

6 Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

6.1 Zusammenfassung

Die Modelldaten des Regionalmodells WettReg liefern in keiner Jahreszeit (meteorologischer Winter (DJF), hydrologisches Winterhalbjahr (hWH) und erstes Quartal (Q1)) zufriedenstellende Ergebnisse in Bezug auf die Standardabweichung, Ausprägung der Extrema und die Mehrjährigkeit von Trocken- beziehungsweise Nassjahren. Die Mittelwerte werden sowohl von den WettReg- als auch von den WettReg+NAO-Daten gut getroffen. Im Vergleich der Standardabweichungen zwischen Beobachtungsdaten (DWD) und den Modelldaten (WettReg) in Kapitel 3 weisen die WettReg-Daten geringere Werte auf als die DWD-Daten. Diese streuen wesentlich stärker um ihren Mittelwert. Durch die fehlende Streuung der WettReg-Daten bilden sich nicht die Extrema und Mehrjährigkeiten der DWD-Daten aus. Um die Eigenschaften der WettReg-Daten näher an die der DWD-Daten zu bekommen, wurden in dieser Arbeit Skalierungsfaktoren gesucht, mit denen NAO-Indices auf die WettReg-Daten aufgeprägt werden können.

Aus der Arbeit von Jansky (2009) kann entnommen werden, dass eine signifikante Korrelation zwischen Beobachtungsdaten des Niederschlags und Beobachtungsdaten des NAO-Indexes im Winter (DJF, hWH und Q1) besteht und dass daher der NAO-Index insbesondere im Winter für einen Skalierungsfaktor geeignet ist. Desweiteren konnte entnommen werden, dass der NAO-Index in diesen Jahreszeiten am ehesten für eine Verbesserung von Standardabweichung, Extrema und Mehrjährigkeit taugt.

Um eine Skalierung von Niederschlagsdaten des Modells WettReg vornehmen zu können, werden Modelldaten des NAO-Indexes benötigt. Diese wurden für die Arbeit aus Luftruckdaten des Globalmodells ECHAM5 berechnet (siehe Kapitel 2.2.1), welches auch als Antrieb für das Regionalmodell WettReg dient. Die Berechnung ist für den NAO-Azoren und für den NAO-Gibraltar über drei Jahreszeiten (DJF, hWH, und Q1) durchgeführt worden. Um die am besten geeignete Jahreszeit und den am besten geeigneten NAO-Index feststellen zu können, wurden diese in Kapitel 4 anhand von Standardabweichungen, Extrema und Mehrjährigkeiten miteinander verglichen. Dabei hat sich das erste Quartal des NAO-Gibraltars als am geeignetsten herauskristallisiert.

Um den NAO-Index als Skalierungsfaktor auf die Niederschlagsdaten aufprägen zu können, wurden in Kapitel 2.3 zwei mathematische Funktionen ermittelt. Die Funktion aus Gleichung 6 dient zur Aufprägung von NAO-Indices auf Zeitspannen von sechs Monaten. Die Funktion aus Gleichung 7 ist für Aufprägungen auf Zeiträume von drei Monaten ausgelegt.

Durch diese Funktion und die Eigenschaften des NAO-Gibraltars aus dem Q1 ist die Ausprägung der Extrema und Mehrjährigkeiten der WettReg-Daten deutlich verbessert worden. Dafür wurde in Kapitel 5 ein Vergleich zwischen den DWD- und den skalierten WettReg+NAO-Daten vorgenommen. Der Vergleich ist für den DJF, hWH und das Q1 durchgeführt worden. Für den DJF und für das hWH liegen die skalierten Daten in Bezug auf die Standardabweichung und die Ausprägung der Extrema und Mehrjährigkeit nahe an den DWD-Daten. Im Q1 ist für das Minimum ein zu kleiner Wert festgestellt worden (siehe Kapitel 5.2)

6.2 Diskussion der Ergebnisse

In der Arbeit wurden DWD-Beobachtungsdaten und WettReg-Modelldaten des Niederschlages und CRU-Beobachtungsdaten mit ECHAM5-Modelldaten der NAO-Indices untereinander verglichen. Die Vergleiche fanden alle für den Referenzzeitraum (1971-2000) statt. Die durch den Vergleich als für am besten geeignet befundenen NAO-Daten wurden mittels eines Skalierungsfaktors auf die WettReg-Daten aufgeprägt.

Der Vergleich der Niederschlagsdaten ist für die drei Jahreszeiten DJF, hWH und Q1 durchgeführt worden. Der Vergleich zwischen den Modelldaten des NAO-Index ist für den NAO-Azoren und NAO-Gibraltar über dieselben Jahreszeiten wie beim Niederschlag durchgeführt worden.

Für die Vergleiche sind die Daten verschiedenartig aufbereitet worden. Die Niederschlagsdaten wurden durch das Programm IDP monatlich für das Hessenmittel ausgegeben. Daher mussten die jeweiligen Monatsdaten zu den gewünschten Jahreszeiten gemittelt werden.

Die Luftruckdaten für die Berechnung der NAO-Indices wurden über den Climate Explorer monatlich ermittelt. Daher fand auch hier eine Mittelung über mehrere Monate für die gewünschte Jahreszeit statt.

Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

Ziel war es, einen geeigneten NAO-Index zu finden, um diesen über Skalierungsfaktoren auf die WettReg-Daten aufzuprägen. Nach der Aufprägung sollten die WettReg-Daten ähnliche Werte bei Standardabweichung, Extrema und Mehrjährigkeit liefern, wie die DWD-Daten.

Die durchgeführten Vergleiche und Berechnungen kamen zu folgenden Ergebnissen:

Vergleich der Niederschlagsdaten zwischen DWD und WettReg.

Der Vergleich zwischen DWD- und WettReg-Daten aus dem Referenzzeitraum (1971-2000) hat in dieser Arbeit gezeigt, dass die WettReg-Daten die Ausprägung der Standardabweichung und den Extrema nur unzureichend und die Variabilität der Mehrjährigkeit gegenüber den DWD-Daten gar nicht wiedergeben. Die Mittelwerte werden auch schon von den WettReg-Daten gut getroffen.

Vergleich der NAO-Indices zwischen CRU und ECHAM5

In diesem Vergleich wurden NAO-Indices aus Beobachtungsdaten des CRU mit Modelldaten des ECHAM5-Modells verglichen. Ein Vergleich fand über die Standardabweichungen, die Extrema und die Mehrjährigkeit im Referenzzeitraum (1971-2000) statt.

Standardabweichung: Das Q1 weist die höchsten Werte und die größte Übereinstimmung auf.

Bei der Betrachtung der Standardabweichung ist die geringste Differenz zwischen CRU- und ECHAM5-Daten im Q1 des NAO-Gibraltar ermittelt worden. Beide Datenreihen wiesen mit dem Wert 1,26 die gleiche Standardabweichung auf (Tabelle 8). Hohe Standardabweichungen geben eine starke Streuung der Werte einer Datenreihe um ihren Mittelwert wieder. Dies hat zur Folge, dass sich viele Werte weit von ihrem Mittelwert entfernt befinden, was zu starken Extrema und starker Ausprägung der Mehrjährigkeit führt. Das Q1 hat beim NAO-Gibraltar mit 1,26 den höchsten Wert aller Standardabweichungen. Der Gibraltar-Index aus dem DJF und hWh sowie alle Azoren-Indices liegen unterhalb des Ergebnisses.

aufgeprägt. Dafür sind die Funktionen aus Kapitel 2.3 angewendet worden. Die Aufprägung wurde für Daten des Referenzzeitraums (1971-2000) durchgeführt.

In Kapitel 5 ist ein Vergleich zwischen DWD- und WettReg+NAO-Daten dargestellt. Mithilfe des Vergleichs sollte festgestellt werden, ob durch die Aufprägung der Skalierungsfaktoren auf die WettReg-Modelldaten, diese eine Verbesserung in Bezug auf Standardabweichung, Extrema und Mehrjährigkeit in Richtung DWD-Beobachtungsdaten gemacht haben.

Standardabweichung: Die Differenzen zwischen den Standardabweichungen der Beobachtungsdaten und der Modelldaten haben sich durch die Aufprägung verringert.

Der Vergleich der Standardabweichungen zwischen DWD- und WettReg+NAO-Daten für DJF, hWH und Q1 hat gezeigt, dass durch die Aufprägung der Skalierungsfaktoren die Werte der WettReg+NAO-Daten dichter an den DWD-Daten liegen als bei den WettReg-Daten.

Im DJF lag der Wert für die Standardabweichung der WettReg-Daten vor der Aufprägung bei 18,8 mm. Nach der Aufprägung des Skalierungsfaktors (Gleichung 7) ist ein Wert von 82,37 mm erreicht worden. Die Standardabweichung der DWD-Daten beträgt für den DJF 63,34 mm. Die Differenz zwischen Beobachtungsdaten und Modelldaten hat sich von 44,54 ohne Aufprägung auf 19,03 mm mit Aufprägung verringert.

Vor der Aufprägung betrug der WettReg-Wert der Standardabweichung für das hWH 25,9 mm. Nach der Aufprägung ist ein Wert von 82,7 mm erreicht worden. Die Standardabweichung der DWD-Daten hat beim hWH einen Wert von 80,03 mm. Die Differenz zwischen den Standardabweichungen aus Beobachtungsdaten und Modelldaten hat sich somit von 54,13 mm vor der Aufprägung auf sehr geringe 2,67 mm nach der Aufprägung verringert.

Im Q1 hatte die Standardabweichung für die WettReg-Daten den Wert 17,3 mm. Für den DWD wurde eine Standardabweichung von 61,8 im Q1 ermittelt. Nach der Aufprägung des NAO-Indexes ist die Standardabweichung für die WettReg+NAO-Daten auf 81,4 mm angewachsen. Somit hat sich die Differenz zwischen Beobachtungsdaten des DWD und

Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

Modelldaten von 44,5 mm bei dem WettReg-Wert auf 19,8 mm beim WettReg+NAO-Wert verringert.

Vor der Aufprägung der Skalierungsfaktoren lagen die Standardabweichungen der WettReg-Daten für alle drei Jahreszeiten (DJF, hWH und Q1) weit unter denen der DWD-Daten ($\sigma_{WettReg} < \sigma_{DWD}$). Durch die Aufprägung sind die Modelldaten so weit angestiegen, dass die Standardabweichungen für die WettReg+NAO-Daten in allen drei Jahreszeiten über denen der DWD-Daten liegen ($\sigma_{WettReg+NAO} > \sigma_{DWD}$).

Extrema: Die WettReg-Daten geben nach der Aufprägung des Skalierungsfaktors die Extrema der DWD-Daten exakter wieder.

Es wurden die Extrema zwischen DWD und WettReg+NAO für den DJF, das hWH und das Q1 verglichen. Die WettReg-Daten geben die Extrema der DWD-Daten nach der Aufprägung des Skalierungsfaktors sehr gut wieder.

Im DJF wurde durch den DWD ein Niederschlagsmaximum von 331,8 mm gemessen. Das Minimum betrug für den Referenzzeitraum in dieser Jahreszeit 53,3 mm. Durch die Aufprägung des Skalierungsfaktors werden die Extrema auch in dieser Jahreszeit gut wiedergegeben. Das Maximum der WettReg+NAO-Daten beträgt für den meteorologischen Winter 364,9 mm und das Minimum 38,1 mm. Vor der Aufprägung haben die WettReg-Daten des DJF ein Maximum von 225,9 und ein Minimum von 153,4 mm wiedergegeben. Die WettReg-Daten haben vor der Aufprägung für das Maximum einen um 105,9 mm zu geringen Wert angezeigt. Das WettReg+NAO Maximum liegt 33,1 mm über dem DWD-Wert. Im Falle des Minimums lag der WettReg-Wert um 100,1 mm über dem DWD-Wert. Nach der Aufprägung befindet sich das Minimum der WettReg+NAO-Daten um 15,2 mm unter dem Minimum der DWD-Daten.

Beim hWH beträgt das Niederschlagsmaximum für die DWD-Daten 544,6 mm und das Minimum 200,9 mm. Die WettReg+NAO-Daten erreichen nach der Aufprägung ebenfalls ein Maximum von 544,6 mm. Das Minimum beträgt nach der Aufprägung 213,36 mm. Vor der Aufprägung lag das WettReg Maximum bei 432 mm und das Minimum bei 338,7 mm. Die Modelldaten haben vor der Aufprägung für das Maximum einen um 112,6 mm zu niedrigen Wert wiedergegeben. Durch den Skalierungsfaktor liegt der Wert jetzt auf gleicher Höhe mit den DWD-Niederschlagsdaten. Beim Minimum haben die WettReg-Daten vor der

Aufprägung einen um 137,8 mm zu hohen Wert wiedergegeben. Nach der Aufprägung liegt der WettReg+NAO-Wert noch um 12,46 mm über dem DWD-Wert.

Für das Q1 liegt das Niederschlagsmaximum des DWD bei 331,3 mm. Das Minimum liegt in dieser Jahreszeit für die DWD-Daten bei 80,1 mm. Nach der Aufprägung wird für das Q1 das Maximum der DWD-Daten durch die WettReg+NAO-Daten gut wiedergegeben. Das Minimum wird aufgrund eines niedrigen negativen NAO-Gibraltar-Indexes (-2,78) im Q1 nicht ganz so gut wiedergegeben. Das Maximum der WettReg-Daten liegt im Q1 bei 241,8 mm und das Minimum bei 145,8 mm. Das Maximum der WettReg+NAO-Daten liegt bei 357,3 mm. Das Minimum der WettReg+NAO-Daten ist nach der Aufprägung auf 19,9 mm abgesunken. Vor der Aufprägung haben die WettReg-Daten für das Maximum einen um 89,1 mm zu geringen Wert aufgewiesen. Das Minimum lag um 65,1 mm über dem der DWD-Daten. Das Maximum der WettReg+NAO-Daten liegt durch die Aufprägung des Skalierungsfaktors um 26 mm über dem DWD-Wert. Das Minimum ist um 60,2 mm niedriger als das des DWD.

Bei den Extrema sind durch die Aufprägung des Skalierungsfaktors alle Maxima der WettReg+NAO-Daten stärker ausgeprägt als die DWD-Werte. Im Falle der Minima sind das Minimum des DJF und des Q1 stärker ausgeprägt als die DWD-Daten. Das Minimum der Modelldaten des hWH liegt nach der Aufprägung noch leicht über dem der Beobachtungsdaten.

Nach der Aufprägung werden die Extrema der Beobachtungsdaten durch die WettReg+NAO-Daten besser wiedergegeben als durch die WettReg-Daten vor der Aufprägung.

Mehrjährigkeit: Die Modelldaten haben durch den Skalierungsfaktor eine Mehrjährigkeit bekommen.

Eine Mehrjährigkeit konnte bei den WettReg-Daten des Referenzzeitraums vor der Aufprägung für den DJF, das hWH und das Q1 nicht festgestellt werden. Es befanden sich keine Datenpunkte 50 mm oder mehr von deren Mittel entfernt. Durch die Aufprägung der Skalierungsfaktoren haben die WettReg-Daten für alle drei Jahreszeiten eine Mehrjährigkeit.

Im DJF liegt die Mehrjährigkeit der Modelldaten nach der Aufprägung geringfügig höher als die der DWD-Daten. Für die WettReg+NAO-Daten liegt zweimal eine zweijährige positive Langphase beziehungsweise einmal eine zweijährigen und einmal eine dreijährige negative Langphase vor. Im Falle der DWD-Daten des DJF sind zweimal eine zweijährige positive Langphase und einmal eine zweijährige negative Langphase in Tabelle 20 eingetragen.

Im hWH liegen bei den WettReg+NAO-Daten zweimal eine zweijährige und einmal eine dreijährige positive Langphase vor. Für die negativen Langphasen ist einmal eine zweijährige und einmal eine dreijährige Langphase eingetragen. Damit verzeichnen die WettReg+NAO-Daten ähnliche Mehrjährigkeiten wie die DWD-Daten. Diese verzeichnen für das hWH einmal eine zweijährige positive Langphase, beziehungsweise einmal eine zweijährige und einmal eine dreijährige negative Langphase.

Im Q1 zeigen die WettReg+NAO-Daten für die positiven Langphasen zweimal eine zweijährige und einmal eine dreijährige Langphase. Für die negativen Langphasen ist einmal eine dreijährige Langphase eingetragen. Bei den DWD-Daten liegen zweimal eine zweijährige positive Langphase und einmal eine zweijährige negative Langphase vor. Damit zeigen die Modelldaten eine etwas stärker ausgeprägte Mehrjährigkeit als die Beobachtungsdaten.

Durch die Aufprägung der Skalierungsfaktoren weisen die WettReg+NAO-Daten jetzt eine größere Mehrjährigkeit auf als die Beobachtungsdaten.

6.3 Ergebnis

Mit der Aufprägung der Skalierungsfaktoren aus Kapitel 2.3 auf die Modelldaten des WettReg-Modells wurde das Ziel erreicht, die Eigenschaften der Niederschlagsdaten des DWD in Bezug auf Standardabweichung, Extrema und Mehrjährigkeit in den WettReg+NAO-Daten darzustellen. In allen untersuchten Bereichen lagen die Modelldaten nach der Aufprägung näher an den Beobachtungsdaten als zuvor. Allerdings sind überall (bis auf das Minimum der WettReg+NAO-Daten aus dem hWH), wo vorher Unterschreitungen in den Modelldaten gegenüber den Beobachtungsdaten festgestellt wurde, nach der Aufprägung leichte Überschreitungen in den Modelldaten festzustellen.

6.4 Ausblick

In dieser Arbeit wurden die Schritte aus der Bachelorarbeit von Frau Jansky durch weitere Schritte ergänzt, um einen Skalierungsfaktor für die Aufprägung von NAO-Indices auf WettReg-Modelldaten zu finden.

Dabei wurden die folgenden Faktoren entwickelt:

$$RR_{NAO} = \overline{RR} + 0,18 * (RR_i * NAO_i)$$

$$RR_{NAO} = \overline{RR} + 0,36 * (RR_i * NAO_i)$$

Die Faktoren sind in dieser Arbeit auf Modelldaten für den Niederschlag des Referenzzeitraums (1971-2000) aufgeprägt worden. Der Niederschlag zeigt nach der Aufprägung der Skalierungsfaktoren leichte Überschreitungen in den Eigenschaften Standardabweichung, Extrema und Mehrjährigkeit. Die Skalierungsfaktoren könnten nun in weiteren Schritten verfeinert werden, um noch näher an die DWD-Eigenschaften zu kommen.

Durch die Skalierungen besteht jetzt die Möglichkeit, Modelldaten für den Zukunftszeitraum (2001-2100) zu generieren und dabei realere Prognosen für die Niederschlagsmengen im Hessenmittel zu erstellen.