



### 3.2.1 Beschleunigung der Desertifikation

ROLAND BAUMHAUER

***Increasing of desertification:** Desertification, together with its economic and social impacts and side effects, is a major problem in large parts of the world's drylands. Primarily due to climatic reasons these regions are susceptible to the processes of desertification. Predictions of climate development suggest changes of the two climatic parameters most significant for desertification: temperature and precipitation. Introductory remarks on the definition, distribution, causes and process of desertification are followed by a discussion of the possible effects climate change will have on the frequency and intensity of extreme climatic events, on water budget respectively the availability of water, and also on vegetation. All of them are either inherent determinants of desertification processes or closely related to them. In spite of all the uncertainties involved in climate prediction it is quite likely that there will be winner and looser regions. Those with already extreme climatic conditions today – i.e. mainly the arid and semi-arid regions – will be among the latter; if it turns out that there will really be an acceleration of desertification.*

**F**ür viele Länder in den ariden, semi-ariden und trocken-subhumiden Regionen der Erde stellt die Desertifikation ein erhebliches ökologisches, wirtschaftliches und soziales Problem dar. Diese Regionen umfassen etwa 40% der Landmasse der Erde. Davon sind rund 70% mit einer Gesamtfläche von 3,6 Milliarden ha und damit etwa ein Viertel der Landfläche von Desertifikationserscheinungen betroffen oder bedroht (s. Abb. 3.2.2-1). Selbst wenn die aufgeführten Zahlen je nach Schätzung und zugrunde gelegter Definition variieren, unterstreichen sie die Bedeutung der Desertifikation als globales Problem und vermitteln einen Eindruck von den Raumdimensionen, in denen die entsprechenden Prozesse wirksam sind. Aktuelle Probleme wie Klimawandel und Bevölkerungswachstum lassen eine Akzentuierung des Desertifikationsgeschehens für die Zukunft erwarten. Die folgenden Ausführungen geben einen Überblick über die Auswirkungen des Klimawandels im Hinblick auf verschiedene desertifikationsrelevante Parameter wie klimatische Extremereignisse, Wasserhaushalt und Wasserverfügbarkeit sowie Vegetation, und versuchen, deren Bedeutung im Hinblick auf eine potenzielle Beschleunigung der Desertifikation aufzuzeigen.

#### Desertifikation

SEUFFERT (2001) und MENSCHING & SEUFFERT (2001) verstehen die Desertifikation als Extremform bzw. Endstufe von »Landschaftsdegradation«, »die durch unangepasste, vor allem landwirtschaftliche Nutzungen (Viehzucht, Ackerbau) lokal (kleinräumig), regional (großräumig) und langfristig möglicherweise sogar zonal wüstenartige Umweltbedingungen in Landschaften entstehen lässt, die vordem keine Wüsten waren« und die in vollem Umfang ausschließlich in den Trockengebieten mit ihrer naturgegebenen Prädisposition ablaufen kann. Im Gegensatz dazu wird Desertifikation im Rahmen der Agenda 21 recht allgemein als Landschaftsdegradation in den ariden, semi-ariden und trockensubhumiden Gebieten der Erde beschrieben, die durch verschiedenartige Ursachen einschließlich Klimaschwankungen und Einfluss des Menschen, hervorgerufen wird. Vor allem im Anwendungsbereich (z.B. Erläuterung der GTZ auf ihrer Homepage [www.gtz.de]: »Desertifikation hat wenig mit Wüsten zu tun, sondern ist ein Problem von Wasserknappheit und Zerstörung von Böden und Vegetation in Siedlungs- und Produktionsräumen der Trockengebiete, welches zu

Mangelernährung, Armut, Krisen und Flüchtlingsehend führt.«) werden als Desertifikation häufig recht allgemein all jene Prozesse bezeichnet, die in den Trockenzonen der Erde aufgrund anthropogener Eingriffe zu Landdegradation und somit zu Einschränkungen der Nutzungsmöglichkeiten führen. Bei der Diskussion um eine angemessene Definition des Begriffes darf auch der politische Aspekt nicht übersehen werden. Die Tatsache, dass zunehmend auch »lediglich« Degradationsprozesse mit dem Begriff Desertifikation belegt werden, hängt nicht zuletzt mit dessen Medienpräsenz und Wahrnehmung in der Öffentlichkeit zusammen. Ungeachtet der anhaltenden Diskussion um eine allgemein akzeptierte Definition können als wesentliche Punkte festgehalten werden:

- *Kennzeichen der Desertifikation ist die Degradation der Böden und der Vegetation sowie eine Beeinträchtigung der Wasserressourcen, die im Endstadium zu wüstenhaften Bedingungen in Erdräumen führt, in denen aufgrund ihrer klimazonalen Lage keine Wüste sein dürfte;*
- *Betroffen sind Landschaften, die aufgrund ihrer physisch-geographischen Grundausstattung, z.B. in Trockengebieten, aus klimatischen Gründen eine eingeschränkte Trag- und Regenerationsfähigkeit aufweisen;*
- *Der Mensch ist am Prozess der Desertifikation durch unangepasste Nutzung ursächlich und direkt beteiligt;*

- *Die degradierte Landschaft weist abnehmende Ernteerträge auf, in deren Gefolge auch Hungersnöte drohen können.*

### Verbreitung, Indikatoren, Ursachen und kausale Zusammenhänge

Aufgrund der uneinheitlichen Definition ist auch die räumliche Verbreitung von Desertifikation schwierig zu erfassen. Die von der UNCOD (= United Nations Conference On Desertification) veröffentlichte »World map of desertification« (1977) basiert auf der Definition von 1977, die Desertifikation als Verringerung oder Zerstörung des biologischen Potenzials von Landschaftsteilen beschreibt, so dass sich letzten Endes wüstenähnliche Bedingungen einstellen können. Sie unterscheidet zwischen drei Gefährdungsstufen, wobei die hyperariden Naturwüsten *per se* ausgeschlossen werden. **Desertifikationsindikatoren** sind Veränderungen im Landschaftsbild, die aus anthropogenen Einflüssen resultieren und anzeigen, wo entsprechende Prozesse beginnen oder bereits stattgefunden haben. Sie sind insofern von Bedeutung, da dadurch im Gelände der jeweilige Desertifikationsgrad festgestellt werden kann. Die physischen Indikatoren lassen sich in vier Gruppen untergliedern: *Vegetative Indikatoren* (z.B. flecken- bis flächenhafte Zerstörung der Pflanzende-

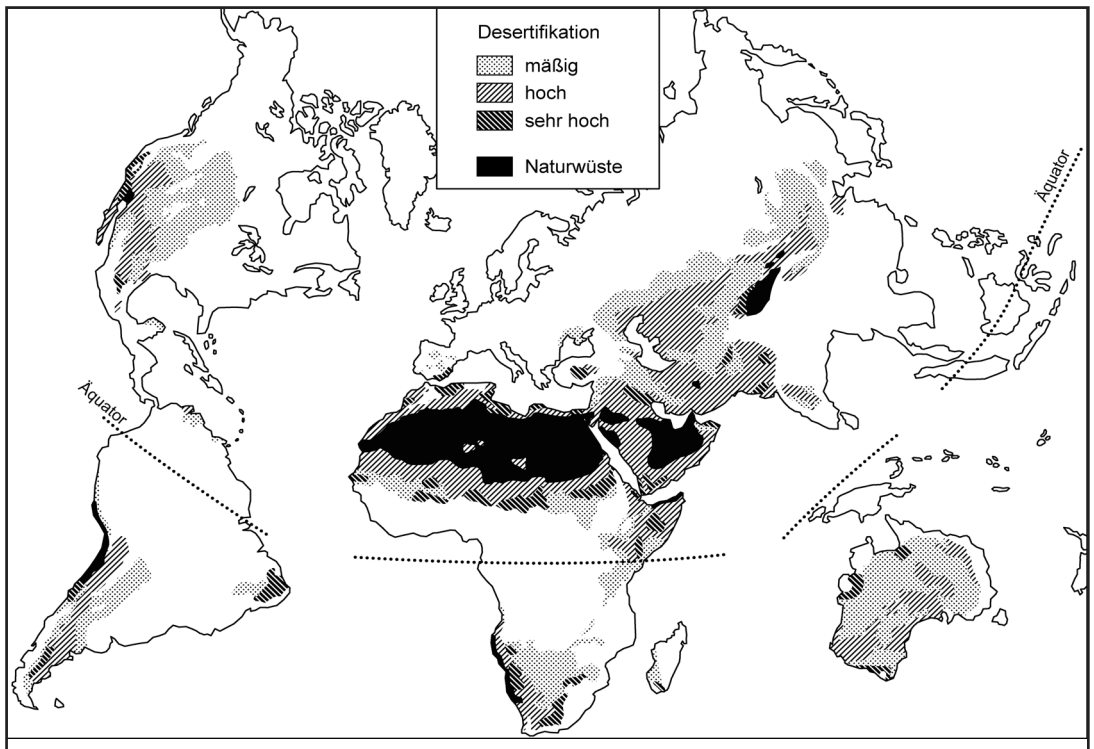


Abb. 3.2.2-1: Weltkarte der Desertifikation (UNCOD 1977).

cke, Veränderungen im Artenspektrum, Veränderungen der Wuchsleistung), *hydrologische Indikatoren* (abnehmende Bodenfeuchte, absinkende Grundwasserspiegel, verminderte Grundwasserneubildungsraten), *pedologische Indikatoren* (physikalische und chemische Bodenveränderungen im Zuge der »Aridisierung«, Verhärtungen und Krustenbildung, strukturelle und textuelle Veränderungen) und *morphodynamische Indikatoren* (z.B. fluvial: Verstärkung der Bodenerosion an Hängen hinterlässt im Bereich der Oberhänge »gekappte« Profile, so dass die obersten Bereiche des ursprünglichen Profils fehlen – gleichzeitig finden sich im Bereich von Tiefenlinien Materialakkumulationen bzw. überschüttete Bodenprofile; äolisch: Reaktivierung ursprünglich fixierter Dünen). Darüber hinaus existieren diverse soziale Indikatoren wie rückläufige Felderträge und Viehbestände, Verknappung des Holz- und Viehfutterangebots, Beschäftigungsstruktur der ländlichen Bevölkerung, räumliche Mobilität, Sozialverhalten, Zahl der politischen Unruhen etc. Allerdings sind diese nicht immer eindeutig zu identifizieren oder sie lassen sich nur sehr schwer mit Desertifikationsprozessen korrelieren. Desertifikation umfasst im Normalfall ein komplexes Wirkungsgefüge zwischen physikalischen, biologischen, politischen, sozialen, kulturellen und ökonomischen Faktoren. Positive oder negative Interdependenzen werden wirksam und je nach Ursache und Region verschiebt sich der Schwerpunkt der jeweils dominierenden Auslöser und Konsequenzen. Obwohl sich Desertifikation in der Landschaft physisch als Degradation und Verminderung der Tragfähigkeit manifestiert, sind die Ursachen zumeist im sozioökonomischen Bereich zu suchen. Historische / politische / soziale / wirtschaftliche Zwänge oder Rahmenbedingungen wie beispielsweise rasches Bevölkerungswachstum, ungünstiges Landrecht (kurze Pachtperioden und daher kein Interesse an nachhaltiger Nutzung), mangelnde administrative Regulierung der Landnutzung, Marktwirtschaft statt Subsistenzwirtschaft sowie fehlender Zugang zu gutem oder zumindest tragfähigem Land speziell für die ärmere Bevölkerung sind Auslöser bzw. Gründe für nicht angepasste Landnutzungspraktiken, die besonders im Zusammenspiel mit klimatischen Extremsituationen Desertifikationsprozesse initiieren oder forcieren.

Der Mensch steht als Auslöser und wesentliche Steuergröße am Ausgangspunkt des Desertifikationsgeschehens. Durch unangepasste Landnutzung (wie landwirtschaftliche Übernutzung der Anbauflächen, Überweidung, Rodungen und Entwaldung, Ausbeutung der Grundwasserreserven oder falsche Bewässerungspraktiken mit Vertrocknung oder Versalzung) wird die Pflanzendecke zerstört, die Böden degradiert

und die Wasserverfügbarkeit in quantitativer und/oder qualitativer Hinsicht beeinträchtigt. Insbesondere der Boden- und Vegetationszustand ist wesentlich für die Desertifikation. Boden und Vegetation stehen über Rückkopplungsmechanismen in direkter Verbindung zueinander. Bodendegradation führt durch Erosion und Krustenbildung zur Beeinträchtigung des Bodenwasserhaushalts und zu einer verminderten Tragfähigkeit für Vegetation, deren Aufflichtung ihrerseits Erosionsprozesse forciert. Die großflächige Zerstörung der Pflanzendecke verursacht die Aridisierung des Klimas der bodennahen Luftschicht. Dadurch wird eine oberflächige Austrocknung und Verhärtung der Böden begünstigt und als Folge die Infiltrationskapazität der Böden bei gleichzeitig verstärktem Oberflächenabfluss verringert. Dies führt wiederum zu verstärkter Bodenerosion, wobei insbesondere das Solum, d.h. die oberen humus-, feinerde- und nährstoffreichen Bodenpartien betroffen sind und sich somit ungünstigere Bedingungen für die Vegetation ergeben. Als Endzustand stellt sich in den Trockengebieten bei fehlenden Gegenmaßnahmen eine anthropogen durch Desertifikation induzierte und durch die klimatischen Gegebenheiten begünstigte wüstenartige Umwelt ein. Dem Menschen ist in diesem Fall die Lebensgrundlage entzogen, so dass er bedroht ist von Hungersnöten, verschärfter Armut und damit einem potenziell erhöhten Krisen- und Konfliktrisiko. Allgemein gilt, dass es sich bei Desertifikationsprozessen um hochkomplexe Ursache – Wirkungskorrelationen handelt, die sich von Fall zu Fall und von Region zu Region im Hinblick auf die jeweils wirksamen Faktoren und Mechanismen unterscheiden und die sich daher auch monokausalen Erklärungen entziehen.

#### **Beschleunigung der Desertifikation durch Klimawandel?**

Der Zusammenhang zwischen Klima und Desertifikation wird durch die Konzentration desertifikationsgefährdeter Gebiete in bestimmten Klimazonen deutlich. Im Folgenden soll ein knapper Überblick über die beiden wichtigsten desertifikationsrelevanten meteorologischen Parameter, Temperatur und Niederschlag, deren prognostizierte Entwicklung in der Zukunft kennzeichnen. Anschließend werden mögliche Auswirkungen eines Klimawandels auf die Desertifikation stark beeinflussende Parameter wie Häufigkeit und Intensität klimatischer Extremereignisse, Wasserhaushalt/Wasserverfügbarkeit und Vegetation diskutiert.

Aus Untersuchungen an Eisbohrkernen ist bekannt, dass sich der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre bis zum Beginn der industriellen Revolution im 18. Jahrhundert lange Zeit auf nahezu konstantem Niveau befand.

Seitdem ist ein Anstieg der Konzentration an Treibhausgasen zu verzeichnen, mit einer Beschleunigung seit Mitte des 20. Jahrhunderts. Als Ursachen werden vor allem die Verbrennung fossiler Energieträger, die Landwirtschaft sowie Landnutzungsänderungen angenommen. Das IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), ein zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderung, konstatiert in seinem vierten bewertenden Bericht (2007a,b) einen Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur um  $0,76^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  seit 1900, wobei die Intensität der Erwärmung regional variiert. Die 1990er Jahre waren mit großer Wahrscheinlichkeit die wärmste Dekade des gesamten Jahrtausends, 1998 das wärmste Jahr seit Beginn der messtechnischen Aufzeichnungen. Bis zum Jahr 2100 wird je nach Verhalten der Menschheit ein weiterer Temperaturanstieg von  $1,4\text{--}4^{\circ}\text{C}$  prognostiziert. Dabei erwärmt sich die Landoberfläche stärker als Ozeanoberfläche. Die subtropischen Trockenzonen sind von der Erwärmungstendenz wahrscheinlich stärker betroffen als beispielsweise die tropischen Regenwälder.

Veränderungen der atmosphärischen und der ozeanischen Zirkulation, der Meereisverteilung und die Intensivierung des Wasserkreislaufs führen zu Modifikationen der Niederschlagsmuster. Das IPCC (2007a, b) stellt für die Nordhemisphäre eine generelle Niederschlagszunahme um 5–10% während des 21. Jahrhunderts fest. Insbesondere in den höheren Breiten wird eine Zunahme der Niederschlagsmengen sowohl im Sommer als auch im Winter für sehr wahrscheinlich gehalten. Dennoch sind einige desertifikationsgefährdete Regionen in (semi-)ariden Gebieten auch von zurückgehenden Niederschlagsmengen betroffen oder bedroht wie beispielsweise Nord- und Westafrika sowie Teile des Mittelmeerraumes. Generell ist mit einer Verstärkung des Gradienten zwischen feuchten und trockenen Klimaten zu rechnen.

### **Mögliche Folgen des Klimawandels...**

#### **...im Hinblick auf extreme Witterungsereignisse**

Es ist anzunehmen, dass sich der Klimawandel auf die Häufigkeit und die Intensität von Extremereignissen wie Hitzewellen und Trockenperioden, Starkregen mit Überschwemmungen oder die Sturmtätigkeit auswirkt, von denen die Erstgenannten eng mit Desertifikationsprozessen verknüpft sind. PAETH (2008), PAETH et al. (2008) u.v.a.m. gehen davon aus, dass sich im Zuge des allgemeinen Temperaturanstiegs auch Hitzewellen und Trockenperioden häufiger einstellen. Diese spielen für Desertifikationsprozesse eine wesentliche Rolle, indem sie in den betroffenen Gebieten einerseits die Anfällig-

keit der Böden für Degradation erhöhen und andererseits die verfügbaren Wasserressourcen quantitativ und qualitativ beeinträchtigen und somit neben Ernteausfällen zu einer Gefährdung der Wasserversorgung führen. Für desertifikationsgefährdete Gebiete in Nordamerika, Asien und Südeuropa werden in der Literatur Reduktionsraten der Bodenfeuchte von bis zu 30% bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts genannt (u.a. CLARK et al. 2001, FEDDEMA & FREIRE 2001, WERTH & AVISSAR 2005, WETHERALD & MANABE 1999).

Als weiterer Aspekt des Klimawandels wird eine Intensivierung des hydrologischen Kreislaufs für sehr wahrscheinlich gehalten. Im Zuge dessen könnte sich die Evapotranspiration sowie aufgrund des allgemeinen Temperaturanstiegs die Aufnahmekapazität der Atmosphäre für Wasserdampf erhöhen. Daraus resultiert einerseits die zunehmende Gefahr heftiger Niederschlagsereignisse, andererseits eine Verstärkung des Treibhauseffekts durch den gestiegenen Wasserdampfgehalt. Allerdings wären von Starkregenereignissen mit Ausnahme von Teilen des Mittelmeerraumes vermutlich in erster Linie die mittleren und hohen Breiten betroffen. Das IPCC (2001, 2007a,b) konstatiert für Südeuropa neben der Gefahr zunehmender Sommer-trockenheit eine verstärkte zeitliche Konzentration der Niederschläge auf die Wintermonate, die das Risiko für Überschwemmungen erhöhen würden, ohne dass das zusätzliche Wasserangebot nutzbar wäre. Intensivere Niederschläge führen zu verstärktem Oberflächenabfluss, wobei aber kein wesentlicher Beitrag zur Erhöhung des Bodenwasserspeichers erbracht werden kann. Vielmehr wird die Bodenerosion forciert, die im Rahmen von Desertifikationsprozessen eine wichtige Rolle spielt. In diesem Zusammenhang wird einmal mehr die Ambivalenz des Wassers in Trockengebieten unterstrichen. Einerseits steht es die meiste Zeit nur in begrenztem Maße zur Verfügung, andererseits legt es nicht selten seine zerstörerische Kraft in Form von Starkregenereignissen mit Überschwemmungen und Bodenerosion an den Tag. Generell gilt, dass die Erkenntnisse und Prognosen hinsichtlich der durch Klimawandel hervorgerufenen Veränderungen der hygrischen Klimakomponenten Niederschlag und Verdunstung noch immer als weniger gesichert angesehen werden müssen als die Temperaturentwicklung (u.a. FREDERICK & MAJOR 1997, PAETH 2008).

#### **... im Hinblick auf Wasserhaushalt und Wasser- verfügbarkeit**

Es herrscht allgemeine Übereinstimmung, dass die globale Erwärmung großen Einfluss auf die Entwicklung des Wasserhaushalts und dessen Teilkomponenten in globalem und in regionalem Maßstab und infolgedes-

sen auf die Verfügbarkeit der Wasserressourcen mit weit reichenden Folgen haben wird. Es wurde bereits angesprochen, dass sich die zeitliche und räumliche Verteilung der Niederschläge aufgrund der generellen Intensivierung des hydrologischen Kreislaufs mit hoher Wahrscheinlichkeit in Form einer Zunahme in den hohen und mittleren Breiten und einer Abnahme in einigen semi-ariden Gebieten verändern wird. Dieses hat selbstverständlich auch Konsequenzen für den Oberflächenabfluss.

Das IPCC (2007a,b) hält einen Anstieg in den höheren Breiten und in Südostasien für wahrscheinlich, während für weite Teile der Trockenregionen mit einem Rückgang der Abflussmengen gerechnet wird. Eine durch rückläufige Niederschlagsmengen bei steigender Verdunstung hervorgerufene Reduktion des Abflusses dürfte die generelle Wasserknappheit und Desertifikationsanfälligkeit noch verschärfen. Dabei können sich zusätzlich qualitative Probleme bei der Wasserversorgung ergeben. HOFF (2001) weist darauf hin, dass sich die Veränderung des Oberflächenabflusses deutlich von der des Niederschlags unterscheiden kann, da sich im Zuge der allgemeinen Erwärmung gleichzeitig die Verdunstung erhöht. So könnte eine Erwärmung um 1–2°C in Kombination mit einem Niederschlagsrückgang um 10% den Oberflächenabfluss um 40–70% reduzieren (u.a. MAYNARD & ROYER 2004, POSTEL 1993). Darüber hinaus wirken sich erhöhte Evapotranspirationsraten auch auf die Infiltration und die Bodenfeuchtigkeit und somit auf die Menge an pflanzenverfügbarem Bodenwasser aus. Generell lässt sich festhalten, dass der Wasserhaushalt der ariden und semi-ariden Regionen besonders sensibel auf Klimavariationen reagiert, so dass die Gefahr einer Beschleunigung von Desertifikationsprozessen nicht ausgeschlossen werden kann und durch die angesprochene potenzielle Intensivierung von Trockenperioden noch verschärft wird.

### **... im Hinblick auf die Vegetation**

Betrachtet man die Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Vegetation, so sind mehrere Teilaspekte von Interesse. Neben Konsequenzen für den Stoffwechsel der einzelnen Pflanzen, ergeben sich Folgen für die Artenzusammensetzung von Pflanzengesellschaften und deren Verbreitung sowie für die Landwirtschaft. Da die globale Verteilung der Vegetation (szonen) neben den Böden in hohem Maße vom Klima gesteuert wird, liegt der Schluss nahe, dass sich Klimaänderungen auch im Vegetationsmuster niederschlagen. CLAUSSEN & CRAMER (2001) führen einige Beispiele aus dem Holozän an (Vordringen von Tundra und Taiga nach Norden, Besiedelung der Sahara durch Savannen und subtropische

Grasländer vor etwa 9000 Jahren) und erläutern in diesem Zusammenhang, wie sich Veränderungen der Vegetation ihrerseits über Rückkopplungen in Klimamodifikationen niederschlagen können. Die Pflanzenwelt kann auf veränderte Klimabedingungen mit Sukzession reagieren. Umgekehrt wird das Klima durch Veränderungen pflanzenphysiologischer Vorgänge, strukturelle Veränderungen und die Koppelung der Vegetation an den Kohlenstoff-Kreislauf beeinflusst. Insgesamt werden durch Klimawandel hervorgerufene Veränderungen im Vegetationsmuster bei unveränderten Emissionsraten von Treibhausgasen für sehr wahrscheinlich gehalten.

Für die Abschätzung der Auswirkungen eines Klimawandels auf die landwirtschaftlichen Erträge sind in erster Linie die räumlich differenzierte Entwicklung der Temperatur und der Wasserverfügbarkeit relevant. PAETH *al.* (2008) legen dar, dass sich Temperaturveränderungen bei Kulturpflanzen, die in einem bestimmten Anbaubereich aktuell ihr optimales Temperaturspektrum vorfinden, in Ertragsrückgängen niederschlagen könnten, sobald der thermische Optimalbereich verlassen wird. Die Frage der Wasserverfügbarkeit ist besonders für die Trockenräume der Erde von außerordentlicher Bedeutung, da in diesen Regionen bei der Pflanzenproduktion zumeist der hygrische Faktor als limitierendes Element in Erscheinung tritt. Darüber hinaus sind weitere Einflussgrößen wie beispielsweise CO<sub>2</sub>-Düngeeffekte, Pflanzenkrankheiten, Veränderungen der Vegetationsperiode etc. zu berücksichtigen. Das Zusammenspiel der genannten Faktoren und deren individuelles Gewicht werden letztlich für jede Region über die landwirtschaftliche Produktivität entscheiden. Während für die höheren Breiten Ertragszuwächse für möglich gehalten werden, gilt für die niederen Breiten, speziell die ariden und semiariden Gebiete, eine negative Entwicklung der landwirtschaftlichen Erträge mit einem erhöhten Risiko von Hungersnöten als wahrscheinlich. Der Zuwachs an ackerbaulich nutzbarem Land in den höheren Breiten wird vermutlich mit Verlusten in den Subtropen in Form einer Ausbreitung der Steppen und Wüsten einhergehen. In diesem Fall könnte sich der Nutzungsdruck in den ohnehin desertifikationsgefährdeten Gebieten noch erhöhen (u.a. HÖRMANN & CHMIELEWSKI 2001, PAETH *et al.* 2008); mit der Konsequenz, dass die oben skizzierten Mechanismen in erhöhtem Maß zum Tragen kämen und eine durch Klimawandel initiierte Beschleunigung der Desertifikation wahrscheinlich ist.

## Zusammenfassung und Ausblick

Ausgangspunkt der Desertifikation ist die Degradation der Vegetation und der Böden, die zu Beeinträchtigungen des Wasserhaushaltes, im Extremfall sogar zur Entstehung wüstenähnlicher Landschaften als sichtbare Folgen führen kann. Die den Desertifikationsprozess auslösende unangepasste Landnutzung resultiert ihrerseits aus politischen und sozioökonomischen Gegebenheiten und Entwicklungen.

Unter den Folgen des Klimawandels sind es besonders die nach Häufigkeit und Intensität zunehmenden Hitzewellen und Dürreperioden in den Trockengebieten, die eine Beschleunigung der Desertifikation sehr wahrscheinlich machen. Häufigere und intensivere Starkregenereignisse könnten Degradationsprozesse, speziell die Bodenerosion, in einzelnen Regionen wie z.B. dem Mittelmeerraum forcieren. Die Auswirkungen auf den Stoffwechsel der Pflanzen sind schwer zu beurteilen, aber es wird für möglich gehalten, dass sich durch den atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Düngeeffekt und die damit verbundene höhere Effizienz bei der Wassernutzung auch positive Folgen ergeben könnten. Höhere Evapotranspirationsraten bei vermindertem Oberflächenabfluss beeinträchtigen das Wasserangebot in den Trockenzonen in quantitativer, aber auch in qualitativer Hinsicht. Zusammen mit potenziell rückläufigen Erträgen in der Landwirtschaft können sich negative Konsequenzen für die Gesellschaft ergeben, die ihrerseits einer nachhaltigen Nutzung entgegenwirken und somit der Desertifikation Vorschub leisten.

Interessant erscheinen in diesem Zusammenhang aber auch politische Aspekte, auf die z.B. PILARDEAUX & SCHULZ-BALDES (2001) hinweisen. Wenn also nachgewiesen würde, dass der Beitrag des Klimawandels zum Desertifikationsgeschehen als ebenso groß angesehen werden muss wie der direkte Eingriff der Menschen vor Ort, dann würde dies eine direkte Verantwortung der Industrienationen als Hauptverursacher der globalen Erwärmung für die Desertifikationsprozesse in den betroffenen Ländern implizieren. Es stellt sich demnach die Frage, ob eine Ausbreitung der Wüste, bedingt durch den anthropogenen Treibhauseffekt, als »Desertifikation« im klassischen Sinn aufzufassen ist, da der Mensch nicht direkt in den Landschaftshaushalt eingreift, sondern durch den indirekten Eingriff in das Klima eher einen quasi natürlichen Prozess auslöst, oder ob Desertifikation zwangsläufig einen direkten Eingriff des Menschen am Ort des Geschehens selbst erfordert. Grundsätzlich ist die Bedeutung des Klimawandels für die Desertifikationsproblematik zum jetzigen Zeitpunkt schwer abzuschätzen. Dennoch scheint sich bei allen derzeit noch vorhandenen Unklarheiten

und Wissensdefiziten als Grundtendenz abzuzeichnen, dass »...Desertifikation sich ohne wirksame Gegenmaßnahmen im Zuge des ‚global warming‘ einerseits noch verstärken und u.U. auch räumlich weiter ausdehnen [wird], andererseits können wir darauf hoffen, dass es im Gefolge von klimaregionalen Veränderungen und Akzentuierungen regional selbst größere Raumeinheiten mit gegenläufiger Entwicklung, d.h. mit einer Verbesserung der ökologischen wie der ökonomischen Nutzungspotenziale geben wird« (SEUFFERT 2001, S. 92). Allerdings geht das IPCC (2001) davon aus, dass mit Zunahme der Veränderungen die nachteiligen Folgen in den Vordergrund treten. Es ist also damit zu rechnen, dass es neben Regionen, die vom Klimawandel profitieren können, vermutlich auch Regionen geben wird, denen überwiegend Nachteile, auch in Form einer Beschleunigung der Desertifikation, erwachsen könnten. Da Regionen mit extremen Klimabedingungen als besonders anfällig für »environmental changes« angesehen werden, könnten deren Ökosysteme konsequenterweise zu den ersten gehören, die durch klimatische Veränderungen heftig betroffen wären.

## Literatur

- CLARK D.B., XUE, J., HARDING, R. & P.J. VALDES (2001): Modeling the impact of land surface degradation on the climate of tropical North Africa. *J. Climate* 14, 1809-1822.
- CLAUSSEN M. & W. CRAMER (2001): Change of the Global Vegetation. In: Lozán, J.L., Graßl, H. & P. Hupfer (Hrsg.): *Climate of the 21st Century: Changes and Risks*. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 262-265.
- FEDDEMA J.J. & S. FREIRE (2001): Soil degradation, global warming and climate impacts. *Climate Res.* 17, 209-216.
- FREDERICK K.D. & D.C. MAJOR (1997): Climate change and water resources. *Climatic Change* 37, 7-23.
- HÖRMANN G. & F.-M. CHMIELEWSKI (2001): Consequences for agriculture and forestry. In: LOZÁN J.L., GRAßL, H. & P. HUPFER (Hrsg.): *Climate of the 21st Century: Changes and Risks*. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 322-330.
- HOFF H. (2001): Climate change and water availability. In: LOZÁN J.L., GRAßL, H. & P. HUPFER (Hrsg.): *Climate of the 21st Century: Changes and Risks*. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 322-330.
- IPCC (1996): *Climate Change 1995*. Cambridge University Press.
- IPCC (2001): *Climate Change 2001 – Synthesis report*, Genf. <http://www.ipcc.ch/pub/un/syrenng/spm.pdf>.
- IPCC (2007b): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge/New York.

- MAYNARD K. & J.-F. ROYER (2004): Effects of "realistic" land-cover change on a greenhousewarmed African climate. *Climate Dyn.* 22, 343-358.
- MENSCHING H.G. & O. SEUFFERT (2001): (Landschafts-)Degradation – Desertifikation: ein globales Umweltsyndrom. *Petermanns Geographische Mitteilungen* 145, 4, 6-15.
- PAETH H. (2008): Understanding the mechanism of land-cover related climate change in the low latitudes. *MAUSAM* 59,3, 297-312.
- PAETH H., A. CAPO-CHICHI & W. ENDLICHER (2008): Climate change and food security in tropical West Africa – a dynamic-statistical modelling approach. *Erdkunde* 62,2, 101-115.
- PILARDEAUX B. & M. SCHULZ-BALDES (2001): Desertification. In: LOZÁN, J. L., GRAßL, H. & P. HUPFER (Hrsg.): *Climate of the 21st Century: Changes and Risks*. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 232-236.
- POSTEL S. (1993): *Die letzte Oase, der Kampf um das Wasser*. S. Fischer, Frankfurt, 204 pp.
- SEUFFERT O. (2001): Landschafts(zer)störung: Ursachen, Prozesse, Produkte, Definitionen & Perspektiven. *Geoöko* 22, 91-102.
- UNCOD (United Nations Conference on Desertification) (1977): *World map of desertification 1977/1978* [1:25 Mio.]. Nairobi.
- WERTH D. & R. AVISSAR (2005): The local and global effects of African deforestation. *Geophys. Res. Lett.* 32 (12), L12704-L12707, doi:10.1029/2005GL022969.
- WETHERALD R. T. & S. MANABE (1999): Detectability of summer dryness caused by greenhouse warming. *Climatic Change* 43, 3, 495-511.

*Prof. Dr. Roland Baumhauer  
Universität Würzburg  
Institut für Geographie und Geologie -  
Am Hubland - D-97074 Würzburg  
baumhauer@mail.uni-wuerzburg.de*