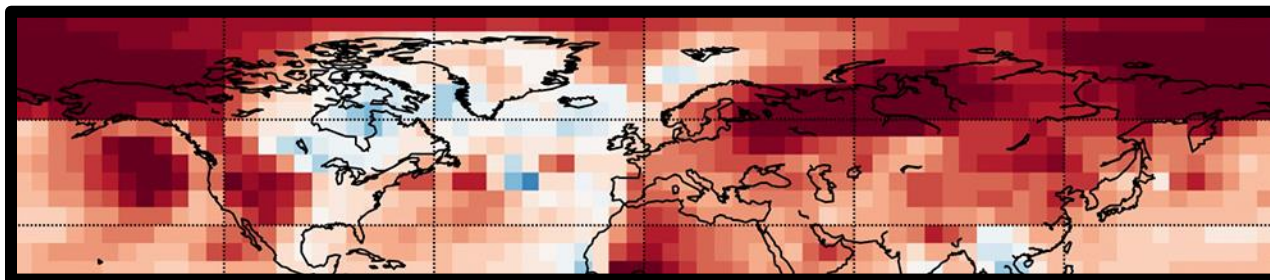


Bundesministerium für Bildung und Forschung



Zusammenfassender Abschlussbericht für das Projekt:

MiKlip-INTEGRATION

Erstellung eines Anwendungssystems zur standardisierten Evaluierung von dekadischen Vorhersagen

Gefördert mit Mitteln des BMBF

BMBF-FKZ: 01 LP 1160A

durchgeführt von

Dipl.-Met Christopher Kadow, Dipl.-Phys. Sebastian Illing, Dipl.-Math. Oliver Kunst, Dipl.-Met Thomas Schartner, Dipl.-Math. Ines Höschel, Dipl.-Inf. Estanislao Gonzalez, MSc.-Met Andy Richling, Univ.-Prof. Uwe Ulbrich, und Univ.-Prof. Ulrich Cubasch

Freie Universität Berlin - Institut für Meteorologie

Carl-Heinrich-Becker-Weg 6-10 12165 Berlin

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Freie Universität



Berlin

Juni 2016

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN -	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel MiKlip-INTEGRATION Erstellung eines Anwendungssystems zur standardisierten Evaluierung von dekadischen Vorhersagen	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Cubasch, Ulrich Kadow, Christopher	5. Abschlussdatum des Vorhabens Februar 2016
	6. Veröffentlichungsdatum Juni 2016
	7. Form der Publikation PDF online
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Freie Universität Berlin Institut für Meteorologie Carl-Heinrich-Becker-Weg 6-10 12165	9. Ber. Nr. Durchführende Institution -
	10. Förderkennzeichen 01LP1160A
	11. Seitenzahl 31
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 36
	14. Tabellen 1
	15. Abbildungen 9
16. Zusätzliche Angaben -	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) -	
18. Kurzfassung Das Teilprojekt INTEGRATION des Projektes MiKlip (Mittelfristige Klimaprognose) entwickelte ein in das MiKlip-Vorhersagesystem integriertes Daten- und Evaluierungssystem, welches zur Anwendung im Bereich der saisonalen bis dekadischen Klimaprognose optimiert ist. Während der verschiedenen Entwicklungsphasen von MiKlip erzielte Errungenschaften anderer MiKlip-Module wurden direkt in das Anwendungssystem integriert, wodurch eine effiziente Entwicklung und eine kontinuierliche Optimierung des Systems gewährleistet wurden. Das Anwendungssystem (www-miklip.dkrz.de) bietet einen effizienten und umfangreichen Zugang zur Modelldatenbasis und zu den beobachtungsbasierten Evaluationsdatensätzen, sowie deren Analyse- und Visualisierungsmöglichkeiten. Das integrierte Metadaten-System beinhaltet detaillierte Informationen zu den Modellausgabedaten, den Antriebsdaten sowie den Datensätzen, die zur Kalibrierung des Modells und seiner einzelnen Komponenten verwendet wurden. Zusätzlich enthält es grundsätzliche Informationen zum Status der Modell- und Validierungsdatensätze. Der modulare Aufbau des Systems erlaubt den schrittweisen und systematischen Ausbau des Daten- und Anwendungssystems. Hierdurch wird insbesondere die Entwicklung von Metriken unterstützt, die zur Erstellung und Evaluierung der dekadischen Vorhersagen geeignet sind. Dies ermöglicht die kontinuierliche Erfassung und Bewertung der Vorhersagegüte und stellt somit die Grundlage für eine fundierte Qualitätskontrolle sowie für die Weiterentwicklung des im Rahmen von MiKlip entwickelten Vorhersagesystems dar. Das Anwendungssystem ermöglicht mit minimalem, technischem Aufwand einen einfachen Umgang sowohl für die Wissenschaftler von MiKlip als auch für mögliche Anwender des operationellen Systems nach Beendigung des MiKlip-Projekts. Die Installation eines webbasierten Portals ermöglicht die interaktive Benutzung des Anwendungssystems und unterstützt die Weitergabe der im Projekt erzielten Ergebnisse zu dekadischen Klimaprognosen an die Öffentlichkeit.	
19. Schlagwörter Mittelfristige Klimaprognose, Evaluierungssystem, Metriken, Archivierungssystem	
20. Verlag www.fona-miklip.de	21. Preis -

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN -	2. type of document (e.g. report, publication) Final Report	
3. title MiKlip-INTEGRATION Development of an application system for standardized evaluations of decadal predictions		
4. author(s) (family name, first name(s)) Cubasch, Ulrich Kadow, Christopher	5. end of project February 2016	
	6. publication date June 2016	
	7. form of publication PDF online	
8. performing organization(s) (name, address) Freie Universität Berlin Institut für Meteorologie Carl-Heinrich-Becker-Weg 6-10 12165	9. originator's report no. -	
	10. reference no. 01LP1160A	
	11. no. of pages 31	
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 36	
	14. no. of tables 1	
	15. no. of figures 9	
16. supplementary notes		
17. presented at (title, place, date) -		
18. abstract The INTEGRATION project provided a standardized data and evaluation system for application within the MiKlip system. The application system enables the assessment of the MiKlip system during each of its development phases. Research progress from different modules of MiKlip directly has flown into the system enabling efficient development and continuous improvement of the MiKlip system. The application system (www-miklip.dkrz.de) provides efficient and comprehensive access to the model data base as well as to evaluation data sets. The system includes tools for comprehensive analysis and visualization of results. The module for meta data includes detailed information on model output, data used for driving the simulations, datasets used for the calibration of the models and their components as well as basic information on validation and quality control status including information on the data used for validation of the MiKlip forecast system. Additionally, standardized methods like metrics which are suitable for decadal scale forecasts and their evaluation are developed. This enables comprehensive assessment and monitoring of the forecast skill of the system forming the basis for quality check and further development of the MiKlip system. The application system is developed as an easy to use low-end application minimizing technical requirements for users within MiKlip and potential end users outside of MiKlip. It is designed for interactive usage via a website based internet portal. It provides comprehensive information on the forecasts and access to the different data products. Moreover, the installation of the web based portal will support dissemination of decadal scale forecasts to the public.		
19. keywords Medium-range climate prediction, evaluation system, metrics, archiving system		
20. publisher www.fona-miklip.de	21. price -	

Anlage 2

(zu Nr. 3.2 BNBest-BMBF 98)

Schlussbericht

BMBF Forschungsvorhaben mit Förderkennzeichen (FKZ): 01LP1160A

MiKlip-INTEGRATION**Erstellung eines Anwendungssystems zur standardisierten Evaluierung von dekadischen Vorhersagen**

Freie Universität Berlin (FUB), Institut für Meteorologie

Projektleiter: Prof. Dr. Ulrich Cubasch

Laufzeit: 01.09.2011 - 31.08.2015, kostenneutral verlängert bis 29.02.2016

Inhaltsverzeichnis

I. Kurze Darstellung

I.1	Aufgabenstellung	9
I.2.	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	10
I.3.	Planung und Ablauf des Vorhabens	11
I.4.	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	15
I.5.	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	15

II. Eingehende Darstellung

II.1.	Verwendung der Zuwendung, erzielte Ergebnisse im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele	16
II.2.	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	28
II.3.	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	28
II.4.	Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans	28
II.5	Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen, der während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt geworden ist	28
II.6	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6.	29

I. Kurze Darstellung

I.1 Aufgabenstellung

Das Projekt INTEGRATION zielte auf die Entwicklung eines in das MiKlip-Vorhersagesystem integrierten Daten- und Evaluierungssystems, das zur Anwendung im Bereich der saisonalen bis dekadischen Klimaprognose optimiert ist und folgenden Anforderungen genügt.

Das Anwendungssystem bietet einen effizienten und umfangreichen Zugang zu der Modelldatenbasis und den beobachtungsbasierten Evaluationsdatensätzen, sowie deren Analyse- und Visualisierungsmöglichkeiten. Es umfasst ein Metadaten-System, das detaillierte Informationen zu den Modellausgabedaten, den Antriebsdaten sowie den Datensätzen, die zur Kalibrierung des Modells und seiner einzelnen Komponenten verwendet wurden, beinhaltet. Ferner enthält es grundsätzliche Informationen zum Status der Modell- und Validierungsdatensätze.

Der modulare Aufbau des Systems erlaubt den schrittweisen und systematischen Ausbau des Daten- und Anwendungssystems. Speziell entwickelte Metriken, die zur Erstellung und Evaluierung der dekadischen Vorhersagen geeignet sind, erlauben die kontinuierliche Erfassung und Bewertung der Vorhersagegüte und sind die Grundlage für eine fundierte Qualitätskontrolle sowie für die Weiterentwicklung des im Rahmen von MiKlip entwickelten Vorhersagesystems. Während der verschiedenen Entwicklungsphasen von MiKlip erzielte Errungenschaften anderer MiKlip-Module sind direkt in das Anwendungssystem integrierbar. Dadurch ist eine effiziente Entwicklung und kontinuierliche Optimierung des MiKlip-Systems gewährleistet.

Das Anwendungssystem ermöglicht mit minimalem, technischem Aufwand einen einfachen Umgang sowohl für Wissenschaftler von MiKlip als auch für mögliche Anwender des operationellen Systems nach Beendigung des MiKlip-Projekts. Durch die Installation eines webbasierten Portals wird den MiKlip-Teilnehmern die interaktive Benutzung des Anwendungssystems ermöglicht und die Weitergabe der im Projekt erzielten Ergebnisse zu dekadischen Vorhersagen an die Öffentlichkeit unterstützt.

Die Ziele waren im Einzelnen:

- 1* Aufbau und Anwendung von **standardisierten Methoden für die Evaluierung** des MiKlip-Systems und dessen verschiedene Modellkomponenten (Zusammenarbeit mit MiKlip-Projekten FLEXFORDEC, EnsDiVal).
- 2* Definition von **Standards für die Evaluierung** und Ausarbeitung von **Strategien für das Systemdesign** sowie die entsprechende Aufbereitung von Methoden zur Bewertung des Modellsystems. (Zusammenarbeit mit MiKlip-Projekten FLEXFORDEC, EnsDiVal).
- 3* Erstellung von Benchmarks zur Beurteilung der **Güte der verschiedenen Konfigurationen** des Vorhersagesystems entsprechend der koordinierten MiKlip-Strategie (Zusammenarbeit mit MiKlip-Projekten FLEXFORDEC, EnsDiVal, VECAP).

- 4* Auswahl von Variablen und **Definition geeigneter Metriken** mit Schwerpunkt auf Parametern mit potenzieller Prognosegüte auf der saisonalen bis dekadischen Zeitskala (Koordination mit MiKlip-Projekten FLEXFORDEC, EnsDiVal).
- 5* **Optimierung des Evaluierungssystems** durch Untersuchung und Dokumentation der Unsicherheiten des Vorhersagesystems im Zusammenhang mit der Wahl der verschiedenen Beobachtungsdatensätze und der Beurteilung der Robustheit der eingesetzten Metriken für die Evaluierung.
- 6* Entwicklung eines **Metadaten-Systems**, das neben detaillierte Informationen über die Modellausgabedaten aus einzelnen Modellkomponenten auch Antriebsdaten, Kalibrierungs- und Validierungsdaten des Modells und den Status der Qualitätskontrolle sowie Informationen über die Daten der Systemschnittstelle beinhaltet (Zusammenarbeit mit MiKlip-Projekt FLEXFORDEC).
- 7* Installation eines Moduls zur umfassenden Analyse und **Visualisierung von Modellausgabedaten**, Validierungsdaten und Ergebnissen der Evaluierung mit einem Quicklook- und Verifikationsset, einschließlich eines **webbasierten Portals** für die interaktive Nutzung des Vorhersagesystems.
- 8* Erstellung einer **Bedienungsanleitung** für eine umfassende Dokumentation des Anwendungssystems.

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

Neben den vorhandenen operationellen Wettervorsageprodukten für kurzfristige Planungen und Entscheidungen gibt es einen Bedarf an Vorhersageprodukten für Zeithorizonte von bis zu 10 Jahren und darüber hinaus. Diese dekadischen Prognosen sind ein relativ neues Forschungsfeld. Zum Projektstart gab es keine operationellen dekadischen Vorhersagesysteme. Daten als Planungsgrundlage für längerfristige Entscheidungen und Anpassungsstrategien in Politik, Industrie und Versicherungen waren nicht verfügbar. Die Ergebnisse erster experimenteller Versuche dekadischer Vorhersagen wurden im fünften IPCC-Sachstandsbericht während der Projektlaufzeit veröffentlicht. Konzepte und Strategien zur Validierung von Klimamodellen und von Wetter- und Jahreszeitenvorhersagen sind nur eingeschränkt auf dekadische Vorhersagen anwendbar. Zur Beurteilung der Qualität der Prognosen war eine Modifikation und Erweiterung dieser Konzepte nötig.

Innerhalb des Rahmenprogramms *Forschung für Nachhaltige Entwicklung* (FONA) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung eröffnete die Fördermaßnahme MiKlip - Mittelfristige Klimaprognosen für die Handlungshorizonte - die Möglichkeit ein modulares und standardisiertes Evaluierungssystem als einen wesentlichen Teil des MiKlip-Systems zu entwickeln.

I.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

INTEGRATION war Teil von Modul D des MiKlip-Projektes. Die folgenden Arbeitspakete als Ganzes entsprechen Punkt WP5 im Modul D des allgemeinen Projektplans. INTEGRATION folgte einer dreigliedrigen Arbeitsweise der Projektmitarbeiter (PM): nach der Definition der Standards (D5.1) wurden Daten, Schnittstellen und Software implementiert (D5.2) und danach angewendet und optimiert (D5.3). Die Unterteilung in einzelne Teilschritte, auch bezogen auf die unterschiedlichen Entwicklungsphasen des Systems (DS1, DS2, DS3), sind in Tabelle 1 aufgelistet. Einen Überblick über die wesentlichen Entwicklungsstufen des Evaluierungssystems mit der geplanten zeitlichen Zuordnung gibt Abbildung 1 (nach Antrag).

Meilensteine und Arbeitspakete

5 Meilensteine:

M1: Implementierung eines Basis-Evaluierungssystems (DS1)

M2: Implementierung eines Prototyp-Evaluierungssystems (DS2)

M3: Erste Ergebnisse des Prototyp-Evaluierungssystems

M4: Implementierung eines Synthese-Evaluierungssystems(DS3)

M5: Ergebnisse des Synthese-Evaluierungssystems

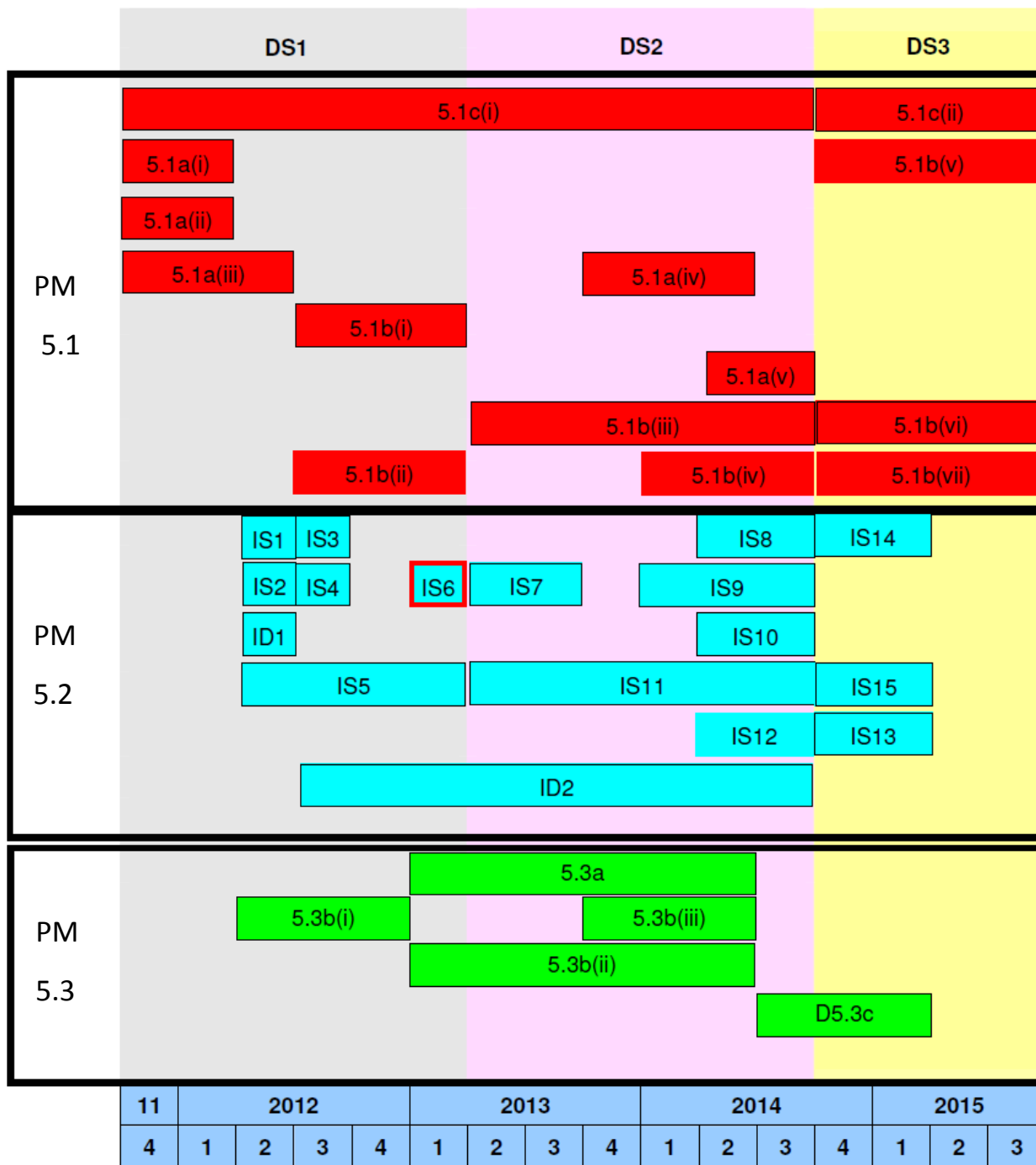


Abbildung 1: Übersicht über die wesentlichen Entwicklungsstufen des Evaluierungssystems mit zeitlicher Zuordnung. Farbcodierung und Abkürzungen entsprechen denen der Tabelle 1.

Arbeitspaket	Kürzel	Monat	Aufgabe
D5.1a(i)		6	Strategien Systemdesign
D5.1a(ii)		6	Strategien für integrierte und standardisierte Evaluation
D5.1a(iii)		6	Vorbereitung grundlegender Evaluierungswerkzeuge
D5.2a(i)	IS1	9	Implementierung eines Basismoduls für das Postprocessing
D5.2a(ii)	IS2	9	Implementierung eines Grundstocks an Evaluierungswerkzeugen
D5.2b(i)	ID1	9	Integration verfügbarer beobachtungsbasierter Datensätze
D5.2a(iii)	IS3	12	Implementierung eines einfachen Metadaten-Systems
D5.2a(iv)	IS4	12	Implementierung grundlegender Tools für die Visualisierung
D5.3b(i)		15	Erste Sammlung optimierter Metriken
D5.2a(v)	IS5	18	Implementierung des Basis-Evaluierungs-Systems (M1)
D5.2a(vi)	IS6	18	Grundstock des Benutzerleitfadens online
D5.1b(i)		18	Ergebnisse des MiKlip-Basis-Evaluierungssystem
D5.1b(ii)		18	Zusammenfassung „Standardisierte Evaluierung des MiKlip-Basis-Systems“ (online verfügbar)
D5.2a(vii)	IS7	24	Implementierung einer Webbasierten, interaktiven Benutzerschnittstelle für die MiKlip-interne Benutzung
D5.3a		33	Bewertung der Unsicherheiten aufgrund der Wahl des Beobachtungsdatensatzes
D5.1a(iv)		33	Definition der Standardmethoden für die integrierte Evaluierung
D53b(ii)		33	Bewertung der Unsicherheiten in Bezug auf die Wahl der Metriken
D5.3b(iii)		33	Festlegung der Sammlung optimierter Metriken
D5.2a(viii)	IS8	36	Implementierung optimierter Evaluierungswerkzeuge
D5.2a(ix)	IS9	36	Implementierung von optimierten Arbeitsprozessen und Systemkomponenten
D5.2b(ii)	ID2	36	Integration neuer beobachtungsbasierter Datensätze
D5.2a(x)	IS10	36	Implementierung eines erweiterten Metadaten-systems
D5.2a(xi)	IS11	36	Implementierung des Prototyp-Evaluierungssystem (M2)
D5.1c(i)		36	Vermittlung der Standardmethoden der integrierten Evaluation
D5.2a(xii)	IS12	36	Benutzerleitfaden für das Prototyp-System

D5.1b(iii)		36	Erste Ergebnisse des Prototyp-Evaluierungssystems (M3)
D5.1b(iv)		36	Zusammenfassung “Standardisierte Evaluierung des Prototyp-Systems”
D5.1a(v)		36	Definition des Systemdesigns für Endnutzer
D5.2a(xiii)	IS13	42	Implementierung der Systemkonfiguration für Endnutzer
D5.2a(xiv)	IS14	42	Implementierung optimierter Evaluierungswerkzeuge für Endnutzer
D5.3c		42	Bewertung von Vorhersageunsicherheiten
D5.2a(xv)	IS15	48	Implementierung des MiKlip-Synthese-Evaluierungssystems (M4)
D5.1b(v)		48	Benutzerleitfaden für das MiKlip-Syntheseevaluierungssystem
D5.1b(vi)		48	Ergebnisse des MiKlip-Synthese-Evaluierungssystem (M5)
D5.1b(vii)		48	Zusammenfassung “Standardisierte Evaluierung des Synthese-Systems”
D5.1c(ii)		48	Vermittlung des Systemdesigns für Endnutzer

Tabelle 1: Übersicht über die einzelnen Arbeitspakete

I.4. **Wissenschaftlicher und technischer 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

Bisher war die Einschätzung und Beurteilung des Klimawandels hauptsächlich auf die Entwicklung in 100 Jahren beschränkt. Dies wurde durch verschiedene internationale Initiativen wie zum Beispiel CMIP (Coupled Model Intercomparison Project, z.B. Covey et al.- 2003) koordiniert. Diese koordinierten Ansätze ermöglichten die Bewertung des Klimawandels durch Multimodel-Projektionen, deren Ergebnisse in die Sachstandsberichte im Rahmen des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), beginnend mit dem AR1 im Jahr 1990, einfließen. Andere Initiativen wie das EU-Projekt DEMETER konzentrierten sich auf die Entwicklung eines Multimodelsystems für die Jahreszeitenvorhersage auf der Grundlage der Europäischen Klimamodelle des IPCC-Multi-Modellensembles. Inzwischen werden diese Modelle zur Jahreszeitenvorhersage quasi-operationell bei nationalen und internationalen Wetterbehörden betrieben. Eine Weiterentwicklung der Jahreszeitenvorhersage vom Multimodel-Standpunkt aus wurde im EU-Projekt ENSEMBLES betrieben. Zum ersten Mal wurden Modelle zur saisonalen bis dekadischen Vorhersage mit Modellen für Klimaprojektionen der nächsten 100 Jahre zusammengebracht. Dies führte zur Idee der nahtlosen Vorhersage von Jahreszeiten bis zu hundert Jahren mit einem Modellsystem (Palmer et al. 2008). Das EU-Projekt COMBINE zielt auf die Modellentwicklung und die Verbesserung der Klimamodelle bzgl. der Vorhersage auf verschiedenen Zeitskalen. Während Jahreszeitenvorhersagen inzwischen operationell durchgeführt und verbreitet werden, gibt es bisher nichts Vergleichbares für die dekadische Vorhersage. Im Rahmen von CMIP5 (z.B. Taylor et al. 2012) erarbeitete Richtlinien zur Durchführung von dekadischen Vorhersage-Experimenten für den Fünften Assessmentreport des IPCC werden für MiKlip genutzt.

I.5. **Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Das entwickelte Archivierungs- und Evaluierungssystem ist ein integraler Bestandteil des MiKlip-Systems, deshalb erfolgte die technische Umsetzung in enger Zusammenarbeit mit dem Projekt FLEXFORDEC (Modul D). Die geplante Zusammenarbeit mit den Projekten *EnsDiVal*, *VECAP* und *FLEXFORDEC* (siehe I.1.) wurde erfolgreich durchgeführt. Die frühzeitige Einbindung der Projekte *VESPA* und *VADY* (Modul E) und *MesoTel* (Modul C) führte zunächst zum Testbetrieb und später zur Bereitstellung zusätzlicher neuentwickelter Analysetools im MiKlip-Evaluierungs-System. Die Einbindung der Daten von *AODA-Peng* und des Koordinationsprojektes des Modul A ermöglichte die Nutzung einer gemeinsamen und damit vergleichbaren Evaluierungsmetrik. In Zusammenarbeit mit Modul C wurde das System auch auf die spezifischen Bedürfnisse der Regionalmodellierer angepasst.

Die Zusammenarbeit mit der deutschen Initiative *C3-grid* (Collaborative Climate Community Data and Processing Grid) erfolgte vor allem auf technischer Ebene. Die Kooperation mit dem Deutschen Wetter Dienst (DWD) umfasste neben Schulungen auch die Installation des Systems für die DWD-interne Benutzung, sowie die Erkundung möglicher Anwendungen für potentiellen Endnutzer. Auf internationaler Ebene gab es einen Austausch an Ideen und Tools mit dem EU-Projekt *SPECS* (Seasonal-to-decadal Prediction for the improvement of European Climate Services), dem NCAR-Research Application Laboratory in Boulder (USA) und der ESGF (Earth System Grid Federation).

II. Eingehende Darstellung

II.1. Verwendung der Zuwendung, erzielte Ergebnisse im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Arbeitspaket D.5.1. Definition der Standards und Dokumentation

(i) In Kooperation mit der Koordination von Modul E wurden frühzeitig die Rahmenbedingungen für das Evaluierungssystem festgelegt, woraufhin erste Schritte des Systemdesigns und erste Strategien für das integrierte und standardisierte Evaluierungssystem getroffen werden konnten (Abbildung 2). Dafür wurden zuerst die technischen Grundlagen auf den Großrechnern des Deutschen Klimarechenzentrums (Blizzard, Lizard) gelegt, in Vorbereitung auf den MiKlip-Server, der zunächst nicht zur Verfügung stand. Da ein vom MiKlip-Projekt VeCAP bereitgestelltes Tool als Basis für das Standard-Evaluierungssystem von MiKlip dienen sollte, wurde diesem Projekt bereits frühzeitig technischer Support für Datenbereitstellung, Installation von mathematischen Bibliotheken, Leitfäden für das Erstellen von Anwender-Tools, usw. bereitgestellt.

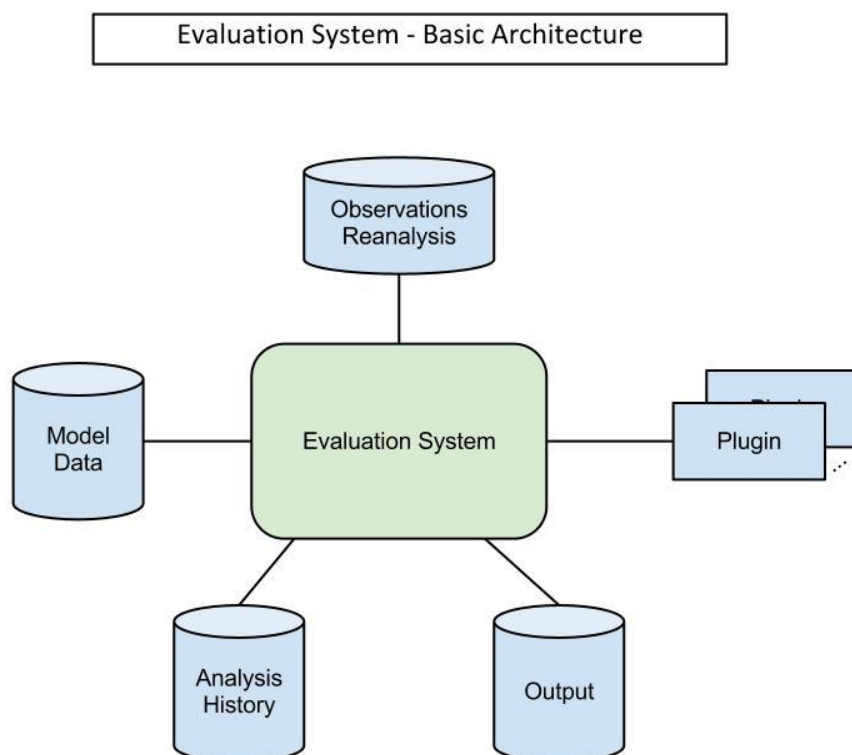


Abbildung 2: Basis-Struktur des Evaluierungssystems inklusive der verschiedenen Daten- und Arbeitsbereiche

Es wurden verschiedene Evaluierungstools, sowohl MiKlip-interne, wie VECAP und ClimVal, als auch externe Tools, wie beispielsweise CDAT (PCMDI) und MET (DTC-NCAR) auf die Möglichkeit der Verwendung als umfassendes Framework geprüft. Jedoch war keines in der Lage, den unterschiedlichen Entwicklern in MiKlip eine einfache und klare Entwicklungsumgebung zu bieten. Daher begann INTEGRATION mit der Entwicklung eines

eigenständigen Frameworks, das flexibel und gut strukturiert auf die Bedürfnisse der Wissenschaftler eingeht.

Detaillierte Informationen über das MiKlip- Evaluierungssystem, dessen Validierungsdatensätze, Tools und Strategien, wie man es benutzt und wie man Tools hinzufügt, sind zusammengefasst im „Basic User Guide“ im offiziellen MiKlip-Wiki verfügbar. Den MiKlip-Mitgliedern steht zusätzlich ein erweiterter Baseline-Bericht zur Verfügung, der die Entwicklung des MiKlip-Systems mittels des Evaluierungssystems darstellt.

(ii) Auf der Grundlage des Basis-Evaluierungssystems wurde die zentrale Evaluierung in MiKlip stetig weiterentwickelt. Das Projekt „INTEGRATED data and evaluation system for decadal scale predicTION“ als Teil von Modul D stellte ein vollfunktionsfähiges Hybrid-System, bestehend aus einer wissenschaftsnahen Shell- Variante und einer benutzerfreundlichen Webschnittstelle, zur Verfügung. Eine Vielzahl von Evaluierungstools und Validationsdatensätzen verschiedenster MiKlip-Projekte sind Teil des Gesamtsystems. Mit der Entwicklung des Evaluierungstools „MurCSS“ ermöglichte INTEGRATION dem MiKlip-Projekt dekadische Klimavorhersagen mit einem ersten Satz optimierter Metriken, basierend auf internationalen Standards, zu analysieren. Die in DS1 geschaffene wissenschaftliche Infrastruktur erlaubt den standardisierten Zugang mittels Metadaten der Modellvorhersagen, der Reanalysen und der Beobachtungen. Hierfür wurde den Benutzern und den Entwicklern eine Weiterentwicklung der Suchfunktion (`find_files`) zur Verfügung gestellt - „`solr_search`“ (Apache SOLR). Diese erlaubt unter Verwendung von Metadaten eine schnelle und leicht zu benutzende Suche auf der Shell- sowie auf der Webebene (Abbildung 3).

(iii) Die Basis für das Evaluierungssystem ist auf dem MiKlip Server am DKRZ installiert und einsetzbar. Die entsprechenden Tools, vorzugsweise aus Modul E können mit Hilfe eines Plug-Ins integriert werden. Dank des Plug-In-Systems müssen sie weder in einer bestimmten Programmiersprache geschrieben, noch in ein bestimmtes Tool eingebaut werden. Es müssen lediglich einfache Regeln der Programmierung befolgt werden. Die einzubindenden Tools müssen konfigurierbar sein, klare Strukturen bzgl. Input/Output außerhalb des Tools besitzen und auf dem MiKlip Server mit standardisierten Daten funktionieren (Abbildung 4). Alle ausführlichen Information (Basic User Guide) sowohl für die Nutzer als auch Entwickler finden sich online im MiKlip-Wiki (Redmine).

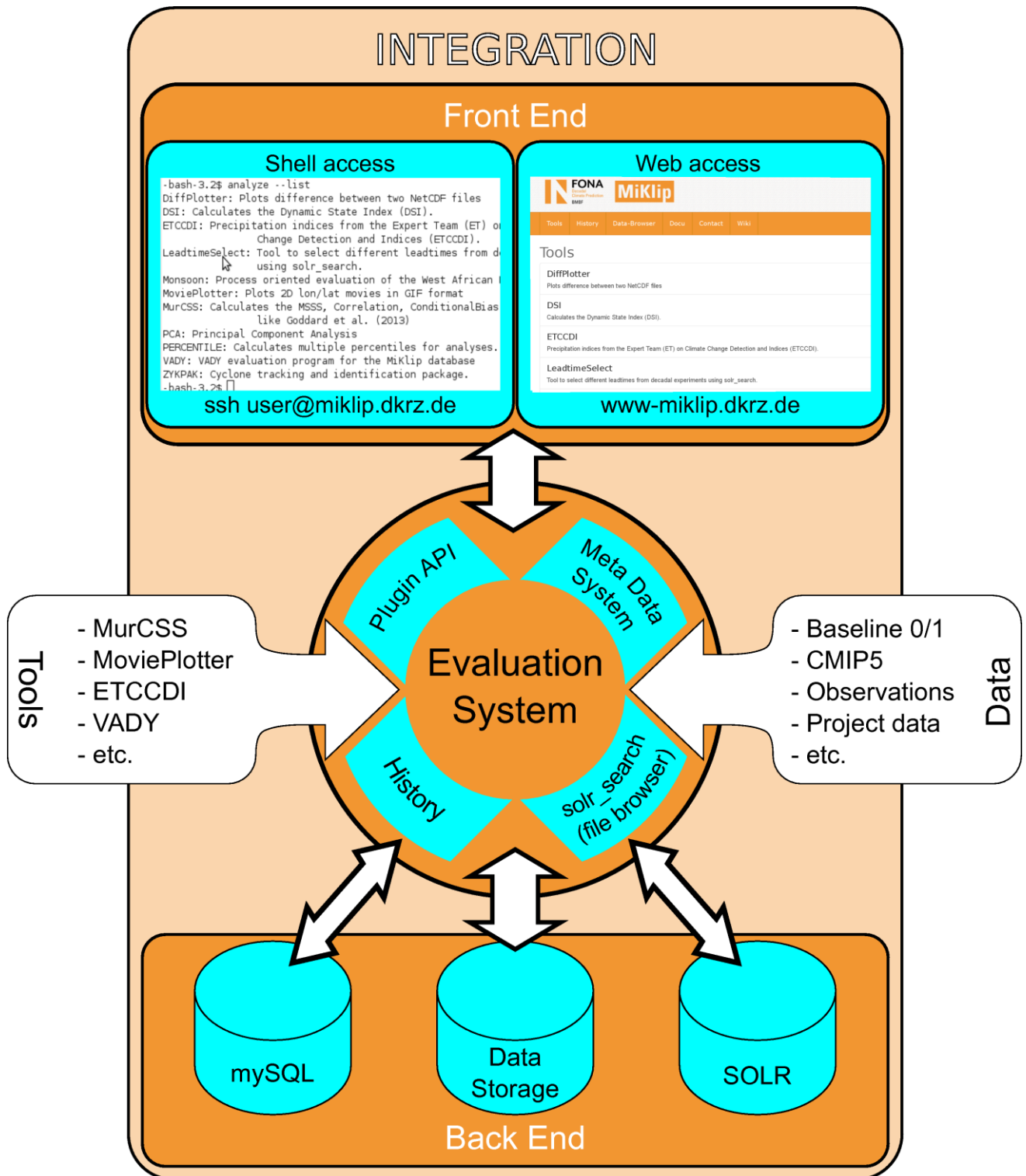


Abbildung 3: Das zentrale Evaluierungssystem (CES) und sein Aufbau mit den Basiskomponenten und den Schnittstellen zu standardisierten Daten und Tools

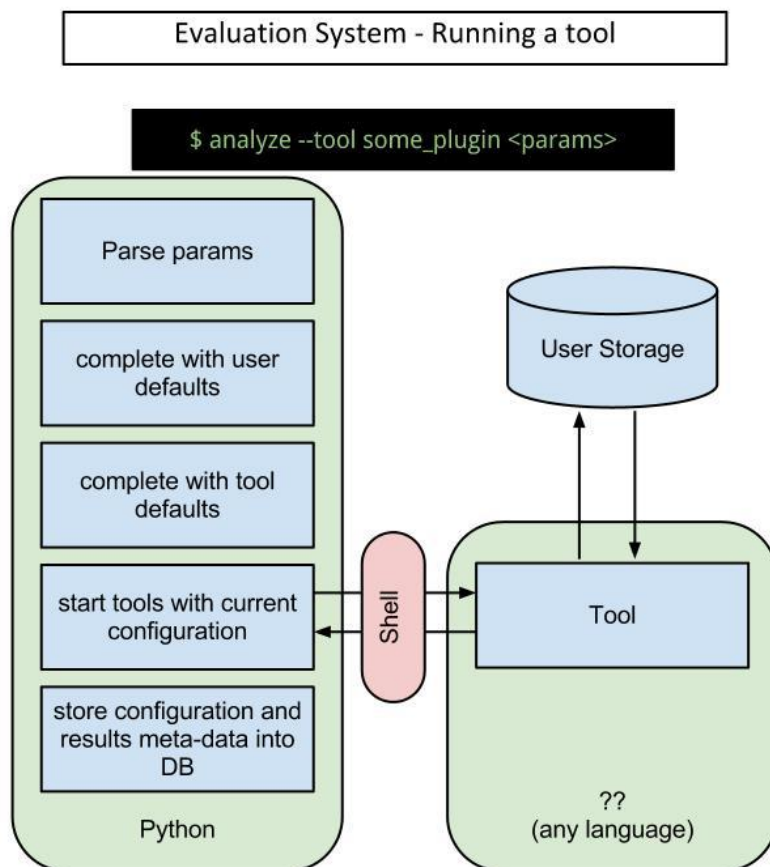


Abbildung 4: Die informationstechnische Schnittstelle zwischen dem Python Framework und dem Analyse Skript des Entwicklers und dessen Ansteuerung sowie Anwendung.

Auf die Anforderungen der Projektpartner zugeschnitten

Dank der beiden Interfaces für das zentrale Evaluierungssystem CES haben Nutzer leichten Zugriff auf Daten und Werkzeuge. Um einige Funktionalitäten des CES hervorzuheben; im ‘Daten-Browser’ ist eine einfache Suche nach allen verfügbaren Datensätzen und Variablen möglich und mit der zusätzlichen Funktion der ‘Historie’ kann man sich alle vorherigen Analysen anzeigen lassen und nachvollziehen, so dass auf einfache Art und Weise die Einstellung für weitere Analysen angepasst werden können. Benutzer haben ebenfalls die Option ihre eigenen Daten über die Funktion ‘Projekt-Daten’ auszuwerten. Dabei werden Daten zur Suchroutine des CES hinzugefügt und können mit den zentralen Hindcasts und anderen Simulationen verglichen werden. Um einen Eindruck von dem, was das Evaluationssystem zu bieten hat, zu bekommen, besuchen der Nutzer die Website unter: www.miklip.dkrz.de. Den Anfang macht der ‘Guest’ Button um eine Tour durchs System zu starten. Der Gast-Account auf der Webseite umfasst eine Gäste-Tour, die den Nutzer durch die Webseite führt und zeigt, was bereits im Evaluierungssystem möglich ist. (Abbildung 3)

Arbeitspaket D.5.2. Implementierung der Daten, Schnittstellen und Software

Das Projekt ‘INTEGRATED data and evaluation system for decadal scale prediction’ als Teil

von Modul D (MiKlip) stellte das voll funktionsfähige Hybrid System, bestehend aus einer Shell-Variante und einer benutzerfreundlichen Webschnittstelle, zur Verfügung. Das dekadische Auswertetool MurCSS wurde in 2014 veröffentlicht (Illing et al. 2014), um es der gesamten Klimagemeinschaft zur Verfügung zu stellen.

In der frühen Projektphase und nach dem Release des MPI-ESM (mpi-esm_1.0.00), welches als Grundlage für das MiKlip System dient, hat sich INTEGRATION auch mit ersten Testläufen am Debugging und Bug-Reporting beteiligt und das System in verschiedensten Experimenteinstellungen (decadal, amip, historical) getestet.

Nachdem für MiKlip und dessen Server, der Mitte 2012 in Betrieb genommen werden konnte, beschlossen wurde, dass alle Daten die von MiKlip erzeugt werden, standardisiert und entsprechend der internationalen Standards (CMIP5, Obs4MIPs, Ana4MIPs) gespeichert werden, hat INTEGRATION einen Datenbereich "data4miklip" auf dem MiKlip Server technisch vorbereitet und mit ersten Datensätzen zur Evaluierung (Modell, Beobachtung und Reanalyse) in standardisierter Form gefüllt. Dieser konnte dann, koordiniert durch Modul E, sowohl mit in MiKlip erzeugten, als auch externen Datensätzen erweitert werden. Um hierfür Daten aus dem „Earth System Grid Federation“ Netzwerk zu laden, steht allen Benutzern auch das skriptbasierte Tool "esgf" zur Verfügung.

Um den Entwicklern in MiKlip, vorzugsweise in Modul E, eine passende Entwicklungsumgebung zu bieten, wurde neben der Möglichkeit entsprechende Evaluierungsdaten abzulegen, ein GIT-Versionierungssystem installiert. Dies erlaubt die Wahl zwischen verschiedenen Versionen des eigenen Tools, das Zurücksetzen von Fehlern, das gemeinsame Arbeiten mit Kollegen am System und die Freischaltung, koordiniert durch INTEGRATION, der passenden Versionen für das Gesamt-Evaluierungssystem.

Das Freie Universität Evaluierungssystem Framework „Frevä“ wurde in der Skriptsprache Python programmiert und bietet damit eine einfache Integration verschiedenster anderer Skriptsprachen, was den Entwicklern in MiKlip ermöglicht, in ihren gewohnten Programmierumgebungen zu bleiben. Gleichzeitig lassen sich die für MiKlip programmierten Analysen leicht in das System mittels einem einfachen Plug-In integrieren. Das Framework, angesteuert über das Kommando "frevä" bietet einen standardisierten Zugang zu den Analysetools, einschließlich der Steuerung mittels Konfigurationsdateien. Das Framework steuert dabei die Dateiverwaltung des Outputs und des Caches oder, falls benötigt, das Laden von Modulen. Zusätzlich werden alle Konfigurationen von gestarteten Analysen in einer Datenbank abgelegt. Dies unterstützt die Reproduzierbarkeit von Experimenten bzw. die Konfiguration und Re-Konfiguration der Standard-Evaluierung des MiKlip-Systems ohne die Informationen über das vorige System zu verlieren. Das System selbst und die einzelnen Tools stellen ausführliche Onlinehilfen bereit, womit den Nutzern eine schnelle Einarbeitung ermöglicht wird. Außerdem hat das Framework nicht nur die Fähigkeit Metadaten nach dem Experiment mit abzuspeichern, sondern ermöglicht mithilfe des Tools "solr_search" auf die Metadatenstruktur des „Data Reference Syntax (DRS)“-Standards, also in dem Fall auf die Ordner- und Dateinamen, zuzugreifen und Dateien für Evaluierungszwecke zu finden und dann dem Evaluierungssystem zur Verfügung zu stellen. Dadurch können unter anderem mehrere Ensemblemitglieder eines Experiments auf dem MiKlip-Server ausgewählt und im Evaluierungssystem verwendet werden, ohne dass diese vorher mühsam zusammenkopiert werden müssen (siehe Abbildung 5). So kann das Framework mit allen Modell-, Beobachtungs- und Reanalyse-Daten auf dem MiKlip-Server betrieben und mit standardisierten Datensätzen

erweitert werden. Das Evaluierungssystem als Basis-Modul für die Postprozessierung kann mit dem zur Verfügung stehenden Plug-In mit den verschiedensten Analysen erweitert werden. (**Milestone M1**)

Beispielanalysen und Basisvisualisierungen zeigen, wie verschiedene Skriptsprachen und auch bereits bestehende Tools via bereitgestelltem Python Plug-In in das Framework eingebettet werden können. Zum einen wurde das bereits bestehende und in C++ entwickelte Tool “pca”, welches eine Hauptkomponentenanalyse durchführt, in das System integriert. Zusätzlich gibt es einen “MoviePlotter”, welcher über eine Bash-Umgebung die Skriptsprache NCL verwendet, um die Feldvariablen zu plotten und anschließend ein animiertes GIF zu erzeugen. Mit diesem Tool können sich Anwender schnell und einfach den zeitlichen Verlauf von Variablen visualisieren und Entwickler können lernen, wie das Plug-In mit der Bash-Umgebung verwendet werden kann. Ein weiteres Tool ist der in Python geschriebene “DiffPlotter”, der demonstriert, wie das Plug-In direkt in Python über eine Klasse eingebunden werden kann. Das Tool gibt den Nutzern eine schnelle Möglichkeit, die Differenz zwischen zwei Feldvariablen sowie das zugehörigen Taylor-Diagramm zu plotten (Siehe Abbildung 7).

Use cases

Compute PCA for every single ensemble separately

Iterate over all ensemble members of the experiment started in **1960** and compute the PCA of them for the variable **tas**.

In bash this would be:

```
for file in $(find_files --baseline 1 variable=tas time_frequency=mon experiment=*1960); do
  analyze --tool pca input=$file outputdir=/tmp variable=tas pcafile=pca_$(basename $file)
done
```

[New file](#)

Abbildung 5: Eine Beispielanwendung des "pca" Tools unter Einbeziehung von "find_files" zur Berechnung verschiedener Ensembles. Aus dem Basic User Guide im MiKlip Wiki (Redmine).

Ein wesentlicher Aspekt der Nutzerfreundlichkeit ist die Entwicklung der Webseite des Evaluierungssystems mit der ortsunabhängigen Möglichkeit der interaktiven Suche und Analyse über jeden Webbrowser und der möglichen Weiterbearbeitung. Durch die Verknüpfung der Webseite mit dem Zugang zum Deutschen Klimarechenzentrum via LDAP, wird den Nutzern ein gemeinsamer Zugang, über Shell und Web, ermöglicht. Analyse-Ergebnisse, erzeugt mit den Tools auf der Webseite, werden standardmäßig in den Ordnern des Benutzers abgelegt. Alle Analysen der Nutzer werden in eine MySQL Datenbank gespeichert, was Transparenz und Reproduzierbarkeit von wissenschaftlichen Analysen ermöglicht. (**Milestone M2**)

Für interessierte Besucher wurde ein Gast-Account geschaffen, mit eingeschränkten Fähigkeiten, aber mit Beispielanalysen und der Möglichkeit sich mit dem System vertraut zu machen (siehe Abbildung 6).



Abbildung 6: Webschnittstelle des MiKlip Evaluierungssystems am Deutschen Klimarechenzentrum (DKRZ) webseite: www-miklip.dkrz.de Gast-Login: (Stand 2015)

Nachdem im Gesamtprojekt MiKlip auf dem Statusseminar 2013 beschlossen wurde, die Veröffentlichung von Goddard et al. (2013) als Verifikationsgrundlage zu nehmen, beschloss das Projekt INTEGRATION dies als Softwarelösung „MurCSS“ (Illing et al. 2014) zur Verfügung zu stellen. Das Akronym „MurCSS“ steht dabei für die Murphy-Epstein Zerlegung des MESS und dem CRPSS, die verwendeten deterministischen und probabilistischen Metriken des Tools. Es wird als erster Schritt bei der Analyse der Hindcasts empfohlen.

Hiernach wurde das zweite vollständige System MiKlip Vorhersagesystem vollständig analysiert und um den wissenschaftlichen Kontext der Auswertung veröffentlicht – Kadow et al. 2015 - „Evaluation of Forecasts by Accuracy and Spread in the MiKlip Decadal Climate Prediction System“. (**Milestone M3**)

Zusätzlich wurde es um viele Optionen aufgrund von Benutzernachfragen erweitert. So ist das Tool nun auch in der Lage saisonale Auswertungen durchzuführen, als auch globale Mittel oder zonale Schnitte in der Vertikalen auszuwerten. Es dient in vielen MiKlip Projekten in allen Modulen bereits als Basis und hat den Weg in viele Veröffentlichungen (Poster, Vorträge und Paper) gefunden. In Kooperation mit dem EU-SPECS-Projekt wurden gemeinsame Auswertemethoden implementiert.

Das Evaluationssystem beinhaltet nun mehr als 20 weitere Plug-Ins, von einfachen Grafik-Routinen bis hin zu aufwendigen, statistischen Analyseprogrammen. Alle diese Werkzeuge erlauben einen standardisierten Vergleich zwischen den Generationen des dekadischen Vorhersagesystems und ebenso zwischen ihnen und anderen alternativen Hindcasts, die im Projekt oder von anderen Modellierungs-Gruppen vorgeschlagen wurden. (Milestone M4)

Arbeitspaket D.5.3. Anwendung und Optimierung

Erste Ergebnisse des Prototyp-Evaluierungssystems (Milestone M3)

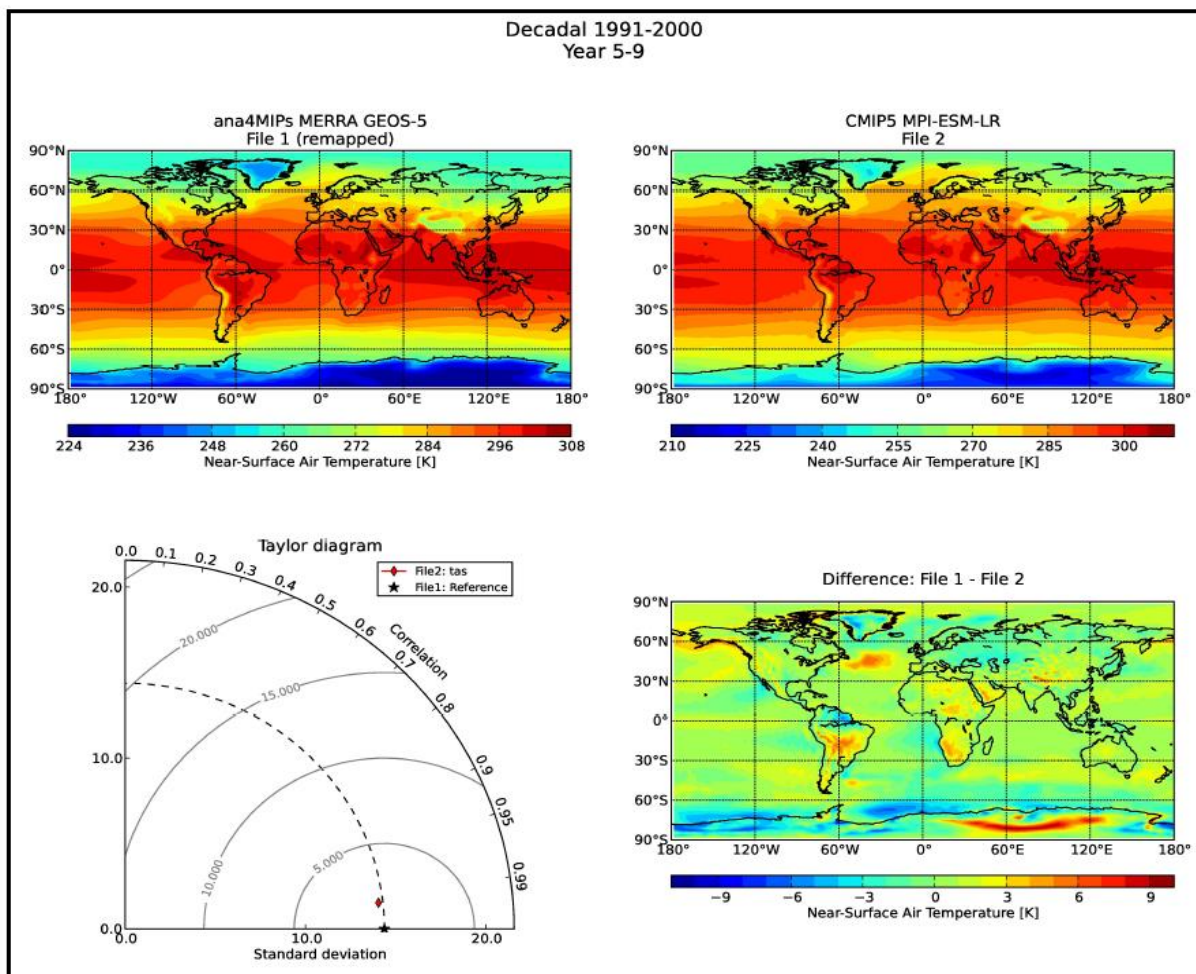


Abbildung 7: Ausgabe des Evaluierungssystemtool "DiffPlotter". Gezeigt sind die Mittelwerte der 2m-Temperatur in Kelvin der Reanalyse MERRA (Datei 1) und des Modeloutputs MPI-ESM-LR (Datei 2) aus den Baseline1 Experimenten *decadal1990 r1i1p1* für die Jahre 5 bis 9 aus dem Datenbereich "data4miklip", sowie deren Differenz und das zugehörige Taylordiagramm.

Die Baseline0-Hindcasts wurden mit nicht initialisierten Experimenten verglichen, welche Aerosol- und Treibhausgaskonzentrationen für die Jahre 1850-2005 berücksichtigen und das RCP4.5-Szenario danach. Müller et al. (2012) haben die Vorhersagegüte von Baseline0 in ihrer Arbeit analysiert. Es zeigt sich, dass die Initialisierung des MPI-ESM-LR die Vorhersage gegenüber den nicht initialisierten Experimenten vorwiegend über dem Nord-Atlantik für alle Laufzeiten (Zeit nach der Initialisierung) verbessert. Müller et al. (2012) haben darüber hinaus die Vorhersagegüte für die verschiedenen jahreszeitlichen Mittel untersucht und eine Abhängigkeit der Vorhersagegüte von der Jahreszeit z.B. für die Lufttemperatur gefunden. Für mehrjährige Mittel der Wintermonate, zeigt sich eine Vorhersage Skill vorwiegend im Norden Europas. Für mehrjährige Mittel der Frühlings- und Herbstmonate gibt es positiven Skill für Zentral und Süd-Ost Europa.

Allerdings spiegelt eine negative Vorhersagegüte über dem tropischen Pazifik einen systematischen Fehler in der Initialisierung von Baseline0 wider. Als Konsequenz daraus ist die gesamte Vorhersagegüte, was globale Durchschnittstemperaturen betrifft, niedriger als die Güte anderer Systeme (Bellucci et al. 2015).

Ergebnisse für die einzelnen Versionen des MiKlip-Basissystems stehen übersichtlich in Form verlinkter Einträge einer Tabelle im MiKlip-Redmine-Wiki des Modul D unter INTEGRATION: *Evaluationsystem -- Extended Baseline Report* zur Verfügung. (Abbildung 8)

Um ein weiteres Kernpunkt unserer Arbeit zu betonen, wurde ein probabilistisches Auswerteprogramm entwickelt und der Miklip Community zur Verfügung gestellt: Problems - „PROBabiListic Ensemble verification for MiKlip using SpecsVerification“. Dies ergänzt die bisherigen Analysen um probabilistische Gütemaße wie den RPSS, CRPSS, usw. und Korrekturen von verschiedenen Ensemble Größen (FairRPSS, FairCRPSS, usw.). Dies wurde in Kooperation mit Kollegen des Specs Projekts umgesetzt und auf bestehende Routinen zurückgegriffen um an dieser Stelle das Rad nicht neu zu erfinden. Zusätzlich wurden vorhandene Workflows aus dem C3Grid Projekt in das MiKlip-CES integriert (Stormtrack, EADY, TroughIdent). Weitere Plugins können in Zukunft hinzugefügt werden.

Eine virtuelle ESGF Umgebung wurde entwickelt, die Nutzer ermöglicht ESGF mit dem MiKlip-CES auszuwerten, auch wenn diese nicht lokal zur Verfügung stehen. Leider konnte der Entwicklungsprozess aufgrund der unvorhersehbar langen Wartungsarbeiten des ESGFs nicht vollständig abgeschlossen werden.

Der Kern des MiKlip-CES (solr_search, history, analyze) wurde in DS3 zu einem gemeinsamen Framework namens Freva - „Freie Universität Evaluation System Framework“ zusammengefügt. Durch eine Vereinheitlichung wurde der administrative Aufwand reduziert, den Usern eine vereinfachte Arbeitsumgebung geschaffen, sowie der Installationsprozess vereinheitlicht.

Die User haben nun die Möglichkeit mithilfe des Tools „crawl_my_data“ ihre User- bzw. Projektdaten selbständig zu verwalten und in die solr Datenbank einzupflegen. Dadurch wurde der administrative Aufwand deutlich reduziert und der zeitlich Prozess optimiert.

Plugins können nun sowohl in der Shell als auch auf der Webseite zum Testen und Entwickeln eingegangen werden, ohne dass dies den Ablauf von anderen Kollegen stört. Dadurch wird eine Entwicklerumgebung geschaffen, die die Software-Developer unterstützt.

Das MiKlip-CES wurde in zahlreichen Veröffentlichungen genutzt (siehe unten) um die Wissenschaft der dekadischen Vorhersage in den Vordergrund zu stellen und die technischen Voraussetzungen für die Forschungsergebnisse zu minimieren. Freva als Framework wird zukünftig der Community OpenSource zur Verfügung gestellt werden, eine entsprechende Veröffentlichung ist in der Vorbereitung.

← → https://code.zmaw.de/projects/miklip-d/wiki/Extended_Baseline_Report

Wiki >

Extended Baseline Report by INTEGRATION

Compact Analyses

Evolution of the MiKlip prediction system in LR

- Near Surface Air Temperature - leadyear 1 and leadyears 2-5 [MSESS](#) and [CORRELATION](#)
- Near Surface Air Temperature, Precipitation Flux, Sealevel Pressure - leadyear 2-5 - [MSESS](#) and [CORRELATION](#)

Evolution of the MiKlip prediction system incl. MR

- Near Surface Air Temperature - leadyear 1 and leadyears 2-5 [MSESS](#) and [CORRELATION](#)

Detailed Analyses

Near Surface Air Temperature

<i>tas</i>	Uninitialized	Baseline0-LR	Baseline1-LR	Baseline1-MR	Prototype
Uninitialized	1 2-5				
Baseline0-LR	1 2-5	1 2-5			
Baseline1-LR	2-5	1 2-5	1 2-5		
Baseline1-MR			1 2-5	1 2-5	
Prototype	2-5		1 2-5	1 2-5	1 2-5

Precipitation Flux

<i>pr</i>	Uninitialized	Baseline0-LR	Baseline1-LR	Baseline1-MR	Prototype
Uninitialized	2-5				
Baseline0-LR	2-5	2-5			
Baseline1-LR		2-5	2-5		
Baseline1-MR				X	
Prototype			2-5		2-5

Sealevel Pressure

<i>psl</i>	Uninitialized	Baseline0-LR	Baseline1-LR	Baseline1-MR	Prototype
Uninitialized	2-5				
Baseline0-LR	2-5	2-5			
Baseline1-LR		2-5	2-5		
Baseline1-MR				X	
Prototype			2-5		2-5

Powered

Abbildung 8: Übersichtsw Webseite für die Vergleiche der einzelnen Vorhersage-Versionen

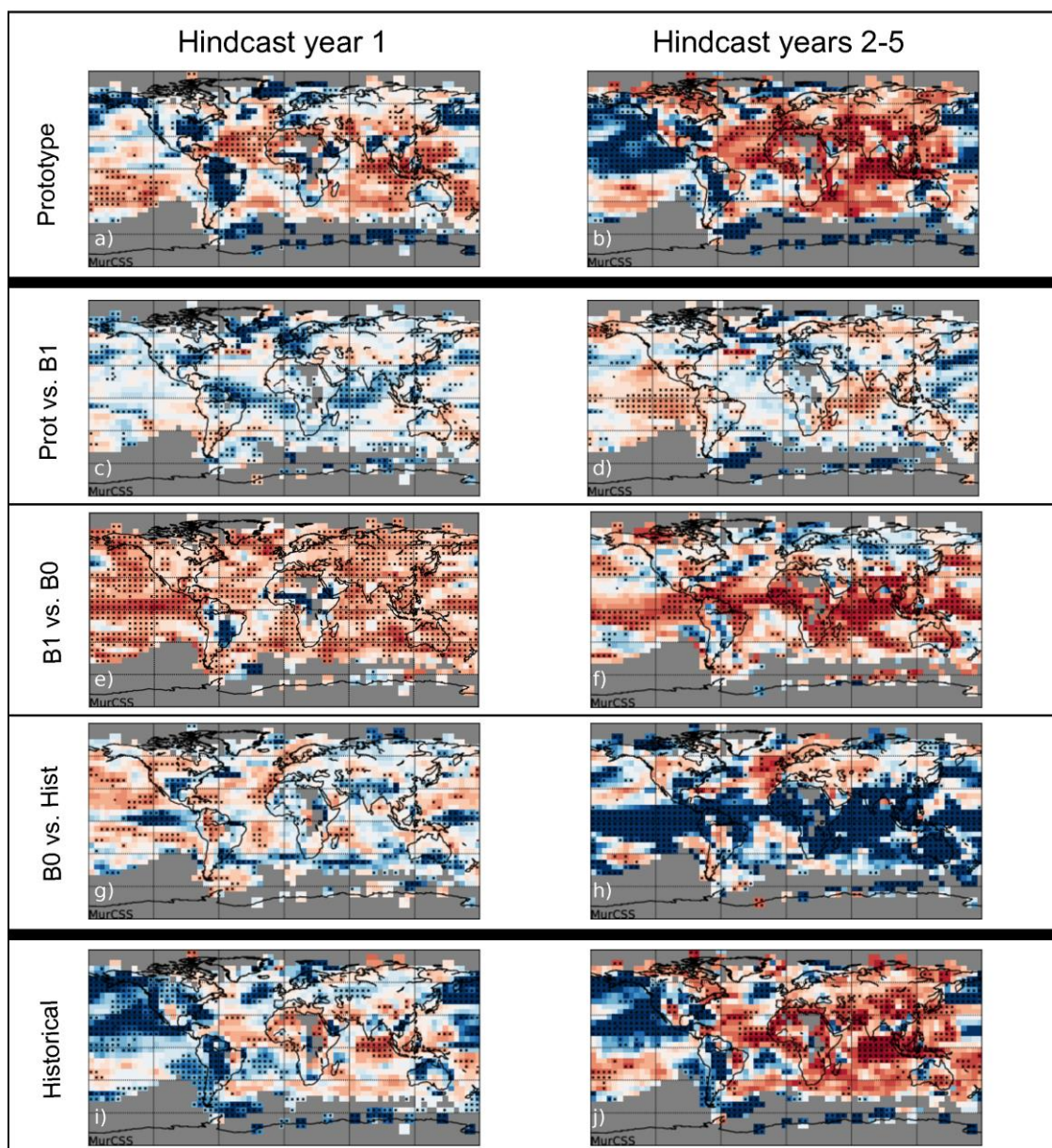
(ii) Ergebnisse des Synthese-Evaluierungssystems (**Milestone M5**)

Der große Vorteil eines Zentralen Evaluierungssystems (CES) und eines eingebetteten Tools wie MurCSS besteht darin, dass man die Modellentwicklung und Testphasen von in diesem Fall dekadische Klimavorhersagen direkt bewerten kann. Ein Einblick in die Möglichkeiten einer solchen Analyse in Bezug auf die Entwicklungsstufen des MiKlip-Systems wird am Beispiel der bodennahen Temperatur im Folgenden und in Abbildung 9 gegeben

Zur Evaluierung des Jahres 1 und der Jahre 2 bis 5 der Vorhersagen der ersten drei Ensemblemitglieder der verschiedenen Hindcast-Experimente mit dem Modell MPI-ESM-LR wird hier der deterministische Teil des Tools MurCSS benutzt. Der MSESS („Mean Squared Error Skill Score“) für die Gütebestimmung des Ensemble-Mittels kann als Kombination aus

Korrelation und der Abweichung vom Trend dargestellt werden (Murphy 1988). Das Vorhersagesystem (Abbildung 9, von unten nach oben) zeigt klare Verbesserungen der bodennahen Temperatur vor allem im tropischen Pazifik (vgl. Pohlmann et al., 2013). Das aktuelle System Prototype (Abbildung 9 a-b) und die uninitialisierten „Historical“ Experimente, um die „RCP45“ Experimente zeitlich verlängert (Abbildung 9 i-j), werden mit den klimatologischen Temperatur-Rekonstruktionen HadCRUT3v (Brohan et al., 2006) im Zeitraum 1961 bis 2012 verglichen. Beide Vorhersagen zeigen Regionen mit guten Übereinstimmungen als auch Regionen mit Potential zur Verbesserung. Die Initialisierung hat die Güte im ersten Vorhersagejahr klar verbessert. Auch über Europa, einer Fokusregion in MiKlip kann eine signifikante Verbesserung im Vergleich zu den uninitialisierten Simulationen im Vorhersagezeitraum 2-5 Jahre verzeichnet werden. Der größte Fortschritt in der Entwicklung ist zwischen Baseline0 und Baseline1 zu verzeichnen. Die Hindcasts in Jahr 1 und 2-5 (Abbildung 9 e-f) profitieren von der Änderung der Initialisierungsmethode und der Initialisierung mit der Ozean-Reanalyse ORAS4 (Balmaseda et al., 2013). Mit der Einführung der sogenannten „Full-Field“ Initialisierung (Abbildung 9 c-d) im Vergleich zur Anomalie-Initialisierung in Baseline1, verliert man signifikant Vorhersagegüte im Jahr 1, hauptsächlich über dem äquatorialen Atlantik und dem Indischen Ozean. Aber, in Bezug auf Fortschritte im Bereich eines dekadischen Klimavorhersagesystems, auf längeren Zeitskalen liefert diese Methode einen Zugewinn der Güte im Vorhersagebereich von 2-5 Jahren, vor allem im Ost Pazifik und dem Indischen Ozean. In letzter Instanz sind diese Synthese Analysen im Übersichts-Artikel Marotzke et al. (2016) „MiKlip - a National Research Project on Decadal Climate Prediction. Bull. Amer. Meteor. Soc.“ erschienen.

Near Surface Air Temperature



-0.9 -0.8 -0.7 -0.6 -0.5 -0.4 -0.3 -0.2 -0.1 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9

Mean Squared Error Skill Score

Abbildung 9: Entwicklung der Güte der Ensemblemittelvorhersage (MSESS) der bodennahen Temperatur gemittelt über das erste Vorhersagejahr (linke Spalte) und der Jahre 2-5 (rechte Seite) gegenüber der Beobachtung von HadCRUT3v in den Jahren 1961-2012 im Projektverlauf von MiKlip. Die untere Reihe (i und j) zeigt die Vorhersagegüte der uninitialisierten Läufe (historical Experiment zeitlich verlängert mittels der rcp45 Läufe bis zum Jahr 2012). In der zweiten bis zur vorletzten Reihe sind die Güte-Veränderungen zwischen zwei Vorhersagesystemen aufgetragen – von unten nach oben: Baseline0 vs Historical, Baseline1 vs Baseline0 und Prototype vs Baseline1. Die erste Reihe (a und b) zeigt die Vorhersagegüte des aktuellen Systems – Prototype gegenüber der Beobachtung. Weil die System sich in den Größen der Ensemble-Mitgliedern unterscheiden wurden nur die ersten 3 Mitglieder verwendet. Kreuze zeigen Güte unterschiedlich von Null mit Erreichen des 95% Konfidenzintervals.

II.2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Im Rahmen der Durchführung des Projektes sind Kosten in Form von Personalkosten, Reisekosten und Materialkosten entstanden, über die im Detail im Verwendungsnachweis berichtet wurde.

II.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Bearbeitungsdauer und die Höhe der gewährten Zuwendungen waren mit Blick auf den Neuheitswert des erzielten Ergebnisses zweifellos angemessen. Der Verlauf der Arbeit im Projekt folgte der im Projektantrag formulierten Planung. Alle im Arbeitsplan formulierten Aufgaben wurden erfolgreich bearbeitet und im angemessenen Umfang verbreitet (siehe II.6). Es waren keine zusätzlichen Ressourcen für das Projekt nötig. Die Arbeiten hätten ohne die BMBF-Zuwendung nicht durchgeführt werden können

II.4. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

In Absprache mit dem Projektträger ist das entwickelte Framework OpenSource. Hierdurch steht auch in Zukunft einer Weiterentwicklung nichts im Wege und kann durch andere OpenSource Komponenten erweitert werden. Zum Beispiel in Phase 2 von MiKlip. Es sind bereits auch andere internationale Projekte an unserer Arbeit interessiert. und zum anderen für das Websystem des Evaluierungssystems auf Ressourcen anderen OpenSource Produkte zugegriffen werden kann, was einen klaren Vorteil für das Projekt MiKlip und dessen spätere Verwertung darstellt.

Zudem wird das MiKlip-CES in der zweiten Projektphase von MiKlip weiterhin als Evaluierungssystem eingesetzt und weiterentwickelt. Ausserdem wird der Framework Freva bereits beim Deutschen Wetterdienst in Vorbereitung auf die Operationalisierung des MiKlip-Systems betrieben.

Ebenfalls ist Freva Teil der nationalen Planungen zu CMIP6 im BMBF „Verbundprojekt CMIP6: Durchführung der IPCC Simulationen für CMIP6“

II.5. Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen, der während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt geworden ist

Die Entwicklungen in den Projekten CMIP, ESGF und SPECS wurden regelmäßig mit den Aktivitäten in MiKlip abgeglichen, um auf aktuellen Stand zu bleiben. In der Projektphase sind keine relevanten Ergebnisse bekannt geworden, die eine Umstellung unserer Projektvorhaben nach sich ziehen.

II.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6.

Erfolgte Publikationen

1. Marotzke, J., W. A. Müller, F. S. E. Vamborg, P. Becker, U. Cubasch, H. Feldmann, F. Kaspar, C. Kottmeier, C. Marini, I. Polkova, K. Prömmel, H. W. Rust, D. Stammer, U. Ulbrich, C. Kadow, A. Köhl, J. Kröger, T. Kruschke, J. G. Pinto, H. Pohlmann, M. Reyers, M. Schröder, F. Sienz, C. Timmreck, M. Ziese, 2016: MiKlip - a National Research Project on Decadal Climate Prediction. Bull. Amer. Meteor. Soc.
2. Timmreck, C., H. Pohlmann, S. Illing, and C. Kadow (2016), The impact of stratospheric volcanic aerosol on decadal-scale climate predictions, *Geophys. Res. Lett.*, 42, doi:[10.1002/2015GL067431](https://doi.org/10.1002/2015GL067431)
3. Thoma, M., R. J. Greatbatch, C. Kadow, and R. Gerdes (2015), Decadal hindcasts initialized using observed surface wind stress: Evaluation and prediction out to 2024, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 6454–6461, doi:[10.1002/2015GL064833](https://doi.org/10.1002/2015GL064833)
4. Kadow, C., S. Illing, O. Kunst, H.W. Rust, H. Pohlmann, W. A. Müller and U. Cubasch (2015). Evaluation of Forecasts by Accuracy and Spread in the MiKlip Decadal Climate Prediction System. *Meteorologische Zeitschrift*, DOI:10.1127/metz/2015/0639
5. Kruschke, T., H.W. Rust, C. Kadow, W.A. Müller, H. Pohlmann, G.C. Leckebusch, U. Ulbrich.(2015) Probabilistic evaluation of decadal predictions of Northern Hemisphere winter storms *Meteorologische Zeitschrift*. DOI:10.1127/metz/2015/0641
6. Illing, S, C. Kadow, O. Kunst and U. Cubasch (2014). MurCSS: A Tool for Standardized Evaluation of Decadal Hindcast Systems. *Journal of Open Research Software* 2(1):e24. DOI: <http://dx.doi.org/10.5334/jors.bf>
7. Kruschke, T., H.W. Rust, C. Kadow, G.C. Leckebusch, U. Ulbrich (2014). Evaluating decadal predictions of northern hemispheric cyclone frequencies. *Tellus A* 66, 22830. <http://dx.doi.org/10.3402/tellusa.v66.22830>
8. Pohlmann, H., W. A. Müller, K. Kulkarni, M. Kameswarrao, D. Matei, F. S. E. Vamborg, C. Kadow, S. Illing, J. Marotzke, (2013): Improved forecast skill in the tropics in the new MiKlip decadal climate predictions. *Geophys. Res. Lett.*, 40, 5798-5802. doi:[10.1002/2013GL058051](https://doi.org/10.1002/2013GL058051)

Geplante Publikationen

9. Pattantyus-Abraham, M., Kadow, C., Illing, S., Müller, W.A., Pohlmann, H., and Steinbrecht, W., Bias and drift of the mid-range decadal climate predictions system (miklip) validated by european radiosonde data. *Meteorologische Zeitschrift* (submitted)
10. Höschel, I., S. Illing, J. Grieger, U. Cubasch, U. Ulbrich, Event based validation of decadal hindcasts in the North Atlantic subpolar gyre (in preparation)

11. Fischer, M., Rust, H.W., Illing, S., Kadow, C., Kruschke, T., and Ulbrich, U. Verifying decadal predictions of mean air temperature against various reanalyses. *Meteorologische Zeitschrift* (in preparation)
12. Kadow, C., Illing, S., Schartner, T., Kirchner I., Ulbrich, U., and Cubasch, U. Freie Universität Evaluation system for scientific infrastructures in earth system modeling. *Geophysical Model Development* (in preparation)

Konferenzbeiträge

Talks

13. Kadow, C., S. Illing, O. Kunst, H. W. Rust, H. Pohlmann, W. A. Müller and U. Cubasch, 2015: Decadal climate forecasts and their evaluation of accuracy and spread in the MiKlip prediction system - The 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, Prague, Czech
14. Timmreck, C., H. Pohlmann, S. Illing, and C. Kadow, 2015: The impact of stratospheric aerosol on multiyear seasonal and decadal predictions - The 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, Prague, Czech , San Francisco, USA
15. Kadow C., S. Illing, O. Kunst and U. Cubasch (2014). AMERICAN GEOPHYSICAL UNION 2014 FALL MEETING. "A Hybrid Evaluation System Framework (Shell & Web) with Standardized Access to Climate Model Data and Verification Tools for a Clear Climate Science Infrastructure on Big Data High Performance Computers".
16. Kadow, C., S. Illing, O. Kunst, H. Pohlmann, W. A. Müller and U. Cubasch. European Geosciences Union General Assembly (2014). "Deterministic and Probabilistic Metrics of Surface Air Temperature and Precipitation in the MiKlip Decadal Prediction System". Vienna, Austria, Volume: 16
17. Kruschke, T., H.W. Rust, C. Kadow, G.C. Leckebusch, U. Ulbrich: European Geosciences Union General Assembly (2014). Evaluating probabilistic decadal forecasts of Northern Hemisphere extra-tropical cyclone frequencies, Vienna, Austria

Poster

18. Kadow, C., S. Illing, U. Ulbrich, and U. Cubasch Central Evaluation System - Long Story Short by Freie Universität Berlin's Project "INTEGRATION" in MiKlip – MiKlip StatusSeminar 2015, Offenbach, Deutschland
19. Kadow C., I. Kirchner, S. Illing, E. Gonzalez, U. Cubasch (2013) A Standardized Evaluation System for Decadal Climate Prediction. DKRZ User Workshop 2013, Hamburg, Deutschland
20. Kadow C., Illing S., Cubasch U. (2013) - Interdisciplinary Conference of Young Earth System Scientists "Statistical Methods and Metrics in the Standardized Evaluation System for Decadal Climate Prediction in MiKlip", Hamburg, Deutschland
21. Illing, S., Kadow, C., Kunst, O., and Cubasch, C. (2014) – European Geosciences Union General Assembly 2014 - “Uncertainties in Decadal Model Evaluation due to the Choice of Different Reanalysis Products”, Vienna, Austria
22. Illing, S., Kadow, C., Cubasch, U. (2013) - Interdisciplinary Conference of Young Earth System Scientists. "Assessing and Quantifying Uncertainties for Model Evaluation in the MiKlip Prediction System", Hamburg, Deutschland
23. Illing, S., Gonzalez, E.N., Kadow, C., Cubasch, U. (2013) - European Geosciences Union General Assembly 2013 - "Assessment of Uncertainties for Model Evaluation in a Decadal Prediction System" , Vienna, Austria
24. Kadow, C., Cubasch, U. (2012) - AMERICAN GEOPHYSICAL UNION 2012 FALL MEETING - A Standardized Evaluation System for Decadal Climate Prediction, San Francisco, USA

Pico

25. Kadow C., S. Illing, O. Kunst, U. Ulbrich and U. Cubasch: European Geosciences Union General Assembly (2015). A Hybrid Evaluation System Framework (Shell & Web) with Standardized Access to Climate Model Data and Verification Tools for a Clear Climate Science Infrastructure on Big Data High Performance Computers, Vienna, Austria

Awards

OUTSTANDING STUDENT PAPER AWARD - Earth & Space Science Informatics @ AGU 2014

POSTER PITCH AWARD -@ ICYESS 2013

Referenzen

26. Balmaseda, M. A.; Mogensen, K. & Weaver, A. T. Evaluation of the ECMWF ocean reanalysis system ORAS4 QRMS, 2013, 139, 1132–1161
27. Bellucci, A.; Haarsma, R.; Gualdi, S.; Athanasiadis, P. J.; Caian, M.; Cassou, C.; Fernandez, E.; Germe, A.; Jungclaus, J.; Kröger, J.; Matei, D.; Müller, W.; Pohlmann, H.; y Melia, D. S.; Sanchez, E.; Smith, D.; Terray, L.; Wyser, K. & Yang, S. An assessment of a multi-model ensemble of decadal climate predictions *Clim Dyn*, 2015, 44, 2787-2806
28. Brohan, P.; Kennedy, J. J.; Harris, I.; Tett, S. F. B. & Jones, P. D. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850 *JGR*, 2006, 111, D12106
29. Covey, C., K. M. AchutaRao, U. Cubasch, P. Jones, S. J. Lambert, M. E. Mann, T. J. Philips, K. E. Tylor (2003), An overview of results from the Coupled Model Intercomparison Project. *Glob. Planet. Change*, 37, 103-133
30. Goddard, L.; Kumar, A.; Solomon, A.; Smith, D.; Boer, G.; Gonzalez, P.; Kharin, V.; Merryfield, W.; Deser, C.; Mason, S.; Kirtman, B.; Msadek, R.; Sutton, R.; Hawkins, E.; Fricker, T.; Hegerl, G.; Ferro, C.; Stephenson, D.; Meehl, G. A.; Stockdale, T.; Burgman, R.; Greene, A.; Kushnir, Y.; Newman, M.; Carton, J.; Fukumori, I. & Delworth, T. A verification framework for interannual-to-decadal predictions experiments *Clim dyn*, 2013, 40, 245-272
31. Murphy, A. H. Skill scores based on the mean square error and their relationships to the correlation coefficient *Monthly weather review*, 1988, 116, 2417-2424
32. Müller, W. A.; Baehr, J.; Haak, H.; Jungclaus, J. H.; Kröger, J.; Matei, D.; Notz, D.; Pohlmann, H.; von Storch, J. S. & Marotzke, J. Forecast skill of multi-year seasonal means in the decadal prediction system of the Max Planck Institute for Meteorology *GRL*, 2012, 39, L22707
33. Palmer, T. N.; Doblas-Reyes, F. J.; Weisheimer, A. & Rodwell, M. J. TOWARD SEAMLESS PREDICTION Calibration of Climate Change Projections Using Seasonal Forecasts *BAMS*, 2008, 89, 459-470
34. Pohlmann, H.; Müller, W. A.; Kulkarni, K.; Kameswarrao, M.; Matei, D.; Vamborg, F. S. E.; Kadow, C.; Illing, S. & Marotzke, J. Improved forecast skill in the tropics in the new MiKlip decadal climate predictions *GRL*, 2013, 40, 5789-5802
35. Taylor, K.E., R.J. Stouffer, G.A. Meehl, An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93, 485-498, doi:10.1175/BAMS-D-11-00094.1, 2012.
36. Taylor, K. E. SUMMARIZING MULTIPLE ASPECTS OF MODEL PERFORMANCE IN A SINGLE DIAGRAM, PCMDI, 2000