



Schlussbericht zu Nr. 3.2  
zum  
**Projekt „Determination of Initial Conditions and Initialisation”  
(Module A/A-Coordination)**

Förderkennzeichen: 01LP1163A

Autoren: Detlef Stammer, Armin Koehl, Iuliia Polkova und Ion Matei

Hamburg, Januar 2016



Der vorliegende Band beinhaltet den Abschlussbericht des Projektes A-Coordination „Modul A-63: Determination of Initial Conditions and Initialization of a coupled climate model system“. Die Koordinierung ist Teil des MiKlip Module A Projekt und wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) vom 01. September 2011 bis zum 31. August 2015 gefördert.

Förderkennzeichen: 01LP1163A

Projektleiter: Prof. Dr. Detlef Stammer  
Institut für Meereskunde, Universität Hamburg

Laufzeit des Vorhabens: 09/2011 – 08/2015

Berichtszeitraum: 09/2011 – 08/2015

## Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>3</b>
<b>I. KURZE DARSTELLUNG ZU INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>4</b>
1. AUFGABENSTELLUNG .....	4
2. VORAUSSETZUNGEN, UNTER DENEN DAS VORHABEN DURCHGEFÜHRT WURDE .....	4
3. PLANUNG UND ABLAUF DES VORHABENS .....	5
4. WISSENSCHAFTLICHEM UND TECHNISCHEM STAND, AN DEN ANGEKNÜPFT WURDE .....	6
5. ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN STELLEN .....	6
<b>II. EINGEHENDE DARSTELLUNG</b> .....	<b>7</b>
1. VERWENDUNG DER ZUWENDUNG UND DES ERZIELTEN ERGEBNISSES IM EINZELNEN, MIT GEGENÜBERSTELLUNG DER VORGEgebenEN ZIELE .....	7
2. DIE WICHTIGSTEN POSITIONEN DES ZAHLENMÄßIGEN NACHWEISES .....	13
DIE ZUWENDUNG WURDE FÜR PERSONALKOSTEN, MATERIALKOSTEN UND KOSTEN FÜR DIENSTREISEN AUSGEGEBEN.....	13
3. NOTWENDIGKEIT UND ANGEMESSENHEIT DER GELEISTETEN ARBEIT .....	13
4. DAS VORAUSSICHTLICHEN NUTZENS, INSBESONDERE DER VERWERTBARKEIT DES ERGEBNISSES IM SINNE DES FORTGESCHRIEBENEN VERWERTUNGSPLANS .....	13
5. WÄHREND DER DURCHFÜHRUNG DES VORHABENS DEM ZE BEKANNT GEWORDENEN FORTSCHRITTS AUF DEM GEBIET DES VORHABENS BEI ANDEREN STELLEN.....	14
6. DIE ERFOLGTEN ODER GEPLANTEN VERÖFFENTLICHUNGEN DES ERGEBNISSES NACH NR. 6.....	14

# I. Kurze Darstellung zu Inhaltsverzeichnis

## 1. Aufgabenstellung

Die Ziele von Koordination Modul A waren (i) Aktivitäten von Modul A einzubringen, um die MiKlip Vorhersagen zu verbessern; (ii) Abschätzungen von Anfangsbedingungen des Ozeans zu verbessern; (iii) die Initialisierungsmethoden für dekadische Vorhersagen, basierend auf diesen Anfangsbedingungen, zu verbessern; und (iv) Prozeduren zu erstellen, die ein MiKlip Vorhersage Ensemble optimal aufspannen können.

## 2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Es existiert ein gesellschaftliches und wirtschaftliches Interesse an dekadische Klimaprognosen, weil die Zeitskala, die diese abdecken (von ein bis zehn Jahren), im strategischen und aktuellen Zeitraum mehrerer wirtschaftlicher, sozialer, und politischer Programme liegt, im Gegensatz zu langfristigen Klimaprojektionen, die mehr auf wissenschaftlicher Neugier basiert. Deshalb werden die dekadischen Klimaprognosen für die Klimaanpassungsstrategien, für die Planung und Entscheidungsfindung der verschiedenen wirtschaftlichen und sozialen Sektoren eine wichtige Rolle einnehmen.

Die Vorhersagegüte der dekadischen Klimaprognosen ist sowohl von Anfangsbedingungen abhängig, die einen beobachteten Klimazustand repräsentieren, als auch von der jeweiligen Initialisierungs-Methode, die bestimmt, wie diese Anfangsbedingungen ins Vorhersagesystem eingepasst werden. Dieses Problem ist als Initial-Value Problem in Wettervorhersagen und saisonalen Prognosen bekannt. In diesem Bezug sind die Initialisierungsmethoden, die für die kurzfristigen Prognosen entwickelt wurden, auch für die dekadischen Klimaprognosen getestet, bzw. Anomalie-, und vollständiger Initialisierung. Allerdings ist die Klimavariabilität der dekadischen Klimaprognosen, zum Beispiel für die Meeresoberflächentemperatur, sehr vom externen Klimaantrieb abhängig, der auf kurzfristige Prognosen kein Einfluss hat. Deshalb ist es für dekadische Klimaprognosen notwendig diese beiden Komponenten (Anfangsbedingungen und den externen Klimaantrieb) korrekt zu repräsentieren. Auf der anderen Seite sind unsere Kenntnisse über den aktuellen Klimazustand nicht ausreichend um eine Klimamodell fehlerfrei zu initialisieren. Um das entsprechende Ungewissheitsniveau der Anfangsbedingungen in den Prognosen zu berücksichtigen, braucht man eine Ensemble-Generierungsmethode.

Die Anfangsbedingungen für die Komponenten des Vorhersagesystem (die Atmosphäre, der Ozean, die Landoberfläche und das Meereseis) werden oft mit Hilfe anderer Klimamodelle produziert. Das führt dazu, dass, wegen des dynamischen Ungleichgewichts, am Anfang der Klimaprognosen Initialisierungsschocks generiert werden, die größer werden können als die Mittelwertfehler der Prognose. Deshalb wird gewöhnlich zunächst ein Assimilationslauf produzieren, in welchen die wichtigsten Beobachtungen/Re-Analysen ins Vorhersagesystem eingesetzt werden. Diese Aspekte sind in Koordination Module A detailliert untersucht worden

und dieser Bericht umfasst die wichtigsten Ergebnisse die aus diesem Projekt gewonnen wurden.

### 3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Geplant waren vier Jahre Projektdauer. Personell waren während der gesamten Laufzeit an der UHH zwei PostDocs vorgesehen. Ab dem Start des Vorhabens am 01.10.2011 waren sieben Meilensteine geplant:

**M1** Erweiterung der GECCO Synthese und erste Test mit dem THOR Modell

**M2** THOR Modelparameteroptimierung, Tests mit verschiedenen Modelparametern zur Optimierung der Modelklimas

**M3** THOR Vorhersagen initialisiert mit dem Klimazustande aus der THOR Synthese.

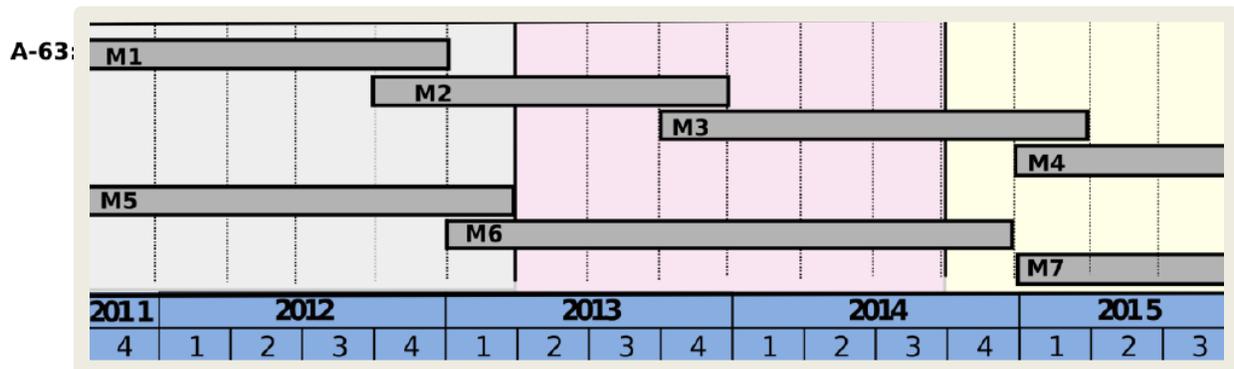
**M4** Analyse der THOR Vorhersagen, die mit THOR und GECCO initialisiert wurden

**M5** Initialisierte Vorhersagen mit dem ECHAM6/MPIOM und dem THOR Modell ausgehend von dem GECCO Klimazustand.

**M6** ECHAM6/MPIOM Vorhersagen initialisiert mit dem Klimazustande aus der THOR Synthese

**M7** Analyse und Vergleich der THOR Vorhersagen, die mit THOR und GECCO initialisiert wurden, mit dem ECHAM6/MPIOM, die mit THOR und GECCO initialisiert wurden

**Module A Koordination Gantt Chart**



Aufgrund technischer Schwierigkeiten konnte im Rahmen des EU Projekts THOR keine THOR-Synthese erstellt werden und deshalb können auch keine Initialisierungen auf Basis dieser Synthese gemacht werden. Das betrifft **M3**, **M6** und teilweise **M4** und **M7**. Statt **M3** und **M6** wurden die folgenden Aufgaben basierend auf gekoppelte Data Assimilation bearbeitet:

Vorwärts-Integrationen des Klimamodells (rund 500 Jahre, zwei Auflösungen mit verschiedenen Parametrisierungen). Zu diesem Zweck wird das adjungierte CESAM Modellsystem (identisch

mit dem im Antrage beschriebenen THOR Modell) verwendet (<https://www.cen.uni-hamburg.de/en/research/cen-models/cesam.html>). Die Vorwärts-Integrationen wurden für folgende Aufgaben durchgeführt:

1. Auswertung von CESAM und der Qualität des gekoppelten Modells nach Vorwärts-Integrationen, analysiert mit Schwerpunkt auf einer prozessorientierten Interpretation in Atmosphäre und Ozean, um zu verstehen, wie die Parametrisierung von einigen Prozessen das simulierte Klima (mittleren Zustand und Klimavariabilität) beeinflussen.
2. Generierung des Anfangsbedingungen für Sensitivitätsstudien von oberflächennaher Lufttemperatur in Europa auf Veränderungen der Meeresoberflächentemperatur in verschiedenen Regionen der Weltmeere (z.B. Nordatlantik.)
3. Verbesserungen der atmosphärischen Komponente des Klimamodells basierend auf die neueste Version von PLASIM (<https://www.mi.uni-hamburg.de/en/arbeitsgruppen/theoretische-meteorologie/modelle/plasim.html>).

Statt **M4** und **M7** wurden die folgenden Aufgaben bearbeitet:

1. Weitere Untersuchung eines Ensemble-Initialisierungssystems die auf Singulare-Vektoren basiert (Vorhersagesystem: ECHAM6/MPIOM).
2. Analyse der Vorhersagegüter für die initialisierte Meeresspiegels dekadischen Vorhersagen basierend auf drei verschiedene Initialisierungsmethoden, nämlich Anomalie-Initialisierung, vollständiger Initialisierung und Fluss-Korrektur (Vorhersagesystem: UCLA/MITgcm).

#### **4. Wissenschaftlichem und technischem Stand, an den angeknüpft wurde**

- *Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden,*
- *Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste,*

Es wurden zahlreiche Quellen in die Projektarbeit mit einbezogen, insbesondere aus den Themenbereichen der saisonalen und dekadischen Klimaprognosen und Dataassimilation. Es handelte sich dabei um Fachliteratur, wissenschaftliche Artikel/Aufsätze und Studien. Wie bereits in Punkt 2 erwähnt, sind die Initialisierungsmethoden und die Ensemble-Generierungsmethoden, die für dekadische Klimaprognosen verwendet wurden, aus dem Bereich der kurzfristigen Klimaprognosen bekannt. Dies sind a) die Bewertung der singulären Vektoren für die Ensemble-Generierung als eine Modifikation der Methode aus Bereich Wettervorhersagen von Molteni et al. (1997) und b) die Initialisierungsmethoden, die in Module A Koordination getestet wurden, welche von den Arbeiten von Stockdale et al (1997), Pierce et al (2004), Smith et al (2007) und Pohlmann et al (2009) inspiriert wurden.

#### **5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Die Ergebnisse und Erkenntnisse wurden in Module A und Module E, MiKlip-Status-Seminaren und Fachkonferenzen präsentiert und im fachlichen Austausch mit Experten diskutiert.

## II. Eingehende Darstellung

### 1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

#### i. Produzieren der GECCO2 Ozean-Synthese

Die GECCO2-Synthese wurde für den Zeitraum von 1948 bis 2015 erzeugt. Eine entsprechende Veröffentlichung hierzu ist publiziert (Köhl A., 2014: Evaluation of the GECCO2 Ocean Synthesis: Transports of Volume, Heat and Freshwater in the Atlantic, Journal of the Royal Meteorological Society, doi:10.1002/qj.2347). GECCO2 erweitert die vorherige GECCO-Synthese und bietet eine höhere horizontale und vertikale Auflösung und eine verbesserte Repräsentation von physikalischen Prozessen (GECCO2 beinhaltet nun den Arktischen Ozean und ein dynamisches/thermodynamisches Meereismodell). GECCO2 hat Vorteile in Bezug auf dekadische Vorhersagen von Ozeanvariablen, wie zum Beispiel den Wärmeinhalt des Ozeans (OHC) und die atlantische meridionale Umwälzzirkulation (AMOC), die, im Vergleich mit Beobachtungen, eine realistische interdekadische Variabilität zeigen. Die GECCO2 Synthese wurde dem wissenschaftlichen, wie auch dem allgemeinen Publikum über das ICDC Datenzentrum (unter [icdc.zmaw.de/easy\\_init\\_ocean.html](http://icdc.zmaw.de/easy_init_ocean.html)) zur Verfügung gestellt, und wurde im Vergleichsprojekt für Ozean-Synthesen evaluiert ("Ocean Synthesis/Reanalysis Intercomparison Project", <http://www.clivar.org/clivar-panels/gsop/> und "Evaluation of ocean synthesis", <http://eos-cost.eu/>).

#### ii. Untersuchung der drei Initialisierungsmethoden

Für dekadische Klimaprognosen wurde überwiegend die Anomalie-Initialisierung und die vollständiger Initialisierung verwendet. In diesem Zusammenhang haben wir den Einfluss von verschiedenen Initialisierungsmethoden auf die Vorhersagegüte eines gekoppelten Modells untersucht. Das hierbei verwendete Modell ist das gekoppelte UCLA/MITgcm Modell, welches das gleiche Ozeanmodell verwendet wie das GECCO System, mit welchem die Ozeananfangsbedingungen geschätzt werden. Miteinander verglichen werden Ergebnisse (1) mit Anomalie-Initialisierung (anomaly initialization - AI), (2) einer Initialisierung des vollen Ozeanzustandes (full state initialization - FSI) und (3) einer Initialisierung der vollen Ozeanzustandes plus einer Flusskorrektur (full state initialization employing heat and freshwater flux correction - FC). Ergebnisse haben gezeigt, dass beim Vergleich der Meeresoberflächentemperatur (sea surface temperature - SST), des Meeresspiegels (sea surface height - SSH) und der atlantischen meridionalen Umwälzzirkulation (Atlantic meridional overturning circulation - AMOC), die Initialisierung mit FC zu den tendenziell besten Ergebnissen geführt hat (zum Beispiel Abb. 1). Auch eine Initialisierung durch FSI wird im Allgemeinen zu besseren Ergebnissen zu führen als AI. Ein wesentlicher Grund für die Vorteile des FC (aber auch FSI) gegenüber AI ist die Korrektur der Vermischungstiefen, die im gekoppelten Modell im Vergleich zu GECCO zu flach ausfallen.

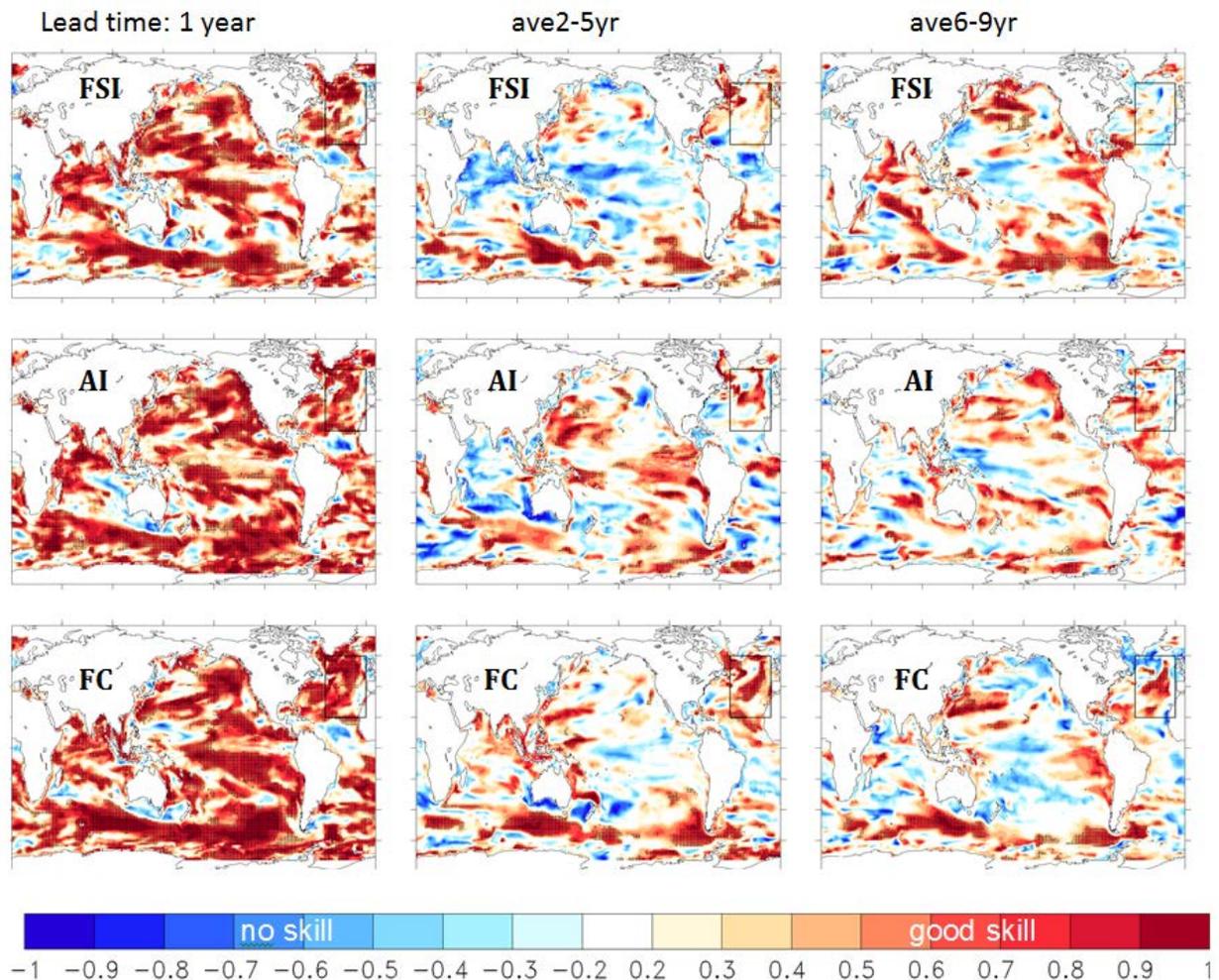


Abb.1. Die Vorhersagegüte für die FSI-, AI- und FC-Prognosen für SST, die Vorhersagenjahre: 1, 2-5 und 6-9.

### iii. Untersuchung eines Ensemble-Initialisierungssystems

Zur Verbesserung des Ensemble-Initialisierungssystems wurde die Methode zur Erzeugung eines Ensembles ozeanischer Störungen mit Hilfe von singulären Vektoren (singular vectors - SV) in Bezug auf deren Einfluss auf die Vorhersagegüte untersucht. Die Anfangsbedingungen basieren auf der GECCO2-Synthese. Die dekadische Vorhersagegüte der Meeresoberflächentemperatur, des Wärmehalts (ocean heat content – OHC) und der atlantischen meridionalen Umwälzzirkulation, basierend auf der SV-Methode und der ALI-Methode (Erzeugung eines Ensembles durch reine atmosphärische Störungen; atmospheric lagged initialization), wurden untersucht. Die Evaluierung der Vorhersagegüte zeigt, dass im

Vergleich zu den ALI-Vorhersagen die SV-Vorhersagen eine verbesserte Vorhersagegüte für SST und OHC in ca. 55-58% von Regionen haben.

Die vorläufige Analyse der Güte der erzeugten Verteilungen in Bezug auf deren Repräsentation der Dispersion hat gezeigt, dass die Ensemblestreuung auf Basis von SV in der Anfangszeit wesentlich überschätzt ist, und dass eine weitere Forschung und Entwicklungsarbeit für notwendig erachtet wird, bevor man die ozeanischen singulären Vektoren für die Verwendung zur Ensemble-Generation empfehlen kann. Ob die Ensemble-Streuung der SV-Vorhersagen als überschätzt eingestuft wird, kann jedoch von der Auswahl des Verifikationsdatensatzes abhängig sein. Es wurde gezeigt, dass die HadISST Re-Analyse dazu neigt, die Variabilität der SST im Vergleich zur Reynolds SST und Satellitenbeobachtungen zu unterschätzen. Wenn die Güte der erzeugten Verteilungen gegen HadISST evaluiert wird, erscheint die Ensemblestreuung der SV-Vorhersagen als sehr überbewertet (Abb. 2). Jedoch ergibt sich in Bezug auf die in situ Daten, die zur Skalierung der SV verwendet wurden, das genau gegenteilige Bild, nämlich dass die Streuung des SV basierten Ensembles doch noch leicht unterrepräsentiert ist.

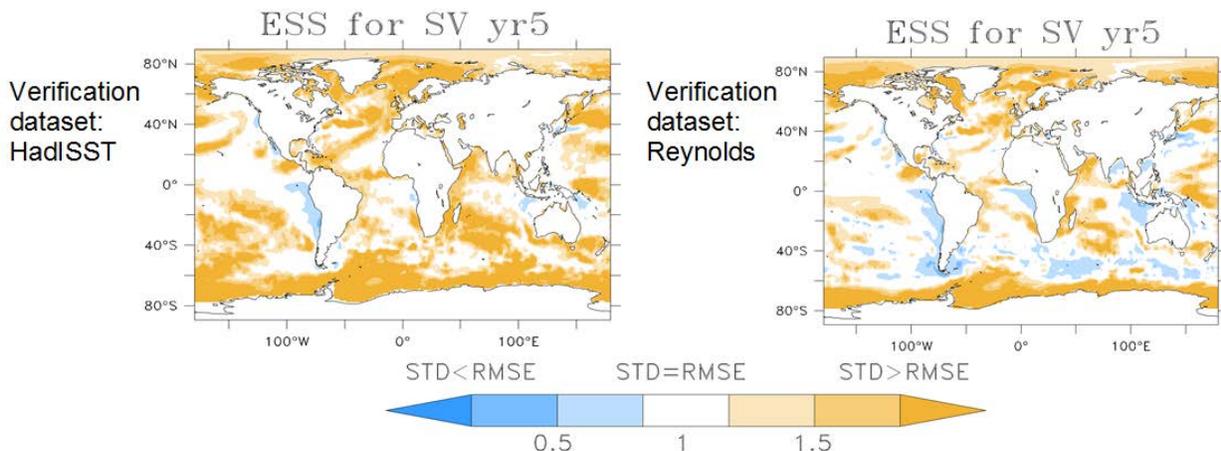


Abb.2. Die Ensemblebreite-Auswertung für die SV-Prognosen für SST, das fünfte Vorhersagenjahr. Die gelbe Farbe zeigt Überschätzung der Ensemblebreite.

#### iv. Entwicklung eines adjungierten gekoppelten Assimilationssystems

Die Verbesserung der gekoppelten Modelle durch Parameteroptimierung wird untersucht. Datenassimilation in einer gekoppelten Modellumgebung ist ein aktuelles Thema, weil die Anfangsbedingungen, die in der gekoppelten Modellumgebung erhalten werden, das Potenzial haben, die Unsicherheit aufgrund der internen Variabilität und des ersten Schocks in dekadischen Klimavorhersagen zu senken. Zu diesem Zweck wird das adjungierte CESAM Modellsystem (**CEN Earth System Assimilation Model**; identisch mit dem im Antrage beschriebenen THOR Model) verwendet. Der adjungierte Code wurde durch automatische Differenzierung des gesamten Modellcode (Blessing et al, 2014) erzeugt. Der generierte Code

ist effizient und leicht zu bedienen und zu verändern. Die Tests wurden für eine Parameteroptimierung (10 Parameter in der Atmosphäre und 2 Parameter im Ozean) in einem gekoppelten System mit einer voll adjungierten und einer SPSA-Methode (Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation) durchgeführt. Die ersten Assimilationsexperimente wurden als Zwillingsexperimente mit Pseudo-Daten, die aus dem Modell-Kontrolllauf erzeugt wurden, durchgeführt. Die Zwillingsexperimente zeigten die exakte Wiederherstellung der Standard-Parameterwerte durch Datenassimilation, mit einem stark reduzierten (um mehr als fünf Größenordnungen) Gradienten der Kostenfunktion. Diese Ergebnisse belegen die Nützlichkeit des Variational-Datenassimilation-Systems und zeigen die technische Machbarkeit der Datenassimilierung über einen Zeitraum von 7 Tagen.

Zur Vorbereitung der Assimilationsexperiments wurden Modelkonfigurationen mit zwei Auflösungen erstellt und deren Modellklimatologie optimiert: niedrige Auflösung (globaler Ozean mit 4 Grad horizontaler Auflösung und 15 vertikalen Schichten, und Atmosphäre mit spektralem Gauß-Gitter mit T21 Auflösung und 10 vertikalen Schichten) und mittlere Auflösung (globaler Ozean mit 1 Grad horizontaler Auflösung und 23 vertikalen Schichten, und Atmosphäre mit spektralem Gauß-Gitter mit T42 Auflösung und 10 vertikalen Schichten). Vorwärts-Integrationen des Klimamodells (um jeweils 500 Jahre) wurden durchgeführt. Hierbei ergaben sich hauptsächlich Zustände mit einer zusammenbrechenden Umwälzzirkulation. Es ist uns jedoch schließlich gelungen Konfigurationen mit stabilen Umwälzbewegungen zu finden. Abbildung 3 zeigt den Mittelwert und die Zeitreihe der atlantischen meridionalen Umwälzzirkulation für eine Vorwärtsintegration mit mittlerer Auflösung. Das gekoppelte Model simuliert eine realistische Umwälzzirkulation im Atlantik mit den Werten die sich im beobachteten Bereich befinden.

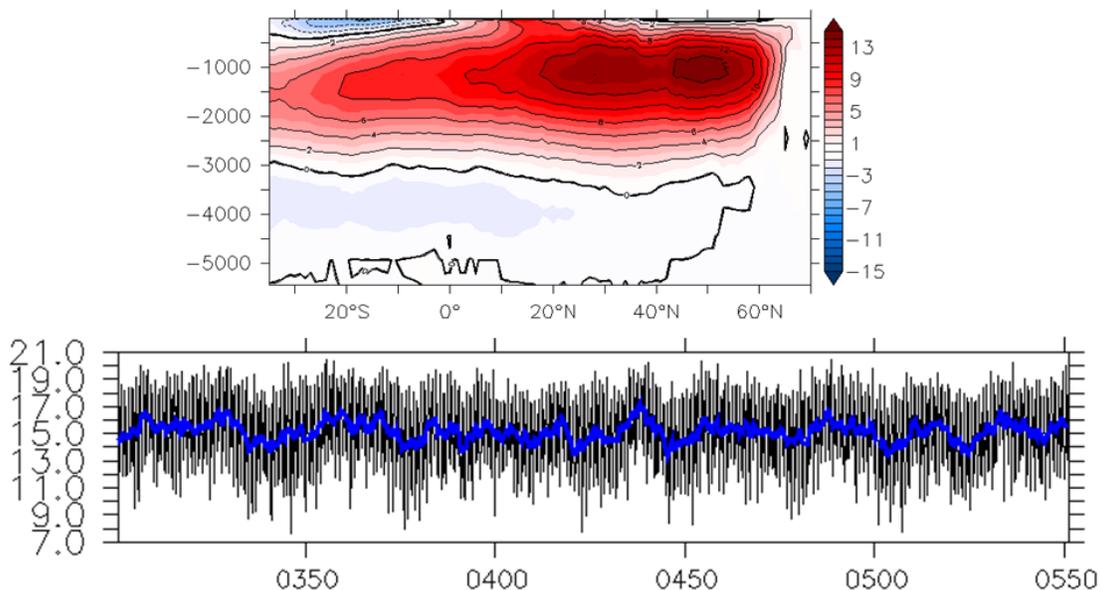


Abb.3. Die atlantische meridionale Umwälzzirkulation [Sv] als Mittelwert (oben) und als Zeitreihe der Maximalwerte (unten) für die Vorwärtsintegrationen mit mittlerer Auflösung.

Die realistische Simulation von Meeresoberflächenparametern ist in einem gekoppelten Modell sehr wichtig, weil diese die Austauschflüsse zwischen Atmosphäre und Ozean bestimmen und letztendlich für eine realistische Atmosphärenzirkulation und das Klima über Europa eine Bedingung sind. Die systematischen Abweichungen der Meeresoberflächentemperatur und des Meeresoberflächensalzgehalts von klimatologischen Werten sind für die Vorwärtsintegration mit mittlerer Auflösung in Abbildung 4 gezeigt. Wie erwartet und von anderen Klimamodellen bekannt (z.B. MPI-ESM) sind die Abweichungen der Meeresoberflächentemperatur entlang den westlichen Randströmungen hoch. Jedoch finden sich weitere Abweichungen über dem Südlichen Ozean und den Subtropenwirbeln die weitere Anpassungen der atmosphärischen Parameter notwendig machen. Hohe Abweichungen des Meeresoberflächensalzgehalts befinden sich in den Küstenbereichen und in der Arktis.

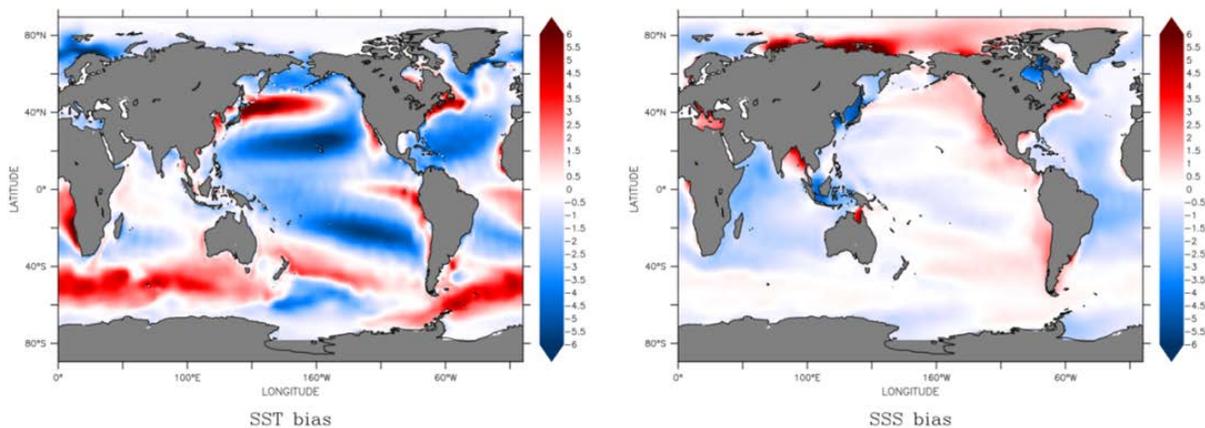


Abb.4. Die systematische Abweichung der Meeresoberflächentemperatur (°C, links) und des Meeresoberflächensalzgehalts (psu, rechts) aus dem Model mittlerer Auflösung relativ zu der WOA2009-Klimatologie.

**v. Analyse der Vorhersagegüter für die initialisierte Meeresspiegels dekadischen Vorhersagen**

Um zu verstehen, welche von den Initialisierungsmethoden (Section 2ii) zur verbesserte Vorhersagegüte führen und warum, sollten die zugrundeliegende Prozessen analysiert werden. In diesem Zusammenhang haben wir die Vorhersagegüte der regionalen zwischenjährlichen Meeresspiegelvariabilität (sea surface hight – SSH) und die damit verbundenen Mechanismen untersucht. Die Analyse basiert auf dekadischen Vorhersagen mit vollständiger Initialisierung und Flusskorrektur, die schon im Zwischenbericht von 2013 vorgestellt wurden. Die dekadischen Vorhersagen zeigen die Vorhersagegüte für den sterischen Meeresspiegel für weite Regionen des Ozeans, vor allem für den subtropischen Atlantik und Pazifik, entlang des Nordatlantikstroms und über dem Indischen und Südlichen Ozean. Mechanismen zur Vorhersagbarkeit des Meeresspiegels wurden durch die Aufteilung des regionalen sterischen Meeresspiegels auf Temperatur- und Salzgehaltsbeiträge innerhalb und unterhalb der

Mischungsschichttiefe untersucht. Die Beiträge zu Meeresspiegeländerungen der Bereiche unterhalb der Mischungsschichttiefe sind weiter in isopycnal Bewegung und dichtekompensierte Terme aufgeteilt.

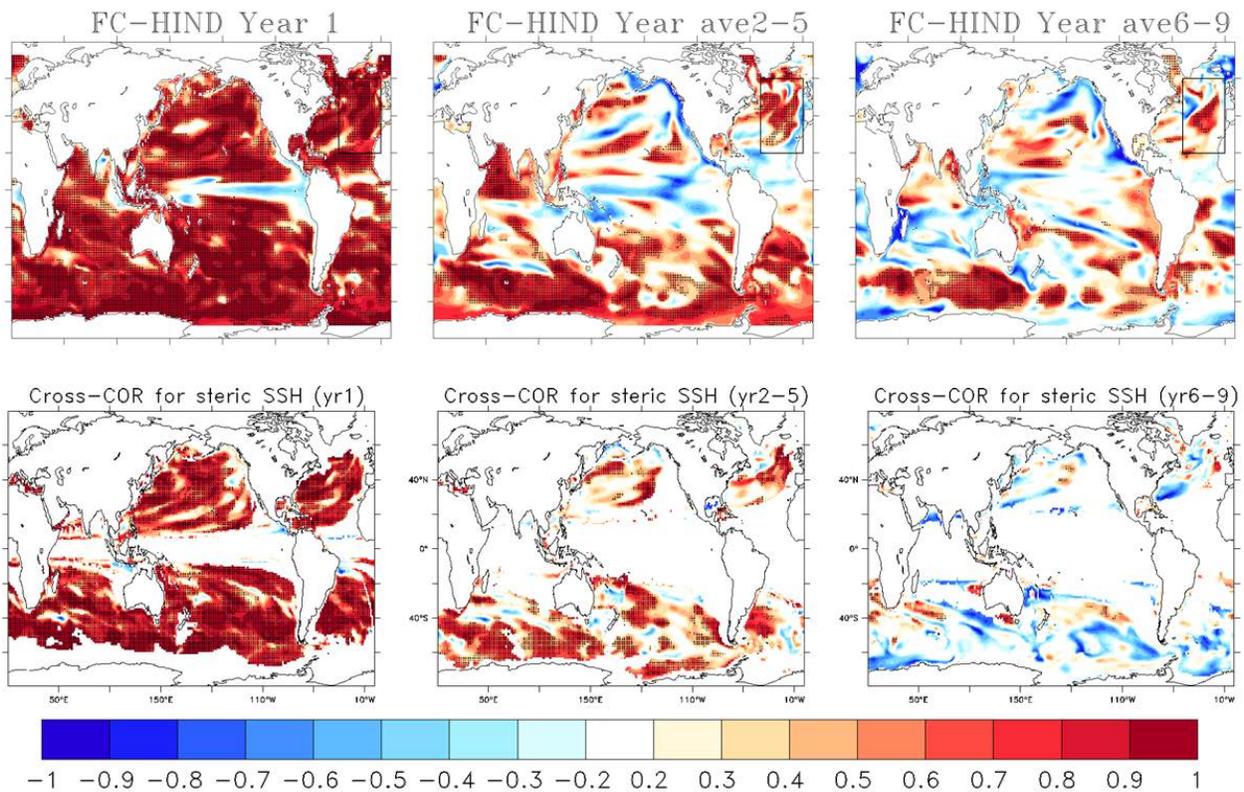


Abb.5. Die Vorhersagegüte für die FC-Prognosen (oben) und für das Rossby-Wellen-Modell für sterische SSH, die Vorhersagejahre: 1, 2-5 und 6-9.

Das Ergebnis zeigt, dass die Vorhersagegüte für SSH im subtropischen Pazifik und Atlantik durch den thermosterischen Meeresspiegel bestimmt ist, welche sich aus der Variabilität ergibt, die sich durch isopyknische Bewegungen erklärt. Mischschichtprozesse können für die Vorhersagegüte im subtropischen Atlantik wichtig sein. Das dichtekompensierte Signal zeigt Vorhersagegüte über den subpolaren Nordatlantik. Mit der Hilfe eines simplen initialisierten Rossby-Wellen Modell haben wir demonstriert, dass in den Subtropen die hohe signifikante Vorhersagegüte bis zu 5 Jahren mit sich westwärts ausbreiten baroklinen Rossby-Wellen erklärt werden kann (Abb. 5). Aufgrund der geringen Rossby-Wellen Geschwindigkeit in hohen Breitengraden ist die Vorhersagegüte des Rossby-Wellen Modell von der Persistenz dort nicht trennbar. Diese Methode für die Analyse der regionalen Meeresspiegels-Vorhersagegüte und die damit verbundenen Mechanismen kann weiter für die Evaluierung der MiKlip Prototyp-Läufe verwendet werden.

## Literaturangaben

Molteni, F., R. Buizza, T. N. Palmer, and T. Petroliaigis (1996) The ECMWF ensemble prediction system: Methodology and validation. Quart J Roy Met Soc, 122 (529), 73–119.

Pierce et al. (2004) The ACPI Project, Element 1: Initializing a Coupled Climate Model from Observed Conditions. Climatic Change 62 (1), 13-28.

Pohlmann H, Jungclaus J, Koehl A, Stammer D, Marotzke J (2009) Initializing decadal climate predictions with the GECCO oceanic synthesis: effects on the North Atlantic. J Clim 22(14): 3926–3938

Smith D, Cusack S, Colman A, Folland C, Harris G, Murphy J (2007) Improved surface temperature prediction for the coming decade from a global climate model. Science 317(5839):796–799

Stockdale T (1997) Coupled ocean–atmosphere forecasts in the presence of climate drift. Mon Weather Rev 125(5):809–818

## 2. Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Zuwendung wurde für Personalkosten, Materialkosten und Kosten für Dienstreisen ausgegeben.

Position Gesamtfinanzierungsplan	Entstandene Ausgaben in Euro
0812	526.246,33
0817	0,00
0820	0,00
0822	1.373,85
0831	0,00
0834	0,00
0835	0,00
0843	1.000,00
0846	2.969,25
0850	32.034,80
<b>Gesamt</b>	<b>564.624,23</b>

## 3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Der Verlauf der Arbeit folgte den im Projektantrag formulierten Zielen. Es waren keine zusätzlichen Ressourcen für das Projekt notwendig.

## 4. Das voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die GECCO2 Synthese ist dem wissenschaftlichen wie auch dem allgemeinen Publikum über das ICDC Datenzentrum (unter [icdc.zmaw.de/easy\\_init\\_ocean.html](http://icdc.zmaw.de/easy_init_ocean.html)) zur Verfügung gestellt worden.

Es besteht die Möglichkeit, die Initialisierung- und Ensemblegenerierung-Methoden in andere MiKlip Module und DWD zu übertragen.

#### **5. Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Nicht bekannt.

#### **6. Die erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6**

Die folgenden Veröffentlichungen wurden publiziert:

##### **2014**

Köhl A., 2014: Evaluation of the GECCO2 Ocean Synthesis: Transports of Volume, Heat and Freshwater in the Atlantic. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, doi:10.1002/qj.2347 .

Polkova I., A. Köhl, and D. Stammer, 2014: Impact of initialization procedures on the predictive skill of a coupled ocean–atmosphere model. *Clim. Dyn.*, 42, 3151-3169 doi:10.1007/s00382-013-1969

##### **2015**

Polkova I., A. Köhl, and D. Stammer, 2015: Predictive skill for regional interannual steric sea level and mechanisms for predictability, *J. of Clim*, 28, 7407–7419, doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00811.1>

Marini C., Polkova I., A. Köhl, and D. Stammer, 2015: A comparison of ensemble generation methods using oceanic singular vectors and lagged initialization for decadal climate prediction, in review *Mon Weath. Rev.*

Die folgenden Präsentationen von Ergebnissen wurden gezeigt:

##### **2012**

Detlef Stammer, Armin Koehl, Camille Marini, Ion Matei and Iuliia Polkova: Module A: Determination of initial conditions and Initialization. Presentation of plans and expected outcomes. MiKlip Kick-Off, 28-29 February 2012, Hamburg, presentation.

Camille Marini, Armin Koehl, Detlef Stammer: Comparison between ensembles generated with atmospheric and with oceanic perturbations, using the MPI-ESM model. 2nd Module A Meeting, 11 October 2012, Hamburg, presentation.

Iuliia Polkova, Armin Koehl, Detlef Stammer: Improving Coupled Climate Model through Improved Initialization Procedures. 2nd Module A Meeting, 11 October 2012, Hamburg, presentation.

## 2013

Detlef Stammer, Armin Koehl, Camille Marini, Ion Matei and Iuliia Polkova: Module A Coordination: Determination of initial conditions and Initialization. MiKlip Status Seminar, 14-15 February 2013, Berlin, poster.

Camille Marini, Armin Koehl, Detlef Stammer: A comparison between ensemble hindcasts obtained from oceanic and from atmospheric perturbations in the MPI-ESM climate model. International workshop on seasonal to decadal prediction, 13-16 May, 2013, Toulouse, presentation.

Iuliia Polkova, Armin Koehl, Detlef Stammer: A comparison of initialization strategies for decadal predictions. International workshop on seasonal to decadal prediction, 13-16 May, 2013, Toulouse, poster.

Camille Marini, Armin Koehl, Detlef Stammer, Vanya Romanova, Juergen Kroeger: Comparison between ensembles generated with atmospheric and with oceanic perturbations, using the MPI-ESM model. AODA-PENG Meeting, 10 June 2013, Hamburg, presentation.

Camille Marini, Armin Koehl, Detlef Stammer, Vanya Romanova, Juergen Kroeger: Comparison between four ensemble generation methods for decadal predictions. 3rd Module A Meeting, 9 September 2013, Hamburg, presentation.

Ion Matei, Armin Koehl, Camille Marini, Detlef Stammer: CEN Earth System Assimilation Model. 3rd Module A Meeting, 9 September 2013, Hamburg, presentation.

## 2014

Armin Koehl and Co: A-Coordination: Determination of initial conditions and Initialization. MiKlip Status Seminar, 12-14 February 2014, Karlsruhe, presentation.

Iuliia Polkova, Camille Marini, Armin Koehl, Detlef Stammer: Initialization of decadal predictions. 4th Module A Meeting, 1 October 2014, Hamburg, presentation.

Iuliia Polkova and Co: Overview of Module A research. 4th Module E Meeting, 13-14 October 2014, Offenbach, presentation.

## 2015

Iuliia Polkova, Armin Koehl, Detlef Stammer: Understanding mechanisms for SST and SSH predictive skill. Joint MiKlip/SPECS Seminar, 23-26 February 2015, Offenbach, presentation.

Detlef Stammer, Armin Koehl, Iuliia Polkova, Ion Matei: Module A Coordination: Determination of initial conditions and Initialization. Joint MiKlip/SPECS Seminar, 23-26 February 2015, Offenbach, poster.

Iuliia Polkova, Camille Marini, Armin Koehl, Detlef Stammer: A comparison of two ensemble generation methods based on oceanic singular vectors and atmospheric lagged initialization for decadal predictions. CLIVAR-ICTP Workshop on Decadal Climate Variability and Predictability, 15-20 Nov 2015, Trieste (Italy), presentation.

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) <b>Schlussbericht</b>
3. Titel <b>MiKlip-Modul A-Koordination: Determination des Anfangsbedingungen und Initialisierungsmethoden</b>	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] <b>Prof. Dr. Detlef Stammer, Dr. Armin Koehl, Dr. Iuliia Polkova und Dr. Ion Matei</b>	5. Abschlussdatum des Vorhabens <b>31.08.2015</b>
	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) <b>Universität Hamburg Edmund-Siemers-Allee 1 20148 Hamburg</b>	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen *) <b>01LP1163A</b>
	11. Seitenzahl <b>15</b>
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) <b>Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn</b>	13. Literaturangaben <b>5</b>
	14. Tabellen <b>1</b>
	15. Abbildungen <b>5</b>
16. Zusätzliche Angaben <b>Sprache: Deutsch</b>	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) <b>Projekträger DLR</b>	
18. Kurzfassung  Das Potenzial für dekadische Klima-Vorhersagen liegt zum größten Teil in der Initialisierung der Ozean-Komponente eines Klima-modells, der als Speicher des Klimasystems beschrieben werden kann. Die Bereitstellung der richtigen Ozean-Initialisierungsmethoden ist daher von hoher Priorität während der Entwicklung eines dekadischen Vorhersagesystems. Die Verbesserung der dekadischen Vorhersagen erfordert, dass wir den aktuellen Ozeanzustand aus dem vorhandenen Ozean Beobachtungssystem besser determinieren können. Dafür müssen moderne Datenassimilationsmethoden, die den Ozeans Zustand abschätzen, verbessert werden. Gleichzeitig müssen Initialisierungsprozeduren, mit denen man die Anfangsbedingungen in das Vorhersagesystem einpflegt, verbessert werden. Das Koordinationsvorhaben des Moduls A befasste sich mit der Bestimmung der Anfangsbedingungen für das MiKlip-Vorhersagesystem, mit der Verbesserung der vorhandenen Initialisierungsmethoden und der Untersuchung der neuen dynamisch-konsistenten Initialisierungsmethoden, die die Vermeidung der Initialisierung-Schocks ermöglichen.	
19. Schlagwörter <b>Dekadische Klimaprognosen, Initialisierungsmethoden, Ensemble-Generierungsmethoden, Dataassimilation</b>	
20. Verlag	21. Preis

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) <b>Final report</b>	
3. title <b>MiKlip-Module A-Coordination: Determination of initial conditions and initialization methods</b>		
4. author(s) (family name, first name(s)) <b>Prof. Dr. Detlef Stammer, Dr. Armin Koehl, Dr. Iuliia Polkova und Dr. Ion Matei</b>	5. end of project <b>31.08.2015</b>	
	6. publication date	
	7. form of publication	
8. performing organization(s) (name, address) <b>Universität Hamburg Edmund-Siemers-Allee 1 20148 Hamburg</b>	9. originator's report no.	
	10. reference no. <b>01LP1163A</b>	
	11. no. of pages <b>15</b>	
12. sponsoring agency (name, address) <b>Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn</b>	13. no. of references <b>5</b>	
	14. no. of tables <b>1</b>	
	15. no. of figures <b>5</b>	
16. supplementary notes <b>Language: German</b>		
17. presented at (title, place, date) <b>Projekträger DLR</b>		
18. abstract  The memory of the climate system and hence the potential for decadal prediction to a large extent resides in the ocean, and providing proper ocean initialisation therefore has to be of high priority while developing a decadal prediction system. To further develop and improve decadal predictions accordingly requires that we improve the way we determine the present day ocean state from the existing ocean observing system, i.e., to improve the estimation procedure of the ocean state using modern data assimilation approaches, and that we improve at the same time the procedure by which we use those estimates of the present-day ocean state as initial conditions of a coupled climate model, that is, to provide an initialisation procedure that is optimal for a given coupled forecast system. The coordination proposal of Module A deals with the determination of initial conditions for a coupled climate model for use in the prototypical system and with the improvement of the initialisation of forecasts of coupled model systems, trying to use existing initial conditions in a most dynamically-consistent way in the coupled system, thereby avoiding initialisation shocks.		
19. keywords <b>Decadal predictions, initialization methods, ensemble generation methods, data assimilation</b>		
20. publisher	21. price	