

Detaillierter Forschungszeitplan für Doktorand Lemenkova P.A.  
im *Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung* <http://www.awi-bremerhaven.de/>  
seit **01.10.2007** bis **31.03.2008** unter der Betreuung von Dr. H.-W.Schenke.

Das Ziel der Forschung ist **die Herstellung eines geökologischen Geoinformationssystems und digitaler geökologischer Karten für das Gebiet der Arktis.**

Diese Forschung ist in Rahmen der Diplomarbeit und aktueller Doktorarbeit an der Moskauer Lomonosov-Universität bereits angefangen, und während der Aufenthalt im *Alfred-Wegener-Institut* (weiter AWI) werden die Daten und bereits hergestellte Karten benutzt, um die Forschung der Arktis weiter fortzusetzen und zu vertiefen.

Als Resultat sind geökologische Karten der Arktis herzustellen, die den jetzigen Zustand des Polargebiets zeigen.  
**Im Arbeitsplan sind folgende wissenschaftliche Herausforderungen hervorgehoben:**

**1. 01.10.2007 – 31.10.2008.**

Bearbeitung der vorhandenen bathymetrischen Karten; hier nutzt man sowohl digitale Karte in ArcGIS Formaten (u.a. die Karten aus dem GEBCO Digital Atlas - GDA) als auch von gescannten Karten, die vektorisiert werden müssen (Programm der automatischen Vektorisierung *Autotrace* - unter Linux OS) und im Projekt benutzt werden können.

Dabei werden die Isobathen in mehreren Arbeitsschritten bearbeitet: zuerst werden Höhen- bzw. Tiefenlinien als Linienvektoren digitalisiert und dann auf systematische Fehler überprüft. Weiter werden sie nach geomorphologischen Kriterien manuell editiert, verbessert und (wo es nützlich ist) interpoliert und zum Schluss für die Editierung ins aktuelle GIS-Projekt eingelesen.

Dadurch, dass geplante Arbeit in der Abteilung für Bathymetrie AWI durchgeführt wird, wird die Verarbeitung von bathymetrischen Daten in Kooperation mit anderen Mitarbeitern zusammengeführt und die Problemen der geomorphologischer Interpretation von Bodenreliefs besprochen.

Bathymetrische Karten sind Grundlage für die geökologischen Karten, da sie den Meeresboden mit der Bodentopographie und damit die geomorphologischen Grundformen des Bodenreliefs widerspiegeln. Deswegen ist es wichtig, die genaue bathymetrische Grundlage vorliegen zu haben (vor allem die Karten von GEBCO und IBCAO für das gesamte Arktisgebiet in Maßstab 1:6 000 000, plus zusätzliche bathymetrische Karten in möglichst größeren Maßstäben im einzelne Regionen, Meeren und Buchten).

**2. 01.11.2007 – 31.12.2008.**

In diesem Arbeitsschritt werden alle verfügbaren Daten aus AWI-Datenbanken gesammelt und in der aktuellen Datenbank gespeichert; dann werden auf Grundlage dieser Datenbank thematische Karten hergestellt (s.u.).

Aufgrund der von Polarstern-Expedition ANT/XXIII-4 angeknüpften persönlichen Kontakten und Bekanntschaften mit Geowissenschaftlern aus AWI werden neue thematische Daten bekommen, um sie zu erforschen, weiter zu verarbeiten und im Projekt zu benutzen, wobei die Daten, die in AWI-Datenbanken gespeichert sind, ins Projekt hinzugefügt werden. Wissenschaftliche Artikel

Es ist auch geplant, während des geplanten Aufenthaltes in AWI an den Konferenzen und Seminaren, die im Rahmen des *Internationalen Polarjahr 2007-2008* in AWI stattfinden werden, teilzunehmen, um wissenschaftliche Zusammenarbeit und Kooperation zu vertiefen und mit den aktuellen Problemen der Arktisforschung besser kennen zu lernen.

Neue thematische Daten von Polarstern-Expeditionen werden aus den Bereichen der Biologie, Geowissenschaften (besonders Fachbereiche Geophysik und Marine Geologie), Glaziologie, Ozeanographie und Klimaforschung bekommen und im Projekt weiterverarbeitet.

Die Modellierung des Ökosystems setzt detaillierte und komplexe Kenntnisse von deren Struktur, Funktion und Regulation voraus. Deswegen wird die Wechselbeziehung zwischen verschiedenen Faktoren, die den gesamten Zustand des Ökosystems streng beeinflussen, analysiert. Die Arbeit konzentriert sich auf:

- **geomorphologische** Faktoren (Meeresboden des Arktisgebietes und geomorphologische Formen der angrenzenden Küstenregionen).  
Sie sind für Ökosystem von besonderer Bedeutung, weil die geomorphologischen Formen des Meeresbodens eine Auswirkung auf die Meeresströmung und den Meeresspiegel haben und dadurch alle Prozesse der Stoffübertragung (einschließlich radioaktiver Stoffe und Verschmutzungen) steuern und

regulieren. Mit Hilfe der Karten sind die geomorphologischen und tektonischen Strukturen genau festzulegen und zu beschreiben, so dass sie als Gerüst für die Begrenzung der Ökoregionen dienen.

Die aktuellen Daten der arktischen Bodenreliefs werden aus den letzten Polarstern-Expeditionen dank der intensiven Kooperation mit Kollegen aus AWI bekommen und im Projekt weiterverarbeitet.

*Im Laufe der Arbeit werden folgende Karten hergestellt:* Moderne Grundformen des Meeresreliefs; Geomorphologie der arktischen Küsten.

- **geologische** Faktoren (Meeresgrundsstruktur, Bodenbeschaffenheit an den Küsten, usw.). Sie beeinflussen vor allem die Standfestigkeit und Stabilität der Komponenten von Ökosystemen gegenüber negativen Einwirkungen. Die Morphologie und Struktur des Meeresbodens steht in einem engen Zusammenhang mit Sedimentationsraten, Erosionsabläufen, Strömungsvorgängen und Transportmechanismen, so dass diese Informationen wichtige Parameter für Ökosystemmodellierung sind.

Die Geologie des arktischen Meeresbodens weist höchst uneinheitliche und komplexe Formen auf und hat einen strengen Einfluss auf den Zustand des Ökosystems, deswegen werden die geologischen Karten im Projekt als Arbeitsgrundlage benutzt.

Neue Forschungen aus Arktis-Expeditionen werden von Kollegen aus Bereichen Marine Geologie und Paläontologie bekommen und weiterverarbeiten.

*Als Grundlage im aktuellen GIS-Projekt werden folgende geologische Karten benutzt:* Geologische Karte der Arktis, Tektonik des arktischen Meeresbodens, Geologie der arktischen Küsten.

- **ozeanographische und klimatische** Faktoren. In den Polargebieten hat der Klimawandel besonders deutliche Auswirkungen auf Meeresökosysteme, deswegen steht in diesem Arbeitsschritt die Studie der klimatischen Veränderungen und Klimamechanismen in der Arktis in den letzten Jahren im Mittelpunkt: Rückgang der Schelfeise und Gletscher, Temperatur- und Meereisänderungen, Austausch von Wassermassen, Abkühlungs- und Erwärmungsereignisse und andere klimatische Schlüsselprozesse im Ozean und im Eis der Arktis. Um dynamische klimatischen Veränderungen genauer festzustellen, werden dabei die Luftaufnahmen aus verschiedenen Zeitperioden verarbeitet, wobei die Programme GRASS und Erdas Imagine mit Bildverarbeitungsmodulen genutzt werden. Insbesondere wird die derzeitige globale Erwärmung analysiert, die zu einer Verringerung des polaren Meereises und damit einhergehend zu Änderungen in der Biosphäre führt.

*Folgende klimatische Karten werden hergestellt:*

Rückgang von Schelfeisen und Schmelzen von Gletschern in der Zeitperiode 1955-1980-2005; Auftauen des nordpolaren Permafrostes im Zeitraum 1955-1980-2005; Entwicklung der Austausches von Meerwasser zwischen dem Nordpolarmeer und dem Atlantischen Ozean; Verringerung des polaren Meereises in den letzten Jahren (bis 2005).

- **biologische** Daten. Weil die verschiedenen Komponenten der Biosphäre auf Belastbarkeit extrem unterschiedlich reagieren, werden die Biomassegröße, Lebensareale, Lebensbedingungen, Artenverbreitung, biologische Vielfalt von Schelf- und Tiefsee-Biodiversität von verschiedenen Arten der arktischen Flora und Fauna analysiert, festgestellt und kartiert. Dabei wird die Nahrungskette bzw. das Ökosystem als Ganzes betrachtet und alle Komponenten des Meeresökosystems berücksichtigt; Als Folge werden die biogeographischen Karten der arktischen Fauna und Flora als thematische Teile der Serie hergestellt, in denen dargestellt wird, in welchen Gebieten besonders schwere ökologische Situationen vorherrschen.

*Anfertigung biogeographischer Karten:*

Klimabedingter Biodiversitätswandel in den Jahren 1955-1980-2005; Einschränkung der Lebensareale in Jahren 1955-1980-2005; Einschränkung der Anzahl der Polarfauna in ökologisch nicht stabilen Regionen; Biomassengröße in verschiedenen Gebieten der Arktis (Phyto- und Zooplankton); Veränderungen in der zeitlichen Variabilität und der genetischen Vielfalt der Polarfauna und Polarflora im Zeitraum 1955-1980-2005 (am Beispiel der verschiedenen Arten).

- **physisch-chemische** Messdaten. Es werden alle mögliche Folgen menschlicher Einflüsse auf die Ökosysteme beurteilt, u.a. der gemessene Einfluss der Emissionen von Industriebetrieben und Fabriken; Verkehrswege, Kernexplosionen im Gebiet Arktis usw.

*Im Laufe der Arbeit werden folgende ökologische Karten hergestellt:*

Emissionen von Schwermetallen, chemischen (chlororganische Verbindungen, Pestizide, usw.) und radioaktiven Stoffen mit Luft-, Gewässer- und Strömensübertragung in verschiedenen Zeitperioden.

Alle geplanten thematischen Karten werden jeweils im Maßstab 1:6.000.000 in stereographischer Projektion in Rahmen des ökologischen GIS-Projekts hergestellt und sind deswegen miteinander vergleichbar und korrelierbar.

In Rahmen dieser Arbeitsschritte ist es geplant, bereits existierende Karten und statistische Informationen mit ökologischen Daten (in .xls - Format) aus diesen Themen (s.o.) zu analysieren und zu dem aktuellen Projekt im ArcGIS hinzuzufügen, so dass alle vorhandenen Karten und andere Daten eine Datenbank mit geographischer und ökologischer Information darstellen können.

Die Datenbank mit der geographisch-ökologischer Information der Ökosystems der Arktis berücksichtigt sowohl thematischen Karten als auch Messdaten in Tabellen von verschiedenen Arten von Ökosystemskomponenten und wird auf der Festplatte im aktuellen Hauptprojekt gespeichert. Sie ist die umfangreiche ökologische Datenbank für das gesamte Umweltsystem der Arktis mit Angaben zu über 70 Charakteristiken aus den thematischen Bereichen (u.a. Messdaten von Geologie, Tektonik, Geomorphologie, Klima, physisch-chemischer Messdaten und Biologie der Arktis).

Die Daten zur Datenbank werden von folgenden Forschungsinstitutionen zu Moskau, St.-Petersburg und Bremerhaven zur Verfügung gestellt:

- *P.P. Shirshov Institute of Oceanology* (<http://www.sio.rssi.ru/>),
- *Arctic and Antarctic Research Institute (AARI)* ([http://www.aari.nw.ru/default\\_en.asp](http://www.aari.nw.ru/default_en.asp)),
- *Geological Institut RAS* (<http://atlantic.ginras.ru/>),
- *Laboratorium für Nordforschung Moskauer Lomonossov-Universität* ([http://www.geogr.msu.ru/GeoSite/labs\\_gs.html](http://www.geogr.msu.ru/GeoSite/labs_gs.html)) - die Internet-Seite ist leider nur auf russisch),
- *Alfred-Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung* (<http://www.awi-bremerhaven.de/>).

Die Informationsquellen werden jeweils angegeben.

Diese Daten dienen als Rohmaterial zur Weiterverarbeitung und zur Kartenherstellung und deswegen werden sie überprüft, damit Fehler vermieden werden. Jüngere Daten weisen eine größere Zuverlässigkeit auf als ältere, da sie aktuelle Information enthalten und mit genaueren Messverfahren erhoben werden.

Während dieses Arbeitsteils sollen die komplexen Zusammenhänge in polaren Geo- und Ökosystemen detailliert untersucht werden.

### **3. 01.01.2007 – 31.01.2008.**

Analyse und Modellierung der Veränderung des arktischen Meeresökosystems in verschiedenen Epochen: Langzeitbeobachtung der Veränderungen der vergangenen und jetzigen Umweltbedingungen in der Arktis werden auf der Basis mit Karten von verschiedenen Daten durchgeführt, um eine Rekonstruktion der Veränderungen des arktischen Geosystems, einen dynamischen Trend in der Entwicklung des polaren Meeresökosystems festzustellen und um eine Prognose der Weiterentwicklung aufstellen zu können.

Hier werden alle aus verschiedenen Zeitperioden vorhandene Daten (z.B. Karten, Tabellen mit ökologischer Statistik, Schaubilder und grafische Darstellungen, usw.) analysiert und miteinander verglichen, um tiefere Einblicke in die Struktur, Funktion und Regulation des Systems zu bekommen.

Dazu müssen die Karten aber vergleichbar sein, d.h. sie müssen passende Maßstäbe und Projektionen haben, um sie im aktuellen Projekt in sog. Schichten darstellen zu können.

In der Ökosystemmodellierung geht es vor allem um die Herstellung eines Szenariums, welches darstellt, wie sich die ökologische Situation weiter entwickeln wird. Deswegen werden bestimmte Module benutzt, die in der software GRASS verfügbar sind, z.B. *Hydrologische Analysen*, *Landschaftsstrukturanalyse*, zusätzlich Tools von ArcGIS, z.B. *Spatial Analyst*, usw.

Durch die Kombination der vorhandenen Daten mit allen geomorphologischen, physikalischen und biochemischen Klima- und Ökosystemkomponenten werden Eis-Ozean-Atmosphäre-Modelle hergestellt.

#### 4. 01.02.2008 – 31.03.2008.

Die Bestimmung des jetzigen Zustandes der Umwelt in der Arktis (auf der Grundlage aller vorhandenen Daten in der Datenbank).

Dieser Arbeitsschritt ist der wichtigste in diesem Forschungsvorhaben, da hier die geoökologischen Karten der Arktis und ausgewählte ökologische Regionen im Gebiet Arktis als Resultat der Arbeit hergestellt werden.

Eine umfassende geowissenschaftliche Interpretation der Veränderungen des Ökosystems mit Rücksicht auf die Komplexität und Vielfaltigkeit pelagischen Ökosysteme ist nur auf der Grundlage ergänzender geomorphologischer, klimatischer, physisch-chemischer und biologischer Messdaten möglich, weil die Teilsysteme Atmosphäre, Geosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre und Biosphäre in enger Verbindung zueinander stehen und sich gegenseitig beeinflussen. Dafür werden komplexe funktionale Zusammenhänge in arktischen Geo- und Ökosystemen, insbesondere zu deren Belastbarkeit detailliert untersucht.

Auf Grundlage dieser Studie werden die ökologischen Regionen unter Nutzung aller vorhandenen und bearbeiteten Daten, die in der Datenbank gespeichert sind, festgestellt und in geoökologischen Karten der Arktis kartiert.

Die Definierung und Begrenzung dieser Regionen wird jeweils je nach der gesamten ökologischen Situation mit Rücksicht auf alle Komponenten des Ökosystems und deren Zustand bestimmt.

#### **Kartenherstellung.**

Im Projekt werden folgende **Software/GIS-Programme** genutzt:

Als Hauptprogramm für aktuelles Projekt ist GRASS gewählt (<http://grass.itc.it/>), da es mit diesem Programm möglich ist, sowohl die Vektor- als auch die Rasterdaten zu verarbeiten. Das ermöglicht auch eine komplexe Kartenherstellung, inkl. verschiedener und umfangreicher Visualisierungsmöglichkeiten: Animationen, 3D-Oberflächen, Bildschirm-Kartenausgabe, Farbzweisung, Histogramme, Kartenüberlagerung, usw. Das Programm läuft unter Linux OS und stellt auch offene Austauschformate zur Verfügung (die Dateien können auch als .dxf oder ASCII-format gespeichert werden, so dass das Projekt auch in anderen Programmen geöffnet sein kann).

Um die Forschung in AWI weiter zu führen werden die Daten aus GRASS-Formaten in die von ArcGIS (durch .dxf-Austauschformaten ins .mxd-Format) importiert und weiter wird die Arbeit in ArcGIS durchgeführt.

Als zusätzliche Programme werden ArcGIS, (inkl. ArcMap, ArcInfo, ArcExplorer und andere aus der ESRI-Palette), Erdas Imagine (für Digitale Bildverarbeitung) benutzt.

Für manche Arbeitsschritte, z.B. um eine zusätzliche Illustration anzufertigen, werden auch die grafischen Programme benutzt, wie z.B. Gimp oder Corel Draw.

Die Karten, deren Herstellung in Rahmen dieser Arbeit geplant ist, stehen in der Tabelle *Arbeitsplan* (s.u.).

#### **Das vorrangige Ziel dieser Arbeit ist es:**

- auf Basis der Untersuchungen und der verschiedenen Messdaten ein umfassendes, **ökologisches GIS-Projekt** zu erschaffen, um ein Verständnis des arktischen Meeresökosystems zu erlangen
- eine **Serie von geoökologischen Karten des arktisches Meeresökosystems** herzustellen, die die heutige ökologische Situation widerspiegeln
- allgemeingültige **ökologische Muster und Prinzipien** aufzudecken, also **theoretische Konzepte der Ökosystemmodellierung**, die auch für andere Meeresökosysteme relevant sind (nicht nur für arktische Gebiete).

#### **Aktualität und Bedeutung:**

Die Polargebiete sind Schlüsselregionen für die Entwicklung des Weltklimas: physikalische Prozesse in der Arktis beeinflussen nachhaltig das Klima in niederen Breiten, die Ausdehnung oder die Reduktion des Meereises haben entscheidenden Einfluss auf den Wärmehaushalt der Erde und können drastische Einwirkungen auf das globale Klima haben.

Die Rolle der Arktis für die Entwicklung der globalen Prozesse im System Erde und die Wechselbeziehungen zwischen dem Klimasystem, der Geosphäre und der Stratosphäre ist außerordentlich groß.

Zugleich gehören die Polargebiete (insbesondere die Arktis) und deren Eisschilde, Landmassen und Ozeane zu den Regionen der Erde, die bis heute nur sehr eingeschränkt erforscht sind.

Aus diesem Grund ist die Erforschung des polaren Ökosystems besonderes wichtig und aktuell.

Bewerber:  
Dipl.-Ing. P.A.Lemenkova

Betreuer:  
Dr.-Ing. H.-W. Schenke

# A r b e i t s z e i t p l a n

Zeitraum	Vorhaben	Karten, deren Herstellung geplant ist	
Oktober 2007	<b>Verarbeitung der bathymetrischen und hypsometrischen Karten als Grundlage für die Arbeit</b>	Bathymetrie der Arktis (gesamtes Gebiet in Maßstab 1:6 000 000) in .dxf-Format.	
November 2007	<b>Kartenherstellung</b>  <b>Thematische Karten aus Bereichen</b> <i>Geomorphologie, Ozeanographie, Klima für verschiedene Gebiete der Arktis</i>  (Maßstäbe: 1:6 000 000, 1:3 000 000 je nach Region, Projektionen: stereographische, azimutale (für russische Teil der Arktis))	Geomorphologie  1) Moderne Grundformen des Meeresreliefs;  2) Geomorphologie der arktischen Küsten.  <i>(nur für Grenzgebiet Barents-Petschora See, beide in Maßstab 1:3 000 000):</i>  3) Geomorphologie der Meeresreliefs  4) Geomorphologische Typen der Küsten	Ozeanographie und Klima  1) Rückgang von Schelfeisen und Schmelzen von Gletschern in der Zeitperiode 1955-1980-2005; 2) Auftauen des nordpolaren Permafrostes im Zeitraum 1955-1980-2005; 3) Entwicklung der Austausches von Meerwasser zwischen dem Nordpolarmeer und dem Atlantischen Ozean; 4) Verringerung des polaren Meereises in den letzten Jahren (bis 2005).  <i>(auf gesamtes Gebiet in Maßstab 1:6 000 000)</i>
Dezember 2007	<b>Kartenherstellung</b>  <b>Thematische Karten aus Bereichen</b> <i>Biologie, Chemie für verschiedene Gebiete der Arktis</i>  (Maßstäbe: 1:9 000 000, 1:6 000 000 und 1:3 000 000 für Barents- und Kara See;  für Gebiete, auf denen nicht genug Daten sind werden Maßstabe kleinerer.	Chemie  1) Emissionen von Schwermetallen  2) Emissionen von verschiedenen chemischen Stoffen (CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O-Emissionen, persistente organische Schadstoffe - POP, chlororganische Verbindungen, Pestizide, sonstige anorganische Stoffe) <i>(jeweils auf das ganze Gebiet in 1:9 000 000)</i>  3) Emissionen von radioaktiven Stoffen	Biologie  1) Klimabedingter Biodiversitätswandel in den Jahren 1955-1980-2005; 2) Einschränkung der Lebensareale in Jahren 1955-1980-2005; 3) Einschränkung der Anzahl der Polarfauna in ökologisch nicht stabilen Regionen; 4) Biomassengröße in verschiedenen Gebieten der Arktis (Phyto- und Zooplankton); 5) Veränderungen in der zeitlichen Variabilität und der genetischen Vielfalt der Polarfauna und Polarflora im Zeitraum 1955-1980-2005  <i>(jeweils auf ganzes Gebiet in Maßstab 1:6 000 000)</i>
Januar 2008	<b>GIS-basierte Analyse des Meeresökosystems</b>	Veränderungen des arktischen Meeresökosystems im Zeitraum 1955-1980-2005 (gesamtes Gebiet in Maßstab 1:6 000 000)	
Februar 2008	<b>Ökosystemmodellierung</b>	1) Meeresökosystemen der arktischen Gebieten (Maßstab 1:6 000 000)  2) Ökosystemen der Barents und Petschora See (Maßstab 1:3 000 000)	
März 2008	<b>Feststellung der geökologischen Regionen</b>	Geökologische Regionen der Arktis (gesamtes Gebiet in Maßstab 1:6 000 000)	