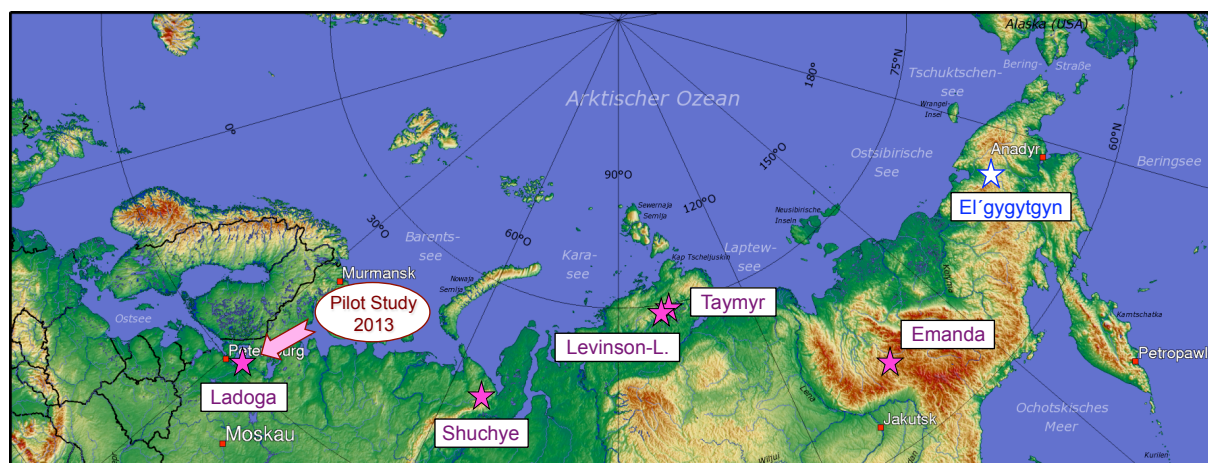


# Gemeinsamer Abschlussbericht

– BMBF Verbundprojekt WTZ RUS –

## „Pilotphase PLOT – Paläolimnologischer Transekt“

(Kurztitel: „PLOT-Pilotphase“)



### Teilprojekte:

#### TP1 (Universität zu Köln)

„Koordination des Verbundvorhabens“  
und  
„Paläoklimatologie Ladoga-See“

#### TP2 (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)

„Seismische Strukturerkundung des Ladoga-Sees“

FKZ: 03G0839

### Zuwendungsempfänger:

Universität zu Köln  
Albertus-Magnus-Platz  
50923 Köln

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Olshausenstrasse  
24098 Kiel



## Autoren

Prof. Dr. Martin Melles                      Universität zu Köln, Institut für Geologie und Mineralogie  
 PD Dr. Bernd Wagner

Prof. Dr. Sebastian Krastel                Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

## Inhaltsverzeichnis

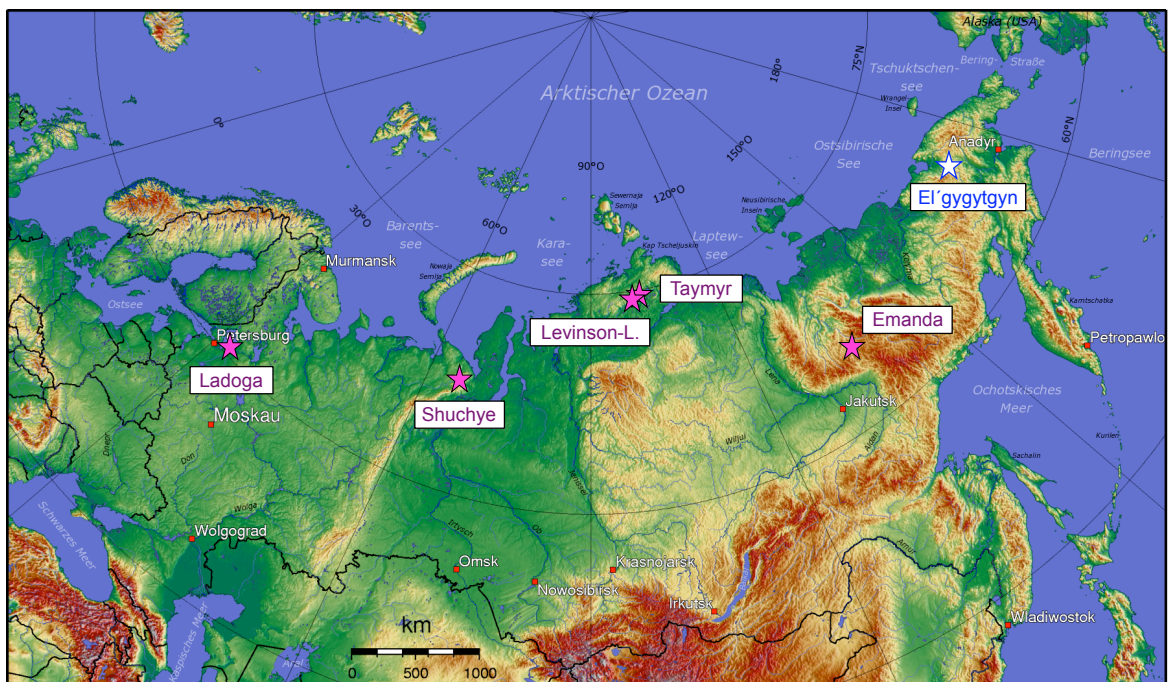
<b>1</b>	<b>Kurzbericht</b> .....	<b>2</b>
1.1	Aufgabenstellung .....	2
1.2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	3
1.3	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	3
1.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde .....	6
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	8
<b>2</b>	<b>Eingehende Darstellung</b> .....	<b>8</b>
2.1	Ergebnisse .....	8
2.1.1	Koordination TP1 (Universität zu Köln) .....	8
2.1.2	Wissenschaft TP1 (Universität zu Köln) .....	10
2.1.3	Wissenschaft TP2 (Universität zu Kiel) .....	17
2.2	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit .....	23
2.3	Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	24
2.4	Abschlussarbeiten, Tagungsbeiträge und Veröffentlichungen .....	24
2.5	Literaturverzeichnis .....	25
<b>3</b>	<b>Berichtsblatt / Control Sheet</b> .....	<b>27</b>

## 1 Kurzbericht

### 1.1 Aufgabenstellung

Übergeordnetes Ziel des Verbundprojektes „PLOT-Pilotphase“ war es, Gerätetests und erste wissenschaftliche Untersuchungen für das mittelfristig geplante BMBF-Projekt „PLOT – Paläolimnologischer Transekt“ durchzuführen.

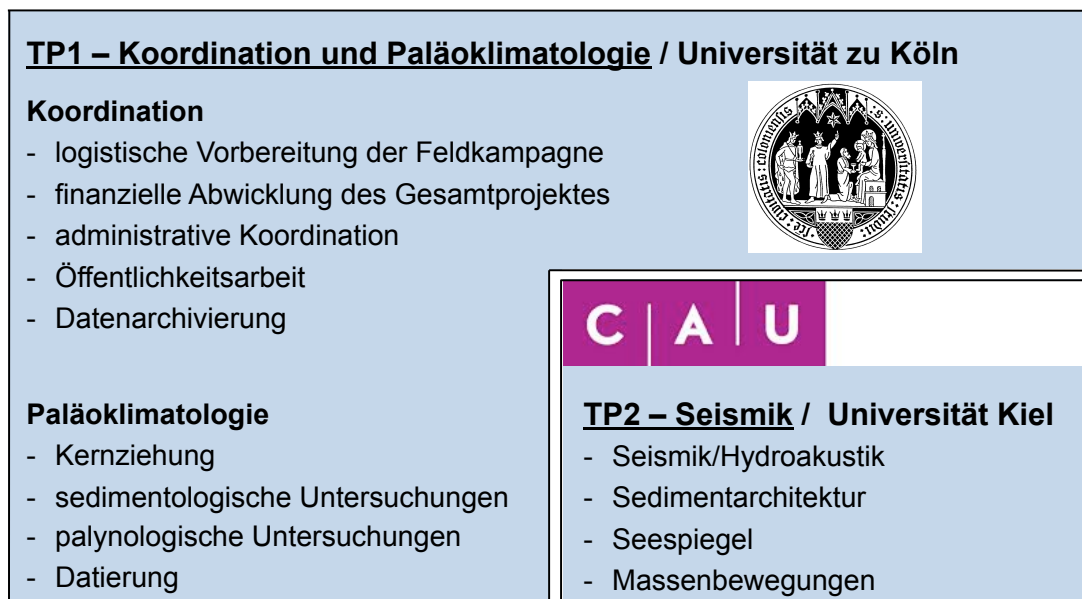
Das PLOT-Projekt hat zum Ziel, die Klima- und Umweltgeschichte im Spätquartär entlang eines mehr als 6000 km langen longitudinalen Transektes über das nördliche Eurasien detailliert erstmals zu rekonstruieren. Zu diesem Zweck sollen die Sedimentabfolgen in den potentiell sehr alten Seen Ladoga, Bolshoye Shuchye, Levinson-Lessing, Taymyr und Emanda (Abb. 1) mit flach- und tiefenseismischen Messungen erkundet und mit einem verbesserten Kolbenlot bis zu 30 m Tiefe gewonnen werden. Durch eine konsistente stratigraphische, sedimentologische, chemische und biologische Analyse der Sedimentkerne, gestützt durch Eisschild- und Klimamodellierungen, sollen die Klima- und Umweltveränderungen entlang des Transektes rekonstruiert werden. Dabei soll die sehr lange, im Rahmen eines BMBF-unterstützten Tiefbohrprojektes gewonnene und bearbeitete Sedimentabfolge aus dem Elgygytgyn-See (Abb. 1) als Referenz fungieren. Die Ergebnisse versprechen ein wesentlich verbessertes Verständnis der Klima- und Umweltreaktionen auf externe Einflüsse sowie der komplexen Wechselwirkungen, Besonderheiten und Steuerungsmechanismen im Klimasystem. Damit werden fundamentale Daten zur Verbesserung von Vorhersagen der zukünftigen Klima- und Umweltentwicklung in der Arktis geliefert. Daneben hat das Projekt ein großes Potential, einen oder mehrere Seen zu identifizieren, aus denen im Rahmen eines Folgeprojektes über eine Tiefbohrkampagne mit dem vorhandenen Bohrrigg



**Abb. 1:** Lage der Seen, deren Sedimentabfolgen im Rahmen des PLOT-Projektes paläoklimatisch untersucht werden sollen (mit Ausnahme der Sedimentabfolge aus dem Elgygytgyn-See, die als stratigraphische und paläoklimatische Referenz dienen soll).

„Russian GLAD 800“ Sedimentabfolgen erschlossen werden, die einen paläoklimatischen Vergleich mit dem Elgygytgyn-Seesedimentkern auf noch längeren Zeitskalen ermöglichen.

Im Rahmen der „Pilotstudie PLOT“ sollte mit den Arbeiten am Ladoga-See, am westlichen Rand des Transektes (Abb. 1), begonnen werden. Die Untersuchungen gliederten sich in zwei einander ergänzende Teilprojekte (Abb. 2). Im Rahmen des Teilprojektes 1 (TP1) an der Universität zu Köln sollte die Sedimentabfolge am Grund des Ladoga-Sees über Bohrungen erschlossen und mittels multi-disziplinärer Laboranalysen initial paläoklimatisch untersucht werden. In diesem TP war zudem die Koordination des Verbundprojektes angesiedelt. Im Rahmen der TP2 an der Universität zu Kiel sollte die Sedimentfüllung im Ladoga-See im Vorfeld der Bohrungen mittels seismischer Messungen dreidimensional erfasst und genetisch interpretiert werden. Die Arbeiten versprachen erste wichtige Ergebnisse zur stratigraphischen Reichweite und paläoklimatischen Aussagekraft der Ladoga-Sedimente. Darüber hinaus eröffnete die Pilotstudie die Möglichkeit, die für das PLOT-Projekt entscheidenden seismischen Messgeräte und eine neue Bohrtechnik auf einem sehr großen (17.882 km<sup>2</sup>) und tiefen (bis 230 m) See mit guter Infrastruktur (Nähe zu St. Petersburg) zu testen, ehe sie mit größerem finanziellen Aufwand in den schwer zugänglichen Regionen der russischen Arktis eingesetzt werden.



**Abb. 2:** Struktur des BMBF-Verbundprojektes „Vorstudie PLOT“, mit zwei Teilprojekten und der Koordination als Teil des Teilprojektes an der Universität zu Köln.

## 1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Vorhaben konnte auf umfangreichen Erfahrungen aufbauen, die zunächst am AWI, später auch an den Universitäten Leipzig und Köln seit Anfang der 1990er Jahre mit quartärgeologischen Projekten in deutsch-russischer Kooperation im nördlichen Sibirien gewonnen wurden. Hervorzuheben sind dabei besonders die Arbeiten im Rahmen der BMBF-Verbundprojekte „Taimyr“, „System Laptev See“ und „ICDP-Elgygytgynsee“.

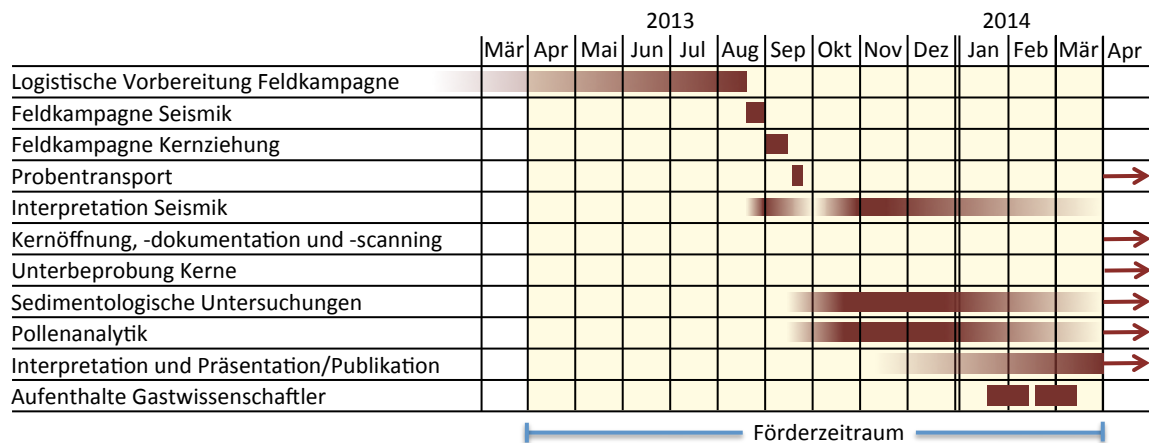
Durch diese Projekte konnten nicht nur vielfältige lokale Kontakte in Russland geknüpft werden, sondern es wurden auch die administrativen Erfordernisse, logistischen Möglichkeiten und potentiellen Probleme in der russischen Arktis in einer Tiefe kennengelernt, welche realistische Planungen von Geländekampagnen in diesen Regionen überhaupt erst möglich macht. Darüber hinaus wurden sehr positive Erfahrungen bei der Zusammenarbeit mit den Kollegen vom *Arctic and Antarctic Research Institute* (AARI) in St. Petersburg gemacht, die daher heute die wichtigsten russischen Kooperationspartner für das PLOT-Projekt darstellen.

### 1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben wurde weitestgehend wie geplant durchgeführt. Allerdings mussten einige Aktivitäten nach hinten geschoben werden, weil sich der Export der Sedimentproben von Russland nach Deutschland deutlich verzögert hat.

#### a) Vorbereitung der Feldkampagne

Die Vorbereitungen der Feldkampagne zum Ladoga-See im August/September 2013 hatten bereits vor Beginn des BMBF-Projektes begonnen (Abb. 3). Das betrifft insbesondere das Einholen von Kostenangeboten und die Beantragung von Genehmigungen für die Einfuhr der Geräte und die Operationen auf dem See in enger Kooperation mit G. Fedorov (AARI). In der Projektlaufzeit konzentrierten sich die Arbeiten bis zum Beginn der Feldkampagne dann vor allem auf die Anschaffung neuer Technik für die seismischen und sedimentologischen Feldaktivitäten, auf den Abschluss von Verträgen, beispielsweise für Schiffscharter und administrative/logistische Unterstützung, und auf die Zusammenstellung der Expeditionsausrüstung in Köln und Kiel sowie ihre fristgerechte Versendung nach St. Petersburg.



**Abb. 3:** Ablauf der wichtigsten Aktivitäten im BMBF-Verbundprojekt „Pilotstudie PLOT“

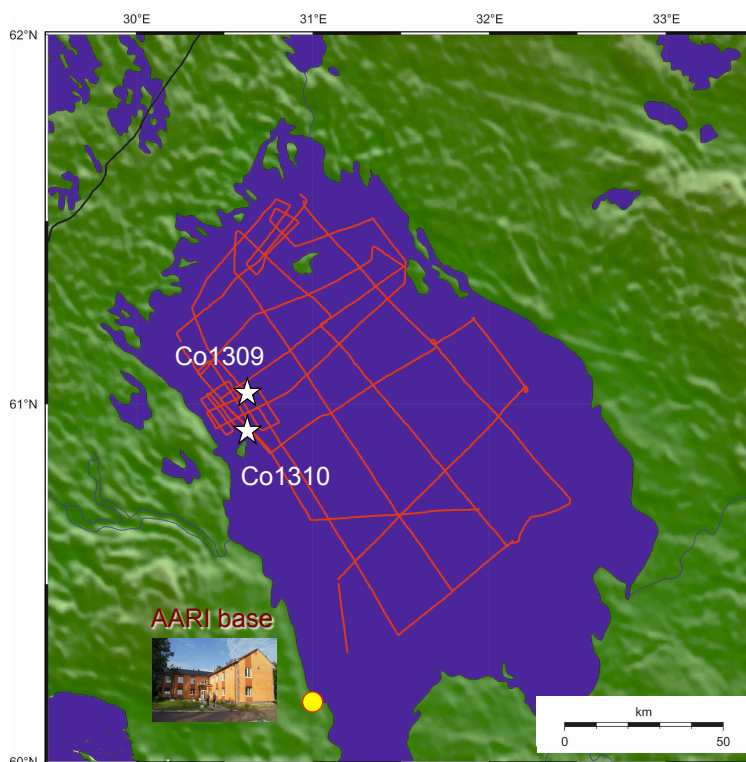
#### b) Durchführung der Feldkampagne

Die Feldkampagne am Ladoga-See wurde wie geplant im Herbst 2013 durchgeführt (Abb. 3). Sie gliederte sich in eine Seismik-Kampagne (21.08. - 01.09.2014) und in eine Bohr-Kampagne (02.09. - 13.09.2014). Für die Arbeiten auf dem See wurde das FS „Ekolog“

vom *Institute of Northern Water Problems (INWP), Karelian Branch* der Russischen Akademie der Wissenschaften (RAS) in Petrozavodsk gechartert. Aufgrund eines außerplanmäßigen Werftaufenthaltes stand dieses Schiff für die Seismik-Kampagne jedoch noch nicht zur Verfügung. Es wurde kurzfristig durch das FS „Poseidon“ ersetzt, welches ebenfalls am INWP angesiedelt ist. Die „Poseidon“ ist etwas kleiner als die „Ekolog“, hat aber die Anforderungen an die Seismik-Kampagne ebenfalls sehr gut erfüllt.

Die seismischen (150 - 250 Hz Mini-GI Gun, digitaler Geometrics GeoEel Streamer) und hydroakustischen (Innomar Sedimentecholot) Messungen erfolgten zeitgleich entlang von 49 Profilen mit einer Gesamtlänge von ca. 1500 km, welche sich über alle Bereiche des Sees erstrecken und in einzelnen Gebieten für Detailvermessungen konzentrieren (Abb. 3). Die Ergebnisse liefern erstmals ein sehr detailliertes, dreidimensionales Bild von der Sedimentarchitektur im Ladoga-See. Von besonderer Bedeutung ist die Identifikation von recht kleinräumigen, verfüllten Depressionen im westlichen Bereich des Sees, welche diskordant von postglazialen Sedimentserien überlagert werden und daher mit großer Wahrscheinlichkeit präglaziale Sedimente enthalten.

Die Sedimentbohrungen wurden an zwei Lokationen (Co1309 und Co1310) im westlichen Bereich des Ladoga-Sees abgeteuft (Abb. 4), an denen die seismischen Daten präglaziale Sedimente erwarten ließen. Dafür wurde eine Bohrtechnik der österreichischen Firma UWITEC (Umwelt- und Wissenschaftstechnik, Mondsee) eingesetzt, die im Rahmen der PLOT-Pilotphase angeschafft wurde und die sich auf dem Ladoga-See sehr bewährt hat. An beiden Stationen konnten in mehr als 100 m Wassertiefe die ca. 15 m mächtigen postglazialen Sedimente vollständig gewonnen werden. Während an einer Station (Co1310)



**Abb. 4:** Lage der seismischen und sedimentechographischen Profile (rote Linien) sowie der Sedimentkerne Co1309 und Co1310 (weiße Sterne), die im Sommer 2013 auf dem Ladoga-See ausgehend von einer Außenstelle des AARIs (gelber Kreis) gemessen bzw. erbohrt wurden.

unterhalb der postglazialen Sedimente lediglich gut sortierte Sande angetroffen wurden, konnten an der anderen Station (Co1309) mehrere Meter mächtige limnische Sedimente erbohrt werden, ehe grobkörnige Sande einen weiteren Bohrfortschritt verhinderten. Die präglazialen limnischen Sedimente sind nach ersten Pollenanalysen mit großer Wahrscheinlichkeit während der Eem-Wamzeit (Marines Isotopenstadium MIS 5e) sowie Teilen der Weichsel-Kaltzeit (MIS 5d - MIS 2) abgelagert worden (siehe Kapitel 2).

#### c) Auswertung der Feldkampagne

Die Auswertung der seismischen Daten setzte bereits im Feld ein, um vor Ort die Lokationen zu bestimmen, an denen im direkten Anschluss an die Seismik-Kampagne die Sedimentbohrungen durchgeführt wurden (Abb. 3 und 4). Da die Sedimentkerne erst im Juni 2014 von Russland nach Köln überführt werden konnten mussten sich die sedimentologischen und paläoökologischen Analysen am Kernmaterial zunächst auf kleine Einzelproben beschränken, die im Feld von den Kernfängern und Kernschnitten (d.h. alle etwa 1 m) entnommen wurden, und von denen Teile bei der Rückreise der deutschen Expeditionsteilnehmer direkt nach Köln überführt wurden.

Die ersten Auswertungsergebnisse machen bereits deutlich, dass mit dem unteren Bereich des Kerns Co1310 (Abb. 4) in interglaziale Sedimente vorgestoßen wurde, die vermutlich während des Eems (MIS 5e) abgelagert wurden. Die gewonnenen Ergebnisse wurden auf einer nationalen und fünf internationalen Tagungen in Form von Postern und Vorträgen präsentiert und haben ein großes Potential, nach Abschluss der analytischen Arbeiten hochkarätig publiziert zu werden.

#### d) Gastwissenschaftler

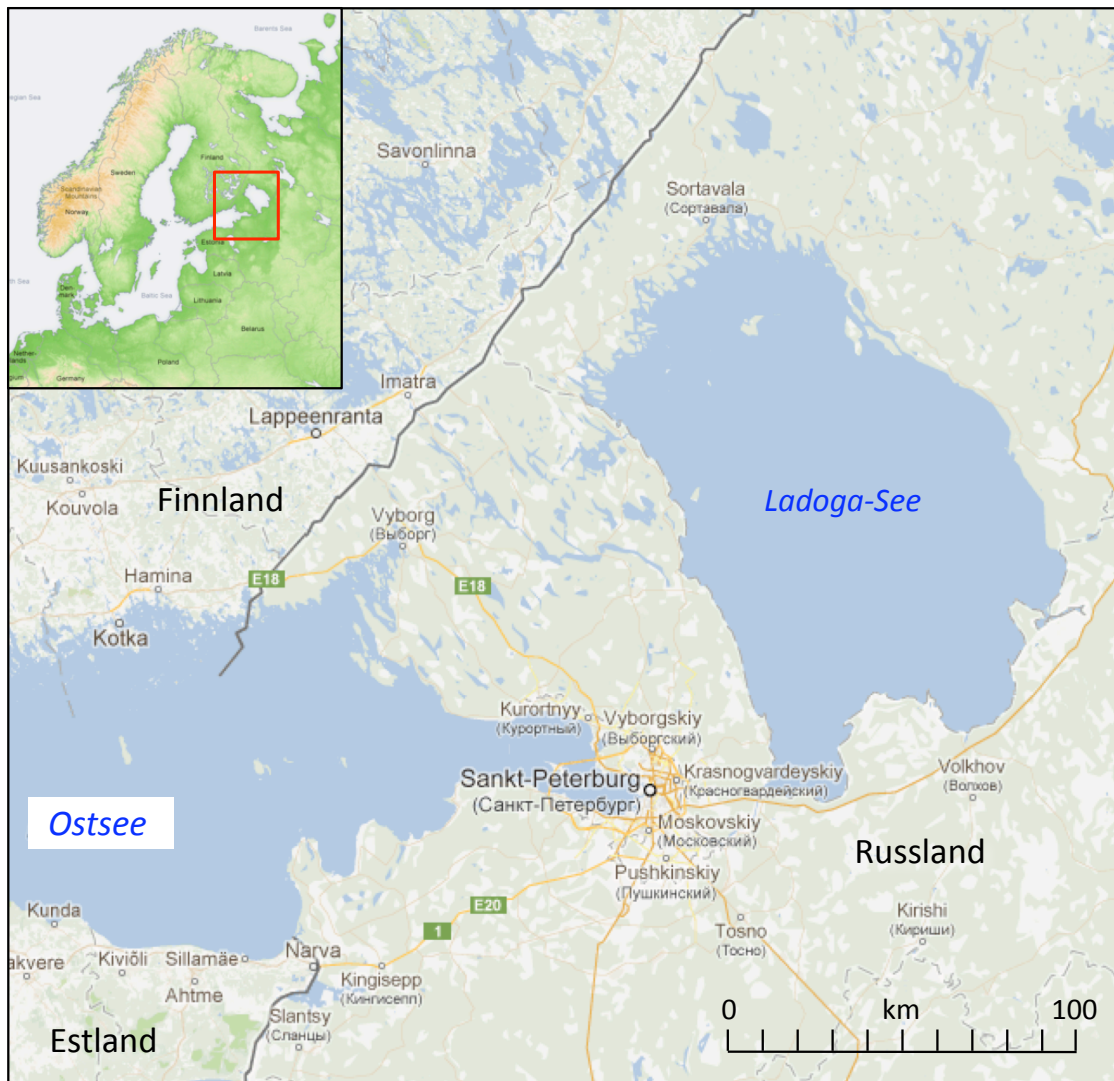
Die Zusammenführung der in Deutschland und Russland gewonnenen Daten von den Sedimentkernen und ihr Abgleich mit den seismischen Daten hat sehr von Gastwissenschaftler-Aufenthalten russischer Kollegen vom AARI St. Petersburg und vom INWP Petrozavodsk in Köln profitiert. Die Aufenthalte im Frühjahr 2014 (Abb. 3) wurden zudem dazu genutzt, die weiteren Laboranalysen und Publikationen abzustimmen. Außerdem wurden die angestrebten Arbeiten im Rahmen des PLOT-Vollprojektes für anstehende Anträge in Deutschland und Russland im Detail geplant und kalkuliert.

### 1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Der Ladoga-See nordöstlich von St. Petersburg (Abb. 5) ist mit einer Fläche von 17.870 km<sup>2</sup> der größte See Europas (Rumyantsev et al. 2002). Er verfügt über zahlreiche Zuflüsse, die ein Einzugsgebiet von 258.000 km<sup>2</sup> entwässern. Aufgrund seiner Bedeutung für die Schifffahrt, Wasserversorgung und Fischerei ist er seit langem recht intensiv bezüglich der rezenten Bathymetrie und Limnologie untersucht (z.B. Subetto et al. 1998, Rumyantsev et al. 2002).

Erste Informationen zur holozänen und spätglazialen Geschichte des Sees lagen von bis zu 4 m langen Sedimentkernen vor, die vom Limnologischen Institut der Russischen Akademie

der Wissenschaften (RAS) in St. Petersburg gewonnen und analysiert worden waren (z.B. Subetto et al. 1998). Die ältere Geschichte des Sees war dagegen nur bruchstückhaft aus Bohrkernen bekannt, die in den 1930er Jahren entlang eines Transektes im südlichen Seebereich gewonnen worden waren. Die bis zu 40 m langen Kerne wurden nur grob beschrieben und existieren heute nicht mehr. Nach unpublizierten Berichten könnten sie eemzeitliche marine Sedimente enthalten haben, die abgelagert wurden, als der Ladoga-See Teil einer „Urostsee“ war, die eine Verbindung über den Onega-See zum Weißen Meer und weiter zum Arktischen Ozean aufwies. Zusätzliche Informationen zu den Sedimenten im Ladoga-See kamen von einer seismischen Erkundung in den 1990er Jahren durch das Geologische Institut und das Limnologische Institut der RAS (Subetto et al. 1998). Die geophysikalischen Ergebnisse belegten, dass die Mächtigkeit der spätglazialen und holozänen Sedimente im Ladoga-See deutlich variiert. Die glazialen, glazio-fluvialen und limnischen Ablagerungen überdecken im nördlichen Seebereich proterozoische magmatische und sedimentäre Abfolgen, liegen jedoch im südlichen Seebereich quartären Sedimenten aus älteren Glazial- und Interglazialzeiten auf.



**Abb. 5:** Lage des Ladoga-Sees nordöstlich von St. Petersburg



## 1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Neben der Zusammenarbeit zwischen den beiden Teilprojekten des Verbundvorhabens (s.o.) wurde das Daten- und Probenmaterial unter intensiver Einbeziehung der russischen Kooperationspartner vom AARI in St. Petersburg (v.a. Grigory Fedorov) und vom INWP in Petrozavodsk (v.a. Dmitri Subetto) gewonnen und analysiert. An der Analyse der Sedimentkerne vom Ladoga-See war darüber hinaus Anna Ludikova vom *Institute of Limnology* der RAS St. Petersburg mit initialen Diatomeen-Analysen und L. Savelieva von der *St. Petersburg State University* mit Pollen-Analysen beteiligt.

## 2 **Eingehende Darstellung**

### 2.1 Ergebnisse

Das Verbundvorhaben bestand aus zwei Teilprojekten (Abb. 2), dem TP1 zur Gewinnung und Analyse von Sedimentkernen aus dem Ladoga-See sowie dem TP2 zur vorhergehenden seismischen Erkundung und zur genetischen Interpretation der Sedimentfüllung im Ladoga-See. Im TP1 war zudem die Koordination des Verbundprojektes angesiedelt.

#### 2.1.1 Koordination TP1 (Universität zu Köln)

Die Koordination des Verbundvorhabens durch das TP1 der Universität zu Köln umfasste im Wesentlichen die folgenden Aufgaben.

##### (1) *Erlangung der Forschungsgenehmigung*

Die Forschungsgenehmigung für die Feldkampagne auf dem Ladoga-See im Aug./Sept. 2013 wurde durch AARI beantragt. Dafür wurde von beiden Teilprojekten des Verbundvorhabens umfangreiche Zuarbeit geleistet, beispielsweise bezüglich der wissenschaftlicher Zielsetzung, der geplanten Feldarbeiten und der zu verwendenden Technik. Die Daten wurden vom TP1 gesammelt und an das AARI übermittelt wurde.

##### (2) *Erlangung der Zollfreiheit für Expeditionsfracht*

Die Expeditionsfracht aus Deutschland wurde im Frühjahr 2013 über den Zoll in St. Petersburg nach Russland eingeführt und nach Abschluss der Feldarbeiten im Herbst 2013 wieder ausgeführt. Dies geschah unter Federführung des AARI, jedoch mit umfangreicher Zuarbeit der beiden Teilprojekte des Verbundvorhabens. Die Zuarbeit konzentrierte sich auf die Maße, Gewichte, Einsatzmöglichkeiten und Gerätespezifikationen der Feldtechnik für die Arbeiten auf dem Ladoga-See. Die Daten wurden vom TP1 gesammelt und an das AARI übermittelt.

##### (3) *Logistische Vorbereitung der Feldkampagne*

Für die Realisierung der Feldkampagne wurden neben den unter (1) und (2) genannten Aktivitäten vom TP1 umfangreiche Beiträge zur logistischen Vorbereitung geleistet. Das betrifft insbesondere die Detailplanung der Feldarbeiten mit den deutschen und russischen Partnern, die Beschaffung von Geräten und Verbrauchsmitteln, den

Transport der Ausrüstung von Köln und Kiel nach St. Petersburg, die Organisation der Visa sowie der An- und Abreise der deutschen Teilnehmer, die Charter des Forschungsschiffes vom INWP in Petrozavodsk sowie die Einbindung des Konstrukteurs der modifizierten UWITEC-Bohrtechnik, R. Niederreiter, in die Feldarbeiten über einen Auftrag an Dritte.

(4) *Logistische Begleitung der Feldkampagne*

Im Verlauf der Feldkampagne konzentrierten sich die Koordinationsaufgaben des TP1 auf die Organisation des lokalen Transportes der Ausrüstung und der Expeditionsteilnehmer gemeinsam mit den Kollegen vom AARI. Darüber hinaus mussten Verbrauchsmittel und Reparaturarbeiten in Russland organisiert und in einem Fall Ersatzteile aus Deutschland eingeflogen werden.

(5) *Logistische Nachbereitung der Feldkampagne*

Nach Abschluss der Feldkampagne wurde vom TP1 Zuarbeit für die Erlangung der Probenausfuhrgenehmigung nach Deutschland durch das AARI geliefert. Das betraf insbesondere die Anzahl, Art, Nummern, Volumina und Gewichte der zu exportierenden Seesedimentkerne und -einzelproben. Darüber hinaus wurde der Transport der Feldausrüstung und - nach Erlangung der Ausfuhrgenehmigung - der Sedimentproben von St. Petersburg nach Deutschland organisiert.

(6) *Finanzübersicht und -kontrolle*

Im Verlauf der Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung der Expedition wurde die finanzielle Situation im Gesamtprojekt kontinuierlich vom TP1 kontrolliert. Das betraf insbesondere die Kosten für die Feldkampagne, einschließlich des Technik- und Probentransportes, für die Dienstreisen der Expeditionsteilnehmer beider Teilprojekte und für die russischen Gastwissenschaftler.

(7) *Vertretung der deutschen Interessen im bilateralen Forschungsprojekt*

Wie bei unseren vergangenen deutsch-russischen Kooperationsprojekten im Bereich der Polar- und Meeresforschung wurden auch im Verlauf der PLOT-Pilotstudie die Datennutzung, Probenverteilung, Analysenrechte und Publikationsrechte gemeinsam mit allen deutschen und russischen Partnern frühzeitig besprochen und einvernehmlich beschlossen. Das TP1 des Verbundvorhabens hatte hier eine leitende Funktion.

(8) *Gastwissenschaftler*

Die Mittel für russische Gastwissenschaftler wurden für Aufenthalte von Dr. G. Fedorov (AARI), Prof. D. Subetto, Dr. N. Belkina, und Dr. M. Potakhin (alle INWP) Anfang 2014 in Köln eingesetzt. Die Aufenthalte dienten insbesondere der Zusammenführung der zu dem Zeitpunkt in Russland und Deutschland an dem Proben- und Datenmaterial gewonnenen Erkenntnisse, damit diese im April und Mai 2014 auf insgesamt 4 Tagungen präsentiert werden konnten (siehe Kapitel 2.4). Das TP1 hat die russischen Gäste in Köln betreut (Transport von/zu Flughafen, Unterkunft etc.) und ihre Bezahlung (Reisekosten und Gehalt) über die Verwaltung der Universität zu Köln organisiert.

(9) *Zusammenfassende Interpretation der wissenschaftlichen Ergebnisse*

Die Zusammenfassende Interpretation der wissenschaftlichen Ergebnisse wird vom TP1 koordiniert. Sie steht noch aus, da die Analyse und Interpretation des Proben- und Datenmaterials vom Ladoga-See noch nicht abgeschlossen ist. Sie soll, wie die bereits erfolgten Präsentationen der bisher vorliegenden Ergebnisse auf Fachtagungen (siehe Kapitel 2.4), unter Beteiligung von allen deutschen und russischen Projektpartnern erfolgen, die am Ende zu den wissenschaftlichen Ergebnissen substantiell beitragen haben werden.

(10) *Öffentlichkeitsarbeit und Datenverwaltung*

Eine koordinierende Rolle spielt das TP1 auch bei der Öffentlichkeitsarbeit und Datenverwaltung für das Gesamtprojekt. Die entsprechenden Aktivitäten (z.B. Presse-erklärung, populärwissenschaftliche Vorträge, Einspeisung aller Meta- und Analyse-daten in die Datenbank PANGAEA) können aber ebenfalls erst nach Abschluss der Analyse- und Auswertearbeiten erfolgen.

### 2.1.2 Wissenschaft TP1 (Universität zu Köln)

#### I) *Übergeordnete Zielsetzung*

Die übergeordneten wissenschaftlichen Ziele des TP1 waren es, im Rahmen einer Feldkampagne im Aug./Sept. 2013 erstmals bis zu ca. 24 m lange Sedimentkerne aus dem Ladoga-See nahe St. Petersburg zu gewinnen und aus der zeitlichen Einstufung und sedimentologischen und palynologischen Analyse der Sedimentabfolgen erstmals detaillierte Informationen zur Klima- und Umweltgeschichte im nordwestlichen Russland deutlich vor dem ausgehenden letzten Glazial abzuleiten.

Die dazu zu beprobenden, besonders alten Sedimente sollten auf der Grundlage einer seismischen Erkundung der Sedimentfüllung im Ladoga-See durch das TP2 der Universität Kiel lokalisiert und mit einer modifizierten Kolbenlot-Kerntechnik der österreichischen Firma UWITEC erbohrt werden. Neben den wissenschaftlichen Zielen, die das westliche Ende des angestrebten BMBF-Verbundvorhabens „PLOT - Paläolimnologischer Transekt“ adressieren, stellte der Test der modifizierten Kolbenlottechnik auf dem sehr großen und tiefen Ladoga-See einen wichtigen Beitrag und Meilenstein für das PLOT-Projekt dar.

#### II) *Feldkampagne im Sommer 2013*

Die Antragsteller des TP1 waren an der gesamten Feldkampagne am Ladoga-See im Sommer 2013 beteiligt. Während B. Wagner an der Seismik-Kampagne auf dem Ladoga-See teilgenommen und dort die Innomar-Sedimentechographie betreut hat (21.08.-01.09. 2013), hat M. Melles die anschließende Seesediment-Bohrkampagne geleitet (02.-13.09. 2013). An der Bohrkampagne hat außerdem der Projektmitarbeiter im TP1, Dr. Andrej Andreev, teilgenommen.

Für die Bohrungen auf dem Ladoga-See kam die neue UWITEC-Kolbenlottechnik zum Einsatz (Abb. 6), die im Rahmen dieser Pilotphase für das PLOT-Projekt angeschafft wurde.

Die Technik ermöglicht deutlich höhere Kerngewinne als die konventionelle UWITEC-Kolbenlottechnik, da sie erstens mit wesentlich schwereren Schlaggewichten versehen ist und zweitens durch einen Trichter am Seegrund mit dem Kerngerät im gleichen Loch in größere Tiefen vorstoßen kann. Auf der anderen Seite ist die Technik deutlich aufwendiger zu bedienen und weist ein höheres Gewicht auf, weil sie u.a. starke Elektrowinden, einen starken Generator, schwereres Gestänge und eine größere Arbeitsplattform benötigt. Um die Technik im PLOT-Projekt möglichst flexibel einsetzen zu können wurde von UWITEC nach Maßgabe der Antragsteller eine modular aufgebaute Plattform angefertigt (Abb. 6). Diese Plattform kann entweder (a) mit großen Zusatz-Schwimmkörpern aus Aluminium für große Seen ausgestattet, (b) unter Beschränkung auf die aufblasbaren Schwimmkörper und die konventionelle Technik auf kleinen Seen betrieben oder (c) unter Verzicht auf die schwimmende Plattform von der Seeeisdecke aus eingesetzt werden. Während die Variante (a) während der PLOT-Pilotphase auf dem Ladoga-See zum Einsatz gekommen ist, sollen für die angestrebten PLOT-Arbeiten auf dem See Emanda die Variante (b) und auf den Seen Bolshoye Shuchye, Levinson-Lessung und Taymyr die Variante (c) eingesetzt werden.

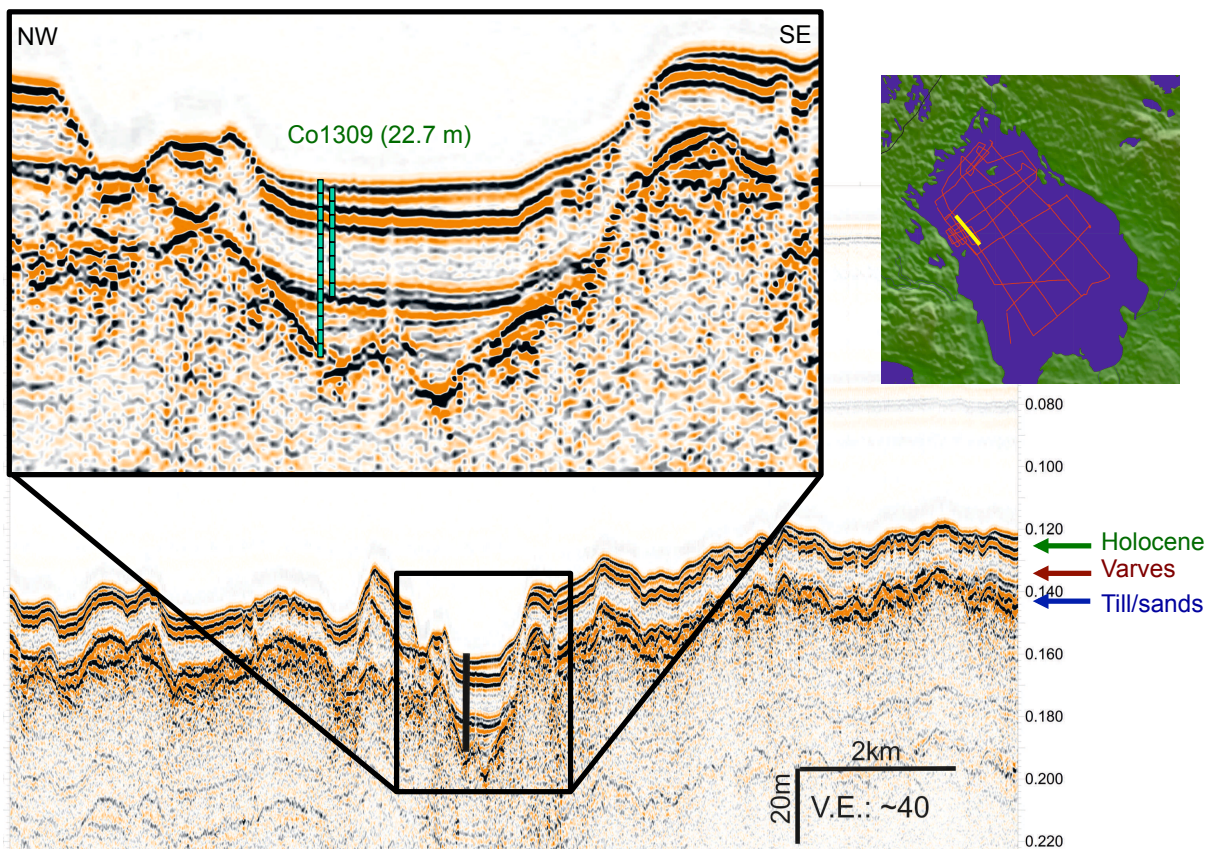


**Abb. 6:** Die Bohrungen im Sept. 2013 auf dem Ladoga-See wurden mit der neuen UWITEC-Bohrtechnik von der neuen Arbeitsplattform („Mosquito II“, siehe u.I.) durchgeführt. Die Arbeiten wurden durch das Forschungsschiff „Ekolog“ des INWP, Karelian Branch der RAS (siehe oben) logistisch unterstützt, mit Shuttle-Transport zwischen Plattform und Schiff mit dem Beiboot der „Ekolog“ (siehe u.r.).

Die neue UWITEC-Bohrtechnik wurde innerhalb von zwei Tagen am Ufer des Ladoga-Sees aufgebaut. Dafür konnte die Außenstelle des AARI genutzt werden, die sich am SW-Ufer des Sees auf einem abgesperrten und bewachten Gelände befindet (siehe Abb. 4) und die

sowohl über eine Lagerhalle als auch über hinreichend Gästezimmer verfügt. Die Bohrkampagne wurde mit logistischer Unterstützung des FS „Ekolog“ des INWP (Abb. 6) durchgeführt. Das Schiff wurde zum Schleppen der Plattform genutzt, bot Unterkunft und Verpflegung für die Bohrmannschaft und diente der Sicherheit, weil die Plattform an beiden Bohrpositionen mehrere Stunden Fahrtzeit vom Ufer entfernt eingesetzt wurde und damit wenig flexibel auf Wetterumschwünge reagieren konnte.

An der ersten Bohrposition Co1309 deuteten die seismischen Daten des TP2 eine holozäne Sedimentabfolge über klastischen Warven an, die beim Rückzug des Inlandeises nach dem LGM mit hohen Raten geschüttet wurden (Abb. 7). Diese Abfolge wird im gesamten See durch einen schallharten Reflektor nach unten begrenzt, der beispielsweise einen Till (Moräne) oder gut sortierte Sande darstellen könnte (siehe eingehende Darstellung des TP 2 in Kapitel 2.1.3). Anders als in den meisten Bereichen des Sees zeigen die seismischen Daten an der Station Co1309 unterhalb des schallharten Reflektors weitere stratifizierte Sedimente, die quartäre Rinnenfüllungen darstellen könnten, welche bei dem letzten Eisvorstoß über den Ladoga-See während des LGM nicht ausgeräumt wurden.



**Abb. 7:** Seismisches Profil über eine Rinne im westlichen Teil des Ladoga Sees (gelbe Linie in Karte), in der ein 22,7 m langer Bohrkern gewonnen wurde (Co1309, Kernsegmente als grüne Kästen), der bis in offensichtlich präglaziale Sedimente vorstößt.

Die Bohrungen wurden mit Bohrkammern von bis zu 2 m Länge durchgeführt. An der Station Co1309 wurden insgesamt 21 Kernsegmente gezogen (Abb. 7, Tab. 1), die zwei Schwerelotkerne (*Gravity Corer*, GC) von den Oberflächensedimenten und 19 Kolbenlot-

kerne (*Piston Corer, PC*) von tieferen Sedimenten umfassen. Damit konnte die gesamte in der Seismik erkennbare Lockersediment-Abfolge gekernt werden (Abb. 7), wobei sowohl die holozänen Sedimente und die spätglazialen klastischen Warven also auch der Übergang in die vermuteten präglazialen Sedimente mit überlappenden Kernsegmenten doppelt gewonnen wurden.

**Tab. 1:** Liste der Sedimentkerne, die an den Stationen Co1309 und Co1310 im September 2013 aus dem Ladoga-See gewonnen wurden (für Lage der Stationen siehe Abb. 4).

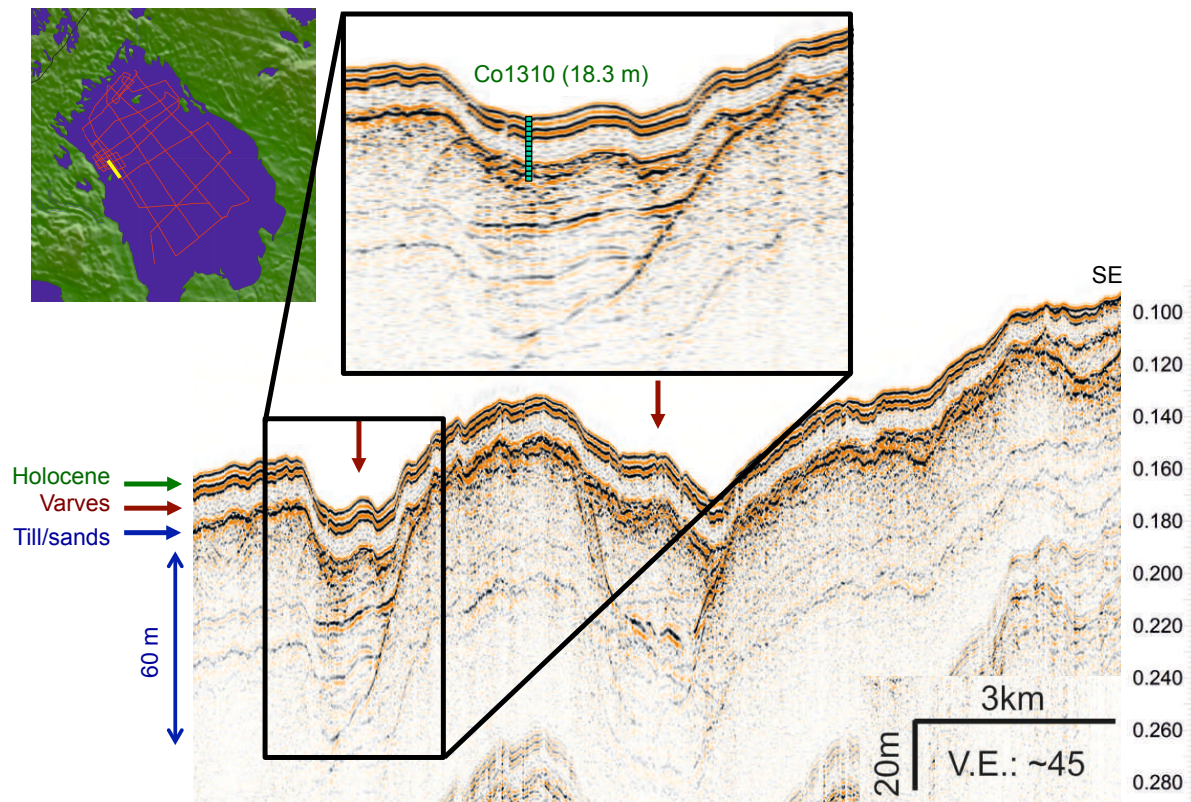
Core (site-run)	Latitude (N)	Longitude (E)	water (m)	date	gear	from (cm)	to (cm)	lithology
Co1309-1	30°41'27.2"	60°59'20.5"	111	02.09.13	GC 60	0	138	stratified gray mud, upper 30 cm brown
Co1309-2				02.09.13	PC 90	0	142	stratified gray mud, upper 30 cm brown
Co1309-3				02.09.13	PC 60	200	401	stratified gray mud
Co1309-4				02.09.13	PC 60	400	598	gray mud
Co1309-5				02.09.13	PC 60	600	798	gray mud
Co1309-6				03.09.13	PC 60	800	999	gray mud
Co1309-7				03.09.13	PC 60	1000	1199	gray mud
Co1309-8				04.09.13	PC 60	1200	1396	gray mud above fine sand
Co1309-9				04.09.13	PC 60	1400	1560	sand (imploded liner)
Co1309-10				04.09.13	PC 60	1600	1787	sand
Co1309-11				05.09.13	PC 60	1800	1986	sand
Co1309-12				05.09.13	PC 60	2000	2187	sand above reddish gravelly sand
Co1309-13				06.09.13	PC 60	2200	2274	reddish devonian sandstone?
Co1309-14				07.09.13	GC 60	0	221	stratified gray mud, upper 30 cm brown
Co1309-15				07.09.13	PC 90	100	299	gray mud
Co1309-16				07.09.13	PC 90	300	503	gray mud
Co1309-17				07.09.13	PC 90	500	690	gray mud
Co1309-18				07.09.13	PC 90	700	898	gray mud
Co1309-19				07.09.13	PC 90	900	1100	gray mud
Co1309-20				08.09.13	PC 90	1100	1292	gray mud
Co1309-21				08.09.13	PC 90	1300	1380	sand, heavily disturbed
Co1310-1	30°30'10.6"	60°59'53.0"	124	11.09.13	PC 60	0	194	mud
Co1310-2				12.09.13	PC 60	200	394	mud
Co1310-3				12.09.13	PC 60	400	594	mud
Co1310-4				12.09.13	PC 60	600	796	mud
Co1310-5				12.09.13	PC 60	800	997	mud
Co1310-6				12.09.13	PC 60	1000	1197	mud
Co1310-7				12.09.13	PC 60	1200	1394	mud
Co1310-8				12.09.13	PC 60	1400	1592	sandy mud, gray
Co1310-9				12.09.13	PC 60	1600	1732	gravelly red sand
Co1310-10				13.09.13	PC 60	1700	1828	gravelly red sand (upper 30 cm backfall)
Co1310-11				13.09.13	GC 60	0	202	mud

gear: GC = Gravity Corer; PC = Piston Corer, with diameter in (mm)

Im Anschluss an die Bohrungen an Station Co1309 wurde in eine Region wenige Kilometer südlich versetzt, in der zwei weitere verfüllte Rinnen auftreten, die jedoch mit bis zu 60 m wesentlich mächtigere Rinnenfüllungen aufweisen (Abb. 8). Mit einer Schwerelot- und zehn Kolbenlot-Bohrungen wurde an der Station Co1310 eine Sedimenttiefe von etwa 18,3 m erreicht (Abb. 8, Tab. 1). Da an der Basis gut sortierte Sande auftreten, die mehr als 2 m durchteuft wurden aber schließlich ein weiteres Vordringen verhinderten, ist davon auszugehen, dass die präglazialen Sedimente an der Station Co1310 mit den gewonnenen Sedimentkernen nicht erreicht wurden.

Nach Abschluss der Bohrkampagne wurde die Plattform zur AARI-Station am Südwest-Ufer des Ladoga-Sees geschleppt, wo sie demontiert und für den Rücktransport bereit gestellt wurde. Die Ausfuhr der Technik nach Deutschland erfolgte per LKW innerhalb weniger

Wochen. Nach Reinigung und kleineren Reparaturarbeiten in Köln und bei UWITEC in Österreich ist die Technik inzwischen wieder voll einsatzbereit und steht für zukünftige Bohrkampagnen zur Verfügung.

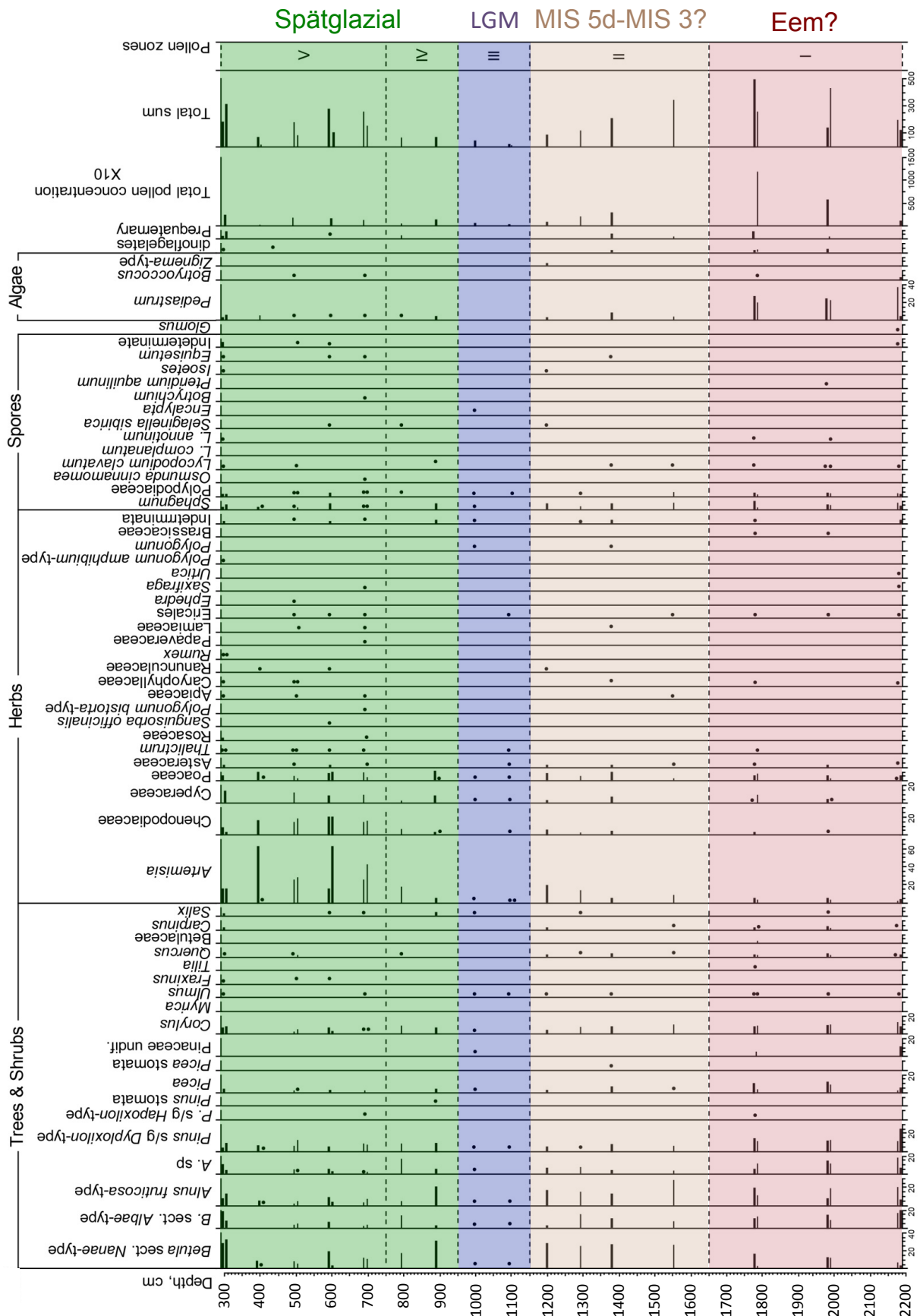


**Abb. 8:** Seismisches Profil über zwei Rinnen im westlichen Teil des Ladoga Sees (gelbe Linie in Karte, in denen präglaziale Sedimente erhalten zu sein könnten, die jedoch mit einer 18,3 m tiefen Bohrung (Kern Co1310) in der nordwestlichen Rinne vermutlich nicht erreicht wurden.

### III) Bohrkern-Analyse

Die Sedimentkerne sind trotz erheblicher Bemühungen der Kooperationspartner am AARI erst im Juni 2014 von den zuständigen Autoritäten in Moskau für die Ausfuhr nach Deutschland freigegeben worden. Sie sind Ende Juni nach Köln überführt worden und sollen dort ab Herbst 2014 prozessiert werden. Daher konnten bisher nur recht wenige Analysen an Kleinstproben durchgeführt werden, die im Feld ab 3 m Kerntiefe von den Kernfängern am unteren Kernende und von den Kernschnittstellen (d.h. alle etwa 1 m) entnommen und mit den Expeditionsteilnehmern nach Deutschland transportiert wurden.

Die bisher vorliegenden Ergebnisse der palynologischen Analysen dieser Proben, welche die Analyse von Nicht-Pollen Palynomorphen wie Dinoflagellatenzysten oder Algen einschließen (Abb. 8), liefern aber bereits deutliche Hinweise auf die Vegetation und damit auf das vermutliche Alter der gekernteten Sedimente. So deuten die palynologischen Daten beispielsweise darauf hin, dass die holozänen Sedimente an der Kernstation weniger als 3 m mächtig sind, da die oberste Pollenprobe bereits eine spätglaziale Vegetation erkennen lässt. Die spätglazialen Sedimente werden in etwa 9.5 - 11.5 m Tiefe von Sedimenten unter-

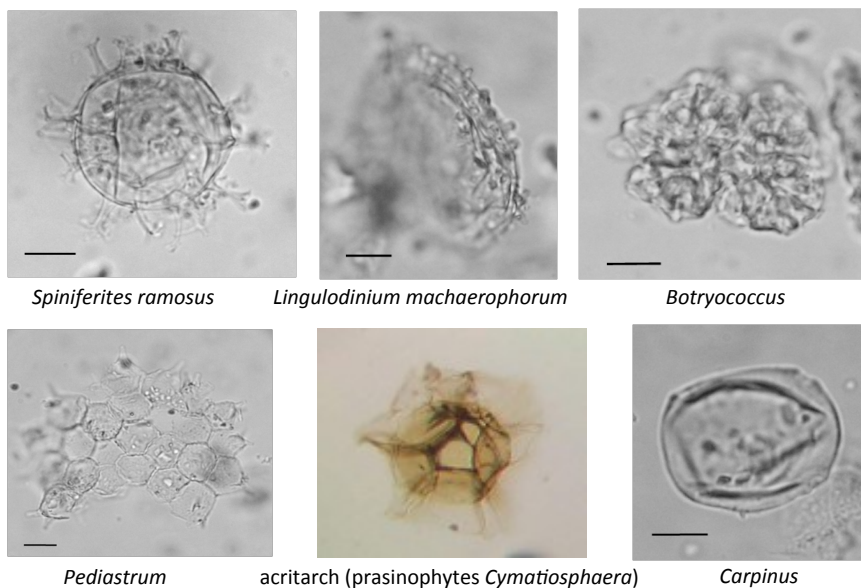


**Abb. 8:** Initiales Pollendiagramm von den Sedimenten zwischen ca. 3 m und 22 m aus dem Sedimentkern Co1309. Die palynologischen Daten wurden von L. Savelieva (Staatl. Univ. St. Petersburg) und A. Andreev (Univ. Köln) erhoben.



lagert, die aufgrund der spärlichen, Kälte anzeigenden Pollen dem Letzten Glazialen Maximum (LGM) zugeordnet werden. Unterhalb dieser Sedimente, ab etwa 11,5 m Tiefe, deuten die Pollen wieder wärmere Klimabedingungen an. Dabei ist zunächst von interstadialen Bedingungen auszugehen, die mit der frühen und mittleren Weichselzeit (MIS 5d - MIS 3) korrespondieren könnten.

Ab etwa 16,5 m Tiefe treten bis zur untersten Probe in etwa 22,0 m Tiefe Pollen von Laubbäumen auf (*Carpinus*, *Quercus*, *Corylus*, *Ulmus* und *Tilia*) die auf ein Interglazial mit einem Klima wärmer als heute hindeuten, vermutlich das Eem (ca. 126 - 115 ka vor heute). Die Sedimente enthalten zudem Reste von Süßwasser-Grünalgen (zahlreiche *Pediastrum* und einige *Botryococcus*), Zysten mariner Dinoflagellaten (überwiegend *Spiniferites ramosus* s.l. und *Lingulodinium machaerophorum*) sowie brackische Acritarchen (prasinophytes *Cymatiosphaera* und *Micrhystridium*) (Abb. 9). Auch die in den warmzeitlichen Sedimenten enthaltenen Diatomeen stellen eine Mischung aus marinen, brackischen und lakustrinen Arten dar (z.B. *Chaetoceros* spp, *Coscinodiscus* spp, *Thalassiosira gravida*, *T. nitzschoides*, *A. islandica*, *Fragilaria* spp, *Stephanodiscus rotula* und *Coscinodiscus lacustris*; Anna Ludikova, pers. Mittlg. 2014). Die Zusammensetzung dieser Nicht-Pollen Palynomorphen und Diatomeen deutet auf brackisch-marine Ablagerungsbedingungen und einen lakustrinen Eintrag hin. Der Ladoga-See dürfte zu der damaligen Zeit demnach eine Verbindung des mit dem Ozean (heutige Ostsee oder Weißes Meer) gehabt haben.



**Abb. 9:** Fotos von ausgewählten Nicht-Pollen Palynomorphen aus dem unteren Bereich (16,5 - 22,0 m) des Sedimentkerns Co1309 aus dem Ladoga-See.

#### IV) Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises im TP1

Die bewilligten Gelder wurden überwiegend wie geplant ausgegeben. Einsparungen bei einzelnen Kostenarten sowie eine kostenneutrale Projektverlängerung um 3 Monate ermöglichten insbesondere die Verlängerung der Beschäftigungszeiten von dem wissenschaftlichen Mitarbeiter (Dr. A. Andreev) und von studentischen Hilfskräften. Das kam vor allem der initialen Auswertung der Sedimentkerne (s.o.) sowie der Präsentation der Ergebnisse auf Tagungen (s. Kapitel 2.4) zu Gute.

Die im Rahmen des Projektes angeschaffte neue UWITEC-Kerntechnik hat sich sehr bewährt. Die vermutlich eemzeitlichen Ablagerungen im unteren Teil (> ca. 16,5 m) des Sedimentkerns Co1309 (Abb. 7 und 8) wären bei dem hohen Klastikanteil und der Konsistenz der überlagernden Sedimente weder mit der konventionellen UWITEC-Kerntechnik noch mit einem Kullenberg-Kolbenlot erreichbar gewesen. Die höhere Energie (durch ein schwereres Schlaggewicht) sowie die Nutzung des gleichen Bohrlochs (durch die Führung der Kerngeräte in einen Trichter am Boden) ermöglichen erstmals die Beprobung von Sedimenttiefen, die mit konventioneller Bohrtechnik für tiefe Seen bisher nicht erreichbar waren. Nach unserer Einschätzung sind mit der Technik Kerngewinne von weit mehr als 30 m möglich, falls hinreichend mächtige Seesedimentabfolgen vorliegen. Gleichzeitig weist die Technik ein hohes Maß an Flexibilität auf, beispielsweise bezüglich ihres alternativen Einsatzes vom Wasser oder von einer geschlossenen Eisdecke aus. Die Investition in die Kerntechnik war damit für das Erreichen der wissenschaftlichen Ziele der PLOT-Pilotphase am Ladoga-See essentiell. Gleichzeitig wurden mit der Anschaffung und mit dem erfolgreichen Test die technischen Voraussetzungen für das angestrebte PLOT-Projekt geschaffen, mit dem die Untersuchungen auf vier weitere potentiell sehr alte Seen weiter im Osten ausgedehnt werden sollen.

#### *V) Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit im TP1*

Alle im Rahmen des TP1 durchgeführten Arbeiten waren für das Erreichen der Projektziele notwendig und angemessen. Das betrifft die Feldarbeiten im Sept. 2013 ebenso wie die anschließenden Analysen an den Sedimentkernen und die Interpretation der Analyseergebnisse. So konnten auf der Expedition die neue UWITEC-Technik erfolgreich getestet und die erhofften präglazialen Sedimente (nach Lokation durch das TP2) an einer Lokation erbohrt werden. Die initiale Analyse der Sedimentkerne liefert erstmals sehr interessante und wichtige Informationen zu den Klima- und Umweltbedingungen am Ladoga-See über einen recht langen Zeitraum vor der letzten Vereisung. Damit wurden die eigenen Erwartungen an die PLOT-Pilotphase voll erfüllt.

#### 2.1.2 Wissenschaft TP2 (Universität zu Kiel)

##### *l) Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele*

Die übergeordneten Ziele des Verbundprojektes sind im Kapitel 1.1 zusammengefasst. Hauptziel des TP2 (Seismische Strukturerkundung des Ladoga-Sees) war es, hochauflösende seismische Daten des Ladoga-Sees zu sammeln, um die Sedimentstruktur zu analysieren und potentielle Lokationen für Bohrungen zu identifizieren. Konkrete Ziele des TP2 waren:

- Akquisition und Bearbeitung von hydroakustischen und seismischen Daten
- Identifikationen von Beprobungs-Lokationen und Abschätzung des Potentials für eine Tiefbohrung

- Sedimentäre Entwicklung des Ladoga-Sees
- Neotektonische Geschichte des Ladoga-Sees
- Massenumlagerungen im See
- Rekonstruktion des Ursprunges und der Entwicklung des Ladoga-See

Die Datenaufzeichnung war äußerst erfolgreich, so dass für alle Zielsetzungen ausreichend Daten hoher Qualität gesammelt werden konnten. Die in diesem Projekt durchgeführten Investitionen (Mini-GI Gun, Kompressoren, Streamersegmente) waren dabei Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Datenaufzeichnung. Der Fokus der bisherigen Auswertearbeiten lag auf der Identifikation von geologischen Beprobungs-Lokationen sowie auf der Untersuchung der sedimentären Strukturen des Ladoga-Sees. Da es sich bei dem Projekt um eine Pilotphase für das mittelfristig geplante BMBF-Projekt „PLOT – Paläolimnologischer Transekt“ handelt, standen bisher keine Personalmittel für die wissenschaftliche Auswertung zur Verfügung, so dass insbesondere die neotektonische Geschichte des Ladoga-Sees und Massenumlagerungen noch nicht detailliert analysiert wurden. Die Daten zeigen jedoch ausgeprägte Störungen und vereinzelte Massenumlagerungen insbesondere im nördlichen Teil des Sees. Diese Fragestellungen sowie weitergehende Untersuchungen zur sedimentären Entwicklung sollen im bereits beantragten 'PLOT'-Projekt bearbeitet werden. Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse der Pilotphase zusammengefasst:

#### Seismische Datenaufzeichnung und Datenbearbeitung

Die seismischen und sedimentechographischen Messungen auf dem Ladoga-See wurden im Zeitraum 20.08. - 01.09.2013 durchgeführt. Insgesamt wurden 49 Profile mit einer Gesamtlänge von ca. 1500 km aufgezeichnet (Abb. 4, Seite 5). Als Schiff diente die ‚RV Poseidon‘ (Abb. 10). Eine im Rahmen des Projektes beschaffte 0.2l Mini-GI Gun wurde als Quelle eingesetzt. Die Hauptfrequenz der Luftkanone betrug ca. 150 - 200 Hz. Luft wurde durch zwei mobile Tauchkompressoren erzeugt, die ebenfalls im Rahmen des Projektes beschafft wurden. Als Empfänger diente ein 50 m langer 32-Kanal digitaler Geometrics GeoEel Streamer (Teile ebenfalls im Projekt beschafft); der Kanalabstand betrug ca. 1,5 m. Aufgezeichnet wurden die Daten auf zwei Laptops.

Die angestrebte Schiffsgeschwindigkeit zur Datenaufzeichnung war 3 Knoten (1.6 m/s). Mit den Kompressoren hätte so eine Schussrate von ca. 7 Sekunden (Schussabstand ca. 10 m) im GI-Gun Modus erreicht werden können, um so den Bubble zu unterdrücken. An Bord wurde uns mitgeteilt, dass so geringe Schiffsgeschwindigkeiten mit der ‚Poseidon‘ nicht möglich seien, da die Maschine dann zu heiß werden würde (Kühlung ist an die Drehzahl des Motors gekoppelt). An Bord wurden Treibanker konstruiert, um die Geschwindigkeit bei hoher Drehzahl möglichst gering zu halten; trotzdem war die minimale Geschwindigkeit ca. 6.0 - 6.5 Knoten. Da der Schussabstand dann über 20 m gewesen wäre, bestand die Gefahr Lücken in die Profile zu bekommen bzw. eine sehr schlechte Überdeckung zu haben. Daher haben wir uns entschlossen, die Kanone im G-Gun Modus zu schießen. Die so erzielte Schussrate von 3.5 - 4 Sekunden resultierte in einem Schussabstand von < 15 m, was eine volle Überdeckung garantierte. Allerdings ist der Bubble in den Daten deutlich

sichtbar. Der Vorteil der hohen Messgeschwindigkeit war der schnelle Messfortschritt, so dass mehr Profil-Kilometer als geplant aufgezeichnet werden konnten. Die Datenqualität ist trotz der hohen Schiffsgeschwindigkeit sehr gut. Alle Bereiche des Sees wurden seismisch erfasst (Abb. 4, Seite 5). Neben langen Ost-West und Nord-Süd Profilen war auch ausreichend Zeit, die Profile in den Bereichen möglicher Bohrlokationen zu verdichten.



**Abb. 10:** Schiff und Geräteeinsatz des TP2 während der Pilotstudie auf dem Ladoga-See im August 2013

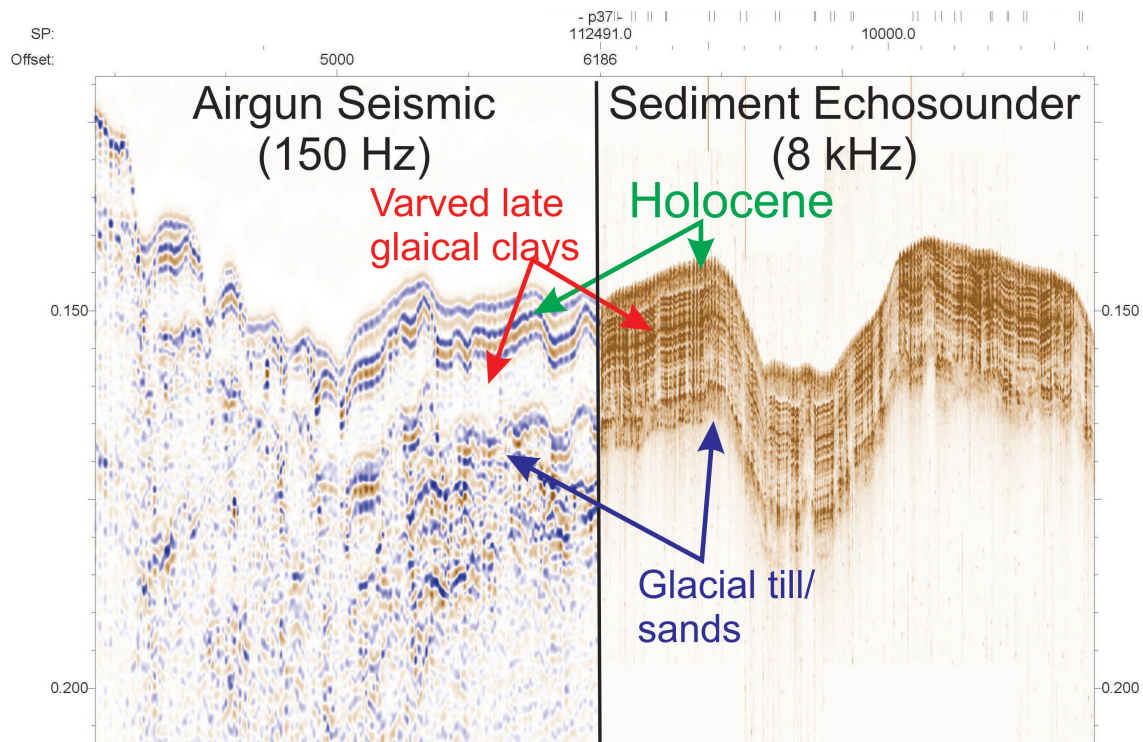
Direkt an Bord wurden Brutestacks erzeugt, die in das seismische Interpretations-System IHS Kingdom geladen wurden. Dies war die Grundlage zur Planung weiterer Profile. Ein Teil der Profile wurde anschließend in Kiel weitergehend prozessiert. Bearbeitung-Schritte umfassen das Aufsetzen der Geometrie, ein Binning mit 5 m Bin Abstand, Bandpassfilterungen (80-400 Hz), Despiking, Geschwindigkeitsanalyse, NMO-Korrektur, Stapelung und eine FD-Migration. Interpretiert wurden die Daten mit IHS Kingdom. Eine weitere Datenbearbeitung mit dem Fokus auf der Multiplen- und Bubble Unterdrückung soll im Rahmen des beantragten PLOT-Projektes durchgeführt werden.

Zeitgleich mit den seismischen Messungen wurden Sedimentecholot-Daten mit einem parametrischen „Innomar“ Sedimentecholot der Universität zu Köln aufgezeichnet, das seitlich am Schiff befestigt war (Abb. 10). Als Frequenz wurde 8 kHz gewählt. Auch die Innomar-Daten wurden an Bord direkt in das IHS Kingdom Interpretationsprogramm geladen.

#### Ergebnisse der seismischen Kampagne

Die Abbildung 11 zeigt einen Vergleich der mit der Airgun-Seismik und mit dem Sedimentecholot auf dem Ladoga-See gewonnenen Daten. Generell zeigen die Daten holozäne und

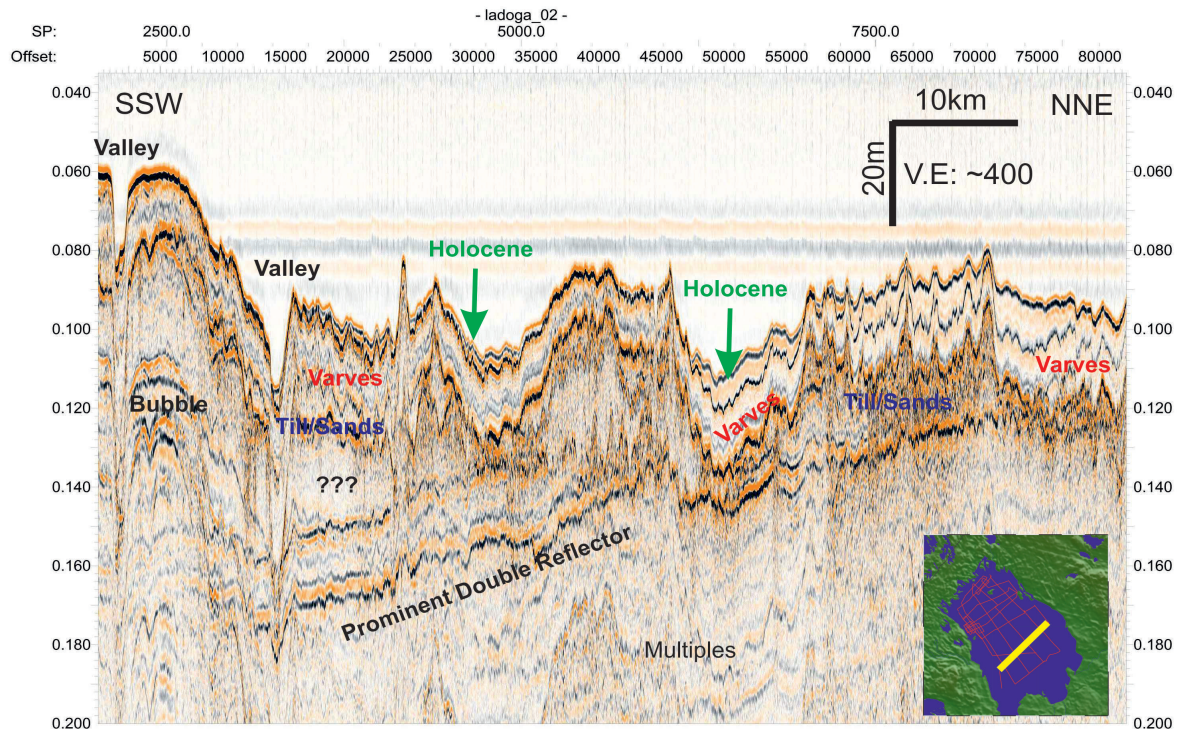
spätglaziale Sedimente, die über Geschiebe und glazialen Sanden liegen. Während die höher auflösenden Sediment-Echolotdaten sehr schön die gebänderten spätglazialen Tone auflösen, werden die darunter liegenden glazialen Sedimente nur durch die tiefer eindringende Airgun-Seismik abgebildet. Diese Abfolge ist im gesamten See zu finden. Die holozänen Sedimente und die gebänderten spätglazialen Tone haben eine Mächtigkeit von bis zu 40 m. Die größten Mächtigkeiten sind im nördlichen Teil des Sees zu finden. Darunter befindet sich eine aus der letzten Kaltzeit stammende durchgehende Decke aus Moränenmaterial mit rauer Morphologie. Diese Einheit weist im Allgemeinen eine Mächtigkeit von wenigen Metern auf, jedoch gibt es auch Bereiche in denen die Mächtigkeit bis auf 50 m anwächst. Vereinzelt scheinen Sedimente aus früheren Warmzeiten in präglazialen Gräben erhalten zu sein (siehe unten).



**Abb. 11:** Vergleich der während der PLOT-Pilotstudie gewonnenen seismischen Daten (links) und Sedimentecholot-Daten (rechts) von Sedimenten des Ladoga-Sees.

Ein seismisches Datenbeispiel aus dem südlichen Teil des Sees ist in Abbildung 12 gezeigt. Das Profil hat eine Länge von ca. 80 km und verläuft in SW-NO Richtung quer über den See (siehe gelbe Line in der Karte am unteren rechten Bildrand). Generell erkennt man die gleiche Sedimentabfolge, die auch in der Abbildung 11 gezeigt wird. Unterhalb der holozänen Sedimente liegt eine transparente Einheit, die bei der späteren Probennahme durch TP1 als spätglaziale gebänderte Tone identifiziert wurde. Die Basis dieser Einheit wird durch einen Reflektor hoher Amplitude markiert; darunter liegen unterschiedlich mächtige Bereiche, die durch hohe Amplituden und schlechte Kontinuität charakterisiert sind. Wir interpretieren diese Bereiche als glaziale Sande und Geschiebe. Im tieferen Untergrund ist im südwestlichen Bereich des Profils ein auffälliger Doppelreflektor zu erkennen, der nach oben durch eine Erosionsdiskordanz begrenzt ist. Dieser Doppelreflektor wurde im gesam-

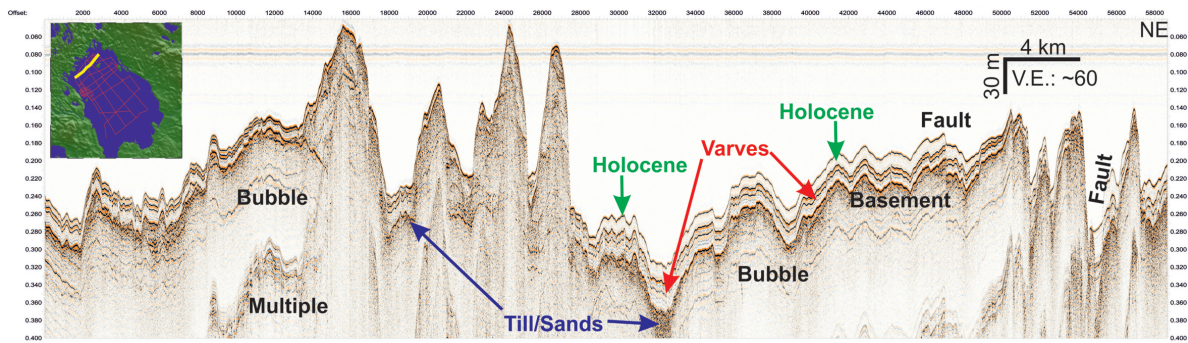
ten südwestlichen Bereich des Sees identifiziert, jedoch nicht im Norden, wo unter den glazialen Sedimenten direkt das akustische Basement liegt. Wir vermuten, dass es sich bei dem Doppelreflektor um alte (tertiäre oder ältere) Sedimente handelt, die die kristallinen Gesteine der Osteuropäischen Plattformen überdecken.



**Abb. 12:** Seismisches Profil über den südlichen Teil des Ladoga-Sees. Holozäne Sedimente liegen über glazialen Ablagerungen. Der Doppelreflektor im tieferen Untergrund bildet vermutlich alte (tertiäre oder ältere) Sedimente ab, die die kristallinen Gesteine der Osteuropäischen Plattformen überdecken. Für die Lage des Profils siehe gelbe Linie in kleiner Karte.

Ein Profilbeispiel aus dem nördlichen Teil des Sees ist in Abbildung 13 gezeigt. Im nördlichen Teil des Sees befinden sich mit über 200 m die größten Wassertiefen. Einzelne Becken sind durch morphologische Rücken voneinander getrennt. In diesen Becken befinden sich relativ mächtige Holozäne und spätglaziale Sedimente (bis zu 40 m). Eiszeitliche Sedimente werden auch in diesem Seebereich als gestörte Einheiten unterhalb der Holozänen Sedimente abgebildet. Darunter sind aber keine stratifizierte Sedimente mehr sichtbar. Im nördlichen Teil des Ladoga-Sees scheinen (spät-)glaziale Ablagerungen vielmehr direkt auf dem kristallinen baltischen Schild zu liegen. Dies wurde bereits von Rumyantsev et al. (2002) postuliert. Wir hatten vor der Kampagne vermutet, dass in diesen Becken mächtige quartäre Sedimente liegen, da sie sedimentäre Fallen darstellen und aufgrund ihrer geschützten Lage nicht während des letzten Glazial erodiert worden sind. Diese Annahme hat sich nicht bestätigt.

Auf dem Profil in Abbildung 13 sind darüber hinaus deutlich diverse Störungen zu erkennen. Einige dieser Störungen reichen bis an den Seeboden und scheinen aktiv zu sein. Das enge Netz an seismischen Profilen in diesem Teil des Sees wird es ermöglichen, die neotektonische Geschichte zu rekonstruieren.



**Abb. 13:** Seismisches Profil über den nördlichen Teil des Ladoga-Sees. Holozäne Sedimente und spätglaziale Ablagerungen überlagern das akustische Basement. Verwerfungen reichen teils bis an den Seeboden. Für die Lage des Profils siehe gelbe Linie in kleiner Karte.

Der zentrale westliche Teil des Ladoga Sees ist der vielversprechendste Bereich, um ältere Zeitabschnitte des Quartärs zu beproben. Abbildung 8 auf Seite 14 zeigt ein seismisches Profil nahe dem Westufer des Sees. Im oberen Bereich des Profils sind wieder holozäne Sedimente, spätglaziale gebänderte Tone und glaziale Sande bzw. Geschiebe zu erkennen. In dem Basement sieht man auf diesem Profil zwei tief eingeschnittene Täler, die teils gut geschichtete Sedimente enthalten. Diese Sedimente müssen vor dem letzten Glazial (MIS 2 oder Spätweichsel-Glazial) abgelagert worden sein. Die Lage in den eingeschnittenen Tälern hat die Sedimente vermutlich vor Erosion im letzten Glazial geschützt. Insbesondere im nordwestlichen der beiden Täler befinden sich gut geschichtete Sedimente, die eine Ablagerung in einer Warmzeit (evtl. Eem) vermuten lassen. Die Mächtigkeit der präglazialen Sedimente beträgt an dieser Stelle ca. 60 m.

Eine im Rahmen der Pilotstudie des PLOT-Projektes abgeteufte Bohrung in der nordwestlichen Rinne (Co1310) hat eine Teufe von 18,3 m erreicht (Abb. 8 auf Seite 14). Ob damit präglaziale Sedimente erreicht wurden kann erst eine Analyse des Sedimentkernes zeigen, die jedoch noch aussteht. Anders ist die Situation in einer anderen Rinne etwas weiter nördlich (Abb. 7 auf Seite 12). Dort wurde ein 22,7 m langer Sedimentkern erbohrt (Co 1309), der nach ersten pollenkundlichen Ergebnissen in warmzeitliche Sedimente vorstößt, die vermutlich dem Eem zugeordnet werden können (siehe Bericht des TP1, Kapitel 2.1.2).

Ähnliche Rinnen wurden auch in anderen Bereichen des Sees identifiziert, allerdings nicht so gut ausgebildet wie die oben beschriebenen Strukturen. Zusätzlich haben die oben beschriebenen Rinnen den Vorteil, dass sie relativ küstennah und bei Westwind-Situation unter Landabdeckung sind, so dass sie erfolgreich auch mit relativ kleinen Bohrplattformen beprobt werden können.

## II) Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises im TP1

Die Gelder wurden wie geplant ausgegeben. Der Großteil der Gelder waren Investitionen in ein hochauflösendes seismisches System, um die Messungen überhaupt durchführen zu können. Alle Komponenten haben sich dabei bestens bewährt und können für zukünftige Seemessungen eingesetzt werden, auch wenn noch kleinere Plattformen (z.B. Schlauch-

boote) verwendet werden. Dies ist im PLOT-Projekt geplant (Seismik vom Schlauchboot aus in den Seen Levinson-Lessing und Taymyr). Zum Ersteinsatz der Geräte und auch zur Wartung der Kompressoren war es ebenfalls sehr wichtig, dass der im Projekt finanzierte Techniker die Vorbereitung der Messungen, die Messungen selbst und die Wartung der Geräte durchgeführt bzw. begleitet hat. Verbrauchsmittel wurden ebenfalls wie geplant ausgegeben. Die bewilligten Reisemittel wurden wie geplant für eine Reise zur AGU Herbsttagung 2013 eingesetzt. Das dort präsentierte Poster ist als Anlage 1 beigefügt. Logistik- und Reisekosten für die Feldkampagne wurden über das Koordinationsprojekt abgedeckt.

### *III) Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit im TP2*

Hauptziel der Arbeiten im TP2 war es, hochauflösende seismische Daten des Ladoga-Sees zu sammeln, um die Sedimentstruktur zu analysieren und potentielle Lokationen für Bohrungen zu identifizieren. Dabei sollten Gerätetests und erste wissenschaftliche Untersuchungen für das mittelfristig geplante BMBF-Projekt „PLOT – Paläolimnologischer Transekt“ durchgeführt werden. Ohne die im TP2 durchgeführten Arbeiten wäre es nicht möglich gewesen, potentielle Bohrlokationen zu identifizieren, die es ermöglichen, interglaziale Sedimente zu erbohren. Der Einsatz der neu beschafften Technik war dabei unumgänglich und hat gezeigt, dass die Kombination von Sedimentechographie und Airgunseismik notwendig ist, um die unterschiedlichen Tiefenbereiche mit möglichst guter Auflösung abzubilden. Die Sedimentecholot-Daten zeigen zwar sehr detailliert die holozänen und die spätglazialen gebänderten Tone. Die tieferen Sedimente, insbesondere die interglazialen Sedimente, sind aber nur auf den mit der Luftkanone aufgezeichneten Profilen sichtbar. Insofern hat sich der gewählte Ansatz voll bewährt, um die angestrebten Ziele zu erreichen und soll so auch in Zukunft weiter verfolgt werden.

## 2.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit

Das abgeschlossene Verbundprojekt ist in der Grundlagenforschung angesiedelt. Der wirtschaftliche Nutzen, der aus den erzielten Ergebnissen erwächst, ist naturgemäß nur mittel- bis langfristiger Natur. Kurzfristig hat das Vorhaben eher wirtschaftspolitische Bedeutung, da es durch die intensive Zusammenarbeit mit russischen Forschungseinrichtungen u.a. zur Vertrauensbildung beigetragen hat. Außerdem wurde durch die Einbindung von Studenten und jungen Wissenschaftlern auf beiden Seiten die Qualität in der Ausbildung gesichert bzw. gesteigert.

Mittel- und langfristig werden darüber hinaus die erzielten wissenschaftlichen Ergebnisse auch wirtschaftliche Bedeutung haben, da ein besseres Verständnis der langfristigen Entwicklungsgeschichte in der Arktis entscheidende Beiträge zu besseren Prognosen der zukünftigen Entwicklungen liefern. Das betrifft zum einen die Zukunft der Arktis, mit zu erwartenden Veränderungen beispielsweise in der Meereisbedeckung auf dem Arktischen Ozean und in der Vegetation und Permafrostverbreitung an Land. Diese Veränderungen werden sich unmittelbar auf die wirtschaftliche Nutzung der arktischen Meeres- und Landgebiete auswirken, beispielsweise auf die Schifffahrt (Nördliche Seeroute), die Fischerei, die



Rohstofferkundung und -gewinnung, die Forstwirtschaft und die ackerbauliche Nutzung. Zum anderen stehen die Veränderungen in der Arktis in direktem Zusammenhang mit den Entwicklungen in anderen Regionen der Erde. Die Ergebnisse des Vorhabens tragen daher zu einem komplexeren Verständnis des „Systems Erde“ bei, und damit zu gesicherteren Prognosen zukünftiger globaler Entwicklungen.

### 2.3 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Ebenfalls im Sommer 2013 wurden im Rahmen des IODP (*International Ocean Discovery Program*) Projektes “Baltic Sea Paleoenvironment” Bohrungen im Bereich der Ostsee abgeteuft, die ebenfalls als primäres Ziel hatten, präglaziale Sedimente zu erreichen. Auch bei diesem Projekt bestand die Hoffnung, dass ältere interglaziale Sedimente, insbesondere der Eem-Warmzeit, vom spätweichselzeitlichen Vorstoß des Eurasischen Eisschildes nicht vollständig ausgeräumt wurden und somit erbohrt werden können. Allerdings konnte trotz viel versprechender Tagungskurzfassungen (z.B. Groeneveld et al. 2014) bisher noch nicht gezeigt werden, dass die IODP-Kerne die angestrebte stratigraphische Reichweite bis in das Eem tatsächlich erreicht haben. Darüber hinaus sind uns keine aktuellen Forschungsarbeiten in der Region bekannt, die ähnliche Fragestellungen wie das PLOT-Projekt verfolgen oder ebenfalls speziell auf die präglaziale Geschichte in hohen nördlichen Breiten abzielen.

Deutliche Fortschritte wurden jedoch in jüngster Zeit bei der Auswertung des Kernmaterials aus dem Elgygytgyn-See im nordöstlichen Sibirien (s. Abb. 1 auf Seite 2) gemacht, das im Jahr 2009 im Rahmen des *International Continental Scientific Drilling Program* (ICDP) gewonnen wurde (Melles et al. 2011). Die ca. 318 m mächtige Seesedimentabfolge aus dem Elgygytgyn-See, die das gesamte Quartär kontinuierlich umfasst und bis in das obere Pliozän vor etwa 3,6 Mio Jahren zurückreicht (Melles et al. 2012, Brigham-Grette et al. 2013), stellt das Referenzprofil für die Arktis dar, mit dem die Sedimentabfolgen vom PLOT-Projekt verglichen und verschnitten werden sollen. Zahlreiche neue Publikationen zum Elgygytgyn-Projekt liefern inzwischen ein sehr detailliertes Bild der Klima- und Umweltschwankungen in Nordost-Sibirien auf unterschiedlichen Zeitskalen (z.B. Chaplignin et al. 2012, Cunningham et al. 2013, D'Anjou et al. 2013, Francke et al. 2013, Frank et al. 2013, Gebhardt et al. 2013, Lozhkin & Anderson 2013, Nowaczyk et al. 2013, Snyder et al. 2013, Tarasov et al. 2013, Vogel et al. 2013, Andreev et al. 2014, Meyer-Jacob et al. 2014, Minyuk et al. 2014, Wennrich et al. 2014). Diese und noch kommende Veröffentlichungen stellen eine wichtige Grundlage für das angestrebte PLOT-Projekt dar.

### 2.4 Abschlussarbeiten, Tagungsbeiträge und Veröffentlichungen

Durch die kurze Laufzeit der PLOT-Pilotphase von zwölf (TP1) bzw. neun (TP2) Monaten, sowie die über die Laufzeit hinaus verzögerte Ausfuhr der Sedimentproben nach Deutschland, liegen noch keine hinreichend detaillierten Datensätze für Publikationen in begutachteten internationalen Fachzeitschriften vor.

Allerdings wurde an PLOT-Daten eine Bachelor-Arbeit an der Universität zu Kiel angefertigt (Inken Schulze: „Glaziale Strukturen im Ladoga-see (Russland) abgeleitet aus hochauflösenden seismischen Daten“). Darüber hinaus wurden von Mitarbeitern des PLOT-Projektes insgesamt 6 Tagungsbeiträge geleistet. Zunächst haben Fedorov et al. (2012) das Projekt bereits vor Beginn der Pilotphase der APEX (*Arctic Paleoclimate and its Extremes*) Gemeinschaft auf einem Workshop vorgestellt. Erste Ergebnisse der Feld- und Auswertarbeiten wurden dann von Krastel et al. (2013) und Melles et al. (2014a) in Form von Postern auf der AGU im Dez. 2013 und der EGU im April 2014 präsentiert (s. Anlagen 1 und 2), gefolgt von Vorträgen durch Andreev et al. (2014), Fedorov et al. (2014) und Melles et al. (2014b) auf der Konferenz *PAST Gateways* und einem Treffen eines Arbeitskreises der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung im Mai 2014.

#### Tagungsbeiträge des PLOT-Projektes:

- Fedorov G., Melles M., Subetto D., Bolshiyarov D., Wagner B., Krastl S., Meyer H., Werner M. & Minyuk P. (2012): The new «PLOT – Paleolimnological Transect» research project: reconstruction of the Late Quaternary climate gradients along Northern Eurasia from lake sediment records and potentials for deep drilling. - Vortrag auf dem APEX Workshop, Oulu, Finnland, Mai 2012.
- Krastel S., Wagner B., Melles M. & Fedorov G. (2013): Seismic investigations of Lake Ladoga (Russia) – First results. - Poster auf dem AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, Dez. 2013.
- Andreev A.A., Savelieva L.A., Fedorov G., Subetto D.A., Krastel S., Wagner B. & Melles M. (2014): Russian-German PLOT project: Lake Ladoga postglacial-glacial-preglacial sediment record - the first palynological results. – Vortrag auf der PAST Gateways Konferenz, Triest, Italien, Mai 2014.
- Fedorov G., Melles M., Krastel S., Subetto D.A., Savelyeva L.A., Andreev A., Wagner B., Belkina N. (2014): Lake Ladoga interglacial – glacial sediment record obtained in 2013 – initial results of the Russian-German PLOT project. - Vortrag auf der PAST Gateways Konferenz, Triest, Italien, Mai 2014.
- Melles M., Krastel S., Fedorov G., Subetto D.A., Savelyeva L.A., Andreev A. & Wagner B. (2014a): The preglacial sediment record of Lake Ladoga, Russia – first results from a seismic survey and sediment coring in 2013. - Poster auf der EGU General Assembly, Wien, Österreich, April 2014.
- Melles M., Wagner B., Krastel S., Meyer H., Werner M., Fedorov G., Subetto D., Nazarov D. & Pestriakova L. (2014b): PLOT – Paläolimnologischer Transekt: Ein neues BMBF- Verbundprojekt in der russischen Arktis. - Vortrag auf dem “Arbeitskreis Geologie und Geophysik der Polargebiete, Hannover, Mai 2014.

## 2.5 Literaturverzeichnis

Die folgenden Veröffentlichungen sind in den Kapiteln 1, 2 und 3 zitiert:

- ACIA (2005): *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, 1042 pp.
- Andreev A.A., Tarasov P.E., Wennrich V., Raschke E., Herzsuh U., Nowaczyk N.R., Brigham-Grette J. & Melles M. (2014): Late Pliocene and Early Pleistocene environments of the north-eastern Russian Arctic inferred from the Lake El'gygytyn pollen record. - *Climate of the Past*, 10: 1017-1039.
- BMBF (1996): *Polarforschung, Programm der Bundesregierung*. - Bundesmin. für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, 104 pp.
- BMBF (2012): *Schnelle Veränderungen in der Arktis: Polarforschung in globaler Verantwortung*. - Bundesmin. für Bildung und Forschung, 23 pp.

- Brigham-Grette J., Melles M., Minyuk P., Andreev A., Tarasov P., DeConto R., Koenig S., Nowaczyk N., Wennrich V., Rosén P., Haltia E., Cook T., Gebhardt C., Meyer-Jacob C., Snyder J., Herzschuh U. (2013): Pliocene warmth, polar amplification, and stepped Pleistocene cooling recorded in NE Arctic Russia. - *Science*, 340: 1421-1427.
- Chapligin B., Meyer H., Swann G.E.A., Meyer-Jacob C. & Hubberten H. W. (2012): A 250 ka oxygen isotope record from diatoms at Lake El'gygytgyn, far east Russian Arctic. - *Climate of the Past*, 8: 1621-1636.
- Cunningham L., Vogel H., Wennrich V., Juschus O., Nowaczyk N. & Rosén P. (2013): Amplified bioproductivity during Transition IV (332 000–342 000 yr ago): evidence from the geochemical record of Lake El'gygytgyn. - *Climate of the Past*, 9: 1559-1569.
- D'Anjou R.M., Wie J.H., Castañeda I.S., Brigham-Grette J., Petsch S.T. & Finkelstein D.B. (2013): High-latitude environmental change during MIS 9 and 11: biogeochemical evidence from Lake El'gygytgyn, Far East Russia. - *Climate of the Past*, 9: 567-581.
- Francke A., Wennrich V., Sauerbrey M., Juschus O., Melles M. & Brigham-Grette J. (2013): Multivariate statistic and time series analysis of grain-size data in Quaternary sediments of Lake El'gygytgyn, NE Russia. - *Climate of the Past*, 9: 2459-2470.
- Frank U., Nowaczyk N.R., Negendank J.F.W. & Melles M. (2002): A paleomagnetic record from Lama Lake, northern Central Siberia. - *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 133: 3-20.
- Gebhardt C., Francke A., Kück J., Sauerbrey M., Niessen F., Wennrich V. & Melles M. (2013): Petrophysical characterization of the lacustrine sediment succession drilled in Lake El'gygytgyn, Far East Russian Arctic. - *Climate of the Past*, 9: 1933-1947.
- Groeneveld J. & Exp. 347 Scientists (2014): Holocene bottom water variability in the Baltic Sea: The impact of atmospheric processes. - Abstract-Band IODP/ICDP Kolloquium, Erlangen, 17.-19.03. 2014.
- IPCC (2013): *Climate Change 2013, the Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Lozhkin A.V. & Anderson P.M. (2013): Vegetation responses to interglacial warming in the Arctic, examples from Lake El'gygytgyn, Far East Russian Arctic. - *Climate of the Past*, 9: 1211-1219.
- Meyer-Jacob C., Vogel H., Gebhardt A.C., Wennrich V., Melles M. & Rosén P. (2014): Biogeochemical variability during the past 3.6 million years recorded by FTIR spectroscopy in the sediment record of Lake El'gygytgyn, Far East Russian Arctic. - *Climate of the Past*, 10: 209-220.
- Melles M., Brigham-Grette J., Minyuk P., Koeberl C., Andreev A., Cook, T., Fedorov G., Gebhardt C., Haltia-Hovi E., Kukkonen M., Nowaczyk N., Schwamborn G., Wennrich V. & El'gygytgyn Scientific Party (2011): The El'gygytgyn Scientific Drilling Project – conquering Arctic challenges through continental drilling. - *Scientific Drilling*, 11: 29-40.
- Melles M., Brigham-Grette J., Minyuk P.S., Nowaczyk N.R., Wennrich V., DeConto R.M. Anderson P.M., Andreev A.A., Coletti A., Cook T.L., Haltia-Hovi E., Kukkonen M., Lozhkin A.V., Rosén P., Tarasov P., Vogel H. & Wagner B. (2012): 2.8 million years of Arctic climate change from Lake El'gygytgyn, NE Russia. - *Science*, 337: 315-320.
- Minyuk P., Borkodoev V. & Wennrich V. (2014): Inorganic geochemistry data from El'gygytgyn lake sediments: Marine Isotope Stages 6 - 11. - *Climate of the Past*, 10: 467-485.
- Nowaczyk N.R., Haltia E.M., Ulbricht D., Wennrich V., Sauerbrey M.A., Rosén P., Vogel H., Francke A., Meyer-Jacob C., Andreev A.A. & Lozhkin A.V. (2013): Chronology of Lake El'gygytgyn sediments. - *Climate of the Past*, 9: 2413–2432.
- Rumyantsev V.A., Khvorov G.V. & Utin G.N. (Eds) (2002). *Ladoga Lake. Atlas*. - Limnology Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, 129 pp
- Snyder J.A., Cherepanova M.V. & Bryan A. (2013): Dynamic diatom response to changing climate 0-1.2 Ma at Lake El'gygytgyn, Far East Russian Arctic. - *Climate of the Past*, 9: 1309-1319.

- Subetto D.A., Davydova N.N. & Rybalko A.E. (1998): Contribution to the lithostratigraphy and history of Lake Ladoga. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 140: 113-119.
- Tarasov P.E., Andreev A.A., Anderson P.M., Lozhkin A.V., Leipe C., Haltia E., Nowaczyk N.R., Wennrich V., Brigham-Grette J. & Melles M. (2013): A pollen-based biome reconstruction over the last 3.562 million years in the Far East Russian Arctic – new insights into climate-vegetation relationships at the regional scale. - *Climate of the Past*, 9: 2759-2775.
- Vogel H., Meyer-Jacob C., Melles M., Brigham-Grette J., Andreev A.A., Wennrich V. & Rosén P. (2013): Detailed insight into Arctic climatic variability during MIS 11 at Lake El'gygytyn, NE Russia. - *Climate of the Past*, 9: 1467-1479.
- Wennrich V., Minyuk P.S., Borkhodoev V., Francke A., Ritter B., Nowaczyk N.R., Sauerbrey M.A., Brigham-Grette J. & Melles M. (2013): Pliocene to Pleistocene climate and environmental history of Lake El'gygytyn, Far East Russian Arctic, based on high-resolution inorganic geochemistry data. - *Climate of the Past*, 10: 1381–1399.

## **C            Berichtsblatt / Control Sheet**

Die wichtigsten Eckdaten sowie eine Kurzfassung des abgeschlossenen Verbundvorhabens „PLOT-Pilotphase“ sind in deutscher und englischer Sprache dem folgenden Berichtsblatt bzw. 'Control Sheet' zu entnehmen.

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN <p style="text-align: center;">geplant</p>	2. Berichtsart <p style="text-align: center;">Schlussbericht</p>
3a. Titel des Berichts Gemeinsamer Abschlussbericht des BMBF-Verbundvorhabens „Pilotphase PLOT – Paläolimnologischer Transekt“	
3b. Titel der Publikation PLOT Pilotphase	
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)) Melles, Martin; Wagner, Bernd; Krastel, Sebastian	5. Abschlussdatum des Vorhabens März 2014
4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n)): Melles, Martin; Krastel, Sebastian; Wagner, Bernd; Andreev, Andrej	6. Veröffentlichungsdatum geplant
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  University of Cologne, Institute of Geology and Mineralogy, Zuelpicher Str. 49a, D-50674 Köln  Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Otto- Hahn-Platz 1, 24118 Kiel	7. Form der Publikation Fachzeitschrift
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen *) 03G0839 A, B
	11a. Seitenzahl Bericht 30 plus Anhang
	11b. Seitenzahl Publikation noch nicht bekannt
	13. Literaturangaben 25
	14. Tabellen 1
	15. Abbildungen 13
16. Zusätzliche Angaben  Pilotphase für angestrebtes Projekt PLOT (Skizze: 03VO1344)	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung  Das Verbundvorhaben stellte eine Pilotphase für das Projekt „PLOT – Paläolimnologischer Transekt“ dar, welches zum Ziel hat, die Klima- und Umweltgeschichte im Spätquartär entlang eines mehr als 6000 km langen longitudinalen Transektes über das nördliche Eurasien erstmals detailliert zu rekonstruieren. Im Rahmen der „Pilotphase PLOT“ wurde mit den Arbeiten am Ladoga-See, am westlichen Rand des Transektes, begonnen. Die Untersuchungen gliederten sich in zwei einander ergänzende Teilprojekte. Im Rahmen des TP1 an der Universität zu Köln sollte die Sedimentabfolge am Grund des Ladoga-Sees über Bohrungen erschlossen und mittels multidisziplinärer Laboranalysen initial paläoklimatisch untersucht werden. In diesem Teilprojekt war zudem die Koordination des Verbundprojektes angesiedelt. Im Rahmen der TP2 an der Universität zu Kiel sollte die Sedimentfüllung im Ladoga-See im Vorfeld der Bohrungen mittels seismischer Messungen dreidimensional erfasst und genetisch interpretiert werden. Darüber hinaus sollte am Ladoga-See die Möglichkeit genutzt werden, für das PLOT-Projekt entscheidende seismische Messgeräte und eine neue Bohrtechnik auf einem sehr großen (17.882 km <sup>2</sup> ) und tiefen (bis 230 m) See mit guter Infrastruktur (Nähe zu St. Petersburg) zu testen, ehe die Technik mit größerem finanziellen Aufwand in den schwer zugänglichen Regionen der russischen Arktis eingesetzt wird. Die im Rahmen des Projektes angeschaffte Technik hat sich sehr bewährt. Die gewonnenen seismischen Daten liefern ein detailliertes Bild der Sedimentfüllung im Ladoga-See, die Klimaschwankungen, Massenbewegungen und tektonische Ereignisse widerspiegelt. Von Besonderer Bedeutung ist der Nachweis von präglazialen Sedimenten, die in Sedimenttaschen die Überföhrung durch das Eurasische Inlandeis während zumindest der letzten Eiszeit überdauert haben. Die an zwei Stationen erbohrten, etwa 23 und 18 m langen Seesedimentkerne haben die postglaziale Geschichte des Sees vollständig und mit einer sehr guten zeitlicher Auflösung erschlossen. Außerdem sind sie tief in die präglazialen Sedimente vorgestoßen und haben dabei nach ersten analytischen Ergebnissen offensichtlich die letzte Warmzeit (Eem) erreicht.	
19. Schlagwörter Paläoklima, Paläoumwelt, Paläolimnologie, Seismik, Arktis, Sibirien, Ladogasee, Spätquartär	
20. Verlag	21. Preis

\*) Auf das Förderkennzeichen des BMBF soll auch in der Veröffentlichung hingewiesen werden.

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN <p style="text-align: center;">planned</p>	2. Type of Report <p style="text-align: center;">Final report</p>
3a. Report Title <p>Joint final report of the BMBF collaborative project „Pilotphase PLOT – Paleolimnological Transect“</p>	
3b. Title of Publication <p>PLOT Pilot Phase</p>	
4a. Author(s) of the Report (Family Name, First Name(s)) Melles, Martin; Wagner, Bernd; Krastel, Sebastian	5. End of Project March 2014
4b. Author(s) of the Publication (Family Name, First Name(s)) Melles, Martin; Krastel, Sebastian; Wagner, Bernd; Andreev, Andrej	6. Publication Date planned
	7. Form of Publication scientific journal
8. Performing Organization(s) (Name, Address)  University of Cologne, Institute of Geology and Mineralogy, Zuelpicher Str. 49a, D-50674 Köln  Christian Albrechts University of Kiel, Institute of Geosciences, Otto-Hahn- Platz 1, 24118 Kiel	9. Originator's Report No.
	10. Reference No. 03G0839 A, B
	11a. No. of Pages Report 30 plus attachments
	11b. No. of Pages Publication not yet known
13. Sponsoring Agency (Name, Address)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	12. No. of References 25
	14. No. of Tables 1
	15. No. of Figures 13
16. Supplementary Notes <p>Pilot phase for aspired project PLOT (scetch: 03VO1344)</p>	
17. Presented at (Title, Place, Date)	
18. Abstract <p>The collaborative project represents a pilot phase for the project “PLOT – Paleolimnological Transect”, which aims at the first detailed reconstruction of the climatic and environmental history during the Late Quaternary along a more than 6000 km long longitudinal transect crossing northern Eurasia. The „Pilot Phase PLOT“ offered the opportunity to start investigations at the western edge of the PLOT transect. The work was separated into two sub-projects, which complement each other. Subproject 1 at the University of Cologne intended to core the sedimentary succession at the bottom of Lake Ladoga and to conduct initial paleoclimatological investigations on the sediment cores using a multi-disciplinary approach of laboratory analyses. This subproject also provided the coordination of the collaborative project. Within the scope of subproject 2 at the University of Kiel, seismic profiling was planned to be carried out, in order to obtain information on the three-dimensional architecture and genesis of Lake Ladoga’s sedimentary infill prior to the coring. Another objective of the pilot phase was to use the opportunity for extensive tests of the seismic equipment and coring technique essential for the PLOT project on a very large (17.882 km<sup>2</sup>) and deep (up to 230 m) lake with good infrastructure (proximity to St. Petersburg), before the it is employed with higher financial investments on remote lakes with more difficult access in the Russian Arctic.</p> <p>The technique purchased within the scope of the project fully fulfilled the expectations. The seismic data obtained provide a detailed picture of the sediments in Lake Ladoga, which host information concerning climatic fluctuations, mass wasting, and neotectonic events. Of particular importance is the proof of preglacial sediments existing in protected sedimentary pockets that have survived the inundation of the Eurasian Ice Sheet during at least the last glacial. Sediment coring at two sites, reaching about 23 m and 18 m, respectively, provide access to the entire postglacial history of the lake with unprecedented time resolution. Furthermore, one of the cores penetrated deep into the preglacial sediments, which according to initial analyses obviously reach as deep as the last interglacial (Eemian).</p>	
19. Keywords Paleoclimate, paleoenvironment, paleolimnology, seismic, Arctic, Siberia, Lake Ladoga, Late Quaternary	
20. Publisher	21. Price