

**Deutsches Komitee  
für Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV)**

**German Committee for Disaster Reduction**  
within the International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)

# **Zukünftige Bedrohungen durch (anthropogene) Naturkatastrophen**

Volker Linneweber (Hrsg.)

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>NATURKATASTROPHEN AN DER WENDE ZUM 21. JAHRHUNDERT: WELTWEITE TRENDS UND SCHADENPOTENTIALE</b>	<b>4</b>
	<i>Gerhard Berz</i>	
1.1	Zusammenfassung	4
1.2	Vorwort	4
1.3	Katastrophentrends	5
1.4	Klimaänderung	7
1.5	Naturkatastrophen in Deutschland	11
1.6	Versicherungsaspekte	13
1.7	Resümee	14
<b>2</b>	<b>AUSMAß UND URSACHEN VON FLUCHT UND MIGRATION</b>	<b>16</b>
	<i>Dagmar Fuhr</i>	
2.1	Erläuterung verschiedener Migrationsformen	16
2.2	Ursachen von Migration	21
2.3	Merkmale der MigrantInnen	25
2.4	Zukünftige Tendenzen und daraus resultierende Anforderungen an Forschung und Politik	27
<b>3</b>	<b>ZUKÜNFTIGE NATURRISIKEN IN IHREM SOZIALEN UMFELD</b>	<b>31</b>
	<i>Robert Geipel</i>	
3.1	Einleitung	31
3.2	Bevölkerungswachstum und Verstädterung	32
3.3	Das Problem der Megacities	33
3.4	Die Interdependenz von Risiken	34
3.5	Verteilungsprobleme	35
3.6	Dynamik der Schadensvolumina	35
3.7	Ökologische Trends	37
3.8	Demographische und soziale Aspekte	39

3.9	Schlußbemerkungen	40
<b>4</b>	<b>KATASTROPHENFORSCHUNG IN NETZWERKEN</b> <i>Fritz Reusswig, Klaus-Dieter Kühn</i>	<b>42</b>
4.1	Einleitung	42
4.2	Bedarf für Katastrophenforschung und -vorsorge	42
4.3	Nachhaltigkeit als Leitbild	46
4.4	Netzwerke der Katastrophenforschung und -vorsorge	47
4.5	Zusammenfassung	58
<b>5</b>	<b>ZUR VERÄNDERTEN SOZIALPSYCHOLOGIE DER KATASTROPHEN- PRÄVENTION</b> <i>Volker Linneweber</i>	<b>60</b>
5.1	Katastrophenprävention: Globaler Wandel als Veränderungsbedingung	60
5.2	Sozialpsychologie der Umweltrisiken: jenseits der Grenzen akteurbasierter Modelle	61
5.3	Katastrophenprävention aus Sicht der Copingforschung: Entwicklungspotentiale oder erlernte Hilflosigkeit?	63
5.4	Katastrophenprävention aus Sicht der Altruismusforschung	64
5.5	Katastrophenforschung aus Sicht der Intergruppentheorien oder: zur Varianz der Zahlungsbereitschaften	66
5.6	Globale Dimensionen lokaler Katastrophen	67
5.7	Anthropogene Umwelteinflüsse mit - möglicherweise - katastrophalen Folgen	68
5.8	Anthropogene Umwelteinflüsse mit -möglicherweise - katastrophalen Folgen: motivierte Strategien zu selbstdienlichen Perspektiven	70
5.9	Katastrophenprävention in vernetzten Systemen: wer schützt wen vor welchen Gefahren?	71
5.10	Fazit: Überlegungen zur Katastrophenprävention vor dem Hintergrund sozialwissenschaftlicher Erkenntnisse zum Globalen Wandel	72
<b>6</b>	<b>MUSTERMODELLIERUNG ANTHROPOGENER LANDNUTZUNG: VON LOKALEN ZU GLOBALEN SKALEN UND ZURÜCK</b> <i>Gerhard Petschel-Held, Mathias K. B. Lüdeke, Fritz Reusswig</i>	<b>78</b>
6.1	Einleitung	78
6.2	Wer und Wo: Akteure und Regionen	80

6.3	Strukturen und qualitative Modellierung	83
6.3.1	Qualitative Modellierung	83
6.3.2	Das spezifische Kleinbauernmodell	83
6.3.3	Modellverhalten	83
6.4	Einfluß des Klimawandels	87
6.5	Zusammenfassung	91
<b>7</b>	<b>DIE BEWÄLTIGUNG ZUKÜNFTIGER NATURKATASTROPHEN</b>	
	<i>Erich Plate</i>	<b>95</b>
	<b>AUTORENVERZEICHNIS</b>	<b>106</b>

## 6 Mustermodellierung anthropogener Landnutzung: Von lokalen zu globalen Skalen und zurück

Gerhard Petschel-Held, Matthias K. B. Lüdeke, Fritz Reusswig

### 6.1. Einleitung

Die zukünftige Bedrohung durch (anthropogene) Naturkatastrophen wird einerseits durch die sich verändernden Wahrscheinlichkeiten des Eintretens singulärer natürlicher Ereignisse bestimmt, andererseits durch die Modifikation der Vulnerabilitäten verschiedener Gruppen oder Regionen gegenüber diesen Ereignissen. Letztere umfaßt dabei neben dem Schadenspotential einer Gruppe/Region auch die institutionellen, ökonomischen und gesellschaftlichen Strategien und Fähigkeiten zum Auffangen der unmittelbaren Schäden (Lass/Reusswig/Kühn, 1998). Während zahlreiche „naturräumliche“ Ereignisse sich auch mittelbar einem signifikanten anthropogenen Einfluß entziehen (Erdbeben, Vulkanausbrüche), entsteht durch den anthropogenen Klimawandel das Potential, daß Naturkatastrophen sowohl in ihrer Häufigkeit als auch in ihrer Intensität vom Menschen mitbestimmt sein können. Dürren, Hochwasserereignisse oder Stürme sind prägnante Beispiele. Gerade in sich verändernden Regimen solcher Ereignisse, d.h. also nicht nur sich leicht verändernde Eintrittswahrscheinlichkeiten, sondern völlig neuen Sturmbahnen oder potentiellen Dürregebieten, liegt ein erhebliches Potential für zukünftige Bedrohungen durch anthropogene Naturkatastrophen. Eine direktere und auf kürzeren Zeitskalen

wirksame Veränderung des Charakters von Naturkatastrophen erfolgt durch Verschiebung der Anfälligkeiten der betroffenen Menschengruppen, die durch das Eintreten eines Naturereignisses Schaden leiden können. Hierfür ist zunächst die schnelle und kurzfristige Dynamik innerhalb der Anthroposphäre entscheidend, z.B.:

- die wirtschaftlichen Umwälzungen in Südostasien in Folge der Finanzkrise von 1997, die zu einer schnellen und starken Zunahme der Armut in diesen Regionen führte (Weltbank, 1999) - paradoxerweise also einen der wesentlichen Erfolge des wirtschaftlichen Aufstiegs der 20 Jahre zuvor nahezu zunichte machte. Ein Fall, der sich durch eine sehr kurze Zeitskala auszeichnet, da die entscheidenden Prozesse innerhalb weniger Wochen oder Monate abliefen
- politische Veränderungen in Demokratien, die i.A. auf Zeitskalen von 4-7 Jahren stattfinden
- Veränderungen der wirtschaftspolitischen Strukturen, etwa bei der Entwicklung von Freihandelszonen oder im Falle der relativ raschen Durchsetzung des neoliberalen Paradigmas in wirtschaftspolitischen Entscheidungsstrukturen. Hierbei spielen Pro-

zesse auf Zeitskalen von einigen Jahren bis wenigen Dekaden eine Rolle.

Daneben gibt es jedoch in zunehmendem Maß Veränderungen der Vulnerabilität durch weitgehend stetige Umweltveränderungen einerseits und die gesellschaftlichen Reaktionen darauf andererseits. Ein Beispiel sind etwa umweltbedingte Migrationsprozesse, die in Kombination mit singulären Naturereignissen bisweilen katastrophale Züge annehmen können. Von Interesse sind hierbei insbesondere Synergieeffekte, d.h. Wechselwirkungen, in denen zum einen Umweltveränderungen eine erhöhte Vulnerabilität nach sich ziehen können, andererseits die Folgen einer Naturkatastrophe für eine Bevölkerungsgruppe erst eine lokale Dynamik hervorrufen, die zukünftige Umweltveränderungen induzieren kann.

Als ein Beispiel für Wechselwirkungen zwischen Natur und Gesellschaft, die eine signifikante Relevanz für die Veränderungen der Vulnerabilität gegenüber singulären Naturereignissen besitzen, betrachten wir in diesem Aufsatz die kleinbäuerliche Landwirtschaft in gefährdeten Ökosystemen in Entwicklungsländern. Häufig ist der prägende Subsistenzcharakter der Landwirtschaft mit einer landwirtschaftlichen Marginalität des Standortes korreliert, die wiederum mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für Extremereignisse wie Dürren oder Überflutungen einhergehen kann. Jedoch ist auch im Falle einer nicht auf diese Art und Weise gegebenen Dominanz des „Katastrophenaspekts“ für die Marginalität eine erhöhte Vulnerabilität möglich. Dies kann z.B. dadurch bedingt sein, daß durch die geringe

Produktivität der Standorte und der Nichtverfügbarkeit produktivbringenden Kapitals die Bildung von Rücklagen und Sicherheiten nur sehr begrenzt möglich ist. Zwar wird diese Begrenzung in zahlreichen Kontexten durch soziale Netzwerke und Institutionen aufgefangen, jedoch ist aufgrund verschiedener sozialer, aber auch ökologischer Gründe, häufig ein Wegbrechen dieser Institutionen zu beobachten (s. auch Amborn, 1991). Dabei spielen externe Akteure oft eine wichtige Rolle, zumeist durch die Setzung der Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft. So etwa der Staat, der im Rahmen von Siedlungs- oder Landentwicklungsprogrammen soziale Konflikte befördern kann oder auch umweltbedingte Migrationsbewegungen, die einen verschärften Wettbewerb um knappe Ressourcen hervorrufen können. Andere Aspekte betreffen Preisdiktate, die unangebrachte Allokation von Ressourcen oder infrastrukturelle Aspekte.

In diesem Kapitel sollen vor diesem Hintergrund zwei Aspekte der Entwicklungsoptionen zunächst unabhängig voneinander, später in Kombination zueinander, untersucht werden. Als Grundlage, die in Umfang und Auswahl keine Repräsentativität beansprucht, dient dabei eine Sammlung von insgesamt neun Fallstudien, in denen detailliert die jüngere Geschichte sozialer Aspekte globaler Umweltveränderungen, d.h. deren Ursachen und Wirkungen, im Kontext gefährdeter Ökosysteme in Entwicklungsländern angesprochen und beschrieben wird. Die zu behandelnden Aspekte sind:

1. Was läßt die gegenwärtig ablaufende Dynamik aufgrund der lokalen Gegebenheiten für die nahe Zukunft erwarten? Verschlechtert oder verbessert sich die Lebenssituation und somit die Anfälligkeit gegenüber Naturereignissen der Kleinbauern in der Region? Diese Fragestellung wird in Abschnitt 3 behandelt.
2. Welche Bedrohung stellt ein zukünftiger Klimawandel als Beispiel einer globalen Einflußgröße dar? Dabei wird angenommen, daß der Klimawandel primär auf die naturräumlichen Determinanten der Vulnerabilität, sprich auf die Marginalität der landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen, wirkt (Abschnitt 4). Ökonomisch oder sozial vermittelte Folgen des Klimawandels werden hier nicht betrachtet.

Schließlich soll in der Zusammenführung dieser beiden Aspekte eine Gesamtbewertung der kurzfristig zu erwartenden Entwicklungen in den ausgewählten Regionen gegeben werden, wie sich also die Perspektiven der Akteure vor Ort im Kontext globaler und lokaler Einflußgrößen darstellen.

## **6.2. Wer und Wo: Akteure und Regionen**

Kleinbäuerliche Landwirtschaft ist in dem hier betrachteten Kontext dadurch ausgezeichnet, daß die Ursachen und Wirkungen für Umweltveränderungen, auch in globaler Relevanz, auf das engste miteinander verflochten sind. Die weitgehende Alternativlosigkeit zur Erlangung des Lebensnotwendigen (z.B. durch landwirtschaftliche oder außerlandwirtschaftliche Lohnarbeit) verlangt

häufig eine unmittelbare Übernutzung der lokalen, zumeist marginalen Ressourcen, d.h. sie schränkt den Planungshorizont auch zeitlich massiv ein: Hunger will gestillt werden, längerfristige Sicherung der Produktionsgrundlagen wird zweitrangig. Die Übernutzung und die damit verbundene Degradation der natürlichen Produktionsgrundlagen der Landwirtschaft führen schnell zu weiteren Ertragsverlusten und somit zu einer Verschärfung der Lebenssituation: die Spirale zwischen Verarmung und Degradation windet sich nach unten (Leonhard, 1989; Manshard, 1998; Kates/Haarmann, 1992), somit wird auch die Anfälligkeit für Naturereignisse, wie z.B. Dürren, größer.

Die Kleinbauernfamilien fungieren in diesem Zusammenhang als wesentliche direkte Akteure. Jedoch spielen, in unterschiedlichem Ausmaß, auch andere Einzel- oder Kollektivakteure eine wichtige Rolle in den Kausalzusammenhängen, die die lokale Dynamik bestimmen. Dies betrifft zum einen den Staat, dessen Gestaltungsversagen für eine ausgewogene ländliche Entwicklung häufig erst die Voraussetzungen für die Verarmungs-Degradations-Spirale schafft. Darüber hinaus sind jedoch auch Konzerne, zum Teil multinational, oder internationale Entwicklungsinstitutionen wie die Weltbank oder regionale Entwicklungsbanken von Bedeutung. Dabei reichen die Eingriffsfaktoren von der Infrastrukturentwicklung (Wasserbauprojekte, Straßenbau, etc.) - im allgemeinen aus Eigeninteresse etwa zur Nutzbarmachung von Energie- und Rohstoffquellen - über eine oligarchische Preisgestaltung (Terms of Trade; Hamm, 1996), der Schaffung alternativer Einkommens-

quellen bis hin zur direkten Hilfe bei der Entwicklung und Implementation nachhaltiger Bewirtschaftungsformen.

Bezogen auf die neun Regionen, die im Mittelpunkt unserer Betrachtungen stehen, sind die Akteure und deren Aktivitäten in Tabelle 1 zusammengefaßt. Besonders erwähnenswert im Zusammenhang mit einer Bedrohung durch Naturkatastrophen ist das Programm zur Verringerung der Dürreanfälligkeit in Botswana, bei dem z.B. Straßenbauanstrengungen zeitlich auf Dürreperioden konzentriert werden, um in diesen Zeiten alternative Einkommensquellen zu schaffen. In seiner Studie weist Krüger allerdings darauf hin, daß das Programm die

Gefahr birgt, daß die Bauern in Folge der staatlich zur Verfügung gestellten Einkommensquellen Anstrengungen für eine Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktionsweise vernachlässigen könnten.

Die Übersicht in Tabelle 1 zeigt, daß trotz unterschiedlicher Akteure einige wenige Aspekte wiederholt zu beobachten sind. Neben einer häufig zu beobachtenden Tolerierung der Nutzung von vom Staat de jure unter Schutz gestellter Ressourcen, sind insbesondere die Schaffung von Marktzugängen (Handel, Lohnarbeit, etc.) zu nennen, etwa durch Straßenbau.

Region	Akteure	Rolle
Nepalesisches Hochland	Staat	Verfolgung illegalen Holzeinschlags und Schnapsbrennerei; beides bildet wesentliche Einkommensquellen der Kleinbauern.
Laotische Waldregionen	Staat; Großkonzerne; Asiatische Entwicklungsbank	Öffnung des Landes für ausländische Investoren; Straßenbau mit Verbesserung des Marktzugangs; Verbot des Privathandels mit Holzprodukten und Wild.
Östliche Kapprovinz, Südafrika	Staat	Ehemals: Apartheidpolitik mit sozialer, ökonomischer und rechtlicher Marginalisierung; Bereitstellung von Fläche für informelle Siedlungen.
Miombo Hochland, Ostafrika	Staat; Internationale Konzerne	Ländliche Entwicklungspolitik auf Großfarmen (Tabak) fokussiert (Gelegenheit zur Lohnarbeit); Starke Exportabhängigkeit.
Tansanisches Maasailand	Staat	Umsiedlung von Ackerbauern in traditionelles Farmland der Maasai mit Änderung der Landnutzungsrechte zu ungunsten der Maasai.
Ländliche Regionen Botswanas	Staat	Effektives Programm zur Verringerung der Dürreanfälligkeit der ländlichen Bevölkerung.



Atlantischer Regenwald, Brasilien	Staat  Wohlhabende Stadtbevölkerungsgruppen	Ineffektive Umsetzung von Nutzungsaufgaben in Schutzgebieten, auch um den Kleinbauern das Überleben zu ermöglichen. Bereitstellung von Arbeitsplätzen als Hausbetreuer auf „Wochenendhazien“.
Andisches Hochland, Nordargentinien	Staat	Staat wird als „institutionelles Risiko“ angesehen, der moderne und unerwünschte Methoden statt althergebrachten Bewirtschaftungsmethoden und Lebensformen einzuführen versucht.
Südwesten der Dominikanischen Republik	Staat  NGOs; GTZ	Tolerierung der Nutzung (Brennholzsammeln) staatseigener Wälder; längere Geschichte gescheiterter Landreformen (Korruption); Projekte zur Einführung effektiverer und schonenderer Nutzungsmethoden.

Tab. 1: Übersicht über die neben den Kleinbauern relevanten Akteure und ihre jeweilige Rolle im Kontext lokaler Entwicklungsperspektiven. Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf die entsprechenden Kapitel in Lohnert/Geist (1999).

An dieser Stelle sollte erwähnt werden, daß die Tatsache, daß in zahlreichen Regionen ein gemeinsamer, d.h. mustergültiger Grundmechanismus Gültigkeit besitzt und darüber hinausgehende Unterschiede eine geringere Rolle spielen, der Grundidee des Syndromansatzes entspricht (WBGU, 1994; 1996; 1997, 1999; Schellnhuber et al., 1997). Ein Syndrom kann als ein archetypisches Muster nicht-nachhaltiger Mensch-Umwelt Wechselwirkung definiert werden, das als solches einen signifikanten Beitrag zum Globalen Wandel liefert. Das in diesem Aufsatz im Zentrum stehende Netzwerk von Kausalzusammenhängen fokussiert das sogenannte Sahel-Syndrom, das als „Übernutzung landwirtschaftlich marginaler Standorte“ definiert ist.

Im folgenden Abschnitt verlassen wir jedoch die herkömmliche Methode des Syn-

dromansatzes und ergänzen diese um eine qualitative Modellierungsstrategie. Eine solche hat hier und in anderen Arbeiten (Petschel-Held et al., 1999; Petschel-Held/Lüdeke, 2000) gezeigt, daß Nicht-Nachhaltigkeit als ein bislang wesentlicher Wesenszug eines Syndroms nicht unausweichliche Folge eines Ursache-Wirkungs-Schemas wie der Verarmungs-Degradations-Spirale sein muß. Daher wollen wir im folgenden nicht mehr das Ursache-Wirkungs-Schema als Syndrom bezeichnen, sondern nur noch diejenigen von dem Schema hervorgerufenen Entwicklungen und deren konstitutionellen Bedingungen, die aufgrund der drei Dimensionen der Nachhaltigkeit (Ökologie, Ökonomie, Sozial; Quarrie, 1992) als nicht zukunftsfähig oder wünschenswert bezeichnet werden können.

### 6.3. Strukturen und qualitative Modellierung

Welche Implikationen haben die Grundstrukturen der kausalen Wechselbeziehungen, wie sie im vorherigen Abschnitt skizziert wurden? Welche Aussagen lassen sich aufgrund dieser Strukturen für die nahe Zukunft im Hinblick auf mögliche Veränderungen der Lebenssituation und der natürlichen Produktionsbedingungen aussagen? Um diese Fragen zu beantworten ist es nötig, die Kausalbeziehungen weitergehend formal zu beschreiben und in ein Modell zu gießen.

#### 6.3.1. Qualitative Modellierung

Für eine konventionelle Modellierung wäre es an dieser Stelle nötig, die Zusammenhänge in eine *quantitative* Form zu bringen. Man müßte beispielsweise den Zusammenhang zwischen landwirtschaftlicher Intensität und der Degradation und Schädigung der natürlichen Ressourcen durch eine mathematische Funktion ausdrücken. Selbst wenn wir annähmen, wir hätten eine solche Funktion für eine spezifische Region bestimmt, so ist es doch unwahrscheinlich, daß die selbe Funktion auch für eine andere Region gültig ist. Dieses Problem potenziert sich mit Berücksichtigung weiterer, für den Gesamtzusammenhang relevanter Beziehungen. Kurz gesagt, es erscheint kaum realistisch anzunehmen, daß es ein einziges, quantitatives Modell gibt, das sämtliche neun Regionen beschreibt. Eine Option wäre, für jede Einzelregion ein eigenes Modell zu entwickeln, das jeweils weiterführende Aussagen erlaubt. Dabei würde der Anspruch auf Repräsentativität vermutlich vollends verloren gehen.

Vor diesem Hintergrund wurde daher ein *qualitativer* Modellierungsversuch unternommen. Dieser verbindet den Grundgedanken einer Analyse typischer Eigenschaften einer Beziehungsstruktur zwischen Mensch und Umwelt wie oben skizziert mit der Auflösung der eben umrissenen Schwierigkeiten einer jeweils regionsspezifischen Modellierung. Der Grundidee zufolge werden Aussagen wie: „Je mehr Landwirtschaft, desto stärker die Bodendegradation“ direkt und ohne weitere Quantifizierung in der qualitativen Modellierung genutzt. Dies gelingt mit Hilfe des Konzepts qualitativer Differentialgleichungen (QDgl; Kuipers, 1994) und des zugehörigen Modellierungswerkzeugs QSIM.

Durch die sehr allgemeine Charakterisierung der Zusammenhänge ist eben auch die Übertragung der Anwendung des Modells zwischen mehreren Regionen gegeben - zumindest zwischen solchen Regionen in denen die Zusammenhänge die gleichen qualitativen Eigenschaften teilen. Dies ist jedoch per definitionem für mehr oder zumindest gleichviel Regionen der Fall als für ein bestimmtes quantitatives Modell. Abgesehen davon ist der Realitätsbezug eines qualitativen Modells allein schon aus Gründen der Unsicherheit des vorhandenen Wissens eher gegeben als für quantitative Modelle.

Wie in jeder anderen Konzeptualisierung auch, besteht die konkrete Modellentwicklung - nach Abgrenzung des Modellierungsgegenstandes - aus zwei Stufen:

1. Der Umsetzung des vorhandenen Wissens um Zusammenhänge und Wechselwirkungen in eine formale Modellierungssprache, sprich mathematische Formeln oder - im Falle der qualitativen Modellierung - sogenannten Constraints der oben genannten Form.
2. Dem Vergleich der Modellergebnisse mit realen Beobachtungen zur „Validierung“ des Modells. Hier zeigt sich ein weiterer großer Vorteil unseres Zugangs. Während konventionelle Modellierung immer auf „harte“ Daten angewiesen ist, also nicht mit Aussagen wie „bis in die späten 70er Jahre nahm die Bodendegradation zu, um sich in der Folge zunächst zu stabilisieren und schließlich sogar eine Verbesserung der Bodenqualität zu zeitigen“ umgehen kann, ist dies für den qualitativen Zugang sehr wohl möglich. Dies eröffnet Nutzungsmöglichkeiten für eine weite Spanne von weiteren, über vorhandene Quellen hinausgehenden Informationen. Für die Validierung ist entscheidend, daß ein qualitatives Modell auf der Basis qualitativer Differentialgleichungen ein Bündel möglicher Lösungen besitzt und nicht - wie im Fall eines konventionellen Modells - eine einzige „Prognose“ der Zukunft erstellt. Sind nun die Beobachtungen der, i.a. unterschiedlichen, geschichtlichen Entwicklungen in verschiedenen Regionen in der Gesamtmenge der Lösungen des Modells enthalten, so gibt es keinen Grund anzunehmen, daß das Modell nicht auf all diese Regionen zutrifft.

### 6.3.2. Das spezifische Kleinbauernmodell

Nach diesem kleinen Ausflug in die Methodenlandschaft wollen wir nun die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge spezifizieren, die den verschiedenen hier betrachteten Fallstudien zugrunde liegen. Bei der Analyse mit Hilfe der qualitativen Modellierung stellt sich heraus, daß die Studien über das Andenhochland Nordargentiniens und den Konflikt zwischen den Maasai und den von der Regierung angesiedelten Ackerbauern in Tansania sich deutlich von den Gegebenheiten in den anderen Regionen abheben. Während in der Fallstudie über Argentinien kaum über Umweltveränderungen berichtet wird, gelingt es in dem hier gesteckten Rahmen nicht, den Konflikt in Tansania adäquat abzubilden. Auch innerhalb der sieben restlichen Regionen fällt Laos nochmals insofern ab, da nur hier Lohnarbeit als völlig irrelevant beschrieben wird.

Abbildung 1 zeigt die graphische Repräsentation des qualitativen Modells, von dem gezeigt werden kann, daß es wesentliche Aspekte der jüngeren Geschichte kleinbäuerlicher Landnutzung in den sechs verbleibenden Regionen beschreiben kann. Das Modell ist auch widerspruchsfrei zu den Beobachtungen in Laos, wenn wir Lohnarbeit ausschließen. Zwei Mechanismen sind zentral für das Modell:

Aufgrund der Marginalität der Standorte führt Landarbeit schnell zu einem Verlust der Ressourcenqualität, z.B. in Form von Bodendegradation. Dabei ist angenommen, daß hier ein bestimmtes Niveau der landwirtschaftlichen Inten-

sität existiert, oberhalb dessen die Degradation in Erscheinung tritt. Liegt die Intensität, die hier, aufgrund eines als konstant angesehenen Kapitalstocks als direkt proportional mit der verwendeten Arbeit betrachtet werden kann, unter diesem Wert, so wird angenommen, daß die Ressource sich erholen kann.

Der landwirtschaftliche Ertrag ist Produkt aus Arbeit und Ressourcenqualität. Somit stellt sich landwirtschaftliche Arbeit als Schere dar: mehr Arbeit bringt kurzfristig mehr Ertrag, langfristig ruft sie aber den bereits in der Einleitung skizzierten Verlust der natürlichen Produktionsbedingungen hervor und führt somit in fernerer Zukunft zu Ertrags-

- verlusten.
- Wie entscheiden die Kleinbauern hinsichtlich der Allokation der verfügbaren Arbeit? Wann wird Lohnarbeit, wann Landarbeit bevorzugt? In Tradition einiger agrarökonomischer Entscheidungsmodelle (Wolfgarten, 1991) nehmen wir an, daß rational entschieden wird, indem der in jüngerer Vergangenheit produktivere Arbeitseinsatz weiter ausgedehnt wird. Hat der Bauer also in jüngerer Zeit erlebt, daß seine realen Einnahmen durch Landarbeit höher sind als durch Lohnarbeit, so versucht er, durch mehr Landarbeit sein Einkommen zu verbessern.

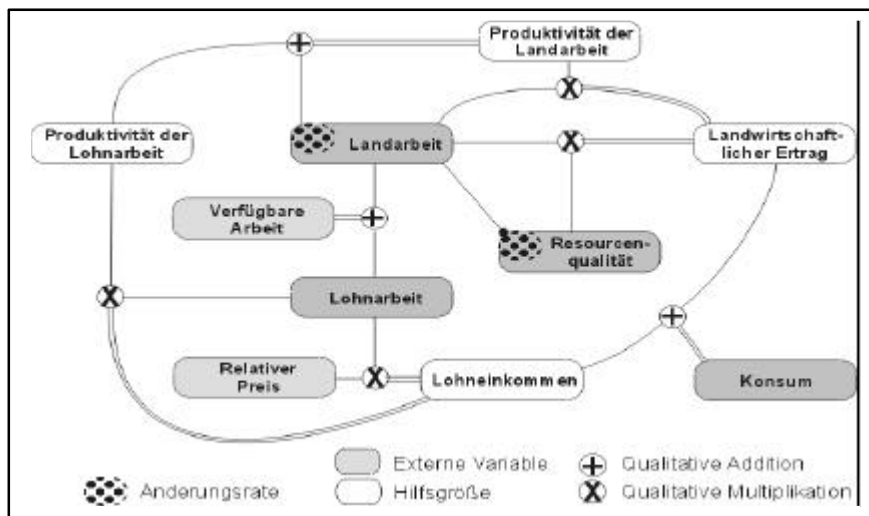


Abb. 1: Ursache-Wirkungs-Schema des Kleinbauernmodells zur Integration von insgesamt sieben der neun untersuchten Fallbeispiele. Man beachte, daß diese graphische Beschreibung fast eins zu eins der formalen Modellimplementierung entspricht.

### 6.3.3. Modellverhalten

Die Gesamtheit der möglichen Lösungen für ein qualitatives Modell wird im Allgemeinen in Form eines „Entwicklungsbau- mes“ angegeben. Für das Modell kleinbäu-

erlicher Landnutzung aus Abbildung 1 ist dieser Baum in Abbildung 2 dargestellt (siehe Abbildungsbeschreibung). Neben der Tatsache, daß sich die jüngere Geschichte von sechs der neun Regionen in dem Baum

wiederfinden, können wir aus den dargestellten möglichen Zeitentwicklungen die folgenden Schlüsse ziehen:

1. Es gibt insgesamt drei Endzustände des Systems, d.h. solche Zustände, in denen das Modell keine weiteren Aussagen erlaubt. So ist etwa der als unerwünscht gekennzeichnete Endzustand dadurch gekennzeichnet, daß trotz vollständiger Verwendung der Arbeitszeit auf die Landwirtschaft keine ausreichende Deckung des Grundbedarfs möglich ist und auch die Lohnarbeit hierfür keine Alternative bietet. Als Folge ist etwa die bisweilen zu beobachtende Migration der Männer in die Städte zu beobachten, die dann durch den lokalen Verlust der Arbeitskraft erst recht zu Degradationsprozessen führen kann (de Boer, 1989) - ein Prozeß, der in dem Modell dieser Entwicklungsstufe nicht abgebildet ist. Neben dem „unerwünschten“ Endzustand gibt es einen weiteren, gekennzeichnet durch eine effiziente Ressourcenschonung. Hin zu diesem Endzustand entwickelt sich die Güte der natürlichen Ressource äußert günstig, z.B. indem Landwirtschaft sehr umsichtig und den schlechten Bedingungen angepaßt betrieben wird. Im allgemeinen dürfte diese Entwicklung nur auf vergleichsweise produktiven Standorten möglich sein. Daher ist dieser Endzustand als eher unwahrscheinlich anzusehen. Schließlich gibt es einen Endzustand, der als vergleichsweise akzeptabel zu betrachten ist - zumindest unter der Annahme, daß vermehrte Lohnarbeit ohne großen Umweltschaden möglich ist. In diesem Falle können wir davon sprechen, daß die betreffende Region dem Mechanismus der Verarmungs-Degradations-Spirale „entronnen“ ist.
2. Der Zustand ganz links ist identisch mit dem Anfangszustand der Simulation rechts. Das bedeutet, daß ein Zyklus möglich ist, in dem zwischen Lohnarbeit und Landarbeit hin- und hergewechselt wird. Dies ist Folge davon, daß sich im Zuge vermehrter Lohnarbeit die natürlichen Ressourcen soweit verbessern können, daß sich ein Ausbau der Landarbeit wieder lohnt. Dies geht so lange gut, bis aufgrund dieser vermehrten Aktivität die Produktivität der natürlichen Ressource sich soweit verschlechtert, bis sich die Vorteilslage wieder zu Gunsten der Lohnarbeit umdreht.
3. Für jede einzelne Region lassen sich darüber hinaus die verschiedenen Optionen für die nahe Zukunft abschätzen. Dabei zeigt sich wie aus Abbildung 2 ersichtlich, daß die Untersuchungsregionen in vier Typen zerfallen, wobei die beiden im Brasilianischen Regenwald untersuchten Distrikte sich unterschiedlich darstellen. Allgemein kann festgestellt werden, daß eine Stärkung der Lohnarbeit durchweg eine wichtige Komponente einer Strategie zur Verbesserung der Lebensbedingungen und somit auch zu einer Reduktion der Anfälligkeit gegenüber Naturereignissen darstellt. Hier scheint auch eine besondere Verantwortung des Nordens zu liegen, da die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen unter denen eine solche Stär-

kung der Lohnarbeit stattfinden kann, insbesondere auch vom internationalen Wirtschaftsgefüge und der Entwicklung

der Weltwirtschaft abhängen.

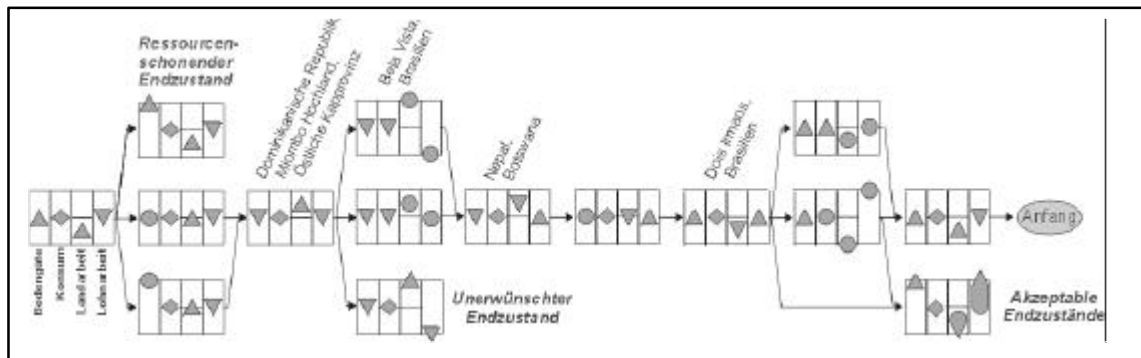


Abb. 2: Entwicklungsbaum zur Darstellung sämtlicher Lösungen des in Abbildung 1 dargestellten qualitativen Modells kleinbäuerlicher Landnutzung. Die Sequenz der Boxen, die jeweils einen qualitativen Zustand des Systems, der wiederum durch vier Variable (Bodengüte, Konsum, Landarbeit und Lohnarbeit) charakterisiert ist, repräsentieren, stellt von links nach rechts die Zeitentwicklung des Systems dar. Somit sind z.B. nach dem Anfangszustand drei Zustände möglich, von denen einer bereits einen Endzustand des Systems darstellt, bei dem das Modell keine Aussagen über die weitere Zeitentwicklung erlaubt. Welche der drei „Zukünfte“ in welcher Region realisiert wird, ist auf der Basis der in das Modell eingehenden Informationen nicht entscheidbar. Wir sprechen daher von einer schwachen Prognose. Jede der vier Variablen ist ihrerseits durch ihre Größe (Wo innerhalb des Rechteckes befindet sich das Symbol?) und andererseits durch die Richtung der Änderung (Pfeil nach oben/unten = Anstieg/Abfall; Kreis = Konstant; Raute = oszillierend) bestimmt. Der qualitative Zustand des Systems, der für die Untersuchungsregionen in jüngerer Zeit zu beobachten war, ist jeweils durch den Regionsnamen gekennzeichnet.

Die Ergebnisse legen auch Überlegungen für einen dynamischen Ansatz einer nachhaltigen kleinbäuerlichen Landwirtschaft nahe: der Zyklus selbst läßt sich im Grunde unendlich lange fortsetzen, wenn die Förderung alternativer Einkommensmöglichkeiten entsprechend abgestimmt ist. Sie muß immer dann erfolgen, wenn Produktivitätsverlust durch Bodendegradation zu beobachten ist. Jedoch können in Phasen günstiger landwirtschaftlicher Produktivität Förderungsmaßnahmen sich auf andere Aspekte, z.B. verbesserte Anbautechniken, richten. Diese Art der Steuerung würde den Ursache-Wirkungs-Beziehungen auch in einer Art Kontextsteuerung (Willke, 1992) stärker

entgegenkommen (s. auch Petschel-Held et al., 1999).

#### 6.4. Einfluß des Klimawandels

Der anthropogene Klimawandel ist eine der dominierenden Facetten globaler Umweltveränderungen (IPCC, 1996). Insbesondere durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, aber auch durch Landnutzungsänderungen vor allem in den Tropen, ist die Konzentration treibhauswirksamer Klimagase in der Atmosphäre seit 1870 um ca. 40% gestiegen. Beim sogenannten „Business-as-usual“ wird davon ausgegangen, daß die Konzentration weiter steigt und ca. 2050 (IPCC,

1999) das Doppelte des vorindustriellen Niveaus erreicht wird. Doch selbst bei einer sofortigen Reduktion globaler Treibhausgasemissionen ist zu erwarten, daß aufgrund der Zeitskalen des Kohlenstoffkreislaufs die Konzentrationen zunächst weiter steigen. Mit Hilfe globaler Modelle, die die physikalischen Gesetze, die unser Klima bestimmen, auf modernsten Rechnern implementieren, läßt sich ausgehend von einem vorgegebenen Konzentrationsszenario die zu erwartende Klimaänderung abschätzen.

Darauf aufbauend wird gegenwärtig davon ausgegangen, daß bei einer Verdoppelung der Treibhausgaskonzentration gegenüber 1870 eine Erhöhung der globalen Mitteltemperatur von 1.5-4.5°C eintritt (IPCC, 1996). Darüber hinaus besteht noch große Unsicherheit hinsichtlich des räumlichen und interannuellen Musters eines Klimawandels, insbesondere im Hinblick auf die zu erwartenden Änderungen der Niederschlagsverteilung.

Regionen	Charakteristik der gegenwärtigen Situation	Optionen
Dominikanische Republik; Miombo Hochland; Östliche Kap-provinz	Zunehmende Bodendegradation wegen nichtnachhaltiger Landwirtschaft. Unzureichende Verfügbarkeit von Lohnarbeit und anderer alternativer Einkommensmöglichkeiten.	Sollte der Rückgang der Lohnarbeit sich fortsetzen, so droht ein völliger Verlust der Lebensbedingungen vor Ort, da mittelfristig Landwirtschaft keine Optionen für den Lebensunterhalt mehr bietet.
Bela Vista, Brasilien	Reine Landwirtschaft in Form von Wanderfeldbau mit massiven negativen Umwelteinflüssen.	Entscheidende Frage ist, <i>wann</i> der Wanderfeldbau aufgegeben wird, insbesondere wie schnell sich im Vergleich hierzu die Bodendegradation entwickelt.
Nepal, Botswana	Die Situation verbessert sich zunehmend, da vermehrt Lohnarbeit wahrgenommen werden kann. Trotzdem hat sich der Trend zunehmender Umweltdegradation noch <i>nicht</i> umgedreht.	Entscheidend ist, daß das Angebot an Lohnarbeit weiter aufrecht erhalten wird. Dann kann sich der positive Trend weiter fortsetzen, so daß letztlich ein Entrinnen aus dem Mechanismus der Verarmungs-Degradations-Spirale möglich wird.
Dois Irmaos, Brasilien	Hier hat sich der positive Trend, der in Nepal und Botswana zu beobachten ist, bereits ein gutes Stück fortgesetzt und es ist keine weitere Bodendegradation zu beobachten.	Aufgrund der Verbesserung der Umweltbedingungen und der damit wachsenden Produktivität der Landwirtschaft ist es äußerst wichtig, die Lohnarbeit weiter attraktiv zu gestalten, um eine unangebrachte Ausweitung landwirtschaftlicher Aktivität zu verhindern.

Tab. 2: Übersicht über die Ergebnisse der qualitativen Modellierung für die einzelnen Regionen (vgl. Abbildung 2).

Der globale Klimawandel zeichnet sich durch seine systematische Natur aus, er ist also nur aus dem globalen Zusammenspiel sämtlicher Akteure (Emittenten) und Prozesse erklärbar. Für die hier im Mittelpunkt stehende kleinbäuerliche Landwirtschaft bedeutet dies, daß der Klimawandel *cum grano salis* als externe Veränderungsgröße betrachtet werden kann, in diesem Zuge aber zu beträchtlichen Veränderungen der natürlichen Produktionsbedingungen führen kann. Doch wie damit umgehen, wenn keine detaillierten räumlichen Information über die zu erwartende Art des Klimawandels zur Verfügung stehen?

Am Beginn einer Abschätzung des potentiellen Einflusses eines Klimawandels auf die kleinbäuerliche Landwirtschaft wurde daher zunächst die landwirtschaftliche Marginalität systematisch erfaßt. Hierbei sind neben dem Klima weitere naturräumliche Faktoren wie Bodengüte, Hangneigung und Orographie sowie Wasserverfügbarkeit (zur „leichten“ kapitalextensiven Bewässerung) berücksichtigt (Cassel-Gintz et al., 1997). Dieses Maß für die, nennen wir es naturräumliche Marginalität, wurde anschließend noch mit einer auf globale Datensätze gestützten Abschätzung der „sozialräumlichen Marginalität“ verschnitten, die ihrerseits wesentlich durch den Grad der Subsistenzwirtschaft und der Abhängigkeit von Brennholz bestimmt ist. Das Gesamtmaß wurde ursprünglich als sogenannte Disposition für das Sahel-Syndrom entwickelt (Schellnhuber et al., 1997; Lüdeke et al., 1999). Durch

die Verwendung der Fuzzy-Logic, mit deren Hilfe menschlicher Argumentationsstil formal abgebildet werden kann, gelingt es, den Unsicherheiten in der Bestimmung des ohnehin vagen Konzeptes „Marginalität“ ausreichend Rechnung zu tragen.

Den Unsicherheiten in den Klimaprognosen wurde entsprochen, indem die größtmögliche Änderung der Marginalität bei einer geringen Änderung des Klimas bestimmt wurde. Diese Sensitivität kann z.B. dadurch bestimmt sein, daß eine Region, deren landwirtschaftliche Produktivität bereits durch leichten Wasserstreß gekennzeichnet ist, einen Klimawandel erfährt, der sich durch weniger Niederschläge mit gleichzeitigem Temperaturanstieg auszeichnet. Nun ist aber die Sensitivität alleine nicht sehr aussagekräftig, da z.B. hohe Werte im Falle einer bereits stark ausgeprägten Marginalität einerseits eher auf eine Verbesserung der Situation hindeuten. Andererseits kann eine sehr ungünstige und kritische Situation heute durch eine weitere Erhöhung der Marginalität nicht sehr viel schlimmer werden. Somit sind insbesondere die Regionen interessant, in denen eine geringe aktuelle Marginalität eine hohe Sensitivität gegenüber einem Klimawandel zeigt. Hier ist das Risiko einer drastischen Verschlechterung der Lebensbedingungen besonders hoch. Das Ergebnis dieser globalen Abschätzung (Lüdeke et al., 1999) ist als Index zwischen 0 (risikolos; weiß) und 100 (gefährdet; schwarz) in Abbildung 3 dargestellt.



Man kann erkennen, daß weite Gebiet Südasiens, aber auch der Süden der Sahel Zone, Regionen in Ostafrika und Teile Argentiniens und Chiles als kritisch ausgewiesen sind. In diesen Regionen droht ein Klimawandel die Grundlagen und Bedingungen für einen Umweltdegradationsprozeß entlang des Sahel Syndroms zu schaffen. Da die anderen natürlichen Bedingungsfaktoren nur sehr wenig beeinflussbar sind, muß hier eine Reduktion der Abhängigkeit von der Nutzung marginaler Ressourcen erfolgen.

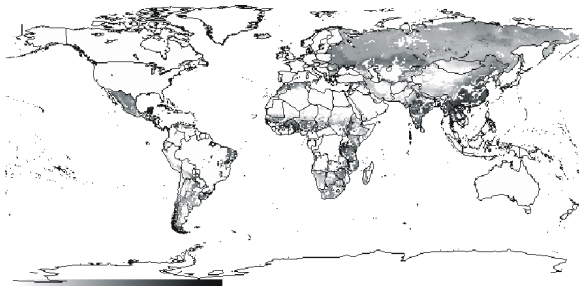


Abb. 3: Risiko einer drastischen Erhöhung der Anfälligkeit gegenüber dem Sahel Syndrom (Verarmungs-Degradations-Spirale) in Bezug auf Klimaänderungen (siehe Text).

Wie stellt sich nun die Situation in den in diesem Papier im Mittelpunkt stehenden Regionen dar? In Tabelle 3 sind die abgeschätzten Risikowerte für die einzelnen Regionen aufgelistet. Während einige der Regionen kein oder nur geringes Risiko aufweisen, sind die Werte für die untersuchten Gegenden in Nepal, dem Miombo Hochland und dem Maasai-Gebiet in Tansania doch signifikant. Abgeschwächt gilt dies auch für Botswana und die östliche Kap-provinz.

Begründet liegen die Unterschiede einerseits in der unterschiedlichen Disposition heute,

andererseits aber auch in unterschiedlicher Sensitivität derselben gegenüber Klimaänderung. Dies ist etwa für die Waldgebiete in der Dominikanischen Republik und Brasilien durch die schlechte Bodenqualität begründet, so daß eine Veränderung des Klimas zunächst keinen Einfluß auf die landwirtschaftliche Produktivität haben kann. Vor diesem Hintergrund müssen also das Hochland von Miombo, die Untersuchungsregion im Nawalparasi Distrikt in Nepal, das Maasailand und einige Regionen in Botswana als besonders gefährdet hinsichtlich einer erhöhten Vulnerabilität gegenüber Naturereignissen eingestuft werden.

Region	Pixel	Risiko
Nepal	84°O/28,5°N	56
Laos	102°O/18°N	0
Östliche Kap-provinz	27,5°O/32,5°S	28
Miombo	36°O/10,5°S	51- 57
Maasai	37°O/4,5°S	52
Botswana	--	40
Atlantischer Regenwald	49°W/25,5°S	0
Anden	67,5°W/23°S	17
Dominikanische Republik	72°W/18°N	0

Tab. 3: Risikowerte für die Untersuchungsregionen (siehe Text). Angegeben ist auch der spezifische 0,5°x0,5° Pixel der globalen Analyse, in dem die jeweilig untersuchte Kleinregion liegt.

## 6.5. Zusammenfassung

In den vergangenen Abschnitten wurde am Beispiel kleinbäuerlicher Landwirtschaft in Entwicklungsländern ein integriertes Verfahren zur Analyse der kombinierten Ef-

fekte lokaler endogener Dynamik und globaler exogener Beeinflussung vorgestellt. Gerade diese Kombination macht Regionen und Gruppen besonders anfällig für singuläre Naturereignisse - und letztere daher zu Katastrophen. Es wurde vorgeschlagen, die Analyse solcher Prozesse des Globalen Wandels mustergestützt durchzuführen: was haben Regionen gemeinsam, was unterscheidet sie voneinander in ihrer lokalen Dynamik (National Research Council, 1999)? Nun ist die vorgestellte Analyse systematisch zwar insofern kaum mit dem Problem zukünftiger Bedrohung durch Naturkatastrophen verknüpft, als Naturereignisse selbst nicht in sie eingingen. Jedoch ist einerseits die Vulnerabilität eng mit den generellen Lebensbedingungen vor Ort verknüpft, die wiederum wesentlich durch die im qualitativen Modell beschriebene Art und Weise bestimmt sind. Andererseits läßt sich die methodische Idee des qualitativen Modells als Formalisierung von Musterprozessen der Mensch-Umwelt Beziehungen selbstverständlich auch spezifischer auf das Problem der Vulnerabilität gegenüber Naturereignissen anwenden.

Die konkreten Ergebnisse in den Abschnitten 3 und 4 basieren auf neun Fallstudien, die sich mit Handlungsstrategien von kleinbäuerlichen Landwirten in sich kritisch verändernden Ökosystemen in Entwicklungsländern beschäftigen. Zum einen konnte eine Abschätzung der Gefahr einer Verschlechterung der Lebensbedingungen aufgrund lokaler Dynamik, zum anderen aufgrund globaler Einflußfaktoren, hier: Klimaänderung, gegeben werden. Aufgrund der Unterschiedlichkeit der beiden Maße ist

es nicht möglich diese direkt, zum Beispiel durch Addition zusammenzufassen. Trägt man beide Kritikalitätsindikatoren in einer zweidimensionalen Darstellung zusammen, so läßt sich sehr wohl ein Eindruck von der Gesamtlage gewinnen. Dies ist in Tabelle 4 geschehen.

Es ist zu erkennen, daß das Miombo-Hochland als hoch kritisch einzustufen ist, da beide Aspekte zukünftiger Bedrohung gegeben sind. Etwas weniger kritisch und abhängig vom Aspekt, stellt sich die Lage in den Untersuchungsgebieten in Nepal, Laos, der Dominikanischen Republik und in der Bela Vista Region in Brasilien dar. Hier ist jeweils einer der beiden Faktoren als hoch bewertet, während der andere niedrig ist. Für die Östliche Kapprovinz und Nepal ergeben sich beide Faktoren zu mittel. Es ist anzumerken, daß hier keine eindeutige Rangfolge mit der vorherigen Gruppe von Regionen gegeben ist. Als weitgehend unkritisch stellt sich die Situation in Dois Irmaos, ebenfalls in Brasilien, dar.

		Kritikalität zukünftiger lokaler Dynamik	
		hoch	niedrig
Risiko für klimaänderungsinduzierte Verarmungs-Degradations-Spirale	⊖	Miombo Hochland	Nepal
		Östl. Kapprovinz	Botswana
	⊕	Laos Bela Vista (BR) Dominik. Rep.	Dois Irmaos (BR)

Tabelle 4: Zusammenfassende Darstellung der beiden Kritikalitätskomponenten.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die vorgestellte Methode auf neuartige Weise eine Integration nicht nur über Fallstudienregionen hinweg (Petschel-Held/Lüdeke, 2000), sondern auch zwischen globaler und regionaler Skala erlaubt. Man kann auch festhalten, daß Prozesse auf beiden Skalen zu einer signifikanten Veränderung der Anfälligkeit von Regionen gegenüber Naturereignissen beitragen können. Nur eine Integration beider Aspekte erlaubt somit eine realistische Abschätzung einer zukünftigen Bedrohung durch Naturkatastrophen.

Eine interdisziplinäre Katastrophenforschung der Zukunft hätte an der vorgestellten Syndromforschung ein geeignetes Methodeninstrument, um sowohl kausalanalytisch als auch im Sinne eines Frühwarnsystems zu operieren.

## Literatur

- Amborn, H. (1991): Dürre und die kulturelle Antwort. Subsistenzwirtschaft einer bäuerlichen Gesellschaft. In: Stüben, P.E. und Thurn, V. (Hrsg.) (1991): *WüstenErde. Der Kampf gegen Durst, Dürre und Desertifikation*. Giessen: *Ökozid* 7, 58-75
- Cassel-Gintz, M., Lüdeke, M.K.B., Petschel-Held, G., Reusswig, F., Plöchl, M., and Lammel, G. (1997): Fuzzy logic based global assessment of the marginality of agricultural land use. *Climate Research* 8, 135-150.
- De Boer, J. (1989): Sustainable Approaches to Hillside Agricultural Development. In: Leonhard, 1989, 135-164.
- Hamm, B. (1996): *Struktur moderner Gesellschaften*. Opladen: Leske und Budrich.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (1996): *Climate Change 1995*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (1999): *The preliminary SRES emissions scenarios*. Internet Dokument: [http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/cru\\_data/examine/have\\_index.html](http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/cru_data/examine/have_index.html).
- Kates, R.W. und Haarman, V. (1992): Where the Poor Live: Are the Assumptions Correct? *Environment* 34, 4-11 u. 25-28.
- Kuipers, B. (1994): *Qualitative Reasoning. Modeling and Simulation with Incomplete Knowledge*. Cambridge: The MIT Press.
- Lass, W., Reusswig, F., Kühn, K.-D. (1998): *Katastrophenanfälligkeit und „Nachhaltige Entwicklung“*. Ein Indikatorsystem für Deutschland. Pilotstudie. Deutsche IDNDR-Reihe 14, Bonn.
- Leonhard, H.J. (1989): *Environment and the Poor: Development Strategies for a Common Agenda*. New Brunswick and Oxford: Transaction Books.
- Lohnert, B. und Geist, H. (1999): *Coping*

with Changing Environments. Social dimensions of endangered ecosystems in the developing world. Aldershot: Ashgate.

Lüdeke, M.K.B., Moldenhauer, O. and Petschel-Held, G. (1999): Rural poverty driven soil degradation under climate change: The sensitivity of the disposition towards the Sahel Syndrome with respect to climate. *Environ. Model. Assess.* 4, 315-326.

Manshard, W. (1998): Bevölkerung, Landnutzung und Umweltwandel in den Tropen. *Geographische Rundschau*, Heft 2/1998, S. 278-282.

National Research Council, Board on Sustainable Development (1999): *Our Common Journey: A Transition Towards Sustainability*. Washington D.C.: National Academic Press.

Petschel-Held, G. und Lüdeke, M.K.B. (2000): Integrating Case Studies by Means of Artificial Intelligence. Eingereicht bei Integrated Assessment.

Petschel-Held, G., Block, A., Cassel-Gintz, M., Kropp, J., Lüdeke, M.K.B., Moldenhauer, O., Reusswig, F., and Schellnhuber, H.J. (1999): Syndromes of Global Change: a qualitative modelling approach to assist global environmental management. *Environ. Model. Assess.* 4, 295-314.

Quarrie, J. (Hrsg.) (1992): *Earth Summit*. London: Regency Press.

Schellnhuber, H.J., Block, A., Cassel-Gintz, M., Kropp, J., Lammel, G., Lass, W., Lie-

nenkamp, R., Loose, C., Lüdeke, M.K.B., Moldenhauer, O., Petschel-Held, G., Plöchl, M., and Reusswig, F. (1997): Syndromes of Global Change. *GAIA* 6, 19-34.

Weltbank (1999): *Income Poverty. Recent regional trends*. Internet Dokument: <http://www.worldbank.org/poverty/data/trends/regional.htm>.

Willke, H. (1998): *Systemtheorie III: Steuerungstheorie*. Stuttgart: Gustav Fischer.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen/WBGU (1994): *Welt im Wandel. Die Gefährdung der Böden. Jahresgutachten 1994*. Bonn: Economica Verlag.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen/WBGU (1996): *Welt im Wandel. Herausforderung für die deutsche Wissenschaft. Jahresgutachten 1996*. Berlin: Springer-Verlag.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen/WBGU (1997): *Welt im Wandel. Wege zu einem nachhaltigen Umgang mit Süßwasser. Jahresgutachten 1997*. Berlin: Springer-Verlag.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen/WBGU (1999): *Welt im Wandel. Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. Jahresgutachten 1998*. Berlin: Springer-Verlag.

Wolfgarten, H. (1991): Ein mittelfristiges Prognose- und Simulationsmodell für die Entwicklung von Produktion und Wertschöpfung in den Agrarsektoren der Europäischen Gemeinschaft. Witterschlick; Bonn: Verlag M. Wehle.

## Autoren

**Dr. Gerhard Berz**

Forschungsgruppe Geowissenschaften  
Münchener Rückversicherungsgesellschaft  
Königinnenstr. 7  
80791 München  
[gberz@munichre.com](mailto:gberz@munichre.com)

**Dipl.-Ing. Dagmar Fuhr**

Universität-Gesamthochschule Kassel  
Wissenschaftliches Zentrum für Umwelt-systemforschung  
Kurt-Wolters-Str. 3  
34109 Kassel  
[fuhr@usf.uni-kassel.de](mailto:fuhr@usf.uni-kassel.de)

**Prof. Dr. Robert Geipel**

Technische Universität München  
Geographisches Institut  
Arcisstraße 21  
80290 München  
[robert.geipel@geo.wiso.tu-muenchen.de](mailto:robert.geipel@geo.wiso.tu-muenchen.de)

**Dipl.-Ing. Klaus-Dieter Kühn**

Verband d. Arbeitsgemeinschaften d. Helfer in den Regieeinheiten/-einrichtungen d. Katastrophenschutzes in Dt. (ARKAT)  
Ferdinand-Spehr-Str. 1  
38104 Braunschweig  
[k.kuehn@tu-bs.de](mailto:k.kuehn@tu-bs.de)

**Prof. Dr. Volker Linneweber**

Otto-von-Guericke Universität Magdeburg  
Institut für Psychologie  
Postfach 4120  
39016 Magdeburg  
[Volker.Linneweber@gse-w.uni-Magdeburg.de](mailto:Volker.Linneweber@gse-w.uni-Magdeburg.de)

[www.uni-magdeburg.de/ipsy/vl/vli.htm](http://www.uni-magdeburg.de/ipsy/vl/vli.htm)

**Matthias K.B. Lüdeke**

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung  
Postfach 601203  
14412 Potsdam  
[Matthias.Luedeke@pik-potsdam.de](mailto:Matthias.Luedeke@pik-potsdam.de)

**Dr. Gerhard Petschel-Held**

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung  
Postfach 601203  
14412 Potsdam  
[Gerhard.Petschel@pik-potsdam.de](mailto:Gerhard.Petschel@pik-potsdam.de)

**Prof. Dr. Erich J. Plate**

WB IDNDR  
Universität Karlsruhe (TH)  
Am Kirchberg 49  
76229 Karlsruhe  
[erich.plate@bau-verm.uni-Karlsruhe.de](mailto:erich.plate@bau-verm.uni-Karlsruhe.de)

**Dr. Fritz Reusswig**

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung  
Abt. Globaler Wandel und Soziale Systeme  
Postfach 601203  
14412 Potsdam  
[Fritz.Reusswig@pik-potsdam.de](mailto:Fritz.Reusswig@pik-potsdam.de)