

Peter Knippertz: Niederschlagsvariabilität in Nordwestafrika und der Zusammenhang mit der großskaligen atmosphärischen Zirkulation und der synoptischen Aktivität. 2003

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Zusammenhang zwischen der räumlichen und zeitlichen Niederschlagsvariabilität in Nordwestafrika und der großskaligen atmosphärischen Zirkulation bzw. synoptischen Aktivität. Der Schwerpunkt liegt dabei auf einem besseren, regional differenzierten Verständnis der physikalischen Mechanismen der Niederschlags-erzeugung, die zunächst für tropisch und extratropisch induzierte Niederschläge getrennt betrachtet werden. Mit der Untersuchung der Variationen im atmosphärischen Ast des Wasserkreislaufes liefert die vorliegende Arbeit einen Beitrag zum interdisziplinären Forschungsprojekt IMPETUS (Integratives Management-Projekt für einen effizienten und tragfähigen Umgang mit Süßwasser in Westafrika), das sich mit Veränderungen des hydrologischen Zyklus in zwei ausgewählten Flusseinzugsgebieten in Westafrika und ihren sozio-ökonomischen Implikationen befasst. Die Untersuchungen für den extratropisch dominierten Winter werden im Wesentlichen mit Hilfe von Komposit- und Korrelationsstudien auf Basis von monatlichen Daten durchgeführt. Außerdem wird eine Routine zur Identifizierung von Höhentrogachsen vorgestellt. Es werden drei Regionen mit verschiedenen Niederschlagsregimen betrachtet, deren Unterschiede sich im Wesentlichen auf die Orographie zurückführen lassen. Für den Norden und Westen Marokkos zeigt sich eine klare Abhängigkeit des Niederschlages von der Position und Stärke des nordatlantischen Stormtracks (sichtbar in Baroklinität, Stormtrack-Intensität und Zyklonenhäufigkeit). Regenbringende synoptische Situationen sind oft durch einen Höhentrog und/oder eine zusätzliche Zyklone westlich der Iberischen Halbinsel sowie überwiegend westliche Wetterlagen mit Feuchteadvektion vom Atlantik gekennzeichnet. Im diesem Gebiet beobachtet man eine starke negative Korrelation zur Nordatlantischen Oszillation, vor allem wenn sich ihr subtropisches Zentrum weit im Osten befindet. Die Region nahe der Mittelmeerküste in Nordostmarokko/ Nordwestalgerien zeigt einen deutlichen Zusammenhang mit der Höhentrog-, Stormtrack- und Zyklonenaktivität über dem westlichen Mittelmeer, die mit verstärkten Feuchtetransporten aus nördlichen oder nordwestlichen Richtungen verbunden ist. Die Region südlich des Atlas (Marokko und Algerien) wird nur im Falle von sehr weit nach Süden reichenden Höhentrögen bzw. Bodenzyklonen, die einen Feuchtetransport vom Atlantik entlang der Südflanke des Atlas verursachen, von extratropisch induziertem Niederschlag betroffen; dieser wird oft durch orographische Hebung am Atlas verursacht oder unterstützt. Alle drei Regionen zeigen eine schwach negative, zeitlich variable Korrelation ihres Frühlingsniederschlages zur El Niño/Southern Oscillation. Vor allem in der Region südlich des Atlas beobachtet man während des ganzen Jahres, im Besonderen in den Übergangsjahreszeiten, Niederschlag in Zusammenhang mit tropisch-extratropischen Wechselwirkungen, der bis zu 40% des Jahresniederschlages ausmachen kann. Die typischen synoptischen Verläufe und beteiligten physikalischen Mechanismen dieser tropisch induzierten Niederschläge werden an Hand von insgesamt 12 Regenepisoden im Spätsommer/Frühherbst analysiert. Dabei erweist sich ein Eintrag von Feuchte aus konvektiven Zellen oder Squall-Lines (Böenlinien) über dem tropischen Afrika und dem angrenzenden Atlantik, die auf der Ostseite eines subtropischen Höhentrog nach Nordwestafrika transportiert wird, als entscheidend. Die untersuchten Fälle zeigen Parallelen zu sogenannten Tropical Plumes und Soudano-Saharan Depressions. Niederschlagsauslösende Faktoren sind vor allem Höhendivergenz auf der Trogvorderseite und/oder Heizung hochgelegener Flächen im Atlas. Die Zuordnung des Niederschlags zu tropischen bzw. extratropischen Quellen wird mit Hilfe des Ursprungs mitteltroposphärischer Trajektorien vorgenommen. Die gefundenen Zusammenhänge werden zur Erklärung von räumlichen, saisonalen, interannualen und dekadischen Variationen und zur Beurteilung eines Klimaänderungsexperiments mit dem ECHAM4/OPYC3 herangezogen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die mit steigenden Treibhausgaskonzentrationen im Modell auftretende Nordverschiebung des gesamten nordatlantischen Stormtracksystems mit einer Reduzierung der Winterniederschläge im Norden und Westen Marokkos einhergeht. Insbesondere für die Region südlich des Atlas erscheint eine Regionalisierung der Auswirkungen der möglichen Klimaveränderungen nötig, um zukünftige Niederschlagsverhältnisse

abschätzen zu können.

The present study deals with the relation between the spatial and temporal precipitation variability in northwest Africa and the large-scale atmospheric circulation and synoptic activity. Emphasis is put on a better, regionally differentiated understanding of the physical mechanisms of precipitation generation, which are analysed separately for tropically and extratropically induced rainfalls. With the examination of variations in the atmospheric branch of the water cycle, the present study contributes to the interdisciplinary research project IMPETUS (An integrated approach to the efficient management of scarce water resources in West Africa), which investigates changes of the hydrological cycle in two selected river catchments in West Africa and their socio-economic implications. The investigations for the extratropically dominated wintertime are mainly carried out with the help of composite and correlation studies based on monthly data. In addition, a routine for the identification of the axes of upper-level troughs is presented. Three regions with different precipitation regimes are distinguished, whose deviations are mainly caused by the orography. The precipitation in the northern and western parts of Morocco reveals a clear dependence on the strength and position of the North Atlantic storm track (represented by baroclinicity, storm track intensity, frequency of surface cyclones). Rainy synoptic situations are often accompanied by an upper-level trough and/or an additional shallow cyclone west of the Iberian Peninsula as well as predominantly westerly weather types and water vapour advection from the Atlantic Ocean. In this area, a strong negative correlation to the North Atlantic Oscillation (NAO) is observed, particularly, when the subtropical NAO-centre is at a relatively eastern position. The region close to the Mediterranean coast in northeast Morocco/northwest Algeria reveals a distinct relation to the frequency of upper-level troughs and the storm track and cyclone activity over the western Mediterranean, that is accompanied by enhanced moisture transports from northwesterly or northerly directions. The region south of the Atlas Mountains in Morocco and Algeria is affected by extratropically induced precipitation only in cases of far southward stretching upper-level troughs and/or surface cyclones, that lead to a humidity advection from the Atlantic Ocean along the southern flank of the Atlas. In these cases precipitation often appears to be connected to orographic lifting. The spring precipitation in all three regions shows a weakly negative, temporally variable correlation to the El Niño/Southern Oscillation. Particularly in the region south of the Atlas, precipitation in connection with tropical- extratropical interactions is observed throughout the year, especially in the transition seasons. These rainfalls account for up to 40% of the annual precipitation. The typical synoptic evolution and involved physical mechanisms of such tropically induced rainfalls were analysed by investigating in total 12 rainy episodes in late summer/early autumn. Results demonstrate that a moisture input from convective clusters or squall lines over tropical Africa and the adjacent Atlantic Ocean, which is transported to northwest Africa on the eastern side of a subtropical upperlevel trough, is a decisive factor. The involved tropical convection is often triggered by African Easterly Waves. The considered cases show similarities to so called «tropical plumes» and «Soudano-Saharan depressions». The precipitation over northwest Africa is predominantly triggered by upper-level divergence ahead of the trough and/or by surface heating of elevated terrain in the Atlas Mountains. The attribution of rainfall to tropical or extratropical sources is done on the basis of the origin of mid-level trajectories that reach the Atlas region. The relations found in this analysis are used to explain different aspects of the spatial, seasonal, interannual and decadal precipitation variations and for the evaluation of the output from a transient climate change experiment with the coupled general circulation model ECHAM4/OPYC3. The results suggest that the predicted northward shift of the entire storm track system over the North Atlantic due to anthropogenic greenhouse gas emissions implies a reduction of winter precipitation in the northern and western parts of Morocco. In particular for the region south of the Atlas, a regionalization of the climate change impacts appears to be necessary to determine future precipitation conditions.