

Der Monsun über Südasiens: Ein katastrophaler Segen?

Die naturwissenschaftliche Perspektive

Von Kathrin Heinzmann

Mit dem Einsetzen des Monsuns sind die alljährlich typischen Katastrophenberichte und -bilder aus Südasiens verknüpft: Überschwemmungen in Bangladesch, Erdbeben im Himalaja und Dürren durch ausbleibende Regenfälle im Nordwesten Indiens. Der weltweite Klimawandel könnte dafür sorgen, dass es in Zukunft noch weit mehr Katastrophen gibt.

Die Bilanz des diesjährigen Monsuns beläuft sich allein in Indien, Pakistan, Bangladesch und Nepal auf mehr als 2.000 Tote und Milliarden Schäden. Dabei lagen die Niederschlagswerte – trotz der verheerenden Überschwemmungen vor allem in den nordöstlichen Unionsstaaten Bihar und Westbengalen – in Indien beispielsweise um 13 Prozent unter dem langjährigen Normalwert. In Teilen Pakistans fielen sogar bis zu fünfzig Prozent (Punjab) beziehungsweise 75 Prozent (Sindh) weniger Niederschläge als erwartet. Als Folge befürchten die Landwirte der betroffenen Gebiete in den kommenden Monaten gravierende Ernteausfälle. Diesem Niederschlagsmangel einerseits stehen andererseits die schwersten Überschwemmungen in Bangladesch seit sechs Jahren gegenüber. So stand dort im Juli und August etwa vierzig Prozent des Landes unter Wasser. Die Schäden beziffern sich hier nach vorsichtigen Schätzungen der *Asian Development Bank* allein auf etwa 2,2 Milliarden Dollar.

Die Entstehung des Monsuns

Das Klima Südasiens gliedert sich nach der Dynamik des Monsungehens. Der Begriff Monsun beschreibt dabei den jahreszeitlichen Wechsel der Windrichtungen um etwa 120 bis 135 Winkelgrad. Dies wirkt sich über Südasiens in einer relativ konstanten Veränderung der Niederschlagsverhältnisse aus. Danach können die beiden Hauptjahreszeiten des Sommer- (Juni bis September) und Wintermonsuns (Dezember bis Februar) sowie ihre Übergangsphasen unterschieden werden.

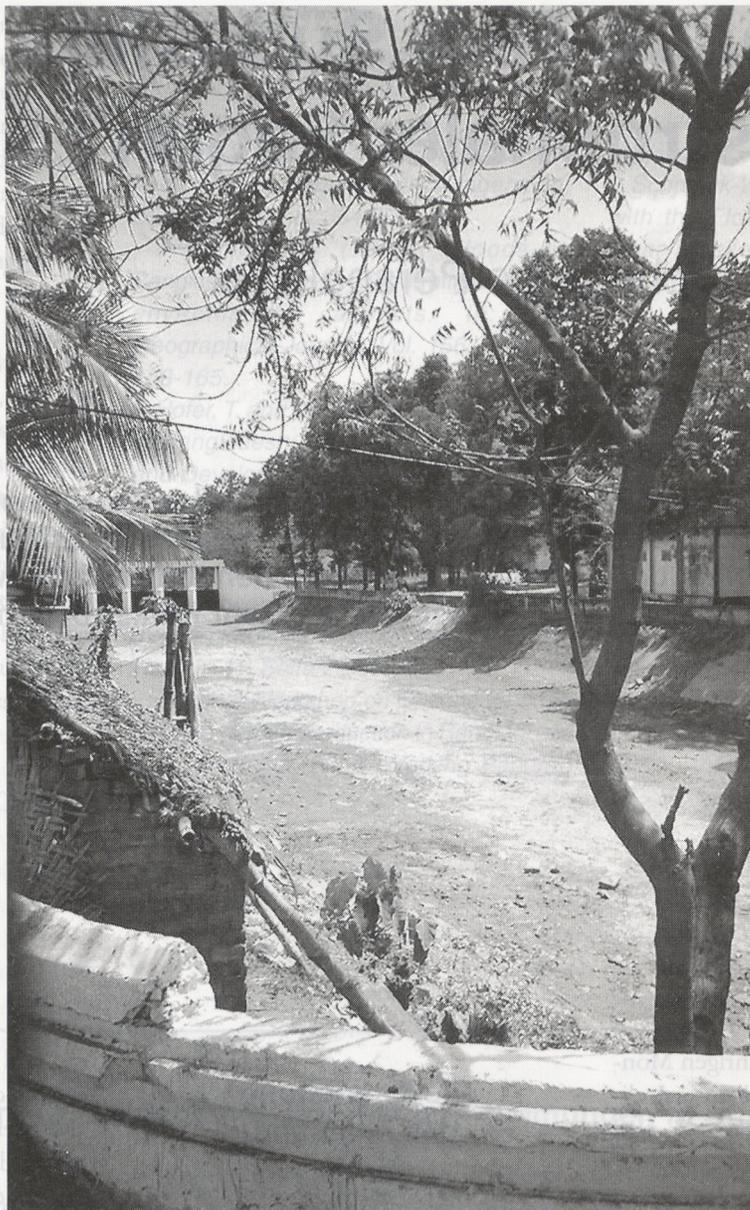
Motor der Entstehung des Monsuns ist die Sonne beziehungsweise die Wanderung ihres Zenitalstandes bedingt durch die Erdrotation. Dies führt zu einer großräumigen Verschiebung der „innertropischen Konvergenzzone“ (ITC) und der ihr angeschlossenen Passatwindssysteme. Darüber hinaus sind die großen Temperaturgegensätze zwischen dem asiatischen Fest-

land und dem Indischen Ozean von entscheidender Bedeutung.

Mit der Nordverlagerung des Zenitalstandes der Sonne ab April heizt sich das asiatische Festland im Gegensatz zum umgebenden Ozean stark auf. Dies führt insbesondere über den Landmassen des tibetischen Hochlandes und des Himalajas zu einem kontinuierlichen Aufstieg der erwärmten Luftmassen – einem Höhenhoch über Tibet. Infolgedessen werden hier in bodennahen Luftschichten große Luftmassen aus dem indischen Tiefland angesaugt (Konvergenz). Entlang der Talfurchen am Steilanstieg des Himalaja-Südrandes kann dies auch in Sturmstärke erfolgen. Über Nordindien und Südpakistan bildet sich im Frühsommer auf Grund dieser Ausgleichsbewegung das sogenannte asiatische – trogförmige – Monsuntief aus, welches nun seinerseits wie ein überdimensionierter Staubsauger Luftmassen anzieht. Als Folge werden die Südostpassate von der Südhalbkugel über den Äquator nach Norden gelenkt. Unter dem Einfluss der geophysikalischen

„Corioliskraft“ erfahren diese Südost-passate dabei schließlich ihre charakteristische Richtungsänderung nach Südwesten. Über dem warmen Arabischen Meer nehmen sie viel Feuchtigkeit auf und erreichen ihre maximale Sättigung an Wasserdampf, bevor sie ab Juni in so genannten Wellen über das Festland von der Südspitze Indiens nach Norden vordringen und heftige zyklonale Niederschläge mit sich bringen. Ab September erfolgt ausgehend von Pakistan der Rückzug des Sommermonsuns ebenfalls in Wellenbewegungen und erreicht etwa Anfang Dezember die Südspitze des indischen Subkontinents.

Im Winter und Frühjahr dagegen wird Südasien vom Wintermonsun beherrscht. Die auf Grund der Südverlagerung der ITC verschobenen Nordostpassate bestehen aus trockenen kontinentalen Luftmassen, welche ihren Ursprung in einem großräumigen Hochdruckgebiet über Sibirien haben. Diese kalten Luftmassen erwärmen sich beim Abstieg vom Himalaja (Föhn-Effekt) und schützen den Subkontinent im Gegensatz zum kontinentalen Südostasien weitgehend vor Kaltluftereinbrüchen. Der Durchzug des Wintermonsuns bringt für die Landmassen Südasiens größtenteils Trockenheit mit sich, während allenfalls Küstenregionen in Tamil Nadu oder im Nordosten Sri Lankas ihren maximalen Niederschlag im Winter aufweisen. Die trockenen Luftmassen können über der Bucht von Bengalen vor dem Auftreffen auf die Landmassen genügend Wasserdampf aufnehmen.



Ausgetrockneter Flußlauf (Foto von: Kathrin Heinzmann)

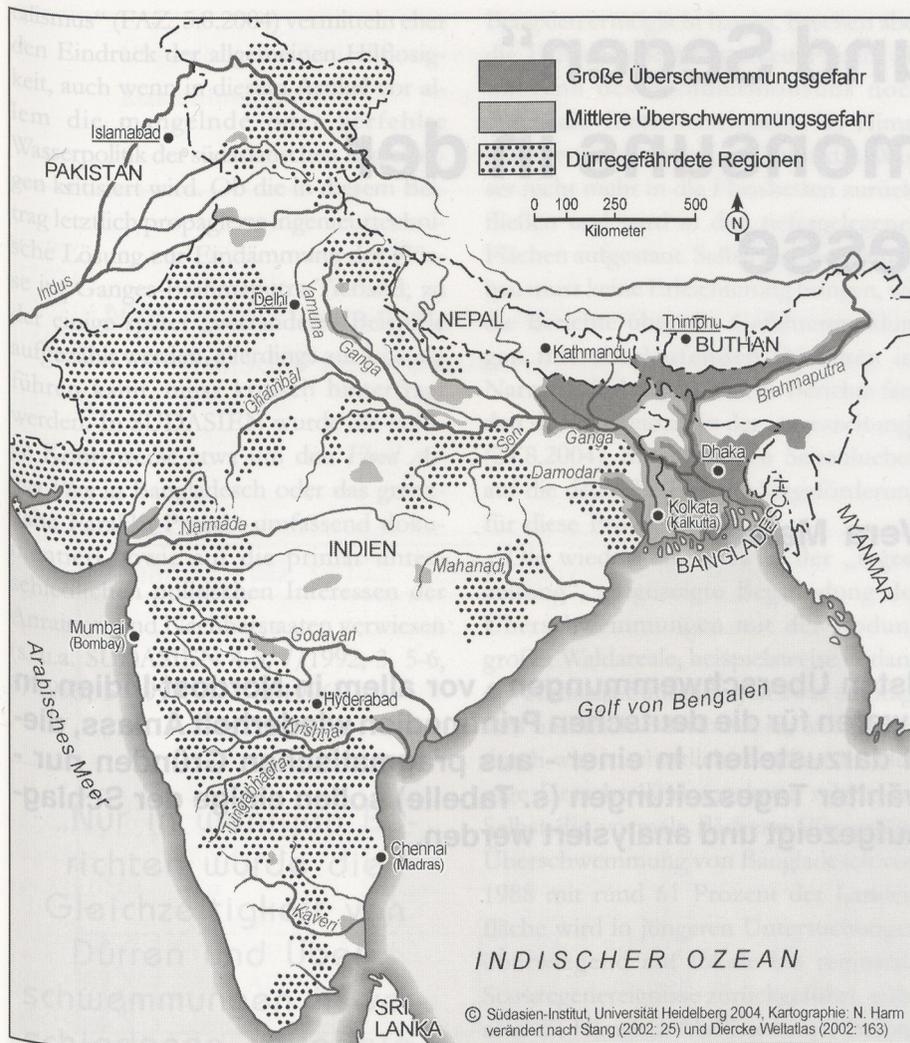
Regionale Disparitäten in der Ergiebigkeit des Monsuns

Die Niederschlagsverteilung gerade des Sommermonsuns als Hauptregenbringer in Südasien ist dabei regional sehr unterschiedlich. Das ergibt sich aus dem Zusammenspiel von vorherrschenden Windrichtungen und Landoberfläche. So stauen sich die feuchten Luftmassen vor Gebirgsbarrieren auf und regnen sich dort beim Aufstieg ab. Im Regenschatten dieser Gebirge kommt es infolgedessen zu einer relativen Niederschlagsarmut. Dies erklärt beispielsweise die hohen sommermonsunalen Niederschläge des indischen Bundesstaates Kerala im Ver-

gleich zu seinem östlich der Westghats gelegenen Nachbarstaat Tamil Nadu, der in regelmäßigen Abständen von Dürren geplagt wird.

Die Stauwirkung von Gebirgsbarrieren bedingt auch in zweierlei Hinsicht die hohen Niederschlagswerte im Nordosten Indiens sowie in Nepal und in Bangladesch, die für die alljährlich wiederkehrenden Überflutungen verantwortlich sind. Der Steilanstieg des Himalayas fördert einerseits besonders im Brahmaputratiefland ergiebige Steigungsregen, andererseits lenkt er auch die Monsunströmungen in nordwestlicher Richtung entlang der Gangestiefenebene ab. Auf ihrer Bahn entlang des Himalaya-Südrands ist eine deutliche Abnahme der Niederschlagswerte nach Westen hin zu verzeichnen.

Im Ergebnis lassen sich die großen saisonalen und zum anderen die noch weitaus größeren regionalen Unterschiede der Wasserverfügbarkeit überwiegend auf den Monsun zurückführen. Saisonal entfallen im indischen Mittel etwa 78 Prozent der Jahresniederschläge auf den Sommermonsun zwischen Juni und September. Jedoch sind in der Ergiebigkeit des Monsuns entscheidende regionale Differenzen zu verzeichnen. Während der Nordosten, die Gangesebene und die Westküste Indiens reliefbedingt mit teilweise über 3.000 Millimeter die reichhaltigsten Niederschläge erhalten, fallen die Niederschläge in weiten Teilen des Nordwestens (Haryana, Rajasthan, Gujarat), der Mitte (Madhya Pradesh, Maharashtra) und des Südens (Andhra Pradesh, Karnataka, Tamil Nadu) mit unter 200 bis 400 Millimeter deutlich geringer aus. Dies genügt oftmals nicht für die Feldbestellung. Ne-



© Südasien-Institut, Universität Heidelberg 2004. Kartographie: N. Harn verändert nach Stang (2002: 25) und Diercke Weltatlas (2002: 163)

Die Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Monsunzirkulation

Unter dem globalen Klimawandel wird die Erderwärmung verstanden, die nach dem jüngsten Stand der Forschung einerseits zum größten Teil natürlichen Ursprungs ist, andererseits durch den vom Menschen gemachten Treibhauseffekt verstärkt wird. Die klimawirksamen Treibhausgase lassen dabei zwar die kurzwellige Sonneneinstrahlung bis zur Erdoberfläche hindurch, absorbieren aber zusätzlich die von der Erde reflektierte langwellige Infrarotstrahlung. Als Folge erwärmt sich die Atmosphäre sowie durch die reflektierte Gegenstrahlung wiederum die Erdoberfläche. In Indien beträgt die Erwärmung für den Verlauf der letzten hundert Jahre beispielsweise insgesamt etwa 0,75 Grad Celsius pro Jahr, wobei dieser Mittelwert deutliche Auf- und Ab-Schwankungen einzelner Jahre verbirgt.

Basierend auf aktuellen Forschungsergebnissen wird als Folge der global ansteigenden Temperaturen und Niederschläge ein verstärktes Eintreten von Wetterextremen mit katastrophalen Auswirkungen erwartet.

Auch auf die Monsunzirkulation könnte sich der Klimawandel katastrophal auswirken. Hierbei wird vor allem die Erwärmung der Weltmeere in Klimaprognosen kritisch betrachtet. Es wird davon ausgegangen, dass der Temperaturgegensatz zwischen Land- und Seerwärmung, welcher hauptsächlich für die starke Ausbildung des Monsuntiefs über Nordindien und Pakistan verantwortlich ist, zurückgehen und dies die Monsunintensität abschwächen könnte. Ähnlich wie beim Sommermonsun bislang, werden auch die möglichen Auswirkungen des globalen Klimawandels über den Subkontinent verteilt sehr unterschiedlich ausfallen. Dabei sind je nach Region sowohl ansteigende als auch rückläufige Jahresniederschläge zu erwarten. Über die ausschlaggebende Rolle der Weltmeere geben bereits erste Erkenntnisse zur Verbindung zwischen dem Auftreten des südamerikanischen *El Nino*-Phänomens und Dürreereignissen in Indien Auskunft.

In diesem Kontext wird auch die Schwäche des diesjährigen Monsuns interpretiert. So kam es Ende Juni bis Ende Juli zu einem anormalen Anstieg der Oberflächentemperaturen im Bereich des äquatorialen Zentral-Pazifiks. Diese Erwärmung deutet auf die Entwicklung eines schwachen *El Nino* im Pazifik hin. Im gleichen Zeitraum traten in Südasien zahlreichen *Monsoon Breaks* (regenfreie Zwischenperioden) beziehungsweise Abschwächungen in der Monsunaktivität auf, die ansonsten den September kennzeichnen.

➤ **Zur Autorin:** Kathrin Heinzmann studiert Geografie, Politische Wissenschaft Südasien und Öffentliches Recht an der Universität Heidelberg.

ben dieser Saisonalität spielt auch die Variabilität der Niederschläge von Jahr zu Jahr eine große Rolle für die Wasserverfügbarkeit in Indien. Fatalerweise weisen dabei gerade die niederschlagsärmeren Gebiete eine hohe Variabilität auf, dort sind die Niederschläge sehr unsicher und können in manchen Jahren drastisch unter dem Jahresmittelwert bleiben. Diese Gebiete, die so genannten *Drought Prone Areas*, stellen dabei den Schauplatz immer wiederkehrender verheerender Dürren und Ernteauffälle dar, wie auch im Sommer 2004. Die Abhängigkeit der Landwirtschaft vor allem vom Sommermonsun sowie die Gefahren durch Dürren und Überschwemmungen haben schon früh zur Aufstellung eines Systems zur Vorhersage der Sommerregen geführt.