



**DEKLIM**

## ***Schlußbericht***

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

**Sedimentologie und Datierung (SALSA I)  
Paläobiologie und Klimarekonstruktion (SALSA II)**

*Berichtersteller*

**Bernd Zolitschka & Frank Schäbitz**

*mit Beiträgen von*

**Michael Fey, Torsten Haberzettl, Stephanie Janssen, Nora Maidana,  
Christian Ohlendorf, Michael Wille**

*Förderkennzeichen:*

**01 LD 0034**



*mit ergänzenden Beiträgen aus den kooperierenden DEKLIM-Verbundprojekten*

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

*von*

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

*Förderkennzeichen: 01 LD 0035*

*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 .....	5
4.    Wissenschaftlicher Stand .....	6
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 .....	13
1.5.2    Physical limnology .....	14
1.5.3    Hydrology.....	16
1.5.4    Pollen-climate transfer functions.....	17
1.6    Ideal for climate reconstruction: Regional human impact started as late as during the 19 <sup>th</sup> century .....	19
1.7    Climate changes during the last millennium .....	22
1.8    Wet-dry cycles during the middle and late Holocene .....	25
1.9    Early to mid-Holocene dry event.....	27
1.10    Humid conditions from late MIS 2 until the early Holocene .....	31
1.11    A time window into climatic conditions of MIS 3 .....	32
1.12    Causes for climate variations in Southern Patagonia.....	33
1.13    Quantitative climate reconstructions.....	35
1.14    References.....	37
2.    Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	40
3.    Wissenschaftlicher Fortschritt durch andere Arbeiten .....	40
4.    Erfolgte und geplante Veröffentlichungen .....	41
4.1    Begutachtete Veröffentlichungen.....	41
4.1.1    Begutachtete Veröffentlichungen in Vorbereitung .....	41
4.1.2    Begutachtete Veröffentlichungen im Begutachtungsverfahren .....	41
4.1.3    Begutachtete Veröffentlichungen im Druck .....	42
4.1.4    Begutachtete Veröffentlichungen (2003-2007).....	42
4.2    Nicht begutachtete Zeitschriftenartikel (2004-2006).....	43
4.3    Tagungsbeiträge – Abstracts und Poster (2003-2007).....	43
4.4    Convener bei nationalen und internationalen Tagungen (2004-2007).....	50
4.5    Qualifikationsarbeiten (2005-2007).....	50
4.6    Pressemitteilungen (2002-2006).....	51
4.7    TV-Produktionen (2004) .....	51
4.8    Verzeichnis der Anlagen .....	52
<b>Berichtsteil III: Erfolgskontrollbericht</b> .....	<b>53</b>
1.    Beitrag zu den förderpolitischen Zielen von DEKLIM .....	53
2.    Wissenschaftliche Ergebnisse des Vorhabens.....	54
3.    Fortschreibung des Verwertungsplans .....	55
4.    Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben.....	55
5.    Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer .....	55
6.    Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung .....	55

## Berichtsteil I: Kurze Darstellung des Vorhabens

### 1. Aufgabenstellung des Vorhabens

Im Projekt „Südargentinische 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 stabile Isotope 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 wurden. 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 von Seesedimenten, 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 I:

- Monitoring-Studien zur Verbesserung des Verständnisses rezent ablaufender Sedimentationsprozesse;
- Probenahme von Sedimentkernen und Oberflächenproben von Kraterseen aus dem Pali Aike Vulkanfeld (Südpatagonien, Argentinien);
- Erarbeitung einer Kalenderjahr-Chronologie für die letzten 16.000 Jahre basierend auf einem multiplen Datierungsansatz mit AMS  $^{14}\text{C}$ -,  $^{210}\text{Pb}$ - und  $^{137}\text{Cs}$ -Datierungsverfahren, optisch stimulierter Lumineszenz- (OSL) Datierung und Tephrochronologie;

- Hochauflösende sedimentologische, physikalische und geochemische Untersuchungen zur Verbesserung der Aussagekraft von parallel erfassten paläobiologischen und stabilen Isotopen Daten;
- 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;
- Kombination des präzise datierten Multiproxy-Datensatzes mit dem Output des regionalen Klimamodells zum besseren Verständnis der zugrunde liegenden Prozesse.

Für SALSA II lag der Arbeitsschwerpunkt auf der zeitlich hochauflösenden Analyse und Interpretation des Gehalts an Mikrofossilien (Pollen, Diatomeen) und Holzkohle, um folgende Ziele zu verfolgen:

- Entwicklung regionaler Klimarekonstruktionen für die Parameter Lufttemperatur und Niederschlag basierend auf der Untersuchung des aktuellen Pollenniederschlags aus allen regionalen Vegetationsbeständen. Diese Ergebnisse werden in GIS-gestützten Klimakarten regional integriert (Kalibrationsdatensatz);
- Basierend auf diesem Kalibrationsdatensatz wird die über multiple Regressionsverfahren ermittelte Pollen-Klima-Beziehung auf den Sedimentdatensatz übertragen. Temperatur und Niederschlag der Vergangenheit können damit quantitativ rekonstruiert werden;
- Diatomeen liefern über die Anwendung von Transferfunktionen quantitative Daten zum Trophiegrad und zu pH-Werten eines Sees und lassen ergänzende Rückschlüsse auf Umwelt- und Klimabedingungen im Einzugsgebiet zu.

In Verbindung mit den DEKLIM-Verbundprojekten SALSA III und MIDHOL wurden gemeinsam mit SALSA I und SALSA II 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.
- Entwicklung eines regionalen Netzwerkes von Isotopendaten an lakustriner organischer Substanz für den Zeitraum des letzten Jahrhunderts (Kalibrationsperiode) und eines hochauflösenden  $^{13}\text{C}$ -Datensatzes für das Spätquartär von Patagonien.
- Charakterisierung der Entwicklung des Ökosystems "See" während des Spätglazials und des Holozäns über stabile Isotopenwerte ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) von sedimentärer organischer Substanz sowie authigener und organischer Karbonate. Besondere Berücksichtigung sollen dabei die Quellen der organischen Substanz, die Nährstoffverfügbarkeit, die Temperaturentwicklung und hydrologische Bedingungen erfahren.
- Entwicklung von Transferfunktionen für stabile Isotope zur quantitativen Rekonstruktion von Niederschlag und Temperatur. Zur Klärung der Frage, wie der Transfer von Klimainformationen aus der Atmosphäre in das Archiv „Seesediment“ erfolgt, ist ein besseres Prozessverständnis notwendig.

## 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. Bedingt durch den mehrfachen beruflich bedingten Standortwechsel des Teilprojektleiters von SALSA II (F. Schäbitz) von der Universität Bamberg über die Universitäten Essen und Bremen zur Universität zu Köln, sind die Verwaltungen der jeweiligen Universitätsstandorte vor nicht unerhebliche verwaltungstechnische Aufgaben gestellt worden. Dies hatte jedoch keinerlei Auswirkungen auf die wissenschaftliche Durchführung des Verbundprojektes SALSA.

### 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 sollten gemeinsame interdisziplinäre Arbeiten zur Entwicklung von optimalen Verfahren zur absoluten Datierung aber auch zur Auswahl von aussagekräftigen Proxydaten durchgeführt werden. Außerdem konnten argentinische Kooperationspartner gewonnen werden, die vollständig in SALSA integriert wurden. Aufbauend auf den Sediment-Kurzkerne 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