



**DEKLIM**

## **Schlussbericht**

# **Südargentinische Seesediment Archive und Modellierung (SALSA)**

**Stabile Isotope und Ökosystemdynamik (SALSA III)**

*Berichtersteller*

**Andreas Lücke, Christoph Mayr, Gerhard H. Schleser**

*Förderkennzeichen:*

**01 LD 0035**



*mit ergänzenden Beiträgen aus den kooperierenden DEKLIM-Verbundprojekten*

**Sedimentologie und Datierung (SALSA I)**

**Paläobiologie und Klimarekonstruktion (SALSA II)**

*von*

**Bernd Zolitschka, Frank Schäbitz, Michael Fey, Torsten Haberzettl,  
Stephanie Janssen, Nora Maidana, Christian Ohlendorf, Michael Wille**

*Förderkennzeichen: 01 LD 0034*

*und*

**Transiente Simulation des mittleren Holozäns mit einem  
gekoppelten allgemeinen Zirkulationsmodell der Atmosphäre  
(MIDHOL)**

*von*

**Julie Jones, Hans von Storch, Sebastian Wagner, Martin Widmann**

*Förderkennzeichen: 01 LD 0301*

<http://www.salsa.uni-bremen.de>

## Inhaltsverzeichnis

<b>Berichtsteil I: Kurze Darstellung des Vorhabens .....</b>	<b>3</b>
1.    Aufgabenstellung des Vorhabens.....	3
2.    Voraussetzungen für die Durchführung des Vorhabens.....	4
3.    Planung und Ablauf des Vorhabens .....	4
4.    Wissenschaftlicher Stand .....	5
5.    Zusammenarbeit .....	6
<b>Berichtsteil II: Eingehende Darstellung der Ergebnisse von SALSA .....</b>	<b>8</b>
1.    Wichtigste erzielte Ergebnisse (Most important results).....	8
1.1    Zusammenfassung .....	8
1.2    Summary.....	9
1.3    Introduction .....	10
1.4    Regional survey .....	12
1.5    Modern process studies.....	13
1.5.1    Meteorology .....	14
1.5.2    Physical limnology .....	14
1.5.3    Hydrology.....	17
1.6    Stable isotope hydrology .....	18
1.7    Climate changes during the last millennium.....	22
1.8    Wet-dry cycles during the middle and late Holocene .....	28
1.9    Early to mid-Holocene dry event.....	30
1.10    Humid conditions from late MIS 2 until the early Holocene .....	34
1.11    Causes for climate variations in Southern Patagonia.....	37
1.12    Quantitative climate reconstructions.....	39
1.13    References.....	42
2.    Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	45
3.    Wissenschaftlicher Fortschritt durch andere Arbeiten .....	45
4.    Erfolgte und geplante Veröffentlichungen .....	45
4.1    Begutachtete Veröffentlichungen.....	45
4.1.1    Begutachtete Veröffentlichungen in Vorbereitung .....	45
4.1.2    Begutachtete Veröffentlichungen im Begutachtungsverfahren .....	46
4.1.3    Begutachtete Veröffentlichungen im Druck .....	46
4.1.4    Begutachtete Veröffentlichungen (2003-2007).....	46
4.2    Nicht begutachtete Zeitschriftenartikel (2004-2006).....	47
4.3    Tagungsbeiträge – Abstracts und Poster (2003-2007).....	47
4.4    Convener bei nationalen und internationalen Tagungen (2004-2007).....	52
4.5    Qualifikationsarbeiten (2005-2007).....	53
4.6    Pressemitteilungen (2002-2006).....	53
4.7    TV-Produktionen (2004) .....	54
4.8    Verzeichnis der Anlagen.....	55
<b>Berichtsteil III: Erfolgskontrollbericht.....</b>	<b>56</b>
1.    Beitrag zu den förderpolitischen Zielen von DEKLIM .....	56
2.    Wissenschaftliche Ergebnisse des Vorhabens.....	57
3.    Fortschreibung des Verwertungsplans .....	58
4.    Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben.....	58
5.    Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer .....	58
6.    Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung .....	58

# Berichtsteil I: Kurze Darstellung des Vorhabens

## 1. Aufgabenstellung des Vorhabens

Im Projekt „Südpatagonische Seesediment Archive und Modellierung“ (SALSA) wurden limnische Sedimente aus Kraterseen des südlichen Patagoniens (Argentinien, 52°S) in internationaler Kooperation untersucht. In diesem integrierten und interdisziplinären Forschungsvorhaben kamen Methoden der Paläobiologie (Pollen, Diatomeen), der Sedimentologie, der Geochemie sowie der Isotopenbiogeochemie in Kombination mit multipler Datierung zum Einsatz. Ziel war es, aus einem absolut datierten Multiproxy-Datensatz Klimarekonstruktionen abzuleiten, die als Eingabeparameter für regionale Klimamodelle genutzt werden können. Dabei wurden folgende übergeordnete Fragestellungen verfolgt:

- Erarbeitung des ersten kontinuierlichen und zeitlich hochauflösenden Klima- und Umweltarchivs für das südliche Südamerika, das mit einer abgesicherten Chronologie (multipler Datierungsansatz) und interdisziplinär erarbeiteten Parametern (Multiproxy-Ansatz) erstellt wurde;
- Zeitliche Ausweitung der instrumental erfassten Klimageschichte des südlichen Südamerikas mit quantitativen Proxy-Daten auf das Spätquartär (letzten ca. 16.000 Kalenderjahre);
- Bestimmung von ökologisch und wirtschaftlich relevanten feucht-trocken Zyklen in Südpatagonien;
- Erfassung des zeitlichen Ablaufs und des Charakters von schnellen Klimaänderungen im Vergleich mit anderen terrestrischen Archiven aus Südamerika, aber auch mit marinen Sedimenten und Eiskernen aus der Antarktis.

Das Verbundprojekt SALSA besteht aus den drei Teilprojekten SALSA I (Sedimentologie und Datierung), SALSA II (Paläobiologie und Klimarekonstruktion) sowie SALSA III (Stabile Isotope und Ökosystemdynamik) und bearbeitete die folgenden wissenschaftlichen Aufgabenstellungen:

- Interdisziplinäre Untersuchung lakustriner Sedimente, Erstellung einer Kalenderjahr-Zeitskala und Entwicklung von paläoklimatischen Proxydatensätzen mit hoher zeitlicher Auflösung.
- Entwicklung von prozessorientierten Transferfunktionen mittels bio- und geowissenschaftlicher Proxydaten, um das Verständnis der das Klima steuernden Faktoren, ihrer Kontrollmechanismen und ihrer Auswirkungen auf das natürliche Umweltarchiv „See“ besser zu verstehen.
- Ableitung von quantitativen paläoklimatischen Parametern mit höchstmöglicher zeitlicher Auflösung für das Holozän und das Spätglazial als Eingabeparameter für regionale Klimamodelle zur Verbesserung des Prozessverständnisses.
- Bestimmung der Geschwindigkeit und Amplitude von Klimaänderungen und von Perioden mit extremen Klimabedingungen sowie Nachweis von Episoden rascher Klimaänderungen und ökologischer Wechsel für die hohen Breiten der südlichen Hemisphäre.

Als konkrete Aufgabenstellungen ergaben sich daraus für SALSA III:

- Monitoring-Studien zur Verbesserung des Verständnisses rezent ablaufender hydrologischer Prozesse sowie der aktuellen limnischen Primärproduktion;
- Probenahme von Sedimentkernen und Oberflächenproben von Kraterseen und deren Einzugsgebieten aus dem Pali Aike Vulkanfeld (Südpatagonien, Argentinien);
- Aufbau eines Netzwerkes der Kohlenstoffisotopie der organischen Substanz lakustriner Sedimente für die letzten Jahrhunderte zur Verbesserung der Kenntnisse über die jüngste Umweltgeschichte der Region;

- Hochauflösende isotopengeochemische Untersuchungen des organischen Kohlenstoffs, des Gesamtstickstoffs, des organisch gebundenen Sauerstoffs (Zellulose) sowie authigener Karbonate zur Verbesserung der Aussagekraft von parallel erfassten sedimentologischen und paläobiologischen Daten;
- Charakterisierung des lakustrinen Ökosystems während des Spätglazials und des Holozäns im Hinblick auf Quellen sedimentären organischen Materials, lakustriner Primärproduktion, Temperaturentwicklung und Veränderungen im hydrologischen Kreislauf;
- Entwicklung von Transferfunktionen für stabile Isotope zur quantitativen Rekonstruktion von Niederschlag, Verdunstung und Temperatur.

In Verbindung mit den DEKLIM-Verbundprojekten SALSA I und SALSA II und MIDHOL wurden gemeinsam mit SALSA III Ergebnisse zu weiteren Aufgabenstellungen erarbeitet:

- Untersuchungen zur Fragestellung, wie und in welchem Ausmaß natürliche Klimaantriebe (orbitale Parameter, solare Aktivität, Treibhausgaskonzentration) das Klima sowie dessen Variabilität auf der südlichen Hemisphäre steuern.
- Analyse der durch natürliche Klimaantriebe angefachten numerischen Simulationen hinsichtlich dominierender Klimaphänomene (südliche Westwinde, Antarktische Oszillation).
- Abschätzung der Bandbreite natürlicher Klimavariabilität mit Hilfe der numerischen Simulationen. Der Vergleich mit Proxydaten dient zur Validierung von aktuellen GCMs.
- Identifikation von Zeitraum und Charakter schneller Änderungen des Klimasystems zur Aufdeckung von Periodizitäten, wie sie zum Beispiel für feucht-trocken Zyklen im südlichen Patagonien erwartet werden.

## 2. Voraussetzungen für die Durchführung des Vorhabens

Aufgrund der Begutachtung der Anträge wurde die geplante Modellierungskomponente (SALSA IV) nicht für die Förderung vorgeschlagen. Daher mussten alle Arbeiten in Zusammenhang mit der Modellierung zunächst zurückgestellt werden. Durch die intensiven Bemühungen von SALSA, durch die wissenschaftliche Kooperation mit dem DEKLIM-Projekt „Klimavariabilität des Spätquartärs in jährlicher bis hundertjähriger Auflösung: Vergleich von Proxy-Daten aus synchronisierten terrestrischen Archiven und numerischen Simulationen“ (PROSIMUL) und die Unterstützung durch den Projektträger sowie das BMBF konnte in der zweiten Hälfte der Projektlaufzeit das Modellierungsprojekt MIDHOL gefördert werden. Dadurch wurde eine intensive Zusammenarbeit zwischen terrestrischer Paläoklimatologie und Klimamodellierung initiiert und somit die Möglichkeit eröffnet, Proxydaten mit Simulationsergebnissen von globalen und regionalen Klimamodellen zu vergleichen.

## 3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Planungen zum Vorhaben SALSA sahen vor, dass die drei Teilprojekte zunächst gemeinsame Geländearbeiten durchführen und an diesem Material Proxydaten erarbeiten und Hypothesen formulieren. In einer ersten Phase von SALSA wurden Sedimentkurzkerne in verschiedenen Kraterseen aber auch aus Seen u.a. glazialer Genese entnommen. Daran anschließend sollten gemeinsame interdisziplinäre Arbeiten zur Entwicklung von optimalen Verfahren zur absoluten Datierung, zur Ermittlung geeigneter Lokationen für die Entnahme langer Sedimentkerne aber auch zur Auswahl aussagekräftiger Proxydaten durchgeführt werden. Außerdem konnten argentinische Kooperationspartner gewonnen werden, die vollständig in SALSA integriert wurden. Aufbauend auf den Sediment-Kurzkernen wurden Arbeitshypothesen zur Klimaentwicklung formuliert, diskutiert und evaluiert. Auf dieser

Grundlage war es dann möglich, für die folgende zweite Phase von SALSA eine geeignete Lokalität für die Erbohrung langer Sedimentsequenzen festzulegen.

Es wurde dabei gemeinsam entschieden, diese zweite Phase des Projektes nicht nur auf einen, sondern auf zwei Kraterseen zu erweitern: Laguna Azul und Laguna Potrok Aike. Die Sedimente beider Seen sind mit einem Kolbenlot beprobt und interdisziplinär datiert und analysiert worden. Die erzielten Ergebnisse wurden wie in Phase 1 gemeinsam ausgewertet und diskutiert. Schließlich wurden einige der Hypothesen mit Hilfe von transienten Simulationsläufen eines globalen gekoppelten Klimamodells getestet. Dadurch sollten nicht zutreffende Hypothesen ausgeschlossen und das Verhalten des Modells überprüft werden. Im Rahmen von Arbeitsgruppentreffen und Workshops kam es zu einem regelmäßigen Austausch der Ergebnisse der Teilprojekte. Diese Treffen wurden auch intensiv genutzt, um die gemeinsame Interpretation und Hypothesenbildung voranzutreiben.

#### SALSA Workshops und Arbeitstreffen:

05/06 16<sup>th</sup> SALSA Workshop, Bremen  
02/06 SALSA-PROSIMUL-MIDHOL Workshop, Hamburg  
11/05 15<sup>th</sup> SALSA Workshop, Bremen  
08/05 14<sup>th</sup> SALSA Workshop, Bremen  
05/05 13<sup>th</sup> SALSA Workshop, Leipzig  
04/05 12<sup>th</sup> SALSA Workshop, Köln  
02/05 SALSA-PROSIMUL-MIDHOL Workshop; Braunschweig  
10/04 11<sup>th</sup> SALSA Workshop, Bremen  
10/04 MIDHOL-PROSIMUL-SALSA Workshop, Bremerhaven  
08/04 10<sup>th</sup> SALSA Workshop, Köln  
03/04 MIDHOL-PROSIMUL-SALSA Workshop, Braunschweig  
02/04 9<sup>th</sup> SALSA Workshop, Köln  
11/03 8<sup>th</sup> SALSA Workshop, Bad Münstereifel  
09/03 7<sup>th</sup> SALSA Workshop, Mainz  
04/03 6<sup>th</sup> SALSA Workshop, Essen  
01/03 5<sup>th</sup> SALSA Workshop, Jülich  
11/02 4<sup>th</sup> SALSA Workshop, Bremen  
08/02 3<sup>rd</sup> SALSA Workshop, Essen  
01/02 2<sup>nd</sup> SALSA Workshop, Essen  
11/01 1<sup>st</sup> SALSA Workshop, Bremen

Die Zusammenstellung der Ergebnisse für internationale wissenschaftliche Zeitschriften sowie die Präsentation der erzielten Resultate auf nationalen wie internationalen wissenschaftlichen Tagungen erfolgte ebenfalls wie geplant.

## **4. Wissenschaftlicher Stand**

Neuere Arbeiten im Hinblick auf die klimatischen Zustände des Spätglazials und des Holozäns in der Südhemisphäre wurden laufend berücksichtigt und einbezogen. Das Holozän, in der Vergangenheit oft als eine Periode stabiler Klimabedingungen beschrieben, ist durch eine hohe klimatische Variabilität gekennzeichnet. Ebenso hat sich über die Frage nach einem global synchronen oder asynchronen Verlauf von Klimaänderungen zwischen Nord- und Südhemisphäre eine intensive Diskussion entwickelt, die neue Impulse zur Bedeutung möglicher Steuermechanismen erbracht hat. Bisher fehlen ausreichende Kenntnisse zum Ausmaß dieses Einflusses, sowohl bezogen auf grundsätzliche Prozesse als auch auf regionale Aspekte.

Bedeutende Fortschritte bezüglich des Wissens über das Klimasystem der Südhemisphäre sind durch neue und detailliertere bzw. mit neu entwickelten Methoden bearbeitete marine Sedimentkerne und Eisbohrkerne erlangt worden. Auch die Weiterentwicklung von globalen Modellen zur Zirkulation der Atmosphäre (GCMs) bis hin zu regionalisierten Modellen hat viel