7 Instrumente und Vorgehensweise bei der Risikoanalyse

7.1 Überblick

Nachdem im vorhergehenden Kapitel das „Was?“ und „Wozu?“ dargestellt wurde, wird in diesem Kapitel das „Wie?“ und das „Womit?“ der Risikoanalyse dargestellt. Die Aufteilung der Risikoanalyse in Bedrohungs- und Anfälligkeitsanalyse ist ein analytischer Schritt, der sich in der Praxis der Durchführung der Risikoanalyse nicht so getrennt widerspiegelt. Beim Analyseprozess wechseln sich Schritte der Bedrohungsanalyse mit Schritten der Anfälligkeitsanalyse ab und greifen ineinander.

Bei der **Bedrohungsanalyse** geht es – nach der Bestimmung des Bedrohungstyps – um die Identifizierung und Untersuchung der Bedrohungsstandorte sowie der räumlichen Ausdehnung, der Stärke (Ausmaß, Magnitude, Intensität) und um die Eintrittswahrscheinlichkeit des als Bedrohung erkannten extremen Naturereignisses.

Es gibt eine Vielzahl von Methoden und Instrumenten zur Bedrohungsanalyse. Die meisten davon funktionieren auf der Grundlage verfügbarer wissenschaftlicher Daten. Es wird unterschieden zwischen qualitativen und quantitativen Methoden. Die quantitativen Methoden sind präziser, jedoch reichen sie alleine aufgrund der oft anzutreffenden schwierigen Datenlage nicht aus. Die qualitativen Methoden dagegen erlauben mehr Tiefenschärfe, mehr Beteiligung und mehr Verständnis von Zusammenhängen. Sie basieren stark auf den Erfahrungen und Beobachtungen in den betroffenen Gebieten. Im Kontext der EZ wird eine Kombination aus beiden Methoden empfohlen. Qualitative Methoden sollten mit quantitativen Vorgehensweisen ergänzt bzw. untermauert werden.

Für die Analyse der verschiedenen Bedrohungen hat sich die Aufteilung in **drei verschiedene Analyse-Kategorien** bewährt:

- Räumliche Analyse (Standort, Ausdehnung);
- Zeitliche Analyse (Frequenz, Dauer, Eintrittswahrscheinlichkeit, Trends);
- Dimensionale Analyse (Stärke, Umfang, Intensität, Ausmaß, Magnitude).

Zur **Anfälligkeitsanalyse** gibt es verschiedene Analyse-Ansätze und Erfahrungen, aber bislang keine standardisierte Vorgehensweise. Neben den Methoden zur Einschätzung der „physischen Anfälligkeit“, also der Quantifizierung der erwarteten Schäden an Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen, gibt es eine Vielzahl von Einzeluntersuchungen, bei denen die dabei benutzte Methode nach Bedarf entwickelt bzw. aus bestehenden Instrumententeilen kombiniert und zusammengebaut wird. Dies gilt v.a. in Kontexten, in denen es um soziale Faktoren der Anfälligkeit geht. Es gibt keine einheitliche Herangehensweise an die Untersuchung von Anfälligkeit oder eine Übereinkunft darüber, was angemessene Indikatoren sind. Deshalb kann hier keine Standard-Methode als die „beste“ dargestellt oder empfohlen

werden. Neben den Einzeluntersuchungen gibt es verschiedene Denk-Ansätze und Konzepte, aus denen heraus „soziale Anfälligkeitsuntersuchungen“ entwickelt und inspiriert werden.

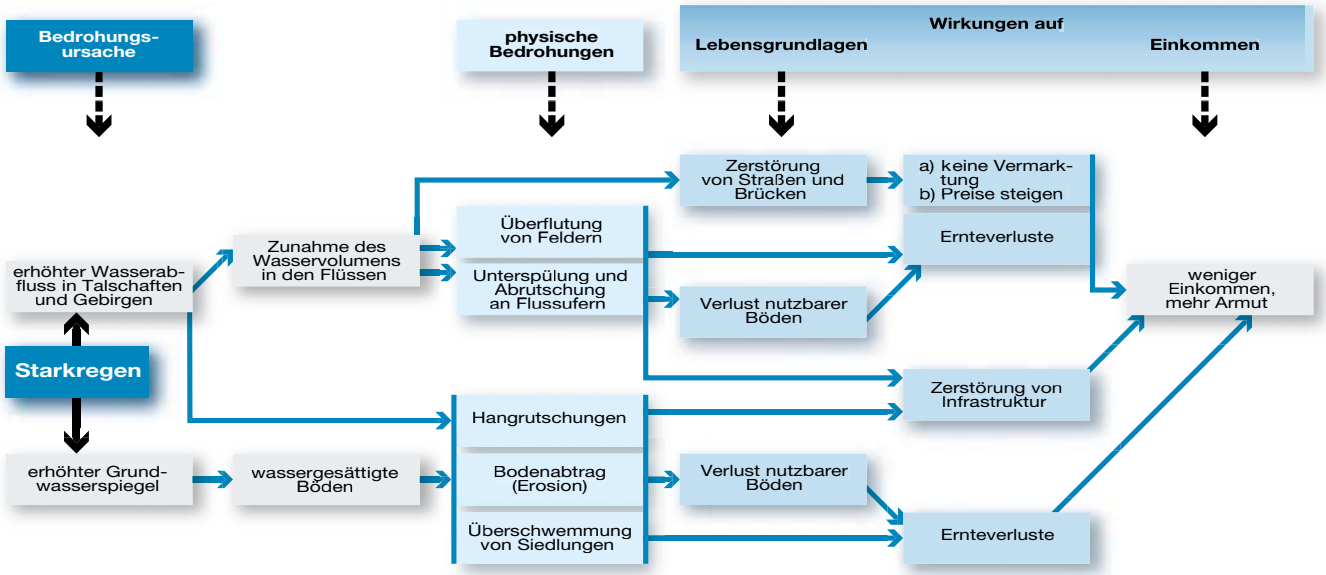
Ansätze, die Anfälligkeit zu analysieren, stammen aus verschiedenen Forschungsperspektiven. Einige Ansätze gehen eher von der Analyse anfälliger Gruppen aus, z.T. inspiriert durch die Armutsbekämpfungsstrategien, andere gehen von der Analyse der aktuellen Lebenssituation auf Dorf- und Haushaltsebene aus (z.B. die britische EZ-Organisation DFID mit dem „Sustainable Livelihood Approach SLA“). Morrow (1999) beschreibt einen gemeindebasierten Ansatz zur Analyse der Anfälligkeit einer Gemeinschaft. Der für Anfälligkeitsanalysen auf Haushaltsebene oft angewandte „Sustainable Livelihood Approach SLA“ wurde in Anlage 2 detailliert beschrieben und kann beim Sektorvorhaben „Katastrophenvorsorge“ (GTZ) nachgefragt werden. Allen Ansätzen ist gemein, dass von der Unterschiedlichkeit der Anfälligkeiten je nach Bedrohungstyp ausgegangen wird, und dass sich die Anfälligkeiten im Tages-, Jahreszeiten- und Jahresverlauf ändern.

7.2 Bedrohungs- und Anfälligkeitsanalyse am Beispiel der Überschwemmung

Nach der Identifizierung der „Überschwemmungen“ als relevantem Bedrohungstyp und direkter physischer Bedrohung aus der Sicht der lokalen Bevölkerung, wird mit Hilfe der folgenden Leitfragen der Analyseprozess fortgeführt und vertieft. Zur Feststellung der direkten physischen Bedrohung und der daraus folgenden Konsequenzen hat sich die Analyse anhand von Wirkungsketten oder -gefügen als hilfreich erwiesen.

Die **direkte physische Bedrohung** ist innerhalb der Wirkungskette jene Bedrohung, welche die betroffene Bevölkerungsgruppe als solche wahrnimmt. Im vorliegenden Beispiel ist dies nicht der Starkregen, sondern die Überschwemmung. Ist ein ganzes Wassereinzugsgebiet das Arbeitsgebiet des Projektes, dann ist bei der direkten physischen Bedrohung zu differenzieren zwischen Oberliegern und Unterliegern. Für erstere ist möglicherweise nicht die Überschwemmung das Problem, sondern die durch den Starkregen verursachten Hangrutschungen und die Erosion. Die Analyse der Wirkungskette ist auch hilfreich zur Identifizierung der Ursachen sowie der durch die direkten physischen Bedrohungen erzeugten Wirkungen auf die relevanten Lebensgrundlagen. Die Wirkungskette kann für jeden relevanten Bereich der Lebensgrundlagen erstellt und analysiert werden, wenn detaillierte Erklärungen von möglichen Bedrohungsauswirkungen notwendig sind. Als *Lebensgrundlage* werden in der Fachliteratur die folgenden Bereiche genannt: Basisinfrastruktur (Energie/Strom, Wasser/Abwasser, Strassen/Brücken, Kommunikation), Siedlungen und Gebäude, je nach Kontext Landwirtschaft/Fischerei und/oder Handwerk und Industrie, Gesundheit. Des Weiteren gehören der soziale und politisch-institutionelle sowie der Umweltbereich dazu, die in der Literatur jedoch wenig thematisiert werden.

Figur 13: **Wirkungskette zur Feststellung der direkten physischen Bedrohung sowie der Ursachen und Wirkungen**



Leitfragen

In den folgenden Ausführungen werden die einzelnen Schritte der Risikoanalyse anhand von Leitfragen erklärt und abgearbeitet. Entlang dieser Fragen werden die jeweils zu verwendenden Instrumente dargestellt und in einigen Fällen mit Beispielen unterlegt. Dabei stehen die Abkürzungen BA für Bedrohungsanalyse, AA für Anfälligkeitsanalyse und RA für Risikoanalyse. BA1 bedeutet Schritt 1 der Bedrohungsanalyse, AA1 entsprechend Schritt 1 der Anfälligkeitsanalyse, etc.

BA1 = Schritt 1 der Bedrohungsanalyse;

AA1 = Schritt 1 der Anfälligkeitsanalyse;

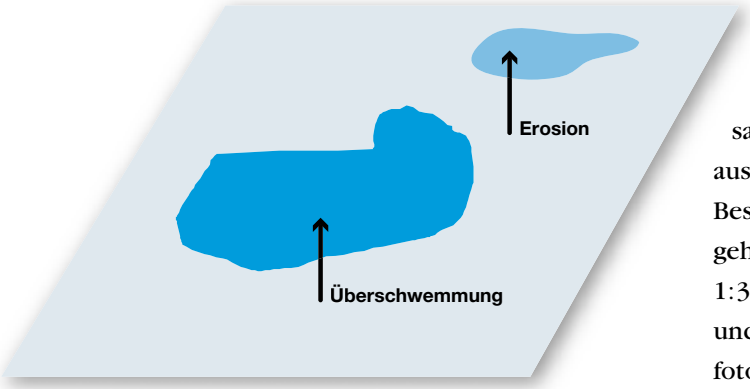
RA1 = Schritt 1 der Risikoanalyse (BA x AA = RA)

BA1 Welche Standorte und Gebiete sind von Überschwemmungen bedroht?

(Räumliche Analyse)

Zur Bestimmung der potenziell betroffenen Gebiete, also der Bedrohungsstandorte werden Aufzeichnungen und Register analysiert, soweit vorhanden. Diese werden ergänzt durch die Auswertung von Luft- und Satellitenbildern und Umfragen bei der betroffenen Bevölkerung. Bei großflächigen Überschwemmungsgebieten (z.B. Mosambik) werden die bedrohten Gebiete über Satellitenbilder (Landsat TM) erfasst. Die erhobenen Daten werden manuell oder mittels GIS auf topographische Karten 1:20.000 bis 1:100.000 oder größer eingetragen.

Figur 14: **Kartierung von Bedrohungsstandorten**



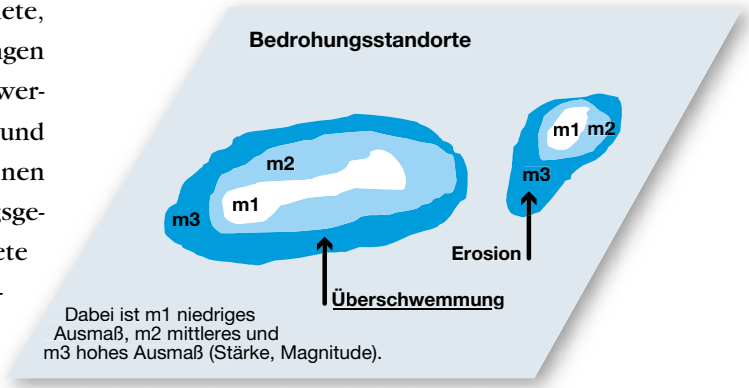
Wo befinden sich die potenziell bedrohten Gebiete?

Diese Karte mit den potenziell bedrohten Standorten ist die Grundlage für die weiteren Analyseschritte, bei denen sowohl die Charakteristiken der bedrohten Gebiete und des sie umgebenden Umfeldes als auch die Faktoren untersucht werden, die das Ausmaß (Stärke) der Überschwemmung beeinflussen und ausmachen (Bedrohungsfaktoren). Eine detaillierte Kenntnis und Analyse dieser den Bedrohungstyp „Überschwemmung“ beeinflussenden Bedrohungsfaktoren (Niederschläge, aktuelle Landnutzung, aus Bodenart und Bodenbedeckung ermittelbare Infiltrationsfähigkeit des Bodens, Hangneigung, Form der Wassereinzugsgebiete) ist notwendig, um die verschiedenen Stärken (Ausmaß, Magnitude) mit ihren Eintrittswahrscheinlichkeiten der zu erwartenden Überschwemmungen sowie Trends und Tendenzen einschätzen zu können.

Sind die verschiedenen Ausmaße der Überschwemmungen bekannt, kann eine Standortkarte so aussehen:

Figur 15: **Beispiel einer Kartierung der Bedrohungsstandorte mit verschiedenen Ausmaßen m1 – m3**

(1:20.000 – 1:100.000, auf der Grundlage einer digitalisierten Basiskarte)



Je nach Bedrohungstyp werden mehr oder weniger intensiv Satelliten- und Luftbilder als Datenquelle und zusammen mit GIS als Analyseinstrument genutzt und angewendet. Die am häufigsten verwendeten Satellitenbilder für die Analyse von Überschwemmungen sind Spot XS, Spot PAN, Landsat TM und Radar. Die Luftbilder werden je nach Bedarf aus verschiedenen Jahren besorgt, v.a. wenn es um die Bestimmung der Häufigkeit von Überschwemmungen geht, meistens im Maßstab zwischen 1:15.000 bis 1:30.000 (bei kleinräumigen Überschwemmungen), und gegebenenfalls mit NASA- und/oder Landschaftsfotos ergänzt.

Für die **partizipative Analyse** mit der Dorfbevölkerung eignen sich insbesondere die Luftbilder, die leichter zu interpretieren sind als Karten, da die Formgenauigkeit der Objekte ein hohes Maß an Erkennbarkeit und Genauigkeit bietet und eine geringere Abstraktionsfähigkeit erfordert. Die Luftbilder haben sich insbesondere bei der partizipativen Analyse von Ursache-Wirkungszusammenhängen bewährt. Wenn bestimmte Geländetypen, Vegetationscharakteristiken oder Spuren von vergangenen Naturereignissen (Hangrutschungen, Überflutungen, Erosion) auf dem Luftbild zu erkennen sind, ergibt sich hiermit die Möglichkeit der systematischen Kartierung von Bedrohungsgebieten (Gefahrenkarten). Die gemeinsame Interpretation eines Luftbildes ist ein hilfreiches Kommunikationsmittel, um mit der Dorfbevölkerung die verschiedenen natürlichen Bedrohungen zu lokalisieren, und ihre Geschichte sowie vergangene Katastrophen mit ihren Schadensausmaßen zu rekonstruieren. Besonders interessant kann ein Vergleich mit selbst gezeichneten Gefahrenkarten sein. Der Unterschied kann deutlich machen, wo die (Risiko-) Wahrnehmung der lokalen Bevölkerung von der Wirklichkeit abweicht.

Identifizierung von Bedrohungen und anfälligen Elementen mit der lokalen Bevölkerung

Im Projekt „Katastrophenvorsorge und Ernährungssicherung in San Pedro-Bolivien“ wurden die anfälligen Lebensgrundlagen gegenüber Erosion, Hangrutschungen, Dürre und Hagel sowie Frost gemeinsam mit der lokalen Bevölkerung mit Hilfe vergrößerter Luftbilder identifiziert und analysiert. Dabei wurde über das vergrößerte Luftbild eine transparente Folie gelegt und die anfälligen Elemente sowie Bedrohungen mit Filzstift auf der Folie eingezeichnet. Ein weiteres Hilfsmittel in diesem Analyseprozess stellten die von Dorfbewohnern gezeichneten Bilder auf Pinwänden dar, auf denen Bedrohungen und anfällige Elemente aufgezeichnet wurden.

Der Einsatz von technischen Hilfsmitteln bei der räumlichen Analyse und Kartierung der Analyseergebnisse hängt vom jeweiligen Kontext und der Größenordnung des bedrohten Gebietes sowie der erwarteten Schäden ab. Nicht immer sind aufwändige Technologien notwendig. Bei einfachen Bedrohungsszenarien mit relativ geringen erwarteten Schäden können räumliche Analysen mit Hilfe von Zeichnungen und Karten von lokalen Bewohnern auf Pinwänden oder in den Boden eingravierte Landschaftsdarstellungen durchgeführt werden.

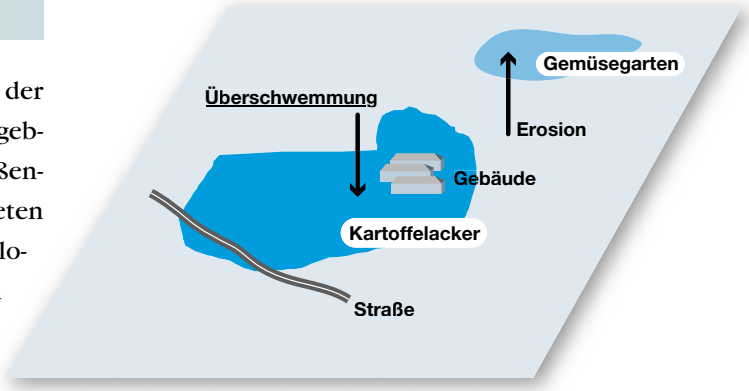
Eine detaillierte Beschreibung der Anwendung der Fernerkundung und von GIS bei Risikoanalysen ist in der Anlage 1 zu dieser Handreichung zu finden. Sie kann unter disaster-reduction@gtz.de nachgefragt werden.

AA1 Gibt es anfällige Menschen und Lebensgrundlagen? Wer und was ist betroffen und bedroht? Welches sind die wichtigen Lebensgrundlagen? Was wird produziert? Wovon lebt die lokale Bevölkerung?

Zur Bestimmung der anfälligen Elemente, d.h. der Menschen und ihrer Lebensgrundlagen, die gegenüber Überschwemmungen anfällig sind, werden Landkarten und Siedlungspläne – soweit verfügbar – analysiert, und/oder es werden Luft- und Satellitenbilder ausgewertet und durch Umfragen bzw. mit Hilfe partizipativer Workshops mit der betroffenen Bevölkerung analysiert und ergänzt. Dabei haben sich die bereits oben beschriebenen Luftbilder als Grundlage zur Identifizierung der bedrohten Elemente bewährt. Die lokalen Kenntnisse geben in der Regel ausreichend Aufschluss über das, was bei der lokalen Bevölkerung anfällig ist.

Im Rahmen dieser Analyse ist es wichtig festzustellen, welche Elemente und Aktivitäten die Lebensgrundlage ausmachen. Ist es die Landwirtschaft, das Handwerk oder sind es eher die Arbeitsplätze in der verarbeitenden Industrie oder im Bergbau? Welche Rolle spielen die Märkte und die Straßen und Brücken für den Marktzugang und die Kommunikation? Welche Rolle spielen die Trinkwasserversorgung und Abwassersysteme? Die erhobenen Daten werden manuell oder mittels GIS auf topographische Karten 1:20.000 bis 1:100.000 einge-

Figur 16: **Kartierung von Bedrohungsstandorten und anfälligen Elementen**



tragen. Im vorliegenden Beispiel (Figur 16) wurden die folgenden anfälligen Elemente identifiziert: Kartoffelacker, Straße, Gebäude.

BA1 Ausmaß und Frequenzen? Wann und wie oft sind zukünftige Überschwemmungen zu erwarten? Jahreszeiten? Zyklen? Frequenzen? Mit welcher Intensität und mit welcher Dauer (= Ausmaß/Stärke)? Schäden in der Vergangenheit? *(Zeitliche und dimensionale Analyse)*

Hier werden Antworten auf die Fragen gesucht: Wie hoch wird das Wasser an den bedrohten Standorten steigen? Wann und wie oft kommt die Überschwemmung? Welche Faktoren beeinflussen die Überschwemmung und ihre Frequenz sowie ihr Ausmaß?

Das **Ausmaß** setzt sich bei Überschwemmungen zusammen aus der Intensität und der Dauer; die Intensität wiederum ergibt sich aus der Wassergeschwindigkeit und dem Wasservolumen. Das **Ausmaß** (Stärke) von Überschwemmungen wird einerseits abgeleitet aus den in der Vergangenheit stattgefundenen Ereignissen (z.B. überflutete Flächen in km^2, Volumen in m^3 und Wassertiefe in m) und andererseits aus der Analyse der Bedrohungsfaktoren (z.B. aus den zu erwartenden Niederschlägen), oder es wird mit Hilfe von Modellen, Modellierungen und Simulationen berechnet und prognostiziert.

Identifikation und Analyse der Bedrohungsfaktoren zur Bestimmung des Ausmaßes (Stärke, Magnitude)

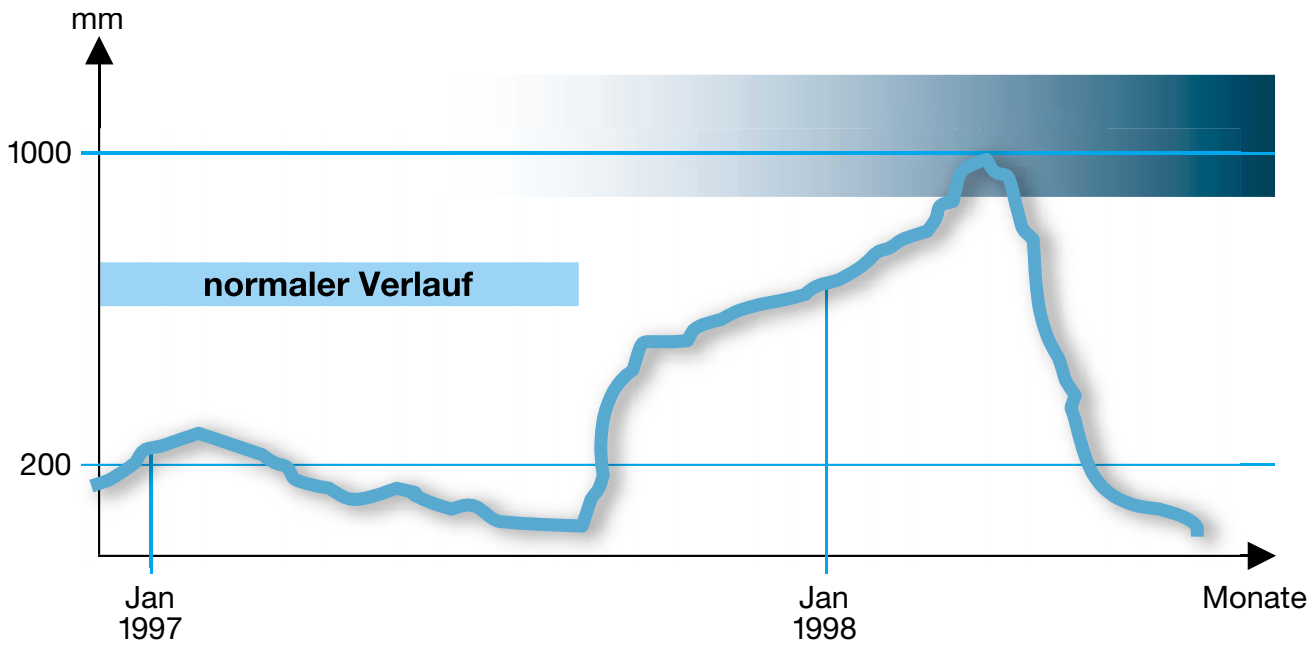
Welche Faktoren beeinflussen die Überschwemmung? Um das **Ausmaß** einschätzen zu können, ist die Untersuchung jener Faktoren (Bedrohungsfaktoren, Gebietskennwerte) notwendig, welche das extreme Naturereignis beeinflussen. Bei Überschwemmungen sind dies die folgenden ...

... Bedrohungsfaktoren:

1) Niederschläge (zeitlich und räumlich, ENSO);
2) Form und Größe des Wassereinzugsgebietes (inkl. Hangneigung);
3) Bodenart;
4) Bodenbedeckung (inkl. Landnutzung).

Die *Niederschläge* stellen einen durch den Menschen nicht beeinflussbaren Faktor unter den überschwemmungswirksamen Faktoren dar. Inwieweit sie zur Überschwemmung beitragen, hängt von der räumlichen und zeitlichen Verteilung sowie vom Gesamtvolumen der Niederschläge ab. In vielen von Überschwemmungen betroffenen Regionen der Welt stellt das Phänomen El Niño/La Niña (*ENSO*)[15] einen wichtigen Faktor dar, der je nach Region einen größeren oder kleineren Einfluss auf Regen- und Überschwemmungsereignisse hat.

Figur 17: **Veränderung der Niederschläge bei El Niño (Milagro – Küste Ecuador)**



[15] Erläuterungen zu ENSO (= El Niño Southern Oscillation) siehe Anlage 3, erhältlich unter disaster-reduction@gtz.de

Bei den *Charakteristiken eines Flusseinzugsgebietes* spielen sowohl die Hangneigung und Hanglänge als auch die Form und Größe des Einzugsgebietes eine wichtige Rolle beim Zustandekommen einer Überschwemmung. Je steiler ein Hang und je größer die Hanglänge, desto größer wird die Abflussgeschwindigkeit des Oberflächenwassers, da den Niederschlägen nur wenig Zeit zum Einsickern in den Boden bleibt. Gleichzeitig hängt das Einsickern des Wassers in den Boden von den Infiltrationseigenschaften sowie der Speicherfähigkeit der Böden ab (*Bodenart*). Die Abflussgeschwindigkeit und -menge des Oberflächenwassers hängt schließlich neben den genannten drei Faktoren auch von der Art und dem Umfang der *Bodenbedeckung* ab. Sie wird gebildet durch Pflanzen, Ernterückstände oder durch das Steingerüst des Bodens oder gegebenenfalls durch bauliche Strukturen.

Zur **Ermittlung des Ausmaßes der Überschwemmung** ist die Festlegung von Indikatoren notwendig, mittels derer die Bedrohung quantifiziert und bewertet werden kann. Bei der Analyse des Bedrohungsfaktors Niederschläge müssen die zeitliche sowie räumliche Verteilung und das Gesamtvolumen pro Zeiteinheit berücksichtigt und ermittelt werden.

Bedrohungsfaktoren	Indikatoren der Bedrohung
1) Niederschläge	1.1 Verteilung der Niederschläge in Zeit und Raum
	1.2 Volumen der Niederschläge
2) Wassereinzugsgebiet	2.1 Hangneigung
	2.2 Form und Größe Wassereinzugsgebiet
3) Bodenart	3.1 Infiltrationseigenschaften der Böden
	3.2 Speicherfähigkeit der Böden
4) Bodenbedeckung	4.1 Art der Bodenbedeckung (Pflanzen, sonstige)
	4.2 Prozentualer Anteil der Bodenbedeckung

Damit können bei fehlenden historischen Daten bis zu einem bestimmten Grad auch die Eintrittswahrscheinlichkeiten abgeleitet bzw. rekonstruiert werden (z.B. über Niederschlagsdatenauswertung).

Diese gleichen Bedrohungsfaktoren sind neben der Untersuchung der Überschwemmung auch insbesondere wichtig bei den Bedrohungstypen Erosion, Hangrutschungen und Frost. Ggfs werden sie durch zusätzliche Faktoren wie z.B. Geologie bei Hangrutschungen ergänzt.

Bei der Bedrohungseinschätzung von Überschwemmungen und Dürren muss zusätzlich untersucht werden, in wie weit bei den betreffenden Standorten der globale Klimawandel und das Phänomen El Niño/La Niña (ENSO) eine Rolle spielen, bzw. welche Rolle sie spielen.

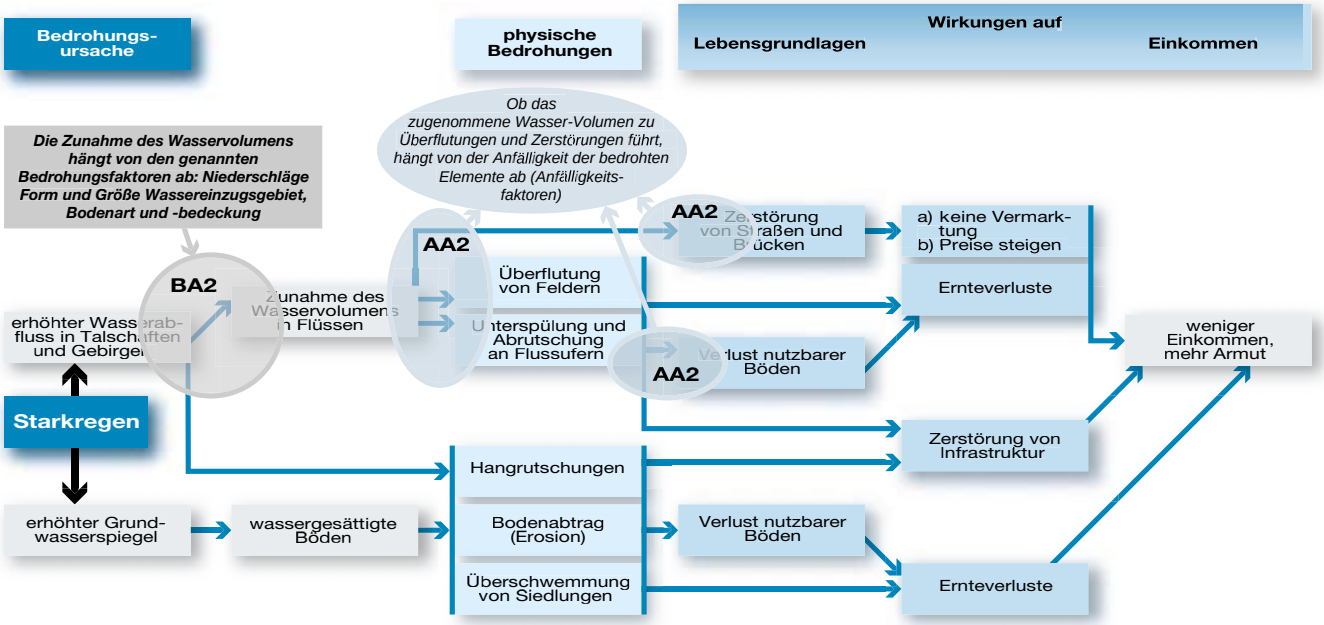
Zur Darstellung der Niederschläge und ihrer zeitlichen Verteilung, – was insbesondere bei landwirtschaftlich orientierten Bevölkerungen von Interesse ist – sowie zur Ermittlung des Wasserhaushalts einer Region können mit Hilfe des auf Seite 43 unter der Leitfrage AA2 dargestellten „Wasserbilanzdiagramms“[16] (Figur 25) die Zeiten des Wasserüberschusses sowie des Wasserdefizits sichtbar gemacht und dargestellt werden. Dafür sind Niederschlags-, Temperatur- und Verdunstungsdaten notwendig.

Bei der Untersuchung der Bedrohungsfaktoren und deren Auswirkungen auf das Ausmaß der Überschwemmung sind auch die Einflüsse der lokalen Bevölkerung zu berücksichtigen. Dies gilt insbesondere beim Bedrohungsfaktor Bodenbedeckung, der durch Abholzung und landwirtschaftliche Nutzung beeinflusst wird. Auch die Bodenart und die Hangneigung (z.B. Terrassen) können von den Menschen beeinflusst werden. Vielerorts hängen diese von den landwirtschaftlichen Nutzungspraktiken ab. Insgesamt wird die Anfälligkeit von Regionen und Bevölkerungen gegenüber extremen Naturereignissen wie Überschwemmungen, Stürme, Hangrutschungen und Erdlawinen durch die Ressourcenzerstörung und Degradierung (Abholzung, Überweidung, Erosion, Verlust von Biodiversität, etc.) erheblich erhöht. In der Fachliteratur werden die Bedrohungs- und Anfälligkeitsfaktoren oft auch in zusammengefasster Form als **Risikofaktoren** wiedergegeben. Dabei gilt der Standort als typischer Risikofaktor, da beim Standort Bedrohung und Anfälligkeit zusammentreffen.

Bei der (partizipativen) Analyse zum Einfluss der Bedrohungs- und Anfälligkeitsfaktoren auf Ausmaß und Schadenshöhe bei Überschwemmungen ist das folgende Wirkungsdiagramm hilfreich, da hier die Leitfragen

[16] auf der Basis der Klimadiagramme nach Walter

Figur 18: **Abhängigkeit des Ausmaßes von Überschwemmung und Schäden von Bedrohungs- und Anfälligkeitsfaktoren**



des Analyseprozesses dem jeweiligen Wirkungsstandort zugeordnet werden können.

Eine detaillierte Kenntnis und Analyse der Bedrohungsfaktoren ist notwendig, um die verschiedenen Ausmaße von Überschwemmungen einschätzen bzw. mit Hilfe von digitalen Höhenmodellen simulieren zu können. Wie die verschiedenen Ausmaße von Überschwemmungen kartographisch dargestellt werden, wird in den Figuren 15 und 21 gezeigt.

Jede Ausmaß- oder Stärke-Kategorie hat die dazugehörige Eintrittswahrscheinlichkeit **p**. Damit wird die Häufigkeit oder die Frequenz angegeben.

Wann und wie oft? – Bestimmung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Bei der Einschätzung der **Eintrittswahrscheinlichkeit** sind neben der Niederschlagsdatenauswertung die Register (Aufzeichnungen, Erinnerungen, Karten, etc.) zu den historischen Extremereignissen die wichtigste Erkenntnisquelle. Es geht dabei um die schon geschehenen Naturereignisse und Katastrophen. Mit Hilfe historischer Daten können zukünftige Ereignisse abgeleitet und modelliert werden. Um die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Überschwemmung eines bestimmten Ausmaßes bewerten und quantifizieren zu können, sind Informationen bezüglich der Anzahl und Stärke der in der Vergangenheit vorgekommenen Überschwemmungen unabdingbar. Dabei ist die Auswertung der Niederschlagsdaten grundlegend.

In der Fachliteratur wird oft von „**Wiederholungszyklen** oder -intervallen“ (intervalo de recurrencia) zwischen Naturereignissen gesprochen, um die **Frequenz** darzustellen; damit wird die *durchschnittliche* Zeit zwischen den Ereignissen angegeben. Dies ist ein wichtiges statistisches Konzept zur Quantifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeit von Naturereignissen.

Die Bedrohung zu analysieren und ihre Eintrittswahrscheinlichkeit zu bewerten, bedeutet auch das Naturereignis zu prognostizieren. Dabei wird unterschieden zwischen kurzfristigen (zwischen einigen Minuten

Traditionelle Vorhersagesysteme[17]

- Eine bestimmte Vogelart bringt seinen Nistplatz in den Schilfpflanzen des Titicaca-Sees (Peru/Bolivien) in Jahren erwarteten Hochwassers auf höherem Niveau an den Schilfpflanzen an als in „normalen“ Niederschlagsjahren. Diese Beobachtung nutzt die lokale Bevölkerung zur Vorhersage von Hochwasser.
- Aufkommende Orkanstürme in Mosambik werden von Bauern im Landesinnere Tage und Stunden vor dem Auftreten anhand von Spinnennetzen einer bestimmten Spinnenart festgestellt, die sich zur Küste hin ausrichten.

[17] Eine ausführliche Untersuchung zu traditionellen Vorhersagesystemen mit den entsprechenden Indikatoren wurde im Rahmen der Diplomarbeit von Frederik Pischke im Projekt San Pedro – Bolivien Anfang 2003 durchgeführt: „Traditional risk prediction and prevention strategies in the San Pedro catchment area, Potosi – Bolivia“, Bachelor Thesis by Frederik Pischke, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, July 2003.

und einigen Tagen), mittelfristigen und langfristigen Vorhersagen. Vor allem bei den kurzfristigen Prognosen ist eine Untersuchung von traditionellen Vorhersagesystemen der lokalen Bevölkerung sinnvoll, da diese oft über (Bio-) Indikatoren verfügt, die auf der Basis von oft jahrhundertealten Beobachtungen entstanden sind. Mittelfristige und langfristige Vorhersagen basieren hauptsächlich auf Informationen aus historischen Registern.

Umfangreiche und detaillierte Bedrohungsanalysen werden normalerweise von technischen und wissenschaftlichen Institutionen aus Fachrichtungen wie Geologie, Hydrometeorologie und ähnlichen durchgeführt. Die Ergebnisse variieren zwischen detaillierten Analysen und allgemeinen Einschätzungen, zwischen aufwendigen technischen Studien und einfachen **Bedrohungskarten**. Letztere beinhalten Zonierungen, in denen homogene Gebiete und Gebiete mit den verschiedenen Bedrohungsklassen dargestellt werden (1:2.000 bis 1:50.000). Bei Überschwemmungen werden die bedrohten Zonen (Wiederholungszyklen von 50, 100 und 500 Jahren) dargestellt, bei Hangrutschungen, Vulkanen und Erdbeben geben die Karten neben den bedrohten Standorten den Grad der Empfindlichkeit/Verletzlichkeit (susceptibilidad) mit hoch, mittel und niedrig wieder. Diese Karten sind eine unverzichtbare Grundlage für die Raumplanung und die Planung von Schutzmaßnahmen.

Je nach Erfordernissen wird die Bedrohungskarte im Maßstab zwischen 1:2.000 bis maximal 1:50.000 hergestellt.

BA3 Wie kann die Bewertung von Bedrohungen dargestellt werden?

Wichtige Instrumente der Darstellung der Ergebnisse der Bedrohungsanalyse sind **Bedrohungskarten und Bewertungstabellen**.

Die Bewertung der Bedrohung drückt sich in der Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit aus. Sie kann in Skalen zwischen 0 und 1 oder zwischen 1 und 100 oder anderen Skalen dargestellt werden. Dabei wäre 0 gleichzusetzen mit sehr unwahrscheinlich und 1 mit absoluter Sicherheit, dass ein Naturereignis wie z.B. ein Erdbeben mit einer bestimmten Intensität an einem bestimmten Ort auftritt. Die Eintrittswahrscheinlichkeit wird in Funktion der Stärke (Ausmaß) dargestellt, d.h. ausgehend von drei verschiedenen Ausmaßen bei Überschwemmungen, wird die Eintrittswahrscheinlichkeit für jede der 3 Ausmaße definiert.

In der Folge werden mehrere Grafiken und Tabellen widergegeben, die die Vielfalt der Darstellungsmöglichkeiten zum Thema „Bewertung von Bedrohungen“ aufzeigen sollen.

Die Bewertung einer Überschwemmung kann wie folgt dargestellt werden:

m = Ausmaß, Stärke, Magnitude
i = Wert des Ausmaßes; i = 1, 2 oder 3
p = Eintrittswahrscheinlichkeit
mi gibt das Ausmaß der Überschwemmung mit Bewertung an (Magnitude, Stärke);

Beispiel zur Bestimmung des Ausmaßes bei Überschwemmungen

Ausmaß:	Niedrig 1	Mittel 2	Hoch 3
Wassergeschwindigkeit	x	xx	xxx
Volumen, Pegelhöhe	y	yy	yyy
Dauer	1 Wo	2 Wo	3 Wo
Magnitude/ Stärke (i)	m1	m2	m3

Kommt die Analyse zum Ergebnis, dass sich in den nächsten 10 Jahren *sehr wahrscheinlich* (p = hoch = 3) eine Überschwemmung ereignen wird, dann wird dies auf jährlicher Basis so ausgedrückt: Mit 10 %-iger Wahrscheinlichkeit ereignet sich in einem Jahr eine Überschwemmung. Der Wiederholungszyklus beträgt hier 10 Jahre. Wenn der Wiederholungszyklus 100 Jahre beträgt, dann bedeutet dies, dass sich in einem Jahr mit 1 %-iger Wahrscheinlichkeit eine Überschwemmung ereignen wird, und dass die Eintrittswahrscheinlichkeit in den nächsten 10 Jahren gering ist.

Eintrittswahrscheinlichkeit der Ausmaße (Magnituden) m1, m2 oder m3 bei Überschwemmungen

Ausgehend von der Erfahrung, dass es bei Überschwemmungen verschiedene Ausmaße (Stärke, Magnitude) mit unterschiedlichen Wiederholungszyklen gibt, und hier von 3 verschiedenen Ausmaßen ausgegangen wird, kann die Eintrittswahrscheinlichkeit für jede einzelne dieser 3 Ausmaße (m1, m2, m3) wie folgt dargestellt werden.

Beispiel zur Darstellung von 3 verschiedenen Eintrittswahrscheinlichkeiten

Magnituden, Ausmaße (m)	Eintrittswahrscheinlichkeiten p(m)	Beispiel
m1 (= niedrig)	p(m1) = 3 (hoch)	> 33 %
m2 (= mittel)	p(m2) = 2 (mittel)	5–33 %
m3 (= hoch)	p(m3) = 1 (niedrig)	< 5 %

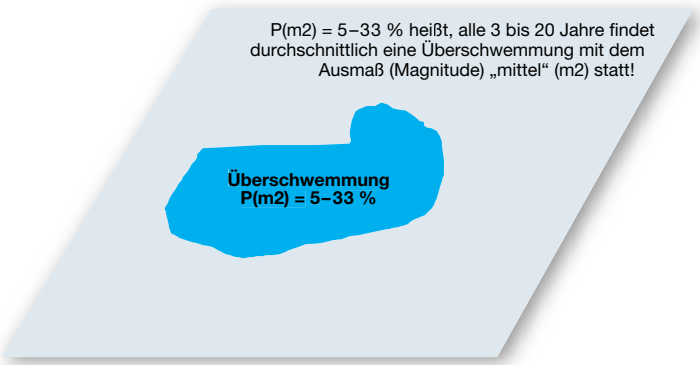
In eine Farb-Tabelle übertragen sieht die Darstellung wie folgt aus:

Figur 19: **Eintrittswahrscheinlichkeit (p) bei verschiedenen Ausmaßen (m1–m3)**

AUSMASS (m)		
	hoch m3	(p) = niedrig = (1) p(m3) = < 5 %
	mittel m2	(p) = mittel = (2) p(m2) = 5–33 %
	niedrig m1	(p) = hoch = (3) p(m1) = > 33 %

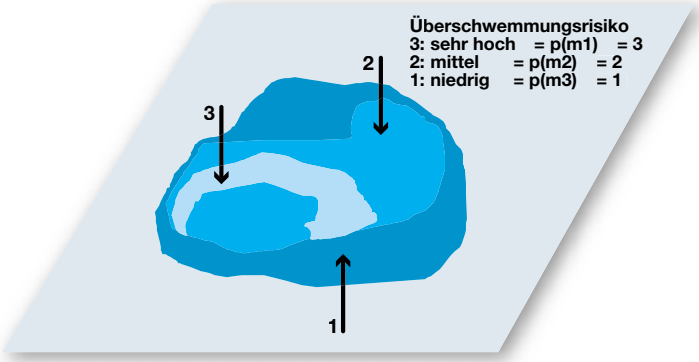
p(m1) = > 33 % (oder:3) heißt, dass im Schnitt mindestens alle 3 Jahre eine Überschwemmung geringen Ausmaßes stattfinden wird.
mi = Magnitude, (Stärke, Ausmaß): hoch = m3, mittel = m2, niedrig = m1
p(mi) = Eintrittswahrscheinlichkeit des Ereignisses in % pro Jahr: z.B. 33 % = Überschwemmung alle 3 Jahre. Bei 5 % = alle 20 Jahre.

Die verschiedenen Farben der Tabelle geben unterschiedliche Bedrohungswerte an, die auf Bedrohungskarten übertragen werden können.



Figur 20: **Bedrohungskarte mit einem Ausmaß (m2) und der dazugehörenden Eintrittswahrscheinlichkeit (p)**

Die verschiedenen Ausmaße (m1–m3) von Überschwemmungen mit den Werten der jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeiten können kartografisch wie folgt dargestellt werden:



Figur 21: **Bedrohungskarte mit der Eintrittswahrscheinlichkeit (p) von drei verschiedenen Ausmaßen (m1–m3)**

Je nach Erfordernissen werden die Bedrohungskarten im Maßstab zwischen 1:2.000 bis maximal 1:50.000 hergestellt.

Weitere Darstellungsmöglichkeiten zur Bestimmung der Wahrscheinlichkeit:

Wahrscheinlichkeit

Bewertung	Eintrittswahrscheinlichkeit in 50 Jahren
hoch	82 % – 100 %
mittel	40 % – 82 %
niedrig	0 – 40 %

Wiederholungszyklus

Wiederholungszyklus in Jahren	Bewertung
1 – 30	oft
30 – 100	mittel
100 – 300	selten

Datenaufwand

Abhängig von der benutzten Methode ist der Datenaufwand größer oder kleiner. Um präzise Einschätzungen machen zu können, sind bei allen Vorgehensweisen erhebliche Datenmengen notwendig. Um die Analysen der drei genannten Analyse-Kategorien (**zeit-**

lich: wann? wie oft?, dimensional: Ausmaß?, räumlich: wo?) durchführen zu können, sind folgende Grunddaten erforderlich: Standorte mit lokalen Namen und Koordinaten; Ausmaß und Datum der in der Vergangenheit stattgefundenen Überschwemmungen; *quantitative* Schadensevaluierung: Tote, Verletzte, Geschädigte, zerstörte oder geschädigte Gebäude, Schäden bei Straßen, Brücken, Landwirtschaft, etc., Länge der geschädigten/unterbrochenen Straßen, Öl-/Gas-Pipelines, Wasser- und Stromleitungen; Fläche des betroffenen Gebietes; *qualitative* Schadensevaluierung: soziale Ungleichgewichte/Störungen, Störung/Unterbrechung der Kommunikationsnetze, kulturelle Verluste (Schulen, etc.), Unterbrechung der Versorgung mit Wasser, Energie, Gesundheit; isolierte Zonen.

Aufwand und Zeit

Dieser Prozess der Bedrohungsanalyse kann – je nach Größe der Gemeinde, des Projektgebietes, und je nach Gefahrenlage und -komplexität – zwischen 1 und 12 Monaten dauern. Dabei wird die erarbeitete und verarbeitete Kartografie auch für andere Schritte (z.B. Anfälligkeitsanalyse) und Aufgaben verwendet. Der Zeitaufwand hängt u.a. wesentlich davon ab, ob die Karten digital zur Verfügung stehen und verarbeitet werden können, oder ob sie bei jeder Aktualisierung manuell angefertigt werden müssen.

Ausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit können – wie oben bereits erwähnt – auch mit Hilfe von Modellen, Modellierungen und Simulationen berechnet und prognostiziert werden. Aufgrund der hohen Komplexität der physischen Systeme ist eine Modellierung nur annähernd möglich. Eine präzise Modellierung und Nachahmung ist aufgrund der Komplexität der natürlichen Systeme nicht möglich.

AA2 Welche Auswirkungen haben die eingetretenen Überschwemmungen auf die anfälligen Elemente?

Die Anfälligkeit bringt den Grad des möglichen Verlustes oder Schadens eines durch ein Naturereignis einer bestimmten Stärke bedrohten Elementes zum Ausdruck. Das Naturereignis ist hier die Überschwemmung, die auf lokaler Ebene als direkte physische Bedrohung wahrgenommen wird. Oft werden die Ereignisse unterschiedlich wahrgenommen, je nach Grad der Betroffenheit, nach Armutsgrad, nach Einkommen und Besitzstand, nach sozialer Rolle, etc. Die nationalen

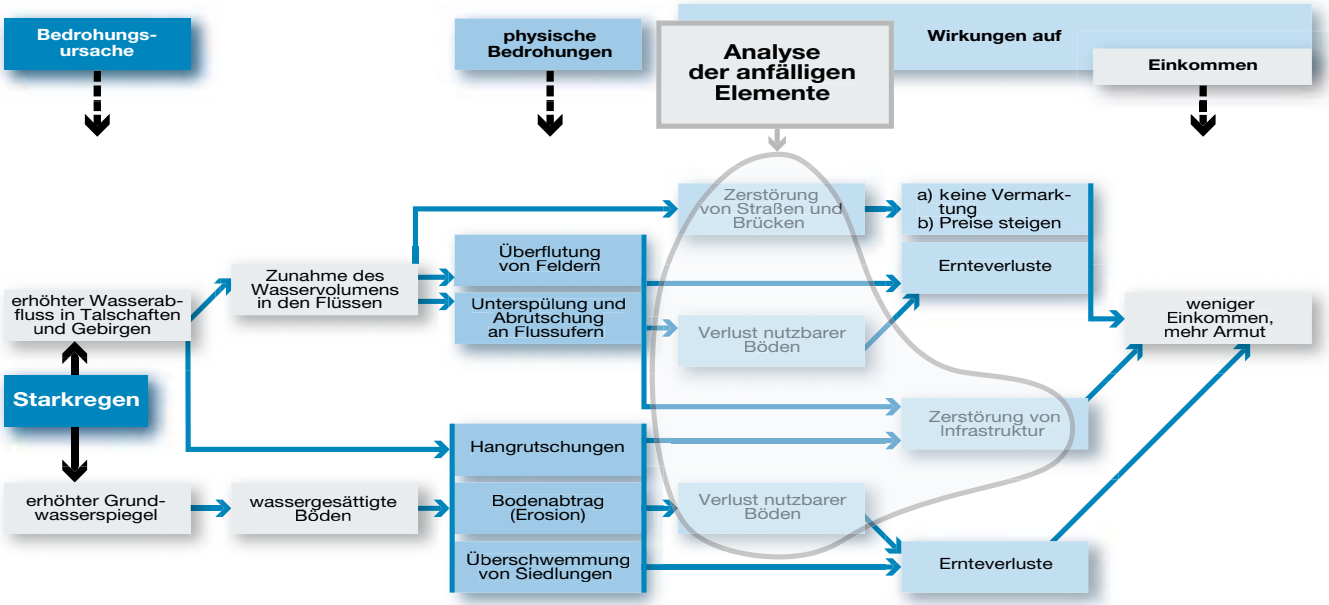
Modelle und Simulationen:

Anwendung von Modellen und Simulationen bei der Bedrohungseinschätzung

Für die Praxis der Katastrophenvorsorge gewinnt die Simulation von Schadensszenarien zunehmend an Bedeutung. Mit der Entwicklung von GIS ist die Verarbeitung großer Datenmengen sowie die räumliche Überlagerung verschiedener Datengrundlagen möglich geworden. Dies ermöglichte wiederum die Entwicklung von diversen Modellen, v.a. mit dem Ziel von Hochwasserschutz. Bekannt sind hier die Niederschlags-Abflussmodelle wie NAXOS und SWAT, und im Fall von Bodenabträgen von USLE, deren Einsatz an prioritären Standorten mit großem Schadenspotenzial sinnvoll ist und wenn ausreichend Datengrundlagen (z.B. digitale Höhenmodelle) vorhanden sind. Damit können Ausmaß und Schadenswahrscheinlichkeit von Naturereignissen wie Überschwemmungen, Sedimentfrachten und Bodenabtrag berechnet werden.

Bei der Anwendung von Modellen wird im Fall von Überschwemmungen und Sedimentfrachten die Transformation des auslösenden Ereignisses (Starkniederschläge) in Abflüsse mittels hydrologischer Modelle erfasst und damit der Grad der Bedrohung bewertet. Mit solchen Simulationsmodellen können sowohl Eintrittswahrscheinlichkeiten als auch Schadenshöhen berechnet werden. Die dafür notwendigen Daten werden in Befragungen, Studien, Messungen und mit Hilfe von Satelliten- und Luftbildern erhoben. Drei dieser Simulationsmodelle (SWAT, NAXOS, USLE/MUSLE) sowie Details der Fernerkundung und GIS werden in den Anlagen zu dieser Handreichung detailliert beschrieben und erläutert. SWAT und NAXOS werden u.a. für Hochwasservorhersagen benutzt, während USLE/MUSLE hauptsächlich bei der Simulation von Bodenabtrag angewendet wird.

Figur 22: **Untersuchung der Auswirkungen auf die anfälligen Elemente**



Katastrophenschutzinstitutionen in einer fernen Hauptstadt nehmen ein lokales Ereignis – wenn überhaupt – anders wahr, als die Institutionen auf regionaler oder departamentaler Ebene, und diese variiert wiederum von der direkt vom Ereignis betroffenen lokalen Bevölkerung. Oft gehört ein extremes Naturereignis aber auch zur Normalität einer lokalen Bevölkerung, an das sie sich gewöhnt hat oder dessen Ursache als „göttliche Strafe“ wahrgenommen und erklärt wird. Ein wichtiger Schritt bei der Anfälligkeitsanalyse ist deshalb die Untersuchung der verschiedenen Wahrnehmungen und der sie beeinflussenden Faktoren.

Anfälligkeitsfaktoren und Indikatoren zur Bestimmung der Anfälligkeit

Hier ist den Fragen nachzugehen: Wie viel Wasser dringt in die Häuser ein und wie stark werden sie dadurch beschädigt? Wie stark wird die restliche Infrastruktur durch das Hochwasser geschädigt? Wie viele Felder werden wie stark überflutet und wie viel nutzbarer Boden und Ernte gehen dabei verloren? Welche Konsequenzen haben diese Überflutungen für die Landwirtschaft? Für die Gesundheit? Für die Organisationen der Bevölkerung und die Institutionen? Für die in Armut lebenden Familien?

In der Logik des Wirkungsschemas wird der grau umrandete Bereich untersucht, der sich hier auf die physischen Elemente bezieht („physische Anfälligkeit“). Die sozialen Faktoren wie z.B. anfällige Institutionen werden hier nicht berücksichtigt. Es geht hier lediglich um die anfälligen physischen Elemente (Gebäude, Straßen, Brücken, nutzbare Böden, Basisinfrastruktur) sowie die Wirkungen und der Grad der Schädigungen auf diese Elemente.

Nach der Identifizierung der anfälligen Elemente werden die Anfälligkeitsfaktoren bestimmt. **Anfälligkeitsfaktoren** sind jene Faktoren, die die Anfälligkeit einer Bevölkerungsgruppe mit ihren Lebensgrundlagen beeinflussen oder die zur Anfälligkeit führen. Sie erhöhen – oder vermindern – die Anfälligkeit gegenüber bedrohlichen Naturereignissen. Um die Anfälligkeit zu bewerten, bzw. den jeweiligen Anfälligkeitsgrad einzuschätzen, ist die Definition von **Indikatoren** notwendig. Die Indikatoren zur Bestimmung von Anfälligkeit hängen sehr stark von regionalen und nationalen politischen, sozialen und ökonomischen Rahmenbedingungen ab. Deshalb müssen sie in jedem Projektkontext neu erarbeitet werden. Darüber hinaus haben die Erfahrungen gezeigt, dass die Messung und Abschätzung von Anfälligkeit auf den verschiedenen Maßstabsebenen (lokal, regional, national) auf unterschiedliche Schwierigkeiten und Herausforderungen trifft, weshalb auch die Indikatoren unterschiedlich sein können, je nach dem, ob sie für die (lokale) Mikroebene, die Mesoebene oder die Makroebene definiert werden. Im vorliegenden Text liegt der Schwerpunkt auf der lokalen und Mesoebene.

In der Fachliteratur werden unterschiedliche Klassifizierungen der Anfälligkeitsfaktoren benutzt. Die hier angewandte Kategorisierung (vgl. Figur 23) ist eine Anpassung der von VN und ISDR benutzten (Quelle:

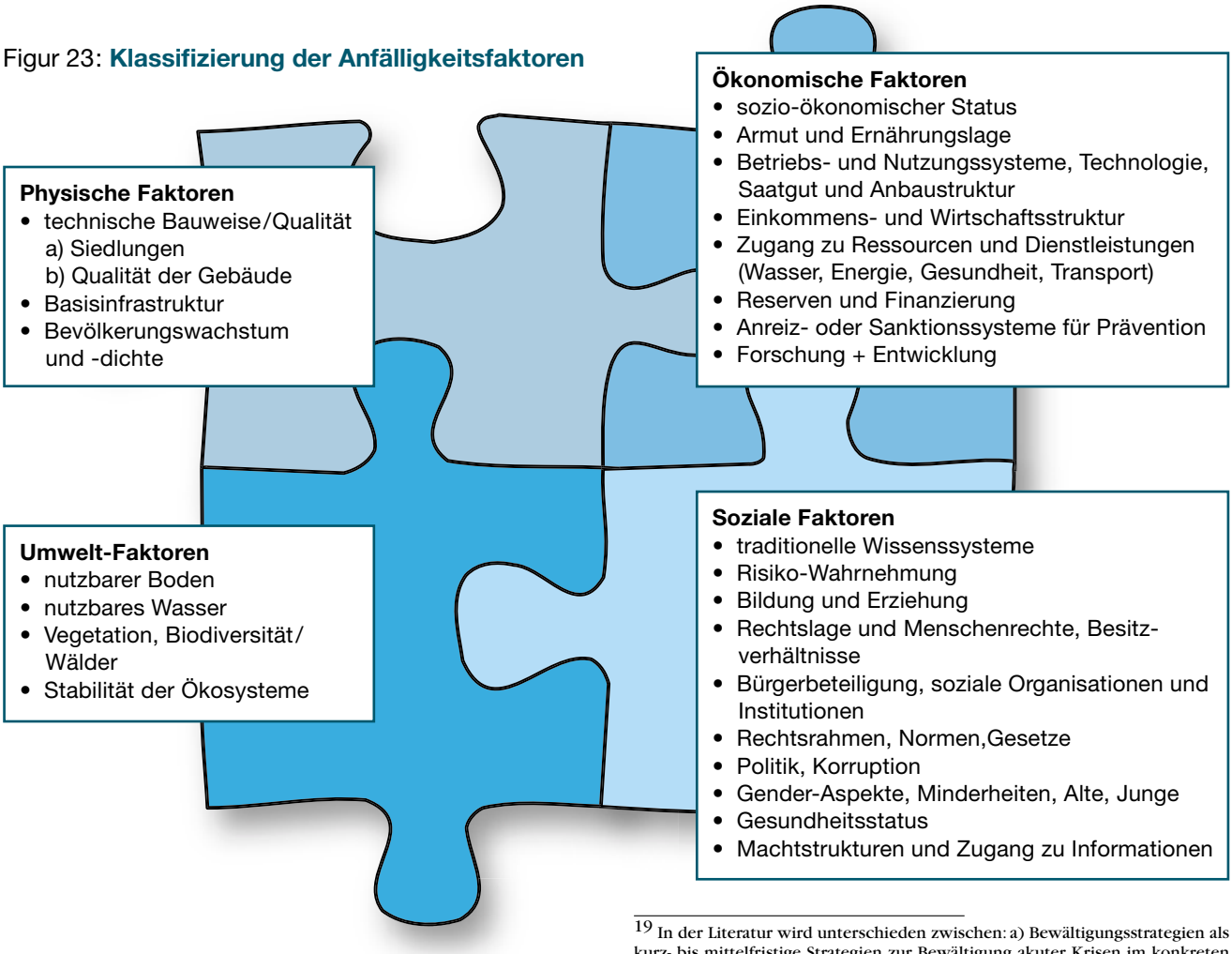
Living with risk, 2002, S. 47) Unterteilung. Die Widergabe dieser von den VN benutzten Struktur beinhaltet keine Bewertung und bedeutet nicht, dass sie die einzig sinnvolle und nützliche Einteilung darstellt. Sie wird jedoch von vielen Autoren benutzt und entsprechend den jeweiligen Bedingungen angepasst. Daneben gibt es zahlreiche andere Unterteilungsmöglichkeiten, deren Beurteilung nicht Gegenstand dieses Dokuments ist[18]. Bei jeder Risikoanalyse sollte die Bestimmung und Kategorisierung der Anfälligkeitsfaktoren auf der Basis der spezifischen Rahmenbedingungen, der Zielrichtung und der Problemkonstellation der zu untersuchenden Region vereinbart werden.

Wie bei der Bedrohungsanalyse gibt es auch bei der Anfälligkeitsanalyse komplexe Beziehungsgeflechte und teilweise lange Wirkungsketten mit direktem Bezug zur Katastrophenanfälligkeit. So ist z.B. ein direkter negativer Aspekt in Form erhöhter Erosion gegeben, wenn der zunehmende Futtermittelimport (z.B. Soja) nach Europa zu großflächigen Urwaldrodungen in zahlreichen Flusseinzugsgebieten Südamerikas führt, um mit extraktiven und bodenzerstörenden Methoden Futtermittel großflächig darauf zu produzieren. Neben Erosion werden damit auch Hangrutschungen und/oder Versteppung und Desertifikation, sowie Pestizidbelastungen verursacht.

Im Beispiel der Überschwemmung (Figur 16, S. 33) wurden die „anfälligen Elemente“ Kartoffelacker, Gebäude und Straße identifiziert und in der Figur 24 um diverse andere Elemente erweitert, die in vielen Fällen typische Situationen in den Projekten widerspiegeln, und es werden Indikatoren zur „Messung“ der Anfälligkeit bestimmt:

Die Untersuchung der **Selbstschutzfähigkeiten**[19] („Coping“-Strategien) ist Bestandteil der Anfälligkeitsanalyse; sie kommen durch die folgenden Indikatoren

Figur 23: **Klassifizierung der Anfälligkeitsfaktoren**



[18] Z.B. Anne-Catherine Chardon, Manizales-Kolumbien, macht folgende Einteilung in ihrem Dokument „Un enfoque geográfico de la vulnerabilidad en zonas urbanas expuestas a amenazas naturales“ (S. 77 ff): Natürliche Faktoren (Erfahrungen aus der Vergangenheit, Erosion, Hangneigung, Intensität des Erdbebens von 1979, die künstlichen Aufschüttungen z.B. ehemalige Müllhalden, Überschwemmungsgebiete, geotechnische Schutzbauwerke), sozio-ökonomische Faktoren (Bevölkerungsdichte, sozio-ökonomische Schicht, etc.).

[19] In der Literatur wird unterschieden zwischen: a) Bewältigungsstrategien als kurz- bis mittelfristige Strategien zur Bewältigung akuter Krisen im konkreten Fall (= Coping Strategies); b) Anpassungsstrategien (adaptation) als langfristige grundlegende Verhaltensänderungen als Folge von veränderten sozialen, ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen; c) risikomindernde Strategien als Handlungsstrategien zur Verminderung des Krisenrisikos; sie stellen eine Form der internen Krisenprävention dar; d) saisonale Bewältigungsstrategien als Handlungsstrategien zur Überwindung periodisch wiederkehrender Zeiten saisonalbedingter Nahrungsmittelknappheit (aus: Bericht zum deutschen Beitrag für den World Vulnerability Report des UNDP, von ZENEB u. AA, Febr. 2002).

Figur 24: **Beispiel einer Indikatorentabelle zur Bestimmung der Anfälligkeiten in Projekten der EZ**

Bedrohte Bereiche / Elemente	Anfälligkeitsfaktoren	Indikatoren
	1) Ökonomische Faktoren der Anfälligkeit	
landwirtschaftliche Produktion	Saatgut	Art und Diversität von Saatgut
	Anbaustruktur	Diversität und Technik des Anbaus Art der Nutzungssysteme Volumen landw. Produktion; % des Einkommens aus Landw.
	Besitzverhältnisse	ungleiche Besitz-Verteilung Einkommen (Höhe, Diversität)
	2) Physische Faktoren der Anfälligkeit	
Gebäude *Siedlungen* *Basisinfrastruktur*	Gebäude Siedlungsinfrastruktur Energie, Wasser, Straßen	Qualität und Lage der Gebäude (Baunormen); Raumplanung; Zugang zu Wasser, Energie, …
Bevölkerung	demographische Faktoren:	steigendes Bevölkerungswachstum, wachsende Landflucht, Siedlungen in Küsten- und Flussnähe; Bevölkerungsdichte
	3) Soziale Faktoren	
Bevölkerung *Organisationen* *Institutionen*	Bildung, Erziehung	Schulbesuchsdauer, Abwesenheitsquote; Lese- und Schreibkenntnisse.
	Einkommen	% der Bevölk. unter Armutslinie
	Zugang zu Informationen	Frühwarn-/Vorhersagesysteme
	Risikowahrnehmung	staatl. Vorsorge
	Soziale/ polit. Organisationen	Schutz und Vorsorgeinfrastruktur
	Sozial-/Altersstruktur	raumplanerische Maßnahmen
	soziale Stabilität, Frieden, Sicherheit	
	Machtverhältnisse, Korruption	soziale Disparitäten
	Dezentralisierung, Bürgerbeteiligung	Gesetze Dez.+ Beteil.; % des nat. Budgets für lok. Regierungen Schwächung tradit. Sicherungssysteme
Gesundheit	Ernährung, Krankheiten Hygiene	Kindersterblichkeit, % der Bevölk. mit Zugang zu Wasser und Gesundheitsversorgung;
	4) Umweltfaktoren	
Natur *natürliche Ressourcen*	Vegetation	Grad der Bodenbedeckung und Abholzung
	Boden	Erosion, Degradation, Struktur
	Wasser	Siedlung und Nutzung auf Risikostandorten; Übernutzung

zum Ausdruck: Baunormen, Sesshaftigkeit und stabile Sozialstrukturen, Instandhaltung von Basisinfrastruktur, lokale Kenntnisse bzgl. Bedrohungen, Organisation und Kommunikation (Nothilfekomitees), Landnutzungsplanung, Raumordnungspläne, Schutz-Infrastruktur, Monitoring und Frühwarnsysteme, Pläne zur Katastrophenvorbeugung, Pläne und Fond zum Katastrophenschutz, traditionelle Vorhersagesysteme.

Beim Beispiel Landwirtschaft als bedrohtem Bereich stellen sich bei der Untersuchung der **Indikatoren** zur Bestimmung der Anfälligkeit die folgenden Fragen:

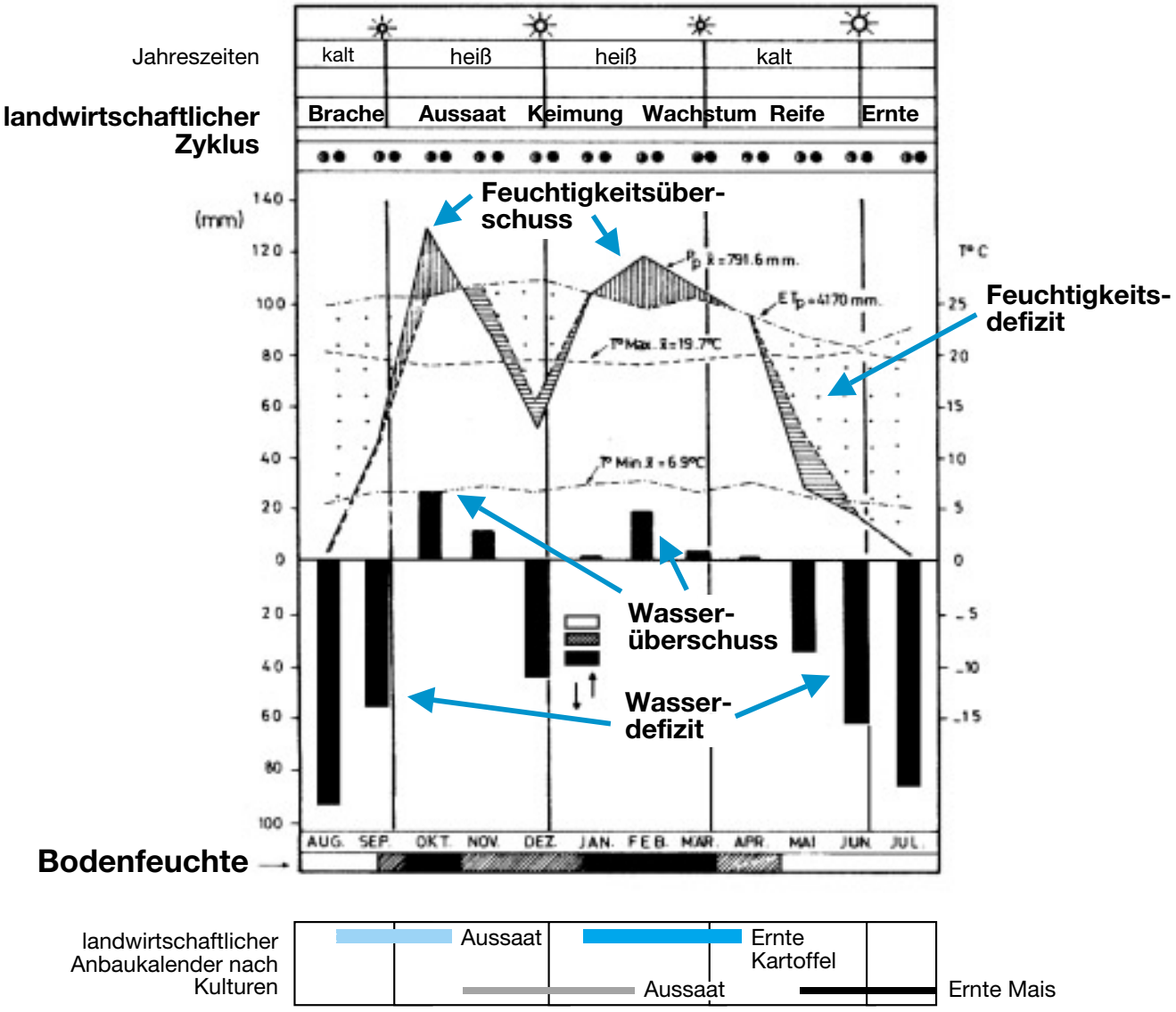
a) *Art und Diversität von Saatgut:* Liegt fehlendes adäquates Saatgut an fehlendem Wissen oder an fehlenden Ressourcen, Organisation, Dienstleistungen? Wie lang ist die Vegetationsperiode der verschiedenen Nutzpflanzen? In welchem Moment des Wachstumszyklus ist mit der Überschwemmung zu rechnen? Gibt es Sorten, die früher reifen, vor der Überschwemmungszeit? Oder später? Ist das Saatgut staunässeresistent?

b) *Art der Nutzungssysteme:* Begünstigen die Nutzungssysteme (Rotation, Mischkulturen, Monokulturen, Bodenbearbeitungspraktiken, Technologie) die Anfälligkeit der Landwirtschaft durch die Überschwemmung?

c) *Diversität der Einkommensquellen:* Ist der Produzent/die betroffene lokale Bevölkerung nur von der Landwirtschaft abhängig oder haben sie andere Einkommensquellen? Welche?

Bei der Analyse der Landwirtschaft als der wichtigsten Lebensgrundlage einer lokalen Bevölkerung ist das Untereinanderlegen der Wasserbilanzdiagramme mit den landwirtschaftlichen Vegetations- und Anbauzyklen

Figur 25: **Wasserbilanz-Diagramm mit Agrarkalender** (Beispiel Cajarmaca-Peru)



hilfreich. Dies gilt für die Bedrohungen Überschwemmung und Dürre.

Überschwemmungen haben – abhängig vom Wasserstand und Dauer – die größte Schadenswirkung auf die Landwirtschaft, wenn sie zwischen Aussaat und Ernte stattfinden, wobei kurz vor der Ernte der größte Schaden entsteht. Bei Dürreproblemen sind Feuchtigkeit und Wasserverfügbarkeit in erster Linie nach der Aussaat und in der Wachstumsperiode von entscheidender Bedeutung.

AA3 Wie werden die Anfälligkeiten bewertet?

Neben den Methoden zur Einschätzung der „physischen Anfälligkeit", also der Quantifizierung der erwarteten Schäden an Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen, gibt es eine Vielzahl von Einzeluntersuchungen zu Anfälligkeiten, bei denen die dabei benutzte Methode nach Bedarf entwickelt wurde, und die v.a. den sozialen Bereich untersuchen.

Von der „technischen" zur „sozialen Anfälligkeit"

Erst sehr spät wurde begonnen, die Rolle und Wichtigkeit der Anfälligkeiten beim Zustandekommen von Katastrophen zu erkennen und zu akzeptieren. Es war v.a. die „physische Anfälligkeit" (oder „technische Anfälligkeit"), die anfänglich im Vordergrund stand. Sie wurde begriffen als Grad der Verwundbarkeit und des Ausgesetztseins eines bestimmten Elementes. Erst mit der Beteiligung der sozialwissenschaftlichen Disziplinen seit wenigen Jahren öffnete sich der Horizont in Richtung der Untersuchung anderer Anfälligkeitsfaktoren wie z.B. politische, institutionelle, sozio-kulturelle und ökonomische, etc. Sie werden auch zusammengefasst unter „soziale Anfälligkeit". Die „soziale Anfälligkeit" kann – im Gegensatz zur „physischen" – nur qualitativ und in relativer Form bewertet werden.

Viele Autoren (O. D. Cardona, u.a.) betrachten die „soziale Anfälligkeit", v.a. in den armen Ländern, als Ursache für die Bedingungen, unter denen die „technischen Anfälligkeiten" entstehen. Dabei ist die soziale Anfälligkeit eng verknüpft mit sozio-kulturellen und sozio-ökonomischen Aspekten (Maskrey, 1989). Weitere Aspekte, von denen der Grad der sozialen Anfälligkeit abhängt, sind die politischen (z.B. Korruption) und institutionellen Faktoren, für die es bislang ebenso wenig standardisierte und allgemein anerkannte Analyse-Instrumente und Anwendungsregeln gibt, wie z.B. für die sozio-kulturellen (z.B. Risikowahrnehmung).

Risikoforscher gehen davon aus, dass die Anzahl der Naturereignisse in den letzten Jahrzehnten nicht zugenommen hat, und dass die zunehmenden Schäden durch Naturereignisse auf wachsende Anfälligkeiten zurückzuführen sind[20]. Danach sind es v.a. die sozialen Faktoren, wie Bevölkerungswachstum, Verstädterung, Abholzung, Übernutzung und Zerstörung der natürlichen Ressourcen, Klimawandel durch Treibhauseffekt, Kriege und Konflikte, etc., die für die Zunahme der Katastrophen in den letzten Jahrzehnten verantwortlich sein sollen.

Methoden zur Quantifizierung der erwarteten Schäden (s) an Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen („physische Anfälligkeit")

Die Überschwemmung umfasst Merkmale, die für den Überflutungsschaden ausschlaggebend sind: Wasserstände, Überflutungsdauer, Scheitelabfluss, Eintrittszeitpunkt und Vorwarnzeit. Als wichtigster Indikator für den Schaden gilt die Überflutungshöhe bzw. die zugeordnete Überschwemmungsfläche. Damit reduziert sich die Schadensermittlung auf eine Variable, den Wasserabfluss und dem daraus resultierenden Wasserstand. Beides kann sich aufgrund von Änderungen in der Landnutzung sowie Versiegelung im Einzugsgebiet und Flussbegradigungen deutlich verändern.

Der Überschwemmungsschaden kann anhand abgelaufener Schadensereignisse festgestellt und nach Schadenskategorien eingeteilt werden in Schädigung von Gebäuden, Geräten und Maschinen, Vorräten, Vieh, landwirtschaftlichem Ertrag und Infrastruktureinrichtungen.

Von welchen Merkmalen ist die Schadenshöhe (s) bei Überschwemmungen und Hochwasser abhängig (s. Figur 26, Seite 45)?

Personenschäden werden aus ethischen Gründen in der Regel nicht monetär quantifiziert, sondern lediglich in Form der Anzahl von Menschenleben.

Beispiel der drei bedrohten Elemente (aus Figur 16, S. 33): Mit welchen Indikatoren kann der Grad der Anfälligkeit bestimmt bzw. geschätzt werden?

Bei den folgenden Darstellungen geht es um das Beispiel von drei physischen Elementen und deren Anfälligkeit gegenüber Überschwemmungen: Gebäude, Straße und Kartoffelacker. Die Beispiele wurden als für

[20] Blaikie, P., T. Cannon, I. Davis and Ben Wisner (1994): At Risk - natural hazards, people's vulnerability, and disasters. Routledge, S.57 ff.

Figur 26: **Die Schadenshöhe beeinflussende Merkmale**

Merkmale:	Überflutungs-höhe	Überflutungs-dauer	Eintritts-zeitpunkt Sommer/ Winter	Fließ-geschwindig-keit	Vorwarn-zeit
Physische Elemente					
Gebäude	•	•		•	
Geräte, Maschinen	•	•		•	•
Vorräte	•	•			•
Vieh	•				•
Landwirtsch. Ertrag	•	•	•		
Infrastruktueinrichtungen	•	•		•	

die EZ typische Beispiele ausgesucht, erheben jedoch nicht den Anspruch auf Repräsentativität und Vollständigkeit. Neben weiteren wichtigen physischen Elementen fehlen in dieser Darstellung v.a. auch die Menschen und deren Kenntnisse und Fähigkeiten, deren Organisationen und Institutionen, d.h. die sozialen Faktoren. Diese sozialen Faktoren spielen eine grundlegend wichtige Rolle bei der Anfälligkeitsanalyse, werden an dieser Stelle aber nicht weiter vertieft.

>>> Bei Gebäuden (Überschwemmung): Mit den Kriterien der Qualität, Lage des Gebäudes und Instandhaltung kann der Grad der Anfälligkeit des Gebäudes beurteilt und gemessen werden.

Hier wird die Bauqualität des **Gebäudes** gegenüber der Überschwemmung untersucht und bewertet. Dabei werden die Merkmale Überflutungshöhe und -dauer sowie die Fließgeschwindigkeit berücksichtigt. Mögliche Indikatoren für die Bauqualität sind z.B. Material, Dicke und Höhe der Mauern, Tiefe des Fundaments, Instandhaltung, etc. Indikatoren für die Lage können sein: Ist das Gebäude in einer Senke oder auf einer Höhe? Auf welchem Untergrund?

Die Ergebnisse am Beispiel Gebäude:
Bauqualität sehr gut
>>> geringe Anfälligkeit >>> Bewertung 1;
Lage und Instandhaltung sehr gut
Bauqualität mittelmäßig
>>> mittlere Anfälligkeit >>> Bewertung 2;
Lage und Instandhaltung mittel
Bauqualität schlecht
>>> hohe Anfälligkeit >>> Bewertung 3;
Lage und Instandhaltung schlecht

In der Folge wird der Wert des Gebäudes (W) eingeschätzt, z.B.: W = 100.000 €. Schließlich wird das erwartete Schadensausmaß ((s)mi) bestimmt, d.h. der Wert, der verloren ginge, wenn die erwartete Bedrohung

Figur 27: **Beispiel einer Bewertungstabelle zum Schadensausmaß von Überschwemmungen an Gebäuden bei verschiedenen Anfälligkeitsgraden**

Grad der Anfälligkeit	**Beschreibung der erwarteten Schäden**	**Erwartetes Schadensausmaß (s)mi in EURO** (Wert des Gebäudes: 100.000 €)
Anfälligkeit hoch = 3	Gebäude sind schwer bedroht, schwere Schäden sind auch innerhalb der Gebäude zu erwarten bis hin zur totalen Zerstörung.	80.000 €
Anfälligkeit mittel = 2	Gebäude sind außen bedroht, nicht aber innerhalb; Schäden an Gebäuden sind möglich.	50.000 €
Anfälligkeit niedrig = 1	Gebäude sind nur gering bedroht, sowohl innerhalb als auch außerhalb; Gebäude können leicht beschädigt werden.	20.000 €

(Überschwemmung) mit der Stärke mi auf das Element Gebäude einwirkt. Der angegebene Wert sowie der Grad der Beschädigung eines Gebäudes sowie deren mögliche Schadenshöhe können stark variieren, je nach soziokulturellem Kontext, und je nach dem, ob das Gebäude nur Wohnfunktion oder auch Lagerfunktion für Produkte oder Betriebsmittel hat. Werden Armutsgruppen in Armutsregionen z.B. in Bolivien betroffen, dann hat der Verlust oder die Beschädigung des Wohngebäudes einer Familie u.U. weitaus verheerendere Auswirkungen als im Fall einer betroffenen Familie in der Schweiz, obwohl in letzterem Fall die monetäre Schadenshöhe möglicherweise höher wäre.

>>> Bei Straßen (Überschwemmung): Mit den Kriterien der Qualität, Lage und Neigung der Straße sowie der Instandhaltung kann der Grad der Anfälligkeit der Straße beurteilt und gemessen werden.

Um die mögliche Schadenshöhe, die eine Straßenunterbrechung verursacht zu ermitteln, muss von der Frage ausgegangen werden: Wie viel Einkommensverlust entsteht für eine Familie, ein Dorf, eine Region, wenn die Straße oder die Brücke unterbrochen wird, die einerseits die Vermarktung und andererseits den Einkauf von Betriebs- und Nahrungsmitteln ermöglicht? Die Schadenshöhe hängt u.a. davon ab, wie stark das Einkommen der betroffenen Bevölkerung von der Vermarktung der Produkte abhängt.

>>> Bei Kartoffelacker (Überschwemmung und Erosion): Mit Hilfe der Gebietskennwerte (Bedrohungsfaktoren) Hangneigung, Bodenart, Niederschläge und Landnutzung auf angrenzenden Nachbargrundstücken wird die Anfälligkeit des Kartoffelackers gegenüber einer bestimmten Überschwemmung ermittelt. Auch die Nutzungsfaktoren Bodenbearbeitung, Infiltrationsfähigkeit, Bodenfeuchte sowie Grad der Diversität von Anbau und Saatgut, die Art der Nutzungssysteme, die Widerstandsfähigkeit der Kartoffel gegenüber Staunässe, etc. spielen eine enorme Rolle bei der Bewertung der Anfälligkeit.

Wie weiter oben schon erwähnt, werden die sozialen Aspekte der Anfälligkeit hier nicht vertieft; sie werden sehr oft mit Hilfe des Ansatzes des „Sustainable Livelihood Approach SLA“ untersucht. Der SLA ist ein auf der Haushaltsebene erprobtes Instrument, das für größere Regionen deshalb nur begrenzt in Frage kommt. Weitergehende Informationen zum SLA stehen zur Verfügung (Anlage 2).

Wie die Anfälligkeit, in diesem Fall die physische, in der Praxis der EZ bewertet und dargestellt werden kann, zeigt das Beispiel aus Guatemala (Figur 28, Seite 47).

Das erwartete Schadensausmaß (s)mi wird in der Literatur auch als spezifische Anfälligkeit bezeichnet.
W = Wert der Elemente, die der Bedrohung mi ausgesetzt sind.
s(mi) = Spezifische Anfälligkeit, oder Anteil des Wertes, der als Wirkung bei Eintritt der Bedrohung mit der Stärke mi verloren ginge.
i = Wert des Ausmaßes, der Stärke.
Auf diese Weise kann das Risiko definiert werden als: **Ri = p(mi) x s(mi)** in $ pro Jahr

RA1 Wie können Risiken bewertet und dargestellt werden?

Das Risiko, verstanden als Produkt von Bedrohung und Anfälligkeit (R = B x A), wird interpretiert als Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Schadens an einem Element, als Konsequenz eines Extremereignisses mit einer bestimmten Intensität.

Die Einschätzung und Darstellung des Risikos als Teil der Risikoanalyse kann von verschiedenen Richtungen her angegangen werden.

- *Relative Risiko-Einschätzung:* Eine vergleichende, relative Einschätzung der Bedrohung mit Eintrittswahrscheinlichkeit (ohne Skalierung der Stärke), zusammen mit einer ebenfalls relativen Einschätzung der „physischen“ und „sozialen Anfälligkeiten“;
- *Zonierung von Bedrohungen:* Mit der Darstellung von „kritischen“ Standorten können die Risikogebiete unterschiedlichen Ranges kartografisch dargestellt werden. Dort sollte eine angepasste Nutzung erfolgen. Dabei entstehen Nutzungskategorien wie: Nutzung keiner Art, Schutzgebiete, ökologische oder kulturelle Reserven, etc. Die so ausgewiesenen Nutzungen werden unter allen Beteiligten abgestimmt und legalisiert.
- *Bewertungstabelle oder Risikobewertungsmatrix:* Die Bedrohung mit Eintrittswahrscheinlichkeit und einer quantitativen Bewertung des Ausmaßes auf der Basis einer 3-skaligen Rangordnung wird kombiniert mit der Einschätzung der „physischen Anfälligkeit“ ebenfalls bewertet in 3 Skalen (hoch, mittel, niedrig)

Anfälligkeitsbewertung – Beispiel El Cerrito, Guatemala

CONRED entwickelte eine Methode, um die Anfälligkeit einer Stadtsiedlung gegenüber Hangrutschungen zu bewerten. Konzeptionell wird dabei vom Einzelhaushalt ausgegangen und nicht von der Dorfebene. Durch Umfragen wurde die Anfälligkeit festgestellt; dabei wurden die folgenden Indikatoren herangezogen:

a) für strukturelle Aspekte des Hauses:
- Materialien für Boden, Fundament, Wände und Dächer;
- Grad des Zugangs zu Wasser- und Stromversorgung;

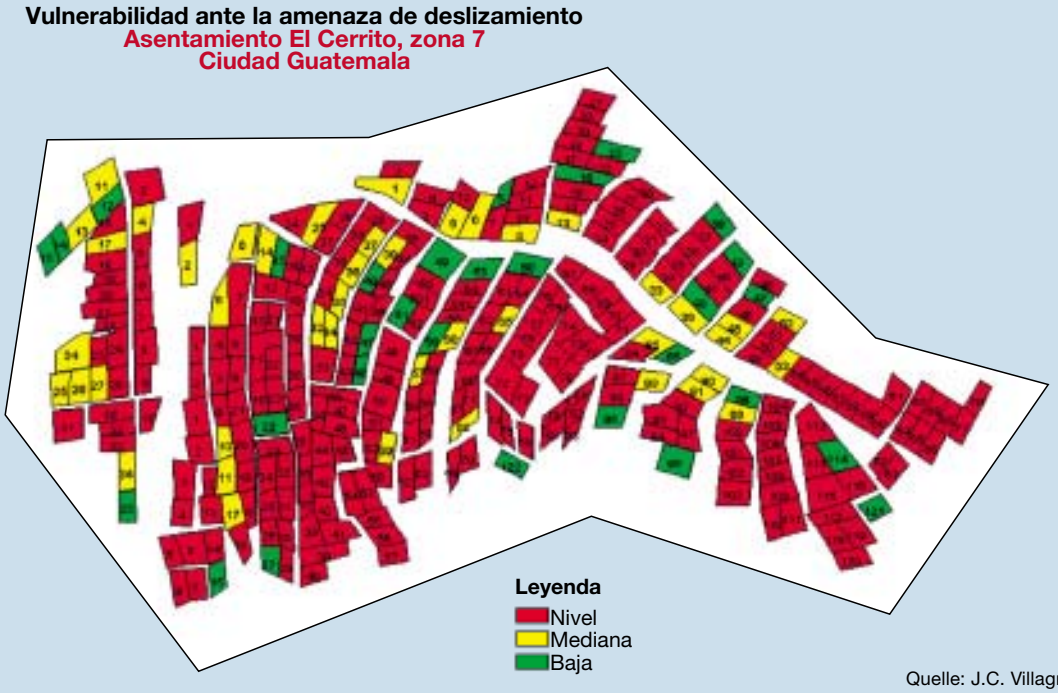
b) Ökonomische Faktoren:
- Einkommensquellen (Anzahl);
- Arbeitsplatz;
- Sparreserven und Eigentum.

c) Soziale Faktoren:
- Altersstruktur und Mitglieder des Haushalts;

d) auf kommunaler Ebene:
- kommunale Infrastruktur: Straßen, Wasser und Strom;

Die Karte zeigt die Ergebnisse der Anfälligkeitsanalyse, wobei jeder Haushalt entsprechend seiner Anfälligkeit (hoch, mittel, niedrig) gegenüber Hangrutschungen farbig markiert ist.

Figur 28: **Karte der Anfälligkeit auf Haushaltsebene gegenüber Hangrutschungen** (Quelle: CONRED)



Quelle: J.C. Villagran, 2001

und mit Hilfe von Indikatoren (Figur 29). Zusätzliche Studien zur sozialen Anfälligkeit ergänzen die Analyse.

- *Risikokarte:* Das Risiko kartiert auf einer Risikokarte, auf der die Risikostandorte (-flächen), die Bedrohungen mit ihren verschiedenen Ausmaßen und die anfälligen Elemente dargestellt sind. Dabei wird der Grad der Bedrohung mit den anfälligen Elementen Gebäude, Siedlungen, Basisinfrastruktur und ökonomische Aktivitäten korreliert. Daraus entstehen Bedrohungskarten mit Informationen über den Grad der „physischen Anfälligkeit“, bzw. mit Informationen zum relativen Risiko („Risikokarten“). Zusätzliche Studien zu relevanten Komponenten der sozialen Anfälligkeit vervollständigen die Risikoanalyse (Figur 30).

Als wichtigstes Werkzeug der Risikoanalyse wird die Risikokarte betrachtet, auf der die Ergebnisse sowohl der Bedrohungs- als auch der Anfälligkeitsanalyse dargestellt sein sollen. Doch streng genommen sind diese **Risikokarten** eigentlich Bedrohungskarten, welche mit Karten von physischen Aspekten der Anfälligkeit überlappt werden. Sie stellen somit meist nur einen Teil der

für das Risiko verantwortlichen Aspekte dar, da bestimmte Aspekte der Anfälligkeit nur schwer oder gar nicht räumlich dargestellt werden können. Soziale Faktoren werden meist beschreibend zugefügt.

Wie wird das Risiko bewertet?

Risiko wird ausgedrückt in Form von durchschnittlicher Eintrittswahrscheinlichkeit von erwarteten Schäden pro Bedrohungstyp und -ausmaß. Dabei werden jährliche Wiederholungsintervalle bei der Darstellung benutzt.

Eintrittswahrscheinlichkeit (p) x erwartete Schäden (s) = Risiko (R) >>> R = (p) x (s)

Werden die verschiedenen Bedrohungs- und Anfälligkeitsgrade berücksichtigt, dann kann die Bewertung des Risikos in der folgenden Formel zusammengefasst werden:

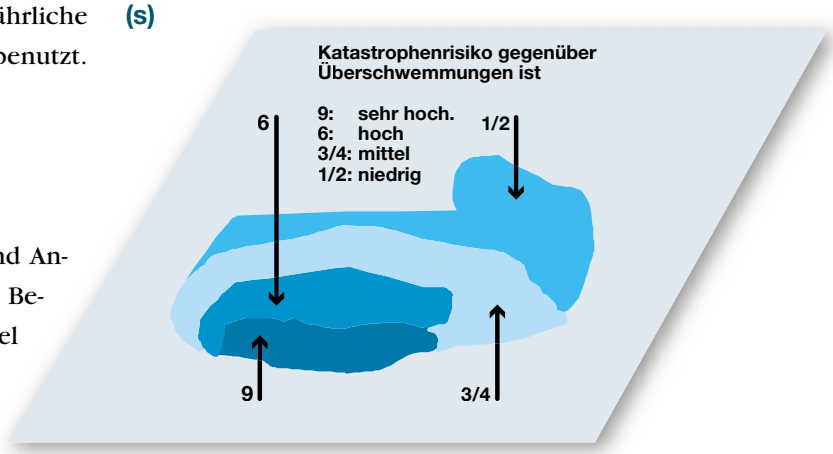
Ri = p(mi) x s(mi) (in $ pro Jahr)

Die Schadenserwartung, d.h. der Erwartungswert des Überschwemmungsschadens, entspricht dem mittleren Schaden in einem langen Zeitraum. Die Werte der Schadenserwartung (s) in Euro pro km^2 oder Gebäude, oder andere Einheit eines anfälligen Elementes, werden als potenzielle Schäden mit der Eintrittswahrscheinlichkeit angegeben. Dabei wird die Schadensgröße mit der zugeordneten Eintrittswahrscheinlichkeit gewichtet.

Schadensausmaß (s) und Eintrittswahrscheinlichkeit (p) können in einer **Risiko-Bewertungsmatrix** zusammengeführt und kombiniert werden. Die verschiedenen Farben der Matrix mit ihren entsprechenden Nummern (1–9) geben unterschiedliche Risikowerte an, die auf „Risikokarten“ übertragen werden können.

Die in dieser Risiko-Bewertungsmatrix dargestellten Kombinationen von Schadens-Ausmaßen von Überschwemmungen mit den Werten der jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeiten können kartografisch wie folgt in einer Risikokarte dargestellt werden:

Figur 30: **Risikokarte: Kombination von Eintrittswahrscheinlichkeiten (p) und Schadensausmaßen (s)**



Je nach Erfordernissen werden solche Bedrohungskarten im Maßstab zwischen 1:2.000 bis maximal 1:50.000 hergestellt.

Bei der Berechnung bzw. Bestimmung des Gesamtrisikos werden alle gefährdeten Elemente wie z.B. Bevölkerungszahl, Wert des Eigentums, Infrastruktur, ökonomische Aktivitäten etc. mit ihrer spezifischen Verletzbarkeit berücksichtigt.

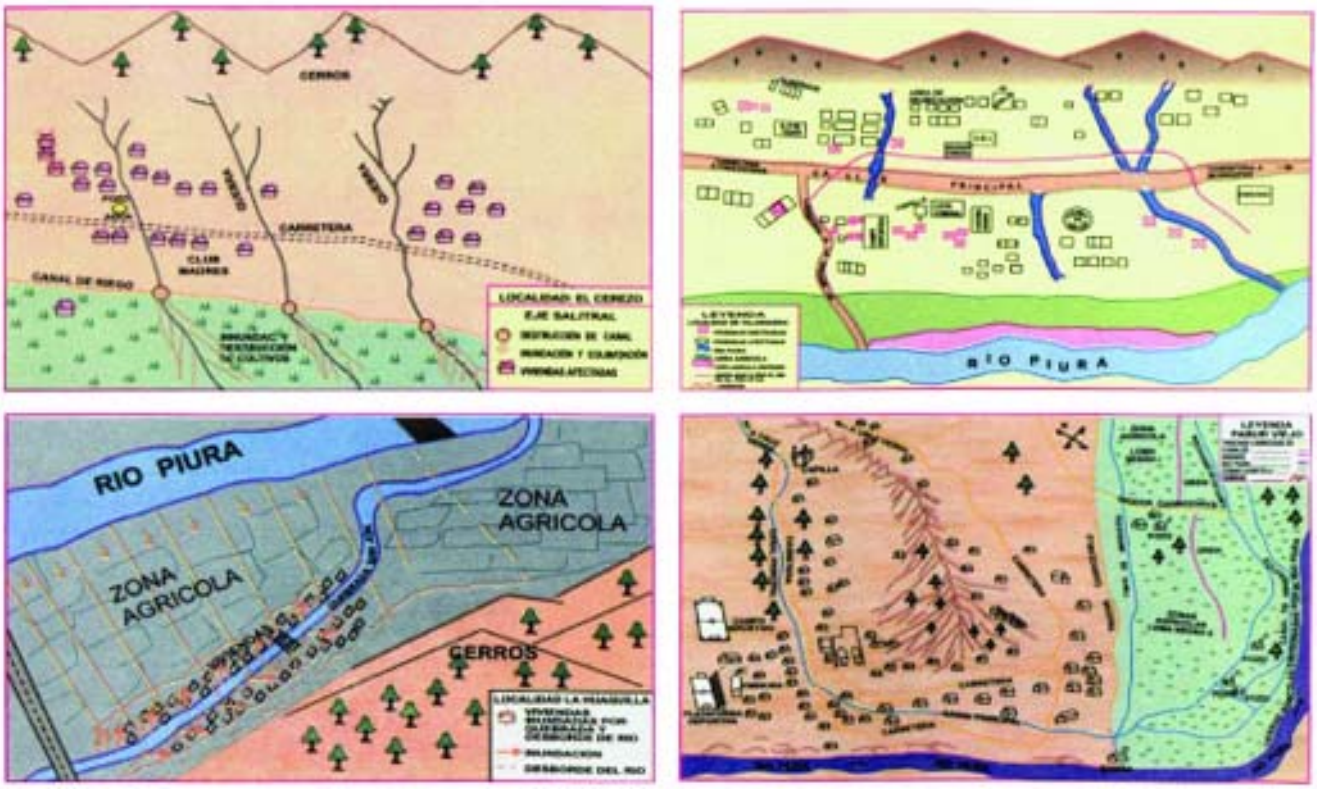
Sowohl in der Fachliteratur als auch in der Berichterstattung der verschiedenen Projekte gibt es bereits eine große Vielfalt von Bewertungs- und Darstellungsformen der Naturrisiken. In der Folge werden einige davon widergegeben.

Entsprechend der oben dargestellten Logik der Risikobewertung wurde 2003 im Rahmen des Vorhabens

Figur 29: **Kombination von Schadensausmaß (s) und Eintrittswahrscheinlichkeiten (p) = Risiko**

SCHADENS-AUSMASS (S)			
hoch	s3*p1 = 3	s2*p3 = 6	s3*p3 = 9
mittel	s2*p1 = 2	s2*p2 = 4	s2*p3 = 6
niedrig	s1*p1 = 1	s1*p2 = 2	s1*p3 = 3
	niedrig	mittel	hoch
	EINTRITTSWAHRSCHEINLICHKEIT (P)		

Figur 31: **Risikokarten für vom Phänomen „El Niño“ 1997–1998 betroffenene Zonen in Piura, Peru**



„Katastrophenvorsorge und Ernährungssicherung im Wassereinzugsgebiet San Pedro“ in Bolivien eine Methode zur Bewertung von Risiken am Beispiel von Hangrutschungen entwickelt, die sich insbesondere für Standorte eignet, wo die Datengrundlage schwach und die finanziellen Mittel beschränkt sind. Bei dieser „**Methode zur Vergabe von Relativwerten (MVR)**“ wurden diverse Faktoren ausgewählt und teilweise aggregiert, wie in der folgenden Tabelle ersichtlich wird.

Figur 32: **Ausgewählte Faktoren zur Bewertung von Bedrohung und Anfälligkeit durch Hangrutschungen** (San Pedro – Bolivien, 2003)

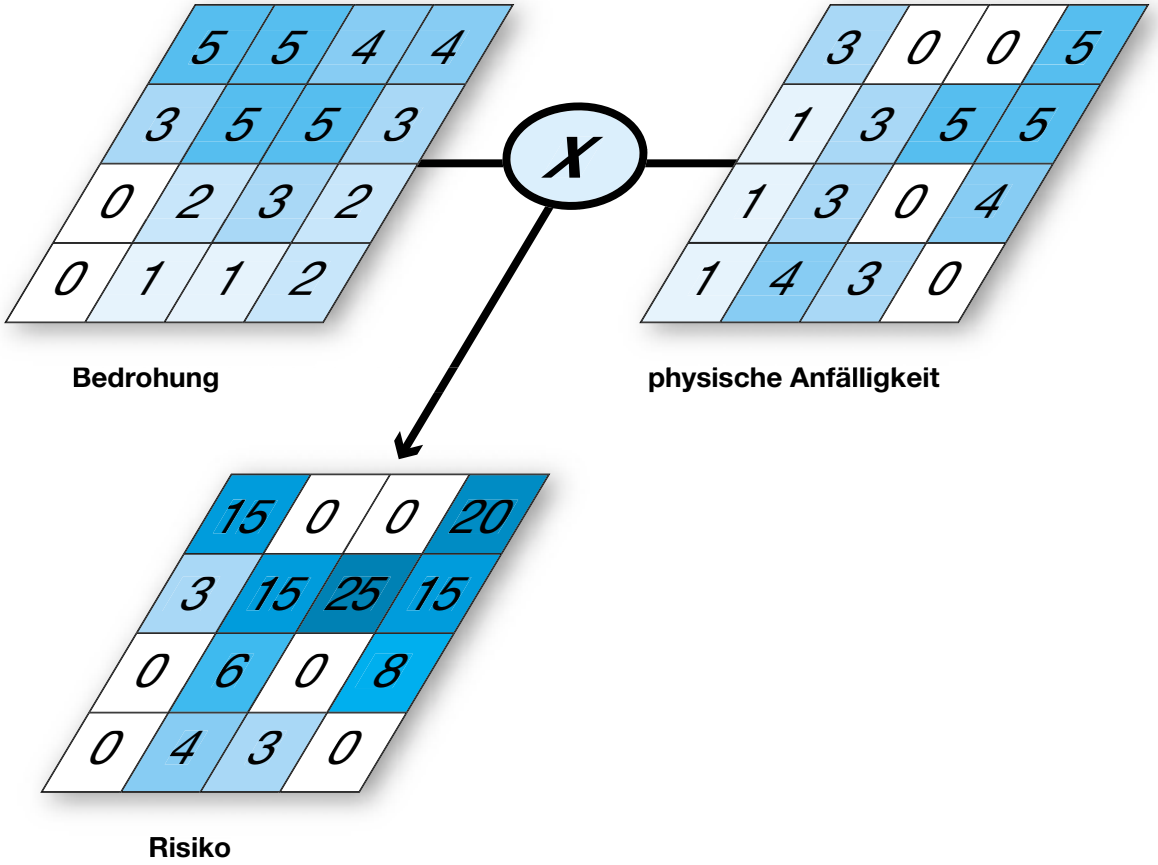
Bedrohung Hangrutschung	
Faktor	**Erklärung der Bedeutung des Faktors für die Bedrohung**
Instabilität	Die Wahrscheinlichkeit von Hangrutschungen ist dort sehr hoch, wo bereits Hangrutschungen stattgefunden haben.
Hangneigung	Die Wahrscheinlichkeit von Hangrutschungen nimmt mit dem Grad der Hangneigung zu.
Landnutzung	Die Landnutzung hat einen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit von Hangrutschungen.
Pufferzone um instabile Gebiete (Buffer)	Es wird angenommen, dass in der unmittelbaren Nähe von instabilen Gebieten die gleichen Bedingungen vorherrschen wie in der instabilen Zone selbst (Geologie, Bodentyp, Mikroklima, etc.) und deshalb eine erhöhte Wahrscheinlichkeit von Hangrutschungen besteht.
Wahrnehmung der Bevölkerung	Die Wahrnehmung der Bevölkerung über vergangene Hangrutschungen wird beachtet (die Gewichtung dieses Faktors erhöht sich bei klimatischen Bedrohungen).
Physische Anfälligkeit bei Hangrutschungen	
Faktor	**Erklärung**
Empfindlichkeit von Infrastruktur und Produktionsflächen	Die Qualität des Baubestandes und die Anfälligkeit von Produktionsflächen haben einen entscheidenden Einfluss auf das Risiko gegenüber Hangrutschungen.

Jedem dieser Faktoren werden Werte zugeordnet, wobei die Informationen zu den Faktoren Hangneigung, Landnutzung und Instabilität aus der Digitalisierung der Fotointerpretation gewonnen und in Rasterformat umgewandelt werden. Die vergebenen Werte werden den Rasterzellen zugeordnet und die verschiedenen Informationsebenen (5) der Bedrohungsfaktoren miteinander aggregiert, um danach das daraus entstandene Ergebnis, die „Wahrscheinlichkeit von Hangrutschun-gen“, mit der physischen Anfälligkeit zu aggregieren. Das daraus entstehende Ergebnis ist das Risiko.

Figur 33: **Verknüpfung von Bedrohung und Anfälligkeit** (Beispiel San Pedro – Bolivien, 2003)

Risiko durch Hangrutschungen

Bedrohung		physische Anfälligkeit	
sehr hoch	**5**	sehr hoch	**5**
hoch	**4**	hoch	**4**
mittel	**3**	mittel	**3**
gering	**2**	gering	**2**
sehr gering	**1**	sehr gering	**1**
nicht vorhanden	**0**	nicht vorhanden	**0**

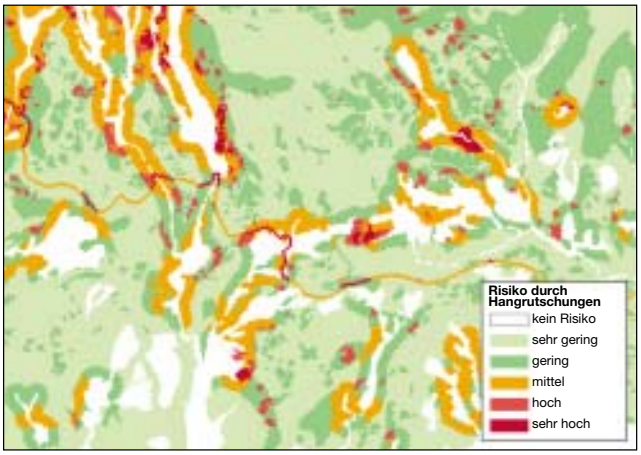


Risikoklassen (relativ)

0	**kein Risiko**	1 – 4	**sehr gering**	5 – 9	**gering**	10 – 14	**mittel**	15 – 20	**hoch**	> 20	**sehr hoch**

In das Projektgebiet von San Pedro übertragen, sieht das Risiko durch Hangrutschungen wie folgt aus:

Figur 34: **Ausschnitt Risikokarte Hangrutschungen in San Pedro – Bolivien, 2003**



Weitere Einzelheiten zu diesem Instrument sind in der Anlage 10 „Risikoanalyse – Methode zur Vergabe von Relativwerten (MVR) am Beispiel von Hangrutschungen“ zu finden.

Die Bewertungs- und Darstellungsmöglichkeiten von Risiken sind vielfältig. Eine weitere Möglichkeit hierzu zeigt das FEMA-Modell, das aufgrund seiner Einfachheit und Kürze interessant ist, und das hier in zusammengefasster Form widergegeben wird.

Figur 35: **Das FEMA[21]-Modell als Beispiel zur Risikobewertung**

Generelles Bedrohungs- und Risikoeinschätzungshandbuch, als Basis für die Planung der Handlungen von Gemeinden während Notfällen[22].

FEMA benutzt vier Kriterien zur Abschätzung

1. **Geschichte:**
   0–1mal in den letzten 100 Jahren ➜ Niedrig (N)
   2–3mal ➜ Mittel (M)
   > 4mal ➜ Hoch (H)

2. **Anfälligkeit der Menschen:**
   - Betrachtung anfälliger Gruppen (Alte, Behinderte ...), Bevölkerungsdichte, Aufenthaltsort von Menschen in Bezug auf Bedrohungen
   - Lage und Wert von Besitz und vitalen Einrichtungen

   Wertung: < 1 % (ist betroffen) (N)
   1–10 % (M)
   > 10 % (H)

3. **Maximale Bedrohung (dabei wird der schlimmste Fall angenommen):**
   beeinflusstes Gebiet
   < 5 % (N)
   5–25 % (M)
   > 25 % (H)

4. **Wahrscheinlichkeit:**
   Grundlage zur Abschätzung ist das Auftreten pro Jahr
   < 1mal pro 1000 Jahre (N)
   zwischen 1/1000 und 1/10 (M)
   > 1/10 Jahre (H)

Wertung
Niedrig: 1 Punkt, Mittel: 5 Punkte, Hoch: 10 Punkte

Gewichtung
Geschichte (2fach), Anfälligkeit (5), Maximale Bedrohung (10), Wahrscheinlichkeit (7)

Wertung x Gewichtung, daraus Summe und daran anschließend Priorisierung

Bedrohungen mit einem Ergebnis über 100 werden als prioritär eingestuft.

Beispiel:

Kriterium	Bewertung	Wert und Gewichtung	Total
Geschichte	Hoch	10 x 2	20
Anfälligkeit	Mittel	5 x 5	25
Maximale Bedrohung	Hoch	10 x 10	100
Wahrscheinlichkeit	Mittel	5 x 7	35
			180

Schwächen:
Es werden keine Anleitungen für die Entscheidung darüber gegeben, (1) welche Bedrohungen bei der Analyse betrachtet und (2) wie das Katastrophenrisiko und (3) wie die Anfälligkeit bewertet werden sollen. Die Abschätzung folgt relativ willkürlich, rein nach Wahrnehmung der an der Analyse Beteiligten. Auch die benutzte Gewichtung wird nicht begründet.

Zum Beispiel war bei einer Risikoanalyse nach diesem Schema der Wert für radioaktiven Niederschlag am höchsten, und hätte damit als prioritär für die Planung von Risikominimierungsstrategien angesehen werden müssen. Grund dafür ist die starke Gewichtung (10fach) welche der maximalen Bedrohung gegeben wird. Mit dieser Gewichtung kann so die Bedeutung von Katastrophen, welche noch nie eingetroffen sind, gegenüber Katastrophen (wie z.B. in diesem Fall Überschwemmungen) die schon öfter eingetreten sind, überschätzt werden.

FEMA
http://www.ema.gov.au/ema/rwpattach.nsf/viewasattachmentPersonal/E5ED86F1F8A5E698CA256C8A000AC628/$file/the FEMA model.pdf

[21] Federal Emergency Management Agency, USA - http://www.fema.gov
[22] Natural Disaster Organisation (1991): Community Emergency Planning Guide.

RA1 **Was sollte geändert werden?**
Was kann geändert werden?

Aus den jeweiligen Analyseschritten werden die möglichen Maßnahmen zur Reduzierung der Katastrophenrisiken entwickelt. Es muss nicht notwendigerweise auf das Gesamtergebnis der Risikoanalyse gewartet werden, um Risikominderungsmaßnahmen zu identifizieren. Empfehlungen zur Raumplanung können auch schon auf der Basis der Bedrohungsanalyse identifiziert werden, wenn z.B. bedrohte Zonen zu nicht bebaubaren Gebieten oder zu Schutzzonen deklariert werden. Auch die Notwendigkeit von Maßnahmen zur Reduktion der Bedrohung wie z.B. die Anlage von Poldern oder Auen können aus der Bedrohungsanalyse abgeleitet werden.

Risikominderungsstrategien sollten auf bestehenden Kenntnissen und bestehenden Strategien aufgebaut werden, und sie müssen umsetzbar und finanzierbar sein.

Bei der Planung von Notfall- und Vorsorgemaßnahmen sind folgende Überlegungen zu berücksichtigen:

Die Entscheidung über die vorzusehenden Vorbeugungsmaßnahmen als Ergebnis aus der RA muss im Interesse der Finanzier- und Umsetzbarkeit durch einen politischen Abstimmungsprozess erfolgen und im Konsens aller Bewohner der betroffenen (und verursachenden) Region beschlossen werden. Dies zu erreichen, ist oft schwieriger und aufwendiger als die technischen Maßnahmen zu bestimmen, da sich sowohl Betroffene als auch nicht Betroffene an den Kosten beteiligen müssen. Die Erfahrungen in der EZ haben gezeigt, dass ein Konsens zwischen Technikern, Politikern und lokaler Bevölkerung einfacher herzustellen ist, wenn es um gut sichtbare Schutzmaßnahmen geht, die oft teuer sind und nicht immer viel zur Katastrophenminderung beitragen, als wenn es um weniger spektakuläre aber möglicherweise wirksamere Maßnahmen geht. Zur Erreichung von optimalen Lösungen zwischen Technikern, lokaler Bevölkerung und politischen Entscheidungsebenen sind Maßnahmen wie transparentes Informationsmanagement, Offenlegung und Diskussion der unterschiedlichen Interessen sowie die Klärung der Rollen unter allen Beteiligten wichtig und hilfreich.

7.3 Bedrohungs- und Anfälligkeitsanalyse am Beispiel Dürre

Einführung:

- Dürre unterscheidet sich von anderen Naturkatastrophen dadurch, dass sie räumlich und zeitlich nur unscharf zu definieren ist. Dürre ist eine „schleichende“ Katastrophe.
- Man unterscheidet meteorologische Dürren, bei denen die durchschnittliche Niederschlagsmenge eines Jahres um mehr als 25 % unterschritten wird, landwirtschaftliche Dürren, bei denen die zur Verfügung stehende Bodenfeuchte nicht mehr für das Pflanzenwachstum ausreicht, und hydrologische Dürren, bei denen die Wasserläufe versiegen.
- Bei einer Dürre liegt das Wasserangebot durch Niederschlag, vorhandene Bodenfeuchte und potenzielle Evapotranspiration von Nutzpflanzen und die sonstige Vegetation unter dem langjährigen Mittel. Trockenheit und die schwerwiegendere Form der Dürre sind Zustände einer regionalen Wetterlage, in denen das für Pflanzen und Menschen zur Verfügung stehende Wasserangebot den Bedarf nicht in ausreichendem Umfang decken kann. Dieser Bedarf ist von Region zu Region sehr unterschiedlich und in der Regel dem langjährigen Angebot angepasst. Dieses wiederum wird im Wesentlichen bestimmt durch die mittlere jährliche Niederschlagsmenge und die örtlichen Verdunstungsraten. Allerdings spielt die Varianz, d.h. das Ausmaß und die Häufigkeit der Abweichungen vom Mittelwert, eine entscheidende Rolle. Gebiete, in denen mehr oder weniger gleichmäßig Feuchtigkeit vorhanden ist, sind u.U. schon durch eine kurze Trockenperiode stark beeinträchtigt; andere, z.B. aride Gebiete, haben sich auf den Mangel an Wasser eingestellt und überstehen auch längere niederschlagslose Phasen ohne größere Probleme.
- Neben dem Niederschlag und der Verdunstung, beeinflusst durch Temperatur und Wind, spielen beim Zustandekommen einer Dürre Bodenarten und ihre Fähigkeit, Wasser zu speichern, Tiefe und Vorhandensein von Grundwasservorkommen, Bewuchs und noch einige weitere Faktoren eine Rolle.
- Eine Dürre ist umso gravierender, je mehr das tatsächliche Angebot an Wasser vom Mindestbedarf der Pflanzen im jeweiligen Stadium des Wachstumszyklus nach unten abweicht.

- Weltweit gab es in den letzten Jahrzehnten einen Trend zum Siedeln von Menschen und zum Anbau von wasserintensiven Kulturen auch in Gebieten, in denen sie von Natur aus niemals existieren könnten. Neue technische Möglichkeiten wie das Herauspumpen von Grundwasser aus großer Tiefe, großräumige Bewässerungssysteme einschließlich zum Teil riesiger Wasserspeicher haben dies ermöglicht. Gleichzeitig wurde dadurch aber auch eine hohe Anfälligkeit in Kauf genommen. Trockenperioden bis hin zu Dürren treten immer wieder auf und werden meist von großräumigen oder globalen Zirkulationsphänomenen wie El Niño/La Niña hervorgerufen. Sie führen bei anhaltender Dauer oft zu Hungersnöten. Besonders gefährdet sind aride und semiaride Regionen und Hochgebirgsregionen.

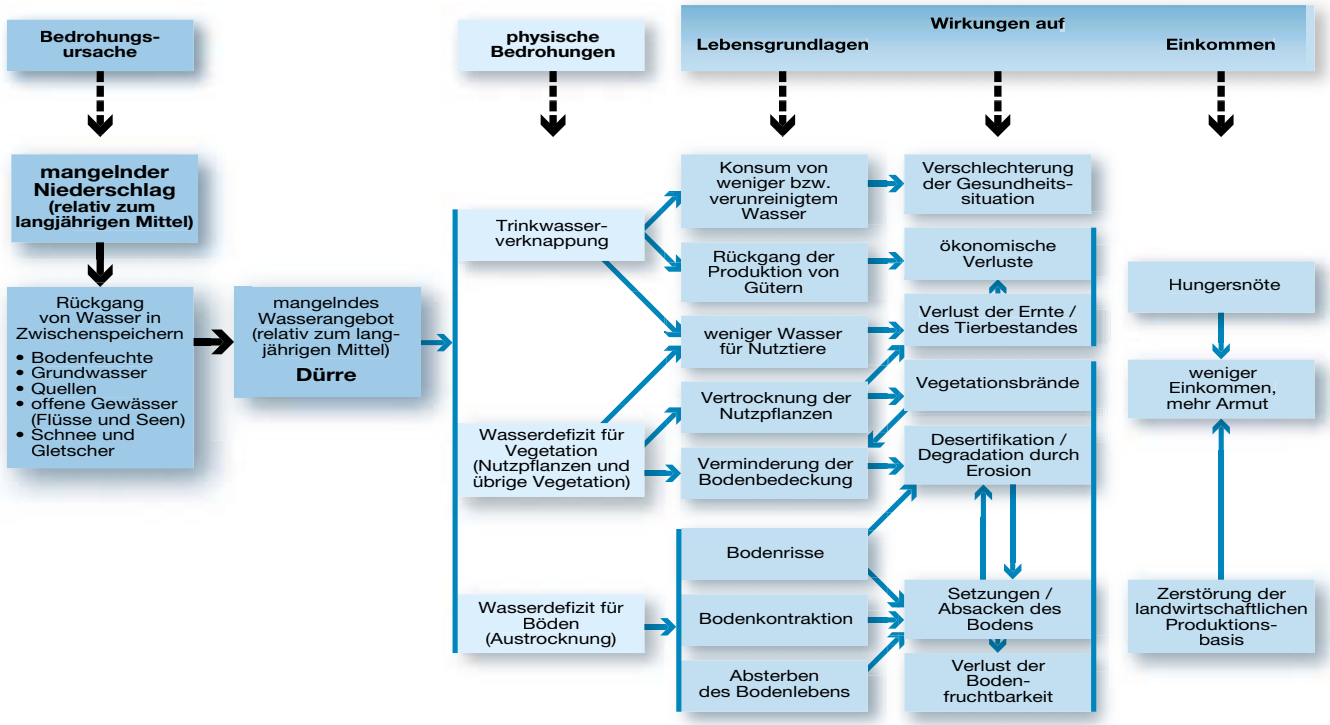
Nach der Identifizierung der „**Dürre**“ als relevantem Bedrohungstyp und direkter physischer Bedrohung aus der Sicht der lokalen Bevölkerung, wird mit Hilfe der folgenden Leitfragen der Analyseprozess fortgeführt und vertieft. Zur Feststellung der direkten physischen Bedrohung hat sich die Analyse anhand von Wirkungsketten oder -gefügen als hilfreich erwiesen.

Die **direkte physische Bedrohung** ist innerhalb der Wirkungskette jene Bedrohung, welche die betroffene Bevölkerungsgruppe als solche wahrnimmt. Im vorliegenden Beispiel ist dies nicht direkt der relativ zum langjährigen Mittel niedrige Niederschlag, sondern die Folgeerscheinungen Trinkwasserverknappung, Wasserdefizit für die Vegetation und Wasserdefizit für Böden. Die Analyse der Wirkungskette ist auch hilfreich zur Identifizierung der Ursachen sowie der durch die direkten physischen Bedrohungen erzeugten Wirkungen auf die relevanten Lebensgrundlagen. Die Wirkungskette kann für jeden relevanten Bereich der Lebensgrundlagen erstellt und analysiert werden, wenn detaillierte Erklärungen von möglichen Bedrohungsauswirkungen notwendig sind.

Präzisierung einzelner Folgeerscheinungen von Trockenheit und Dürre:

- Wald-, Busch-, Steppen- und Grasbrand:
  Trockene und vertrocknete Pflanzen sind hochgradig brennbar. Ein Blitzschlag, ein Funke oder selbst ein als Brennglas wirkender Gegenstand (z.B. Glasscherbe) kann einen Brand entfachen.
- Setzungen:
  Bestimmte Böden (vor allem manche Tone) schwinden bei Austrocknung enorm, d.h. ihr Volumen verringert sich. Insbesondere wenn sie belastet sind (z.B. durch ein Gebäude) kommt es zu Setzungen.

Figur 36: **Wirkungskette zur Feststellung der direkten physischen Bedrohung sowie der Ursachen und Wirkungen bei Dürre und Trockenheit**



- Desertifikation:
  Bei anhaltenden oder sich häufig wiederholenden Dürreperioden werden der Boden und die Flora so schwerwiegend geschädigt, dass ihre Resilienz, also die Fähigkeit, sich zu erholen, beeinträchtigt oder gar zerstört wird. Dann kommt es zu einer Langzeit-Degradation von Böden und Vegetation, die als Desertifikation bezeichnet wird.
- Hungersnot:
  Infolge einer anhaltenden Dürre kann das gesamte System der Nahrungsmittelversorgung in einer Region zusammenbrechen. Es kann nur durch interregionale oder internationale Hilfe wiederhergestellt werden. Das Ereignis der Dürre ist nicht die alleinige Ursache für eine Nahrungsmittelkrise, sondern ein Auslöser, der ein nichtnachhaltiges und instabiles soziales und ökonomisches System in eine Nahrungsmittelkrise stürzt. Der Schweregrad hängt von den lokalen sozialen, ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen ab. Folglich ist es sehr schwierig, die Wirkungszusammenhänge von dürreinduzierten Nahrungsmittelkrisen in einer Region mit denen in einer anderen zu vergleichen.

Leitfragen

(BA = Fragen zur Bedrohungsanalyse;
AA = Fragen der Anfälligkeitsanalyse;
RA = Risikoanalyse).

BA1 = Schritt 1 der Bedrohungsanalyse;

AA1 = Schritt 1 der Anfälligkeitsanalyse;

RA1 = Schritt 1 der Risikoanalyse (BA x AA = RA)

BA1 Welche Standorte und Gebiete sind von Dürre bedroht? *(Räumliche Analyse)*

Zur Bestimmung der potenziell betroffenen Gebiete, also der Bedrohungsstandorte, werden soweit vorhanden Aufzeichnungen über die Landnutzung analysiert. Diese werden ergänzt durch die Auswertung von Luft- und Satellitenbildern und Umfragen bei der betroffenen Bevölkerung. Die erhobenen Daten werden manuell oder mit GIS auf topographische Karten 1:20.000 bis 1:100.000 eingetragen.

Wo befinden sich die potenziell bedrohten Gebiete?

Eine Karte mit den potenziell bedrohten Standorten ist die Grundlage für die weiteren Analyseschritte. Für die **partizipative Analyse** mit der Dorfbevölkerung eignen sich – wie im vorangegangenen Kapitel zu Überschwemmung erläutert – insbesondere Luftbilder. Der Einsatz von technischen Hilfsmitteln bei der räumlichen Analyse und Kartierung der Analyseergebnisse hängt vom jeweiligen Kontext und der Größenordnung des bedrohten Gebietes sowie der erwarteten Schäden ab. Nicht immer sind aufwändige Technologien notwendig.[23]

Die durch Dürre verursachten Nahrungsmittelkrisen können eine enorme räumliche Ausdehnung haben. Aufgrund von marktbedingten Abhängigkeiten, von weiträumigen Handelsbeziehungen und von Migrationsbewegungen können auch Regionen in Mitleidenschaft gezogen werden, die nicht direkt von dem klimatischen Ereignis einer Dürre betroffen sind.

AA1 Gibt es anfällige Menschen und Lebensgrundlagen? Wer und was ist betroffen und bedroht? Welches sind die wichtigen Lebensgrundlagen? Was wird produziert? Wovon lebt die lokale Bevölkerung?

Zur Bestimmung der anfälligen Elemente, d.h. der Menschen und ihrer Lebensgrundlagen, die gegenüber Dürre anfällig sind, werden Landnutzungspläne – soweit verfügbar – analysiert, und/oder es werden Luft- und Satellitenbilder ausgewertet und durch Umfragen bzw. mit Hilfe partizipativer Workshops mit der betroffenen Bevölkerung analysiert und ergänzt.

BA2 Wann und wie oft sind zukünftige Dürreereignisse zu erwarten? Jahreszeiten? Zyklen? Frequenzen? Mit welcher Intensität und mit welcher Dauer (= Ausmaß / Stärke)? Schäden in der Vergangenheit? *(Zeitliche und dimensionale Analyse)*

Hydrometeorologische Indikatoren zur Frühwarnung vor Dürren:

Die Erfassung und Analyse der folgenden Parameter ermöglicht eine frühzeitige Erkennung von Zuständen der Trockenheit oder einer sich abzeichnenden Dürre:

- aggregierter Niederschlag eines Monats
- aggregierter Niederschlag einer Jahreszeit

[23] Eine detaillierte Beschreibung der Anwendung der Fernerkundung und von GIS bei Risikoanalysen ist in der Anlage 1 zu dieser Handreichung zu finden.

- Bodenfeuchte
- Wasserstände von Bächen und Flüssen
- Grundwasserspiegel
- Temperatur
- eventuelle Schneebedeckung von Bergspitzen

Zur Analyse können die aktuell gemessenen Werte mit dem langjährigen Mittel verglichen werden. Liegen die aktuellen Werte signifikant unter den langjährigen Mittelwerten, ist dies ein Anzeichen für eine Phase der Trockenheit oder im weiteren Verlauf für eine Dürre. Durch diese Methoden der Erfassung und Bewertung sind Aussagen für relativ kleinräumige Regionen möglich.

Im Projektkontext ist die Messung der Bodenfeuchte auf wöchentlicher Basis mit Handmessgeräten die am einfachsten und effektivsten umsetzbare Lösung.

BA3 Wie kann die Bewertung von Bedrohungen dargestellt werden?

Es ist bereits möglich, Niederschlagsanomalien durch geostationäre bzw. meteorologische Satelliten zu beobachten und die gewonnenen Daten zur Dürrefrühwarnung einzusetzen.

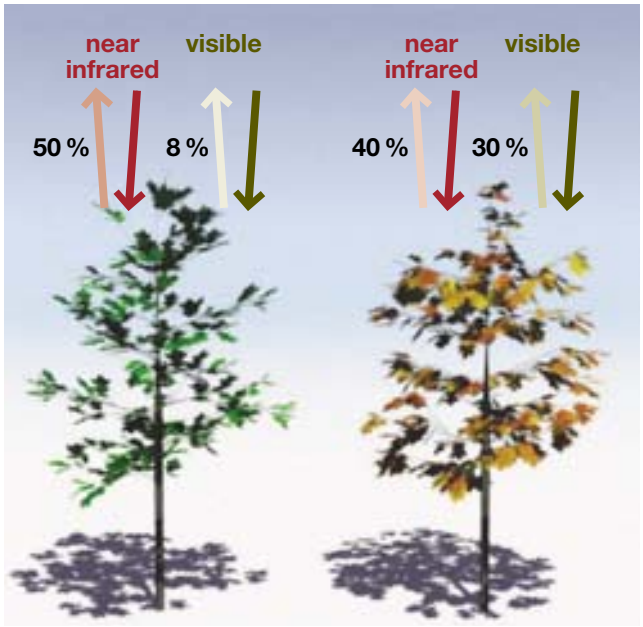
So haben Studien gezeigt, dass bestimmte großmaßstäbliche meteorologische Muster mit dem Ausbleiben des sommerlichen Südwestmonsuns assoziiert werden können. Dies ist die Hauptursache für Dürren auf dem indischen Subkontinent. Faktoren, die eine solche Dürrefrühwarnung ermöglichen, sind Höhenwinde über Indien, die Entstehung von heißen Tiefdruckgebieten über dem südlichen Asien und schließlich das El Niño Phänomen. Andere Faktoren, die auch mit Satelliten erfasst werden können, sind Meeresoberflächentemperatur, der Grad der Schneebedeckung, Windgeschwindigkeit sowie Windrichtung und atmosphärische Temperatur- und Feuchtigkeitsprofile. All diese Faktoren hängen auch eng mit der Niederschlagsverteilung zusammen. Satelliten mit geostationären oder polaren Umlaufbahnen bieten exzellente Möglichkeiten, Informationen über diese Faktoren sowohl auf regionaler als auch auf globaler Ebene abzuleiten. Es werden immer genauere Modelle entwickelt, die sowohl atmosphärische, marine und landbezogene Faktoren einschließen.

Um Maßnahmen gegen Dürren zum angemessenen Zeitpunkt zu ergreifen, ist eine Analyse und Überwachung des Klimageschehens notwendig. Dies ist Vorrausetzung, um in Dürre gefährdeten Regionen den Verlust der landwirtschaftlichen Produktivität zu reduzieren. Die Analyse und Überwachung von Dürren liefert außerdem objektive Informationen über das Vorherrschen von Dürren, die Stärke der Dürre und über die Persistenz der Dürreeinwirkung im zeitlichen Kontext. Diese Informationen sind wichtig für das Ressourcenmanagement, bei dem es notwendig ist, knappe Finanzmittel optimal zu verteilen und zu kontingentieren.

Aus Satellitendaten lässt sich vergleichsweise schnell und preiswert ein Überblick über Vorhandensein und Zustand von Vegetation gewinnen. Besonders die einfach zu berechnenden Vegetationsindizes bieten sich dazu an. Die Faktoren Aufwand und Kosten spielen gerade bei Risikomanagement in Entwicklungsländern häufig die entscheidende Rolle. Auch aus diesem Grund sind Vegetationsindizes eine geeignete Maßnahme in Entwicklungsländern.

Vegetationsindizes machen sich die Tatsache zunutze, dass die in den Blättern enthaltenen Pigmente von gesunder Vegetation einfallende (Sonnen-) Strahlung in ganz besonderer Weise reflektieren. Während gesunde Vegetation nämlich vom sichtbaren Licht nur relativ wenig reflektiert, ist die Reflektion im daran anschließenden nahen Infrarot (NIR) deutlich höher. Dieser Anstieg ist um so stärker, je gesünder und dichter die Vegetation ist. Dieser charakteristische Unterschied

Figur 37: **Von Pflanzen reflektierte Strahlung auf Satellitenbildern**



$$\frac{(0{,}50 - 0{,}08)}{(0{,}50 + 0{,}08)} = 0{,}72 \qquad \frac{(0{,}40 - 0{,}30)}{(0{,}40 + 0{,}30)} = 0{,}14$$

Quelle: NASA's Earth Observatory, Responsible NASA official: Yoram Kaufman

zwischen sichtbarem Licht und nahem Infrarot ist bei den meisten anderen Oberflächenmaterialien, einschließlich kranker oder vertrockneter Vegetation, nicht zu beobachten. Im Vergleich zu grünem, gesundem Gras reflektiert z.B. trockener Boden oder trockenes Gras im sichtbaren Bereich mehr, während sie im NIR deutlich weniger reflektiert. Dadurch ist es möglich, den „Normalised Difference Vegetation Index (NDVI)" für eine Landparzelle zu berechnen. Mit Hilfe des NDVI ist nur eine relativ großräumige Einschätzung auf Länder- oder Kontinentebene möglich.

Erdbeobachtungssatelliten nehmen die von der Oberfläche reflektierte Strahlung in genau definierten Spektralbereichen (so genannten Bändern) jeweils getrennt auf. Die amerikanischen NOAA-AVHRR-Satelliten messen die Strahlung in fünf Bändern. Darunter sind sichtbares Rot (Band 1, 0.58 – 0.68 µm) und nahes Infrarot (Band 2, 0.725 – 1.10 µm). Die Reflektionswerte der NOAA-Bänder 2(NIR) und 1(Rot) werden in die Formel NDVI = (NIR – Rot) / (NIR + Rot) eingesetzt. Für den Computer ist es eine einfache Rechenoperation, die für jeden Bildpunkt durchgeführt wird. Das Resultat ist ein relatives Maß, das stark mit Dichte und Vitalität der Vegetation korreliert. Dieser dimensionslose Index hat für NOAA-Daten Werte im Bereich von –0.1 (keine Vegetation) bis 0.7 (viel Vegetation). Die so generierten Zahlenwerte werden mit einer speziellen Farbskala dargestellt, die von braun (–0.1 – 0.2) über gelb (um 0.3) bis zu satten Grüntönen (0.4 – 0.7) reicht:

NDVI Anomaly

<–0,5 0 >0,5

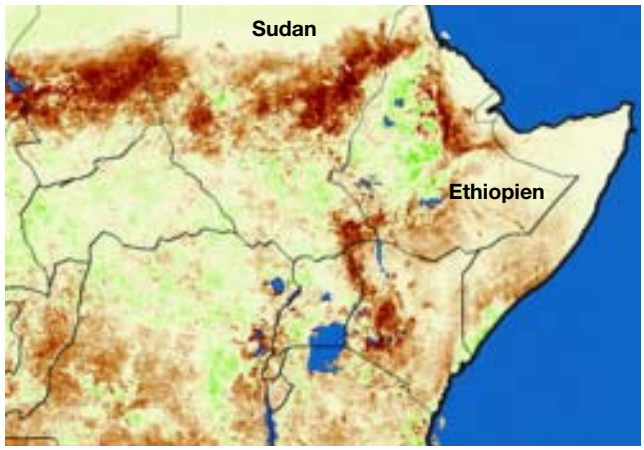
Auf diese Weise lassen sich ganze Staaten oder Kontinente analysieren. Zur Veranschaulichung soll hier ein Ausschnitt von Ost-Afrika während der schweren Dürre 1984 dienen (Figur 38). Das Bild zeigt die Situation im August 1984:

Die dunkel eingefärbten Stellen sind besonders schwer von der Dürre betroffen. Es wird auch deutlich, dass eine Dürre nicht immer jede Vegetation bzw. Region gleichermaßen trifft. Die Vegetation in den grün eingefärbten Regionen befindet sich sogar in einem leicht besseren Zustand als gewöhnlich.

Aufwand und Zeit

Diese Methode ist relativ aufwändig und nicht ohne fachlich geschultes Personal und eine gewisse Hard- und Softwareausstattung durchführbar. Dieser durch Fernerkundung gestützte Prozess der Bedrohungsanalyse ist erst bei einer Fläche des Projektgebietes von über 10.000 km^2 lohnend. Der Zeitaufwand ist bei der ersten Durchführung relativ hoch. Ist er aber erst einmal implementiert, kann der zeitliche Aufwand erheblich verringert werden.

Figur 38: **Beispiel für Dürre-Monitoring durch Satellitenaufnahmen**



Quelle: NASA's Earth Observatory, Responsible NASA official: Yoram Kaufman

AA2 Welche Auswirkungen hat eine Dürre auf die anfälligen Elemente?

- Eine Trockenheits- oder Dürreperiode äußert sich zunächst meist dadurch, dass Pflanzen beginnen, Wassermangelerscheinungen (Stress) aufzuweisen. Sie lassen Früchte und Blätter fallen, stellen ihr Wachstum ein, verfärben sich, vertrocknen und sterben schließlich ab. Damit ist häufig gleichzeitig das erste Glied der Nahrungskette zerstört. Tiere haben kein Futter, Menschen keine pflanzliche Grundnahrung mehr und – weil die Nutztiere abmagern und schließlich eingehen – auch bald keine tierische Nahrung mehr. Dies ist insbesondere dann kritisch, wenn ein Gebiet weitgehend von den selbst produzierten Nahrungsmitteln lebt, wirkt sich aber zusätzlich auf die Einnahmen aus, die aus dem Verkauf von Exportgütern stammen und dann verloren gehen. Wenn die Rohprodukte im Lande verarbeitet werden, spürt auch die einheimische Wirtschaft schnell die Folgen.
- Anhaltende Trockenheit kann bei landwirtschaftlichen Kulturen zu Totalschäden führen, die nicht nur die aktuell anstehende Ernte betreffen, sondern oft auch eine meist kostspielige Neuanpflanzung nötig machen.

- Bei weitergehender Austrocknung des Bodens kommt es zu Schwindrissen und allgemein zu Kontraktionen, die Setzungen und damit Gebäudeschäden nach sich ziehen können. Ein zerfurchter Boden ist hoch erosionsanfällig und der Regen, der das Ende einer Trockenzeit markiert, kann u.U. langfristig schlimmere Folgen haben als die Trockenheit selbst, wenn wertvoller, besonders in Trockengebieten oft ohnehin nur spärlich vorhandener Mutterboden abgeschwemmt wird. Dies bedeutet die Zerstörung der landwirtschaftlichen Produktionsbasis.
- In Gebieten mit häufigen Dürren besteht die Gefahr der Desertifikation. Der Desertifikationsvorgang ist in der Regel sogar rückgekoppelt: Hat er einmal begonnen, wird er sich immer schneller weiterentwickeln, weil z.B. die vor Erosion schützende Pflanzenbedeckung bei jeder erneuten Dürreperiode geringer wird.
- Im Bereich der Privathaushalte und der Industrie muss bei anhaltender Trockenheit der Wasserverbrauch eingeschränkt werden. Dies führt zwar zunächst zu keinen Schäden, sondern lediglich zu Unannehmlichkeiten, kann sich aber bei weiterer Dauer durchaus auf die Produktion – insbesondere bei wasserintensiven Herstellungsverfahren – signifikant negativ auswirken bis hin zur Einstellung der Arbeiten.
- Ein direkter Einkommensverlust infolge von Trockenheit besteht bei Wasserkraftanlagen und in extremen Fällen auch bei Kernkraftwerken, wenn das Wasser für die Kühltürme knapp wird.

In der folgenden Tabelle sind typische Auswirkungen bei verschiedenen Graden der Dürre dargestellt[24]. Diese können auch im Umkehrschluss als Indikatoren für den

[24] Nach Hans-Georg Bohle: Dürrekatastrophen und Hungerkrisen. Sozialwissenschaftliche Perspektiven geographischer Risikoforschung. In: Geographische Rundschau, Braunschweig, 46 (1994–7/8), S. 400–407.

Figur 39: **Typische Zustände bei verschiedenen Dürregraden**

Grad der Dürre	Auswirkungen / Indikatoren	mögliche Interventionen
leichte Trockenheit	• Bewahren oder Vermehren von Vermögenswerten • Beibehaltung der üblichen Produktionsstrategien	Entwicklungsprogramme
starke Trockenheit	• Veräußerung weniger wichtiger Vermögenswerte • Reduzierung des Nahrungsverbrauchs • geringfügige Änderungen der Produktionsstrategien • kleine Veränderungen der Einkommensstrategien (z.B. Leihen von Geld bei Verwandten)	Unterstützungsprogramme (Preisstabilisierung, Anlegen von Nahrungsvorräten)
leichte Dürre	• Veräußerung wichtiger Vermögenswerte (keine produktiven Ressourcen) • stärkere Reduzierung des Nahrungsverbrauchs • starke Veränderung des üblichen Produktionssystems (z.T. mit ökologischer Schädigung) • neue Einkommensstrategien (z.B. Arbeitsmigration oder Leihen von Geld bei Geldverleihern)	Hilfsprogramme (Food-for-Work, Cash-for-Work)
starke Dürre	• Veräußerung produktiver Ressourcen (Land, Ackergerät, Saatgut, ganze Herden) • Hungern • Aufgabe des üblichen Produktionssystems • völlig neue Einkommensstrategien (permanente Abwanderung ganzer Familien)	Nothilfeprogramme (Nahrungshilfe, Verteilung von Saatgut)
Hungersnot	• Bewältigungsstrategien völlig erschöpft • Flucht in Hungerlager	Katastrophenhilfsprogramme (Unterkunft, Nahrungsmittelhilfe, medizinische Versorgung)

momentanen Grad einer Dürresituation herangezogen werden. Die Entwicklung einer Dürre kann von einer Phase leichter Trockenheit bis hin zur Hungersnot reichen.

Zwischen dem Auftreten des klimatischen Ereignisses und den Auswirkungen auf die Ernährungslage der Bevölkerung kann eine lange Zeitspanne liegen. Opfer von Dürren sterben zum Teil viele Monate nach dem tatsächlichen Ereignis. Erst wenn die Nahrungsmittelreserven aufgebraucht sind, kommt der Hunger. Zudem treten die fatalen gesundheitlichen Folgen von Mangel- und Fehlernährung erst mit zeitlicher Verzögerung ein. Selbst viele Jahre nachdem der Niederschlag sich wieder normalisiert hat, können noch schwerwiegende Auswirkungen auftreten (z.B. durch die Zerstörung des Saatgutes oder Verlust von landwirtschaftlichen Produktionsmitteln während der Dürreperiode).

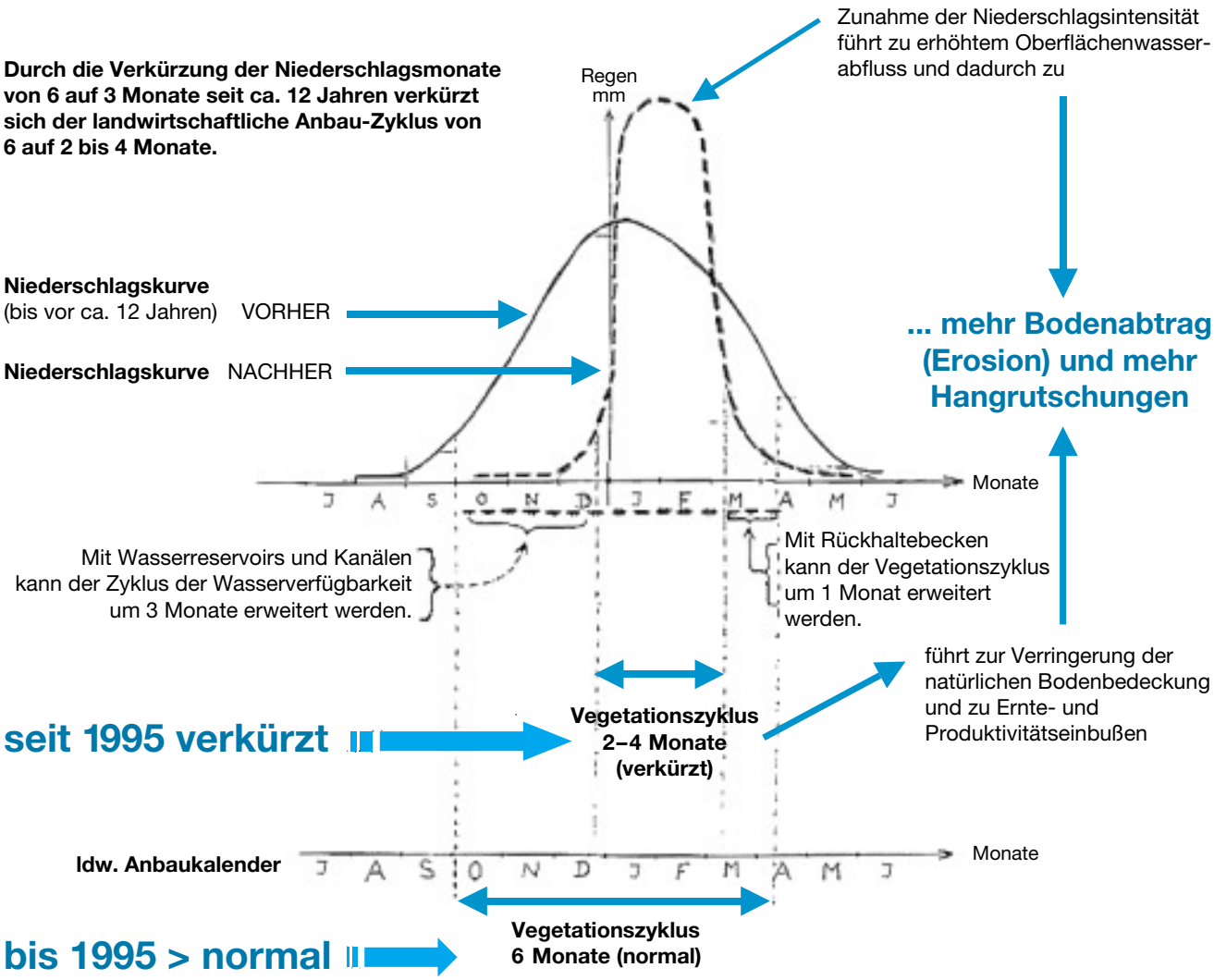
Im Projekt „Katastrophenvorsorge und Ernährungssicherung in San Pedro – Bolivien“ wurde die Analyse der Wasserverfügbarkeit für die Landwirtschaft im Zusammenhang mit der Dürre als Bedrohung anhand der folgenden Grafik (Figur 40) vorgenommen.

AA3 Variablen zur Bestimmung der Bewältigungskapazität:

Indikatoren zur Bestimmung der Anfälligkeit der Ernährungssicherheit unter Bedingungen der Dürre hängen sehr stark von regionalen politischen, sozialen und ökonomischen Rahmenbedingungen ab. Auf der Mikroebene stehen die Bewältigungskapazitäten und Bewältigungsstrategien auf der Ebene von Individuen und Gruppen wie etwa Haushaltsgemeinschaften im Vordergrund. Es sind vier unterschiedliche Formen von Bewältigungsstrategien zu unterscheiden:

- Bewältigungsstrategien im engeren Sinne (coping strategies) sind kurz- bis mittelfristige Strategien zur Bewältigung akuter Krisen im konkreten Fall. Sie stellen eine Krisenreaktion dar.

Figur 40: **Analyse der Anfälligkeit der Landwirtschaft gegenüber Dürre** (Beispiel San Pedro-Norte Potosí/Bolivien)



- Unter Anpassungsstrategien (adaptation) versteht man langfristige grundlegende Verhaltensänderungen als Folge von grundsätzlichen Veränderungen der sozialen, ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen.
- Risikominimierende Strategien (risk minimising strategies) sind Handlungsstrategien zur Verminderung des Krisenrisikos. Sie stellen eine Form der internen Krisenprävention dar.
- Saisonale Bewältigungsstrategien (seasonal coping) sind Handlungsstrategien zur Überwindung periodisch wiederkehrender Zeiten saisonal bedingter Nahrungsmittelknappheit.

Indikatoren zur Bestimmung der Anfälligkeit:

Mögliche Variablen und die zugehörigen Indikatoren zur Bestimmung der Anfälligkeit von Gruppen und Individuen auf der Mikroebene sind in der folgenden Tabelle dargestellt[25]. Die möglichen Extrema der Ausprägung der jeweiligen Variable sind in der rechten Spalte aufgeführt und reichen von einer sehr hohen Bewältigungskapazität = niedrige Anfälligkeit (links) bis zu einer sehr niedrigen Bewältigungskapazität = hohe Anfälligkeit (rechts).

Es ist jedoch niemals nur ein Faktor, der die Bewältigungskapazität und damit auch die Verwundbarkeit

[25] Aus: Beate Lohnert „Bericht zum deutschen Beitrag für den World Vulnerability Report des United Nations Development Programme“

Figur 41: **Indikatoren zur Bestimmung der Anfälligkeit bei Dürre**

Variable	niedrige Anfälligkeit	hohe Anfälligkeit
	zu berücksichtigende Kernaspekte	
Gender	Haushaltsvorstand männlich	Haushaltsvorstand weiblich
	Abhängig vom Handlungsspielraum im kulturellen und wirtschaftlichen Kontext.	
Alter	mittel bis alt	jung und sehr alt
	Abhängig von den kulturellen Gegebenheiten (Machtstellungen). Unterschiede zwischen Stadt und Land.	
Ausbildung	hoher Ausbildungsstand	kaum oder gar nicht ausgebildet
	Abhängig von der Wichtigkeit von Bildung in der Gesellschaft.	
Gesundheitszustand	gesund	krank, behindert
	Anhängig vom Gesundheitssystem und der öffentlichen Unterstützung Behinderter.	
Haushaltsgröße	großer Haushalt	kleiner Haushalt
	Abhängig vom Verhältnis ökonomisch Aktiver/ökonomisch Inaktiver.	
Rücklagen	Rücklagen sind vorhanden	keine Rücklagen vorhanden
	Rücklagen, auf die während einer Krise zurückgegriffen werden können, sind abhängig von der Art der Rücklagen, der Wichtigkeit der Rücklagen für die Produktion und von der Länge der Krise.	
Einkommen	hohes Einkommen	sehr niedriges oder gar kein Einkommen
	Abhängig von den Auswirkungen der Dürre auf das Einkommen.	
Art der Produktion	Subsistenzwirtschaft	Produktion für den Markt
Art der Landwirtschaft	Viehwirtschaft	Anbauwirtschaft
ökonomische Diversität	mehrere Einkommensquellen	nur eine Einkommensquelle
Soziale Netzwerke	eingebunden in soziale Netzwerke	keine sozialen Netzwerke
	Abhängig von der Position innerhalb des sozialen Netzes. Unterschiede zwischen Stadt und Land.	

bestimmt; es ist vielmehr eine Konstellation von unterschiedlichen Variablen. Doch welche Indikatoren in welcher spezifischen Ausprägung jeweils die Anfälligkeit bestimmen, variiert von Gesellschaft zu Gesellschaft und im zeitlichen Verlauf. Hier sind daher detailierte Haushaltsanalysen im Sinne des sustinable livelihood Ansatzes durchzuführen.

RA1 Bewertung der Risiken

Hydrometeorologische Messungen und der Vegetationsindex können verwendet werden, um Dürrekonditionen in Echtzeit zu erfassen und zu überwachen. Dies kann Entscheidungsträger bei der Initiierung von Strategien unterstützen, um bereits präventiv Anbaumuster und Anbauweisen zu verändern.

Niederschlagsmessungen, Bodenfeuchtemessungen und Daten von meteorologischen Satelliten sind dazu geeignet, räumlich oder zeitlich inadäquaten Niederschlag zu Zeitpunkten zu analysieren, zu denen sich Anbaupflanzen in einem kritischen Stadium befinden. Eine darauf aufbauende Analyse von Pflanzenstatus und Pflanzenzustand ist eine geeignete Vorgehensweise, um Dürren zu überwachen.

Werden diese Ergebnisse verknüpft mit Daten über die potenzielle Bewältigungskapazität von Haushalten, Dörfern oder Regionen, so lässt sich daraus eine Risikobewertung ableiten.

RA2 Was sollte geändert werden? Was kann geändert werden?

Um die Folgen von Dürren zu bekämpfen, sind sowohl Kurzzeitstrategien als auch Langzeitstrategien erforderlich. Kurzzeitstrategien umfassen dabei die Frühwarnung, die Überwachung und Bewertung von Dürren. Langzeitstrategien zielen auf eine Dürrevorsorge durch:

- richtige Bewässerungsplanung
- die Erhaltung von Boden und Wasser
- Ressourcenschutz
- Auswahl von Saatgut
- die Optimierung von Anbaumustern und Brachen
- Migration des Viehs
- Lagerhaltung und Vorratshaltung
- Landnutzungsplanung

Die beste Prävention gegen Trockenheit und Dürre ist auf jeden Fall der sparsame Umgang mit Wasser auch in Zeiten, in denen es üppig zur Verfügung steht. Das heißt, Wasserspeicher sollten immer so voll wie möglich gehalten werden, Grundwasserspiegel nicht unnötig abgesenkt und die Verdunstung so weit wie möglich eingeschränkt werden. Dazu gehört auch Kulturen anzu-

Figur 42: **Beispiel Maßnahmenmatrix zur Risikominderung**

(abgeändert aus F. Pischke's Diplomarbeit im Projekt San Pedro – Bolivien „Traditional risk prediction and prevention strategies in the San Pedro catchment area, Potosi – Bolivia")

	Hagel	Frost	Starkregen	Dürre	Erosion/Hangrutsche
räumliche Diversifizierung der landw. Produktion	•	•	•	•	•
Diversifizierung der Einkommensquellen	•	•	•	•	•
Stallhaltung für das Vieh			••	••	•
Treibhauslandwirtschaft	•••	•••	•••		
Garten	•	•	•	•	•
Bewässerungssysteme				•••	
mechanische Techniken (Terrassen, etc.)			•••	••	••
Agroforstwirtschaft		•••	•••	•••	•••
andere agronomische Praktiken			••	••	••

Zeichenerklärung:
• = reduziert die Wirkung der Bedrohung indirekt
•• = reduziert die Wirkung der Bedrohung direkt
••• = vermindert die Anfälligkeit

bauen, die dem gesamten lokalen Klima und nicht nur klimatischen Teilaspekten wie hoher Sonnenscheindauer, Temperatur etc. angepasst sind. Diese überstehen auch einen gelegentlichen Wasserstress, sterben zumindest nicht gleich ab.

Monokulturen sind generell schadenanfälliger als Mischkulturen, weil unterschiedliche Pflanzenarten nicht gleichzeitig anfangen, Schaden zu leiden. Einem Totalschaden bei Monokulturen kann entgegengewirkt werden, wenn – bei Bewässerungskulturen – mit zunehmender Dauer der Trockenheit Teile der Anbaufläche sukzessive aufgegeben werden, um eine ausreichende Wasserversorgung der restlichen Flächen sicherzustellen.

Durch die Konstruktion von großen Wasserspeichern, um die Bewässerung und die Versorgung mit Trinkwasser sicherzustellen, ist in vielen Ländern die Dürreprävention verbessert worden. Schlechtes und ineffizientes Land- und Wassermanagement ist jedoch noch immer eine Hauptursache für Bodendegradation. Der Einsatz von Fernerkundung, um Landdegradation, Bodennutzungsänderungen und Veränderungen der Grundwasserfluktuation aufzuzeigen, kann zusammen mit standortgerechter Landwirtschaft die Basis für effizienteres Umgehen mit den Ressourcen Wasser und Land sein. Es wurden z.B. Satellitendaten verwendet, um wasserdurchtränkte und stark salzhaltige Böden zu markieren und um dann ökologische Einwirkungsstudien zu konzipieren. Auf diesem Wege gelang es, Lösungen für diese Probleme zu finden.

Bei der Dürreprävention müssen ebenso die zahlreichen Verbindungen zwischen natürlichen Ressourcen und dem Umweltsystem sowie die Interdependenz zwischen den natürlichen Ressourcen beachtet werden.

7.4 Bedrohungs- und Anfälligkeitsanalyse am Beispiel der Erosion

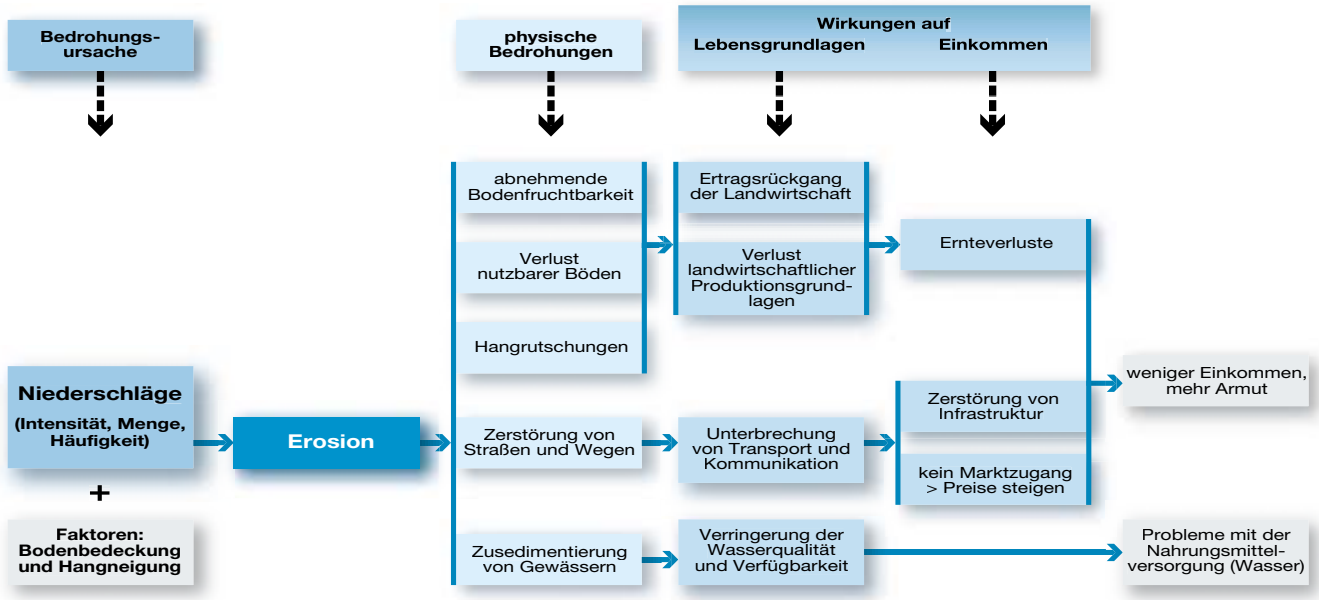
Nach der Identifizierung der Erosion als einer relevanten Bedrohung wird ähnlich dem Beispiel Überschwemmung der Analyseprozess vertieft (innerhalb dieses Abschnitts wird deshalb auch immer wieder auf die Graphiken und Figuren des vorhergehenden Abschnitts verwiesen).

Zunächst wird eine Wirkungskette der direkten physischen Bedrohung zu den Auswirkungen der Erosion erstellt (vgl. Figur 43).

Überblick zur Risikoanalyse am Beispiel der Erosion:

Im Gegensatz zur Überschwemmung handelt es sich bei der Erosion um eine schleichende Katastrophe, welche zudem nicht als klassische Katastrophe betrachtet wird. Erosion findet vor allem während Starkregenereignissen statt, hat jedoch besonders langfristig nach mehreren Erosionsereignissen Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit. Auch plötzliche katastrophale Ereignisse in Form von Erdrutschen z.B. als Folge einer erosiven Untergrabung

Figur 43: **Wirkungskette zur Feststellung der direkten physischen Bedrohung sowie der Ursachen und Wirkungen**



in Flussläufen sind möglich, doch soll auf diese hier nicht eingegangen werden.

Leitfragen

(BA = Fragen zur Bedrohungsanalyse; AA = Fragen der Anfälligkeitsanalyse)

BA1 Welche Standorte und Gebiete sind von Erosion bedroht? *(Räumliche Analyse)*

Voraussetzung für die Planung und Umsetzung geeigneter Maßnahmen zur Reduzierung des Bodenabtrags durch Wasser und zur Verringerung der Gewässerbelastung durch erosionsbedingte Stoffeinträge ist eine räumlich möglichst genaue Ausweisung erosionsgefährdeter Flächen und die Erfassung von Hauptbahnen des Oberflächenabflusses.

Erosionserscheinungen können durch Kartierungen flächenhaft erfasst und abgeschätzt sowie mittels geeigneter Messvorrichtungen quantifiziert werden. Eine Karte mit den durch Erosion bedrohten Standorten ist die Grundlage für die weiteren Untersuchungen (vgl. Figur 14, S. 32). Dabei können mögliche erosionsgefährdete Gebiete aufgrund von bestimmten Hinweisen wie steilen, nicht mit Vegetation bedeckten Gebieten und bereits sichtbaren Erosionskennzeichen oder durch die Befragung von Bauern abgeschätzt werden, oder auch sofort großflächig mit Hilfe der zur Berechnung der Erosion notwendigen Faktoren bestimmt werden.

Nach der Identifizierung der durch die Erosion bedrohten Gebiete werden die davon betroffenen Elemente (d.h. Menschen und ihre Lebensgrundlagen) betrachtet.

AA1 Gibt es anfällige Menschen und Lebensgrundlagen? Wer und was ist betroffen und bedroht? Welches sind die wichtigen Lebensgrundlagen? Was wird produziert? Wovon lebt die lokale Bevölkerung?

Auch hier ergeben sich keine grundsätzlichen Unterschiede gegenüber dem Vorgehen bei der Analyse von Überschwemmungen. Da es sich bei der Erosion um eine schleichende Katastrophe handelt, sollte jedoch berücksichtigt werden, dass das Problem von der Bevölkerung nicht so explizit wahrgenommen wird und damit durch partizipative Methoden weniger leicht erhoben werden kann.

Potenziell durch Erosion betroffene Elemente sind (siehe auch Wirkungskette): Landwirtschaft, Infrastruktur und Wasserqualität als Folge von Ablagerungen durch Sedimentfracht.

Nach der Identifikation werden die bedrohten Elemente zusammen mit den Bedrohungsstandorten auf der Karte eingezeichnet (siehe Figur 16, S. 33).

Figur 44: **Identifizierung anfälliger Elemente in San Pedro – Bolivien** (von der Dorfbevölkerung gezeichnet)

BA2 Wann und wie oft sind Erosionsereignisse zu erwarten? Jahreszeiten? Zyklen? Frequenzen? Mit welcher Intensität und mit welcher Dauer (= Ausmaß/Stärke)? Schäden in der Vergangenheit? *(Zeitliche und dimensionale Analyse)*

Das Ausmaß der Bodenerosion wird hauptsächlich durch einzelne, extreme Niederschlagsereignisse bestimmt. Aufgrund dieser von einander isolierten Einzelniederschlagsereignisse, mit stark variierenden Ausgangsbedingungen, lassen sich trotz großen Beobachtungsaufwandes (Messung, Kartierung, etc.) jeweils nur die von den örtlichen Bedingungen abhängigen Bodenerosionsereignisse ermitteln. Eine detaillierte Kenntnis und Analyse der die Erosion beeinflussenden Bedrohungsfaktoren (Niederschläge, aktuelle Landnutzung, Infiltrationsfähigkeit des Bodens, Hangneigung, Form der Wassereinzugsgebiete) ist notwendig, um die verschiedenen Stärken mit ihren Eintrittswahrscheinlichkeiten sowie Trends und Tendenzen einschätzen zu können. Wie dies auf einer Karte dargestellt werden kann, zeigt Figur 15 (S. 32), wo auch das Vorgehen genauer beschrieben wird.

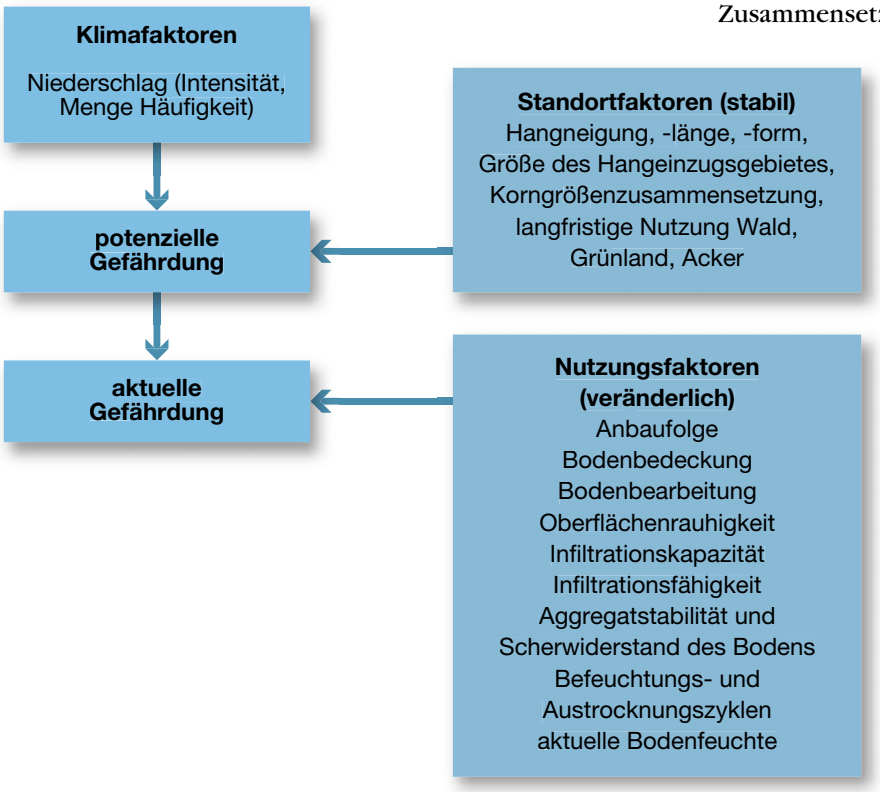
Bei der Erosion ist vor allem die Intensität entscheidend, welche meist in Tonnen pro Hektar und Jahr an-

gegeben wird. Aufgrund von historischen Aufzeichnungen und Luftbildern lässt sich das Ausmaß der Erosion grob abschätzen, aber wohl kaum in Zahlen fassen. Am besten wird es mit vorhandenen Formeln (USLE/MUSLE) eingeschätzt, oder mit Hilfe von Modellen, Modellierungen und Simulationen berechnet (siehe Anlage 6).

Faktoren zur Berechnung der Erosion

Im Folgenden werden die die Erosion beeinflussenden Faktoren dargestellt. Wie in Figur 45 zu sehen, werden die Faktoren in nicht beeinflussbare Klimafaktoren, kaum beeinflussbare stabile Faktoren und gut beeinflussbare Faktoren unterteilt. Die dargestellte Grafik geht bereits über eine reine potenzielle Gefährdungsanalyse hinaus. Dies macht insofern Sinn, da die wirklich stattfindende Erosion nur unter Miteinbeziehung der durch Menschen beeinflussten Rahmenfaktoren bestimmt werden kann. Im Anschluss an die Grafik wird auch die Bedeutung der einzelnen Faktoren genauer betrachtet, um ein Gefühl dafür zu vermitteln, welche Rolle sie spielen.

Figur 45: **Faktorenkomplex Wassererosion**[26]



Die potenzielle Erosionsgefahr ist in den Tropen und Subtropen außerordentlich groß, was in erster Linie auf die Klimaverhältnisse zurückzuführen ist: Wechsel von feuchten und trockenen Jahreszeiten, Starkniederschläge, Stürme. Solange der Boden durch Vegetation geschützt ist, besteht keine Gefahr, doch nach unter Kulturnahme und bei offen gelassenen Böden erreicht die Erosion durchschnittlich viel höhere Werte als in gemäßigten Klimazonen.

Bedrohungsfaktoren

Klima:

Niederschläge: dabei vor allem Intensität, sowie die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge (kritische Regenfälle) – nähere Ausführungen zu Niederschlägen und Niederschlagsvariabilität unter dem Beispiel der Überschwemmungen.

Gestein und Boden:

Die Anfälligkeit von Böden gegenüber erosiven Kräften wird als Erodierbarkeit bezeichnet. Für die Erodierbarkeit spielen folgende Faktoren eine Rolle: Bodenart, Bodengefüge, Bodenstruktur, Wasseraufnahmefähigkeit, Porenvolumen, Lagerbeständigkeit, Schichtungen des Bodens und deren Neigungswinkel und die Rauhigkeit der Oberfläche; die Widerstandskraft des Bodens gegen Erosion hängt vor allem auch von Zusammensetzung, Verkittung und Aufbau der Kolloide ab. Dabei ist es schwer, bestimmte Faktoren als besonders entscheidend hervorzuheben. Am wichtigsten sind die Textur und die Struktur. Im Hinblick auf die Bodentextur sind Böden, die eine ausgeglichene Korngrößenverteilung besitzen, am wenigsten anfällig, da sie in der Regel wasserdurchlässig sind und erosionsstabile Aggregate bilden.

Allgemein kann festgestellt werden, dass ein Boden umso erosionsanfälliger gegenüber Wassererosion ist,

- je höher der Schluff- plus Feinsandteil,
- je geringer der Tongehalt,
- je geringer der Humusgehalt,
- je gröber die Aggregate und
- je geringer die Wasserdurchlässigkeit ist.

[26] aus: Buchwald, K. und W. Engelhardt (Hrsg.) (1999): Schutz des Bodens. – Umweltschutz – Grundlagen und Praxis Band 4. Economica Verlag

Relief
Wassererosion tritt vor allem an Hängen auf. Wobei die mathematische Beziehung zwischen Hangneigung und Wassererosion nicht linear, sondern exponentiell verläuft. Des Weiteren ist die Länge eines Hangs entscheidend, da sich mit der Länge auch die Abflussmenge verändert. Auch zwischen Hanglänge und Erosion besteht ein exponentieller Zusammenhang.

Vegetation
Die Pflanzendecke schützt den Boden vor Wind und Niederschlag und verringert zudem den Oberflächenabfluss und festigt den Boden mechanisch durch ihre Wurzeln. Die Zufuhr von organischer Substanz ermöglicht zudem die Humusbildung, die die Bildung einer stabilen Bodenstruktur begünstigt. Aufgrund dieser Eigenschaften kann die Vegetation als wichtiger erosionsbeeinflussender Einzelfaktor bezeichnet werden.

Berechnung
Da das Ausmaß der Bodenerosion im Lauf des Jahres stark schwanken kann, wurden Modelle entwickelt, die die Zusammenhänge der Bodenerosion erfassen und damit zu einem verbesserten Verständnis sowie Prognosemöglichkeiten führen sollten. In der Praxis werden meist einfach anwendbare, empirische Verfahren wie USLE (Universal Soil Loss Equation)/ABAG (Allgemeine Bodenabtragsgleichung) zur Abschätzung verwendet. Um die Vorteile physikalisch begründeter Prozessmodelle für das Flächenmanagement in »Problemgebieten« nutzen zu können, bedarf es der Auswahl von Vorrangflächen, um die benötigten Daten gezielt zu erheben und die Kosten/Nutzen-Relation bei der Überprüfung der Simulationsergebnisse durch Kartierung und Messung zu verbessern. Die verschiedenen Verfahren und eine kritische Betrachtung werden in der Anlage dargestellt.

Die zukünftige Entwicklung der Erosion zu untersuchen, entspricht einer Prognose. Dabei können (mit der obigen Einschränkung) auch die Erfahrungen der Bauern benutzt werden, die über Veränderungen der letzten Jahre Auskünfte geben können.

Darstellung der Erosion

Zur Darstellung der Erosion bieten sich die jährlichen Durchschnittswerte an. Zwar findet Erosion unter plötzlichen Starkregenereignissen verstärkt auf, doch ist es meist das langfristige Mittel, welches den größten Einfluss auf die Verringerung der Bodenqualität oder die Sedimentierung von Gewässern hat (dazu siehe Figur 18, S. 36).

Deshalb hat die Kombination von Ausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit von Erosionsereignissen zur Bestimmung des Risikos hier wenig Aussagekraft.

AA1 Welche Auswirkungen hat die Erosion auf die anfälligen Elemente?

Es gibt „Onsite"- und „Offsite"-Wirkungen der Erosion. Onsite-Wirkungen sind die Auswirkungen der Erosion auf den Flächen, auf denen die Erosion stattfindet, wie den Ackerflächen mit Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit oder den Flussläufen mit der möglichen Destabilisierung von Straßen bei Unterspülungen durch den Fluss. Offsite-Wirkungen treten dort auf, wo das durch die Erosion verlagerte Material wieder abgelagert wird (Sedimentierung von Flüssen) oder wenn es durch Erosion zur Verschmutzung des Trinkwassers mit Pestiziden kommt (welche zusammen mit dem Boden in die Flussläufe gelangen können).

Langfristig gesehen muss das Ausmaß der Erosion auf jeden Fall unterhalb der Rate der Bodenneubildung bleiben (wobei die Bodenneubildung durchaus auch durch Aufbringen von Bodenmaterial oder Dünger unterstützt werden kann). Auch hierbei nehmen unterschiedliche Bevölkerungsgruppen die Auswirkungen der Erosion unterschiedlich wahr; zum Beispiel je nachdem, welche Möglichkeiten sie haben, den Verlust fruchtbarer Erde durch andere Produktionsmittel wieder wett zu machen, oder im Fall der Landwirtschaft, welche alternativen Einkommensmöglichkeiten sie besitzen.

Anfälligkeitsfaktoren und Indikatoren zur Bestimmung der Anfälligkeit

Im Folgenden werden die bei der Erosion zu berücksichtigenden Faktoren der Anfälligkeit betrachtet. Wie bereits im Unterkapitel bei Überschwemmungen erläutert, wird die Anfälligkeit zum Beispiel in die ökonomische, physische, soziale und Umweltdimension unterteilt. Dabei werden entweder die durch die Erosion gefährdeten Elemente (z.B. Ackerflächen) oder die Faktoren, welche die Anfälligkeit beeinflussen, betrachtet; z.B. indem sie die Fähigkeit der Menschen mit der Bedrohung umzugehen beeinflussen, wie Bildung oder Zugang zu Informationen.

1) Ökonomische Dimension der Anfälligkeit

Hier wird untersucht, in wie weit die ökonomische Situation der Betroffenen durch die Erosion beeinflusst wird. Bei der Erosion geht es hierbei um die Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktions-

basis und in Ausnahmefällen auch um die Auswirkungen der Zerstörung von Basisinfrastruktur. Wie wichtig sind die hierbei gefährdeten Elemente für die wirtschaftliche Lage der Betroffenen?

Basisinfrastruktur am Beispiel Straßen

Wie wichtig sind die bedrohten Straßen, z.B. für den Transport? Gibt es Ausweichmöglichkeiten auf andere Straßen? Oder auf die Schiene oder Flüsse?

Landwirtschaftliche Produktionsbasis

Welche Bedeutung hat die landwirtschaftliche Produktion für das Gesamteinkommen (Einkommensdiversität)? Gibt es andere Einnahmequellen?

2) Physische Faktoren der Anfälligkeit

Hierbei geht es darum zu untersuchen, inwiefern die Elemente anfällig gegenüber Erosion sind; also die Anfälligkeit der physischen Elemente (Gebäude, Straßen, Infrastruktur).

Auswirkungen auf die Anfälligkeit hat dabei die Lage der Elemente, also die Nähe zur Bedrohung sowie die Widerstandsfähigkeit der Elemente. Mögliche Indikatoren: nicht adäquater Wegebau (keine Drainage, Befestigung) oder die nicht adäquate Befestigung von Terrassen.

3) Soziale Dimension

Hierbei geht es um die Art und Weise, wie die Gesellschaft und die gesellschaftliche Organisation die Anfälligkeit beeinflusst. Betrachtet werden können dabei zum Beispiel die soziale Stabilität, der Gesundheitszustand und der Bildungsstand.

Dieser Teil der Anfälligkeitsanalyse ist wohl am schwersten fassbar. Als Indikatoren, um die soziale Dimension abzuschätzen, bieten sich *zum Beispiel* an:

- Machtverhältnisse, Nutzungsrechte
- Bürgerbeteiligung an Landnutzungsplänen
- Schulbesuchsdauer und Abschlussquoten; Lese- und Schreibkenntnisse
- Zugang zu Informationen
- Kindersterblichkeit, Zugang zu Basisversorgung
- Besitzstruktur

Beispiele: Eine hohe Kindersterblichkeit und schlechter Zugang zur Basisinfrastruktur sind Hinweise auf eine unzureichende Gesundheitsversorgung. Eine Bevölkerung, die keinen guten Gesundheitszustand hat, wird wiederum weniger Energie aufbringen, um sich um Erosionsschutz zu kümmern und auch in anderen Bereichen nicht so leistungsfähig sein.

Besitzstruktur: Wirtschaften die Bauern nur auf gepachteten Flächen oder gar auf Flächen mit nur unklaren Besitzverhältnissen werden sie weniger Bereitschaft zeigen, in Erosionsschutz zu investieren, als auf Flächen die ihnen selbst gehören.

4) Umweltdimension

Hierbei werden Vegetation, Boden und Wasser und deren Nutzung betrachtet.

Auf landwirtschaftlichen Produktionsflächen geht es um die Art der Nutzungssysteme (Monokulturen) und Kulturpraktiken (z.B. Terrassenbau) und deren Auswirkungen auf die Anfälligkeit gegenüber der Erosion. Monokulturen, vor allem von Mais, besitzen eine hohe Anfälligkeit gegenüber der Erosion. Terrassenanbau verringert die Erosionsgefahr. Betrachtet werden kann zudem der Grad der Bodenbedeckung, vorhandene Vorsorge- und Schutzinfrastruktur (Baumpflanzungen, etc.) und raumplanerische Maßnahmen wie zum Beispiel die Unterteilung in viele kleine Flächen mit Schutzhecken dazwischen, welche die Erosion verringern.

Selbstschutzfähigkeit

Die Untersuchung der Selbstschutzfähigkeit ist hier in der Analyse enthalten, da ständiger „Schutz“ bzw. adäquate Landnutzung notwendig ist, um Erosion zu verhindern bzw. zu verringern. Um in der Landwirtschaft Erosion zu verhindern, können Terrassen angelegt, Erosionsschutzmauern gebaut oder Hecken gepflanzt werden. Frühwarnung wie etwa bei Überschwemmungen ist weniger wichtig, da nur eine langfristige Planung Erosionserscheinungen wirklich verhindern kann.

Im Hinblick auf die Landwirtschaft als bedrohtem Element in einer Anfälligkeitsanalyse stellen sich unter anderem folgende Fragen:

a) *Art der Nutzungssysteme:* Begünstigen die Nutzungssysteme (Rotation, Mischkulturen, Monokulturen, Bodenbearbeitungspraktiken, Technologie) die Anfälligkeit der Landwirtschaft gegenüber der Erosion?
b) *Besitzen die Bauern die Möglichkeit, den Verlust fruchtbarer Erde durch Dünger etc.* wieder wett zu machen?
c) *Diversität der Einkommensquellen:* Ist der Produzent/die betroffene lokale Bevölkerung nur von der Landwirtschaft abhängig oder haben sie andere Einkommensquellen? Welche?

Wie auch bei der Überschwemmung, ist es sinnvoll, die Auswirkungen von Starkregenereignissen im Zusam-

menhang des Zeitpunkts ihres Auftretens zu betrachten (siehe Figur 28, S. 47). Fallen Niederschlagsereignisse stets mit den Monaten der dichtesten Vegetationsbedeckung zusammen, verringert dies die Gefahr der Erosion. Vor allem in Gebieten mit ausgeprägten Trockenzeiten führen die einsetzenden Niederschläge bei einer geringen Vegetationsbedeckung jedoch schnell zu ausgeprägter Erosion.

AA1 Bewertung der Anfälligkeiten

Neben den Methoden zur Einschätzung der „physischen Anfälligkeit", also der Quantifizierung der erwarteten Schäden an Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen, gibt es eine Vielzahl von Einzeluntersuchungen zu Anfälligkeiten, bei denen die dabei benutzte Methode nach Bedarf entwickelt wurde, und die v.a. den sozialen Bereich untersuchen.

Die durch Erosion besonders beeinflussten Elemente sind: landwirtschaftliche Produktionsflächen und Infrastruktur.

Bei landwirtschaftlichen Produktionsflächen ist auch zu untersuchen, wie stark die Bodenfruchtbarkeit mit der Bodentiefe abnimmt. Mit Hilfe der oben aufgeführten Methoden kann das Ausmaß der Erosion abgeschätzt werden; nun gilt es aufgrund der Abnahme der Bodenfruchtbarkeit mit der Tiefe abzuschätzen, welchen Einfluss die Erosion auf die Bodenfruchtbarkeit hat. In den Tropen, in denen aufgrund starker Regenfälle die Bodenfruchtbarkeit manchmal sogar mit der Tiefe zunimmt, kann sich eine leichte Erosion manchmal durchaus als positiv erweisen.

Besonders negative Auswirkungen kann Bodenerosion dagegen haben, wenn sie auf stark durch Pestizide belasteten Böden stattfindet, da es dadurch zu Gewässerbelastung kommen kann.

Die sozialen Aspekte der Anfälligkeit werden hier nicht vertieft. Sie werden sehr oft mit Hilfe des Instruments des „Sustainable Livelihood Approach SLA" untersucht. Der SLA ist ein auf der Haushaltsebene erprobtes Instrument, das für größere Regionen deshalb nur begrenzt in Frage kommt. Es wird in Anlage 2 detailliert dargestellt.

RA1 Bewertung und Darstellung der Risiken

Verschiedene Arten der Risikobewertung und Darstellung wurden im Abschnitt über die Überschwemmungen dargestellt. Bei der Erosion kann das Risiko am besten durch die erwarteten Produktionsverluste bewertet werden.

Als wichtigstes Werkzeug der Risikoanalyse wird die Risikokarte betrachtet, auf der die Ergebnisse sowohl der Bedrohungs- als auch der Anfälligkeitsanalyse dargestellt sind. Zudem bietet es sich an, Problembäume zu erstellen, welche die Zusammenhänge verschiedener Faktoren (Ursache und Wirkungen) sowie den Prozesscharakter aufzeigen.

RA2 Was sollte geändert werden? Was kann geändert werden? Gesetze, Normen, Institutionen? Strategien? Pläne?

Nachdem in den vorangegangenen Schritten eine Analyse der Situation stattgefunden hat, gilt es in einem letzten Schritt zu bewerten und zu identifizieren, wo eingegriffen werden kann und sollte.

Gilt es auf einem Hang die Erosion zu verhindern, ist dies nur sinnvoll möglich, wenn alle auf diesem Hang anzutreffenden Interessensgruppen bereit sind mitzuhelfen. Diese Bereitschaft gilt es zuerst zu untersuchen, bevor mit der Planung von Erosionsschutzmaßnahmen begonnen wird. Die Unterlieger an einem Hang sind davon abhängig, dass auch die über ihnen wirtschaftenden Bauern den Wasserfluss abfangen oder verteilen, da sie sonst am Unterhang mit zu großer Wucht durch das Wasser getroffen werden.

Um eine sinnvolle Strategie zu entwickeln, kann zum Beispiel mit Hilfe eines „Paarweisen Rankings" die Bedeutung verschiedener Faktoren dargestellt und somit Ansatzpunkte entwickelt werden, um Lösungen zu finden.

Figur 46: **Die Methode des „Paarweisen Rankings“ (Rangfolgenbildung)**

Beim Paarweisen Ranking handelt es sich um eine Methode, mit der eine Anzahl von „Dingen“ in eine Rangfolge gebracht werden kann. Dabei kann es sich zum Beispiel um Probleme oder Möglichkeiten handeln.
Hat die Risikoanalyse zur Erosion ergeben, dass es fünf Möglichkeiten gibt sie einzudämmen, kann mit Hilfe der Matrix entschieden werden, welche von diesen als die beste angesehen wird.
Die folgende Matrix dient dazu, die Ergebnisse des Vergleichs zwischen den verschiedenen Möglichkeiten darzustellen. Das blau markierte Kästchen stellt den Vergleich zwischen Möglichkeit 1 und Möglichkeit 2 dar. In unserem Beispiel wird Möglichkeit 2 als die bessere angesehen und deshalb in das Kästchen geschrieben.

	1			
2	**2**	2		
3			3	
4				4
5				

Beispiel:
Möglichkeit 1: Agroforstwirtschaft
Möglichkeit 2: Streifenanbau (Reis mit Soja in Streifen)
Möglichkeit 3: konventionelle Bodenbearbeitung
Möglichkeit 4: Infiltrationsgräben
Möglichkeit 5: Anbau in Reihen (Doppelreihen mit: Gras, Mango, Reis)

Auf diese Weise wird die gesamte Matrix gefüllt. Dabei werden die Entscheidungen von den Betroffenen gefällt. Hier sollte die Chance genutzt werden darüber zu diskutieren, welche Möglichkeit als die beste angesehen wird. So können die Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden vergegenwärtigt werden.

	1			
2	2	2		
3	1	2	3	
4	1	2	3	4
5	5	5	5	**5**

Eine fast vollständig gefüllte Matrix: Das blau gefüllte Kästchen kennzeichnet den gerade durchgeführten Vergleich der Möglichkeit 4 mit der Möglichkeit 5. Es soll angenommen werden, dass 5 als die bessere Möglichkeit angesehen wird und somit eine 5 in das Kästchen geschrieben wird.
Ist die Matrix gefüllt, wird gezählt, wie häufig jede Möglichkeit genannt wurde und dann die Rangfolge aufgestellt:

1. Rang: „5“ wurde viermal genannt	**Anbau in Reihen: Doppelreihen mit Gras, Mango, Reis**
2. Rang: „2“ wurde dreimal genannt	**Streifenanbau (Reis mit Soja in Streifen)**
3. Rang: „1“ wurde zweimal genannt	**Agroforstwirtschaft**
4. Rang: „3“ wurde einmal genannt	**konventionelle Bodenbearbeitung**
5. Rang: „4“ nie genannt	**Infiltrationsgräben**

Im Laufe der Diskussion sollte dabei nicht nur die Rangfolge entwickelt, sondern auch die Gründe für diese Rangfolge klarer geworden sein.
Nicht berücksichtigt wird bei dieser Methode die mögliche komplementäre Wirkung (positiv oder negativ) unter den verschiedenen Maßnahmen. Es wird von der Unabhängigkeit jeder einzelnen Maßnahme von der anderen ausgegangen.

8 Ausblick

Die Erarbeitung der vorliegenden Handreichung basierte auf der Zusammenarbeit mit MitarbeiterInnen der GTZ-Eschborn, insbesondere vom Kompetenzfeld „Internationale Zusammenarbeit im Kontext von Konflikten und Katastrophen“, dem Sektorvorhaben „Katastrophenvorsorge“ und verschiedenen Projekten der internationalen, v.a. der deutschen Entwicklungszusammenarbeit in den Partnerländern Lateinamerikas, Afrikas und Asiens. Diese Handreichung ist Teil eines Diskussionsprozesses, der schon vor einigen Jahren begann und der auch in Zukunft weitergehen wird.

Mit dieser Handreichung ist eine Plattform geschaffen worden, auf deren Basis der Diskussionsprozess zu Methoden und Techniken der Risikoanalyse im Rahmen des Katastrophenrisikomanagements in der EZ weitergeführt wird. Die Handreichung soll Anlass zu Diskussion, Kritik, Fragen und Zweifeln geben, durch die neue Impulse für die Weiterentwicklung des Instruments Risikoanalyse gegeben werden.

Dabei ist besonders wichtig, dass sich die Projekte und Programme mit ihren konkreten Erfahrungen vor Ort an der Diskussion und am Austausch der unterschiedlichen Erfahrungen beteiligen. Erste Erfahrungen aus der Praxis von TZ-Projekten wurden auf den Workshops in Piura-Peru (3.–5.6.2003) und Cochabamba-Bolivien (22.–23.9.03)[27] vermittelt und diskutiert. Dabei haben sich einige wichtige Kernthemen herauskristallisiert, die in der Zukunft prioritär vertieft und entwickelt werden sollen. Dazu gehört z.B. die Erarbeitung von Anfälligkeitsindikatoren, um u.a. die Wirkung der KV-Maßnahmen in den Projekten bewerten zu können. Ein weiteres prioritäres Thema ist die horizontale und vertikale Verknüpfung des KRM mit anderen Planungen und Entwicklungsstrategien.

Aufgrund der wachsenden Wichtigkeit des Katastrophenrisikomanagemnts (KRM) als Querschnittsaufgabe der EZ hat das BMZ die GTZ mit dem Sektorvorhaben „Katastrophenvorsorge“ beauftragt, das im Oktober 2003 seine Arbeit aufnahm, um u.a. die für eine effiziente Katastrophenvorsorge notwendigen Instrumente und Methoden zu entwickeln und die Diskussion mit den Projekten zu begleiten und zu unterstützen.

Speziell zur Risikoanalyse auf der konkreten Arbeits- und Umsetzungsebene gibt es weiterhin viele Fragen und Diskussionsbedarf aus den Projekten. Das Sektorvorhaben versteht sich als Ansprechpartner für die offenen Fragen, unterstützt und begleitet gerne zukünftige Initiativen, Workshops und Projektideen, koordiniert die Hinterlegung der geplanten und zukünftigen Produkte zum Thema und ist an einem intensiven strukturierten Dialog mit den Projekten und Programmen interessiert.

[27] Zu den entsprechenden Workshop-Berichten siehe Anhang 9a). Sie können in der GTZ-Eschborn nachgefragt werden (disaster-reduction@gtz.de).

9 Empfehlenswerte Literatur zur Risikoanalyse und Katastrophenvorsorge

In der GTZ-Eschborn sind die hier genannten 10 Anlagen (70 Seiten) und eine CD (Anlage 11) verfügbar (disaster-reduction@gtz.de).

In der GTZ verfügbare Anlagen zur Handreichung:

1) Fernerkundung und Geographische Informationssysteme im Katastrophenmanagement (14 S.)
2) Der „Sustainable Livelihood Approach“ SLA (Analyse-Ansatz auf Haushaltsebene) (10 S.)
3) ENSO – El Niño Southern Oscillation (4 S.)
4) Soil and Water Assessment Tool (SWAT) (3 S.)
5) Das Frühwarnsystem NAXOS-Praedict für Hochwasserschutz (4 S.)
6) Methoden zur Erfassung der Erosion (USLE, etc.) (6 S.)
7) Vorgehen nach NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (4 S.)
8) Aufgaben und Aktivitäten bei der Durchführung der Risikoanalyse (4 S.)
9) Ausgewählte Organisationen und Kontaktpersonen zur Risikoanalyse (13 S.)
10) Risikoanalyse – Methode zur Vergabe von Relativwerten (MVR) am Beispiel von Hangrutschungen, PGRSAP-GTZ-Wachholtz Survey Ltda, 2003 (7 S.);
11) Interaktive CD-ROM „Digitaler Informationspool zu Naturkatastrophen und Katastrophenvorsorge“.

Als **weiterführende Literatur** werden folgende Dokumente empfohlen:

Deutsch

Breburda, J. (1983): Bodenerosion Bodenerhaltung. Frankfurt a.M.

Buchwald, K. W. Engelhardt (Hrsg.) (1999): Schutz des Bodens. Umweltschutz – Grundlagen und Praxis

Eikenberg, Christian (2002): Journalisten-Handbuch zum Katastrophenmanagement.

GTZ (2001): **Arbeitskonzept „Katastrophenvorsorge“**. Eschborn.

Plate, E. J.; B. Merz (2001): Naturkatastrophen: Ursachen, Auswirkungen, Vorsorge.

ZENEB (2002): Bericht zum deutschen Beitrag für den World Vulnerability Report des United Nations Development Programme.

Englisch

Blaikie, P.; T. Cannon; I. Davis; B. Wisner (1994): At Risk - natural hazards, people's vulnerability and disasters, Routledge.

Bohle, H. G.; T. E. Downing; M. J. Watts (1994): Climate change and vulnerability: towards a sociology and geography of food insecurity. Global Environmental Change 3. 37–48.

Cutter, S. L. (1996): Vulnerability to environmental hazards. Progress in Human Geography, No. 20. 529–539.

FEMA (2000): Guidelines for determining flood hazards on alluvial fans. Federal Emergency Management Administration (FEMA), USA. http://www.fema.gov/

GTZ (2002): **Working Concept "Disaster Risk Management"**, Eschborn.

Hewitt, K. (1997): Regions of risk. A geographical introduction to disasters.

Jayaraman, V., et al (1997): Managing the Natural Disasters from Space Technology Inputs, Acta Astronautica Vol. 40, No. 2–8, 291–325.

Kasperson, J. X.; R. E. Kasperson und BL Turner II (Hrsg.) (1995): Regions at risk: Comparison of threatened environments. Tokyo, New York

Cannon, T. (2000): Vulnerability Analysis and Disasters. In: DJ Parker (ed.) Floods, Routledge.

Kasturirangan, K., et al (1995): The Role of Space Technology in Developing National Assessment of Risks from Natural Hazards, UN/IAF Symp. September 28 - October 1, Oslo.

IFRC (1999): Vulnerability and Capacity Assessments, Geneva.

ISDR (2002): Living with Risk - A global review of disaster reduction initiatives. Preliminary version. http://www.unisdr.org/unisdr/Globalreport.htm

Lewis, J. (1999): Development in Disaster-prone places: Studies of vulnerability. Intermediate technology Publications.

Maskrey, A. (1989): Vulnerability and Mitigation, La Red.

Morrow, B. H. (1999): Identifying and Mapping Community Vulnerability. Disasters 23, 1. 1–18

Pearce, L. D. R. (2000): An Integrated Approach for Community Hazard, Impact, Risk and Vulnerability Analysis: HIRV, University of Bitish Columbia, Vancouver.

Pischke, F. (2003): Traditional risk prediction and prevention strategies in the San Pedro catchment area, Potosi – Bolivia, Brandenburgische Technische Universität Cottbus.

Rao, U. R. (1989): Space and drough management, Proc.IAF Congress, Bangalore (Indien).

Red Cross (1996): Reducing Risk.

Red Cross (2002): World Disasters Report 2002.

Ribot, J. C., A. R. Magalhaes; S. S. Panagides (Hrsg.) (1996): Climate variability, climate change and social vulnerability in the semiarid tropics. Cambridge University Press, Cambridge.

Roderiguez, C. R.; U. R. Rao (1994): Space and disater warning in developing countries, space safety and rescue, AAS Publication, 84, 167.

Roose, E.J. (1977): Application of the USLE of Wischmeier and Smith in West Africa; in: Greenland and LAL (editors): Soil conservation and management in the humid tropics. Chichester.

Smith, K. (2001): Environmental Hazards - Assessing risk and reducing disasters, Routledge.

Thiruvengadachari, S. (1988): Space and drough management, Proc. IAF Congress, Bangalore (Indien).

UNDRO-DMTP: Vulnerability and Risk Assessment - Trainer's Guide/Training module.

United Nations (1999): Regional Cooperation in the Twenty-First Century on Flood Control and Management in Asia and the Pacific.

Van Dillen, S. (2001): A Measure of Vulnerability. Geographica Helvetica 57/1. 64–70.

Wisner, Ben (2001): Vulnerability in Disaster Theory and Practice: From Soup to Taxonomy, then to Analysis and finally Tool.

Wisner, B. (1993): Disaster vulnerability-Geographical scale and existential reality. In Bohle, H.-G. (ed) Worlds of pain and hunger: geographical perspectives on disaster vulnerability and food security: 3rd International famine workshop: Selected papers. Saarbrucken, Breitenbach.

World Bank (2000): Managing disaster risk in emerging economies.

Zschau, J.; A. N. Küppers (2003): Early Warning Systems for Natural Disaster Reduction.

Spanisch

Blaikie, P.; T. Cannon; I. Davis; B. Wisner (1996): Vulnerabilidad - El Entorno Social, Politico y Economico de los Desastres.

Chuquisengo, O.; L. Gamarra (2001): Propuesta metodológica para la gestión local de riesgos de desastre - Una experiencia, ITDG. Lima.

Cardona, O. D. (1993): Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo en: Los desastres no son naturales, A. Maskrey (compilador). LA RED, Tercer Mundo Editores, Bogotá. www.desenredando.org

COSUDE (2002): Análisis y gestión de riesgos naturales. Edisa. Managua.

COSUDE-AMUNIC (2002): Instrumentos de apoyo

para el análisis y gestión de riesgos naturales en el ámbito municipal de Nicaragua. EDISA. Managua.

Garzón, J. L. (2001): Evaluación de Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa - Guia Metodologica, Ingeominas. Bogotá.

GTZ (2002): **Concepto de trabajo „Gestión de Riesgo“**, Eschborn.

GTZ (2003): „Katastrophenvorsorge und Ernährungssicherung im Wassereinzugsgebiet San Pedro-NP-Bolivia“, Memoria del Taller „Los indicadores de la vulnerabilidad en la gestión de riesgo“, Cochabamba-Bolivia.

GTZ (2003): Informedel seminario taller „Revisión y Valoración de Experiencias en Análisis de Riesgo“, Piura – Perú.

INGEOMINAS-CVC-Ed (2001): Evaluación del Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa - Guía Metodológica, Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, Colombia.

Kiesel, C. (2001): Guia para la Gestión del Riesgo - en proyectos de desarrollo rural.

Lavell, A.; E. Franco (1996): Estado, Sociedad y Gestión de los Desastres en América Latina.

Maskrey, A. (1996): Terremotos en el Tropico Humedo.

Vargas, G. (1999): Gíua Técnica para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa, Proyecto Río Guatiquia - GTZ, Villavicencio-Colombia.

Wilches-Chaux, G.; S. Wilches-Castro (2001): Ni de Riesgos, FOREC, Bogotá.

Kontakt:

Dr. Christina Bollin
Sektorvorhaben „Katastrophenvorsorge in der Entwicklungszusammenarbeit“
E-Mail: disaster-reduction@gtz.de
Internet: http://www.gtz.de/disaster-reduction

Thomas Schaef
Kompetenzfeld „Internationale Zusammenarbeit im Kontext von Konflikten und Katastrophen“
E-Mail: thomas.schaef@gtz.de

Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Dag-Hammarskjöld-Weg 1–5
Postfach 5180
65726 Eschborn

Im Auftrag des:

Bundesministerium für
wirtschaftliche Zusammenarbeit
und Entwicklung

Deutsche Entwicklungspolitik