

## Zusammenfassung

In den Tropen ist die Madden-Julian-Oszillation (MJO) das stärkste bekannte Konvektions- und Zirkulationsphänomen auf der innerjahreszeitlichen Zeitskala. Während die Struktur und die Energetik der MJO gut dokumentiert sind, sind die Ursachen der Auslösung des Konvektionssignales im Westindien, seiner unstillen Ostwärtsverlagerung und die Ursachen seiner interannualen Variabilität bis jetzt noch weitgehend ungeklärt. Um einen Beitrag zur Beantwortung dieser Fragen zu leisten, wurde in der vorliegenden Arbeit anhand einer Kompositstudie die Entwicklung verschiedener Feuchte- und Stabilitätsparameter vor, während und nach MJO-Ereignissen untersucht.

In den sechs achtmonatigen Zeiträumen von Oktober bis Mai der Jahre 1996 bis 2002 konnten mit Hilfe eines zweistufigen, subjektiven Verfahrens 11 MJOs sowie deren Tag der Auslösung (Tag 0) an verschiedenen Radiosondenstationen identifiziert werden. Die Ergebnisse der Kompositstudie führen zu folgendem Bild der MJO: Einige Wochen vor dem Einsetzen der hochreichenden Konvektion herrschen in einem Großteil der Troposphäre negative Anomalien der feuchtstatischen Energie ( $h$ ) vor, die wahrscheinlich auf das Ausregnen während und die herrschende großskalige Subsidenz nach dem vorherigen MJO-Ereignis zurückzuführen sind. Zu dieser Zeit konkurrieren zwei Mechanismen: „Entrainment“ von trockener Luft aufgrund der großskaligen Subsidenz und Anfeuchtung der Atmosphäre durch Bodenflüsse. Fünf Tage vor dem Tag 0 scheinen die Bodenflüsse in den unteren Niveaus zu dominieren, so dass eine positive  $h$ -Anomalie in 1000 hPa zu erkennen ist. Vermutlich werden durch zunächst flache Konvektion die höheren Niveaus nach und nach angefeuchtet. Einige Tage später ist die Atmosphäre ausreichend labilisiert worden, so dass hochreichende, mit Regen verbundene Konvektion einsetzen kann. Die Instabilität nimmt zu und erreicht ihr Maximum einige Tage vor dem Tag 0. Die mit der MJO verbundene hochreichende Konvektion verbraucht durch Ausregnen die feuchtstatische Energie, so dass die feuchtstatische Stabilität ein Maximum ca. 10 Tage nach dem Tag 0 erreicht.

Dieses Bild wurde mittels einer Kompositstudie gewonnen. Die obigen Zeitangaben können allerdings für einzelne MJOs um einige Tage abweichen. Außerdem sind die Maximalwerte der Instabilität von MJO zu MJO so unterschiedlich, dass eine Festsetzung eines Schwellenwertes, der eventuell erreicht werden muss, damit ein MJO-Ereignis angefacht werden kann, nicht möglich ist. Die Stationen auf dem Maritimen Kontinent, sowie Stationen, für welche die OLR-Anomalien nur schwach negativ sind, zeigen ebenfalls die mit der MJO verbundenen Schwankungen der Feuchte und Stabilität, allerdings mit geringeren Extremwerten.

Die Untersuchungen sollten außerdem mit Hilfe der Radiookkultationsdaten (RO-Daten) des CHAMP-Satelliten erfolgen. Nach einer detaillierten Validierung wiesen diese in ihrer ursprünglichen Form aber zu große Fehler auf, um sie in die Untersuchungen mit einbeziehen zu können. Ein neu aufbereiteter RO-Datensatz zeigte jedoch eine deutliche Verbesserung der Feuchteparameter. Die Untersuchung eines MJO-Ereignisses ergab, dass diese neuen Daten die mit der MJO verbundene Entwicklung der spezifischen Feuchte oberhalb von 3000 m sowohl qualitativ als auch quantitativ sehr gut wiedergeben.

Insgesamt sind diese Ergebnisse konsistent mit der „Discharge-Recharge“-Theorie von *Bladé und Hartmann* (1993), da sie die These stützen, dass das Einsetzen der hochreichenden Konvektion erst stattfinden kann, wenn die Atmosphäre dafür „bereit“ ist, d.h. hinreichend labilisiert wurde. Durch die Passage der MJO wird die Atmosphäre wieder stabilisiert. Die Periode der MJO scheint durch Schwankungen der feuchtstatischen Energie, insbesondere in den unteren Niveaus, beeinflusst zu werden.

## **Abstract**

The Madden-Julian Oscillation (MJO) is the strongest known convection and circulation phenomenon on the intraseasonal time scale in the Tropics. While the structure and energetics of the MJO are well documented, the causes for the emergence of the convective signal in the West Indian Ocean, its discontinuous eastward propagation and the reasons for its interannual variability are poorly understood. In order to improve the knowledge concerning these questions, the present thesis investigates the development of several moisture and stability parameters before, during and after MJO events by means of a composite study.

In the six eight-month periods from October to May of the years 1996 to 2002, 11 MJO events, as well as the first day of their occurrence at several radiosonde stations (day 0) have been identified using a two-step subjective method. The results of the composite study can be summarised as follows: a few weeks prior to the deep convection event, negative moist static energy ( $h$ ) anomalies dominate throughout most of the troposphere. This can probably be attributed to the previous MJO event. During the dry phase of the MJO, two opposing mechanisms are present: Entrainment of upper level dry air by subsidence caused by the subsidence linked to the previous event and moistening by surface fluxes. Five days prior to day 0, the surface fluxes seem to dominate in the lower levels, leading to positive  $h$  anomalies in 1000 hPa. Shallow moist convection transfers moisture from the lower to the middle levels. Therefore, some days later the atmosphere is moist enough to support precipitating deep convection. The instability increases and reaches its maximum a few days prior to day 0. The deep convection of the MJO „consumes“ the moist static energy. Approximately 10 days after day 0 the moist static stability reaches a maximum.

These results are obtained using a composite study. Therefore, the above-mentioned process chain may differ by a few days for individual MJO events. Furthermore, the maximum values of instability show large variations from MJO to MJO. Therefore, it is not possible to determine a threshold value that potentially has to be reached before a convective MJO event can be triggered. The Maritime Continent stations, as well as stations with only slightly negative OLR anomalies, also show the humidity and stability oscillations associated with the MJO, but with smaller extreme values.

For these investigations, radiooccultation data (RO data) of the CHAMP satellite may be useful. However, after a detailed validation, the RO data in their original form exhibited large errors, so they could not be used for the investigations. A newly processed RO data set reveals significant improvement of the moisture parame-

ters. The study of one MJO event shows that these newly processed data are able to reproduce the oscillation of the specific humidity, qualitatively, as well as quantitatively.

The results obtained in this work are consistent with the „discharge-recharge“ theory of *Bladé and Hartmann* (1993), indicating that a convective MJO event can only be initiated when the atmosphere is „ready“ for deep convection, that is, when it is sufficiently unstable. The atmosphere is stabilised by the passage of the MJO. The periodicity of the MJO may be influenced by the oscillation of the moist static energy, in particular at lower levels.