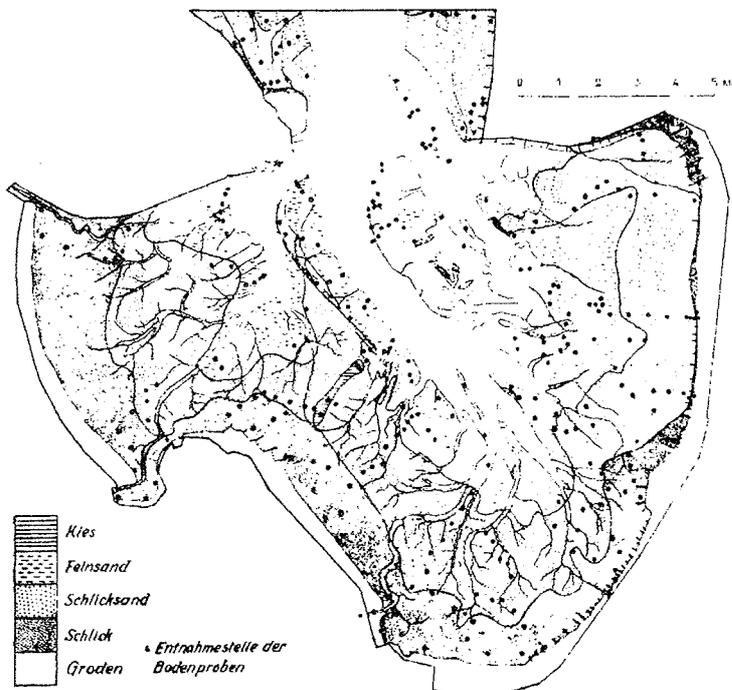


Abb. 4: Die Verteilung der Sedimentarten im Jadebusen; Punkte: Probennahmestationen (Linke (1939a))

Er sucht neben dem essentiellen hydrographisch-sedimentologischen Inventar hinaus nach weiteren Möglichkeiten, Eigenschaften des Lebensraums zu

messen. So entwickelt er zum Beispiel eine Methode zur Analyse der „Bodenhärte“ und der Wärmeleitfähigkeit verschiedener Bodentypen. Im Gegensatz zu Wohlenberg setzt der ehemalige Zoologiestudent ein deterministisches, ökologisch-soziologisches Prinzip voraus, dessen Ursprünge in der klassifikatorischen Schule der Pflanzensoziologie zu finden sind (Gislén 1930, Spärck 1935, Reise 1980). Linke ermittelt daher innerhalb des Jadebusens acht verschiedene Variationen mit untergeordneten Siedlungen der *Macoma-balthica*-Lebensgemeinschaft (Petersen 1913, Hagmeier 1925).

Nach Linke beeinflussen am nachhaltigsten die Gezeiten mit den einhergehenden lokalen Umlagerungsverhältnissen sowie Trockenliegezeiten die Besiedlungsstruktur im Jadebusen.

5.6 Vielfältige Ursachen

Dieser kurze Überblick über wesentliche Unterschiede macht deutlich, dass im Detail nicht nur verschiedene Untersuchungsstrategien in den Buchten verwendet werden, sondern beide Forscher unterschiedliche ökologisch-theoretische Grundvorstellungen haben. Möglicherweise ist das auch der Grund dafür, dass die Ergebnisse nicht für einen überregionalen Vergleich genutzt werden, sondern eher gleichwertig als exemplarische Schilderungen des Lebensraumes Watt berücksichtigt worden sind (Remane 1940, Gessner 1957).

Ursachen für diese tiefgreifenden Unterschiede sind u.a. in der Begleitung durch Hagmeier zu vermuten. Offensichtlich hat er seinen Mitarbeitern viel Freiraum gegeben, die Untersuchungsstrategie und -methodik zu konzipieren und umzusetzen. Denkbar ist auch, dass Hagmeier der Herangehensweise Linkes eher zugeneigt gewesen ist und es ihn somit nicht drängte, dem Beispiel Wohlenbergs zu folgen. Der Freiraum wurde von den ausgeprägten Persönlichkeiten genutzt, um eigene Ideen und Anschauungen zu verwirklichen. Die Wurzeln sind zu finden im persönlichen Werdegang sowie in den wissenschaftlichen Ausbildungswegen der beiden (Polanyi 1966, Bietz & Reise 2002). Als gebürtiger Nordfriese studiert Wohlenberg u.a. bei Siegfried Passarge in Hamburg Biologie, Chemie und Geographie (Wohlenberg 1931a). In seiner Doktorarbeit beschäftigt er sich mit dem morphologisch-topographischen Werdegang der Grünen Insel in der Eidermündung. Während der Feldarbeit im Königshafen 1934-1936 und seiner anschließenden Tätigkeit als biologischer Sachbearbeiter für Landgewinnung an der Forschungsstelle Büsum bleibt er dem Watt als Haupttätigkeitsfeld treu. Neben biologischen Wattuntersuchungen konzentriert er sich auf die heimatkundliche und kulturhistorische Forschung als Leiter des Nissenhauses, Husum (Lengsfeld 1993).

Linke dagegen stammt aus dem küstenfernen Leipzig und promoviert bei Johannes Meisenheimer über die Histogenese des Geschlechtsapparates von Vorderkiemer-Schnecken der Gattung *Littorina* (Linke 1933a). Mit seinem anschließenden thematischen Wechsel zur Ökologie des Wattenmeeres zeigt er sich ebenso flexibel wie 1938, als er an der Forschungsküste Küste, Norderney, Beschäftigung mit hydrologischem und sedimentologischen Schwerpunkt findet. 1951 wechselt er schließlich an das Franzius-Institut in Hannover, um sich dort schwerpunktmäßig der Laborfotografie zu widmen.

Die individuellen Persönlichkeiten und Ausbildungswege sind vermutlich ausschlaggebend bei der Herangehensweise an die wissenschaftliche Aufgabe.

5.7 Konsequenzen für die moderne und zukünftige Meeresforschung

Die tiefgreifenden strukturellen und methodischen Unterschiede zeigen, dass selbst bei Untersuchungen innerhalb derselben Forschungsepoche und mit demselben Forschungsansatz erhebliche Differenzen auftreten können. Erst eine methodische, soziologische und forschungspolitische Analyse ermöglicht, den jeweiligen epistemologischen Wert sowie Grenzen der Vergleichbarkeit einzuschätzen.

Das Beispiel der historischen Wattforschung deutet aber auch auf Konsequenzen für die moderne Wissenschaft hin: Wenn für eine Einbeziehung historischer Untersuchungen soziologische, logistische und ggf. forschungspolitische Rahmenbedingungen von Bedeutung sind, dann sollte dies auch für die künftige Verwendung aktueller Meeresforschung gelten. Vermutlich war es Wohlenberg und Linke in den dreißiger Jahren nicht vorstellbar oder belanglos, die spätere Bedeutung ihrer wissenschaftsmethodischen Erkenntnisse abzuschätzen. Diese Haltung gilt sicher auch für manche aktuellen Forschungsansätze. Doch gerade dann, wenn zukünftige wissenschaftliche Fragestellungen weitestgehend unbekannt sind, sollte die aktuelle Forschung sich ihrer historischen Reichweite bewusst sein. Mögen wissenschaftliche Daten heutzutage eindeutige Schlüsse zulassen und sich in das Konzert begleitender interdisziplinärer Meeresforschung einreihen, kann dennoch nicht ausgeschlossen werden, dass sie schon in einigen Jahrzehnten als historische Grundlage nicht mehr dienen können.

Diesem Dilemma könnte begegnet werden, wenn neben den wissenschaftlichen Methoden, den erhobenen Daten und ihrer Interpretation soziologische und forschungspolitische Rahmenbedingungen dokumentiert werden. Dazu gehören z.B. auch Gespräche mit Seniorwissenschaftlern zu Lebzeiten und - unter Beachtung des wissenschaftshistorischen Bezugs - deren Veröffentlichung (z.B. Rumohr 1999, Storch 2002). Diese Aufzeichnungen können somit für die Nachwelt Eindrücke der aktuellen Forschung erhalten, die über wissenschaftliche Erkenntnisse hinausgehen und soziale Strukturen dokumentieren.

Mag die zukünftige Zweckmäßigkeit dieser Aspekte zunächst nicht immer offensichtlich sein, könnte auf diese Weise die wissenschaftshistorische Bedeutung und „Verwendbarkeit“ mancher aktueller Forschungsvorhaben verlängert werden.

6 Die frühe deutsche Wattenmeerforschung im 20. Jhd: Begründen Pionierarbeiten Wege in die Isolation?

Hauke Bietz (Wiefelstede); Historisch-meereskundliches Jahrbuch (subm.)

Zusammenfassung

Die deutsche ökologische Wattenforschung kann auf eine mehr als 130-jährige Tradition zurückblicken. Angefangen mit den ersten Untersuchungen von Karl Möbius im 19. Jhd. etablierte sich eine zweite innovative Forschungsphase in den dreißiger und vierziger Jahren des letzten Jahrhunderts. Unter der Leitung von Arthur Hagmeier (1886-1957) entwickelte sich an der Biologischen Anstalt Helgoland eine wegweisende wissenschaftliche Schule zur ökologischen Wattforschung mit anwendungsorientiertem Schwerpunkt. Mit dem 2. Weltkrieg fand die marine Forschung ein abruptes Ende. Erst allmählich gelang es anschließend, an die vorangegangene Forschungsphase anzuknüpfen. Bis in die siebziger Jahre wurden abermals anwendungsorientierte Ziele im Bereich der Landgewinnung und der Küstensicherung verfolgt. Ökologisch-theoretisch basierten die Arbeiten auf dem holistischen Konzept der Lebensgemeinschaften. In den Wattenmeeranrainerstaaten Dänemark und den Niederlanden sowie Großbritannien wurden dagegen vielfältige populations-, produktionsbiologische und autökologische Fragen behandelt, früh wurden ökosystemare Ansätze entwickelt. Vor allem die dänische Wattforschung erarbeitete weitreichende sozio-ökologische und produktionsbiologische Methoden. Die niederländische Küstenforschung konzentrierte sich zunächst auf fischereibiologische Aufgaben und später auf verschiedene grundlegende und anwendungsbezogene ökologische Aspekte. Mehrere Institute waren in Großbritannien an der Wattforschung beteiligt, vielschichtige Forschungsziele wurden angestrebt. Sozio-ökologische Untersuchungen behandelten vorwiegend Zonierungsmuster der benthischen Besiedlung. Während des Kriegs litten vor allem die niederländischen und dänischen Institute unter den Folgen der deutschen Besatzung.

Die deutsche Wattforschung zeichnet insbesondere durch die anwendungsorientierten Forschungsziele, Küstenschutz und Landgewinnung, und das Konzept Lebensgemeinschaft aus. Eine ausgeprägte Diskussion auf universitärer Ebene blieb aus. Diese wissenschaftsmethodische und -theoretische Kontinuität führt die in den 1930er Jahren wegweisende deutsche Wattforschung nach dem Krieg in die Isolation. Erst mit der Einbindung in internationale Programme konnte sich ab den siebziger Jahren abermals eine auch im Ausland beachtete Wattforschung entwickeln.

6.1 Einleitung

Die ökologische Wattforschung hat heute zum Ziel, Veränderungen in der Natur des Wattenmeeres zu erfassen und Handlungskonzepte für eine nachhaltige Nutzung zu erarbeiten (Dittmann 1999). Vergleiche von modernen und historischen Untersuchungen ermöglichen, langfristige Veränderungen im Artenspektrum und in der Häufigkeit von Flora und Fauna zu dokumentieren (z.B. Reise & Schubert 1987, Reise 1995). Von besonderem Interesse sind dabei möglichst weit zurückliegende und umfassende Untersuchungen wie die aus der ersten Hälfte des 20. Jhdts. (z.B. Hagmeier & Kändler 1927, Wohlenberg 1937, Linke 1939a).

Weitreichende Studien zum Lebensraum Wattenmeer wurden zunächst an der Biologischen Anstalt Helgoland (BAH) und später an weiteren Küstenforschungsinstituten entwickelt. Im Gegensatz zu heutigen Forschungsansätzen, die sich besonders mit Fragen zum Schutz des Naturraumes befassen, standen damals der Küstenschutz, die fischereiwirtschaftliche Nutzung und die Landgewinnung im Vordergrund (Linke 1940).

Mit dem II. Weltkrieg wurden logistische Strukturen, Arbeitsgemeinschaften und Gebäude zerstört (Werner 1993, Bietz & Reise 2002). Der Wiederaufbau der BAH und anderer wissenschaftlicher Küsteninstitute nach 1945 erfolgte erst all-

mählich. In erkenntnistheoretischer Hinsicht konnte die biologische Wattforschung jedoch nicht mehr an die Bedeutung der wegweisenden Pionierarbeiten anschließen. Neue ökologisch-theoretische Konzepte wurden im Ausland entwickelt und erst im Rahmen internationaler Zusammenarbeit ab den siebziger Jahren in Deutschland eingeführt.

Bislang sind die Ursachen für die späte Einbindung unklar. Möglicherweise sind es wesentliche wissenschaftstheoretische Merkmale der deutschen Wattforschung, die einer internationalen Kooperation entgegenstanden. In diesem Zusammenhang kommt den Pionierarbeiten eine besondere Bedeutung, finden sich in ihnen doch Ansätze, die noch bis in die sechziger Jahre bedeutsam waren (Bietz & Reise 2002).

Hinweise auf wesentliche Merkmale der deutschen Wattforschung kann erst eine vergleichende Betrachtung der wissenschaftshistorischen Entwicklung in Deutschland und in den anderen Ländern geben.

Der Artikel hat daher zum Ziel, Grundzüge der sich entwickelnden deutschen Wattforschung bis in die sechziger Jahre des 20. Jhdts. zu verfolgen. Die Gegenüberstellung mit den Forschungsaktivitäten in Dänemark, den Niederlanden und Großbritannien kann schließlich zu einem besseren Verständnis für die historischen Forschungsansätze und Rahmenbedingungen in Deutschland beitragen.

6.2 Entwicklung der frühen deutschen Wattenmeerforschung: Ein Überblick

6.2.1 Wegbereitende Pioniere der deutschen Wattforschung und ihre Arbeiten

6.2.1.1 Arthur Hagmeier

Am Beginn der modernen wissenschaftlichen Wattforschung stand die Sorge um den schwindenden Bestand der Auster (*Ostrea edulis*). Karl Möbius (1825 - 1908) untersuchte die nordfriesischen Muschelbänke und prägte angesichts der engen Beziehungen zwischen den Organismen und ihrer Umwelt den Begriff der Lebensgemeinschaft (Möbius 1877). Die Austern und weitere benthische Organismen waren auch Forschungsgegenstand der 1892 gegründeten Biologischen Anstalt Helgoland.

Ab 1912 befasste sich deren Mitarbeiter Arthur Hagmeier (1886-1957) im „Austerngehöft“ auf Sylt mit der Zucht von Austern und anderen Muscheln.

In den 1924 eingerichteten fiskalischen Austernanlagen in List auf Sylt wurden „wissenschaftliche und fischereiliche Untersuchungen über den Zustand der fiskalischen Austernbänke durchgeführt und praktisch brauchbare Methoden für die künstliche Austernzucht erarbeitet“ (Hagmeier in Werner 1993).

Mit den neu gewonnenen Erkenntnissen wurde angestrebt, das Küstengewässer und seine biologische Produktivität effizient und nachhaltig zu nutzen. Die im Labor gezüchteten Jungmuscheln sollten die jährliche Reproduktion sichern helfen.

1922 nahm Hagmeier an Ausfahrten des dänischen Meeresbiologen Carl Georg Johannes Petersen (1860 - 1928) teil. Petersen hatte eine Methode erarbeitet, mit der die bodenbewohnenden Organismen der Nordsee pro Flächeneinheit quantitativ erfasst werden konnten (Petersen 1911). Mit Hilfe des nach ihm be-

nannten Bodengreifers konnte der Däne lokale Besiedlungsmuster als Lebensgemeinschaften abgrenzen, die er nach den jeweils dominanten Arten bezeichnete. Die im Wattenmeer und angrenzenden Küstengewässer anzutreffenden benthischen Assoziationen gehören demnach der *Macoma-balthica*-Lebensgemeinschaft an (Hagmeier 1925).

Überzeugt von der Arbeitsweise Petersens wandte Hagmeier die quantitativen Methoden im deutschen Küstengewässer an (Hagmeier 1925, Mielck 1930). Gemeinsam mit seinem Mitarbeiter Rudolf Kändler (1899 - 1993) befasste er sich mit der Biologie und den Lebensbedingungen der Auster im nordfriesischen Wattenmeer. Neben dem Petersen-Greifer wurden weitere Methoden angewandt (Schleppnetzfisherei mit verschiedenen Kurren, „Austernkratzer“), um die lokalen Besiedlungsstrukturen zu erfassen. Einblick in die Verwaltungsakten der Preußischen Austernfisherei AG ergaben „manche wertvolle Tatsachen, welche zur Beurteilung biologischer und wirtschaftlicher Fragen beigetragen haben“.

Diese Arbeit beschrieb erstmalig das Arteninventar auf nordfriesischen Wattflächen sowie die benthischen Siedlungsgemeinschaften in verschiedenen Habitaten (Sandwatt, Austernbänke, Miesmuschelbänke, Sandkorallenriffe (*Sabellaria spinulosa*), Hagmeier & Kändler 1927).

Ausgehend von der Petersen'schen *Macoma-balthica*-Lebensgemeinschaft analysierte Hagmeier im nordfriesischen Watt 3 Unterabteilungen, die jeweils nach den dominierenden Arten benannt wurden und denen bestimmte Bodenarten zugeordnet wurden.

Hagmeiers programmatischer Ansatz war die ganzheitliche Erfassung der Lebensbedingungen und Siedlungsgemeinschaften im Watt, für die er mit den ökologischen Untersuchungen im nordfriesischen Watt einen ersten Beitrag lieferte. „Die Bodenbesiedlung des Wattenmeeres lässt sich nur dann verstehen, wenn die mannigfachen örtlichen Verhältnisse berücksichtigt werden. Es genügt hier nicht, etwa nur die Bodenbeschaffenheit und die Wassertiefe anzugeben, sondern jeder Fundort muss außerdem noch mit seiner Lage zum System der Rinnen und Tiefen, mit der besonderen Wirkung der Wasserströmung u.a. gekennzeichnet werden.“ (Hagmeier & Kändler 1927). Ziel weiterer Untersuchungen sollte es sein, „schwach besiedelte Gebiete gegenüber den reich bevölkerten besser abgrenzen“ zu können. Ausstehende Kenntnisse über den „Gehalt an Plankton, Nannoplankton und an organischem Detritus“ wären „von großem Wert für die biologische Beurteilung [der Wattflächen] und besonders für die Austernbiologie“ (Hagmeier & Kändler 1927). Die systematische Untersuchung der benthischen Lebensbedingungen im Watt

Die Erkenntnisse Hagmeiers und Kändlers konnten das Verschwinden der Auster jedoch nicht aufhalten. Die übermäßige Befischung hatte den hartschaligen Siedlungsgrund zerstört und die Wiederbesiedlung verhindert. Mit der quantitativen Untersuchung der benthischen Organismen verfolgte jedoch Hagmeier die Idee, dass das Wattenmeer „einen dauernden Beitrag zur Ernährung des deutschen Volkes liefern“ könnte (Hagmeier 1941). Er sah in einer „planvollen Kultivierung von Austern- und Muschelbänken“ die Möglichkeit, die biologische Produktivität nachhaltig und dauerhaft für den Menschen zu nutzen.

Die Erkenntnis enger Beziehungen zwischen den bodenbewohnenden Organismen als Nahrungstiere der Nutzfische war für den 1934 zum Direktor der BAH ernannten Hagmeier ausschlaggebend, neben der an der BAH traditionellen Fi-

schereiforschung den Bereich der Benthosforschung auszubauen. „Das praktische Endziel hierbei ist es, die Voraussetzungen für den höchstmöglichen Ertrag der Fischerei klarzustellen“ (Hagmeier 1939). Dabei gelte es „die Fischerei so in das Gefüge der ökologischen Faktoren einzubauen, dass der Nutzfischbestand dauernd produktionsfähig bleibt und stets den höchstmöglichen, an wertvollen Arten reichen Ertrag liefert“ (Hagmeier 1942). Eine wesentliche Basis, um Bestandsveränderungen frühzeitig zu erkennen, sah Hagmeier in der Benthosforschung. Sie verband somit wissenschaftliche mit volkswirtschaftlichen Zielen. Ein weiteres Argument war die Notwendigkeit der Erforschung der Heimat als kultureller Wert und die Befürchtung, in diesem Punkt den anderen Nordseeanrainestaaten zurückzustehen (Werner 1993).

6.2.1.2 Erich Wohlenberg

Ab 1932 beauftragte Arthur Hagmeier Erich Wohlenberg (1903-1993) die Lebensgemeinschaften des Königshafens bei Sylt zu untersuchen. Aufgrund seiner Doktorarbeit über Verlandungsvorgänge in der Eidermündung gehörte Wohlenberg zu den in der biologischen Bestandsaufnahme erfahrenen Wattforschern (vgl. Wohlenberg 1932). Seine Aufgabe war es, die benthischen Lebensgemeinschaften im Königshafen mit ihren Beziehungen zu dem sie umgebenden Lebensraum zu untersuchen.

Er verstand seine Arbeit als wissenschaftliche Basis für Landgewinnungsarbeiten im nordfriesischen Wattenmeer (Lorenzen 1938, Kolumbe 1938). „Die Kenntnis der Organismen und ihrer Lebensweise sind die Grundlage dafür, ihre Leistung für den Gesamthaushalt der Watten abzuschätzen. Sie gibt uns Richtlinien, die Anreicherung der Wattsedimente mit organischen Stoffen zu lenken und zu fördern, wodurch die Ablagerungen vor unseren Küsten – nationalwirtschaftlich gesehen – erst den Charakter wertvoller und für lange Zeiten ergiebiger Böden erhalten“ (Wohlenberg 1937).

Innerhalb des Königshafens definierte Wohlenberg fünf lokale Bodentypen, denen er bestimmte Siedlungen benthischer Organismen zuordnete („Fossiler Schlick“, „Mudd-Watt“, „Schlickwatt“, „Sand-Watt“ sowie „Blaualggen-Watt“).

Wohlenberg beschrieb idiosynkratisch ökologische Phänomene, um am Beispiel generelle Beziehungen zwischen benthischen Organismen und ihrer Umwelt aufzudecken.

Wohlenberg fand 1934, also drei Jahre vor Veröffentlichung dieser Arbeit, eine Anstellung als biologischer Sachbearbeiter an der neugegründeten Forschungsstelle Westküste in Büsum. Dort koordinierte er die Arbeiten zur biologischen Bestandsaufnahme im Rahmen der umfangreichen interdisziplinären Forschungen zur Landgewinnung in Nordfriesland (Lorenzen 1938).

6.2.1.3 Otto Linke

Als Erweiterung zu den Arbeiten im Königshafen wurde Otto Linke (1909-2002) 1934 von Hagmeier beauftragt, die Biota des Jadebusenwatts zu untersuchen (Linke 1939a). Der Jadebusen ist deutlich größer als der Königshafen. Linke durchquerte die Bucht mit dem eigenen Boot sowie auf dem Wohnschiff „Heidina“ des Strombauressorts der Marinewerft Wilhelmshaven. Am Senckenberg-Institut Wilhelmshaven konnte er ein Arbeitszimmer nutzen und stand mit dem damaligen Leiter Rudolf Richter sowie mit dem Regierungsbaurat O. Lüders im wissenschaftlichen Austausch.

Im Gegensatz zu Wohlenberg erforschte Linke die Bucht nicht entlang bestimmter Profillinien, sondern an mehr als 300 gleichmäßig im Eulitoral verteilten Probenahmestandorten. Die vorgefundenen Artenassoziationen ordnete er nach sozio-ökologischen Aspekten acht Variationen mit zusammen 12 Siedlungen zu. Namensgebend waren nicht die lokalen Sedimenttypen wie bei Wohlenberg, sondern die jeweils dominierenden Arten. Der wesentliche Faktor, der die Besiedlungsstruktur beeinflusst, sind nach seiner Ansicht die Gezeiten mit den einhergehenden lokalen Strömungsgeschwindigkeiten sowie dem Wellengang.

Insgesamt begründeten die Arbeiten Hagmeiers, Wohlenbergs und Linkes eine wegweisende Phase der anwendungsbezogenen Wattforschung in Deutschland. Individuelle Schwerpunkte ergaben sich nicht nur aus den lokalen Gegebenheiten, sondern auch aus den Ausbildungswegen und Persönlichkeiten (Polanyi 1966, Bietz 2003, Bietz & Reise in press). Die Arbeiten basierten auf demselben ökologischen Konzept der Lebensgemeinschaften, das in der deutschen Wattforschung bis in die sechziger Jahre Einfluss behielt. Die insbesondere von Wohlenberg entwickelte biologische Bestandsaufnahme wurde zum festen methodischen Repertoire in der Landgewinnung (Plath 1943, Lorenzen 1938, 1960). Nach Wohlenberg eignete sie sich vor allem dadurch, dass sie über die lokalen Besiedlungsmuster integrativ die Ausprägungen abiotischer Faktoren widerspiegelt und somit Rückschlüsse auf die Sedimentbeschaffenheit erlaubt (Wohlenberg 1937).

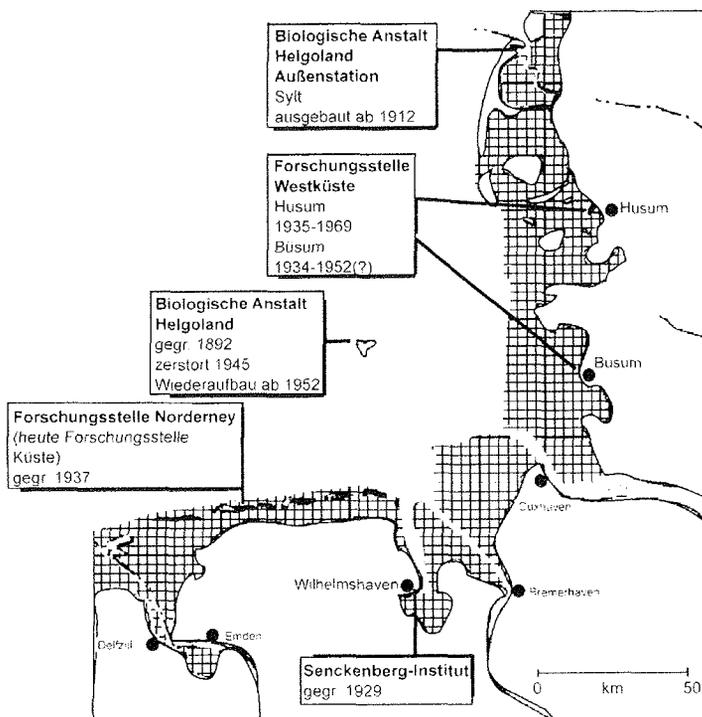


Abb. 5: Übersicht über die in der Wattforschung tätigen Küsteninstitute (schraffiert: Wattfläche innerhalb der 10 m Tiefenlinie)

6.3 Die Institutionalisierung der Wattforschung

Die in der ersten Hälfte des 20. Jhdts. intensivierte Wattforschung ist eng mit der wissenschaftlichen Arbeit der BAH verbunden. Weitere Küsteninstitute wurden in den 20er und 30er Jahren gegründet (Abb. 5). Ihre Arbeit konzentrierte sich in erster Linie auf anwendungsbezogene Forschungsziele und basiert zum Teil auf den an der BAH erarbeiteten Grundlagen (Tab. 6).

6.3.1 Die Biologische Anstalt Helgoland

Die 1892 gegründete BAH war die erste meeresbiologische Station in Deutschland und im Vergleich zu Stationen z.B. in Neapel (1872), Edinburgh (1877), Kristineberg (1877) spät gegründet. Zwar wurden schon in den vorangegangenen Jahrzehnten auf Helgoland faunistisch-floristische Untersuchungen durchgeführt (Werner 1993), und an der ostfriesischen Küste wurde in den achtziger Jahren des 19. Jhdts. eine zoologische Wanderstation betrieben (Ehrenbaum 1885), erst die politische Einigung Deutschlands mit Großbritannien, die Insel Helgoland gegen die deutsche Kolonie Sansibar einzutauschen, ermöglichte die Einrichtung einer festen Station im Meer.

Tab. 6: Wichtige, an der ökologischen Küstenforschung beteiligten Institute und wesentliche Aufgabenbereiche

Institut	Forschungsaufgaben
Biologische Anstalt Helgoland (gegr. 1892)	<ul style="list-style-type: none"> • Forschungen zur marinen Biologie (Systematik, Zoologie, Meeresbotanik) • Beteiligung an der Internationalen Meeresforschung zur Sicherung der Nutzfischbestände, Planktonforschung, Hydrologie, Geologie • Grundlagenforschung zur Erhaltung und Optimierung des Muschelertrags, insbesondere der Auster und der Miesmuschel • Ornithologie
Senckenberg-Institut Wilhelmshaven (gegr. 1929)	<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung sedimentbewohnender Organismen • Aktuopalaontologie • Hydrologie, Sedimentologie
Forschungsstelle Westküste Büsum (gegr. 1934) Husum (gegr. 1935)	<ul style="list-style-type: none"> • Interdisziplinäre Forschung zur Landgewinnung • Hydrologie, Sedimentologie • Biologie: Biologische Bestandsaufnahme der sedimentanzeigenden Artengemeinschaften
Forschungsstelle Norderney (gegr. 1937)	<ul style="list-style-type: none"> • Interdisziplinäre Forschung zum Schutz der Insel Norderney, und weiterer Küstenabschnitte • Hydrologie, Sedimentologie • Biologische Bestandsaufnahme der sedimentanzeigenden Artengemeinschaften

Die BAH hatte die dualistische Aufgabe, anwendungsbezogene und grundlagenorientierte Meeresforschung zu betreiben. Schon der erste Direktor der BAH, Friedrich Heincke (1852 – 1921), schrieb 1893: „Es gilt, allgemein gesagt, das Gesamtleben des Meeres, zunächst eines kleineren Gebiets, wissenschaftlich zu erkennen, seine Produktionskraft, seine Ernährungs-, und Zeugungsbedingungen zu erforschen, [um] das Meer möglichst produktiv für den Menschen zu machen, eine rationelle Befischung und schließlich Bewirtschaftung desselben zu schaffen“ (Heincke 1893).

Anfang des 20. Jhdts. hatte die Anstalt zunächst das Ziel, die Veränderung des Nutzfischbestandes in der Nordsee zu verfolgen, um „die Frage der Überfischung praktisch-wissenschaftlich zu lösen“ (Mielck 1930). Schwerpunkte waren daher vor allem die Untersuchung des Herings (*Clupea harengus*) und der Scholle (*Pleuronectes platessa*). Die Arbeiten wurden von der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung (DWK) durchgeführt und flossen in die Internationale Meeresforschung (International Council for the Exploration of the Sea (ICES)) ein.

Die ab 1912 maßgeblich von Hagmeier entwickelte Benthosforschung im deutschen Wattenmeer war eine eigenständige Forschungsrichtung, die nicht Bestandteil der Internationalen Meeresforschung war und die sich insbesondere auf die Muschelzucht konzentrierte. Zwar hatten französische und englische Forscher ähnliche Ziele, nämlich den Ertrag der Austernfischerei zu optimieren, die besonderen klimatischen, hydrologischen und sedimentologischen Gegebenheiten in Deutschland erforderten jedoch eigenständige Lösungen (Gislén 1930, Hagmeier & Kändler 1927).

Ab 1922 wurde der von Petersen entwickelte Bodengreifer in das methodische Repertoire aufgenommen (Mielck 1930, Hagmeier 1930b). Hagmeier wandte diese Technik in Küstennähe u.a. vor den ostfriesischen Inseln und im Cuxhavener Hafenbecken an (Hagmeier 1925, 1930b) und befasste sich zusätzlich mit der Aufzucht der fischereilich wichtigen Austern im Wattenmeer (Hagmeier 1916, 1930a). 1924 wurde in List auf Sylt ein Zweiglaboratorium der BAH zur Austernforschung untergebracht, um Wege für eine nachhaltige Nutzung nordfriesischer Austernbänke zu finden. Somit wurde mit anwendungsbezogenen Forschungszielen das deutsche Küstengewässer und insbesondere das Wattenmeer in das Untersuchungsgebiet der BAH aufgenommen.

6.3.2 Senckenberg-Institut Wilhelmshaven

1928 eröffnete das Senckenberg-Institut als Außenstelle der Frankfurter Zentrale in Wilhelmshaven seinen Betrieb. Der erste Direktor Rudolf Richter sah im Watt die Möglichkeit, rezente Sedimentbildungsprozesse zu beobachten. Für ihn waren die „seichten Meeresgründe [...] der Schlüssel, den der Geologe für seine wissenschaftlichen Arbeiten und praktischen Untersuchungen an Schichtgesteinen unmittelbar verwenden kann.“ (Richter 1929)

Der marinen Biologie kam die Aufgabe zu, über die Lebensweise und Häufigkeit der benthischen Organismen auf ihren sedimentgestaltenden Einfluss zu schließen. Es galt im Rahmen der so genannten Aktuobiologie, die „engen Beziehungen zwischen den Organismen und dem sedimentologischen Geschehen“ zu analysieren (Türkay et al. 1987).

Die Forscher am Senckenberg-Institut Wilhelmshaven interessierten somit alle Spuren, die benthische Bewohner im Watt zurückließen, wie Grab- und Kriechspuren, Pflanzen und Veränderungen der toten Tierkörper, ihre Skelettrückstände und Muschelschalen (z.B. Linke 1935c, 1936a, Trusheim 1936, Häntzschel 1939, 1953). In der so genannten Biofazieskunde wurden die in den sedimentären Horizonten gefundenen Tiere und Pflanzen untersucht und auf die geologisch-hydrologischen und ökologischen Verhältnisse rückgeschlossen.

Aufgrund der geographischen Lage und der Nähe zum Reichkriegshafen zwischen dem Jadebusen und der Nordsee wurde Wilhelmshaven als Standort ausgewählt. Auf diese Weise konnten für Forschungszwecke „technische Ein-

richtungen für Wasserbau und Schifffahrt, Trockendocks, Saugbagger, verschiedene Bodengreifer und eine Wasserbauversuchsanstalt“ genutzt werden (Richter 1929, Schäfer 1953).

Vom beiderseitigen Nutzen der meeresgeologischen Forschung überzeugt, wurde die Arbeitsgemeinschaft von Marine und Geologie gegründet.

Die logistischen Möglichkeiten konnte auch Linke nutzen, der als Beschäftigter der BAH zeitweilig in Wilhelmshaven einen Arbeitsraum nutzen konnte (Linke 1939a).

6.3.3 Forschungsstelle Westküste

In der Provinz Schleswig-Holstein wurde die Forschungsstelle Westküste an den Standorten Büsum (1934) und Husum (1935) errichtet. Ihr Aufgabenfeld ist eng verbunden mit dem 1934 aufgestellten staatlichen Zehnjahresplan, der logistisch eine „enge in sich geschlossene organische Einheit“ verlangte (Lorenzen 1938). Wasserbauingenieure, Naturwissenschaftler und Mitarbeiter aus der Staats- und Selbstverwaltung befassten sich mit der Frage, wie möglichst große Wattflächen eingedeicht und landwirtschaftlich nutzbar gemacht werden konnten (Lorenzen 1938, 1960, Petersen 1973). Ziel war es, Grundlagen für die komplette Eindeichung des nordfriesischen Wattenmeers zwischen Sylt und der Eiderstedt zu erarbeiten (Petersen 1973). Zu diesem Zweck galt es, eine umfangreiche interdisziplinäre Bestandsaufnahme anzufertigen und darauf aufbauend den Gezeiten- und Sinkstoffhaushalt zu ermitteln. Der Biologie oblag es, „den Anteil der Lebewesen an der Zerstörung, Erhaltung und Neubildung von Boden“ zu ermitteln (Petersen 1973).

Zu diesem Zweck entwickelte Wohlenberg als Kartierungsmethode die biologische Bestandsaufnahme, nach der über die bodenlebenden Lebensgemeinschaften auf die Sedimentzusammensetzung zu schließen ist (Wohlenberg 1937, Iwersen 1943, Plath 1943).

Zwischen 1935 und 1939 wurden im nordfriesischen Watt umfassende Kartierungen vorgenommen, bei denen drei verschiedene neuentwickelte Methoden vergleichend angewandt wurden: „die beobachtend-beschreibende Übersichtskartierung nach Stremme und Ostendorff, die biologische Bestandsaufnahme nach Wohlenberg und Plath und physikalisch-chemische Untersuchungen auf analytischem Weg“ (Iwersen 1943). In biologischer Hinsicht wurden sedimenttypische benthische Arten analysiert und die Verteilung von fünf sedimentanzeigenden Artengruppen angewandt (Plath 1943). Die Ergebnisse dieser interdisziplinären Kartierungsmaßnahme trugen zu grundlegenden Kenntnissen über die Verteilung der Sedimenttypen Schlick, Schluff und Sand im nordfriesischen Watt bei. Sie gaben Hinweise auf „deichreife“ Wattflächen und auf die Verteilung von Wattgräben, Lahnungen und Kulturflächen für Pionierpflanzen (Iwersen 1943).

Systematische floristische Kulturmaßnahmen mit verschiedenen Salzpflanzen wie dem Schlickgras (*Spartina townsendii*) und dem Queller (*Salicornia herbacea*) sollten dazu beitragen, „den natürlichen Entwicklungsgang der Seemarschen zu fördern und zu beschleunigen“ (Wohlenberg 1938, Linke 1940). So ermöglichte eine grundlegende „Kenntnis der Keimungsbiologie des Quellers, die Entwicklung einer Saatmaschine sowie die Gewinnung und Haltung der Quellersamen“ (Linke 1940).

Wohlenberg war ab 1934 als biologischer Sachbearbeiter und mit Unterbrechung zwischen 1939 und 1969 als Leiter der Station eingesetzt (Lengsfeld 1993).

6.3.4 Forschungsstelle Norderney

1937 wurde die Forschungsstelle Norderney mit dem Ziel gegründet, Grundlagen für den Insel- und Küstenschutz zu erarbeiten. Neben ökologischen Beobachtungen waren es vor allem hydrologisch-sedimentologische Untersuchungen, die an der Entwicklung von küstenbaulichen Maßnahmen zunächst zum Schutz Norderneys beitragen sollten (Kunz 1999). Ausgehend von der strömungsbedingten Sandverfrachtung vor Norderney trat das Problem zur Inselnsicherung in den Vordergrund. So entwickelte Linke erstmals wissenschaftliche Methoden, den strömungsbedingten Sedimenttransport auf dem Wattboden zu erfassen (Linke 1939b, 1943). Die Untersuchung natürlicher Schillablagerungen im Watt als Kalkquelle für die Geflügelfütterung war ein weiteres Ziel (Linke 1940).

6.4 Der Einbruch der Wattforschung zur Zeit des 2. Weltkriegs

Mit der Einrichtung der drei genannten Küstenforschungsinstitute erhöht sich die Zahl der in der Wattforschung beteiligten Wissenschaftler. Fachwissenschaftliche Ausrichtungen der Institute prägen eine wegweisende Forschungsphase, auf die die Pionierarbeiten Hagmeiers, Wohlenbergs und Linkes erheblichen Einfluss hatten.

Im Verlauf des Krieges wurden wichtige Institutsgebäude zweckentfremdet oder zerstört und Arbeitsgruppen aufgelöst (Bückmann 1957, Petersen 1973, Bietz & Reise 2002). Die BAH diente zum Teil als Lazarett. Als Direktor der BAH konzentrierte sich Hagmeier auf die Aufrechterhaltung eines minimalen Forschungsbetriebs. 1945 wurde die wissenschaftliche Anstalt von Bombardements zerstört und umfangreiches Forschungsmaterial ging verloren. Die Bewohner mussten die Insel verlassen (Hagmeier 1951a, E. Hagmeier 1998).

In Nordfriesland wurde das Großprojekt der nordfriesischen Landgewinnungsmaßnahmen 1943 eingestellt (Lorenzen 1960). Zum einen wurden die finanziellen staatlichen Zuwendungen reduziert und zum anderen wurden Mitarbeiter zum Kriegsdienst einberufen, aus dem sie zum Teil nicht wiederkehrten. U.a. fiel 1943 der wissenschaftliche Mitarbeiter der Forschungsstelle Westküste Martin Plath (Lohse 1943).

Die persönlichen und fachwissenschaftlichen Verbindungen zwischen der Marine und dem Senckenberg-Institut fanden ebenfalls ihr Ende mit dem Krieg. Nach 1945 mussten neue finanzielle und logistische Möglichkeiten erschlossen werden. (Schäfer 1953)

Aufgrund dieser personellen, finanziellen und logistischen Einschränkungen kam die Wattforschung mit dem Ende des 2. Weltkriegs zum Erliegen. Erst allmählich gelang nach 1945 der Wiederaufbau der Forschungsinstitute.

6.5 Die Entwicklung der Wattforschung nach 1945

Mit der Evakuierung Helgolands 1945 zog Hagmeier mit seiner Familie nach Wedel. Nach dem Krieg wurde er damit beauftragt, die BAH wieder aufzubauen. Ausgehend von dem erhalten gebliebenen Austerngehöft auf dem Sylter Ellenbogen sah Hagmeier insbesondere in der planmäßigen Muschel- und Fischzucht Möglichkeiten, in der Not die Volksernährung zu sichern (Hagmeier 1951a, E. Hagmeier 1998). Zu diesem Zweck wurden verschiedene Muschelarten ernährungsphysiologisch untersucht. Umfangreiche grundlagenorientierte ökologische Forschungen im Watt wurden nicht mehr initiiert. 1953 ging Hagmeier in Pension (E. Hagmeier 1998). Sein Nachfolger, der Fischereibiologe Adolf Bückmann, förderte physiologische Untersuchungen, die nach seiner Ansicht in den zwanziger und dreißiger Jahren vernachlässigt wurden (Werner 1993). Darüber hinaus wurde die Mikrobiologie ausgebaut.

Wohlenberg wurde 1945 mit Erlaubnis der amerikanischen Besatzungsmacht mit der Reorganisation der Forschungsstelle Westküste („West Coast Research Station Husum“) beauftragt. Zusätzlich übernahm er ab 1947 die Leitung des heimatkundlichen Museums Nissenhaus in Husum (Lengsfeld 1993).

Seine Hauptaufgabe als Naturwissenschaftler war abermals die Erarbeitung von Grundkenntnissen zur Landgewinnung, dem Deichbau und dem Beitrag der Fauna und Flora zur Schlickansammlung, Verlandung und Entsalzung (z.B. Wohlenberg & Plath 1953, Wohlenberg 1954, Lengsfeld 1993).

In der Tradition des schleswig-holsteinischen „Ausschuss Westküste“, der sich vor dem Krieg mit der Umsetzung des Zehnjahrsplans befasste, wurde im Herbst 1949 der länderübergreifende „Küstenausschuß der Nord- und Ostsee“ gegründet (Lorenzen 1960). Dieser freiwillige Zusammenschluss, an dem sich verschiedene Ministerien und Verwaltungen der Länder und des Bundes sowie Hochschulen beteiligten, hatte in erster Linie wissenschaftliche und wasserbautechnische Aufgaben zur Sicherung und Erweiterung der landwirtschaftlich nutzbaren küstennahen Flächen. „Die labile Natur der Seeküsten bringt es mit sich, dass sich natürliche oder künstliche Änderungen an einer Stelle auch an näheren und entfernteren Gebieten auswirken. Die Forschungen, Planungen und Seebauarbeiten müssen daher im gesamten Küstengebiet planmäßig aufeinander abgestimmt werden, damit unerwartete Folgen vermieden werden“ (Lorenzen 1960).

Dieser integrative Ansatz stand in direkter Tradition zu den planmäßigen Forschungen in den dreißiger und vierziger Jahren. Im Vergleich zum Ausschuss Westküste beteiligten sich nun alle an die Nordsee angrenzenden Bundesländer einschließlich Bremen und Hamburg. Darüber hinaus wurde die Aufgabe der Biologie neu gewichtet: So wies Kolumbe der Biologie eine „Schlüsselstellung bei der Bearbeitung der Schlick- und Bodenbildung zu“ (Kolumbe 1938). Abgesehen von der „Arbeitsgruppe 9: Bekämpfung der Bohrmuschel“ (Agatz & Gaye 1952) wurde der Biologie 1949 im „Küstenausschuß Nord- und Ostsee“ in keiner der insgesamt 12 Arbeitsgruppen explizit organisiert.

Nach Lorenzen nimmt die wissenschaftliche Arbeit in den fünfziger Jahren seinen Ausgang von den geologischen und biologischen Kartierungen vor dem Krieg. „Durch Wiederholung der Bestandsaufnahme wird ein Schlüssel in die Hand gegeben zur Deutung der Entwicklung, sowohl der Gestalt wie der sie formenden Kräfte, wie ihn so exakt weder Modellversuche noch Berechnungen

zu geben vermögen“ (Lorenzen 1960). Die biologische Bestandsaufnahme war somit eingebunden in die anwendungsbezogene Forschung zur Landgewinnung und zum Küstenschutz. Eine methodische Weiterentwicklung bzw. die Erforschung von Möglichkeiten, sie in Tidegewässern im Ausland anzuwenden, schien nicht notwendig. Eine ausgeprägte Zusammenarbeit mit der Universität Kiel zum Beispiel mit dem Institut für Meereskunde unter der Leitung des Meereszoologen Adolf Remane (1898-1976) hat nicht stattgefunden.

Ausgehend von den Untersuchungen zu den Lebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt habilitierte Wohlenberg. Einen Lehrauftrag an einer Universität hat er jedoch nicht wahrgenommen. Somit gab es keinen direkten universitären Austausch an der Forschungsstelle Westküste und keine studentische Generation, die seine Ansätze weitergeführt hätte. Mit der Pensionierung Wohlenbergs 1969 wurde die Arbeit der Forschungsstelle Westküste eingestellt.

Auch die Arbeiten an der Forschungsstelle Norderney konzentrierten sich auf anwendungsorientierte Ziele im Bereich des Küstenschutzes. Nach dem Krieg konnte Linke seine Tätigkeit dort wieder aufnehmen. Bis 1951 war er vor allem mit hydrologisch-sedimentologischen Aufgaben zum Küsten- und Inselfchutz beauftragt (Linke 1949a, 1949b, 1954). Er untersuchte erstmals die Bedeutung der Miesmuschelbänke für die Landgewinnung (Linke 1954).

Anschließend verließ er die praktische Küstenforschung und beschäftigte sich am Franzius-Institut in Hannover mit der Laborfotografie (Otto Linke jun. 2000 pers. com.).

In den fünfziger Jahren wurden die ostfriesischen Rückseitenwatten biologisch kartiert (Schuster 1951, Krause 1955, Müller 1960). Die Ergebnisse sollten helfen, „kurz- und langfristige Veränderungen des Wattbodens“ zu prognostizieren und Handlungsanweisungen für den Schutz der Küste und der vorgelagerten Inseln zu erarbeiten (Krause 1955).

Müller nutzte neben sedimentologisch-hydrologischen Untersuchungen die sedimentanzeigenden Eigenschaften bodenbewohnender Organismen, um „die Entwicklungstendenz des Wattes“ in der Leybucht kennen zu lernen (Müller 1960). Nach den Ergebnissen seiner Expertise „erfordert die Lage der Leybucht (reicher Sinkstoffanteil bedingt Landgewinnungsmaßnahmen; Fischerei leidet unter Schlickanfall) eine baldige Eindeichung“, um den Greetsieler Hafen für Fischer vor Versandung zu schützen.

In den sechziger Jahren entwickelte sich an der Universität Kiel die faunistisch-ökologische Arbeitsgemeinschaft um Adolf Remane (1899-1976) und Bernd Heydemann (Heydemann 1968, 1977). Ihre Forschungstätigkeit konzentrierte sich auf die Erfassung der Biodiversität an der Grenze zwischen Land und Meer und auf ökophysiologische Anpassungen der Arthropoden. Freiland- und Laborexperimente sollten helfen, den Wechsel der Lebensbedingungen im Übergang vom eu- zum supratidalen Bereich zu erfassen (Heydemann 1968, 1973). Dieser experimentelle Forschungsansatz basierte auf der im Ausland entwickelten Ökosystemforschung (Tansley 1935, Hedgpeth 1957) und unterschied sich von der sozio-ökologischen Herangehensweise der zeitgenössischen Wattforscher, die sich dem Eu- und Sublitoral zuwandten. Waren jene auf der Suche nach Möglichkeiten, das Wattenmeer für den Menschen nutzbar zu machen, strebten Heydemann und seine Mitarbeiter ein grundsätzliches, ökosystemares Verständnis für das Habitat Salzwiese an.

Zu einer Zusammenarbeit zwischen beiden Gruppen ist es bis in die siebziger Jahre nicht gekommen.

6.6 Die Wattforschung in Dänemark, den Niederlanden und Großbritannien

6.6.1 Dänemark

Die erste Abhandlung über die Besiedlungsverhältnisse auf den Salzwiesen und im Watt von Fanö schrieben C. Wesenberg-Lund und E. Östrup unter der Leitung von Eugenius Warming (1841-1924). Der Botaniker ist in der Geschichte der Ökologie von maßgeblicher Bedeutung, betont er doch erstmals die engen ökologischen Beziehungen zwischen den Organismen an einem Standort (Trepl 1994). Mit dieser Annahme hinsichtlich synökologischer Wechselwirkungen und Anpassungserscheinungen innerhalb faunistischer und floristischer Gesellschaften "verschaffte Warming dem Namen 'Ökologie' innerhalb kurzer Zeit internationale Verbreitung" (Trepl 1994).

Die Beschreibungen Wesenberg-Lunds und Östrups dienten als als Grundlage für spätere sozio-ökologische Arbeiten (Mortensen 1922, Thamdrup 1935, Smidt 1951).

Für die internationale marine Benthosforschung waren die quantitativen Untersuchungen des Zoologen Carl Georg Johannes Petersen (1860 – 1926) von prägender Bedeutung. Der Direktor der 1890 gegründeten Dansk Biologisk Station in Kopenhagen entwickelte erstmals Methoden, um die lokale Besiedlungsstruktur und ihre biologische Produktivität flächenbezogen zu bestimmen. Nach ersten Untersuchungen im Limfjord erforschten Petersen und seine Mitarbeiter benthische Besiedlungsmuster im dänischen Küstengewässer und der offenen Nordsee (Blegvard 1914, Petersen 1911, 1913). Der nach ihm benannte Petersen-Bodengreifer stellte eine praktikable Methode für quantitative Untersuchungen dar und fand schnell Beachtung bei ausländischen Forschern (Jones 1950). Die Zuordnung der Artenassoziationen zu regionalen Lebensgemeinschaften war für die englische, dänische und deutsche Wattforschung von erheblichem heuristischem Wert, war sie doch der Ausgangspunkt für vergleichende produktionsbiologische Analysen.

Auch in Dänemark selbst basierte die frühe Erforschung der Flachwassergebiete auf den Arbeiten Petersens und Warmings. Das Wattenmeer wurde dabei als bedeutsames Aufzuchtgebiet von Jungfischen betrachtet und als Nahrungsgrund für Nutzfische z.B. Schollen, die in der offenen Nordsee gefangen werden (Thamdrup 1935a).

Der Zoologe Harald Mogens Thamdrup (1908 - 1998) erforschte, „verschiedene Produktions-, Ernährungs- und Umsatzverhältnisse unter gebührender Rücksichtnahme auf sowohl Plankton, Bodentiere als auch Fischbestand“ (Thamdrup 1935b). Ausgangspunkt war das 1932 auf der Halbinsel Skallingen eingerichtete Laboratorium, „wo die Natur dermaßen unberührt, ohne jegliche Spur menschlichen Eingreifens geblieben ist, wie man Ähnliches kaum an der ganzen friesischen Küste wieder finden wird“ (Thamdrup 1935a). Im Mittelpunkt der dänischen Wattforschung standen neben topographischen und hydrologisch-sedimentologischen Arbeiten, ökologisch-physiologische Untersuchungen in Abhängigkeit zu den lokalen Lebensbedingungen.

So ermittelte Thamdrup erstmals neben den Verbreitungsverhältnissen benthischer Organismen Produktions-, Ernährungs- und Umsatzverhältnisse (Thamdrup 1935b). Er ist der erste Wattforscher, der lokale Respirationsraten ermittelte und somit den Einfluss von Sauerstoff und Schwefelwasserstoff auf die art-spezifische Verbreitung quantifizierte. Darüber hinaus untersuchte er über mehrere Beobachtungsjahre am Beispiel der Herzmuschel (*Cerastoderma edule*) und der Plattmuschel (*Macoma balthica*) lokale Wachstumsraten und Ernergieumsätze. Als Basis nahm er jedoch nicht wie bis dahin üblich, das Rohgewicht als universelle Einheit, sondern den artspezifischen Sauerstoffverbrauch. Damit griff er ökologisch-konzeptionellen Entwicklungen voraus, die sich erst später durchsetzen sollten (Tansley 1935, Lindeman 1942, Hedgpeth 1957).

Nahrungsökologische Zusammenhänge standen neben reproduktionsbiologischen Aspekten und Untersuchungen zur Konsumtion auch bei Smidt im Vordergrund, der seine wattbiologischen Untersuchungen 1941-1948 durchführte (Smidt 1951). Während der Hauptuntersuchungsphase in den vierziger Jahren wurde der kontinuierliche Zugang durch die deutsche Besatzungsmacht erschwert.

Die Wattforschung hatte für Smidt hohe fischereiwirtschaftliche Bedeutung und sollte grundlegende Erkenntnisse zur Ernährung junger Schollen liefern. Nach Anregungen Thamdrups verbreiterte er das Spektrum der betrachteten Organismen um die Mikrofauna, das Zooplankton sowie um Schollen (Magenuntersuchungen).

Mit seinen vielschichtigen Untersuchungen erarbeitete Smidt grundlegende produktionsbiologische Kenntnisse im Nahrungsnetz, das mit der benthischen Mikrofauna beginnt und mit den bis zu dreijährigen Schollen endet.

Mit sozio-ökologischen englischen, dänischen und deutschen Untersuchungen fand Smidt „grundsätzliche Übereinstimmung“, vermutete jedoch kompliziertere funktionale Beziehungen zwischen den abiotischen Faktoren und der räumlich-zeitlichen Verteilung der Organismen. Erst die Kombination verschiedener Faktoren bestimmen die Lebensbedingungen und damit die lokalen Häufigkeiten bodenbewohnender Arten. Es sei daher schwierig und oft unmöglich, allgemeingültige Einflüsse auszumachen.

Zusammenfassend zielte die dänische Wattforschung schwerpunktmäßig auf grundlegende ökologisch-physiologische Erkenntnisse, die helfen sollten, die Lebensbedingungen der für Fischbrut bedeutsamen benthischen Organismen zu verstehen. Es galt, den nahrungsökologischen Wert hoher Individuenzahlen und hoher biologischer Produktivität weniger Arten im Watt für die Bewirtschaftung des Meeres zu ermitteln.

6.6.2 Die Niederlande

In den Niederlanden diente ab 1876 eine Wanderstation als Ausgang für erste marine Untersuchungen der Nederlandse Dierkundige Vereniging (NDV) (Dral 1998, Bennekom 2002). Wissenschaftliche Ziele waren zunächst die faunistische Erfassung an den verschiedenen Standorten u.a. an der Scheldemündung, Den Helder und Delfzijl. Nachdem die Regierung 1888 den damaligen Leiter der NDV Dr. P.P.C. Hoek (1851-1914) zum Wissenschaftlichen Beauftragten in Fischereianglegenheiten ernannte, wurde in Den Helder ein festes, ganzjährig nutzbares Stationsgebäude errichtet und 1890 in Betrieb genommen (Dral 1998).

Ab 1902 beteiligte sich das Rijksinstituut voor Onderzoek der Zee, das in der Zoologischen Station untergebracht war, an der Internationalen Meeresforschung. Hoek wurde Sekretär der International Council for the Exploitation of the Sea (ICES) in Kopenhagen, an seine Stelle in Den Helder trat sein Assistent H.C. Redeke (1873-1945).

Wissenschaftliche Schwerpunkte waren in den folgenden Jahren vor allem die faunistische Inventarisierung sowie anatomisch-morphologische, embryologische und histologische Untersuchungen. So wurde die Wanderung von Schollenlarven ebenso erfasst wie der Einfluss variierender Salzgehalts auf das Plankton und der Stickstoffkreislauf in der Nordsee (Bennekom 2002). Für fischereiwissenschaftliche Zwecke wurden in den Aquarien der Station Zuchtversuche vorgenommen. Eine wichtige Einnahmequelle war der Versand von Haien, Plattfischen, verschiedenen Krebsarten (Crustacea) und anderen marinen Organismen für Studienzwecke.

Unter der Leitung Redekes wurde zudem die museale Sammlung der Station erweitert. Die Erkenntnisse wurden in dem umfangreichen Werk „Flora en Fauna der Zuiderzee“ (Redeke 1922) zusammengetragen.

Redeke leitete die Station ehrenamtlich. Die enge Verbindung zwischen der staatlichen marinen Forschung und der Zoologischen Station brachte es mit sich, dass er zusätzlich das Rijksinstituut voor de Onderzoek der Zee leitete und anschließend das neugegründete Rijksinstituut voor Visserijonderzoek.

Mit der späteren Gründung des Rijksinstituut voor Hydrografisch Visserijonderzoek in Den Helder traten zunehmend limnische Fischereianglegenheiten in das Aufgabenfeld der Zoologischen Station.

In den zwanziger Jahren wurden die staatlichen Zuschüsse reduziert, wissenschaftliche Mitarbeiter konnten nicht mehr beschäftigt werden (Bennekom 2002). Als Redeke schließlich 1928 die Zoologische Station verließ, um sich in Gouda ausschließlich der Süßwasserfischerei zu widmen, endete die langjährige Symbiose zwischen der staatlichen Fischereiwissenschaft und der Zoologischen Station. Die fehlenden staatlichen Zuschüsse machten eine komplette Reorganisation der marinen Forschung erforderlich. Diese Aufgabe übernahm ab 1931 der neue Direktor Jan Verwey (1899-1981).

Der Ornithologe mit internationaler Erfahrung sah die Zoologische Station als Bindeglied zwischen anwendungsorientierter Fischereiforschung und experimentell-physiologischer Forschung der Universitäten. So festigte er die Zusammenarbeit mit den Hochschulen und veranstaltete wissenschaftliche Kurse, die Teil des wissenschaftlichen Curriculums wurden. Zusätzlich wurden eigenständige Forschungsvorhaben vorangetrieben. Die Zoologische Station konzentrierte sich auf ökologische, ethologische und kausal-analytische Probleme, die das Verständnis für die Beziehungen zwischen den marinen Organismen und dem Lebensraum verbessern sollten (Draai 1998, Bennekom 2002). Das Hauptuntersuchungsgebiet erstreckte sich über das eigentliche Wattenmeer zwischen den westfriesischen Inseln und dem Festland hinaus auf die Nordsee und die abgedämmte Zuiderzee. So untersuchte Broekhuysen die Entwicklung, Wachstum und Verteilung der Strandkrabbe, *Carcinus maenas* (Broekhuysen 1937).

In den kommenden Jahren wurden die staatlichen Förderbeiträge erhöht, ein neues Forschungsschiff, die „Max Weber“, angeschafft und das Labor sowie das Aquarium technisch aufgewertet.

Verwey konzentrierte sich auf Untersuchungen des fischereilichen Beifangs, um Vorkommen und Wanderungsverhalten mariner Organismen in Beziehung zu verschiedenen Wassermassen abzuschätzen (van Bennekom 2002). Sein Interesse galt dem Grenzgebiet zwischen Ökologie und Ethologie. Der spätere Nobelpreisträger Nikolaas Tinbergen (1907-1988) erforschte das Fortpflanzungsverhalten des Tintenfisches (*Sepia officinalis*, Tinbergen 1939). Zwischen 1934 und 1937 erfasste van der Maaden das zeitliche Auftreten am Strand angeschwemmter Quallenarten (van der Maaden 1942). Kreger erforschte Wachstum und Verteilung der Herzmuschel, *Cerastoderma edule* (Kreger 1940).

Einen wertvollen freiland-experimentellen Beitrag zur Verbreitung und Häufigkeit der Miesmuschel (*Mytilus edulis*) in Abhängigkeit ausgewählter abiotischer Faktoren lieferte Kuenen (Kuenen 1942).

Doch der Aufschwung wissenschaftlicher Arbeit fand mit der Bombardierung Den Helder 1940 ein vorläufiges Ende. Die Bibliothek und das wissenschaftliche Instrumentarium mussten in anderen wissenschaftlichen Instituten in Leiden ausgelagert werden. Die „Max Weber“ wurde von der deutschen Besatzung als Patrouillenfahrzeug missbraucht und das Stationsgebäude von der deutschen Wehrmacht zweckentfremdet. Verwey wurde zeitweilig in einem Lager bei Haaren interniert und seine wissenschaftliche Arbeit stark eingeschränkt. Der Forschungsbetrieb an der Zoologischen Station kam zum Erliegen.

Ein wissenschaftlicher Neuanfang gelang erst nach der Befreiung 1945 und mit der Rehabilitierung Verweys. Mit jährlich zunehmender staatlicher Unterstützung konnten neue wissenschaftliche Mitarbeiter eingestellt werden. So wurde ab 1947 der Hydrologe H. Postma mit der Aufgabe betraut, die Verteilung gelöster Partikel und Nährstoffe im Küstengewässer zu erfassen (Postma 1954).

Verwey wurde Leiter der neu gegründeten Koninklijke Akademie voor Wetenschappen (KNAW). Mit dieser Dachorganisation wurde die ökologische Forschung in den Niederlanden neu organisiert. Verschiedene neugegründete Institute sollten neben der Zoologischen Station marine und limnische Naturräume in den Niederlanden ökologisch zu untersuchen. In den fünfziger Jahren wurden die marinen Untersuchungen stark gefördert, zudem entstanden interdisziplinäre Expertisen für die Industrie (u.a. Reactor Centrum Nederland). Die Erweiterung der Forschungsaktivitäten machten aus der Zoologischen Station ein ozeanographisches Institut, das ab 1960 Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) genannt wurde.

Verwey widersetzte sich unermüdlich gegen Pläne, Teile des niederländischen Wattenmeeres einzudämmen (Bennekom 2002). Entsprechende ökologische Untersuchungen wie zum Beispiel in Deutschland wurden nicht durchgeführt.

6.6.3 Großbritannien

In Großbritannien haben die Gründungen marinbiologischer Stationen u.a. in Edinburgh (1877), Plymouth (1887) und St. Andrews, Schottland (1884) zu einer deutlichen Intensivierung der Erforschung benthischer Besiedlungsmuster beigetragen. An diesen Stationen waren viele Forscher mit marin-ökologischen Untersuchungen an den britischen Küsten und der offenen See beschäftigt. Entsprechend vielfältig sind auch die Forschungsziele und methodischen Ansätze. Entdeckt wurde dabei auch die Möglichkeit auf den bei Ebbe begehbaren Flächen grundsätzliche ökologische Fragen zur Verteilung mariner benthischer Organismen zu behandeln (Colman 1933, Raffaelli & Hawkins 1996).

Die Länge der Küstenlinie, die zahlreichen Ästuare, die Vielfalt der Habitate und die vergleichsweise große Zahl beteiligter Wissenschaftler haben wohl mit dazu beigetragen, dass verschiedene Konzepte und methodische Strategien verfolgt wurden.

Im Zentrum der Küstenforschung der ersten beiden Jahrzehnte des 20. Jhdts. stand zunächst die Erfassung der regionalen Fauna in den Flussmündungen und Hafeneinflussgebieten. In der naturhistorischen Tradition beschrieben Allen und Todd zunächst in den südeinglichen Ästuaren die Besiedlung des Meeresbodens (Allen & Todd 1900, 1902) und setzten sie in Beziehung zur lokalen Ausprägung abiotischer Faktoren.

Früh wurde zudem der Einfluss anthropogener Nähr- und Schadstoffeinträge auf Verbreitung und Verhalten benthischer Organismen untersucht. So schloss Fraser ausgehend vom mittelfristigen Populationszuwachs benthischer Organismen auf den Einfluss nährstoffhaltiger Abwässer, die über den Fluss Mersey in das Küstengewässer gelangen (Fraser 1932).

In fischereiwirtschaftlicher Hinsicht wurden grundsätzliche Kenntnisse erarbeitet zur Beziehung zwischen benthischen Besiedlungsmustern und der Nahrungsverfügbarkeit für Fische (u.a. Steven 1929, Todd 1903)

Daneben wurden artspezifische Aspekte der räumlichen Verbreitung und zur Biologie mariner Organismen durchgeführt (Orton 1926, Stephen 1929).

Viele Untersuchungen befassten sich mit der Besiedlung der intertidalen Felsküste. Die dort festgestellten Zonierungsmuster waren Grundlage für die sozio-ökologische Untersuchungen weichbödigter Wattflächen (Colman 1933, Lewis 1955, 1964, Raffaelli & Hawkins 1996)

Trotz der langen Tradition zonaler Untersuchungen waren in Großbritannien wie in Dänemark die Petersen'schen Lebensgemeinschaften von erheblichem methodischem und ökologisch-theoretischem Einfluss, bargen sie doch die Möglichkeit, die Verbreitung von Organismen in einem deskriptivem Ordnungssystem einzuordnen und in enge Beziehung zur Bodenbeschaffenheit zu setzen (Fraser 1932).

So ermittelte Beanland Lebensgemeinschaften des Dovey Ästuar, die jeweils enge statistische Beziehungen zur Bodenbeschaffenheit hatten (Beanland 1940). Eltringham schränkte jedoch ein, dass die von Beanland erfasste Fläche zu klein sei, um damit die Existenz von Lebensgemeinschaften mariner Organismen unter Beweis zu stellen (Eltringham 1971).

Ford ordnete subtidale bodenbewohnende Organismen der Venus-Gemeinschaft nach Petersen zu, die sich in England in verschiedenen Untergruppen gliedert (Ford 1923). Die vielgestaltige lokale Bodenbeschaffenheit und das gleichzeitige Vorkommen nah verwandter Arten wie *Syndosmia* (=Arba) *alba* und *S. prismatica* führten jedoch zu komplizierten saisonal variierenden Artenassoziationen, die von den Petersen'schen Grundsätzen zur Struktur von Lebensgemeinschaften abwichen. Diese Untersuchungen mögen mit dazu beigetragen haben, dass in der britischen Assoziationsforschung insgesamt Zonierungskonzepte vorherrschen (Raffaelli und Hawkins 1996).

In den fünfziger und sechziger Jahren wurde im englischsprachigen Raum nach globalen Zonierungsmustern an Felsküsten geforscht (u.a. Stephenson & Stephenson 1949, 1972, Lewis 1964).

6.7 Wissenschaftshistorische Brüche in der europäischen Wattforschung

Die interdisziplinäre Küstenforschung in den Wattenmeeranrainerstaaten Dänemark und den Niederlanden sowie in Großbritannien begann mit der Gründung marin-biologischer Stationen ab dem ausgehenden 19. Jhdt. (Tab. 7). Ihre historische Entwicklung sowie die wissenschaftlichen ökologischen Schwerpunkte in der Wattforschung waren unterschiedlich.

Tab. 7: An der ökologischen Küstenforschung beteiligten Institute in den Wattenmeerstaaten und Großbritannien mit ihren wesentlichen Aufgabenbereichen

Station	Forschungsaufgaben
Dänemark	
Dansk Biologisk Station (gegr. 1890)	<ul style="list-style-type: none"> • sozio-ökologische Untersuchung benthischer Organismen der Nordsee • produktionsbiologische flächenbezogene Analysen • Beteiligung an der Internationalen Meeresforschung
Marin-biologische Station Skallingen (gegr. 1932)	<ul style="list-style-type: none"> • Artenerfassung, sozio-ökologische, physiologische und freilandexperimentelle Untersuchungen des dänischen Wattermeeres • Quantifizierung benthischer Fischnahrung • Anbindung an universitäre Forschung
Die Niederlande	
Zoologische Station (Wanderstation: gegr. 1876, Stationsgebäude Den Hel- der ab 1890)	<ul style="list-style-type: none"> • Beteiligung an der Internationalen Meeresforschung • Reorganisation ab 1932 unter Jan Verwey • ökologisch-ethologische Schwerpunkte, freilandexperimentelle Untersuchungen • Anbindung an universitäre Forschung • Bis 1945 personell und finanziell stark wechselhafte Entwicklung, in den 1950er Jahren personeller Ausbau
Großbritannien	
Mehrere marinbiologische Stationen	<ul style="list-style-type: none"> • Ab 1900 intensivierte faunistische Erfassung verschiedener Ästuar- und Küstenabschnitte • Beteiligung an der Internationalen Meeresforschung • sozio-ökologische und physiologische Untersuchungen an Felsküsten (Zonierungsmuster) und Weichböden (Zonierungsmuster, Lebensgemeinschaften nach Petersen) • Später Erfassung globaler Zonierungsmuster im Felslitoral • Anbindung an universitäre Forschung

In der Vielfalt erkennt Reise (1995) zwei wesentliche „Gruppen von Wattökologen“: Ausgehend von terrestrischen, soziologischen Forschungsansätzen (Möbius 1877) erfasste die eine qualitativ die regionalen Besiedlungsmuster und ihre räumlich-zeitlichen Veränderungen im Watt (z.B. Warming 1904, Fraser 1932, Wohlenberg 1937, Linke 1939a, Beanland 1940) und später auf den angrenzenden Salzwiesen (Heydemann 1968, 1977). Beeinflusst von der Fischereibiologie untersuchte die zweite Gruppe quantitativ die biologische Produktivität des Watts, physio-ökologische Stoffwechselaktivitäten sowie die Bedeutung des Watts nach trophischen und populationsbiologischen Aspekten („Kinderstube“ für Fische) (z.B. Bückmann 1934, Thamdrup 1935b, Smidt 1951).

Neben dieser Gruppierung der beteiligten Wattforscher ist jedoch für eine epistemologische Wertung die wissenschaftshistorische Entwicklung in den betrachteten Ländern wichtig

Die niederländische Küstenforschung ging in erster Linie von der Zoologischen Station in Den Helder aus, der eine 1876 gegründete Wanderstation voraus-

ging. Schwerpunkte waren zunächst die Erfassung des regionalen Arteninventars und die Beteiligung an der fischereiwirtschaftlich bedeutsamen Internationalen Meeresforschung. Später wurden neben morphologisch-anatomischen, ökologisch-ethologische und freiland-experimentelle Fragen zur Verteilung und Häufigkeit mariner Organismen behandelt.

Finanziell und personell kam es immer wieder zu Einbrüchen, die die Forschungstätigkeit der Zoologischen Station wiederholt stark einschränkten. Erst das Kriegsende ermöglichte einen umfassenden Ausbau (Tab. 8).

Tab. 8: Wesentliche Kennzeichen der in der nordeuropäischen Wattforschung tätigen Nationen und wissenschaftshistorische Entwicklung bis in die siebziger Jahre des 20. Jhdts.

Nation	Wesentliche Kennzeichen der wissenschaftshistorischen Entwicklung
Dänemark	<ul style="list-style-type: none"> • Gleichförmigkeit und relativ geringe Größe des Wattenmeeres • Entwicklung wegweisender sozio-ökologischer (1904) und produktionsbiologischer (ab 1911) Forschungsansätze • Untersuchung von Stoffflüssen nach trophische Aspekten innerhalb des Nahrungsnetzes
Deutschland	<ul style="list-style-type: none"> • Größter Anteil des Wattenmeeres • 1877: erste sozio-ökologische Erkenntnisse am Beispiel der Austern (Karl Möbius) • ab 1892: Gründung der BAH, Intensivierung der systematischen Küstenforschung • Dualistische anwendungs- und grundlagenorientierte Forschung zur Fischerei und Landgewinnung • Drei wegweisende sozio-ökologische Pionierarbeiten mit zum Teil differierenden ökologisch-theoretischen Konzepten • Umfangreiche staatliche Förderung für Landgewinnungsaktivitäten, Küstenschutz und Fischerei • Gründung mehrerer Küsteninstitute in den 30er Jahren mit verschiedenen wissenschaftlichen Schwerpunkten • Zerstörung der Forschungsanstalten und Arbeitsgruppen mit dem Kriegsende • allmähliche Wiederaufnahme der Wattforschung in den 40er und 50er Jahren
Niederlande	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgedehnte Wattflächen, 1890 Gründung einer festen Zoologischen Station • Wechsel mehrerer ehrenamtlich beschäftigter Leiter • Einbindung in die anwendungsorientierte Fischereiforschung bis Ende der 20er Jahren • eigene, vor allem autökologisch-ethologische Forschung und universitäre Anbindung ab 1932, keine ausgeprägten sozio-ökologischen Untersuchungen • tiefgreifende Störungen des Forschungsbetriebs während des Krieges • nach Kriegsende kontinuierlicher Aufbau einer modernen interdisziplinären Wattforschung
Großbritannien	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgedehnte, zerklüftete Küstenlinie mit verschiedenen Ästuaren und vielfältigen eulitoral Habitaten, Fels- und Weichböden • Gründung mehrerer marinbiologischer Stationen Ende des 19. Jhdts. • Vielschichtige ökologische, physiologische und systematische Erforschung lokaler Besiedlungsmuster • Nutzung vor allem durch Fischerei, keine ökologische Forschung zur Landgewinnung • Grundlegende Erforschung zonaler Besiedlungsmuster, zum Teil als mittelfristiges Studienobjekt für Studenten, später Erforschung globaler Besiedlungszonen an Felsküsten

Erste ökosozioologische Untersuchungen wurden in Dänemark durchgeführt (Warming 1904). Diese Arbeiten waren ebenso wegweisend wie die flächenbezogenen quantitativen Erfassungen der Besiedlungsmuster in der Nordsee (Petersens 1911, 1913). Die Methoden Petersens haben die internationale marin-ökologische Forschung über viele Jahrzehnte beeinflusst. Etwas später wurden dann an der marin-biologischen Station Skalling umfangreiche populations- und produktionsökologische Untersuchungen durchgeführt sowie lokale Zonierungsmuster erfasst (Thamdrup 1935a). Diese Untersuchungen wurden durch die Arbeiten Smidts erweitert und erstmals die Rolle trophischer Beziehungen für lokale Besiedlungsmuster beschrieben (Smidt 1951).

Heuristisch ist die dänische Wattforschung daher als bedeutsam einzuschätzen, wurden doch erstmals produktionsökologische Untersuchungen durchgeführt, die in den anderen Ländern erst in den siebziger Jahren aufgegriffen wurden.

Die niederländische Küstenforschung ging in erster Linie von der Zoologischen Station in Den Helder aus, der eine 1876 gegründete Wanderstation vorausging. Schwerpunkte waren zunächst die Erfassung des regionalen Arteninventars und die Beteiligung an der fischereiwirtschaftlich bedeutsamen Internationalen Meeresforschung. Später wurden neben morphologisch-anatomischen, ökologisch-ethologische und freiland-experimentelle Fragen zur Verteilung und Häufigkeit mariner Organismen behandelt.

Finanziell und personell kam es immer wieder zu Einbrüchen, die die Forschungstätigkeit der Zoologischen Station wiederholt stark einschränkten. Erst das Kriegsende ermöglichte einen umfassenden Ausbau.

Sozio-ökologische Untersuchungen zur Verteilung, Größe und Zusammensetzung von Artenassoziationen im Wattenmeer wurden weder in den dreißiger Jahren noch in der sich anschließenden Forschungsperiode untersucht. Stattdessen wurde die Biologie verschiedener mariner Arten mit experimentellen Ansätzen untersucht. Die marin-biologische Forschung der Niederlande hat sich vergleichsweise früh auf ökosystemare Probleme im modernen Sinn konzentriert und interdisziplinäre Ansätze verfolgt, die erst deutlich später in den Nachbarstaaten verfolgt wurden.

In Großbritannien wurden ausgehend von mehreren marin-biologischen Stationen lokale Besiedlungsmuster erfasst und vielfältige physiologische und sozio-ökologische Untersuchungen durchgeführt.

Auf der ausgedehnten, vielgestaltigen Felsküste dominieren festsitzende Organismen, deren Verteilungsmuster weniger wechselhaft als die endobenthischer Tiere mariner Weichböden ist. Dies hat vermutlich dazu geführt, dass sich die Vorstellung zonaler Besiedlungsmuster auch auf Weichböden durchgesetzt hat.

Die Küstenforschung in Deutschland wurde zunächst von Mitarbeitern der Biologischen Anstalt Helgoland intensiviert. Umfangreiche staatliche Förderung in den dreißiger Jahren ermöglichte, die anwendungsorientierte Forschung zur Landgewinnung und zum Küstenschutz auszubauen und im Rahmen weiterer Küsteninstitute zu institutionalisieren. Der 2. Weltkrieg zerstörte die florierende Wattforschung, erst allmählich konnte nach dem Krieg der Anschluss gefunden werden. Volkswirtschaftlich wurde nun der Landgewinnung eine andere Bedeutung beigemessen. Das große Ziel, die komplette Eindeichung Nordfries-

lands, wurde verworfen. Maßnahmen zur Küstensicherung sowie Expertisen zur Eindeichung vergleichsweise kleiner Gebiete (Leybucht) standen im Vordergrund.

Die Wattforschung der Wattenmeeranrainerstaaten wurde somit geprägt national von national typischen Entwicklungen. Im Gegensatz zur Internationalen Meeresforschung, die sich um die Sicherung der Nutzfischbestände in der offenen Nordsee und im nördlichen Atlantik kümmerte (Werner 1993), gab es bis in die 70er Jahre keine wissenschaftliche Kooperation zwischen den Wattenmeeranrainerstaaten. So wurden die finanziellen Zuwendungen zum Beispiel in den Niederlanden deutlich geringer, nachdem die Verbindung zwischen der staatlichen Fischereiforschung und der Zoologischen Station gelöst wurde. Einzig in Deutschland wurden ausgeprägte nationalwirtschaftliche Interessen mit der Wattforschung verfolgt, ging es doch vor allem um die Erweiterung der Siedlungsraumes durch Landgewinnung, um die Optimierung der Küstenfischerei zur Sicherung der Volksernährung und um die umfangreiche Schaffung von Arbeitsplätzen (Wohlenberg 1939a, Linke 1940, Hagmeier 1942, Petersen 1973, Werner 1993).

Darüber hinaus etablierten sich eigenständige wissenschaftliche Wege, die sich, wie das Beispiel Niederlande und Dänemark zeigt, auf einzelne Arbeitsgruppen oder Personen zurückführen lassen. Die deutsche wissenschaftliche Schule um Hagmeier basierte zusätzlich auf dem Konzept Lebensgemeinschaft und der im Watt anwendbaren Methode der biologischen Bestandsaufnahme.

6.8 Ökologisch-theoretische Konzepte und gesellschaftlich-politische Rahmenbedingungen

Die holistische Theorie, in der mehrere Lebensgemeinschaften zu einem globalen Ganzen gehören, war zum einen das Ergebnis eines „geistigen Klimas“ (Reise 1980) und eignete sich zum anderen für die Einbindung in ein nationalpolitisches Programm (Werner 1993).

Das Konzept der Lebensgemeinschaft geht ursprünglich auf den Kieler Zoologen Karl Möbius zurück, der sich in der zweiten Hälfte des 19. Jhd. mit den nordfriesischen Austernbänken befasste. Betraut mit der Aufgabe, die Ursachen für die zurückgehenden Fangerträge der Austernfischerei zu ergründen, erkannte er erstmals enge Beziehungen zwischen den benthischen Organismen und der umgebenden Umwelt.

„Die Wissenschaft besitzt noch kein Wort für eine Gemeinschaft von lebenden Wesen, für eine den durchschnittlichen äußeren Lebensverhältnissen entsprechende Auswahl und Zahl von Arten und Individuen, welche sich gegenseitig bedingen und durch Fortpflanzung in einem angemessenen Gebiete dauernd erhalten. Ich nenne solche Gemeinschaft Biocoenose oder Lebensgemeinde.“ (Möbius 1877)

Dieses Konzept wurde zu einer wichtigen Grundlage für marine sozio-ökologische Untersuchungen. In der europäischen Pflanzensoziologie sind ähnliche Konzepte entwickelt worden, die für die Entwicklung der modernen Ökologie ausschlaggebend gewesen sind und von Warming Eingang in die Wattforschung fanden (Trepl 1994).

In Europa entwickelten sich darauf aufbauend zwei klassifikatorische Schulen, in denen mehrere Populationen als räumliche Vegetationseinheiten abgegrenzt wurden. In der Zurich-Montpellier-Schule um Josias Braun-Blanquet (1884-1980), ging man von einem Mosaik abstrakter Vegetationseinheiten aus, die sich u.a. bezüglich des Pflanzenbedeckungsgrads, der Stetigkeit und der Gesellschaftstreue der beteiligten Arten voneinander unterschieden. In der skandinavischen Uppsala-Schule ging man dagegen von konkreten Lebensgemeinschaften aus, die sich durch Auszählen von Individuen und räumlichen Häufigkeiten unterschieden. Die Gemeinschaften wurden nach den jeweils dominanten Arten benannt (Treppl 1994).

Vor allem amerikanische Botaniker entwickelten organismische Vorstellungen von Vegetationseinheiten, die sukzessiv aufeinander folgen. So gingen Frederic Clements (1874-1945) und Victor Shelford (1877-1968) von einer ökologischen, steuernden Ebene oberhalb der der Populationen aus (McIntosh 1985, Treppl 1994). Die „Formationen“ als Grundeinheit der Vegetation entwickelten sich teleologisch, quasi wesensgleich in Richtung eines klimatisch gesteuerten Endstadiums mit einem populationsdynamischen Gleichgewicht („Klimax“). Ökologische Störungen können erreichte Sukzessionsstadien wieder in einen vorangegangenen Zustand versetzen.

Petersens marine Lebensgemeinschaften waren wie Spärck betont, ausschließlich mathematisch-statistische Einheiten, die nach jeweils dominanten Arten benannt wurden (Spärck 1935) und deren Besiedlungsfläche konkret von denen anderer abzugrenzen waren. Für die Entwicklung des Konzepts, dass ökologische Beziehungen zwischen den Individuen zwar nicht ausschloss aber zu erfassen nicht zum Ziel hatte, waren pflanzensoziologische Vorstellungen keine Voraussetzung (Mills 1969).

Davon ausgehend unterteilte Hagmeier die *Macoma-balthica*-Lebensgemeinschaft des Wattenmeeres in Varianten, die von Leitformen dominiert wurden.

In den vierziger Jahren flossen in Verständnis deutscher Wattforscher holistischen Vorstellungen, die von August Thienemann (1882-1960) und vor allem Karl Friederichs (1878-1969) entwickelt wurden. Demnach ist die Lebensgemeinschaft als „das sich selbst regelnde Bevölkerungssystem einer natürlich abgegrenzten Einheit des Lebensraums“, d.h. des Biotops (Standort, Friederichs 1930).

Das so genannte Holocoen ist für ihn die Kombination des Lebensraums, den darin vorkommenden Lebensgemeinschaften sowie der Gesamtheit der funktionellen Beziehungen. „Dieses System, das Ganze eines natürlichen Abschnittes des belebten Raumes der Erde, ist das Holocoen des betreffenden Ortes, d.h. er selbst, als Einheit, nicht als bloßes Aggregat von Wesen und Dingen aufgefasst.“ Und später: „So wie die Welt ein dynamisches System ist, das sich durch Selbstregulation in einem labilen Gleichgewicht erhält, so gilt das gleiche von natürlich abgegrenzten Abschnitten der Biosphäre (z.B. Teich, Moor, Strand) ... und all dieses Leben zusammen bildet ein Beziehungsgefüge: die Lebensgemeinschaft. Diese ist eingepasst in den Lebensraum, dessen Einzel-faktoren wiederum zu einem Beziehungsgefüge vereinigt sind.“ (Friederichs 1937).

Die vereinigte Wirkung aller Faktoren „bildet in ihrer spezifischen örtlichen Beschaffenheit den lokalen Einheitsfaktor. Dieser ist kosmischer, d.h. universeller Natur“ (Friederichs 1930).

Im Gegensatz zur Organismischen Klimaxtheorie amerikanischer Pflanzensoziologen sei die Lebensgemeinschaft als eine biologische Organisation zu verstehen, die zwar „an die Analogie eines Organismus erinnert“, nicht aber mit diesem identisch ist. „Es handelt sich gewissermaßen um ein Mittelding zwischen bloßer physikalischer Ganzheit und Organismus, um ein biologisches System, das sich selbst reguliert, ohne ein Organismus zu sein.“ (Friederichs 1930). Diesen Vorstellungen folgt Linke: „Das vielleicht Wertvollste, was die Biologie der Wattforschung geben kann, ist die ökologische Einstellung dem Problem gegenüber, d.h. die ganzheitliche Betrachtung des Lebensraumes Watt, wo weder hydrographische, biologische, historische u.a. Faktoren für sich wirken und getrennt untersucht werden können, sondern in gegenseitiger Wechselwirkung stehen und als übergeordnetes Kräftesystem zusammenwirken.“ (Linke 1940)

Der Einfluss vitalistischer Vorstellungen zeigte sich bei Hagmeier : „Auf Grund der ökologisch ausgerichteten Forschung ist es heute selbstverständlich, dass der Fischbestand als „Organismus“ betrachtet werden muss, der auf Stärke und Dauer der Fischerei wie auf andere Außenfaktoren seines Lebensraumes verschieden reagiert, dank seiner lebenserhaltenden Eigenschaften.“ (Hagmeier 1942).

In der nordfriesischen Wattforschung waren die Ausführungen der Limnologen August Thienemanns und Einar Naumanns einflussreich (Thienemann 1925, Kolumbe 1938). „Biologische und geographische Betrachtungsweise werden miteinander gekoppelt, um Einheit und Wechselwirkung eines ganzheitlichen Geschehens erfassen zu können und um dadurch zum Ausdruck zu bringen, dass Lebensgemeinschaft und Lebensraum eine 'physiologische Individualität höheren Grades, gleichsam einen Organismus dritter Ordnung darstellen'“. (Kolumbe 1938).

Die Idee von sich entwickelnden Lebensgemeinschaften war nicht nur Teil der ökologischer Forschung sondern fand politisch-programmatisch auch für die Volksgemeinschaft Anwendung, in der nicht zuletzt die Wissenschaft eine besondere Rolle einzunehmen hatte: „Der Forscher der Westküste ist mitberufen, der höchstens und letzten Gemeinschaft, der Lebensgemeinschaft des wirtschaftenden Menschen, den Lebensraum mit schaffen zu helfen“ (Kolumbe 1938)

Auch Hagmeier forderte 1935, dass „jeder seine Arbeit bewußt in den Dienst des deutschen Volkes stellen muss, das eine solche einheitliche Lebensgemeinschaft darstellt“ (Werner 1993).

Die zöologische Betrachtungsweise wird somit über ihre sozio-ökologische Bedeutung hinaus in chauvinistische Programme mit weltanschaulichen und erzieherischen Aufgaben eingebunden (Bäumer 1990). Auf diese Weise sollte sie Teil eines volkseigenen deutschen Bewusstseins werden, in dem es den Siedlungsraum zu erweitern und die Ernährung zu sichern gelte.

In den anderen Wattenmeeranrainerstaaten wurden dagegen pragmatischer Konzepte zur Assoziationsforschung angewandt. In Großbritannien wurden die Petersen'schen Lebensgemeinschaften von verschiedenen Wissenschaftlern

auf ihre Existenz überprüft (z.B. Ford 1923, Beanland 1940). Ausgehend von den Ergebnissen zur zonalen Verteilung von felsbewohnenden Organismen haben sich schließlich entsprechende Vorstellungen auch für Weichböden durchgesetzt (Eltringham 1971, Raffaelli und Hawkins 1996).

Nach dem Krieg wurden in Deutschland Lebensgemeinschaften bis in die sechziger Jahre hinein als adäquate Methode für die Qualifizierung der lokalen Bodenbeschaffenheit angesehen. Allerdings wurde ihnen kein wesenhafter Charakter mehr zugeordnet (vgl. Hagmeier 1951, Dörjes et al. 1969). So basieren die Arbeiten Schusters und Krauses auf dem sozio-ökologischen System von Variationen und Siedlungen wie es von Linke entworfen wurde (Schuster 1951, 1952, Krause 1955).

Nach Lorenzen war die biologische Bestandsaufnahme, die auf der Vorstellung von der konkreten Existenz mariner Lebensgemeinschaften basiert, eine wesentliche Methode zur Abgrenzung verschieden zusammengesetzter Sedimente (Lorenzen 1960, Müller 1960).

Am Senckenberg-Institut, das sich ebenfalls mit flächenbezogenen bodenbewohnenden Assoziationen befasste, wurde das Konzept Lebensgemeinschaft bis in die sechziger Jahre angewandt (Schuster 1951, 1952, Dörjes et al. 1969). So ordneten Dörjes et al. die subtidale Besiedlung des Jadebusens verschiedenen Untergruppen der *Macoma-balthica*-Lebensgemeinschaften zu. Die Untersuchungen ermöglichten einen langfristigen Vergleich u.a. mit den Besiedlungsmustern Hagmeiers (Hagmeier & Kändler 1927). Darüber hinaus definierten die Verfasser eine weitere eulitorale „Wattvariante“ und subtidale „Tiefenvariante“ (Dörjes et al. 1969).

Die wissenschaftshistorische deutsche Entwicklung nach dem 2. Weltkrieg deutet ebenfalls wie die in den dreißiger und vierziger Jahren auf einen eigenständigen ökologisch-theoretischen Charakter hin.

Diesmal jedoch wirken die Ansätze konservativ, zumal da in der angloamerikanischen Pflanzensoziologie das Konzept der Ökosystemforschung entwickelt wurde, in dem der Energiestoffwechsel zwischen verschiedenen ökologischen Einheiten von Bedeutung ist (Tansley 1935, Lindeman 1942, Trepl 1994). Dieses Konzept wurde schon in den fünfziger Jahren zum Bestandteil angloamerikanischer mariner Forschung (Hedgpeth 1957).

Gründe, warum erst mit Beginn der Internationalen Wattforschung in den siebziger Jahren des 20. Jhdts. ökosystemare Ansätze in der deutschen Wattforschung Anwendung fanden, haben zunächst spekulativen Charakter:

- Das Konzept der Lebensgemeinschaft wurde konzeptionell weiterentwickelt (Jones 1950, Thorson 1966), was seine Bedeutung für den marinen Bereich stärkte.
- Zwischen der terrestrischen und der marinen ökologischen Forschung gab es nicht nur in Deutschland geringe Berührungspunkte (Caspers 1950, Mills 1969, McIntosh 1985, Trepl 1994).
- Zwischen den in der Wattforschung beteiligten deutschen Küsteninstitute und denen im Ausland entwickelte sich bis in die 1960er Jahre nur vereinzelt ein wissenschaftlicher Austausch.
- Abgesehen vom Senckenberg-Institut befassten sich die Forschungsstelle Norderney und Küste auch nach dem Krieg mit anwen-

dungsbezogenen Fragen (Küstensicherung, Landgewinnung), die eine grundsätzliche Überarbeitung ökologisch-theoretischer Konzepte nicht erforderlich machten.

Erst mit der Beobachtung nachhaltiger Schädigungen der natürlichen Prozesse ab den siebziger Jahren (Michaelis 1993) wurden neue ökologische Beobachtungsmethoden erforderlich, mit deren Hilfe räumlich-zeitliche Veränderungen der Besiedlungsmuster im Wattenmeer quantifiziert werden konnten. Das heutige Verständnis von der Lebensgemeinschaft beschränkt sich auf die Assoziation verschiedener Arten, deren Nähe biologische Interaktionen ermöglicht (Reise 1990b). Es trat allmählich an die Stelle holistischer Vorstellungen.

Die deutsche Wattenmeeresforschung ist somit zum einen durch umfangreiche staatliche Förderung in den dreißiger Jahren institutionalisiert worden. Zum anderen etablierten sich ausgehend von den Pionierarbeiten Hagmeiers, Wohlenbergs und Linkes biozönotische Vorstellungen, die nach dem 2. Weltkrieg zwar einen Bedeutungswandel erfuhren, aber erst in den siebziger Jahren durch ökosystemare Programme in der Internationalen Wattforschung ausgetauscht wurden. Im Vergleich zu den wissenschaftlichen Entwicklungen in den anderen Wattenmeeresanrainerstaaten und Großbritannien hielten sich somit Konzepte von lokalen Gemeinschaften länger und standen einer konzeptionellen Weiterentwicklung in Deutschland entgegen.

7 Grundzüge der deutschen Wattforschung – ein Überblick

7.1 Vergleichende Betrachtung der Pionierphase und der modernen Wattforschung in Deutschland

Die frühe deutsche Wattforschung entwickelte sich in der Hoffnung, mit Hilfe grundlegender Kenntnisse über die Ökologie benthischer Arten die Austernfischerei im Watt zu optimieren. Später kamen anwendungsbezogene Ziele wie die Küstensicherung und die Landgewinnung hinzu. Staatliche Förderung ermöglichte die Gründung weiterer Küsteninstitute in den dreißiger Jahren. In dieser Zeit wurden wegweisende methodische und konzeptionelle Ansätze entwickelt, die die Wattforschung bis in die sechziger Jahre prägten. Mit dem Kriegsende kam es zu einem Einbruch in der Wattforschung, der Wiederaufbau erfolgte allmählich.

Ökologisch-theoretisch prägten die Studien holistische Vorstellungen und das Konzept der Lebensgemeinschaft.

Die moderne Wattforschung basiert im Rahmen des Integrierten Küstenzonenmanagements auf ökosystemaren Ansätzen und soziologischen Aspekten (Reise 2002). Die interdisziplinäre Herangehensweise soll helfen, wissenschaftliche Grundlagen für die Vermittlung zwischen den vielfältigen gesellschaftlichen Nutzungsansprüchen zu erarbeiten und einen nachhaltigen Schutz des Naturraumes Watt zu sichern (Dittmann 1999).

Ging es in der frühen deutschen Wattforschung um Fragen, wie die biologische Produktion des Übergangs zwischen Land und Meer zu nutzen sei, stehen heute Aspekte zum Verständnis und zum Schutz grundlegender ökologischer Prozesse im Vordergrund.

Die Änderung der Forschungsziele ist in erster Linie mit den ab den 60er Jahren beobachteten ökologischen Veränderungen des Naturraums durch anthropogene Nähr- und Schadstoffeinträge, Tourismus, Deichbau und Fischerei verbunden. Mit der Integration in die internationale wissenschaftliche Kooperation wurden ökosystemare Forschungsansätze eingeführt (vgl. Gätje & Reise 1998, Dittmann 1999). Aus der Gesamtheit der zum Ökosystem gehörenden Organismen sowie den Beziehungen zwischen ihnen und zur unbelebten Umwelt werden Fallbeispiele erforscht. Die Ergebnisse können auf ähnliche Fälle übertragen werden, wenn die jeweiligen Bedingungen kritisch in vergleichenden Untersuchungen gewichtet wurden. So birgt "ökologisch gesehen das Lister Tidebecken die gesamte Biotopsequenz und das Artenspektrum der Küste, stellt also ein Wattenmeer im Kleinen dar" (Reise et al. 1994).

7.2 Holocoen und Ökosystem – zwei grundverschiedene Ansätze?

Das holistische Konzept wurde in Deutschland vor allem von August Thienemann und Karl Friederichs entwickelt. Es ging von einer Welt als dynamischem System aus, das sich durch Selbstregulierung in einen labilen Gleichgewichtszustand erhält. Die Summe des Beziehungsgefüges bezeichnete Friederichs als Holocoen (Friederichs 1930)

Der Begriff Ökosystem geht auf den britischen Botaniker Arthur Tansley zurück (vgl. Tansley 1935, McIntosh 1985) und beschreibt ähnliche ganzheitliche Vorstellungen. Tansley forderte, natürliche Zusammenhänge auf ihre Physik zu reduzieren. Dabei gelte es, "das Realobjekt modellhaft so vereinfachend abzubilden, daß sich die Beziehungen zwischen den Elementen 'physikalisch' beschreiben lassen" (Trepl 1994).

Basierend auf Tansleys Ökosystem interpretierte Lindeman die Sukzession im trophisch-dynamischen Sinn, in dem der Wandel der Produktivität und der Energiestoffwechsel betont wurde (Lindeman 1942, Trepl 1994).

Mit der Ökosystemtheorie entwickelte sich somit ab den dreißiger Jahren neben dem holistischen Konzept (vgl. Friederichs 1930) ein zweites ganzheitliches Konzept, das von einem allumfassenden Ganzen mit komplexen Wechselbeziehungen zwischen den Teilen ausgeht.

Ob diese weitgehenden Ähnlichkeiten philosophisch begründet sind oder ob stattdessen zwischen beiden Theorien ein tiefgreifender Unterschied besteht, wird konträr diskutiert. Friederichs und Tansley gingen von einer grundsätzlichen Übereinstimmung aus, ebenso Eugene P. Odum, der das Standardwerk der Ökosystemforschung "Fundamentals of ecology" schrieb (Odum 1983). Für den Entomologen Wolfgang Tischler sind "Lebensgemeinschaften im Lebensraum zu 'Ökosystemen' integriert" (Tischler 1992). Kurt Jax und Ludwig Trepl vertreten dagegen eine andere Haltung, die in der Konsequenz verschiedene erkenntnistheoretische Grundhaltungen impliziert (Trepl 1994, Jax 1998): Der Holismus geht von einer Ganzheit aus, in der sich das "Konkrete", "Räumliche-Nebeneinander" (z.B. Lebensgemeinschaften) sowie ein komplexes Beziehungsgefüge zwischen den Teilen befindet. Demgegenüber werden konkrete Phänomene in der Ökosystemtheorie auf ihre Physik reduziert. "Die tatsächlichen 'Objekte unserer Studien' sind die gedanklichen Isolate, nicht die Realobjekte, wie die Holisten irrtümlich glauben" (Trepl 1994). Jax kritisiert, daß "das Wissen über ein Teil des 'Ganzen'" nur dann vollständig zu erkennen ist, wenn alle Beziehungen des Teils zum 'Ganzen' bekannt sind. Da aber alle Teile des 'Ganzen' miteinander in Beziehung stehen, erfordert das Wissen eines Teils im vorhinein die genaue Kenntnis über das 'Ganze'" (Jax 1998). In der Konsequenz stehen holistische Vorstellungen der Einführung neuer wissenschaftlicher Methoden oder von Forschungsprogrammen entgegen. Zudem meinen die Begriffe Ökosystem und Holocoen nicht dasselbe.

Überträgt man diese Auffassung auf die Entwicklung der ökologischen Wattforschung in Deutschland, ist die jahrzehntelange methodische Kontinuität auch in dem holistischen Konzept begründet. Zudem erfuhr die deutsche Wissenschaft mit der Einbindung in die internationale Kooperation nicht nur eine Änderung der Forschungsziele sondern auch einen erkenntnistheoretischen Bedeutungswandel.

7.3 Konsequenzen für die frühe deutsche Wattforschung als Referenz für die moderne Forschung

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation konnte gezeigt werden, daß die Entwicklung der frühen deutschen Wattforschung nicht nur von den technisch-methodischen Möglichkeiten und logistischen Rahmenbedingungen in den dreißiger Jahren geprägt wurde, sondern auch von den beteiligten Wissen-

schaftlern mit ihren individuellen Ausbildungs- sowie Lebenswegen (vgl. Reise 1990a). Die Pionierarbeiten wurden von Hagmeier initiiert, doch gingen Linke und Wohlenberg von unterschiedlichen ökologisch-theoretischen Vorstellungen aus. Gilt es also, historische Ergebnisse mit denen moderner Studien zu vergleichen, können selbst zwischen wissenschaftlichen Arbeiten innerhalb einer Forschungsgruppe weitreichende methodisch-bedingte Unterschiede auftreten.

In der deutschen ökologischen Wattforschung wurden in den siebziger Jahren neue Ziele angestrebt, die sich vornehmlich nicht mehr der Nutzbarkeit, sondern dem Schutz des Naturraumes widmeten. Mit der Einbindung in die internationale Kooperation wurde das holistische Konzept Lebensgemeinschaft ersetzt durch ökosystemare Vorstellungen. Für eine Einschätzung der wissenschaftlichen Ziele, die in der Forschungsphase bis zu dieser Dekade verfolgt wurden, sind daher andere Vorstellungen von den strukturierenden Kräften in der Besiedlung voranzusetzen.

Gründe für diese späte Einbindung könnten unter anderem in den anwendungsbezogenen Forschungszielen Küstensicherung und Landgewinnung liegen, die im Ausland nicht verfolgt wurden. Dadurch dass mit dem Ausscheiden Hagmeiers aus dem Arbeitsleben die Verbindung zwischen der institutionellen ökologischen Wattforschung und der universitären Auseinandersetzung abris, wurde eine kritische Diskussion der wissenschaftlichen Methodik und des Konzepts verhindert. Die jahrzehntelange Kontinuität der anwendungsorientierten Wattforschung in Deutschland nahm ihren Gang.

Die vorliegende wissenschaftshistorische Untersuchung zeigt, daß die Pionierphase der deutschen Wattforschung für die moderne Wissenschaft große erkenntnistheoretische Bedeutung hat. Die Pionierarbeiten stellen eine wertvolle Referenz für die moderne Wissenschaft dar, dokumentieren sie doch erstmalig regionale Besiedlungsmuster. Wissenschaftshistorisch gewähren sie Einblick in die Entstehungsgeschichte eines Fachbereichs.

8 Literatur

- Agatz, E. & Gaye (1952): „ Organisation und Aufgaben des Küstenausschusses Nord- und Ostsee “; Küste 1: XIII-XVI
- Allen, E.J. & Todd, E.A. (1900): „ The fauna of the Salcombe estuary “; Journ. Mar. Biol. Ass. UK VI/2: 151-217
- Allen, E.J. & Todd, E.A. (1902): „ The fauna of the Exe estuary “; Journ. Mar. Biol. Ass. UK VI/3: 295-335
- Austen, I. (1994): „ The surficial sediments of Königshafen - variations over the past 50 years “; Helgol.Meeresunters. 48: 163-171
- Backhaus, J., Hartke, D., Hübner, U., Lohse, H., Müller, A. (1998): „ Hydrographie und Klima im Lister Tidenecken “; In: Gätje, Ch., Reise, K.: Ökosystem Wattenmeer, Springer: 39- 54
- Balogh J. (1958): „ Lebensgemeinschaften der Landtiere “; Akademie-Verlag, Berlin
- Bäumer, Ä. (1990): „ NS-Biologie “; Wiss.-Verl. Ges. Stuttgart
- Beanland, F.L. (1940): „ Sand and mud communities in the Dovey estuary “; Nat. Volk 24: 589-611
- Bennekom, J. van (2002): „ Geschiedenis van het Zoologisch Station en het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee “; NIOZ 3638
- Bietz, H. (2003): Historische Wattforschung: Was können wir aus den alten Gegensätzen lernen? Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Meeresforschung 4/02: 8-13
- Bietz, H. (in press.): „ Arthur Hagmeier: Begründer einer systematischen Erforschung der Nordseewatten “; Verh. Gesch. Theo. Biol.
- Bietz, H. & Reise, K. (2002): „ Pioniere der deutschen Wattenmeerforschung: eine Referenz für die heutige Zeit? “; Verh. Gesch. Theo. Biol. 8: 215-223
- Bietz, H., & Reise, K. (in press.): „ Vom Beginn deutscher Wattforschung: Zwei Pionierarbeiten und deren wissenschaftshistorische Auswirkungen “; Verh. Gesch. Theo. Biol.
- Blegvard, H. (1914): „ On the food of fish in the Danish waters within the Skaw “; Rep. Dan. Biol. Stat. 24: 17-92
- Braun-Blanquet, J. (1928) : „ Pflanzensoziologie “; Biol. Studienb. VII: 1-330
- Broekhyusen, G.J. (1937): „ On development, growth and distribution of *Carcinides maenas* (L.) “; Arch. Néer. Zool. I: 257-399
- Bückmann, A. (1934): „ Über die Jungschollenbevölkerung der deutschen Wattenküste der Nordsee “; Ber. dt. wiss. Kommn Meeresforschung 7/3: 320-327
- Bückmann, A. (1957): „ Arthur Hagmeier “; Ber. Dt. Komm. Wiss. Meeresf. XV(1): 70-76
- Caspers, H. (1950): „ Der Biozönose- und Biotopbegriff vom Blickpunkt der marinen und limnischen Synökologie “; Biol. Zblatt. 69: 43-63
- Colman, J. (1933): „ The nature of the intertidal zonation of plants and animals “; Journ. Mar. Biol. Assoc. UK 18: 435-476
- Dahl, F. (1908a): „ Grundsätze und Grundbegriffe der biocoenotischen Forschung “; Zool. Anz. 33: 348-353
- Dahl, F. (1908b): „ Die Lycosiden oder Wolfspinnen Deutschlands und ihre Stellung im Haushalte der Natur “; Nova Acta Leopold.-Carol. Dtsch. Akad. Naturforsch. 88: 174-678

- de Jong, F., J. Bakker, K. v. Berkel, N. Dankers, K. Dahl, C. Gätje, H. Marencic, P. Potel (1999): „ Wadden Sea Quality Status Report 1999 (QSR 99) “; Wadden Sea Ecosystem No. 9.
- Dittmann, S. (Hrsg. 1999): „ The Wadden Sea Ecosystem: stability properties and mechanisms “, Springer, Berlin
- Dörjes, J. (1987): „ Die Biota des Südwatts “; In: Gerdes., C., Krumbein, W., Reineck, H-E. (Hrsg.): „ Mellum - Portrait einer Insel “; Frankfurt a.M.: Verlag Waldemar Kramer: 153-163
- Dörjes, J., Gadow, S., Reineck, H.-E. & Bir Singh, I. (1969): „ Die Rinnen der Jade (Südliche Nordsee). Sedimente und Makrobenthos “; Senckenberg. marit. 50(1): 5-62
- Dral, A (1998): „ De geschiedenis van het Zoölogisch Station der Nederlandse Dierkundige Vereniging 1876-1945 “; NIOZ-Rapp 1998-7: 1-51
- Ehrenbaum, E. (1885): „ Zoologische Wanderstation an der Nordsee “; Mitt. Sekt. F- Küsten- u. Hochseef. //b: 4-10
- Eltringham, S.K. (1971): „ Life in mud and sand “; English Univers. Press London
- Ford, E. (1923): „ Animal communities of the level seabottom in the waters adjacent to Plymouth “; Journ. Mar. Biol. Ass. UK 13(1) : 164-224
- Fraser, J.H. (1932): „ Observations on the fauna and constituents of an estuarine mud in a polluted area “; Journ. Mar. Biol. Ass. UK 18(1) : 69-85
- Friederichs, K. (1937): „ Ökologie als Wissenschaft von der Natur oder biologische Raumoorschung “; Bios 7: 1-108
- Friederichs, K. (Hrsg.) (1930): „ Die Grundlagen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie “; Verlag Paul Parey
- Gätje, Ch. und Reise, K. (1998): „ Ökosystem Wattenmeer “; Berlin: Springer
- Gerdes, G. & Holtkamp, E. (1980): „ Sedimentologisch-biologische Kartierung der Wattgebiete von Mellum (südliche Nordsee) “; Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg 39: 1-185
- Gessner, F. (1957): „ Meer und Strand “ ; VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften
- Gislén, T. (1930): „ Epibioses of the Gullmar Fjord II “; Kristineb. Zoolo. Stat. 1877 – 1927 4//: 1-380
- Grimpe, T. & Wagner (Hrsg.) (1930): „ Die Tierwelt der Nord- und Ostsee. “; Leipzig 1
- Gunkel, W. (1995): „One hundred years of the Biological Anstalt Helgoland on the island of Helgoland, a cliff in the North Sea steeped in the tides and currents of history “; Hlgol. Meeresunters. 49: 69-75
- Hagmeier, A. & Kändler, R. (1927): „ Neue Untersuchungen im nordfriesischen Wattenmeer und auf fiskalischen Austernbänken “; Wiss. Meeresunters. Abt. Helgol. 16: 1-90
- Hagmeier, A. (1912): „ Beiträge zur Kenntnis der Mermithiden “; Zool. Jahrb. 32(6) : 521-612
- Hagmeier, A. (1916): Ueber die Fortpflanzung der Auster und die fiskalischen Austernbänke. Fischerb. Norddt. Fischerei-Zt. 11,12: 290-296
- Hagmeier, A. (1922): „ Die bisherigen und künftigen Untersuchungen der Biologischen Anstalt auf Helgoland über die Zusammensetzung des Fischbestandes der Nordsee “; Fischerb. Norddt. Fischerei-Zt. 1: 1-6.

- Hagmeier, A. (1925): „ Vorläufiger Bericht über die vorbereitenden Untersuchungen der Bodenfauna der Deutschen Bucht mit dem Petersen-Bodengreifer “; Ber. Dt. wiss. Meeresf. N.F. 1(8) : 247-272
- Hagmeier, A. (1927): „ Die nordfriesischen Austernbänke und ihre Austern “; Naturforsch. 4(6) : 265-271
- Hagmeier, A. (1930a): „ Die Züchtung verschiedener wirbelloser Meerestiere “; Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden; E. Abderhalden (Hrsg.): Abt. 9, 5: 465-598
- Hagmeier, A. (1930b): „ Eine Fluktuation von *Spisula subtruncata* da Costa an der ostfriesischen Küste “; Ber. dt. wiss. Komm. Meeresf. 5: 126-155
- Hagmeier, A. (1934a) : „ Die Aufgaben der Preußischen Biologischen Anstalt auf Helgoland “; Biologe 3: 161-166
- Hagmeier, A. (1934b) : „ Ökologische Untersuchungen der Biologischen Anstalt Helgoland “; Biologe 3: 173-174
- Hagmeier, A. (1939): „ Die Arbeiten der Biologischen Anstalt auf Helgoland “; Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meeresforsch. IX/2: 65-110
- Hagmeier, A. (1941): „ Die intensive Nutzung des nordfriesischen Wattenmeeres durch Austern- und Muschelkultur “; Zt. f. Fisch. 39: 105-165
- Hagmeier, A. (1942): „ Wege und Ziele der biologischen Forschung auf Helgoland 1892 bis 1942 “; Forsch. Fort. 18(27/28): 261-266
- Hagmeier, A. (1951a): „ Notiz über die Biologische Anstalt Helgoland nach dem Kriege “; Zool. Anz. 146(5/6): 130-133
- Hagmeier, A. (1951b): „ Die Nahrung der Meerestiere “; Handbuch der Seefischerei Nordeuropas 1/5b: 88-243
- Hagmeier, E. (1998): „ Aus der Geschichte der Biologischen Anstalt (BAH) ab 1945 “; Helgol. Meeresunters. 52 (Suppl.): 1-106
- Häntzschel, W. (1939): „ Wattenmeer-Beobachtungen am Ringelwurm *Nereis* “; Nat. Volk 68: 144-148
- Häntzschel, W. (1953): „ Zur Frage der Kennzeichnung fossiler Watten-Ablagerungen “; Nat. Volk 83(11) : 255-262
- Hedgpeth, J.W. (ed.) (1957): „ Concepts of marine ecology “; Geol. Soc. Am. 67/1: 29-52.
- Heincke, F. (1893): „ Die Biologische Anstalt auf Helgoland und ihre Tätigkeit im Jahre 1893 “; Wiss. Meeresunters Abt. Helgol.N.F. 1: 1-33
- Heydemann, B. (1968): „ Das Freiland- und Laborexperiment zur Ökologie der Grenze Land-Meer “; Verh. Dtsch. Zool. Ges., Heidelberg: 256-309
- Heydemann, B. (1973): „ Zum Aufbau semiterrestrischer Ökosysteme im Bereich der Salzwiesen der Nordseeküste “; Faun.-ökol. Mitteil. 4: 155-168
- Heydemann, B. (1977): „ Zum Tode von Professor Dr. Dr. h.c. Adolf Remane “; Faun.-ökol. Mitteil. 5: 85-91
- Iwersen, J. (1943): „ Zur bodenkundlichen Kartierung des nordfriesischen Wattengebietes “; Westküste 2: 42-70
- Jax, K. (1998): „ Holocoen and Ecosystem – On the origin and historical consequences of two concepts “; Journ. Hist. Biol. 31: 113-142
- Jax, K., Vareschi, E., Zauke, G.-P. (1993): „ Entwicklung eines theoretischen Konzepts zur Ökosystemforschung Wattenmeer “; Umweltbundesamt Forschungsbericht 108 02 085/02 UBA-FB 93-101
- Jones, N.S. (1950): „ Marine bottom communities “; Biol. Rev. 25: 283-313

- Kölmel, R. (1981): Zwischen Universalismus und Empirie - die Begründung der modernen Ökologie- und Biozönosen-Konzeption durch Karl Möbius "; Mitteil. Christ.-Alb.-Univers. Kiel 1(7) : 17-34
- Kolumbe, E. (1938): „ Wissenschaft und Landgewinnungsarbeit “; Westküste 2: 52-65
- König, D. (1943): „ Vergleichende Bestandsaufnahmen an bodenbewohnenden Wattieren im Gebiet des Sicherungsdammes for dem Friedrichskoog (Süderdithmarschen) in den Jahren 1935 bis 1939 “; Westküste 2: 120 – 172
- Krause, H.R. (1955): „ Die biologische Wattkartierung im ostfriesischen Raum “; Arb. Forsch Küste Norderney 2: 1-124
- Kuenen, D.J. (1942): „ On the distribution of mussels on the intertidal sandflats near Den Helder “; Arch. Neér. Zool. VI: 117-158
- Kunz, H. (1999): „ Forschungsstelle Küste - Außenstelle des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie auf Norderney “; Petermanns Geog. Mitteil. 143: 32-33
- Lakatos, I. (1978): „ Mathematik, empirische Wissenschaft und Erkenntnistheorie “; Philosophische Schriften 2, F. Vieweg Verl.
- Lengsfeld, K. (1993): „ Erich Wohlenberg (1903-1993) “; Nordfr. Jahrb., N.F. 29: 7-12
- Leps, G. (1977): „ Hundert Jahre ‚Biozönose‘ oder ‚Lebensgemeinschaft‘ - zur Begründung ökologischen Denkens durch August Möbius “; Biol. Schul. 26(2) : 329-332
- Leps, G. (2001): „ Karl August Möbius (1825-1908) & Friedrich Dahl (1856-1919) “; in: Darwin & Co., I. Jahn & M. Schmitt, I S. (Hrsg.) : 163-197
- Lewis, J.R. (1955): „ The mode of occurrence of the universal intertidal zones in Great Britain “; J. Ecol. 43: 270-290
- Lewis, J.R. (1964): „ The ecology of the rocky shores “; Hodder & Stoughton, London
- Liebezeit, G. (2001): „ Historische marine Ökologie “, DGM-Mitteilungen 4/2001: 3-5
- Lindeman, R.L. (1942): „ The trophic-dynamic aspect of ecology “; Ecol. 23: 399-418
- Linke, O. (1933a): „ Morphologie und Physiologie des Genitalapparates der Nordseelittorinen “; Wiss. Meeresunters. Abt. Helgoland, N.F. 19/5: 1-60
- Linke, O. (1933b): „ Der Laich von *Skeneopsis planeorbis* O. Fabricius (Gastrop. Prosobranch.) “; Zoolog. Anz. 103(11/12) : 307-311
- Linke, O. (1935a): „ Der Laich von *Littorina (Melarphe) nerotoides* L. “; Zoolog. Anz. 112: 57-62
- Linke, O. (1935b): „ Zur Morphologie und Physiologie des Genitalapparates der Süßwasserlittorinide *Cremnoconchus syhadrensis* Blanford “; Arch. Naturgesch. 4: 72-87
- Linke, O. (1935c): „ Ein Spülsaum aus Fischschuppen “; Nat. Volk 3(2) : 128-129
- Linke, O. (1936a): „ Nachträglich veränderte Lebensspuren im Schlickwatt “; Nat. Volk 66(5) : 250
- Linke, O. (1936b): „ Alpenstrandläufer und Seepocken “; Nat. Volk. 66/1: 23-25
- Linke, O. (1938): „ Biologie und Praxis an der ostfriesischen Küste “; Biologe VII/7: 16-17
- Linke, O. (1939a): „ Die Biota des Jadebusenwattes “; Helgoländer wiss. Meeresunters. 1: 201 – 348

- Linke, O. (1939b): " Bericht über die im Arbeitsjahr 1937/38 im Watt zwischen Juist und Festland und in der Leybucht durchgeführten Sinkstoffuntersuchungen "; Dienstber. Forsch. Norderney: 1-21
- Linke, O. (1940): „ Die Entwicklung der biologischen Wattforschung in den letzten Jahren "; Forsch. Fort. 27: 297-300
- Linke, O. (1943): „ Karte der Schill-Lagerstätten vor der ostfriesischen Küste "; Arch. Landes- Volksk. Nieders. 1943
- Linke, O. (1949a): „ Ostfriesische Inseln und Küstenschutz "; Fries. Monatsh. 1: 1-7
- Linke, O. (1949b): „ Bericht über die Riff- und Sandwandermessungen am Nordstrand von Norderney "; unveröff. Ber. Forsch.stelle Norderney 2: 39-46
- Linke, O. (1954): „ Die Bedeutung der Miesmuscheln für die Landgewinnung im Wattenmeer "; Nat. Volk 84(8) : 253-261
- Lohse (1943): „ Geleitwort "; Westküste 3
- Lorenzen, J. M. (1938): „ Die Wattforschung als Grundlage zur Landgewinnung "; Jb. Nordfriesland 2: 1-23
- Lorenzen, J. M. (1960): „ 25 Jahre im Dienst des Küstenschutzes "; Küste 1960: 7-28
- Maaden, van der H. (1942). „ Beobachtungen über Meusen am Strand von Katwijk aan Zee (Holland) in den Jahren 1933-1937 "; Arch. Neér. Zool. 1942: 1-100
- McIntosh, R.P. (1975): " Gleason – 'individualistic ecologist' 1882-1975: His contribution to ecological theory "; Bull. Torr. Bot. Club 102(5): 253-273
- McIntosh, R.P. (1985): „ The background of ecology - concept and theory "; Cambridge University Press
- Metzger, A. (1871): „ Die wirbellosen Meerestiere der ostfriesischen Küste "; Jahresber. Naturh. Ges. z. Hannover 20: 22-36
- Michaelis, H. & Böhme, B. (1994) : „ Benthosforschung im Ostfriesischen Wattenmeer " , Texte Umweltbundesamt Forschungsbericht 108 02 085/02 UBA-FG 93-101/13
- Michaelis, H. & Reise, K. (1994): „ Langfristige Veränderungen des Zoobenthos im Wattenmeer "; In: Lozan, J.L., Rachor, E., Reise, K., Westernhagen, H.v., Lenz, W. (Hrsg): Warnsignale aus dem Wattenmeer. Berlin: Blackwell Wissenschafts-Verl.: 106-117
- Michaelis, H. (1987): „ Bestandsaufnahme des eulitoral Makrobenthos im Jadedeusen in Verbindung mit einer Luftbild-Analyse "; Jahresber. Forstst. Küste Norderney 38: 1-97
- Michaelis, H. (1993): „ Das Wattenmeer - sanierte Wildnis oder angeschlagenes Ökosystem "; In: Smeins, H. (Hrsg.): Norderney - auf dem Weg in das dritte Jahrtausend. //: 70-76
- Mielck, W. (1930): „ Bericht über die Untersuchungen der Biologischen Anstalt auf Helgoland "; Forschungsinstitute, ihre Geschichte, Organisation und Ziele, L. Brauer, A. Mendelssohn Bartholdy, A. Meyer (Hrsg.): 175 - 199
- Mills, E.L. (1969): „ The community concept in marine zoology, with comments on continua and instability in some marine communities: A review "; J. Fish. Res. Bd. Can. 26: 1415-1428
- Möbius, K. (1877): „ Die Auster und die Austerwirtschaft "; Berlin
- Mortensen, Th. (1922): „ Biologiske Studier over Sandstrandfaunaen særlig ved de danske Kyster "; Vidensk. Medd. Fra Dansk naturh. Foren.: 23-56

- Müller, C.D. (1960): „ Fauna und Sediment der Leybucht “; Ber. Forsch.stelle Norderney XI: 39-178
- Nienburg, W. (1927): „ Die Besiedlung des Felsstrandes und der Klippen von Helgoland: I Der Königshafen von Sylt “; Wiss. Meeresunters Abt. Kiel 10: 149-195
- Odum, Eugene P. (1983): „ Grundlagen der Ökologie “; Thieme-Verl. Stuttg 1
- Orton, J.H. (1926): „ On the rate of growth of *Cardium edule*. Part 1. Experimentell observations “; Journ. Mar. Biol. Ass. UK 14: 239 – 279
- Passarge, S. (1929): „ Grundlagen der. Landschaftskunde: Beschreibende Landschaftskunde “; Friederichsen, Hamburg, 2
- Petersen, C.G.J. (1911): „ Valuation of the sea I. Animal life of the sea-bottom , its food and quantity “; Rep. Dan. Biol. Stat. 20: 1-80
- Petersen, C.G.J. (1913): „ A preliminary result of the investigations on the valuation of the sea “; Rep. Dan. Biol. Stat. 21: 29-33
- Petersen, M. (1973): „ Forschung Westküste, Zum Tode von Johann M. Lorenzen “; Nordfriesl. 25: 8-15
- Plath, M. (1943): „ Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten “; Westküste 2 1-46
- Polanyi, M. (1966): „ The tacit dimension “; Anchor Books Doubleday & Company, Inc., New York
- Postma, H. (1954): „ Hydrobiology of the Dutch Waddensea “; Arch. Néer. Zool. X: 405-511
- Raffaeli, D., Hawkins, S. (1996): „ Intertidal Ecology “; Chapman & Hall, London
- Redeke, H.C. (Hrsg.) (1922): „ Flora en Fauna der Zuiderzee “; De Broer jr., Den Helder
- Reise, K. & Schubert, A. (1987): „ Macrobenthic turnover in the subtidal Wadden Sea: the Norderaue revisited after 60 years “; Helgol. Meeresunters. 41: 69-82
- Reise, K. (1980): „ Hundert Jahre Biozönose “; Naturwiss. Rundschau. Stuttg. 33: 328–335
- Reise, K. (1982): „ Long-term changes in the macrobenthic invertebrate fauna of the wadden sea: Are polychaetes about to take over? “; Neth. Journ. Sea Res. 16: 39-69
- Reise, K. (1985): „ Tidal Flat Ecology “; Ecol Stud 54, Berlin: Springer
- Reise, K. (1990a): „ August Möbius: Dredging the first community concept from the bottom of the sea “; Deut. Hydro. Zeit. Erg. R.B. 22: 149-152
- Reise, K. (1990b): „ Historische Veränderungen in der Ökologie des Wattenmeeres “; Rhein.-Westf. Akad. Wiss. 382: 35-55
- Reise, K. (1995): „ Predictive ecosystem research in the Wadden Sea “; Helgol. Meeresunters. 49: 495-505
- Reise, K. (2002): „ Küstenforschung “; in : Deutsche Forschungsgemeinschaft: Perspektiven der Forschung und ihrer Förderung, Aufgaben und Finanzierung 2002-2006, Wiley-VCH, Weinheim: 334-346
- Reise, K., Herre, E. & Sturm, M. (1989): „ Historical changes in the benthos of the Wadden Sea around the island of Sylt in the North Sea “; Helgol. Meeresunters. 43: 417-433
- Reise, K., Köster, R., Müller, A., Asmus, H., Asmus, R., Hickel, W. & Rietmüller, R. (1998): „ Austauschprozesse im Sylt-Römö Wattenmeer: Zusammen-

- schau und Ausblick“; In: Ökosystem Wattenmeer, Gätje, Ch., Reise, K., Springer, Berlin: 529-558
- Remane, A. (1940): „Einführung in die zoologische Ökologie der Nord- und Ostsee“; In: Die Tierwelt der Nord- und Ostsee, Grimpe & Wagner (Hrsg.) 1 I.a.1. - I.a. 238
- Richter, R. (1929): „Gründung und Aufgaben der Forschungsstelle für Meeresgeologie ‚Senckenberg‘ in Wilhelmshaven“; Nat. u. Mus. 59/1: 1-30
- Rumohr, H. (1999): „Interview mit Prof. Rudolf Kändler (1899 – 1993) anlässlich seines 85. Geburtstags“; Histor.-meereskundl. Jahrb. 6: 107–120.
- Schäfer, W. (1953): „25 Jahre Forschungsanstalt für Meeresgeologie und Meeresbiologie ‚Senckenberg‘ in Wilhelmshaven“; Nat. Mus. 83: 245-254
- Schuster, O. (1951): „Die Lebensgemeinschaften auf dem Südwatt der Nordseeinsel Mellum“; Senckenberg. marit. 32: 49-65
- Schuster, O. (1952): „Die Vareler Rinne im Jadebusen“; Abh. senckenberg. naturforsch. Ges. 486: 1-38
- Sears, P.B. (1956): „Some notes on the ecology of ecologists“; Sci. Monthly 83: 22-27
- Smidt, E.L.B. (1951): „Animal production in the Danish Waddensea“; Meddr Danm. Fisk.-og Havunders (Fiskeri) 11(6): 1-151
- Souhtward, A.J. (1995): „The importance of long-time series in understanding the variability of natural systems“; Helgol. Meeresunters. 49: 329-333
- Spärck, R. (1935): „On the importance of quantitative investigation of the bottom fauna in marine biology“; Journ. Cons. Int. Council. Expl. Sea 10: 3-19
- Spooner, G.M. & Moore, H.B. (1940): „The ecology of the Tamar estuary VI. An account of the macrofauna of the intertidal muds“; Abh. Senckenberg. Naturf. Ges. 24: 283-330
- Stephen, A.C. (1929): „Studies on the Scottish marine fauna: The fauna of the sandy and muddy areas of the tidal zone“; Trans. R. Soc. Edinb. 56: 291-306
- Stephenson, T.A., Stephenson, A. (1949): „The universal features of zonation between tidemarks on rocky coasts“; J. Ecol. 38: 289-305
- Stephenson, T.A., Stephenson, A. (1972): „Fife between tidemarks on rocky shores“; W:H: Freeman, San Francisco
- Steven, G.A. (1929): „Bottom fauna and the food of fishes“; Journ. Mar. Biol. Ass. UK 16: 677-700
- Storch, H. v. (Hrsg., 2002): „Interview mit Professor Hans Hinzpeter“ , DGM-Mitteilungen 1/2002: 17-25
- Souhtward, A.J. (1995): „The importance of long-time series in understanding the variability of natural systems“; Helgol. Meeresunters. 49: 329-333
- Tansley A. (1935): „The use and abuse of vegetational concepts and terms“; Ecology 16: 284-307
- Thamdrup, H.M. (1935a): „Die marinbiologischen Untersuchungen des Skallinglaboratoriums in der Ho Bucht“; Rapp. Proc verb. XCIV/3: 57-59
- Thamdrup, H.M. (1935b): „Beiträge zur Ökologie der Wattenfauna auf experimenteller Grundlage“; Medd. Skal.Lab. 10/2: 1 – 125
- Thienemann A. (1926): „Der Nahrungskreislauf im Wasser“; Verh. Dtsch. Zool. Ges. 31: 29-79
- Thienemann, A. (1925): „Grundsätze für die faunistische Erforschung der Heimat“; Nordelbingen 4: 210-224

- Thorson, G. (1966): „ Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic communities “; Neth. J. Sea Res. 3(2) : 267-293
- Tinbergen, L. (1939): „ Zur Fortpflanzungsethologie von *Sepia officinalis* (L.) “; Arch. Neér. Zool. IV 323-364
- Tischler, W. (1992): „ Ein Zeitbild vom Werden der Ökologie “; Fischer-Verl. Stuttg.
- Todd, R.A (1903): „ Notes on the Invertebrate fauna and fish-food of bays between Start and Exmouth “; Journ. Mar. Biol. Assoc. VI/4
- Trepl, L. (1994): „ Geschichte der Ökologie “; Beltz Athenäum Verlag, Weinheim
- Trusheim, F. (1936): „ Wattenpapier “; Fisch.welt 66(3): 103-106
- Türkay, M., Flemming, B., Großhoff, M., Klausewitz, W, Ziegler, W. (1987): „ Senckenbergische Meeresforschung “; Senckenb. Nat. Ges. 15: 1-29
- Warming, E. (1904): „ Bidrag til vadernes, sandernes og marskens naturhistorie “; Bianco Lunos Bogtrykkeri
- Werner, P. (1993): „ Die Gründung der Königlichen Biologischen Anstalt auf Helgoland und ihre Geschichte bis 1945 “; Helgol. Meeresunters. 47(Suppl.) 1-182
- Wohlenberg, E. (1931a): „ Die Grüne Insel in der Eidermündung, eine entwicklungsphysiologische Untersuchung “; Arch. Deut. Seew. 50/2
- Wohlenberg, E. (1931b): „ Ruinen im Wattenmeer “; Nat Mus. 1: 62
- Wohlenberg, E. (1932): „ Die Grüne Insel in der Eidermündung, eine entwicklungsphysiologische Untersuchung “; Archiv der Deutschen Seewarte: 50(2) : 1-33
- Wohlenberg, E. (1934): „ Biologische Landgewinnungsarbeiten im Wattenmeer “; Biologe 7: 182-183
- Wohlenberg, E. (1935): „ Beobachtungen über das Seegras *Zostera marina* L. und seine Erkrankung im nordfriesischen Wattenmeer “; Nordelbingen 11: 1-19
- Wohlenberg, E. (1936): „ Biologische Forschung und Praxis an der Nordseeküste “; Jhb. Heimatb. Nordfr. 23: 147-150
- Wohlenberg, E. (1937): „ Die Wattenmeer-Lebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt “; Helgoländer wiss. Meeresunters. I: 1-92
- Wohlenberg, E. (1938): „ Biologische Kulturmaßnahmen mit dem Queller (*Salicornia herbacea* L.) zur Landgewinnung im Wattenmeer “; Westküste I/2: 52-104
- Wohlenberg, E. (1939a): „ Unsere jungen Köge “; Meyns, Schl.-Holst. Hauskal. 69: 61-76
- Wohlenberg, E. (1939b): „ Die Nutzenanwendung biologischer Erkenntnisse im Wattenmeer zu Gunsten der praktischen Landgewinnung an der deutschen Nordseeküste “; Cons. Perm. Int. exp. mer III/24: 125-130
- Wohlenberg, E. (1954): „ Sinkstoff, Sediment und Anwachs am Hindenburgdamm “; Küste II(2) : 33-95
- Wohlenberg, E., Plath, M. (1953): „ Produktionsbiologische Untersuchungen auf eingedeichten Wattflächen “; Küste II(1) : 5-23
- Wolff, W.J (Hrsg., 1983): „ The ecology of the Wadden Sea “; Rotterdam: Balkema
- Wrage, W. (1930): „ Das Wattenmeer zwischen Trischen und Friedrichskoog “; Arch. Dt. Seewarte 48(5) : 7-128