

Schlussbericht

Auftragnehmer: Institut für Meteorologie, FU Berlin
Dr. Eberhard Reimer

Kennzeichen: 9511/203009

Auftragsbezeichnung:

Entwicklung von regionalen Klimaänderungsszenarien für das Gebiet der Elbe unter Einbeziehung des atmosphärischen Stoffeintrags in den Boden (GLOWA)

Laufzeit des Auftrags: 01.05.00-30.04.03

I. Kurze Darstellung zu

1) Aufgabenstellung

Der Einfluss der globalen Klimaänderungen auf den Wasserhaushalt im Elbe Einzugsgebiet sollte untersucht werden. Hierfür wurden die Niederschlagsverhältnisse unter erwarteten Veränderungen der klimatischen Bedingungen für 2020-2049 mit verschiedenen Verfahren abgeschätzt.

Auf der Basis der Kontrollläufe und Klimaänderungsszenarien der Arbeitsgruppe MPI-Hamburg mit den Modellen ECHAM4 und REMO, das mit einer horizontalen Gitterauflösung von 0.5° und 0.16° angewendet wurde, wurden mit Neurofuzzy- und statistischen Verfahren lokale Klimaänderungsszenarien für den Niederschlag im deutschen Einzugsbereich der Elbe berechnet.

Zu diesem Zwecke wurden verschiedene Parameter bestimmt:

- zum einen Großwetterlagen, die zur Beschreibung der großräumigen Wettersituation der Modellläufe verwendet wurden. Dabei sind für den Niederschlag und die 2m-Temperatur getrennt objektive Wetterlagenklassen bestimmt worden,
- zur Beschreibung des großräumigen dynamischen Verhaltens der Großwetterlagen wurde ein neuer dynamischer Index entwickelt, der eine Aussage über den vorherrschenden Zirkulationstyp zulässt,
- für die spätere Erweiterung der Szenarienbildung und für die weitere Modellevaluation von REMO wurden zusätzlich mehrere Jahre Bedeckung und Wolkentyp aus NOAA-Satellitendaten berechnet, mit dem Ziel, eine flächendeckende Wolkeninformation zu erhalten und damit auch eine verbesserte Niederschlagsschätzung aus Beobachtungen zu ermöglichen.

Zu diesem Zwecke wurde auch das Lokalmmodell des Deutschen Wetterdienstes bereitgestellt und für die zweite Phase zur weiteren räumlichen Verbesserung der Auflösung verfügbar gemacht.

Es wurde die horizontale Verteilung der Niederschlags- und der Temperaturänderungen untersucht und ein Verfahren zur Erstellung von 100 Variationen der lokalen Basisszenarien entwickelt.

2) Voraussetzungen, unter denen der FE-Auftrag durchgeführt wurde

Die Ergebnisse des regionalen Modells REMO des MPI wurden im Projektverlauf zur Verfügung gestellt.

3) Planung und Ablauf des Vertrags

Keine Veränderungen zum Antrag

4) Wissenschaftlichem und technischem Stand, an den angeknüpft wurde, insbesondere

a) Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des FE-Auftrags benutzt wurden

Es wurde die Neurofuzzy Software von MATLAB verwendet und auf das Institutsarchiv der NOAA und Meteosatdaten an der FU zugegriffen.

b) Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste

Berger, F.H., 1992. Die Bestimmung des Einflusses von hohen Wolken auf das Strahlungsfeld und auf das Klima durch Analyse von NOAA AVHRR-Daten, Diss. Berlin FU, Meteorologische Abhandlungen, Serie A, Band 6, Heft 3

Bissolli, Peter, Gelhardt,U., 2002. Klimatologische Validierung von ISCCP-Daten der Wolkengesamtbedeckung aus Satellitenquellen mit synoptischen Stationsdaten über Deutschland. Geschäftsbereich Forschung und Entwicklung des Deutschen Wetterdienstes.

Christensen, O.B., Christensen J.H., Machenhauer B., Botzet, M. (1998), Very High - Resolution Regional Climate Simulations over Scandinavia - Present Climate. *Journal of Climate*, Volume11, 3204 - 3228

Enke, W.2001: Regionalisierung von Klimamodell-Ergebnissen des statistischen Verfahrens der Wetterlagenklassifikation und nachgeordneter multipler Regressionsanalyse für Sachsen, Abschlussbericht, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Januar 2001

Fukutome, S., Frei, Chr., Lüthi, D., Schär, Chr. (1999), The Interannual Variability as a Test Ground for Regional Climate Simulations over Japan, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol. 77, No. 3, pp. 649-672

Hagemann, S., Machenhauer, B., Christensen, O.B., Déqué, M., Jacob, D., Jones, R., Vidale, P.L., 2002: Intercomparison of water and energy budgets simulated by regional climate models applied over Europe, *Max-Planck-Institute for Meteorology*, Report 338, Hamburg, Germany.

HARRIS, C.M. (1968): The Pareto distribution as a queue service discipline, *Operations Research* 16, 307 - 313

Jacob, D., 2001: A note to the simulation of the annual and interannual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin, *Meteorol. Atmos. Phys.*77, p. 61-73 .

Jacob, D., Podzun, R., 1997: Sensitivity Studies with the Regional Climate Model REMO, *Meteorol. Atmos. Phys.* 63: p. 119-129.

Kahlert, J; Frank, H.1994: Fuzzy-Logik und Fuzzy-Control

Koslowsky, D., 1996. Mehrjährige validierte und homogenisierte Reihen des Reflexionsgrades und des Vegetationsindex von Landoberflächen aus täglichen AVHRR-Daten hoher Auflösung, Meteorologische Abhandlungen, Serie A, Band 9, Heft 1

Lorenz, P. (1999), Simulation von Starkniederschlägen während des Oderhochwassers 1997 mit REMO. Diplomarbeit im Studienfach Meteorologie angefertigt am Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg

Majewski, D., Doms, G., Edelman, W., Gertz, M., Hanisch, T., Heise, E., Link, A., Prohl, P., Schaettler, U., Ritter, B. (1995): Dokumentation des EM/DM-Systems. Abteilung Forschung, Deutscher Wetterdienst, Offenbach.

MANDELBROT, B. (1960): The Pareto - Levy law and the distribution of income, International Economic Review 1, 79 - 106

NEVIR, P. (1993): Die Hamiltonsche Theorie der Hydrodynamik und ihre Anwendungen in der großräumigen Dynamik der Atmosphäre, Dissertation, FU Berlin

Roeckner, E., Arpe, K., Bengtsson, L., Christoph, M., Claussen, M., Dümenil, L., Esch, M., Giorgetta, M., Schlese, U., und Schulzweida, U. (1996). The atmospheric general circulation model ECHAM-4: model description and simulation of present day climate. Max-Planck Institut für Meteorologie Report No. 218.

Schär, Ch., Frei, Ch., Vidale, P.-L., Kleinn, K., Gurtz, J. (2000), Grenzen und Möglichkeiten der globalen und regionalen Klimamodellierung für die Quantifizierung des Wasserhaushaltes. Klimaforschung ETH, Winterthurstr.190, 8057 Zürich

Schönwiese, Ch. (1995), Klimaänderungen: Daten, Analysen, Prognosen, Springer - Verlag, Berlin Heidelberg New York

Shepherd, James D., Dymond, J.R., 2000. BRDF Correction of Vegetation in AVHRR Imagery, Remote Sensing 74, 397-408
measurements, International Journal of Remote Sensing, Vol.16, No15, 2903-2926

Weare, B.C., 1999. Combined Satellite- and Surface-Based Observations of Clouds, J.Clim., 12 (3), 897-913

c) Zusammenarbeit mit anderen Stellen.

Es wurde mit den Projektteilnehmern von GLOWA-Elbe zusammengearbeitet.

II. Eingehende Darstellung

1. Des erzielten Ergebnisses

Die Niederschlagsverhältnisse (Variabilität, Extrema, räumliche Struktur usw.) der letzten 20 Jahre wurden für das Elbeinzugsgebiet unter Weiterverwendung der ECHAM/Remo-Ergebnisse (dreidimensionales hydrostatisches Klimamodell REgional MOdell) und der Beobachtungen untersucht. Es waren folgende Modellvalidierungsläufe gegeben: 20 Jahre global, 20 Jahre 0.5°, 10 Jahre 0.16°. Alle Ergebnisse wurden 6 stündig zur Verfügung gestellt.

Das Projekt war in der Phase I in mehrere inhaltliche Teilstücke gegliedert, die jeweils separate Berichte im Anhang aufweisen. Das sind:

- die Validierung der ECHAM/REMO-Klimasimulationsläufe
- die Bestimmung von Großwetterlagen
- die Entwicklung und Untersuchung eines dynamischen Zustandsindizes DSI
- die Bestimmung von lokalen Klimaszenarienmodellen mit Neurofuzzy-Methoden
- die Erstellung von mehrjährigen flächenhaften Wolkenanalysen Satellitendaten.

a.) Validierung des Klimamodells REMO

Im Vergleich der täglichen Niederschlags-, Temperatur-, Wind- und Feuchtemessungen der ca. 320 Messstationen im deutschen Teil des Elbeinzugsgebiets zu den Modellergebnissen wurde die Darstellung der zeitlichen und räumlichen Strukturen untersucht.

Ziel war es, die Modellqualitäten des regionalen Klimamodells REMO bei unterschiedlicher horizontaler Auflösung im Bereich des Elbeinzugsgebiets zu überprüfen. Dabei waren die Wasserhaushaltsgrößen Verdunstung und Niederschlag von besonderem Interesse. Als wesentliches Klimaelement sollte außerdem die Modelltemperatur validiert werden.

Die Validierung des Niederschlags und der Temperatur konzentrierte sich zum einen auf den Vergleich klimatologischer Mittelwerte zwischen Modell und Beobachtung. Zum anderen wurden verschiedene statistische Methoden verwendet, um die Simulationsqualitäten der Modelle in Bezug auf natürliche interannuelle Variationen und räumliche Strukturen zu untersuchen. Ein weiterer Bestandteil der Modellprüfung stellte die Auswertung der Simulationsergebnisse in Hinblick auf Extremereignisse dar.

Insgesamt gesehen waren die Unterschiede zwischen den beobachteten und simulierten jährlichen Niederschlagsintensitätsverteilungen relativ gering.

Zufriedenstellende Ergebnisse bei der Simulation der interannuelle Niederschlagsvariabilität gab es nur im Winter. Das hierbei verwendete Validierungsverfahren nach Lüthi et al. (1996) machte zusätzlich deutlich, dass das Signal natürlicher Jahresschwankungen von den Modellen umso schlechter erfasst wurden konnte, je schwächer die beobachteten Jahresschwankungen ausgeprägt waren.

Die räumliche Variationsstruktur des Niederschlags wurde mithilfe der Variographie untersucht. In den Beobachtungsdaten ließen sich diesbezüglich große Unterschiede in Abhängigkeit vom Niederschlagstyp feststellen. Beim Übergang von überwiegend großskaligem Niederschlag im Winter zum konvektiven Niederschlagstyp im Sommer nahmen die räumlichen Korrelationen zwischen den Niederschlagsmessungen an verschiedenen Orten ab.

Diese beobachteten Charakteristika wurden von beiden REMO-Versionen tendenziell

erfasst, auch wenn der Grad der räumlichen Korrelationen dabei systematisch überschätzt wurde und der Fehler im Sommer größer als im Winter war. Letzteres deutete wieder daraufhin, dass es in Bezug auf der Simulation konvektiver Niederschlagsereignisse noch größere Probleme gibt.

Die Strukturanalyse zeigte, dass nur die REMO Modellversion mit 0.16° Auflösung in der Lage ist, der topographischen Gliederung gerecht zu werden, also Luv - Lee – Effekte im Mittelgebirgsraum wiederzugeben. Das gilt auch für die Strukturbetrachtung in Abhängigkeit von Großwetterlagen. Dabei wird die Jahresamplitude der Temperatur von den Modellen stark überschätzt.

Der Vergleich der beobachteten Niederschlags- und Temperaturstrukturen zu den Modellergebnissen zeigt die bestehenden Schwierigkeiten bei der Modellierung, die durch eine höhere horizontale Auflösung verringert werden können.

b.) Großwetterlagen

Ziel war die Regionalisierung von Klimamodell-Ergebnissen mit dem statistischen Verfahren der Wetterlagenklassifikation und nachgeordneter multipler Regressionsanalyse. Für das Elbegebiet mit seinem spezifisch gegliederten Gelände wurde ein mehrfach erprobtes Verfahren der objektiven Wetterlagenklassifikation mit nachgeordneter Regressionsanalyse angepaßt.

Die Großwetterlagen wurden anhand historischer Datenreihen abgeleitet. Dabei wurden mit umfangreichen Simulationen und Tests die optimale Modellkonfiguration (z.B. Klassenanzahl, Einbindung von Informationen verschiedener Geopotentialflächen und Zeitniveaus, regional unterschiedliche Gewichtung von Informationen) bestimmt.

Durch eine wetterlagenbedingte Screening-Regressionsanalyse mit langen Reihen täglicher Beobachtungsdaten meteorologischer Stationen wurde eine Kopplung zwischen Wetterelementen in Bodennähe und Geopotential-, Temperatur- und Feuchteanalysen der "freien" Atmosphäre vorgenommen und eine Beschreibung objektiver Zirkulationsmuster für die 4 Jahreszeiten generiert. Die gemittelten Zeitreihen der Prediktanden Niederschlag, Temperatur, Sonnenscheindauer, Bedeckungsgrad wurden den Großwetterlagen zugeordnet.

Das Verfahren wurde für die Kontrollläufe und Szenarien der ECHAM/REMO Simulationen des MPI-Hamburg angewendet und dem Neurofuzzy-Verfahren bereitgestellt.

c.) Dynamical State Index DSI

Zu den Großwetterlagen wurde eine Zustandgröße gestellt, um die zeitliche Dynamik der großräumigen Strukturen zu beschreiben. Hierzu wurde eine neue Energie-Wirbelbeziehung eingeführt, die als globale Kennzeichnung atmosphärischer Strömungsregime und Wetterlagen dient. Mit diesem Kriterium ist der Einfluß der konservativen nichtlinearen Dynamik vom diabatischen Antrieb (externer solarer Strahlungsantrieb) und dissipativen Prozessen (Reibung, Wärmeleitung, Phasenumwandlungen des Wassers) zu trennen.

Die neu entwickelte Energie-Wirbeltheorie der Hydrodynamik (Névir, 1998) zeigt, daß die Grundgleichungen der atmosphärischen Dynamik direkt mit den globalen Erhaltungsgrößen der Atmosphäre formuliert werden können. Die fundamentalste Erkenntnis der neuen Darstellung ist die Gleichrangigkeit der Energie und einer vom Modell abhängigen Wirbelerhaltungsgröße. Damit können die typischen hydrodynamischen Erhaltungsgrößen, wie die Wirbelerhaltungsgrößen, aber auch die Masse oder die Entropie bei adiabatischen Prozessen direkt verwendet werden.

Die Bestimmung des DSI wurde für verschiedene Auflösungen und räumliche Mittel untersucht. Ein sowohl für die Theorie, als auch für die praktische Umsetzung des DSI wesentlicher Umstand war nun die Tatsache, daß die zeitlichen Skalen von Instationarität ('Wetter' - Skala) einerseits, sowie Antrieb und Dissipation (saisonale bis 'Klima' - Skala) andererseits genügend differieren, um eine Skalentrennung zu versuchen. Dies geschah in der Praxis durch unterschiedliche Mittelbildung, wobei räumliche Mittelung mehr die Instationarität, zeitliche Mittelung (oder Glättung) mehr die Wirkung von Antrieb und Dissipation zur Geltung brachte. Durch eine klassenbezogene Korrelation mit den Großwetterlagen nach Hess und Brezowsky und der Bodentemperatur und dem Niederschlag zeigte sich, dass ein (im Flächenmittel) positiver DSI eher mit antizyklonal, und ein negativer DSI hingegen eher mit zyklonal geprägten großräumigen Wetterlagen verbunden ist und eine Aussage über die Entwicklung von großräumigen Gradienten ermöglicht.

Insgesamt wurde dargestellt, dass der DSI ein grundlegender, dem Wetter- und Klimasystem in besonderer Weise angepaßter physikalischer Kopplungsparameter ist und in Verbindung mit Großwetterlagen für eine lokale Modellierung der Klimavariablen nutzbar ist.

d.) lokale Klimaszenarien

Für eine Anzahl komplexer Prozesse lässt sich kein einfaches mathematisches Modell erzeugen, das in der Lage ist, aus Beobachtungsdaten Prädiktionswerte für gewisse andere Prozessgrößen zu gewinnen.

In diesem Teil wurde versucht, die meteorologischen Daten (Temperatur, Niederschlag, Globalstrahlung, Wind, relative Feuchte, Bedeckungsgrad, Verdunstung) für den Zeitraum 2000-2055 für 75 Stationsstandorte im Elbeinzugsgebiet mit Hilfe von Neurofuzzy-Modellen zu prognostizieren. Dabei wurde die Software im Rahmen von MATLAB verwendet.

Das Fuzzy Inferenz System (FIS) ist die Formulierung einiger Verfahren von einer gegebenen Eingabe zu einer Ausgabe mit Hilfe der Fuzzy Logik.

Das FIS wurde erfolgreich in vielen Feldern wie der Datenklassifikation verwendet. Mit einem FIS wird ein nichtlinearer Zusammenhang zwischen der Eingangsgröße und der Ausgangsgröße hergestellt. Um ein FIS an einen technischen Prozess zu koppeln, muss es in der Lage sein, auf scharfe Eingangsgrößen zu reagieren und eine passende scharfe Ausgangsgröße als Regelantwort zu liefern.

Das FIS besteht aus 5 Phasen und zwar, Fuzzyfizierung der Eingaben, Verwendung der Operatoren auf Fuzzy- Mengen, Anwendung der Implikationsmethoden, Aggregation aller Ausgaben und Defuzzyfizierung.

Für die Modellkette ECHAM/REMO wurden jeweils für den Kontrolllauf Großwetterlagenstatistiken mit einem dazugehörigen Erwartungswert zum Jahresgang

ermittelt. Die Differenzen zu den Beobachtungen ergaben die Basisreihen für die Fuzzy-Modelle. Mit einem Screeningverfahren wurden die optimalen Modellparameter bestimmt und für die jeweilige Beobachtungsstation lokale Modelle erstellt. Dabei gingen neben den Großwetterlagen auch die mittlere Temperatur der unteren Troposphäre, die Wirbelgröße, und Bodendaten mit ein.

Die Modelle wurden dann auf die Szenarienkäufe der ECHAM/REMO-Klimamodelle angewendet und für den Zeitraum 2001- 2055 lokale Basisszenarien berechnet. Dabei wurde über entsprechende Anpassungstaktiken Sorge getragen, dass die Kontrollzeitreihen ohne Bruch in die Szenarienkäufe übergingen.

Um die erforderlichen 100 Variationen um das Basisszenario zu erzeugen, wurde mit einem Zufallsprinzip der lineare Trend, die Jahres-, Monats- und Wochengänge des Niederschlags und der Temperatur variiert. Dabei wurde zunächst nur auf eine gemeinsame Stationszuordnung für die verschiedenen zeitlichen Abweitungstypen geachtet, da nur ein lokales Unschärfesignal für die nachfolgenden hydrologischen Rechnungen erstellt werden sollte.

Die mittleren Trends für die Temperatur, Niederschlag und Verdunstung der Fuzzymodelle sind denen der ECHAM4- und ECHAM/REMO-Szenarien grundsätzlich ähnlich.

Im Raum Brandenburg/Sachsen-Anhalt ist der Temperaturtrend im Mittel über das ganze Jahr negativ, wobei die auf ECHAM4 beruhenden Neurofuzzy-Modelle Trends zwischen 0.2 bis 0.8 K / 55 Jahre zeigen, die auf REMO basierenden Modelle sind etwas gedämpfter. Die Jahreszeiten sind jedoch sehr unterschiedlich. Der separate Frühjahrstrend zeigt die stärkste Abnahme.

Beim Niederschlag zeigen die auf ECHAM4 basierenden Modelle nur negative mittlere Trends, die zwischen -13 und -59 mm / 55 Jahre liegen. Die Unterschiede sind stark bei der Trendaufschlüsselung nach Jahreszeiten. So zeigen die Winter eine Zunahme der Niederschlagssumme, während Frühjahr und Herbst eine starke Abnahme aufweisen.

Die REMO-basierten Modelle weisen dagegen auch positive Trends im Fläming und westwärts auf. Die Sommer und Winterniederschlagssummen zeigen überwiegend einen leicht positiven Trend auf. Die Trends der Frühjahrs- und Herbstsummen sind negativ mit Ausnahme der Region Fläming und Altmark.

Die Verdunstung weist bei allen ECHAM4-basierten Modellen entsprechend negative Trends. Die REMO-basierten Modelle zeigen auch hier ein differenzierteres Bild, wobei im Frühjahr die Werte stärker abnehmen und im Herbst positiv werden.

Die Untersuchungen zeigen, dass die Klimamodelle ECHAM4 und ECHAM/REMO unterschiedliche Ergebnisse bringen und in der Folge auch die lokalen Modelle unterschiedlich sind. Die Fuzzy-Modelle ermöglichen die lokale Korrektur der ECHAM/REMO-Simulationen, die weiterhin komplexe Trends aufweisen. Die höhere horizontale Auflösung des REMO ergibt eine topographieangepasste Beschreibung der Großwetterlagen und Jahresverläufe, die sich als sinnvoll auch bei der Downscaling-Prozedur erweisen.

e.) Wolkenparameter

In Vorbereitung der nächsten Phase des Projekts GLOWA-Elbe wurden Parameter für eine weitere Verbesserung der horizontalen Modellauflösung bestimmt.

Dafür wurden Satellitendaten der Jahre 1990 bis 2000 der NOAA AVHRR-1km- und des METEOSAT-Satelliten herangezogen. Es wurden die Tagesumläufe von NOAA-11 bis September 1994 und die Tagesumläufe von NOAA-14 ab Januar 1995 bis 2000 untersucht. Die Daten des sichtbaren Kanals (0.55-0.7 μ m) und des nahen Infrarot Kanals (0.7 – 1.1 μ m) wurden für jeden Tag dieser Jahre durch eine BRDF- Korrektur korrigiert und anschließend klassifiziert. Für diese Arbeit wurde ein entsprechender Ausschnitt von 8E/48N bis 8E/54N und 17E/54N bis 17E/48E, der das Elbe-Einzugsgebiet für GLOWA enthält, bearbeitet. Aus den Klassifikationsergebnissen wurden der Wolken-Bedeckungsgrad abgeleitet, so dass Wolkentyp und Bedeckungsgrad mit den synoptischen Daten verglichen werden konnten.

Die verwendeten Beobachtungsdaten enthalten Niederschlagsmengen in unterschiedlicher zeitlicher Auflösung. Deshalb wurden die Klassifikationsergebnisse zu den Wettermeldungen in Beziehung gesetzt. So wurden die stündlichen Niederschläge mit den Wolken und Wettertypen kombiniert und in einem ersten Schritt eine Niederschlagsanalyse über die Wolkenklassifikationen aus NOAA und Meteosat erstellt, die sich über die jeweilige Häufigkeitsverteilung ergab.

Diese Daten können dann in Vergleich zu den Modellergebnissen der Kontrollläufe gesetzt werden. In der Planung war hierfür zusätzlich das Lokale Modell des Deutschen Wetterdienstes mit einer horizontalen Auflösung bis zu 2km in Vorbereitung.

In der ersten Phase wurden bereits für 1990 bis 2000 horizontal hochaufgelöste Felder der Bewölkung und des NDVI aus NOAA und Meteosat erstellt, um eine Statistik zu extremen, lokalen Niederschlägen, in lokalen Schauern und über Flächen zu gelangen.

2. Des Voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses

Die auf der globalen und regionalen Modellierung basierenden Neufuzzy-Verfahren stellen mögliche Varianten für das mögliche Klima in 2020-2049 dar. Sie stellen im Vergleich zu anderen Methoden insbesondere von GLOWA-Elbe gemischte Verfahrenweisen dar, da die Klimamodellergebnisse in erweiterter Form in die lokalen Regelwerke eingehen. In konsequenter Weiterentwicklung wäre zum jeweiligen Klimamodell eine flächenhafte lokale Korrektur möglich; ein Vorgehen, das der Modeloutput-Statistik bei meteorologischen Kurzfristprognosen entspricht.

Die Wolkenanalysen sind für eine Modellverifikation und für Parametrisierungen zu verwenden.

3. Des während der Durchführung des FE-Auftrags dem AN bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Auftrags bei anderen Stellen

keine

4. Der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des FE-Ergebnisses nach §11

NEVIR, P. und BRAND, S. (2002): Wenn Energie und Wirbelgrößen sich verbinden - Ein dynamischer Wetter - und Klima - Zustandsindex, In : Der belebte Planet, Sonderheft der Berliner Geowissenschaftlichen Abhandlungen zum Jahr der Geowissenschaften, 118

Oestreich A., Langer, I., Reimer, E., Koslowsky, D., 2003. Wolken und Niederschlag aus Satellitenmessungen: eine 11-jährige Reihe für das Elbe-Einzugsgebiet. Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung, 2003/6, 330-333.

Reimer, E., et al. 2002. Entwicklung von regionalen Klimaänderungsszenarien für das Gebiet der Elbe unter Einbeziehung des atmosphärischen Stoffeintrags in den Boden. Poster anlässlich der Science-Fair in Berlin.