

Wirkung nachhaltiger Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen auf Ernährungssicherheit und Resilienz in ländlichen Räumen des Sahel

Eine qualitative und quantitative Analyse

Juli 2013

Vorgelegt durch

Martin Sulser

Köln

Kurzzusammenfassung

Ausgehend von den Konzepten der Resilienz und Vulnerabilität werden die gängigen Analyserahmen und Indikatoren von Resilienz in Hinblick auf ihre Anwendbarkeit im entwicklungspolitischen Kontext diskutiert.

Der zweite Teil gibt eine Übersicht über die wesentlichen Phänomene der Desertifikation im Sahelraum und skizziert damit den Kontext, in dem die Programme zum nachhaltigen Management der natürlichen Ressourcen entwickelt wurden. Die Zielsetzungen und Wirkungsgefüge der Programme bilden den Ausgangspunkt für die Analysen der Wirkungen von 16 Einzelmaßnahmen zum Management der natürlichen Ressourcen im dritten Teil. Jede Maßnahme wird in Hinblick auf ihre spezifischen Beiträge zur Verbesserung der Resilienz bewertet.

Der 4. Teil widmet sich dem Nachweis der Steigerung der Resilienz durch die Programme zum Management der natürlichen Ressourcen. Die Wirksamkeit der Maßnahmen auf Ebene der Betriebe und der Haushalte sowie der Agrarökosysteme wird anhand der identifizierten Resilienzindikatoren diskutiert. Aus den Ergebnissen werden abschließend Empfehlungen abgeleitet.

Résumé

Pour introduire le sujet de la résilience, les concepts de base y relatifs sont expliqués et comparés avec ceux liés à la vulnérabilité. Les cadres d'analyse et les indicateurs de la résilience les plus indiqués sont discutés par rapport à leur utilité dans le contexte de la coopération au développement.

Le deuxième part résume les phénomènes essentiels liés à la désertification au Sahel et présente ainsi le contexte dans lequel les programmes de gestion des ressources naturelles ont été conçus. Les objectifs visés et les chaînes de résultats desdites programmes sont décrites au début du troisième part. Ensuite, les effets de seize (16) mesures de gestion des ressources naturelles sont analysés en détail. Pour chaque mesure est rendue visible, comment elle concourt d'améliorer la résilience.

Comment les programmes de gestion des ressources naturelles améliorent la résilience est évaluée dans le part 4. Les effets des mesures sont discutés au niveau des exploitations agricoles et des ménages ainsi que des systèmes agro-écologiques à l'aide des indicateurs identifiés de la résilience. Le dernier part contient les conclusions et les recommandations.

Inhaltsverzeichnis

Teil 1: Konzepte und Definitionen.....	5
Resilienz.....	5
Eine dynamische Betrachtung.....	5
Umgang mit Komplexität und kritische Prozesse.....	6
Übergänge und Grenzwerte.....	6
Anpassungsfähigkeit.....	7
Vulnerabilität.....	8
Operative Analyserahmen für Resilienz.....	10
DFID Analyserahmen.....	10
Der Analyserahmen von Resilienz nach FRASER et al.	11
Die Messung der Resilienz (Indikatoren).....	12
Bounce back.....	12
Inhärente Resilienz.....	13
Resilienz im Agrarökosystem.....	14
Definitionen von Resilienz.....	17
Teil 2: Desertifikation im Sahelraum.....	18
Ausdehnung der Ackerfläche und Reduktion des Weidegebiets.....	18
Erosionsproblematik.....	19
Degradation der natürlichen Vegetation.....	19
Verminderung der Bodenfruchtbarkeit.....	20
Teil 3: Erwartete und tatsächliche Wirkungen der NRM-Maßnahmen.....	21
Zielsetzungen der Programme.....	21
Wirkungen der Einzelmaßnahmen.....	23
(1) Vegetationsstreifen.....	25
(2) Steinreihen.....	26
(3) Mulchen (<i>Paillage</i>).....	28
(4) Pflanzmulden (<i>Zay, Tassa</i>).....	30
(5) Förderung der natürlichen Regeneration.....	31
(6) Sicheldämme.....	33
(7) Nardi-Pflugfurchen.....	34
(8) Kontourdämme.....	36
(9) Manuelle Gräben.....	37
(10) Steinwälle (<i>Digues filtrants</i>).....	38

(11) Dünenbefestigung.....	39
(12) Feuerschutzstreifen	40
(13) Mikro-Talsperren	41
(14) Kleinbewässerungsanlagen.....	44
(15) Lokale Nutzungsvereinbarungen	46
(16) Landnutzungsplanung.....	48
Teil 4: Erfolg der NRM-Maßnahmen im Lichte der Resilienzindikatoren.....	50
Nachweis der Förderung der Resilienz durch NRM-Programme	50
Nachweis der Resilienz auf Betriebs- und Haushaltsebene	51
Verhaltensbasierte Indikatoren.....	53
Teil 5: Schlussfolgerungen und Empfehlungen	57
Auswahl der NRM-Maßnahmen	57
Resilienz in der Wirkungsbeobachtung.....	58
Bedarf an evidenzbasierter Wirkungsinformation.....	59
Literatur.....	60
Annex II.....	66
Der Adaptationszyklus.....	66
Annex III.....	68
Verschränkte Systeme.....	68

Abkürzungsverzeichnis

AGETIP	Agence d'Exécution des Travaux d'Intérêt public contre le Sous-emploi; Entwicklungsagentur für öffentliche Bauprojekte z.B. in Mali, Senegal etc.
DFID	Departement für internationale Entwicklung der britischen Regierung
IRD	Institut de Recherche pour le Développement, französische Forschungseinrichtung
MEA	Millenium Ecosystem Assessment
NIGETIP	Agence nigérienne des Travaux d'intérêt public pour l'emploi, nigrische Entwicklungsagentur für öffentliche Bauprojekte
PASP	Projet Protection intégrée des Ressources agro-sylvo-pastorales dans le Département de Tillabéri-Nord, Niger
PATECORE	Projet d'Aménagement des Terroirs et Conservation des Ressources dans le Plateau Central, Burkina Faso

Verzeichnis der Übersichten

Tab. 1: Förderfaktoren für Anpassungsfähigkeit von Mensch-Umweltsystemen	7
Tab. 2: Mögliche Indikatoren für die Komponenten eines Resilienzmodells von Haushalten in Nahrungskrisen	13
Tab. 3: Verhaltensbasierte Indikatoren zur Prüfung der Resilienz von Agrarökosystemen	15
Tab. 4: Reaktionsmuster und Strategien im Umgang mit Veränderung auf Betriebsebene	16
Tab. 5: Wirkungsgefüge eines NRM-Programms bzw. einer NRM-Komponente	22
Tab. 6: NRM-Maßnahmen nach Managementebenen und deren direkte Wirkungen	24
Tab. 7: Ökologische Wirkungen von NRM Maßnahmen im Messbereich verhaltensbasierter Resilienzindikatoren	54
Tab. 8: Ökonomische Wirkungen von NRM Maßnahmen im Messbereich verhaltensbasierter Resilienzindikatoren	55
Tab. 9: Politische und institutionelle Wirkungen von NRM Maßnahmen im Messbereich verhaltensbasierter Resilienzindikatoren	56

Verzeichnis der Abbildungen

Graphik 1: Vulnerabilität als Funktion von Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität	8
Graphik 2: Vulnerabilität verbundener Mensch-Umweltsysteme	9
Graphik 3: Analyserahmen für Resilienz in Krisensituationen	10
Graphik 4: Analyserahmen für Resilienz nach Fraser et al.	11

Teil 1: Konzepte und Definitionen

Resilienz

Eine dynamische Betrachtung

Das Konzept der Resilienz stammt ursprünglich aus der Ökologie. Es beschreibt die Eigenschaften natürlicher Systeme und ihrer Dynamiken im Kontext kontinuierlicher Veränderungen und externer Krisen. Das Konzept der Resilienz wendet sich gegen die in den 70er und 80er Jahren vorherrschende Vorstellung von sich im Gleichgewicht befindlichen natürlichen Systemen (Holling 1973). Die Ursachen für die Ungleichgewichtssituationen wurden als außerhalb des Systems (Beeinträchtigungen) und als innerhalb des Systems (Systemzustand und Reaktionsmuster) liegend angenommen. Nach der Jahrtausendwende wurde zunehmend der menschliche Einfluss als systeminhärent verstanden und der zugrunde gelegte Systembegriff in Richtung von Mensch-Umweltsystemen¹ erweitert (Folke et al. 2002).

Bei der Definition des Resilienzbegriffs wurden grundsätzlich zwei Richtungen beschritten: Im Verständnis der ersten Richtung konzentrierte man sich zur Beschreibung der Resilienz auf die Systemwiederherstellung, das sog. ‚Bounce back‘ und die Geschwindigkeit bei der Erholung des Systems (Pimm 1984). Das Konzept der ‚Engineering resilience‘ (Hollnagel et al. 2006) betont diese Eigenschaft und misst sie anhand der Zeitspanne bis zur Wiedererlangung des Ausgangszustandes. In diesem Sinne erholt sich ein System von den Folgen einer Krise umso schneller, je resilienter es ist.

Die in der englischsprachigen Literatur mit ‚Recovery‘ oder „Coping capacity“ bezeichnete Eigenschaft ist gleichzusetzen mit der Bewältigungskapazität (Birkmann et al. 2011). Oftmals wird Resilienz auch mit der Robustheit oder Widerstandskraft (engl. ‚resistance‘) eines Systems gleichgesetzt. Analog zur ökologischen Pufferkapazität ist damit die Fähigkeit des Systems gemeint, unter dem Einfluss externer Schocks und Störungen zentrale Funktionen aufrechtzuerhalten.

In den Wirtschaftswissenschaften wird die Unterscheidung in inhärente und adaptive Resilienz vorgenommen, wobei die erste die dauerhaften Eigenschaften bezeichnet und die letztere die Fähigkeit beschreibt, im Störfall zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen (vgl. Rose 2009). Das Vorhandensein redundanter Strukturen zählt zur inhärenten, ein schnelles Reaktionsvermögen und die Verfügbarkeit zusätzlicher Ressourcen zur adaptiven Resilienz (vgl. Merz 2011). Die Einengung auf ein Verständnis des Resilienzbegriffs, das ausschließlich auf Robustheit und Bewältigungskapazität beruht, greift jedoch zu kurz. Wegen der zugrunde liegenden Gleichgewichtsvorstellung (Annahme stabiler Systeme, Rückkehr zum Ausgangszustand, vgl. Pimm 1984) kritisieren etliche Autoren (u. a. Folke 2006) eine derartige Einschränkung.

Die zweite Richtung untersucht, wie stark ein Mensch-Umweltsystem gestört werden kann, ohne dass seine grundlegenden Funktionen beeinträchtigt werden. Sie basiert auf einem dynamischen und nicht-linearen Verständnis der zugrundeliegenden Prozesse und bezieht die Lernfähigkeit des Systems als weitere Dimension von Resilienz mit ein. Demnach ist ein resilientes System in der Lage zu lernen. Der Begriff der Bewältigungskapazität wird durch den weiter gefassten Begriff der Anpassungsfähigkeit ersetzt; die sog. ‚Coping capacity‘ resp. ‚Adapting capacity‘ wird zur ‚Adaptability‘ erweitert. Bewältigungsstrategien unterscheiden sich dabei gegenüber Anpassungsstrategien in Hinblick auf die zeitliche Dimension: kurzfristige gegenüber längerfristigen Lösungen. Anpassungsstrategien implizieren zudem umfangreiche institutionelle Veränderungen hinsichtlich kultureller Normen, Routinen, etc. (Pelling 2011). Diesem sehr weitgefassten Begriffsverständnis folgend verfügt ein resilientes System oder eine

¹) In der vorliegenden Arbeit wird nicht auf die unterschiedliche Begrifflichkeit eingegangen, die unterschiedlichen Fachrichtungen/ Schulen zur Bezeichnung von Mensch-Umweltsystemen benutzen. Sowohl die ‚Social-ecological-systems‘ (SES) als auch die ‚Coupled humal-environment systems‘ (CHES) werden als Mensch-Umweltsysteme bezeichnet.

resiliente Gesellschaft über eine hohe Anpassungsfähigkeit und ist in der Lage, sich sowohl reaktiv als auch proaktiv an sich wandelnde Bedingungen anzupassen und mit Störungen umzugehen.

Umgang mit Komplexität und kritische Prozesse

Mensch-Umweltsysteme und ihre Dynamiken sind außerordentlich komplex. Bisher ist es trotz einer Vielzahl von Indikatoren nur unzureichend gelungen, das gesamte Mensch-Umweltsystem mit seiner Dynamik umfänglich abzubilden. Vorhersagen sind daher weiterhin mit einer großen Unsicherheit behaftet.

Zur Komplexitätsreduktion schlägt Roe vor, unterschiedliche, jeweils für eine bestimmte (fachliche oder operative) Perspektive relevante Teilmengen der Interaktion zu untersuchen. So werden über unterschiedliche Fachrichtungen und politische Perspektiven jeweils eigene Argumentationslinien für Teilmengen generiert (Roe 1998). In Bezug auf die Resilienz entsteht aus der Unterschiedlichkeit in den Definitionen und der Verwendung zentraler Begriffe allerdings eine zusätzliche Unübersichtlichkeit beim Versuch, die Perspektiven zu einem Gesamtbild zu kombinieren.

Eine weitere Möglichkeit mit Komplexität umzugehen, berücksichtigt, dass Komplexität bei lebenden Systemen wie Menschen und Natur nicht aus einer zufälligen Verbindung einer großen Anzahl interagierender Faktoren erwächst, sondern aus einem kleinen Satz an kontrollierenden Prozessen. Lebende Systeme sind selbstorganisierend; und ein kleiner Satz kritischer Prozesse erzeugt und erhält diese Selbstorganisation (Holling 2001, Gunderson und Holling 2002). Um diese Prozesse herum gruppieren sich andere Variablen mit ihren Auswirkungen, die so interessant und wichtig sie auch immer sein mögen, letztlich nur Beiwerk der kritischen Kontrollfaktoren oder Variablen sind.

Aus dieser Erkenntnis entwickelten Gunderson und Holling ein theoretisches Gerüst für das Verständnis dieser komplexen, dynamischen Systeme, das sich auf die Konzepte des Adaptationszyklus und der Verschränkung von Systemhierarchien (Panarchiekonzept) stützt². Diese Konzepte sind für die praktische Entwicklungszusammenarbeit allerdings zu wenig operationalisierbar, da die Identifizierung der kritischen Prozesse im Vorfeld eines Systemzusammenbruchs nicht geleistet werden kann (Carpenter et al 2001, Folke et al. 2002). Generell wird Resilienz durch Zusammenhänge und Dinge erzeugt, die nur sehr langsam wiederhergestellt werden können, wie beispielsweise der Vorrat an Nährstoffen im Boden, die Heterogenität der Ökotope in der Landschaft und die Vielfalt der genetischen Variationen und Arten (Ebd.).

Übergänge und Grenzwerte

Der Übergang in ein neues System („Transformation“) erweist sich bei der Untersuchung realer Systeme als Veränderung des Systemzustands und manifestiert sich durch unterschiedliche strukturelle und funktionelle Eigenschaften. Im veränderten Zustand werden andere Bündel von Ökosystem-Dienstleistungen bereitgestellt. Als Beispiel wird oftmals die Bestimmung eines Weidesystems durch die Mengen an Gras, an Büschen und an Vieh herangezogen. In dem derart definierten Zustandsraum erweisen sich gewisse Zonen als Gleichgewichtszustände, da dort das Verhältnis der Variablen besonders stabil ist (vgl. Walker et.al 2004).

Solche als Stabilitätslandschaft bezeichneten Modelle beinhalten oftmals mehrere Gleichgewichtszustände. Die Grenzen bzw. Übergänge zwischen den Gleichgewichtszuständen werden als Schwellenwerte („Thresholds“) gefasst, die Ausdehnung der unterschiedlichen Attraktionsbecken („Bassins of attraction“) als den Spielraum des jeweiligen Gleichgewichts und die Tiefe als dessen Widerstandskraft. Von den unterschiedlichen Gleichgewichtszuständen erscheinen einige als wünschenswert (viel Gras, wenige Büsche und viel Vieh) andere hingegen als nicht wünschenswert (wenig Gras, viele Büsche, wenig Vieh), wobei es schwer bis unmöglich sein kann, aus einer nicht wünschenswerten Situation in eine wünschenswerte zu wechseln.

²) Eine Darstellung der beiden Konzepte findet sich in Anhang 2 und Anhang 3.

In natürlichen Systemen kann als Resultat der Koevolution die Widerstandskraft durch den Aufbau starker negativer Feedback-Mechanismen in der Nähe zu Schwellenwerten verstärkt sein. Entsprechend sind in allen relativ neuen und damit nicht evolvierten Systemen, wie beispielsweise dem organisierten Fischfang und allen Agrarökosystemen, bisher noch keine derartigen Feedbacks ausgebildet, so dass die Wahrscheinlichkeit, Grenzwerte zu überschreiten sehr hoch ist. Für die Steuerung zwischen den verschiedenen Gleichgewichtszuständen ist es demnach entscheidend, die zugrunde liegenden Schlüsselprozesse zu verstehen.

Anpassungsfähigkeit

Die Verbindung von Anpassungsfähigkeit und Resilienz wird unterschiedlich interpretiert. Dabei wird die Anpassungsfähigkeit als Systemeigenschaft gesehen und entweder mit Resilienz bzw. sozialer Resilienz gleichgesetzt oder als deren Komponente aufgefasst. Walker et al (2004) verbinden mit Anpassungsfähigkeit spezifisch die Fähigkeit der Akteure in einem System, dessen Resilienz zu beeinflussen, d.h. die Lernfähigkeit im System. Dabei bleibt das Charakteristikum der nicht absichtlichen Selbstorganisation bei komplexen Systemen bestehen (Levin 1998). Obwohl die individuellen menschlichen Akteure absichtsvoll handeln, gilt dies nicht für das System als Ganzes.

Die Anpassungsfähigkeit von Mensch-Umweltsystemen ist nichtsdestotrotz weitgehend von der sozialen Komponente, d. h. dem menschlichen Einfluss dominiert, d.h. von den handelnden Individuen und Gruppen. Angewandt auf die Stabilitätslandschaften kann die Anpassung der Eigenregulation des Systems verschiedene Formen annehmen, indem erwünschte Gleichgewichtszustände ausgeweitet oder robuster gemacht werden, und indem unerwünschte verkleinert oder ganz ausgelöscht und neue geschaffen werden. Auch der Systemzustand kann verändert werden, indem er tiefer in ein erwünschtes Gleichgewicht oder näher an den Rand eines unerwünschten Gleichgewichts gebracht wird (Walker et al 2004).

Tab. 1: Förderfaktoren für Anpassungsfähigkeit von Mensch-Umweltsystemen

Mit Unsicherheit und Wandel leben lernen (Flexibilität fördern)	Störungen austesten
	Aus Krisen lernen
	Das Überraschende erwarten
Diversität in Hinblick auf Reorganisation und Erneuerung fördern	Das ökologische Gedächtnis fördern
	Das soziale Gedächtnis erhalten
	Das sozio-ökologische Gedächtnis erweitern
Unterschiedliche Arten von Wissen für das Lernen kombinieren	Wissen und Kenntnis verbinden
	Strukturkenntnis in Funktionskenntnis erweitern
	In Institutionen das Wissen um Prozesse aufbauen
	Die Komplementarität verschiedener Wissenssysteme unterstützen
Möglichkeiten der Selbstorganisation eröffnen	Das Zusammenspiel von Diversität und Störungen beachten
	Skalenübergreifende Dynamiken bearbeiten
	Gouvernanz- und Ökosystemdimensionen abstimmen
	Mit externen Kräften rechnen

Quelle: modifiziert nach Folke et al. 2003

Als spezifisch menschliche Fähigkeiten nennt Holling (2001) Voraussicht, Kommunikation und Technologie. Folke et al. (2003) identifizieren vier Schlüsselfaktoren, welche für die Interaktion von Mensch-Umweltsystemen mit externen Dynamiken und Wandel notwendig sind (vgl. Tabelle 1).

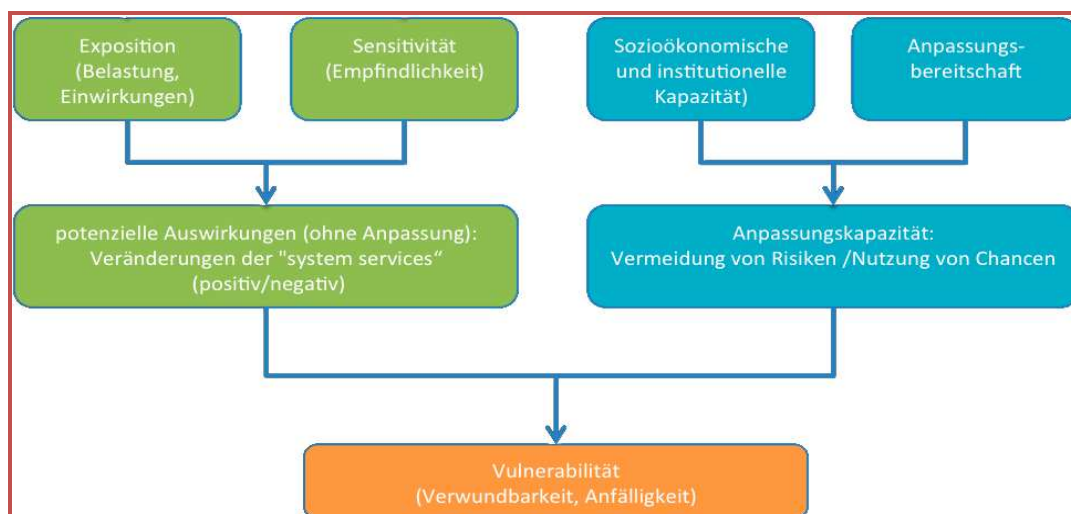
Darnhofer et al. (2009) diskutieren die ersten drei Faktoren für die Anpassungsfähigkeit von Agrarbetrieben als Teilbereichen von Agrarökosystemen. Dabei eröffnet eine Erhöhung der internen Flexibilität für Betriebe auch weitere Bewältigungsmöglichkeiten für externe Krisen, wobei die Arbeitsorganisation von besonderer Wichtigkeit ist. Diversität auf Ebene von ländlichen Haushalten umfasst sowohl landwirtschaftliche, als auch außerlandwirtschaftliche Aktivitäten. Die Vielfalt der Ressourcen im Agrarbetrieb beeinflusst die Art und Anzahl der Optionen bzw. der möglichen Projekte. Ein weiterer Ansatz der Diversität bezieht sich auf das funktionale Level. So können bestimmte Prozesse im Betrieb durch unterschiedliche technische Lösungen erreicht werden (Mineraldünger, Mist, Kompost, Brache). Für den Gesamtbetrieb bedeutet Multifunktionalität unterschiedliche Kombinationen hinsichtlich der Bedürfnisse des Haushalts und der Gesellschaft. In Bezug auf das Lernen unterstreichen Darnhofer et al. den Nutzen des Experimentierens und der Wirkungsbeobachtung. Dadurch kann sowohl ein besseres Verständnis der Systemdynamik, als auch die Erweiterung der Handlungsmöglichkeiten erreicht werden.

Die Anpassungsfähigkeit als grundlegendes Konzept verbindet die Fachdiskussionen über die Anpassung zum Klimawandel und zum Umweltschutz mit sozialwissenschaftlichen Forschungsfeldern zur Handlungssteuerung und Verhalten (Brown und Westaway 2011).

Vulnerabilität

Der Ursprung des Konzepts der Vulnerabilität (Verwundbarkeit) liegt in der Katastrophenforschung im Umgang mit Naturgefahren („Hazard“) in den 1970er Jahren. Im Kontext der Entwicklungszusammenarbeit reifte die Einsicht, dass Marginalität und Armut als Konzepte alleine nicht ausreichen, um Nahrungs- bzw. Überlebenskrisen zu erklären. Vulnerabilität wird seither als Kernkonzept in der Erforschung von Katastrophenrisiken, der Erforschung von Armut und Livelihoods, der Ernährungssicherung und dem Klimawandel angewandt (Miller et al 2010). Naturkatastrophen oder wirtschaftliche Unterentwicklung sind demnach nicht alleinverantwortlich für die Gefährdung der Lebensgrundlage. Ausdrücklich werden in diesem Verständnis Reaktionskapazitäten einbezogen, also das, was gesondert auch als ein Aspekt von Resilienz definiert werden kann (Christmann et al 2011; vgl. Graphik 1).

Graphik 1: Vulnerabilität als Funktion von Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität



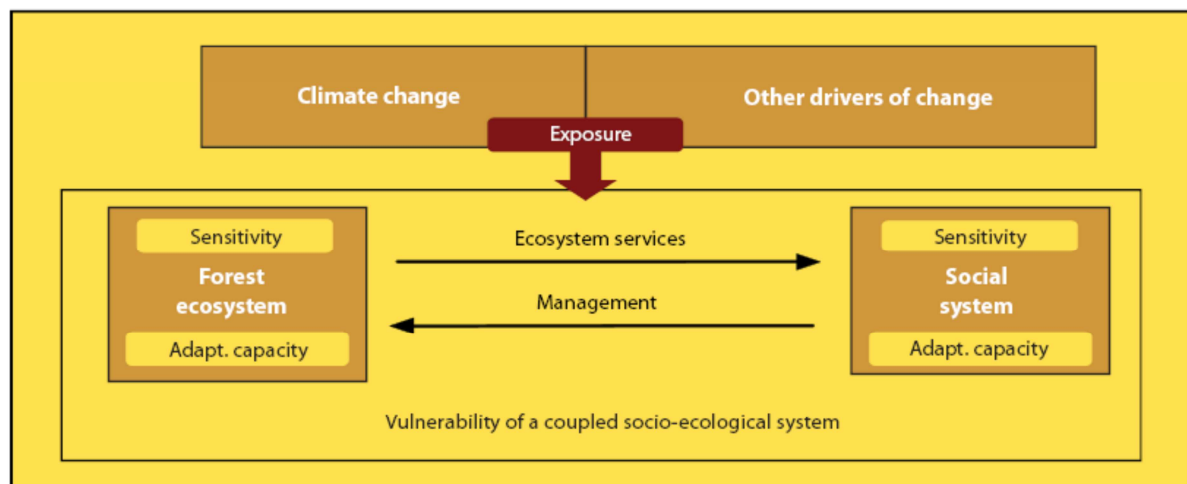
Quelle: modifiziert nach Schuchart und Wittig 2009

Unter Vulnerabilitätsansätzen werden primär sozialwissenschaftliche Analysekonzepte gefasst, die die Anfälligkeit von gesellschaftlichen Gruppen, Volkswirtschaften und politischen Systemen untersuchen. Im Zentrum dieses Konzepts stehen die Akteure, deren Verwundbarkeit als Ausdruck ihrer risikobehafteten Existenzbedingungen verstanden wird. Die Verwundbarkeit erscheint als eine Situation der Unwägbarkeit, Schutzlosigkeit und Unsicherheit gegenüber externen Bedrohungen (Chambers 1989). In Ansätzen sozialer Vulnerabilität wird eine differenzierte Betrachtung vorgenommen, die die unterschiedliche Verletzlichkeit unterschiedlicher Personen(gruppen) berücksichtigt (vgl. Downing et al. 2006) und den Einfluss der Geschlechterrollen deutlich macht. Machtrelationen werden dabei als wesentlich für Vulnerabilität angesehen.

Die Verbindung der Konzepte von Resilienz und Vulnerabilität wird sehr unterschiedlich dargestellt. So wird Resilienz beispielsweise in der Katastrophenforschung oft als Teil der Verwundbarkeit bestimmt (vgl. Cutter et al. 2008). Demgegenüber fasst Holling (2001) Resilienz als der Vulnerabilität entgegen gesetzt auf, so dass die Abwesenheit des einen auf die Anwesenheit des anderen deutet. Generell scheint sich ein Verständnis von eigenständigen oft mit einander verbundenen Konzepten durchzusetzen, die auf den jeweiligen Stärken der Konzepte aufbauen. Dabei wird der resilienzorientierten Perspektive eher ein systemischer Ansatz mit einer Betonung auf bio-physikalische Variablen zugesprochen, wogegen bei der auf Vulnerabilität ausgerichteten Perspektive die Akteure in den Mittelpunkt rücken und verstärkt historische und politisch-ökonomische Variablen betrachtet werden (Miller et al. 2010).

Turner (2010) bemerkt allerdings, dass durch die Konzentration auf die sozialen Wirkungen (Hunger, Armut etc.) in Vulnerabilitätskonzepten das ökologische Subsystem zumeist in den Hintergrund gerückt wird. Entsprechend werden Tradeoffs zwischen und mit Ökosystemdienstleistungen weniger berücksichtigt. Als Gegenbeispiele können Untersuchungen zum Wassermanagement im Hochland von Lesotho (Bharwani et al. 2007) und zum Forstmanagement dienen (Locatelli et al. 2008; vgl. auch Graphik 2). Wesentliche Dimensionen der Analyse und Instrumentalisierung von Vulnerabilität für Anpassungsleistungen und -strategien sind ihre (a) Dynamik (Ergebnis länger andauernder Destabilisierungsprozesse und / oder kurzfristiger „Schocks“), (b) ihre Ebenen übergreifende Natur (raumzeitliche Mehrdimensionalität), (c) die Merkmale, welche vulnerablen Gruppen erlauben, auf Gefährdungen und Störungen zu reagieren, sowie (d) die Entscheidungen der Akteure (Manager und vulnerable Gruppen) zur Erzeugung anpassungsfähiger Systeme und damit zur Verringerung der Verletzbarkeit.

Graphik 2: Vulnerabilität verbundener Mensch-Umweltsysteme



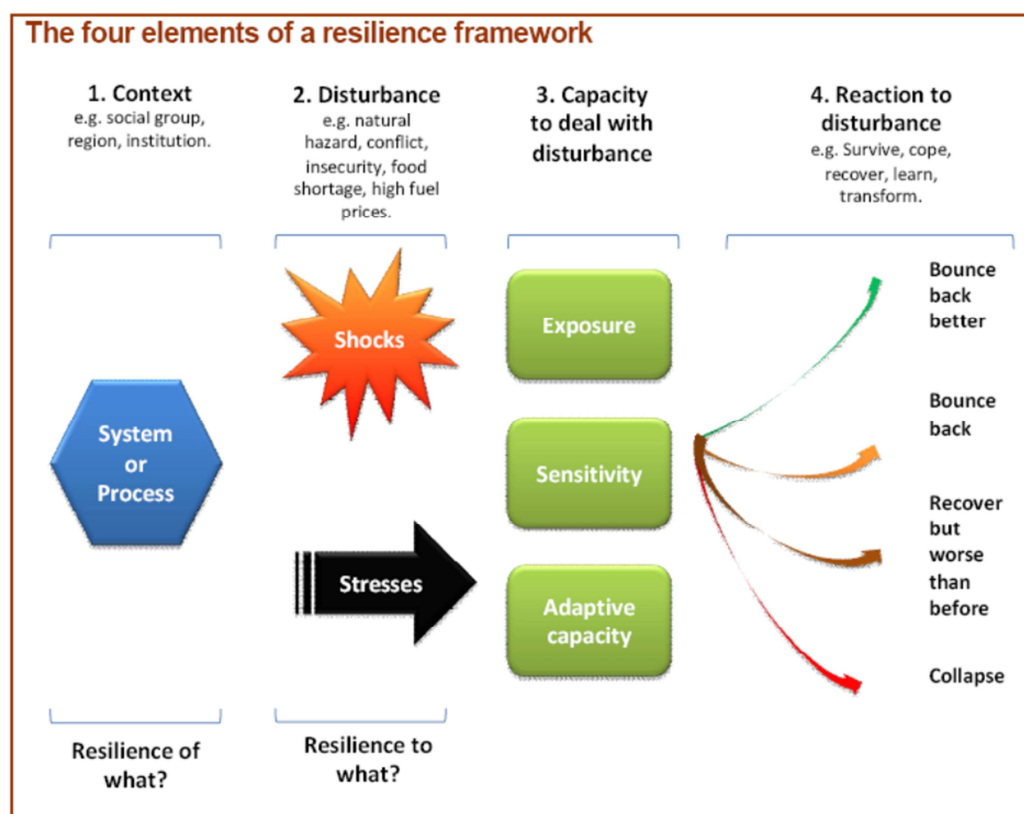
Quelle: Locatelli et al. 2008

Operative Analyserahmen für Resilienz

DFID Analyserahmen

Der von DFID erarbeitete Analyserahmen zu Resilienz in Krisensituationen hat seinen Ursprung in der oben genannten Tradition des „engineering resilience“. Es werden vier Elemente unterschieden: (1) der Kontext, (2) die Störung bzw. Krise (3) die Fähigkeit mit den Störungen umzugehen und (4) die Reaktion auf die Störung. Dabei wird zunächst das zu betrachtende System und dessen Resilienz bestimmt. Kurzfristige Störungen wie Krisen oder längerfristige Trends können die Vulnerabilität des betrachteten Systems erhöhen und die Resilienz reduzieren. Die Kapazität des Systems, einer Störung wirksam zu begegnen, hängt von der Ausgesetzttheit des Systems gegenüber der Störung (Exposition), der Sensitivität des Systems gegenüber der Störung und der Anpassungskapazität ab. Resilienz ist nach diesem Analyserahmen eine Funktion aus Sensitivität und Anpassungskapazität. Sie bestimmt die Fähigkeit des Systems, auf die Störung angemessen oder unzureichend zu reagieren. Dieser DFID-Analyserahmen wurde von TANGO International (vgl. Frankenberger et al. 2012) erweitert in dem in der Reaktion sowohl ein Pfad der Resilienz als auch ein Pfad der Vulnerabilität postuliert wird. Durch diese Erweiterung wird die grundsätzliche Dynamik betont, da sich das ‚Bounce-back‘ auf eine Entwicklung und nicht auf ein Gleichgewicht bezieht. Zudem sind nun die Konzepte von Vulnerabilität und Resilienz, wie bereits im letzten Kapitel beschreiben als unterschiedliche Perspektiven miteinander in einem Analyserahmen verbunden.

Graphik 3: Analyserahmen für Resilienz in Krisensituationen



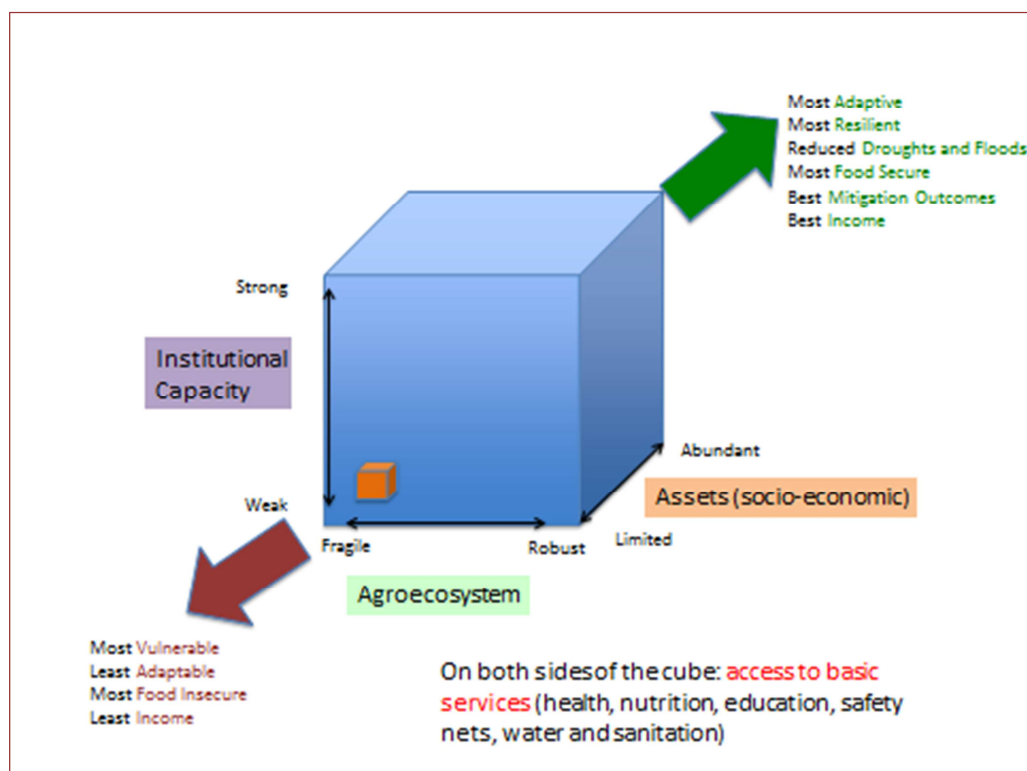
Quelle: DFID 2011

Der Analyserahmen von Resilienz nach FRASER et al.

Der Analyserahmen von Resilienz nach Fraser et al. (2007, 2011) wurde ursprünglich zur Identifizierung von Vulnerabilität gegenüber Hungersnöten bei Ernährungssystemen im Rahmen des Klimawandels entwickelt. Anhand historischer Vergleiche von Hungersnöten wurden drei Dimensionen als ausschlaggebend für Vulnerabilität identifiziert: (a) das agrarökologische System, (b) die sozio-ökonomische Situation von Livelihood-Systemen und (c) die institutionellen Fähigkeiten einer Gesellschaft Krisen zu begegnen. Im Rahmen der Resilienzdebatte wurde der von Fraser et al. entwickelte Analyserahmen auf das Konzept der Resilienz übertragen (vgl. Graphik 4).

In diesem modifizierten Analyserahmen wird Resilienz in einem dreidimensionalen Würfel dargestellt. Die Dimensionen finden sich in der Breite (Agrarökologisches System), Höhe (Institutionelle Kapazität) und Tiefe (Ausstattung) der Darstellung. Mittels der Darstellung kann die Kombination der drei Dimensionen in ihrer Dynamik abgebildet werden.

Graphik 4: Analyserahmen für Resilienz nach Fraser et al.



Quelle: aus Neely et al. 2013

Die Messung der Resilienz (Indikatoren)

Entsprechend der eingangs getroffenen Unterscheidung der Grundkonzepte für Resilienz in zwei Richtungen können auch die Herangehensweisen zur Bildung von Indikatoren zugeordnet werden. Einerseits sind dies Methoden, die sich am Konzept der ‚Engineering-resilience‘ orientieren und im Folgenden in den Abschnitten „Bounce back“ und „inhärente Resilienz“ vorgestellt werden. Andererseits sind die Verfahren zur Bewertung von Resilienz zu nennen, welche sich auf die Analyse von kritischen Prozessen in Mensch-Umweltsystemen beziehen und daraus versuchen, Messmethoden abzuleiten. Diese Ansätze werden im Abschnitt „Resilienz im Agrarökosystem“ vorgestellt. In beiden Fällen ist es für die Anwendung von Messverfahren erforderlich zu bestimmen, welches System („Resilience of what ?“) untersucht werden soll und welches die konkreten Störungen („Resilience to what ?“) sind, die auf das System einwirken (vgl. Carpenter et al. 2001).

Aus der Diskussion der Verbindung von Vulnerabilität und Resilienz als gegensätzliche Konzepte und den vorgestellten Analyserahmen ergibt sich für die Messung ein weitgehender Bereich der Überschneidung. Dort trägt die Verringerung der Vulnerabilität zur Erhöhung der Resilienz bei, so dass Resilienz auch indirekt durch Vulnerabilitätsindikatoren bestimmt werden kann. In den ausgewählten Beispielen wird dies in der Methodik berücksichtigt. Für eine Vertiefung der methodischen Besonderheit insbesondere hinsichtlich der sozialen und geschlechtsspezifischen Differenzierung und der Livelihoodsystem-Analyse sei daher auf die reichhaltige Fachdiskussion zur Vulnerabilitätsbestimmung verwiesen.

Bounce back

Ein spezifischer Ansatzpunkt zur Bestimmung von Resilienz bildet die Betrachtung der Zeit bis zur Wiederherstellung der Ausgangssituation nach einer Störung. Betrachtungsgegenstand bilden die Einflussfaktoren, welche mit der Bewältigung vor und nach der Einwirkung einer Störung einhergehen und der Umstand, ob das System überhaupt wieder in seinen Initialzustand zurückkehrt. Durch diese Herangehensweise wird demnach sowohl die Robustheit als auch die Bewältigungskapazität untersucht. Als Beispiel soll eine Studie von Tesso et al. (2012) aus Äthiopien dienen. In dieser Studie³ wurde anhand einer Befragung von ländlichen Haushalten die Reaktion (Rückkehr zum „Normalzustand“) nach einem durch Klimawandel induzierten Schock untersucht. Die Reaktion erfolgte je nach Resilienz des Haushalts unterschiedlich rasch. Es wurden drei Zeitstufen unterschieden: weniger als 1 Jahr, 1-2 Jahre, mehr als 2 Jahre. Die Korrelation der Reaktion mit einer Reihe von Variablen, die für die Resilienz der Haushalte als wichtig erachtet werden, wurde getestet.

Als wichtigste Faktoren für die Resilienz in der Untersuchung erwiesen sich die „Krisenbereitschaft“ (Existenz eines Plans, wie reagiert werden kann), das „Vermeiden der Veräußerung von Produktionsmitteln“ und der „Zugang zu Krediten“. Weitere wichtige Einflussgrößen waren der „Zugang zu Bewässerung“, der „Zugang zu Faktor- und Absatzmärkten“ und die „Anwendung von Boden und Wasser konservierenden Maßnahmen“, sowie das „Mitwirken in lokalen Organisationen“ (Sozialkapital). Weitere noch messbare Einflussfaktoren waren die „Bodenfruchtbarkeit“, das „Ausbildungsniveau des Haushaltsvorstandes“ und die „Diversität der Anbaufrüchte“. Andere Einflussfaktoren wie Nahrungsmittelreserven oder Ersparnisse konnten nicht korreliert werden, da sie in den Untersuchungsregionen zu unbedeutend waren. Als außerordentlich schädlich für die künftige Bewältigungskapazität der Haushalte wird der Verkauf von Produktionsmitteln wie Saatgut, Arbeitsgerät, Zugtieren, Rindern und Land beschrieben. Ebenfalls langfristige negative Konsequenzen für die Resilienz erwachsen aus einer starken Verschuldung der Haushalte.

³ Die Studie hatte eine Stichprobengröße von 452 Haushalten.

Inhärente Resilienz

Die meisten Prüfungsmethoden der inhärenten, einem System innewohnenden Resilienz stützen sich auf ausgewählte Indikatoren bzw. Variablen. Vermittels quantitativer Vergleiche der Ausstattung der Systeme oder durch Trendanalysen wird ein relatives Maß an Resilienz bestimmt. Als Untersuchungseinheiten sind vom Individuum bis hin zu Nationalstaaten alle sozialen und politischen Systeme möglich. Rankings werden für Gemeinden und Regionen vorgeschlagen (vgl. Pestel-Institut 2010, Lukesch et al. 2010).

Hinsichtlich der Auswahl der Indikatoren werden Validität, Sensitivität, Robustheit, Relevanz, Verständlichkeit etc. und natürlich die Verfügbarkeit als allgemeinen Kriterien angelegt. Dabei gilt es den vielfältigen Gründen von Resilienz gerecht zu werden. Die Auswahl der Indikatoren erfolgt entsprechend der untersuchten Typen von Resilienz und deren Komponenten sowie der Art und Frequenz der Störung.

Im Bereich der kommunalen Steuerung und Regionalentwicklung erfolgt die Unterteilung der Resilienzbeobachtung entlang der verschiedenen Politikfelder. So unterscheidet Cutter et al. (2008) für die Bestimmung von Resilienz-Indikatoren auf kommunaler Ebene die Bereiche Ökologie, Soziales, Wirtschaft, Institutionen, Infrastruktur und Kompetenzen des Gemeinwesens.

Als Beispiel für das Operationalisieren der ökonomischen Resilienz werden Schätzmodelle für Schäden am Vermögen und Geschäftsausfälle genannt. Soziale Resilienz kann durch Kommunikation, Risikobewusstsein und die Krisenbereitschaft erhöht werden. Weitere fördernde Elemente sind Katastrophenplanung, der Abschluss von Versicherungen. Organisatorische Resilienz umfasst sowohl Institutionen als auch Organisationen und deren physische Charakteristika und die angewandten Managementformen. Hierarchische Strukturen sind meist weniger flexibel als horizontal organisierte Managementstrukturen.

Alinovi et al. (2009) untersuchten die Resilienz von Haushalten in Palästina in Bezug auf Nahrungsmittelknappheit. Dabei identifizierten sie 28 Variablen, um die verschiedenen

Tab. 2: Mögliche Indikatoren für die Komponenten eines Resilienzmodells von Haushalten in Nahrungskrisen

Komponenten	Variablen
Einkommen und Zugang zu Nahrung	Einkommen (1) , Tagesausgaben, Einschätzung der Nahrungsunsicherheit (2) , Energieaufnahme, Ernährungsdiversität (3)
Zugang zu sozialer Grundversorgung	Zugang zur Gesundheitsversorgung, Qualität, Bildungssystem, Wahrnehmung der eigenen Sicherheit, Mobilitätseinschränkungen, Telefon-, Strom- und Wassernetze
Soziale Sicherungsnetze	Unterstützungsleistungen (cash/ natura), Qualität der Unterstützung, Arbeitsvermittlung, Häufigkeit der Unterstützung,
Vermögenswerte	Wohnungseigentum, Ausstattung (TV, Auto, ...), Tierbesitz, Landbesitz
Stabilität	Anteil der arbeitslosen Haushaltsmitglieder, Einkommensveränderung, Ausgabenveränderung, künftige Stabilität (Erwartung) (5) , Abhängigkeit von Unterstützungsleistungen, Stabilität der Bildungseinrichtungen
Anpassungskapazität	Diversität der Einkommensquellen, Bildungsniveau (7) , Beschäftigtenrate (6) , Krisenbereitschaft (verfügbare Bewältigungsstrategien) (4) , Anteil der Nahrungsausgaben am Total

Quelle: verändert nach FAO 2010, Alinovi et al. 2009

Die Ziffern 1 bis 7 bezeichnen die sieben wichtigsten Variablen.

Komponenten eines Bezugssystems hinsichtlich der Resilienz zu messen. Aus der Auswertung eines Regressionsmodells konnten die wichtigsten Variablen bestimmt werden, wobei die 7 wichtigsten Variablen fast 97 Prozent der Varianz erklären konnten (Alinovi et al. 2009). Diese wichtigsten Variablen sind in Tabelle 2 unterstrichen hervorgehoben. Im Untersuchungsgebiet sind die wirtschaftlichen Möglichkeiten das größte Hindernis für den Einkauf von Lebensmitteln und damit die Nahrungssicherheit der Haushalte. Eine eigene Nahrungsmittelproduktion (Subsistenzproduktion) durch die Haushalte wird im Modell nicht berücksichtigt, so dass die Resultate lediglich Aufschluss über die monetär vermittelte Versorgung der Haushalte geben. Auf Grund des hohen Konkretisierungsgrads scheinen einige dieser Indikatoren auch für Messungen bei EZ-Vorhaben geeignet.

Resilienz im Agrarökosystem

Die Messung der Resilienz von Agrarökosystemen zielt auf die Variablen, die das Erbringen und den Erhalt von Ökosystem-Dienstleistungen des Systems gewährleisten. Dabei sind die Teilsysteme „natürliche Umwelt“ und „Agrarbetriebe“ eng miteinander verflochten. Die Wahrscheinlichkeit, in einem bestimmten Gleichgewichtszustand zu bleiben und somit ein bestimmtes Bündel an Dienstleistungen hervorzubringen, hängt ab von den Variablen, welche die Grenzen des Gleichgewichtsbeckens kontrollieren und vom Störungsregime, das die Stärke der Störungen hin zur Grenzwertüberschreitung bestimmen. Weitere Schlüsseigenschaften für die Resilienz sind die Fähigkeit zur Selbstorganisation und die Anpassungsfähigkeit.

Generell wird die Messbarkeit der Resilienz entsprechend der (Modell)-Vorstellungen (Größe des Attraktionsbeckens etc.) in der Wirklichkeit mitunter als schwierig, wenn nicht als unmöglich erachtet (Carpenter et al 2001). Folke et al. (2002) stellen fest, dass die Bestimmung von Zustandsänderungen im Nachhinein möglich ist. Eine Voraussage sei jedoch nahezu unmöglich, da sich die Grenz- bzw. Schwellenwerte oftmals im zeitlichen Ablauf verändern.

Cabell und Oelofse (2012) schlagen daher vor, verhaltensbezogene Indikatoren für das System zu definieren, von denen angenommen wird, dass ihre Präsenz mit der Resilienz einhergehen und die ebenfalls mit der Fähigkeit zur Anpassung und Transformation verbunden sind (vgl. Tabelle 3). Diese 13 Indikatoren beziehen sich auf verschiedene Entwicklungsstadien im Adaptationszyklus (vgl. Anhang 2) und sind mit zentralen Fähigkeiten von Agrarökosystemen verbunden. Die Bewertung der einzelnen Indikatoren muss noch erarbeitet werden (Definitionsschärfe und Kalibrierung). So ist z.B. bei der Messung der Fähigkeit zur Selbstorganisation wichtig zu berücksichtigen, ob die Systemkomponenten durch ein externes Managementsystem gesteuert werden oder sich intern das Management selbst organisieren. Die Selbstorganisation wird unterstützt durch Ökosystemkomponenten mit einer gemeinsamen Entstehungsgeschichte und durch soziale Netzwerke, die innovative Problemlösungen ermöglichen.

Die Messung der Anpassungsfähigkeit zielt auf das Vermögen von Mensch-Umweltsystemen ab, Wandel zu bewältigen. Diese Fähigkeit ist in natürlichen Systemen verbunden mit genetischer Diversität, Biodiversität und unterschiedlichen Ökotopten in Landschaften. Funktionelle Diversität spielt eine zentrale Rolle (Moonen 2008). Im Bereich der Humansysteme wird die Anpassungsfähigkeit eng mit Mechanismen und Institutionen verbunden, die Neuerung und Lernen ermöglichen.

Tab. 3: Verhaltensbasierte Indikatoren zur Prüfung der Resilienz von Agrarökosystemen

Indikatoren	Erläuterungen	Relevante Entwicklungsstadien
Soziale Selbstorganisation	Systeme mit hoher Selbstorganisation benötigen weniger Feedback durch das Management und verfügen über eine höhere intrinsische Anpassungsfähigkeit	Reorganisationsphase
Ökologische Selbstregulation	Hohe Selbstregulation erlaubt die Verminderung der Mengen externer Produktionsmittel (wie Nährstoffe, Wasser, Energie), um das System zu erhalten	Wachstums- bis Erhaltungsphase
Angemessene Verbundenheit ⁴	Hohe und schwache Verbundenheit beeinflussen die Diversität und Flexibilität des Systems, geringe und starke beeinflussen seine Abhängigkeit und Starrheit.	Reorganisationsphase
Funktionale Diversität und Diversität der Erwidlungsmöglichkeiten	Diversität hilft Störungen abzufedern und erleichtert danach die Erneuerung	Gesamter Adaptationszyklus
Optimale Redundanz ⁵	Erhöht die Vielfalt der Erwidlungsmöglichkeiten, Redundanz schwächt die Effizienz des Systems, erzeugt jedoch Reserven und erweitert die Möglichkeiten zur Abfederung und Erneuerung	Erhaltungs- bis Freisetzungsphase
Räumliche und zeitliche Vielfältigkeit	Wie Diversität; räumliche Vielfältigkeit erleichtert die Erholung des Systems, zeitliche erlaubt es den Feldern, zu regenerieren und die Nährstoffe zu ersetzen	Wachstums- bis Erhaltungsphase
Vorsichtige Störungserprobung	Häufige kleine Störungen können die Resilienz des Systems langfristig erhöhen, da die natürliche Selektion gefördert wird und sich neue Konstellation bilden können	Freisetzungsphase
Verbundenheit mit dem lokalen Naturkapital	Ein verantwortungsbewusster Umgang mit den lokalen Ressourcen ermutigt das System, sich im Rahmen seiner Möglichkeiten zu entwickeln; der Abfall wird wieder-verwertet, der Boden gepflegt und der Grundwasserspiegel erhalten	Reorganisations- bis Wachstumsphase
Gegenseitiges Lernen	Je mehr Menschen und Organisationen aus Erfahrung und gegenseitig lernen und das generierte Wissen auch teilen, desto größer wird die Fähigkeit des Systems zur Anpassung und zur Transformation.	Reorganisationsphase
Möglichst autonom und auf lokaler Ebene miteinander verflochten	Systeme können nicht autonom sein, aber weniger verletzlich gegenüber Kräften, die nicht kontrolliert werden können; Lokales Verflochten Sein kann Zusammenarbeit fördern und Konkurrenz hemmen	Wachstums- bis Erhaltungsphase
Das Vermächtnis anerkennen bei der Investition in die Zukunft	Entspricht der Kontinuität im Entwicklungspfad und ist verbunden mit dem kulturellen und biologischen Erbe, das im System gespeichert ist.	Freisetzungs- und Reorganisationsphase
Aufbau von Humankapital	Humankapital beinhaltet die materielle, soziale und kulturelle Dimension	Gesamter Zyklus
Ausreichend profitabel	Erlaubt die Investition in die Zukunft, den Aufbau von Reserven zur Abfederung und Erhöhung der Flexibilität. Vermögen kann in der nächsten Freisetzungsphase angezapft werden.	Erhaltungsphase

Quelle: vereinfacht nach Cabell und Oelofse 2012

⁴) Die Verbundenheit bezeichnet die Beziehung der Bestandteile des Systems (z.B. Tier- und Pflanzenarten) untereinander, sowie die Beziehung des Systems mit seiner Umwelt. Sie reicht von exklusiver gegenseitiger Abhängigkeit (Bsp. Räuber mit nur einer Beute) bis zur Unabhängigkeit.

⁵) Überfluss, Wiederholung der Arten und Funktionen.

Die vorgeschlagenen Indikatoren müssen somit noch weiter entwickelt und getestet werden, um operational zu sein. Sie dienen zur Bestimmung der Resilienz in Agrarökosystemen. Als Orientierungshilfe für die Ausrichtung im Teilsystem Agrarbetriebe sind sie sehr generell. Für diese Fragestellung bieten Darnhofer et al. (2010) eine Differenzierungshilfe über die Zuordnung zu unterschiedlichen Reaktionsmuster, wie sie für Strategien zum Umgang mit Störungen vorgeschlagen werden (vgl. Übersicht 4). Für die Entwicklung spezifischer Strategien im Sinne von Entwicklungspfaden kann die Betriebsstruktur als Näherungsgröße dienen, wenn gleichzeitig die Vorstellungen und Absichten der Bauern/Bäuerinnen und die bisherigen Entwicklungen der verschiedenen Aspekte berücksichtigt werden können. Dies würde eine partizipative Herangehensweise voraussetzen. Insgesamt schätzen die Autoren Agrarsysteme als zu komplex und variabel in Raum und Zeit ein, um aus den zugehörigen Resilienzmodellen spezifische Voraussagen für die Bauern/Bäuerinnen zu gewinnen.

Tab. 4: Reaktionsmuster und Strategien im Umgang mit Veränderung auf Betriebsebene

Art des Einfluss	Reaktion der Agrarbetriebe		
	Reaktionsmuster	Strategie	Beschreibung und Beispiele
Stress durch langsame Veränderung (voraussehbar)	Fortdauer; keine bis wenig Veränderung	Nutzen	Der Betrieb konzentriert sich auf erfolgreiche Aktivitäten, die ggf. ausgebaut werden (Spezialisierung) - wodurch Rationalisierungsgewinne entstehen -, und die Probleme bei anderen Aktivitäten kompensieren.
Schock durch plötzliche starke Veränderung		Abfedern	Der Betrieb hat genug Pufferkapazität, um die Krise zu bewältigen, ohne dass Umstrukturierung nötig ist. So kann ein Preisverfall durch eine gesunde Finanzgrundlage ausgeglichen werden.
Stress durch langsame Veränderung (voraussehbar)	Anpassung; neue Optionen werden getestet, der Aktivitäten-Mix wird verändert, Ressourcen werden anders (innovativ) eingesetzt	Abstimmen	Die Veränderung erfordert gewisse Anpassungen wie z.B. neue Produktionsmethoden, Feldfrüchte, Aufbau bzw. Reduktion der Viehhaltung, Weiterverarbeitung und Direktvermarktung
Schock durch plötzliche starke Veränderung		Verändern	Die Ressourcen müssen völlig neu eingesetzt werden; nicht landwirtschaftliche Aktivitäten werden erschlossen, Agrotourismus, Energieproduktion etc.

Quelle: Darnhofer et al. 2010)

Aus der bisherigen Diskussion ergeben sich keine geeigneten Einzelindikatoren für quantitative Voraussagen hinsichtlich der Resilienz der Systeme. Indikatorgestützte Trendaussagen im Sinne einer Zunahme oder Abnahme der Resilienz erscheinen durchaus plausibel, ohne jedoch konkrete Prognosewerte zu enthalten. Für die Festlegung von Messgrößen ergibt sich bereits aus den vorgestellten Herangehensweisen, dass die Verfolgung der Reaktionsmuster auf Krisenereignisse als am geeignetsten erscheint, um konkrete weitergehende Szenarien zu entwickeln. Aus den dargestellten Analyse Rahmen wird die Notwendigkeit einer differenzierten Betrachtung deutlich, die zumindest die ökonomische, ökologische und politisch-institutionelle Dimension beinhaltet.

Definitionen von Resilienz

Die Entwicklung des Resilienzbegriffs seit den neunziger Jahren wird im Vergleich der Definitionen von Holling (vgl. Definition 1) und dem aktuellen von der Resilience Alliance vorgeschlagenen Verständnis (vgl. Definition 2) deutlich.

(1) Resilienz bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, mit externen Stressfaktoren und Störungen umzugehen, diese zu bewältigen, mögliche Schäden zu minimieren und den Ausgangszustand wieder herzustellen (Holling 1973, Holling 1996).

(2) Resilienz angewandt auf Ökosysteme oder integrierte Systeme von Menschen und natürlicher Umwelt umfasst drei konstituierende Charakteristika:

- das Maß an Wandel, welches das System durchleben kann, und welches ihm erlaubt, dieselbe Struktur und dieselben Funktionen aufrecht zu erhalten,
- den Grad an Selbstorganisation, zu der das System fähig ist,
- die Fähigkeit Kapazitäten für Lernen und Anpassung aufzubauen und zu vergrößern.

(<http://www.resalliance.org/index.php/resilience> in 2013)

Im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit wurden zunächst sehr allgemeine und damit umfassende Definitionen eingesetzt (vgl. Definition 3). Letztlich setzen sich jene Definitionen durch, bei denen die Verantwortung und die Fähigkeiten der Akteure im Zentrum stehen (vgl. Definition 4). Die hier aufgeführte Definition 4 wurde von DFID entwickelt und wird sowohl vom deutschen Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung als auch von der GIZ für den Kontext der Ernährungssicherung und ländlichen Entwicklung verwendet.

(3) Resilienz bezeichnet das Maß an Wandel, welches das System durchleben kann, ohne seinen Zustand zu verändern (GTZ et al. 2010).

(4) Resilienz bezeichnet die Fähigkeiten von Ländern, Gesellschaften und Haushalten den Wandel zu steuern indem der Lebensstandard gehalten oder angepasst wird, wenn Störungen und Krisen - wie Dürren oder kriegerische Auseinandersetzungen - auftreten, ohne dabei die langfristigen Entwicklungschancen zu mindern (nach DFID 2011).

Teil 2: Desertifikation im Sahelraum

In den letzten Jahren hat hinsichtlich der Bewertung der Entwicklungen und Veränderungen in der Sahelzone ein Paradigmenwechsel stattgefunden. Dabei werden die Ökosysteme in diesem ariden Raum zunehmend als dynamisch beschrieben (Warren 2005). Zudem wird die Desertifikation als Raum greifendes Phänomen beschrieben. Man versteht darunter die Zerstörung fruchtbaren Bodens als Folge der Übernutzung der natürlichen Ressourcen in den Trockengebieten der Erde durch Mensch und Tier (BMZ 2011). Als verschärfend für die Desertifikationsproblematik im Sahelraum werden Prozesse der Klimaveränderungen angesehen (MAE 2005). Veränderte Vegetationsverteilung aufgrund nicht nachhaltiger Nutzungspraktiken und deren Rückkoppelung mit den Niederschlägen auf der lokalen und regionalen Ebene werden ebenfalls als wesentliche Triebfeder erkannt (Dekker et al. 2007). Dabei sind die bisher entwickelten Klimamodelle nicht detailliert genug, um alle Aspekte abzubilden und entsprechende Entscheidungshilfen für die Politik zu erstellen (Verstraete et al. 2008).

Hinsichtlich des Ackerbaus wird die Trockenheit mit drei Phänomenen verbunden, die alle direkt auf das Pflanzenwachstum und die Erträge einwirken: dem Mangel an Niederschlägen, dem Mangel an Bodenfeuchte und dem Mangel an Bodennährstoffen. Die Ackerbauern nehmen nicht die Desertifikation wahr, sondern bezeichnen die Trockenheit als Grund für die geringen Erträge (Slegers und Stroosnijder 2008).

Multifaktorielle Ursachen für die Veränderungen in den Agrarökosystemen machen es schwer, einzelne Adaptationsstrategien für spezifische Stressoren auszumachen. Entsprechend beziehen sich die Umwelt-Anpassungen der ländlichen Bevölkerung jeweils auf mehrere Faktoren (Mbow et al. 2008).

Ausdehnung der Ackerfläche und Reduktion des Weidegebiets

In der zweiten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts führte die Zunahme der Bevölkerung in den meisten ländlichen Gebieten des Sahelraumes zu einer neuen Situation in Hinblick auf die Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen. Seit den sechziger Jahren standen zunehmend keine neuen Siedlungsräume mehr zur Verfügung, so dass sich die Landnutzung veränderte und die Nutzungsintensität, der Anteil der kultivierten an der kultivierbaren Fläche, stieg. Ein Prozess der bis heute nicht abgeschlossen ist.

In der Mehrzahl der Dorfgemarkungen erfolgte nach der Ausdehnung der Anbaufläche in die Talbereiche auch die Ausweitung auf eher marginale Standorte in Hang- und Hügellagen und auf Plateauflächen. Durch das Roden der Vegetation im Zuge der Umwandlung von Buschland in Ackerland wurden große Flächen ihres natürlichen Schutzes vor Wind und Wetter beraubt und Phänomene der Versiegelung der Bodenoberfläche und des Oberflächenabflusses des Regenwassers entwickelten sich zu einem großräumigen Phänomen (vgl. IRD 2008). Die Entwicklung führte zu regressiv fortschreitender Tiefenerosion in den Entwässerungsrinnen. Die abfließenden Wassermassen sammelten sich letztlich mit ihrer Sedimentfracht in den Talsenken mit kaum oder keinem Gefälle, so dass sich dort mangels weiterer Abflussmöglichkeiten Tümpel (Mare) bildeten.

In Gegenden mit bereits hoher Bevölkerungsdichte blieb die durchschnittlich kultivierte Fläche dagegen stabil. Die Anbaufläche (Nutzungsintensität) variiert von Jahr zu Jahr, je nachdem wie früh bzw. spät im Jahr die Niederschläge einsetzen (Reij et al 2005). Als Entwicklungsalternativen verblieben somit nur die Intensivierung der Agrarproduktion und die Abwanderung bzw. das Erzielen zusätzlicher Einkommen durch Migration.

Gleichzeitig fand durch die Zunahme des Viehbestands eine weitere Intensivierung der Beweidung und Futternutzung auf den verbleibenden Weideressourcen statt. Die Regeneration der Vegetation auf den Weide- und Brachflächen wurde durch diesen Nutzungsdruck verlangsamt. Es stand weniger Futter auf weniger Fläche zur Verfügung. Ebenfalls nahm die Nutzung der Holzressourcen bei gleichzeitiger Verminderung des Zuwachses zu. Insgesamt ergibt sich aus der multiplen und intensiven Inanspruchnahme, dass sich degradierte und der

Vegetation beraubte marginale Flächen ohne gezielte Maßnahmen nicht mehr erholen (vgl. GIZ 2011, Reij et al. 2005). Die Hügelkuppen und Hanglagen mit geringer Bodenmächtigkeit sind besonders betroffen.

Der starke Nutzungsdruck führte ebenfalls zu Spannungen und Konflikten zwischen den verschiedenen Nutzergruppen. Speziell ausgeprägt sind die Konflikte zwischen Viehhaltern und Ackerbauern, insbesondere bei der Beweidung der Ackerflächen nach der Ernte und bei der Gewährleistung der Mobilität der Herden während der Vegetationsperiode.

Erosionsproblematik

Die Phänomene der Erosionsproblematik unterscheiden sich entsprechend der zugrundeliegenden Kraft von Wind und Wasser und der spezifischen Topographie der einzelnen Flächen in der Landschaft. In Bereichen mit Wassererosion ist der flächige Abfluss mit dem Abtransport gelöster Feinfraktion vom Geschehen der Tiefenerosion in den Abflussrinnen abzugrenzen, bei der mitunter in kurzer Zeit große Mengen an Bodenmaterial fortgeschwemmt werden. Bei der Winderosion ist die Springfracht als lokales Phänomen der Verlagerung von der Staubfracht als Transport in großer Höhe über weite Distanzen zu unterscheiden. Während ersteres die Situation während der Periode der Harmattan Winde dominiert, wird das letztere Geschehen vor allem durch die Gewitterstürme zu Beginn der Regenzeit erzeugt (vgl. Lamers et al. 1995, Sterk et al. 1996, Valentin 2005).

Durch die Einwirkung der Regentropfen auf die Bodenoberfläche und die Verlagerung der Bodenteilchen entstehen Bodenkrusten. In der Fachliteratur werden unterschiedliche Formen diskutiert (Valentin und Bresson 1992, Valentin 2005). Die Krustenbildung auf den Kahlflächen kann zu einer weitgehenden Versiegelung der Bodenoberfläche führen, die langfristig die natürliche Regeneration unterbindet. Diese Phänomene sind besonders auf den Plateau- und Hanglagen mit sandig-tonigen Böden ausgeprägt. Neben diesen zum Teil großflächigen Kahlflächen sind auch im Ackerland viele Flächen durch Erosionsgeschehen teilweise und in unterschiedlichem Maß degradiert. Neben den Abflussrillen sind dies auch Stellen mit großflächigem Abfluss und solchen mit einem Abtrag des Oberbodens und Flächen, die durch ihre spezifische Exposition etwa auf dem Plateau dem Wind ausgesetzt sind (Geiger und Mani, 1993). Durch die Bodenverlagerung, den Austrag und den Eintrag von Bodenteilchen durch den Wind ergibt sich eine sehr uneinheitlicher Bodenzustand auf den Feldern, der zu erheblichen Ertragsunterschieden führen kann. In der Vegetationsperiode kann Sedimenteintrag die jungen Pflanzen verschütten und die Sandfracht des Windes die Jungpflanzen schädigen.

Die Erosionsproblematik beschränkt sich nicht auf die Ackerflächen, auch wenn die Reduktion der Vegetationsdecke im Zuge der Umwandlung von „Buschland“ in Felder für den Ackerbau eine der Hauptursachen ist. Überweidung und Holzgewinnung sind weitere wesentliche Ursachen für die Degradation von Baum-, Strauch und Grassavannenflächen und das Einsetzen der Erosionsdynamik. Auch verlängerte Dürreperioden wie sie in den siebziger und achtziger Jahren auftraten, trugen wesentlich zu diesen Phänomenen bei.

Degradation der natürlichen Vegetation

Ursachen für die Reduktion des Waldbestandes liegen einerseits in der Holznutzung durch Abholzung und andererseits in der Umwandlung von Waldflächen in Felder. In den siebziger und achtziger Jahren mit dem ausgeprägten Rückgang der Niederschläge und sinkenden Grundwasserspiegel kam es zu massivem Baumsterben. In einigen Gegenden wurde bis zum Ende der neunziger Jahre dieses Totholzes genutzt. Die Erholung der durchschnittlichen Niederschläge in den neunziger Jahren führte nicht dazu, dass sich die Baumbestände wieder erholt hätten. Insbesondere die Standorte auf den Plateau- und verkrusteten Hangflächen erholten sich nicht (Kusserow in GIZ 2011). Gründe liegen in der zunehmenden Bevölkerungsdichte und damit dem Bedarf an Feuer-, Nutz- und Bauholz und in der intensiveren Beweidung durch höhere Tierbestände. Gleichzeitig erfolgte die Ausweitung der Brennholzgewinnung für die städtischen Zentren in immer entferntere Gegenden. Dies führte zu einer weiteren kontinuierlichen Reduktion der Waldbestände.

Die schrittweise Reduktion des Baumbestandes auf den Ackerflächen ist insbesondere auf unzureichende Nutzungspraktiken zurückzuführen. Bei der Rodung des Buschlandes (Baumsavanne bzw. Trockenwälder) und der Umwandlung in Felder wird der Großteil des Baum- und Strauchbestands gefällt bzw. verbrannt. Nur einzelne Gehölze (z.B. Fruchtbäume) werden ausgenommen.

In den Parklandschaften wird der Baumbestand ohne eine gezielte Förderung und den Schutz der natürlichen Verjüngung ausgedünnt und verschwindet letztlich komplett. Als weiteres Moment ist die Bewirtschaftung unter tierischer Anspannung (Pflug) auf ein weitgehendes Ausräumen der Felder angewiesen, die Büsche werden entfernt. Außerdem reagieren gewisse Anbaufrüchte wie Baumwolle sensibel auf Beschattung, so dass für diese Kulturen die Bäume und Sträucher möglichst vollständig entfernt werden.

Durch den Rückgang der Vegetation werden die Dünen der Erosion preisgegeben und die folgenden Probleme verursacht. Die Wassererosion führt zum Abtrag und hohen Sandfrachten in den Entwässerungsrinnen und folglich zur Versandung der Wasserläufe und Talsohlen. Die Winderosion kann zur Instabilität der Dünen führen und durch die Dünenwanderung produktive Standorte in Senken und Siedlungen verschütten.

Als Regulationsmechanismus für die Entwicklung von gewissen Pflanzengesellschaften spielt das Feuer in Trockenstandorten natürlicherweise eine wichtige Rolle. Die Regulationsfunktion bezieht sich auf die Artenzusammensetzung und das Gleichgewicht von Baum-, Strauch und Krautschicht. Insbesondere für mehrjährige Gräser ist das Buschfeuer ein wesentlicher Faktor für Standortsicherung und Ausbreitung. Neben spontanen Feuern, den Feuern im Zuge der Brandrodung und der Jagd auf Kleinsäuger wird Feuer auch von Hirten zur Stimulation des Austriebs der Weidegräser eingesetzt. Außer Kontrolle geratene Feuer verwüsten oftmals sensible Ökotope, wie Gesellschaften einjähriger Gräser und gewisse Gehölze und setzen den Boden der Erosion und Verkrustung aus, welches die Wiederbesiedlung erschwert.

Verminderung der Bodenfruchtbarkeit

Durch die Ausdehnung der Ackerfläche auf weniger produktive Standorte ergab sich eine Verkürzung der Nutzungsdauer der frisch gerodeten Flächen. Dies führte zu einer Verkürzung der Brachezeiten. Im „traditionellen“ Brandrodungssystem betrug sie über fünfzehn Jahre. Mit der Verminderung auf unter fünf Jahre wird die Erholung der Fruchtbarkeit der Böden nicht mehr erreicht (Wezel und Haigis, 2002).

Durch die Ausdünnung der Baumbestände vermindert sich der Laubfall. Das Mulchmaterial zur Aktivierung des Bodenlebens fehlt und der Gehalt an organischem Material der Böden sinkt. Neben dem Angebot an Pflanzennährstoffen wird als zweiter entscheidender Faktor für die Bodenfruchtbarkeit in Trockengebieten auch die Wasserhaltekapazität der Böden vermindert. Die Fähigkeit des Bodens, Trockenperioden in der Regenzeit abzapfen, wird reduziert und setzt die Pflanzen vermehrtem Trockenstress aus, mit der Folge sinkender Erträge.

Zunehmend mehr Böden werden permanent genutzt. Insbesondere in Siedlungsnähe liegende Felder verlieren ohne oder mit nur sehr unzureichender Düngung ihre natürliche Bodenfruchtbarkeit. Die Entnahme an Pflanzennährstoffen durch die Ernte der Getreidekörner und des Strohens wird nicht ausgeglichen. Durch die Auswaschung und Erosion erfolgt eine weitere Reduktion der organischen Bestandteile und der Tonfraktion und eine zunehmende Versandung und Instabilität insbesondere auf den Hanglagen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass in Folge der Dürrekatastrophen in den siebziger und achtziger Jahren die Desertifikationsproblematik sehr ausgeprägt war und die Produktivität der Landwirtschaft nicht mehr ausreichte, um die wachsende Bevölkerung zu ernähren. Gleichzeitig wurden im Rahmen der Katastrophenhilfe große Nahrungs- und Geldmittel zur Verfügung gestellt, damit die lokale Bevölkerung die Mangelsituation überstehen konnte.

Teil 3: Erwartete und tatsächliche Wirkungen der NRM-Maßnahmen

Zur Überwindung der beschriebenen Problemlage wurde vor allem in den achtziger Jahren unter dem Schlagwort der Bekämpfung der Wüstenbildung (vgl. BMZ 1999) eine Vielzahl an Maßnahmen des Ressourcenmanagements entwickelt. Als Ansatzpunkte dienten hierbei die Übertragung von technischen Lösungsansätzen aus anderen geographischen Kontexten⁶ sowie der Rückgriff auf bereits in den ‚traditionellen‘ Anbausystemen gebräuchliche Maßnahmen und deren Weiterentwicklung, wie beispielsweise die Anlage von Steinreihen (vgl. Kassogué et al. 1990, Reij et al. 1996, Kaboré und Reij 2003). Letzteres führte zu den sogenannten ‚verbesserten‘ Techniken („*Zay amélioré*“, etc.). Ein wesentliches Moment war die Beteiligung der lokalen Bevölkerung bei der Entwicklung von Lösungsansätzen. Eine erste Zusammenstellung der erfolgversprechendsten Maßnahmen erfolgte von Rochette 1989 und wurde von der GTZ unter dem Titel „*Le Sahel en lutte contre la désertification*“ veröffentlicht.

Das Konzept der Hilfe zur Selbsthilfe als auf die Akteure zentriertem Entwicklungsansatz wirkte sich auch auf die Ausgestaltung der einzelnen Maßnahmen aus, indem diese Möglichkeiten eröffnen sollten, durch eigene Anstrengung zur Problemlösung beizutragen. Als Interventionseinheiten für die Umsetzung der Maßnahmen auf der lokalen Ebene wurden daher die Betriebe bzw. die Haushalte als Organisatoren der Nutzung der natürlichen Ressourcen und die Dörfer bzw. die Kantone als lokale Einheit zur Koordination der Nutzung gewählt. Mit der Umsetzung der Dezentralisierung in den meisten Ländern des Sahelraumes wurden die Gemeinden als weitere Interventionseinheit geschaffen.

Für die Umsetzung der Einzelmaßnahmen des Managements der natürlichen Ressourcen (NRM) wurden von den einzelnen Programmen pragmatische Lösungsstrategien erarbeitet, um angepasst an den lokalen Kontext in einem realistischen Zeithorizont eine möglichst weitreichende Flächenwirkung zu erzielen.

Zielsetzungen der Programme

Die Umsetzung wurde als Abfolge von unterschiedlichen Maßnahmen, die Degradationsprobleme auf unterschiedlich genutzten Standorten in topographischen Lagen betreffen, konzipiert und in eine mehrjährige Planung eingeschrieben. Als wesentliche Hilfe für die Erstellung der Planung, aber auch für die Durchführung der einzelnen Investitionsmaßnahmen, dienten die prozessbegleitende Beratung und die Ausbildung von technischen Beratern und der lokalen Bevölkerung. Der Beteiligungsprozess wurde als Möglichkeit genutzt, die Organisation der Zielgruppen zu verbessern, sei es durch den Aufbau spezifischer neuer Strukturen wie z.B. dörfliche Landnutzungskomitees, oder durch die Dynamisierung bereits existierender Basisorganisationen. Mit den in den meisten Ländern des Sahel als Dezentralisierung angelegten Verwaltungsreformen der neunziger Jahre wurde eine neue Planungsebene und -einheit geschaffen. Die Planung wichtiger NRM Maßnahmen konnte nunmehr in die Gemeindeplanung einfließen, so dass auch eine Koordination auf übergeordneter Ebene ermöglicht wurde (vgl. Boysen 2008).

Der Prozess der Realisierung der Einzelmaßnahmen erfolgte mit der Unterstützung durch die Programme entsprechend den lokalen Kapazitäten. Unterschiedliche Formen der Leistungserbringung, sowohl Modelle der Ausführung in Eigenregie durch spezialisierte Programmkomponenten, als auch Modelle der Realisierung durch NRO und durch die staatlichen technischen Dienste oder Entwicklungsagenturen, wurden erfolgreich umgesetzt. Als Schnittstelle diente immer die Planung, in der die Beiträge der Beteiligten festgeschrieben wurden. Der Ansatz, die lokale Bevölkerung grundsätzlich von der Planung bis zum Unterhalt der Maßnahmen zu beteiligen, beförderte eine weitgehende ‚Ownership‘ der Maßnahmen durch die Begünstigten und erlaubte die Interessen der Frauen und Jugendlichen zu berücksichtigen. Die aktive Rolle der Begünstigten findet sich entsprechend in den Formulierungen der **Programmziele** wieder, für die hier drei Beispiele aufgeführt sind:

⁶ Als Beispiel aus dem Bereich des Wasserbaus können die Trockensteinrampen aus dem Wildwasserverbau im Alpenraum dienen.

„Die ländlichen Produzenten/ innen im Projektgebiet haben das Management der natürlichen Ressourcen verbessert“.
 „Die Bevölkerung des Projektgebiets wendet zum nachhaltigen Management der agro-sylvo-pastoralen Ressourcen erprobte Verfahren an und entwickelt sie weiter“.
 „die Ackerbauern und Tierhalter nutzen ihre natürlichen Ressourcen und Produktionssysteme auf nachhaltige Weise“.

Ein typisches Beispiel eines Wirkungsgefüges wird in Tabelle 5 dargestellt. In der Darstellung werden die Wirkungen der Maßnahmen sowohl als Folge konkreter Realisierung der Meliorationsmaßnahmen, als auch durch die Befähigung der lokalen Bevölkerung erreicht.

Tab.5: Wirkungsgefüge eines NRM-Programms bzw. einer NRM-Komponente

Wirkungslogik	Wirkungshypothesen	
Dauerhafte Wirkungen	Verbesserung der Ernährungssicherheit. Erhöhte Einkommen, Eigenversorgung und Sparmöglichkeiten. Investitionen in die Modernisierung der Produktion. Die Degradation der natürlichen Ressourcen ist vermindert. Verfügbarkeit von Brennholz verbessert sich.	
↑		
Direkter Nutzen	Die ackerbauliche Produktion ist erhöht.	Die forstliche und die viehwirtschaftliche Produktion sind erhöht.
↑	Die Ökosysteme sind stabilisiert.	
Nutzung der Programmleistungen	Ackerbauern bewirtschaften die meliorierten Ackerflächen nachhaltig.	Viehhalter nutzen die sylvo-pastoralen Flächen nachhaltig.
↑		
Leistungen	Ackerbauern und Viehhalter sind befähigt, die Techniken der nachhaltigen Produktion zu nutzen.	Die Flächen sind melioriert.

Quelle: ins Deutsche übertragen nach Djédjé et al. 2005

Im Rahmen des programmeigenen Wirkungsmonitoring wurde primär das Erreichen der Planungsziele dokumentiert. Zur Messung der Sollgrößen wurden Indikatoren auf Ebene des direkten Nutzens und der dauerhaften Wirkungen definiert. Die qualitative Seite der Indikatoren wurde in der Regel zu Programmbeginn bestimmt, durch eine Erhebung abgesichert und die Indikatoren durch Referenzwerte quantitativ bestückt. Durch die hohe Aggregationsebene konnte die Zielerreichung jedoch nicht umfassend beschrieben werden. Dennoch wurde eine hohe Plausibilität für den Wirkungsbezug sichergestellt, da üblicherweise jeweils zwei bis drei Indikatoren pro Zielgröße festgelegt wurden, die unterschiedliche Aspekte abdeckten, wie beispielhaft die folgenden Formulierungen zeigen:

- Dauerhafte Steigerung der Flächenerträge auf den meliorierten Flächen entsprechend den getesteten, durch Erfahrung bestätigten Erwartungswerten,
- Grundwasserspiegel steigt in den meliorierten Wassereinzugsgebieten,
- in den Gebieten mit nachhaltiger Bewirtschaftung durch die erhöhte Produktion von Kompost zusätzlich im Boden gebundener Kohlenstoff,
- Erhöhung der Fläche unter nachhaltiger Bewirtschaftung,
- Anzahl der Haushalte, die NRM Maßnahmen umsetzen.

Einige Programme führten zudem eine nach NRM Maßnahmen differenzierte Erhebung der Ertragsentwicklung durch, so dass ein Vergleich der Wirkungen verschiedener Maßnahmen möglich wurde. Weitere Aspekte wurden ggf. durch spezifische Studien abgeklärt.

Für die Organisation der Beteiligungen waren oftmals Kriterien wie die Motivation und Verfügbarkeit der Arbeitskraft entscheidend, so dass nicht umfassende Strategien, sondern pragmatische Teillösungen realisiert werden konnten. Neben dieser Teilbarkeit der Maßnahmen erwiesen sich die Einfachheit der Techniken und der Einsatz lokal verfügbarer Materialien als Bedingungen für die Auswahl und die Verbreitung. Das jeweilige Investitionsvolumen und die daraus erwachsenden Folgekosten mussten den einzelnen Interventionseinheiten entsprechen.

Wirkungen der Einzelmaßnahmen

Die hier dargestellten 16 NRM-Maßnahmen (vgl. Tabelle 6, nächste Seite) wurden in verschiedenen Programmen der deutschen Entwicklungszusammenarbeit umgesetzt. Sie beziehen sich auf die beschriebenen Problemstellungen mit denen sich die landwirtschaftlichen Betriebe und die ländlichen Gemeinwesen konfrontiert sehen. Für die Umsetzung der Maßnahmen wurden die partizipative Herangehensweise und die Fortbildungsaktivitäten auf diese beiden Interventionsebenen ausgerichtet.

Die ersten fünf Maßnahmen und teilweise die sechste Maßnahme sind für die Umsetzung auf Betriebsebene konzipiert. Für diese Maßnahmen kann davon ausgegangen werden, dass der überwiegende Teil der betreffenden natürlichen Ressourcen (Land, Gehölze) durch den Landbesitzer bzw. dessen Familie genutzt werden. Aus der Melioration der betreffenden Flächen ergeben sich folglich keine neuen Konflikte hinsichtlich der Nutzung der natürlichen Ressourcen, da die Nutzungsrechte den lokalen sozialen Normen entsprechen und daher bekannt und anerkannt sind. Konflikte erwachsen ggf. aus der Missachtung der lokalen Normen oder aus Einschränkung der Nutzung durch staatliche Stellen.

Alle anderen Maßnahmen betreffen die Gemeinwesen und werden im Kollektiv umgesetzt. Sie beziehen sich teilweise auf Flächen, die einer gemeinschaftlichen Nutzung unterliegen. Dabei kann es sich um Flächen handeln für die Besitzrechte von Einzelnen oder einer bestimmten Familie gehalten werden und um Land im Besitz bzw. unter der Verwaltung der Gemeinwesen oder des Staates (z.B. Staatsforste, Gemeindewälder etc.). Die Aufteilung und Übertragung der staatlichen Besitz- und Verfügungsrechte auf die dezentralen Gebietskörperschaften (Regionen, Gemeinden) ist in den meisten Ländern des Sahelraums bisher nicht durchgeführt (Boysen 2008). Entsprechend bleibt die Integration der Nutzer in formelle Strukturen (Zweckverbände, Genossenschaften etc.) und die institutionelle Verankerung der Maßnahmen bisher unvollständig, auch wenn große Fortschritte erreicht wurden.

Eine Änderung der Nutzungsmöglichkeiten wie z.B. die Umwandlung in eine ackerbauliche Nutzung kann auch Änderungen der Verfügungsrechte an natürlichen Ressourcen, in diesem Fall ein Verlust der Weidenutzung in der Regenzeit nach sich ziehen. Durch die Maßnahmen können somit neue Konflikte entstehen. Gleichzeitig bedingen die Meliorationsmaßnahmen oftmals, dass zumindest temporär eine geregelte Nutzung durchgesetzt wird, und erfordern eine effektive Organisation. Neben den ökologischen und ökonomischen Wirkungen sind auch die politischen und institutionellen Wirkungen entscheidende Kriterien für die Auswahl der Maßnahmen durch die Programme und die Beteiligung der Begünstigten.

Tab. 6: NRM-Maßnahmen nach Managementebenen und deren direkte Wirkungen

NRM-Maßnahmen	Management-ebene	direkte Wirkungen		
Vegetationsstreifen	- Betrieb	Erosionsschutz	Gras- / Futterertrag	Ackerbauertrag verbessert
Steinreihen (<i>cordons pierreux</i>)	- Betrieb	Erosionsschutz	Bodenfeuchte nimmt zu	Ackerbauertrag verbessert
Mulchen (<i>paillage</i>)	- Betrieb	Erosionsschutz	Bodenstruktur verbessert	Ackerbauertrag verbessert
Pflanzmulden (<i>zay, tassa</i>)	- Betrieb	Pflanzennährstoffe verfügbar	Bodenfeuchte nimmt zu	Ackerbauertrag verbessert
Natürliche Regeneration	- Betrieb	Begrünung / Erosionsschutz	Holz- / Futter- / Fruchtertrag	Ackerbauertrag verbessert
Sicheldämme (<i>demi-lunes</i>)	- Betrieb - Dorf (Gemeinde)	Erosionsschutz	Futter-/ Holzertrag ggf. Ackerbauertrag	Begrünung
Nardi-Pflugfurchen	- Dorf (Gemeinde)	Futter- / Holzertrag	Erosionsschutz	Begrünung
Konturdämme (<i>banquettes</i>)	- Dorf (Gemeinde)	Erosionsschutz	Futter-/ Holzertrag ggf. Ackerbauertrag	Begrünung
Manuelle Gräben	- Dorf (Gemeinde)	Erosionsschutz	Futter- / Holz- und Harzertrag	Begrünung
Steinwälle (<i>digues filtrants</i>)	- Dorf (Gemeinde)	Erosionsschutz	Bodenfeuchte und Grundwasserspiegel steigen	Ackerbauertrag verbessert
Feuerschutzstreifen	- Dorf (Gemeinde)	Schutz der Vegetation	Futtersicherheit	Verkehrsinfrastruktur
Dünenbefestigung	- Dorf (Gemeinde)	Schutz vor Versanden	Begrünung	Futter- / Grasertrag
Mikro-Talsperren	- Gemeinde (Dorf/ Nutzer)	Gartenbau- / Reisertrag	Mikroklima	Grundwasserspiegel steigt
Kleinbewässerungsanlagen	- Gemeinde (Dorf/ Nutzer)	Gartenbau- / Reisertrag	Mikroklima	Begrünung
Lokale Nutzungsvereinbarungen	- Gemeinde (Dorf/ Nutzer)	Konfliktprävention	Erhalt der Ökosystem-Dienstleistungen	Vegetationsentwicklung
Landnutzungsplanung	- Gemeinde	Infrastruktur-erstellung und -unterhalt	Verbesserung der Flächennutzung	Konfliktprävention

Quelle: eigene Darstellung

(1) Vegetationsstreifen

Die Pflanzstreifen werden in flachem Gelände (< 2% Gefälle) entlang der Höhenlinien, d.h. senkrecht zum Gefälle, in einer Breite von 80cm bis 1m angelegt. Als Pflanzmaterial kommen mehrjährige lokale Gräser (*Andropogon gayanus*, *Cymbogon schoenanthus*, *Vetivera nigrifolia*) zum Einsatz, wobei die Auswahl wesentlich durch die Nutzung der Gräser (Einstreu, Matten, Dächer, Besen etc.) bestimmt wird. Neben der Pflanzung von Setzlingen ist auch die Direktsaat möglich. Vegetationsstreifen werden hauptsächlich auf landwirtschaftlich genutzten Flächen angelegt, sind jedoch auch in Weidegebieten sinnvoll, wenn sie während der Einrichtungsphase vor Verbiss geschützt werden. Als Standorte sind alle tiefgründigen Böden möglich.

Ökologische Wirkungen

Die Vegetationsstreifen bremsen den Oberflächenabfluss während starker Regen und verbessern dadurch die Infiltration und Verteilung des Niederschlags. Die Sedimentfracht des Abflusses lagert sich teilweise oberhalb und im Vegetationsstreifen ab, so dass es zu einer Nivellierung des Geländes und zu geringerem Abtrag des Oberbodens kommt. Mit dem Sediment wächst auch der Vegetationsstreifen mit. Insgesamt überwiegt trotz der Wasserkonkurrenz zwischen Vegetationsstreifen und Nahrungspflanzen die positive Wirkung auf den Wasserhaushalt des Feldes. Hinsichtlich Extremwetterereignisse ist die Wirkung ausgesprochen moderierend.

Durch die Pflanzenhorste wird in der Trockenzeit und zu Beginn der Regenzeit die Winderosion gemindert und es kommt zur Ablagerung von Springfrucht und fruchtbarem Staub im Bereich der Vegetationsstreifen.

Als negativ wird von den Bauern die Ausdehnung der Gräser auf den Ackerbereich erachtet. Dieser Tendenz kann durch die Auswahl wenig invasiver Arten und durch die Bodenbearbeitung Rechnung getragen werden.

Ökonomische Wirkungen

Die Kosten für die Anlage der Vegetationsstreifen sind überschaubar. Je Hektar sind rund 6 Arbeitstage für das Markieren der Höhenlinien, die Herstellung des Pflanzbetts und die Saat erforderlich. Für den Unterhalt fallen weitere 2,5 Tage an. Zusätzlich werden das Saatgut oder Setzlinge benötigt, sowie Kleinmaterial und eine Schlauchwasserwaage.

Die Hirseerträge auf ausschließlich durch Vegetationsstreifen meliorierten Flächen in Niger stiegen um 50 kg/ha für das Korn und 125 kg/ha für das Stroh (PASP 2004). Durch eine verbesserte Düngung kann der Ertrag weiter gesteigert werden. Beste Ertragsresultate erzielte im Projekt Ressourcenmanagement im Departement Tillabéri-Nord (PASP) Niger eine Kombination aus Vegetationsstreifen, Mulchen und Nutzung des Feldes als Viehstandplatz („*Parcage*“) mit Steigerungen der Hirsekornenerträge von 280 kg/ha und Hirsestroherträgen von 370 kg/ha.

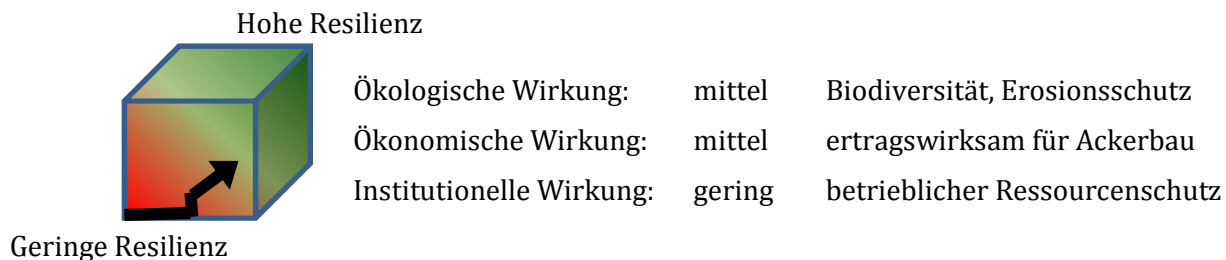
Zusätzlich kann durch die Nutzung des Grasstrohs als Rohstoff für die traditionelle Matten- und Handbesenherstellung ein monetäres Einkommen erwirtschaftet werden. Die Nutzung als Viehfutter erfolgt als Heu geerntet und durch die Beweidung nach der Regenzeit und zum Ende der Trockenzeit.

Politische und institutionelle Wirkungen

Vegetationsstreifen können durch den Bewirtschafter der Felder angelegt werden und unterliegen in der Regenzeit keinerlei Beschränkung durch das Bodenrecht. In der Trockenzeit sind sie der Beweidung durch das umherstreunende Vieh ausgesetzt. Sie können als Zeichen

einer ressourcenschonenden Bewirtschaftung gelten. Als rein betriebliche Maßnahmen entfalten Vegetationsstreifen keine weiteren sozialen und politischen Wirkungen.

Zusammenfassend kann der angestrebte Beitrag der Vegetationsstreifen zur Verbesserung der Resilienz wie folgt dargestellt werden:



Bei sachgerechter Umsetzung wurden dieser Wirkungen auch weitgehend erzielt.

(2) Steinreihen

Als Meliorationsmaßnahme eignen sich Steinreihen sowohl für die ackerbauliche Nutzung als auch für die Waldweide in Gebieten von 300 bis 900 mm durchschnittlichem Niederschlag auf Lagen mit geringer Hangneigung. Steinreihen werden aus Steinlinien entlang der Höhenlinien gebildet, die jeweils aus zwei bis drei Steinen in einen oberflächlichen Graben von 10 bis 15 cm Tiefe geschichtet werden. Sie ragen 20 bis 30 cm aus dem Gelände und dienen ähnlich wie die Pflanzstreifen dem Erosionsschutz bei geringer Hangneigung. Der Abstand zwischen den Reihen liegt entsprechend der Hangneigung bei 20 bis 50 m. Oft werden die Steinreihen durch Gräser und Gehölze begrünt. Dies erhöht ihre Wirksamkeit und die Langlebigkeit.

Ökologische Wirkungen

Ziel der Maßnahme auf eher sandigen Böden ist die Reduzierung des Abtrags des Oberbodens mit seinen Bestandteilen an Feinerde. In Böden mit höheren Anteilen der Tonfraktion steht die Verbesserung der Infiltration im Vordergrund.

Durch die Melioration wird der oberflächige Abfluss des Regenwassers gleichmäßig auf die gesamte behandelte Fläche verteilt und die Bildung von kleinen Abflussrinnen gemindert. Durch den Rückstau am Bauwerk reduziert sich die Abflussgeschwindigkeit und es lagert sich Sediment ab. Der leichte Terrassierungseffekt trägt dazu bei, das Gelände zu nivellieren und in der Folge sinkt der Bodenabtrag. Auch das Wegschwemmen von Tierdung und Mulchmaterial wird verhindert.

Durch die verbesserte Verteilung und den verlangsamten Abflusses werden die Infiltration und die Durchfeuchtung des Bodens nach Niederschlägen erhöht. Die Pflanzen und das Bodenleben profitieren vom verbesserten Wasserhaushalt. Insgesamt verbessert sich daher auch die Struktur der Böden.

Die Steinreihen sind im Gegensatz zu den Grasstreifen keine Wasserkonkurrenten der Kulturpflanzen und nicht invasiv. In Jahren mit überdurchschnittlich viel Niederschlag kann es oberhalb der Steinreihen zu Staunässe kommen, so dass es erforderlich ist, die Steinreihen zu öffnen und den Abfluss herzustellen.

In Folge der erhöhten Bodenfeuchte kann ein Wechsel der Anbaufrüchte auf dem Feld möglich werden. Im Projekt Ressourcenerhaltende Bewirtschaftung des Zentralplateaus (PATECORE) in Burkina Faso wechselten die Bauern auf den meliorierten Flächen vom Anbau von Kolbenhirse zu Sorghum (PARTIZIP 2005).

Auch die Diversifizierung der Anbaufrüchte wird durch den besseren Wasserhaushalt möglich. Kunze (1998) stellte in derselben Region eine Erweiterung des Mischanbaus fest. Auf den Flächen mit Steinreihen wurden durchschnittlich drei statt nur zwei verschiedene Feldfrüchte angebaut. Die Erweiterung der Fruchtfolgemöglichkeiten erleichtert die Kontrolle von Schädlingen.

Die Steinreihen wirken sich auch positiv auf die vorhandene Vegetation aus. In verschiedenen Programmen (PASP, PATECORE) wurde die Begrünung der Steinreihen durch natürliche Regeneration gezielt unterstützt. Aus dem Vergleich der Gehölze auf Parzellen mit und ohne Steinreihen wurde deutlich, dass es auf den meliorierten Flächen viel öfter zur Wiederansiedlung von Arten kommt, die bereits aus dem Gebiet verschwunden waren (Reij et al. 2005).

Ökonomische Wirkungen

Die Anlage der Steinwälle erfordert einen beträchtlichen Einsatz an Arbeitskraft und Transportkapazitäten. Die jeweiligen Kosten sind abhängig von der Entfernung zwischen Feld und Steinbruchgebiet. Für die Melioration von einem Hektar sind bei überschlägig 24 m³ Steine für 400 m Steinreihen rund 30 Arbeitstage einzusetzen, verteilt zu je rund einem Drittel auf die Arbeiten: Steine Gewinnen und Laden; Transport mit Eselskarren; Erstellen der Höhenlinien und Bau der Steinreihen. Ein Minimum an Unterhalt ist für die Funktionalität der Steinreihen notwendig. Die Opportunitätskosten der Arbeit in der Trockenzeit sind somit ein wesentlicher Faktor für die Wirtschaftlichkeit der Anlage von Steinreihen (Kunze 1998).

Für den Transport kommt neben den Eselskarren auch der Einsatz von Lastwagen in Betracht. Zusätzlich sind Kleingeräte wie Brechstangen, Pickel, Schaufeln, eine Schubkarre und die Schlauchwasserwaage etc. notwendig.

Die Ertragssteigerungen durch Steinreihen sind erheblich (ebenda). Beste Resultate werden durch eine Kombination mit einer organischen Düngung (vgl. Pflanzmulden) oder dem Mulchen erzielt.

Der in der Region Tillabery im Niger (PASP) gemessene Ertragszuwachs im Anbau der Kolbenhirse übersteigt dauerhaft 40%, ohne dass langfristig eine Verringerung feststellbar wäre. Selbst nach der vollständigen Sedimentation der Steinreihen hält die Wirkung an. Die Bauwerke bewirkten demzufolge eine nachhaltige Strukturveränderung der Böden (PASP 2004). Kunze (1998) bestimmte in Burkina Faso Kurven für die Ertragsentwicklung auf durch die Steinreihen meliorierten Flächen ohne Düngungsmaßnahmen. Sie ermittelte für Sorghum nach vier Jahren der Ertragssteigerung einen fast kompletten Rückfall auf das Ertragsniveau ohne Meliorationsmaßnahmen. Ihre Daten legen nahe, zusätzlich zu den Steinreihen auch eine regelmäßige Düngung mit Tierdung durchzuführen, um das Ertragsniveau zu stabilisieren. Aus der Auswertung der Programmdaten von PATECORE ergaben sich mit der Applikation von Tierdung, der Anlage von Pflanzmulden etc. Steigerungsraten von über 100 Prozent zu den Kontrollflächen ohne Steinreihen und ohne organische Düngung (PARTIZIP 2005).

Mit den Steinreihen erhöhte sich zusätzlich die Ertragssicherheit. In Trockenjahren konnten auf den meliorierten Flächen weiter Erträge erzielt werden, während die Kontrollflächen einen Totalausfall zeigten (Kunze 1998).

Durch die Ertragsteigerung mit den Steinreihen verbesserte sich die Ernährungssicherheit der Haushalte proportional zu ihrem Anteil der meliorierten Fläche an der Anbaufläche. Für einen Anteil von 16 % im PASP in Niger entspricht dies nach Nill (PARTIZIP 2005) einer Verbesserung der Jahresproduktion um 8 bis 33 Prozent.

Politische und institutionelle Wirkungen

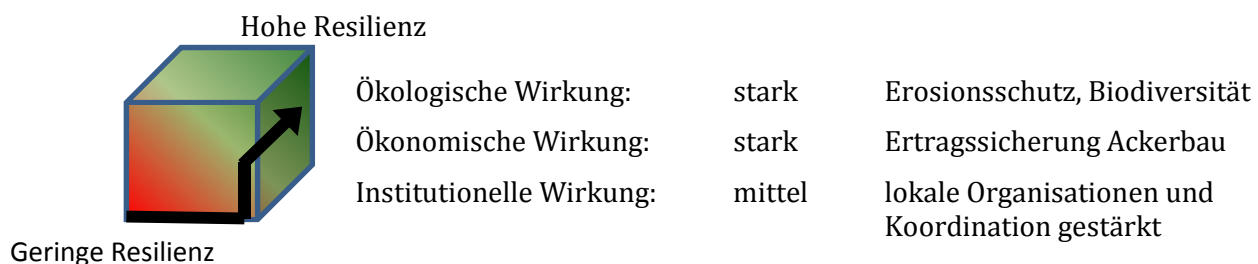
Die Umsetzung der Maßnahme ist nicht an den Bodenbesitz gebunden. Auch langfristig überlassene Flächen werden durch die Steinreihen verbessert. Neben dem Familienfeld werden bevorzugt Felder in Nähe des Wohnsitzes melioriert.

Die breitenwirksame Umsetzung der Maßnahme im Rahmen von Programmen zur nachhaltigen Ressourcennutzung basiert auf der Subvention von Transportleistungen für die Steine. Allerdings wurde auch nach Ende der Unterstützungsmaßnahmen in 30 % der Dörfer weiterhin Steinreihen erstellt (PASP 2004). Für die effiziente Umsetzung der Maßnahme waren eine gute Organisation der Nutznießer und deren Mobilisierung als Arbeitskräfte eine Voraussetzung. Die Abstimmung im Planungsprozess und die Zusammenarbeit bei der Realisierung stärken die lokalen Selbsthilfeorganisationen.

Für die Sicherung der Beteiligung war es mit förderlich, den Nutznießern die freie Wahl zu lassen, welche Flächen ihrer Betriebe sie meliorieren wollen. Aus diesen individuellen Präferenzen ergab sich in der Folge keine systematische Melioration des Wassereinzugsgebiets. Allerdings konnte beispielsweise im PATECORE durch die Begleitung der Planungsprozesse und die systematische Ausbildung von Bauernberatern sichergestellt werden, dass die Maßnahmen auf den geeigneten Flächen durchgeführt werden. Die Melioration der sylvo-pastoralen Flächen erhielt zumeist nur eine geringe Priorität seitens der Landwirte.

Im nördlichen Burkina Faso stellten Reij et al. (2005) nach der Einführung von Steinreihen und anderen BWK Maßnahmen in der Mitte der achtziger Jahre einen starken Rückgang der Abwanderung fest.

Zusammenfassend kann der angestrebte Beitrag der Steinreihen zur Verbesserung der Resilienz wie folgt dargestellt werden:



Die Wirkungen wurden bei sachgerechter Anlage der Steinreihen erreicht.

(3) Mulchen (*Paillage*)

Eine Bodenbedeckung durch Mulchen kann zu unterschiedlichen Zeitpunkten in der Trockenzeit auf allen landwirtschaftlichen Nutzflächen mit wenig Hangneigung durchgeführt werden. Als Mulchmaterial dienen die auf dem Feld verbliebenen, restlichen Hirsestängel. Sie werden nach der Ernte oder zum Ende der Trockenzeit als Bodenbedeckung ausgebracht. Als weiteres Mulchmaterial kommen Äste, Laub und Reste von Matten, sowie nicht benötigtes Futterstroh oder sonstiges Stroh in Betracht. Die Aktivität wird jedes Jahr unternommen; empfohlen werden 2t Trockenmasse pro Hektar.

Während der Regenzeit wird das Unkraut als weiteres Mulchmaterial in den Boden oberflächlich eingehackt bzw. ausgebracht. Im Zuge einer Fruchtfolge ist auch eine Gründüngungsfrucht möglich. Mulchen wird zumeist in Kombination mit anderen Maßnahmen zum Erosionsschutz angewandt.

Ökologische Wirkungen

Das Mulchen der Erntereste direkt nach der Ernte dient in erster Linie zur Reduzierung der Winderosion und fördert die Ablagerung von Feinstaub aus den Harmattanwinden. Generell

wird mit der Bodenbedeckung der Temperaturanstieg durch Sonnenstrahlung auf den Oberboden reduziert. Die Evaporation wird vermindert und die Bodenfeuchte bleibt länger erhalten. Mit den gebräuchlichen Farmmethoden in Niger kann der Bodenerhalt nur durch eine effektive Nutzung der Erntereste für das Mulchen erreicht werden (Sterk et al. 1996)

Das Ausbringen von Mulchmaterial gegen Ende der Trockenzeit stimuliert die Aktivität der Bodenorganismen, insbesondere der Termiten. Durch deren Aktivität wird das organische Material in den Boden eingearbeitet. Zudem verbessert sich die Durchlässigkeit des Bodens durch die Termitengänge.

Die Bodenbedeckung zu Beginn der Regenzeit schützt den Boden vor der Energie der Regentropfen (Splasheffekt). Die Feuchtigkeit wird vom Boden unter der Mulchschicht besser aufgenommen. Der Oberflächenabfluss setzt somit später ein und wird durch die Mulchschicht abgemindert. Mulchen gilt auf den Cap Verden als beste Methode zur Vermeidung des oberflächigen Wasserabflusses.

In den meist sandigen Böden in der Sahelzone trägt die organische Substanz zur Strukturbildung bei und reguliert die Nährstoff- und Wasserversorgung. Das Mulchmaterial trägt somit direkt zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit bei. Als wesentliches Element für die Fruchtbarkeit in diesen sandigen Böden wird die organische Substanz angesehen (Blanchart et. al. 2005, Feller et al. 2012).

Ökonomische Wirkungen

Der Arbeitskraftbedarf für das Mulchen ist relativ gering (1,5 Arbeitstage pro ha). Wird das Mulchmaterial antransportiert, sind zusätzlich die Transportkosten zu berücksichtigen. Wird Stroh von Gemeinschaftsfeldern verwendet kommt ggf. noch der Beschaffungsaufwand hinzu.

Im PASP wurden aus dem Vergleich verschiedener mit Kolbenhirse bepflanztter Flächen eine Steigerung der Kornerträge durch das Mulchen von durchschnittlich 129 kg je ha gemessen.

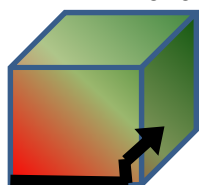
Der Strohertrag aus der Getreideproduktion dient für verschiedene Nutzungen und wird zum großen Teil vom Feld abtransportiert. Als Futter zum Beispiel für die Zugtiere komplettiert und ersetzt das Stroh andere Futterquellen und wurde im letzten Jahrzehnt zunehmend marktfähig. Mit dem Abtransport der Erntereste verschwindet das Mulchmaterial vom Feld.

Politische und institutionelle Wirkungen

Mulchen ist eine rein betriebliche Maßnahme und unterliegt keinerlei Beschränkungen oder Förderung durch die Dorfgemeinschaften. Allerdings wird das Stroh auch für andere Zwecke, insbesondere als Viehfutter eingesetzt. Vielerorts wird Stroh auf den Märkten gehandelt. Das auf dem Feld verbleibende Stroh muss daher gesichert werden.

Die Nutzung der Erntereste ist ebenfalls Quelle für Konflikte zwischen den Ackerbauern und den Viehhirten, die mit ihren Tieren nach der Ernte über die Felder ziehen.

Der angestrebte Beitrag des Mulchens zur Verbesserung der Resilienz stellt sich wie folgt dar:

	Hohe Resilienz		
	Ökologische Wirkung:	stark	Bodenstruktur, Erosionsschutz
	Ökonomische Wirkung:	mittel	Ertragswirksam für Ackerbau
	Institutionelle Wirkung:	gering	betriebliche Maßnahme

Geringe Resilienz

Diese Wirkungen wurden erreicht, wenn die empfohlenen Mengen an Mulchmaterial eingesetzt werden können. Diese wurden allerdings oft nicht erreicht.

(4) Pflanzmulden (Zay, Tassa)

Mit den Pflanzmulden können marginale oder degradierte Standorte auf flachen Hangflächen in Gebieten mit unter 800 mm Niederschlag wieder in Kultur genommen werden. Sandböden sind wegen der mangelnden Stabilität für diese Technik nicht geeignet. Auch die Talsohlen eignen sich wegen der Überschwemmung nicht. Die Pflanzmulden werden in der Trockenzeit in Linien senkrecht zur Hangneigung angelegt, dabei werden die Nachbarlinien jeweils versetzt. Sie sind 10 bis 15 cm tief und haben einen Durchmesser von 30 bis 40 cm. Der Aushub wird talseitig angehäuelt und verdichtet. Der Abstand zwischen den Mulden beträgt rund 70 cm, was in etwa 10.000 – 13.000 je Hektar entspricht. Zwei Hände voll Trockendung oder Kompost (200 - 300g) werden in jede Mulde appliziert. Die Mulden werden jeweils nach zwei Jahren erneuert.

Neben der Anwendung im Ackerbau ist der Einsatz von Pflanzmulden auch für Wiederaufforstungsmaßnahmen möglich.

Ökologische Wirkungen

Um den Arbeitsaufwand zu verringern können die Löcher auch am Ende der Regenzeit angelegt werden, wenn der Boden noch weich ist. Die unregelmäßige Bodenoberfläche fördert in diesem Fall die Ablagerung von Staubfracht aus den Harmattanwinden in der Trockenzeit.

Durch die Anordnung der Mulden wird der oberflächige Abfluss aufgefangen und die Durchfeuchtung des Bodens für das Pflanzenwachstum optimal konzentriert. Dadurch können die Kulturpflanzen eventuelle Trockenperioden während der Regenzeit besser überstehen. Speziell für die Jungpflanzen bieten die Mulden gute Entwicklungsbedingungen und ermöglichen somit ein gleichmäßiges Auflaufen der Saat.

Die Nährstoffe werden nahe an den Pflanzenwurzeln platziert. Dieses Vorgehen verspricht eine optimale Effizienz beim Einsatz dieses seltenen Produktionsfaktors, allerdings besteht beim Einsatz von konzentriertem Dung aus der Haltung kleiner Wiederkäuer („Poudrette“) die Gefahr, dass die empfindlichen Pflanzenwurzeln geschädigt werden. Bei der Applikation von gut verrottetem Kompost werden diese Schäden vermieden. Die Platzierung in der Mulde verhindert ein Wegschwemmen des Dungs während starker Regenereignisse. Durch die Verkrustung der Flächen zwischen den Pflanzmulden wird die Entwicklung des Unkrauts gehemmt.

Ökonomische Wirkungen

Die Anlage der Pflanzmulden erfordert eine intensive Arbeit. Je nach Anzahl der Mulden ist mit 40 bis 60 Arbeitstagen je Hektare zu rechnen. Alternativ wird auch ein Einsatz der tierischen Anspannung zur mechanisierten Anlage der Pflanzmulden mit einem speziellen Pflug propagiert. Mit diesem Dispositiv kann die Arbeit in 7 Tagen erledigt werden. Allerdings sind die Erfahrungen mit dieser Technik noch sehr beschränkt.

Nach Auswertungen durch das PASP (2004) in Niger werden durch Anlage der Pflanzmulden Hirseerträge ermöglicht, die etwa doppelt so hoch liegen, wie auf nicht behandelten Kontrollflächen (Mehrertrag = 214 kg/ha). Da Pflanzmulden auf vorher nicht kultivierbaren Arealen eingesetzt werden, ist genau genommen der gesamte Ertrag (409 kg/ha) als Steigerungen zu bewerten (vgl. auch Kaboré und Reij 2003).

Der wesentliche Vorteil der Methode ist die gesteigerte Effizienz beim Einsatz von Düngemitteln. Durch die verbesserte Bodenfeuchte wird, eine zu hohe Konzentration der Dünger vermieden. Oft wird die Methode mit der Melioration des Standortes durch Steinreihen kombiniert.

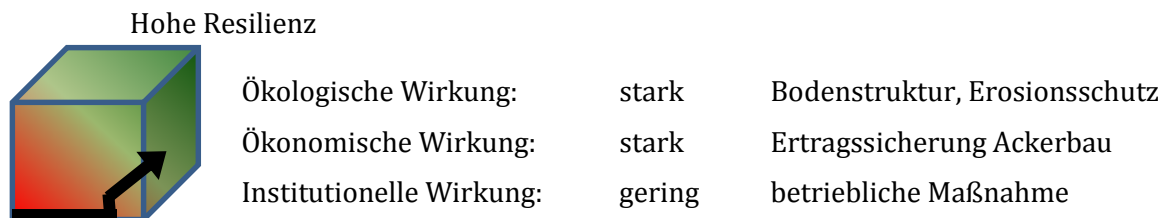
Politische und institutionelle Wirkungen

Diese einfache Methode wird auf Betriebsebene eingesetzt. Die Anwendung ist abhängig von der Verfügbarkeit der männlichen Arbeitskraft des Haushalts während der Trockenzeit bzw. von deren Opportunitätskosten. Die Umsetzung durch Tagelöhner ist Teil der Etablierung einer ländlichen Lohnarbeit und erfolgt zumeist in der zweiten Hälfte der Trockenzeit.

Mit der Methode können degradierte Lagen wieder in Kultur genommen werden, so dass sie zu einer weiteren Ausdehnung der bestellten Ackerfläche beiträgt. Mit dieser Steigerung der Nutzungsintensität (Anteil der genutzten an der nutzbaren Fläche) wurde in Burkina Faso die Abwanderung gemindert (vgl. Reij et al. 2005).

Die Landverteilung bzw. der Status des Landzugangs spielt auch eine wesentliche Rolle, da geliehene Felder in der Regel weniger gedüngt werden. Hopkins et al. (1995) nennen aus Untersuchungen im Niger als positive Parameter für die Düngung in abnehmender Wichtigkeit: geringe Bodenqualität, Nähe zum Feld, Größe des Feldes, abnehmende Farmgröße, größerer Anteil von Männern am Haushalt und die Anzahl der Jahre kontinuierlicher Bewirtschaftung. Dabei werden die Familienfelder der Haushalte mehr gedüngt als die individuellen Felder der einzelnen Mitglieder.

Zusammenfassend kann der angestrebte Beitrag der Pflanzmulden zur Verbesserung der Resilienz wie folgt dargestellt werden:



Geringe Resilienz

Bei einer sachgerechten Anlage wurden diese Wirkungen in der Regel erreicht.

(5) Förderung der natürlichen Regeneration

Mit dieser agroforstlichen Maßnahme wird der Baumbestand auf den Ackerflächen gepflegt. Die Maßnahme wird vom oder für den Besitzer des jeweiligen Feldes durchgeführt. Hierfür werden geeignete Jungpflanzen im Feld ausgewählt und mit Markierungspfosten gekennzeichnet, um sie beim Unkrauthacken zu schonen. Als Bestandsdichte werden 60 bis 80 Bäume je Hektar empfohlen. In den ersten Jahren müssen die Jungpflanzen vor dem Verbiss durch Weidetiere geschützt werden. Die Jungbäume werden regelmäßig zurechtgestutzt, um ihr Wachstum zu stimulieren, so dass sie schnell aus der Verbisszone herauswachsen.

Die Auswahl der Bäume wird einerseits durch die Standortfaktoren und andererseits durch die Nutzungsabsichten beeinflusst. Neben den Fruchtbäumen (Tamarinde, Karité, Néré) werden auch Futterbäume (*Faidherbia albida*, *Balanites*) und auch Bäume für andere Nutzungen wie Harzgewinnung (*Acacia senegal*), Arzneisubstanzen, Baumaterial (Neembaum) geschützt.

Ökologische Wirkungen

Mit der Förderung der natürlichen Regeneration gelingt es, die im Kulturräum Sahel traditionell weit verbreiteten Parklandschaften wieder herzustellen. Insbesondere die Parks mit den Gaobäumen (*Faidherbia albida*), die in der Regenzeit keine Blätter tragen, bilden als Pflanzengesellschaften optimale Voraussetzungen für den Anbau von Hirsegetreide.

Durch die Beschattung und den Lebensraum für die Tiere bilden die Bäume eine wesentliche Stütze für die Aufrechterhaltung der Artenvielfalt. Sie wirken ausgleichend auf das Mikroklima,

in dem sie Schatten verbreiten und Feuchtigkeit an die Umgebung abgeben. Die Kronen hemmen den Wind und fördern die Ablagerung von Staub in der Trockenzeit.

Viele Gehölze haben die Fähigkeit den Luftstickstoff über Symbiosen mit Bodenbakterien zu binden und erschließen aus Symbiosen mit Pilzen Bodennährstoffe. Der Verlust von Pflanzennährstoffen durch Versickern wird dadurch weitgehend vermieden.

Die Verbindung zur Grundwasserschicht erlaubt gewissen Bäumen Wachstumsphasen während der Trockenzeit und minimiert dadurch die Konkurrenz mit den Anbaufrüchten.

Durch den Laubfall bringen die Bäume neue organische Substanz auf den Boden und stabilisieren die Bodenstruktur und den Nährstoffgehalt. (vgl. Absatz zum Mulchen, S. 27)

Die Durchwurzelung schützt den Boden vor Erosion.

Ökonomische Wirkungen

Der Aufwand für die Förderung der natürlichen Regeneration ist vergleichsweise gering und besteht neben der Arbeitskraft in den Kosten für das Material zum Schutz der Jungbäume.

Der direkte ökonomische Nutzen des Baumbestandes wird durch die Nutzung der Blüten, der Früchte, der Blätter und der Borke und des Holzes erreicht. Der Nutzen aus dem Bestand ist entsprechend vielfältig und wird periodisch meist jährlich oder als einmalige Verwertung durchgeführt. Die Zeitpunkte der Ernte sind sehr unterschiedlich. Die Verwertung erfolgt direkt durch den Verkauf vor Ort oder später nach Lagerung, Konservierung oder Verarbeitung zu einem Veredelungsprodukt (Karitébutter). Der Stellenwert der einzelnen Produkte ist sehr unterschiedlich und kann im günstigsten Fall einen substanziellen Teil des Geldeinkommens erreichen.

Die Nutzung der Futterbäume erfolgt durch Schneiteln der Äste während der heißen Periode der Trockenzeit (März, April, Mai). Dabei wird abgewartet, bis die Früchte reif sind, so dass sowohl die Früchte als auch die Blätter gefressen werden können. Der Schnitt muss so ausgeführt werden, dass der Wiederaustrieb weiterhin gewährleistet wird. Ebenfalls muss die Übernutzung vermieden werden, da die Bäume auf den Rückschnitt mit Nottrieben reagieren und dadurch ihre Reserven erschöpfen.

Als weiteres wesentliches Element ist die Holznutzung herauszustellen. Holz ist nach wie vor die hauptsächliche Energiequelle für die ländlichen Haushalte. Bei abnehmenden Erträgen der Wald- und Buschflächen gewinnt die Nutzung des Baumbestands auf den Feldern in dicht besiedelten Gebieten an Bedeutung. Der Zuwachs dient in der Regel zur Deckung der Selbstversorgung und zum Verkauf. In Notlagen kann auch zusätzliches Holz aus dem Bestand verkauft werden.

Politische und institutionelle Wirkungen

Die de facto Absicherung der Nutzungsrechte für den Baumbestand ist eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg der Maßnahme. Die Möglichkeiten die Erträge selbst zu nutzen wurde von Botoni und Reij (2009) als ein entscheidendes Kriterium für die unterschiedliche Entwicklung der Baumbestände auf den Feldern im Grenzgebiet von Niger und Nordnigeria beschrieben. Während in Nigeria die repressive Forstgesetzgebung weiter aufrechterhalten wurde, setzte die Behörde in Niger diese Form der forstpolizeilichen Bevormundung nicht weiter durch, obwohl hierfür die rechtlichen Grundlagen auch nach der Forstreform von 2004 weiter bestanden. Die Bauern sahen sich zunehmend als Besitzer ihrer Bäume. In der Folge erholte sich in der Region von Maradi der Baumbestand auf den Feldern durch die Förderung der natürlichen Regeneration zusehend. Im nahen Nigeria blieben die Flächen ohne die Maßnahmen kahl (Ebd., Sendzimir et al. 2011).

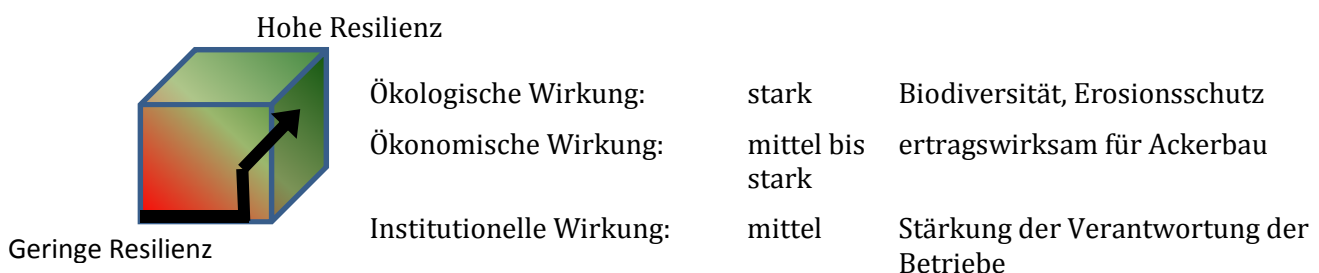
Da mit der Nutzung der Bäume zusätzliche Einkommen erwirtschaftet werden, wird der Bestand in den dicht besiedelten Gegenden intensiver geschützt und die Bestandesdichte ist höher (Botoni und Reij 2009).

In der traditionellen Vorstellung ist oftmals mit den Bäumen eines bestimmten Ortes auch dessen Identität verbunden. Daher werden in den Legenden der Gründung von Ortschaften neben der Person des Gründervaters zumeist ein Baum bzw. mehrere Bäume oder Baumarten benannt, die als Ortsbeschreibung oder Schattenspender im Gründungsereignis eine Rolle spielen. In der animistischen Glaubensvorstellung sind Bäume als Wohnort der Geister wichtig. Von bestimmten Bäumen geht eine magische Wirkung aus und die Nutzung ist eingeschränkt und das Fällen untersagt.

Die Nutzung von bestimmten Baumfrüchten ist in vielen Gegenden des Sahel den Frauen vorbehalten bzw. die Früchte werden von den traditionellen Autoritäten (Dorfchef, Erdherr etc.) an die Frauen in ihrem Einflussbereich abgetreten. Traditionelle Regeln zur Nutzung bestehen insbesondere für die Früchte des Affenbrotbaumes, des Nérébaumes, des Karitébaumes, des Tamarindenbaumes und für die Blüten des Kapokbaumes.

Bei der Umsetzung der Förderung der natürlichen Regeneration werden die traditionellen Vorstellungen berücksichtigt. Weil die Maßnahme „nur“ den natürlichen Aufwuchs fördert, ergibt sich daraus keine Änderung in den Besitzverhältnissen, wie dies bei einer Pflanzung durch einen Bewirtschafter auf einer Pachtparzelle eventuell der Fall sein kann.

Der angestrebte Beitrag der Förderung der natürlichen Regeneration zur Verbesserung der Resilienz stellt sich wie folgt dar:



Diese Wirkungen wurden in den Programmen weitgehend erreicht.

(6) Sicheldämme

Sicheldämme bestehen aus einem Erd- oder Steindamm, der entgegen der Hangrichtung ein Halbrund formt. Durch die Ausschachtung des Materials für den Damm entsteht eine Mulde in die organischer Dünger appliziert und je nach Zweck der Melioration Bäume gepflanzt und später Gräser eingesät werden oder Getreide angebaut wird.

In der sylvo-pastoralen Nutzung muss die Anlage in den ersten Jahren vor dem Viehverbiss geschützt werden. Zur Förderung der Infiltration im Halbrund sollten die Flächen in den ersten Jahren jährlich gehackt werden.

Ökologische Wirkung

Die sylvo-pastoralen Sicheldämme unterstützen die Begrünung degradierten Plateau- und Hangflächen. Durch die Bauwerke wird das Oberflächenwasser gestaut und den Pflanzen zur Verfügung gestellt, so dass der Wasserverlust minimiert und die Erosion fruchtbaren Bodens verhindert wird. In der Mulde hinter den Sicheldämmen sind die Jungpflanzen und fruchtbare Erde vor Sturmböen und Windabtrag geschützt.

Durch das Oberflächenrelief wird der Eintrag von Windsedimenten ebenso wie die spontane Besiedlung mit Gräsern unterstützt.

Ökonomische Wirkungen

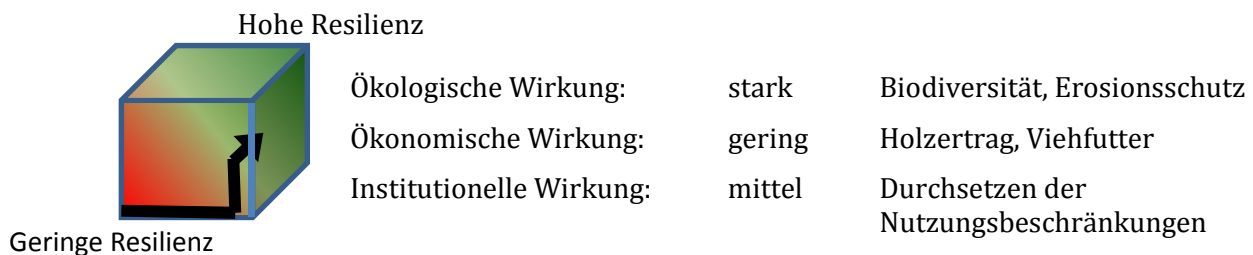
Nach zehn Jahren erlauben die Sicheldämme eine Jahresproduktion von 1 Ster Holz je Hektar. Der Wert der Produktion einer Bepflanzung mit *Acacia senegal* zur Harzgewinnung kann ab dem 5. Jahr bis zu 850.000 FCFA pro Jahr erreichen (PASP 2004; vgl auch Abdoulaye und Ibro 2006). Die wiederhergestellten Flächen erbringen auch Produkte für die Sammelwirtschaft (Früchte, Rinden, Blätter) und werden beweidet.

Politische und institutionelle Wirkungen

Die forstliche Maßnahme erfolgt zumeist auf Flächen, die einer gemeinschaftlichen Nutzung unterliegen, so dass im Vorfeld die bodenrechtliche Situation geklärt und die Modalitäten der späteren Nutzung vereinbart werden sollte.

Die Aufforstungen sind nur dauerhaft, wenn eine Übernutzung vermieden werden kann. Dies bedingt ein gutes Management in geregelter Nutzung, das von der lokalen Bevölkerung getragen und respektiert wird. Nur durch ein systematisches Ersetzen von Verlusten kann eine langfristige Erhaltung sichergestellt werden.

Zusammenfassend kann der angestrebte Beitrag der Sicheldämme zur Verbesserung der Resilienz wie folgt dargestellt werden:



Die in den Programmen festgestellten Wirkungen entsprachen nicht immer den Vorgaben. Oft waren nur ein Teil der Baumpflanzungen erfolgreich. Die Ersatzpflanzungen wurden nicht überall sorgfältig durchgeführt.

(7) Nardi-Pflugfurchen

Diese speziellen Furchen werden mit Hilfe einer eigens hierzu konstruierten Pflugschar entlang der Höhenlinien angelegt. Der vom Traktor gezogene Pflug erzeugt Mulden von 4 m Länge und 50cm Breite, und häufelt das Aushubmaterial hangabwärts zu einer Randerhöhung an. Je nach Geländeneigung und Bodentyp werden 400 bis 600 Furchen je Hektar erstellt. Geeignet für die Maßnahme sind gut strukturierte Böden (steinige Lateritböden, Böden mit relativ hohem Tongehalt), da sich die Veränderung der Bodenoberfläche auf diesen Böden besser hält und nicht so schnell wieder einebnet. In jede Mulde werden meist 2 Bäume gepflanzt oder eingesät.

Üblicherweise werden die Nardi-Pflugfurchen im Folgejahr durch eine mechanische Tiefenbodenlockerung zwischen den Furchenreihen ergänzt. Für die Bodenlockerung wird ein Mehrzahnlockerer eingesetzt. Ebenfalls nach einem Jahr wird die Begrünung komplettiert und dann bzw. im Folgejahr durch eine Einsaat von Gräsern ergänzt, so dass die Gehölze nicht von der Graskonkurrenz verdrängt werden. In den ersten zwei bis drei Jahren werden die Flächen vor Beweidung geschützt, um den Verbiss der Gehölze zu vermeiden. Die Auswahl der Grasarten und Gehölze erfolgt entsprechend der Nutzungsprioritäten und Standortbedingungen.

Ökologische Wirkungen

Die Technik dient der Wiederherstellung der Vegetation auf Kahlflächen mit starker Krustenbildung an der Bodenoberfläche. Sie wird in relativ flachen Plateaulagen oder Hangsohlen eingesetzt und schützt durch die Verringerung des oberflächlichen Abflusses des Regenwassers die tieferen Lagen vor Erosion.

Durch die Mulden wird das Oberflächenwasser gesammelt und für die Vegetationsentwicklung konzentriert. Die Bearbeitung öffnet den Boden für die Infiltration des Regenwassers. Die zusätzliche Bodenfeuchte und die Lockerung des Oberbodens ermöglichen ein Gedeihen der Jungpflanzen und fördern die Spontanbesiedlung mit Gräsern durch Samenflug.

Durch die Vegetation wird einerseits der Oberboden geschützt und die Bodentemperatur sinkt. Andererseits wird der Eintrag von Staub und Springfracht aus der Winderosion gefördert. Die Vegetation wirkt auch in niederschlagsarmen Jahren ausgleichend.

Ökonomische Wirkungen

Durch die Maßnahme kann vermehrt Futter produziert werden. Während ohne Eingriff der Ertrag an Grastrockmasse auf den Kahlflächen bei unter 100 kg/ ha liegt, kann nach der Melioration mit durchschnittlich 540 kg gerechnet werden. Selbst in sehr niederschlagsarmen Jahren liegt die Grasproduktion noch bei 200 bis 450 kg Trockenmasse. (Daten aus PASP 2004)

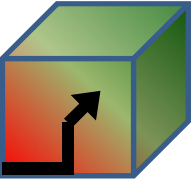
Die Nutzung der Gehölze steht meist nicht im Zentrum der Maßnahme. Die meliorierten Flächen bieten jedoch Produkte für die Sammelwirtschaft (Früchte, Blätter, Rinden etc.) und sind daher speziell in Zeiten der Nahrungsknappheit wichtig. Auch erlauben sie eine gewisse Versorgung mit Holzprodukten.

Politische und institutionelle Wirkungen

Der Erfolg dieser auf Futtergewinnung ausgerichteten Meliorationsmaßnahme ist abhängig von einem guten Management. Bereits für die Erstellung ist es nötig, dass die Bodenbesitzer und Ressourcennutzer übereinkommen, welche künftige Nutzung sie anstreben und welchen Beitrag sie zu leisten bereit sind. Die Auswahl der Baum- und Grassorten muss neben den Standortfaktoren auch den Nutzungswünschen der Beteiligten entsprechen.

Die Nutzung selbst muss koordiniert werden, d.h. ein Managementgremium muss gebildet werden und die jeweiligen Nutzungsbedingungen müssen durchgesetzt werden. Klare Regeln und Sanktionen erleichtern den Unterhalt der Meliorationsflächen und ihre geregelte Nutzung. Mangelndes Management und Übernutzung können den Erfolg der Maßnahme vollständig zunichtemachen (vgl. Kusserow 2010).

Der angestrebte Beitrag der Nardi-Pflugfurchen zur Verbesserung der Resilienz stellt sich wie folgt dar:

Hohe Resilienz			
	Ökologische Wirkung:	mittel	Biodiversität, Erosionsschutz
	Ökonomische Wirkung:	gering	Futterstroh, Wildpflanzen
	Institutionelle Wirkung:	mittel	Durchsetzen der Nutzungsbeschränkungen
Geringe Resilienz			

Die Maßnahmen waren auf den Plateauflächen nicht immer nachhaltig, so dass die Vegetationsdecken teilweise nicht mehr geschlossen sind. Die Entwicklung der Gehölze entsprach nicht den Erwartungen.

(8) Kontourdämme

Kontourdämme sind große, eckige aus verdichteter Erde und/ oder Steinen erstellte Bauwerke, die aus einem Hauptdamm entlang der Höhenlinie und zwei an den Enden ansetzenden Flügeldämmen bestehen, die entgegen der Geländeneigung weisen. Zur Errichtung wird oberhalb des bis zu 100 m langen Hauptdamms und den bis zu 30 m langen Flügeldämmen eine Grube von 30 cm Tiefe und 50 cm Breite von Hand ausgehoben. Die Abstände zwischen den Bauwerken auf der gleichen Höhenlinie sind 6 m und zwischen den Linien betragen sie 25 – 30 m.

Die Meliorationsmaßnahme Kontourdämme wird in Gebieten mit bis zu 600 mm Niederschlag auf leicht geneigten und stark degradierten Plateauflächen oder Hangsohlen empfohlen. Für eine landwirtschaftliche Nutzung der Bauwerke wird ein Drittel der Fläche oberhalb des Hauptdamms einer Unterbodenlockerung unterzogen. Die 2/3 Restfläche dient in der Folge als Impluvium für die landwirtschaftlich genutzte Fläche. Zur Stabilisierung werden entlang des Hauptdamms Bäume gepflanzt.

Dabei sind die nicht durchlässigen Erddämme eventuell bei Starkregen durch ein Überspülen und Brechen der Dammkrone gefährdet. Dem Einfluss des Stagnationswassers auf die Vegetation muss ebenfalls Rechnung getragen werden.

Ökologische Wirkungen

Der hauptsächliche Zweck der Anlage von Kontourdämmen in den höheren Lagen der Wassereinzugsgebiete liegt in der Vermeidung von Tiefenerosion und Versandung auf den wirtschaftlich interessanten Flächen im Unterlauf.

Die Infiltration von Regenwasser in den Gräben alimentiert das bodennahe Grundwasser.

Durch die Errichtung von Kontourdämmen kann großflächig auf degradierten Plateauflächen die Vegetation wiederhergestellt werden. Um gut begrünte Kontourdämme wird die Bodentemperatur vermindert und die Schäden durch Winderosion verschwinden.

Mit einem minimalen Unterhalt sind Kontourdämme aus Steinen oder durch Steine bedeckte Erddämme mindestens 20 Jahre funktionsfähig. Die Maßnahmen aus reinen Erddämmen sind etwas weniger haltbar.

Ökonomische Wirkungen

Der hauptsächliche Nutzen der Maßnahme liegt in der Schutzwirkung für die produktiven Standorte in den Talsohlen. Die direkte Rentabilität der Melioration ist wegen der hohen Investitionskosten (Arbeitskosten) gering.

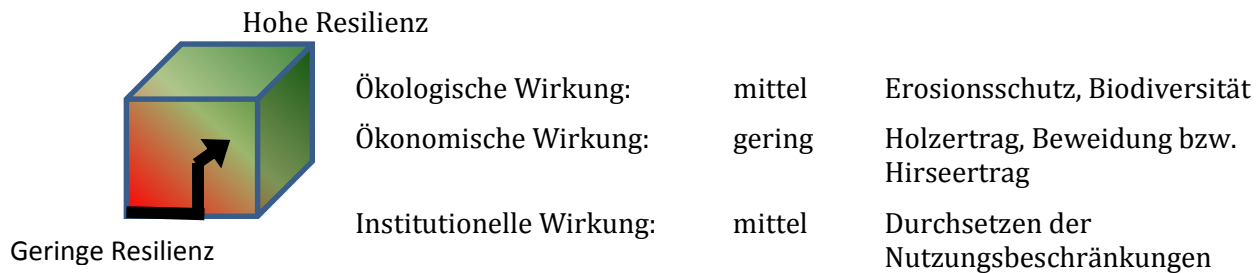
Politische und institutionelle Wirkungen

Für die Durchführung der Meliorationsmaßnahme muss vorab die bodenrechtliche Situation geklärt werden. Der große Arbeitsaufwand erfordert eine gute soziale Organisation der Maßnahmen.

In Niger wurden insbesondere Frauengruppen durch die Anlage von landwirtschaftlichen Kontourdämmen unterstützt. Das jeweilige Terrain wurde den Frauengruppen für fünf Jahre zur Verfügung gestellt.

Die Nachhaltigkeit der Maßnahme auf sylvo-pastoralen Flächen ist weitgehend an das Management der Nutzung gekoppelt und die Entwicklung der Gräser stark von den Niederschlägen abhängig. Daher ist es unabdingbar nach Trockenjahren die Kahlflächen neu einzusäen bzw. ggf. Bäume nach zu pflanzen und die Flächen wieder unter Schutz zu stellen.

Zusammenfassend kann der angestrebte Beitrag der Kontourdämme zur Verbesserung der Resilienz wie folgt dargestellt werden:



Die Wirkungen, insbesondere die Entwicklung der Gehölze, konnten nicht durchgängig erreicht werden und sind vom Management abhängig.

(9) Manuelle Gräben

Die manuellen Gräben werden jeweils entlang der Höhenlinie in einer Länge von 3 bis 3,5 m, 50cm breit und 60 cm tief gegraben und in der Mitte mit einem Sockel (40cm) ausgestattet, in den ein Baumsetzling gepflanzt wird. Der Aushub dient als Erdwall auf der Talseite und wird mit Gräsern begrünt. In der Linie beträgt der Abstand zwischen den einzelnen Gräben 80 cm - 1 m. Mindestens vier Linien werden zu einem Streifen gruppiert, wobei die Gräben jeweils versetzt angelegt werden. Der Abstand zwischen den Linien und Streifen variiert mit der Geländeneigung.

Ökologische Wirkungen

Das Ziel der Meliorationsmaßnahme ist die Wiederansiedlung von Bäumen in degradierten und wenig fruchtbaren Hanglagen. Dabei stabilisiert sich die Vegetation im Zuge der Entwicklung durch den Bewuchs mit Gehölzen und Gräsern zunehmend. Die Gräben werden im Laufe der Zeit von Sedimenten gefüllt. Gleichzeitig entwickeln sich die Bäume und sind dadurch unabhängiger vom gespeicherten Wasser. Nach der erfolgreichen Begrünung sind keine weiteren Maßnahmen mehr nötig.

Mit den Gräben wird ebenfalls der oberflächliche Abfluss unterbrochen. Dadurch profitieren auch die tiefer gelegenen Felder. Durch die Infiltration wird das oberflächennahe Grundwasser gespeist.

Ökonomische Wirkungen

Um die Nachhaltigkeit zu gewährleisten, muss die Nutzung der wiedergewonnenen Flächen auf einem beschränkten Niveau limitiert werden. Nach 10 Jahren kann mit einem nutzbaren Zuwachs von ca. 1,3 Ster Holz je Hektar gerechnet werden.

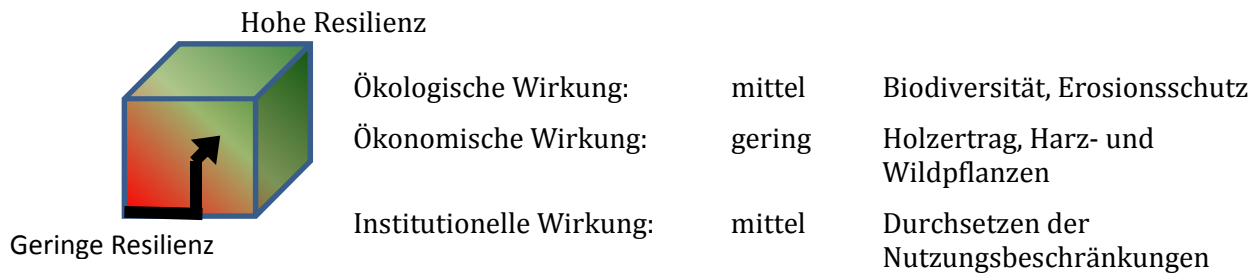
Politische und institutionelle Wirkungen

Die Umsetzung der Meliorationsmaßnahme bedingt eine gute soziale Organisation. Die Hangflächen unterliegen, da sie für den Ackerbau ungeeignet sind, meist einer gemeinschaftlichen Nutzung. Die Anlage der Gräben ist sehr arbeitsintensiv und sollte direkt zu Beginn der Trockenzeit einsetzen, wenn die Erde noch durch die Bodenfeuchte weich ist.

Um eine gute Entwicklung der Bäume zu gewährleisten, ist in den ersten Jahren eine strikte Unterschutzstellung der Flächen gegen Viehverbiss notwendig. Da die Mortalität der Bäume ziemlich hoch ist (die Überlebensraten liegen bei 60%) muss in den ersten drei Jahren

systematisch nachgepflanzt werden. Auch in den folgenden Jahren ist eine weitere Bestandspflege sicherzustellen.

Der angestrebte Beitrag von manuellen Gräben zur Verbesserung der Resilienz stellt sich wie folgt dar:



Die Wirkungen wurden nur dort erreicht, wo die Schutzmaßnahmen für die Jungbäume erfolgreich waren.

(10) Steinwälle (*Digues filtrants*)

Größere Steinwälle werden meist als Folge mehrerer Bauwerke in der Talsohle der Oberläufe kleinerer Wassereinzugsgebiete angelegt, um den Wasserabfluss zu verlangsamen. Die Distanz zwischen den Bauwerken wird an das Gefälle angepasst. Durch eine maximale seitliche Verlängerung der Steinwälle auf das Gelände neben der Abflussrinne wird der Rückstau auf eine möglichst große Fläche verteilt und dadurch die Tiefenerosion in der Abflussrinne gemindert.

Dabei ist es entscheidend, die Oberkante des Bauwerks exakt horizontal zu halten, um eine Konzentration der Überflutung an einzelnen Stellen zu vermeiden. Die Steinwälle werden als Filtersystem konzipiert, so dass das Wasser durch das Bauwerk strömen kann. Insbesondere bei sehr tiefen Erosionsrinnen und Steinwällen mit Überlauf und Dissipationsbecken kommen auch Gabionen (Drahtkörbe, die mit Steinen gefüllt werden) zum Einsatz. Im Allgemeinen werden jedoch ähnlich wie bei Trockenrampen im Wildwasserverbau nur lose Steine eingesetzt. Diese Bauweise erfordert in der Folge eine regelmäßige Unterhaltung der Wälle, insbesondere wenn es zu Bruchstellen kommt. Durch eine Bepflanzung mit Gehölzen kann die Stabilität weiter verbessert werden.

Ökologische Wirkungen

Die mechanische Wirkung der Steinwälle bestimmt im Wesentlichen die ökologischen Effekte. Einerseits wird durch die Verzögerung der Abflussschwelle eine Ablagerung der Sedimentfracht erreicht, wodurch sich die Erosionsrinne vermindert und die Talsohle abflacht.

Andererseits bewirkt die Vergrößerung der Überschwemmungsflächen oberhalb und unterhalb der Steinwälle eine bessere Durchfeuchtung dieser Böden. Der langsamere Abfluss über eine größere Fläche führt zur Steigerung der Infiltration des Oberflächenwassers. Der Wasserhaushalt normalisiert sich und der Grundwasserspiegel steigt.

Mit den Steinwällen wird der Bodenverlust durch die Tiefenerosion gestoppt. Die Sedimentfracht der Abflussschwelle wird somit reduziert.

In Folge des verbesserten Wasserhaushalts erholt sich der bestehende Baumbestand. Im direkten Bereich der Steinwälle kommt es durch die Ablagerung von Feinerde zu günstigen Standortbedingungen für die Begrünung durch mehrjährige Gräser und Gehölze.

Ökonomische Wirkungen

Durch den verbesserten Wasserhaushalt steigern sich die Erträge auf den angrenzenden Landwirtschaftsflächen signifikant.

Im Vergleich mit den Steinreihen ergeben sich durch die Anlage der Wälle eine signifikante und dauerhafte Verbesserung der Erträge.

Politische und institutionelle Wirkungen

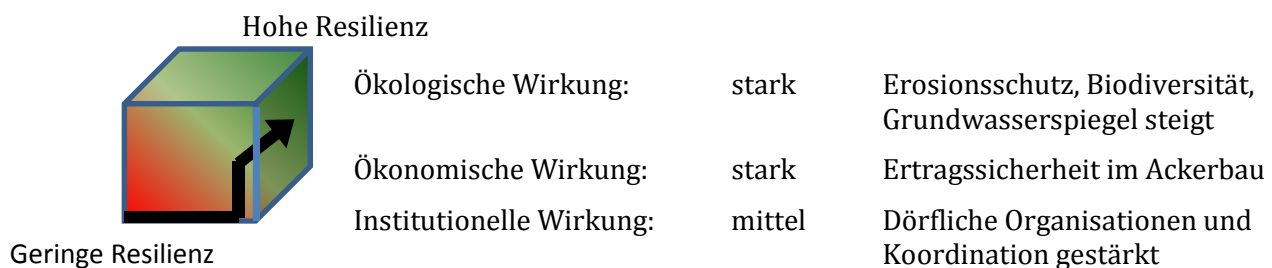
Die Erstellung von Steinwällen erfordert eine Mobilisierung von sehr vielen Arbeitskräften. Die Planung und der Bau sind ohne spezialisiertes Fachwissen nicht erfolgversprechend, weil die Bauwerke im Bereich der Abflussrinnen stehen und in der Größe und Abfolge dem maximalen Abflussgeschehen bei Extremwetterereignissen angepasst sein müssen.

Die Erstellung muss systematisch erfolgen, so dass zumindest eine rudimentäre Raumplanung nötig ist. Die Investition erfordert eine weitreichende Beteiligung der lokalen Bevölkerung, da die jeweiligen Bauabschnitte umfänglich abgeschlossen werden müssen, um eine Stabilität der Gesamtinvestition zu erreichen. Entsprechend wurden bei der Planung die Bodenbesitzer einbezogen und im Einzelnen erörtert, welche baulichen Alternativen zur Verfügung stehen.

Allein für die Bewältigung der Materialmengen ist eine gute Organisation und Logistik zu gewährleisten. Die Beteiligung der lokalen Bevölkerung für die Gewinnung und den Transport der großen Mengen an Steinen und Grobkies muss gesichert sein. Die Bauaufsicht und Ausführung der Nivellierung erfolgt durch spezialisiertes Fachpersonal.

Der Grundbesitz an den Flächen in den Talsohlen wird meistens durch wichtige Familien (Dorfchef, Gründungsfamilie, Erdherr) in der lokalen Dorfgemeinschaft gehalten, die über ein beträchtliches Sozialkapital verfügen. Die Melioration auf diesen produktivsten Standorten genießt daher eine hohe Priorität, die auch im partizipativen Planungsprozess gegenüber weniger aufwändigen Interventionen durchgesetzt werden kann. In der Erfahrung aus dem PATECORE-Programm wird dies am hohen Anteil an Steinwällen zu Beginn der Intervention deutlich (vgl. Kirsch-Jung 2000).

Zusammenfassend kann der angestrebte Beitrag der Steinwälle zur Verbesserung der Resilienz wie folgt dargestellt werden:



Die dargestellten Wirkungen wurden in den Programmen weitgehend erreicht.

(11) Dünenbefestigung

Die Befestigung der Dünen erfolgt durch die Installation von Windschutzzäunen, die in Quadraten von 10 bis 15m Seitenlänge angeordnet werden. Die Zäune werden aus Hirsestängeln oder anderen Pflanzenmaterial (Palmblätter etc.) hergestellt oder als Lebendhecken (*Leptadenia pyrotechnica*, *Euphorbia balsamifera*, *Acacia*arten, *Balanites aegyptiaca*, *Casuarina equisetifolia*) angelegt. In die Flächen zwischen den Zäunen werden Vegetationsstreifen (Gräser oder Kleingehölze) eingesät und während mindestens drei Jahren vor jeglicher Art von Nutzung geschützt. Förderlich der Begrünung erweist sich eine gute Regenzeit nach der Aussaat.

Ökologische Wirkungen

Die Zäune und die eingesäte Vegetation vermindern den Sandtransport an der Bodenoberfläche und ermöglichen dadurch, dass sich weitere Pflanzen ansiedeln und die Bodenoberfläche durch die Vegetation zunehmend gefestigt wird. Durch das organische Material aus dem Pflanzenwachstum verbessert sich mit der Zeit die Struktur des Bodens. Sind die Dünen begrünt und stabilisiert, bleiben sie dennoch ein fragiler Standort, der vor starker Beweidung geschützt werden muss.

Die zunehmenden Winde im Zuge der Erderwärmung erzeugen weiterhin Winderosion und damit Wanderbewegungen im Bereich der Dünen, so dass die Maßnahmen gegebenenfalls in Teilbereichen erneuert werden müssen.

Ökonomische Wirkungen

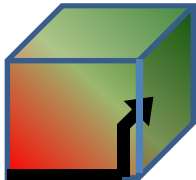
Als reine Schutzmaßnahme erbringt die Dünenbefestigung keinen direkten Ertrag. Die Maßnahme verhindert das Versanden der Siedlungen, Felder und Infrastruktur, so dass keine Ersatzinvestitionen notwendig sind. Entsprechend ist die Maßnahme für den Schutz besonders produktiver Standorte, wie z.B. Feuchtgebiete, Oasen und Senken, ökonomisch sinnvoll.

Politische und institutionelle Wirkungen

Durch die Maßnahme kann in gewissen Gegenden die Verdrängung der Bevölkerung durch eine fortschreitende Versandung der produktiven Standorte (Fruchtbare Senken) und Siedlungen verhindert werden.

Die komplette Unterschutzstellung des Dünenbereichs über mehrere Jahre erfordert eine gute soziale Organisation der Bevölkerung, denn die Regeln müssen überwacht werden und für Regelverstöße müssen Sanktionen durchgesetzt werden können.

Der angestrebte Beitrag der Dünenbefestigung zur Verbesserung der Resilienz stellt sich wie folgt dar:

	Hohe Resilienz		
	Ökologische Wirkung:	stark	Biodiversität, Erosionsschutz
	Ökonomische Wirkung:	gering	Primär Schutzwirkung
	Institutionelle Wirkung:	mittel	Dörfliche Organisation und Koordination gestärkt
Geringe Resilienz			

Die Wirkungen wurden in der Regel auch erreicht, wenn Schäden durch streunendes Vieh vermieden werden konnten.

(12) Feuerschutzstreifen

In der Pastoralzone mit Niederschlagswerten von 150 bis 300 mm werden Feuerschutzstreifen angelegt, um gute Weidegebiete mit Erträgen von mehr als 1 t Biomasse vor Buschfeuern zu schützen. Dabei wird von Hand oder mechanisch ein 10 bis 15 m breiter Streifen senkrecht zur Hauptwindrichtung von der Vegetation gesäubert. Die Erstellung erfolgt mit Rechen, Schaufeln und Hacken oder durch eine traktorgezogene Egge oder einem Planiergerät. Die Bäume werden zurückgeschnitten, aber nicht gefällt.

Durch die Unterteilung der großen Weidegebiete in Teilparzellen, werden die Verluste im Falle eines Buschfeuers beschränkt. Die Streifen dienen ebenfalls als Zufahrtswege, so dass bei Feuer

auch ein schnelles Eingreifen möglich ist. Nach der Anlage müssen die Feuerschutzstreifen regelmäßig unterhalten werden.

Ökologische Wirkungen

Die Pastoralzone ist besonders in regenreichen Jahren mit guter Weidesituation sensibel für Schäden durch Buschfeuer. Durch die Feuer wird den Herden die Futterbasis entzogen und sie sind gezwungen auf andere Weidegebiete auszuweichen. Oft wird die vom Feuer freigesetzte Asche danach vom Wind weggetragen und die durch die Feuer vernichtete Vegetation braucht eine längere Erholungsphase, um wieder die vorherige Produktivität zu erreichen. In dieser Erholungsphase sind die Standorte gegenüber dem Erosionsgeschehen wenig robust.

Ökonomische Wirkungen

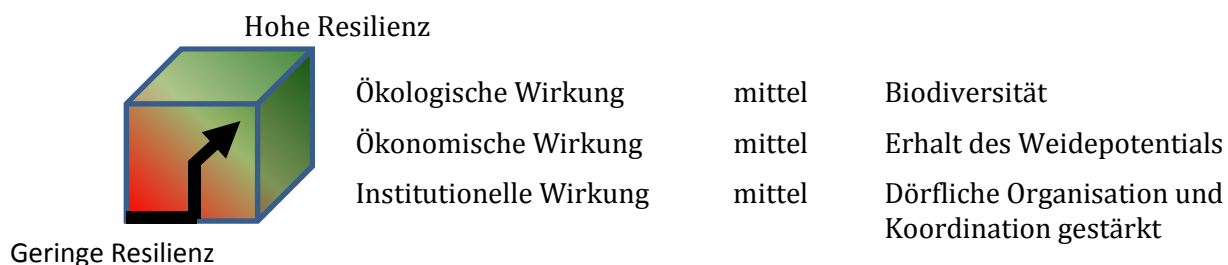
Kein direkter Ertrag durch die Maßnahme. Durch den Schutz der Weidegebiete werden Ersatzinvestitionen vermieden.

Neben den Schäden an Flora und Fauna vernichten die Buschfeuer auch Siedlungen und Infrastruktur. Die Nutzung der Weidegebiete kann über einen Zeitraum von mehreren Jahren vermindert sein.

Politische und institutionelle Wirkungen

Als weitere Maßnahme neben der Aufklärung über den Schutz der Weidegebiete und die Folgen der Buschbrände setzten die Anlage und der Unterhalt von Feuerschutzstreifen die Kooperation der Viehhalter voraus.

Zusammenfassend kann der angestrebte Beitrag der Feuerschutzstreifen zur Verbesserung der Resilienz wie folgt dargestellt werden:



Die Wirkungen wurden erreicht, wenn der Unterhaltsmaßnahmen regelmäßig durchgeführt wurden.

(13) Mikro-Talsperren

Die Mikro-Talsperren werden in den Flussläufen errichtet, um das abfließende Wasser zurückzuhalten. Günstige Standorte sind enge Täler mit geringem Gefälle. Die Länge der Mauer bzw. des Deiches variiert entsprechend der Geländeform und erreicht häufig 100 bis 200 Meter; die Höhe misst 2 bis 4 Meter. Die Rückstauflächen sind in der Regel 5 bis 15 Hektar groß. Die Mikro-Talsperren werden meist aus Mauerwerk (gehauene Steine in Betonmörtel gesetzt) oder aus Beton gebaut und mit einem Überlauf ausgestattet. Spülöffnungen erlauben das Ausschwemmen von Sedimenten. Auch Erddämme sind möglich, meistens im Oberlauf eines Wassereinzugsgebiets.

Zweck der Kleintalsperren ist der kontinuierliche Rückstau von möglichst viel Wasser. Entsprechend werden sie möglichst dicht konzipiert. Durch eine tiefgründige Verankerung bzw. den Einbau von Geomembranen wird ggf. auch das Grundwasser aufgestaut. Als Bauwerk ist die

Mikro-Talsperre so konstruiert, dass sie dem Wasserdruck standhält. Die Planung und der Bau erfordern ingenieurstechnischen Sachverstand.

Ökologische Wirkungen

Durch die Kleintalsperren werden permanente oder temporäre Oberflächengewässer geschaffen, wobei die Dauer der Wasserverfügbarkeit im Wesentlichen die Wirkungen auf das lokale Ökosystem bestimmt. Die Wasserflächen unterliegen der Evaporation, so dass beträchtliche Mengen Wasser an die Atmosphäre abgegeben werden. Dies kühlt die Wassertemperatur ab und beeinflusst das lokale Mikroklima. Die Wirkung auf die Artenzusammensetzung im Gewässer ist direkt von der Dauer der Wasserverfügbarkeit abhängig. In permanenten Gewässern ist die Ansiedlung von Fischen und anderen Wassertieren wahrscheinlicher. Die Gewässer bieten auch bestimmten Krankheitsvektoren (Mücken und Wasserschnecken) einen Lebensraum und fördern dadurch die Verbreitung von Krankheiten wie Bilharziose und Malaria.

Im Vergleich zu Standorten ohne Talsperren verbessert sich die Vegetationsentwicklung um die Wasserflächen und die Biodiversität ist höher. Die Dauer der Wasserverfügbarkeit und die Bodenverhältnisse limitieren die Auswahl der Anbaufrüchte.

Weitere ökologische Wirkungen können sich aus dem Eingriff in die Grundwasserflüsse ergeben. Daher ist die Kenntnis der lokalen hydrogeologischen Gegebenheiten unabdingbar, um negative Einflüsse auf die natürliche Vegetation zu vermeiden und ggf. schützenswerte Pflanzen- und Tierpopulationen zu erhalten. Die Erhöhung des Grundwasserspiegels wirkt sich im Allgemeinen positiv auf die Vegetationsdichte und Artenvielfalt aus, das Absinken negativ.

Ökonomische Wirkungen

Die Kosten der Errichtung von Mikrotalsperren sind beträchtlich und übersteigen die Finanzkraft der lokalen Bevölkerung bei weitem. Im Dogonland (Mali) beliefen sich die Kosten für die Erstellung pro Mikrotalsperre auf rund 20 Mio F CFA d.h. 3 bis 5 Mio F CFA je Hektar Gartenbaufläche. Der interne Zinssatz der Investition lag bei durchschnittlich 20 Prozent für die Gartenbaukulturen (Nill und Kobilke 2002). Im Beledougou (Mali) lagen die Baukosten der größeren Anlagen bei 100 bis 140 Mio FCFA. Neben den Baukosten sind auch erhebliche Unterhaltskosten zu stemmen, um die Dichtigkeit der Mauern zu gewährleisten. Die Dämmbalken der Spülöffnungen müssen regelmäßig gestrichen und letztlich auch ersetzt werden.

Die ingenieurstechnische Planung und die Bauaufsicht sind durch Fachpersonal durchzuführen. Beteiligung der lokalen Bevölkerung ist bei der Bereitstellung der Baumaterialien und als Arbeitskräfte beim Bau denkbar. Wegen der vielen spezialisierten Arbeitsschritte (Maurerarbeiten, Einschaltungen, Nivellieren etc.) sind die Möglichkeiten des Einsatzes ungelernter Arbeiter beschränkt. Oft werden die Bauarbeiten und die Bauaufsicht als einzelne Lose ausgeschrieben und komplett von Fachfirmen durchgeführt.

Die Rentabilität der Kleintalsperren ergibt sich durch die gartenbauliche oder ackerbauliche Produktion während der Trockenzeit. Dabei kommen unterschiedliche Bewässerungssysteme zum Einsatz; neben der manuellen Bewässerung werden Motorpumpen eingesetzt oder Gravitationssysteme betrieben (vgl. Kleinbewässerungsanlagen). Neben der Nutzung des Wassers im Rückstaubereich ist auch eine Nutzung des oberflächennahen Grundwassers im Einflussbereich oberhalb oder unterhalb der Talsperre möglich. Viele Mikrotalsperren bieten ebenfalls Tränkemöglichkeiten für das Vieh.

Die Produktion von Gartenbaukulturen (Zwiebeln, Schalotten, Tomaten etc.) erreicht eine wesentlich höhere Rentabilität als der Reisanbau. Entscheidend für die Rentabilität der Talsperre ist die Dauer der Wasserverfügbarkeit, weil sich daraus ableitet, wie viele

Produktionszyklen möglich sind. Auch die übrigen Standortbedingungen (Bodenmächtigkeit, Bodenfruchtbarkeit etc.) beschränken die Anbaupalette und damit die Marktchancen und die Möglichkeit der Eigenversorgung. Generell wird durch die Talsperren die Gartenbauproduktion ermöglicht, die Einkommen der Produzenten erhöhen sich und mehr und bessere Nahrungsmittel sind für den Eigenkonsum verfügbar (Nill und Kobilke 2002).

In wie weit die Potentiale durch die Produzenten ausgeschöpft werden, wird wesentlich von der Verfügbarkeit der Arbeitskraft und der Nutzung der Flächen während der Regenzeit beeinflusst (Nill 2001). Eine Evaluation der Alternativen zu Talsperren wie bspw. die Errichtung kleinerer Rückhaltebecken im Verbund mit Flussschwellen oder Steinwällen sollte in jedem Fall durchgeführt werden.

Politische und institutionelle Wirkungen

Die Planung und die Genehmigungen für den Bau von Mikrotalsperren fallen in den Zuständigkeitsbereich der Wasserbauministerien bzw. die entsprechenden Abteilungen in den dezentralisierten Baubehörden. Für die Feststellung geeigneter Standorte ist eine detaillierte Analyse der Wassereinzugsgebiete notwendig. Üblicherweise erfolgt die Erstellung im Auftrag der zuständigen dezentralen Gebietskörperschaft, d.h. zumeist der Gemeinden.

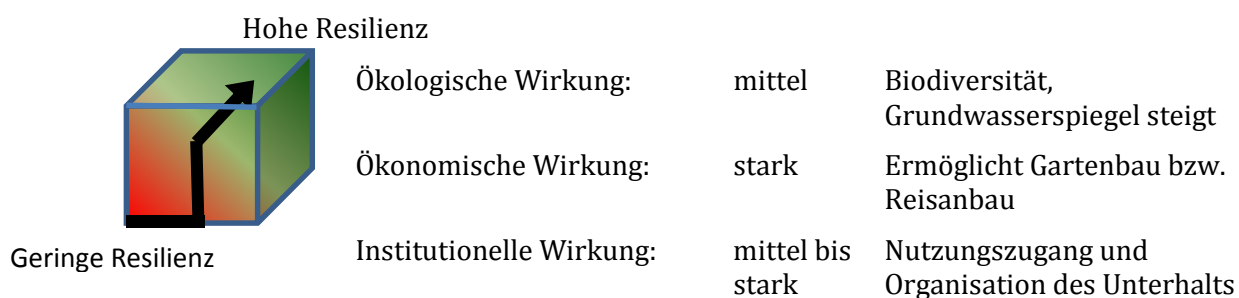
Die Gemeinden als Bauherren werden durch die Behörden oder spezialisierte Agenturen (z.B. AGETIP, NIGETIP) unterstützt und beraten. Sie erhalten Ausbildung und Weiterbildungen für die korrekte Auftragsvergabe und zu den Modalitäten der mit der Erstellung der Mikrotalsperren verbundenen Zonenplanung (vgl. entsprechende NRM-Maßnahme S. 46). Mit der Qualifizierung in der Umsetzungsphase erarbeiten sich die Gemeindeverwaltungen wichtiges Wissen und Erfahrungen für die Planung, Realisierung und finanzielle Abwicklung von Einzelprojekten. Die lokale Regierungsführung wird gestärkt.

Um eine konfliktarme Zuteilung der Nutzungsrechte zu erreichen, ist eine detaillierte Erhebung von Landrechten im Vorfeld der Realisierung nötig. Die Landbesitzer müssen der Maßnahme und einer damit verbundenen Zuteilung von Nutzungsrechten zustimmen. Die Verfahren der Zuteilung sollten die Vorinformation zu den Landrechten, die gesetzlichen Vorgaben und die lokalen Gepflogenheiten berücksichtigen. Für die Nutzung und den Unterhalt gründen die Nutzer eine Organisation (*Comité de barrage*). Aus diesen Organisationen werden die physischen und finanziellen Beteiligungen zur Erstellung und für den Unterhalt der Bauwerke erbracht.

Durch die Einführung von Bewässerungskulturen kann sich die Arbeitsteilung zwischen Mann und Frau verändern. Auch das Migrationsverhalten wird eventuell beeinflusst (Nill und Kobilke 2002). Generell wird durch die lokalen Erwerbsmöglichkeiten die Abwanderung reduziert.

Wie Nill im Südwesten von Burkina Faso feststellte, können soziale und kulturelle Faktoren die Intensität der Nutzung und damit die Wirtschaftlichkeit von Talsperren beeinflussen (Nill 2001).

Der angestrebte Beitrag von Mikro-Talsperren zur Verbesserung der Resilienz stellt sich wie folgt dar:



Die Wirkungen wurden in der Regel erreicht. Schwachpunkte traten bei der Organisation des Unterhalts auf.

(14) Kleinbewässerungsanlagen

Zwei verschiedene Formen der Kleinbewässerungsanlagen werden betrieben: die Reisperimeter und der Bewässerungsgartenbau.

Die ca. 20 bis 40 Hektar großen dörflichen Bewässerungsfelder in Nordmali sind durch einen niedrigen Erddamm abgegrenzt. Die Anlagen verfügen über ein Verteilerbecken, aus dem das Wasser durch ein Haupt- und Nebensystem aus Beton auf die gesamte Fläche verteilt wird. Als Wasserquelle dient ein Fluss oder ein permanentes Gewässer neben dem Perimeter, aus dem mit einer mobilen Pumpeinheit das Wasser in das Verteilerbecken gepumpt wird. Die Perimeter im Südwesten von Burkina Faso werden durch Talsperren alimentiert.

In Niger wird für den Gemüseanbau Oberflächenwasser aus einer Talsperre oder einem Tümpel und oberflächennahes Grundwasser aus Schachtbrunnen oder unbefestigten Brunnen gewonnen. Die Wasserverteilung erfolgt durch Motorpumpen oder Fußpumpen in ein Verteilungssystem von Kanälen (Lehm oder Beton), oder von Hand mit Kübeln direkt in die Beete. Die Anlagen sind unterschiedlich ausgestattet; die Umzäunung aus Drahtgeflecht oder Stroh schützt vor den Weidetieren. Die Flächen reichen von 3 bis über 50 Hektar. Auf meist relativ kleinen Parzellen (oft unter 300 m²) werden in der Trockenzeit Zwiebeln, Tomaten, Kohl, Kartoffeln und andere Gemüse angebaut. Um die Mikro-Talsperren im Dogonland Mali werden zumeist Schalotten produziert.

Ökologische Wirkungen

Die Perimeter und Bewässerungsanlagen pumpen das Oberflächenwasser aus den Fließgewässern. Ein Großteil des Bewässerungswassers wird durch die Evapotranspiration abgegeben, ein kleinerer Teil versickert und fließt über das Grundwasser wieder ins Fließgewässer zurück. Die Bewässerungsfelder erzeugen über die Vegetation ein Mikroklima, das die Entwicklung vieler Tiere und Pflanzen begünstigt, so dass die Artenvielfalt zunimmt.

Bei der Nutzung von Grundwasser für die Bewässerung ist sicherzustellen, dass der Grundwasserspiegel konstant hoch bleibt, d.h. keine Übernutzung der Grundwasserträger stattfindet. Entsprechende hydrogeologische Studien sind nötig, besonders dann, wenn fossiles Grundwasser oder Kluftwasser genutzt wird. Üblicherweise sind die Förderkosten bei solchen Grundwasserschichten zu hoch, um eine rentable Produktion zu betreiben.

Bei der Bewässerung ist generell eine geeignete Drainage sicherzustellen, um zu vermeiden, dass mittelfristig eine Versalzung der Bodenoberfläche eintritt. Ebenso ist der Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden zu beschränken, um eine Kontamination des Grundwassers und damit der Trinkwasserversorgung auszuschließen.

Die Tendenz, sich regional auf eine Anbaufrucht zu spezialisieren, wie dies in vielen Ländern zu beobachten ist, birgt die Gefahr von Schäden durch invasive Unkräuter, bodenbürtige Schädlinge und vektorübertragene Pflanzenkrankheiten. Durch eine angepasste Sortenvielfalt, Mischanbau, Fruchtfolge und ggf. eine gezielte Bekämpfung können großflächige Ausbrüche vermieden werden.

Die Umzäunung der Bewässerungsperimeter durch Holzzäune und Strohmatte muss häufig erneuert werden und führt zu einem hohen Verbrauch dieser Materialien, die ebenfalls anderweitig genutzt werden könnten. Als Alternative können für den Windschutz und die Ausgrenzung der Weidetiere Lebendhecken angelegt und so die Artenvielfalt erhöht werden.

Ökonomische Wirkungen

Die finanziellen Investitionen in die Perimeter sind selbst bei einer maximalen Beteiligung der künftigen Nutzer bei der Erstellung beträchtlich und übersteigen bei weitem die Finanzkraft der lokalen Bevölkerung. So erreicht in Nordmali die Herstellung eines Bewässerungsfelds von 40 Hektar einen Auftragswert von 10 Mio FCFA (15.000€); hinzukommen die Kosten für die Motorpumpen in ähnlicher Größenordnung sowie die Erstausrüstung für die erste Anbausaison.

Durch eine fast vollständige Unabhängigkeit der Produktionsbedingungen von den Niederschlägen wird eine hohe Ertragssicherheit für die Erzeuger erreicht. Entscheidend ist dem gegenüber die neue Abhängigkeit von der Pumpentechnik; die Notwendigkeit den Unterhalt und die Versorgung mit Ersatzteilen und Betriebsmitteln zu sichern. Für die Errichtung der Bewässerungsflächen und Infrastruktur und auch für den Betrieb wird ein lokaler Arbeitsmarkt geschaffen. Auch im Bereich von Vermarktung und Transport werden Arbeitsplätze geschaffen (Papendieck und Rocksloh-Papendieck 2010).

In den Bewässerungsfeldern in Mali liegt die Produktion bei über 5 t ungeschälten Paddy pro Hektar. Die einzelnen Bewirtschafter verfügen über 0,25 ha Fläche und erwirtschaften damit rund eine Tonne Paddy zur eigenen Verwendung. (ebenda). In Burkina Faso liegt das Ertragsniveau auf den Perimetern im Durchschnitt bei 5,5 t Reis je Hektar (Nill 2001). Hier liegt die Größe der Einzelparzellen bei 0,5 Hektar.

Im Bereich der Gemüseproduktion ist die Abhängigkeit von den Vermarktungskanälen für die Rentabilität der Aktivität mitentscheidend. Der Gemüsemarkt folgt in der Saison charakteristischen Preisschwankungen mit ausgeprägtem Preisverfall in der Haupterntezeit. Insbesondere bei leicht verderblichen Produkten wie Tomaten kann sich ein ungünstiger Reifezeitpunkt sehr negativ auf die Verkaufserlöse auswirken.

Für die Optimierung der Vermarktung kann auch die Zwischenlagerung und Verarbeitung zu lagerfähigen Gütern (Trocknung und Transformation) geeignet sein. Die Einrichtung von Lagerkapazitäten und die Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur können die Effektivität der Vermarktung stärken.

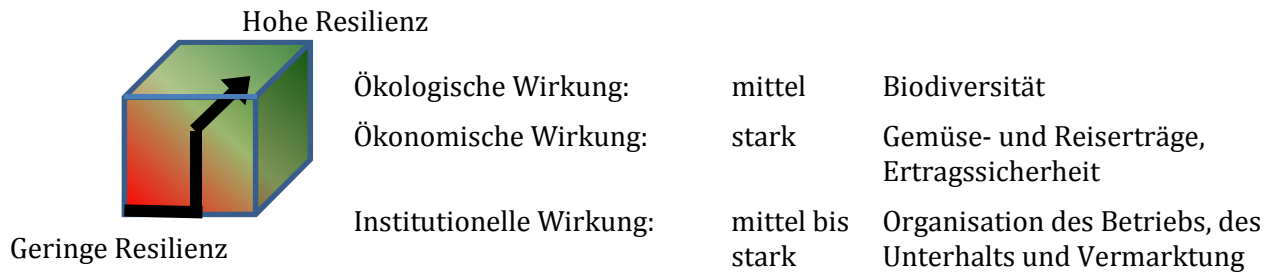
Politische und institutionelle Wirkungen

Während die Reisperimeter zumeist überwiegend von Männern bewirtschaftet werden, ist der Anteil von Frauen in der Gemüseproduktion sehr hoch. Die geschlechtsspezifische Beteiligung im Bewässerungsanbau ist stark mit sozio-kulturellen Werten verbunden und kann daher sehr unterschiedlich ausfallen. Rein kommerzielle Anlagen mit hohem technischem Aufwand werden tendenziell eher von Männern betrieben (LUCOP 2010).

Für die Planung, die Einrichtung und den Unterhalt der Perimeter ist eine gute Organisation der Nutzer notwendig. Je nach Größe der Anlage übernimmt die Organisation über die Versorgung mit der Bewässerungsinfrastruktur hinaus auch die Versorgung mit Betriebsmitteln und spielt bei der Vermarktung eine wichtige Rolle.

Die starke Abhängigkeit vom Marktzugang bei der Vermarktung der verderblichen Gemüse zwingt die Produzenten unterschiedliche Vermarktungskanäle zu nutzen und Transportkapazitäten zu organisieren. Eine gute Vernetzung mit Zwischenhändlern und das erschließen weitere Absatzmärkte für größere Produktionschargen bedingt eine entsprechende Arbeitsteilung innerhalb der Organisationen und Familien.

Zusammenfassend kann der angestrebte Beitrag der Kleinbewässerungsanlagen zur Verbesserung der Resilienz wie folgt dargestellt werden:



Die ökologischen und ökonomischen Wirkungen wurden in der Regel erreicht. Die Resultate für die Organisation insbesondere hinsichtlich der Inputversorgung und Vermarktung sind dagegen oft nicht hinreichend.

(15) Lokale Nutzungsvereinbarungen

Lokale Nutzungsvereinbarungen werden mit dem Ziel einer konfliktarmen Nutzung einer gemeinschaftlich genutzten Ressource zwischen den beteiligten Nutzergruppen geschlossen. Sie sind notwendig, wenn die üblichen Verhaltensregeln und Gebräuche, sowie der bestehende Rechtsrahmen nicht ausreichen. Die Vereinbarungen regeln den Ausgleich der Interessen und dienen dem Erhalt des Ertragspotentials der Ressourcen. In den Regelungen werden Zugang und Bedingungen für die Nutzung der betreffenden sylvo-pastorale Gebiete, Gewässer und Schutzgebiete festgeschrieben. Oft sind auch Rehabilitations- und Erschließungsmaßnahmen eingeschlossen.

Neben dem Zweck wird in den Kapiteln der Vereinbarungen ein Set von Nutzungsregeln festgelegt, die Sanktionsmodalitäten im Falle einer Regelverletzung werden bestimmt und die Organisation zur Umsetzung wird beschrieben. Institutionell ist eine Anbindung an die traditionellen Autoritäten (z.B. Kantonschef, Erdherr) und an die dezentralen Gebietskörperschaften möglich, so dass das Regelwerk auch für Dritte verbindlich wird. Wegen des großen Aufwands an Fachpersonal für die Prozessbegleitung bei Erstellung und Umsetzung der Nutzungsvereinbarungen liegt der Fokus auf Schlüsselressourcen für die lokale Ökonomie und auf Schutzinteressen von überörtlicher Wichtigkeit.

Ökologische Wirkungen

Durch die seriöse Potentialanalyse bzw. eine genaue Bestimmung der Schutzziele wird die Nutzung an die Ertragskraft des lokalen Ökosystems angepasst. Die Reduktion des Nutzungsdrucks, d.h. der Entnahmen, führt zu einer Erholung des Regenerationspotentials und die Artenvielfalt und Vegetationsdichte nimmt wieder zu. Die Fischpopulationen stabilisieren und erholen sich.

Die einzelnen ökologischen Wirkungen und die Entwicklung der Biodiversität werden durch das Öko-Monitoring erfasst und dienen der Steuerung der Maßnahme. Unter den Bedingungen des Sahels mit einer hohen Klimavariabilität entwickelt sich die Artzusammensetzung an einem Standort zumeist dynamisch, ohne dass eine bestimmte Sukzession deutlich wird (Wetzel und Schmelzer 2001). Entsprechend bleibt die Artenvielfalt bei positiven Standortbedingungen vergleichsweise hoch. Für die Vegetation ist die Entwicklung einer Strauch- oder Baumsavanne charakteristisch. Auf Standorten mit sehr starker Degradation (Verkrustungen) sind eventuell weitere Managementmaßnahmen notwendig, um die Vegetation wiederherzustellen.

Ökonomische Wirkungen

Die Erarbeitung der Nutzungsvereinbarungen erfordert eine intensive Arbeit von Fachleuten mit den Nutzergruppen. Potentialanalysen werden erstellt und die institutionelle Einbindung

abgeklärt. Letztlich wird der Text redigiert, korrigiert und unterschrieben; die Maßnahmen umgesetzt, das Gelände gekennzeichnet und flankierende Maßnahmen durchgeführt. Nach dieser Initialinvestition wird in der Umsetzungsphase die Einhaltung der Nutzungsbeschränkungen durch spezielle Komitees kontrolliert und Verstöße sanktioniert.

Die Erträge nach der Wiederherstellung von sylvo-pastoralen Zonen sind beträchtlich. Der Holzzuwachs liegt zwischen 1 und 1,5 Ster je Hektar (Banzhaf 2005). Hinzu kommt die Nutzung von Früchten und Blüten durch die Sammelwirtschaft (Affenbrotbaum, Tamarinde, etc.). Die pastorale Nutzung erfolgt durch die Beweidung und das Schneiteln von Futterbäumen (*Acaciaarten*, *Pterocarpus lucens*), wobei letzteres v.a. in der zweiten Hälfte der Trockenzeit mit einem geringen Futterangebot wertvoll ist.

Die geregelte Fischerei in den Seen von Léré und Tréné (Tschad) erreichte eine Verdoppelung der Fangzahlen der Fischer mit in der Folge positiven Auswirkungen auf die Fischhändlerinnen und weiteren Akteuren in der Fisch-Vermarktungskette (ebenda).

Durch das Management von Schutzgebieten werden ebenfalls Einnahmen generiert. Einerseits wird dies durch Einnahmen aus dem Öko-Tourismus erreicht, andererseits ergeben sich Einnahmen durch die Organisation der Jagd. Durch die Schutzgebietsverwaltung werden Dienstleistungen nachgefragt (Überwachung, Öko-Monitoring, Pistenunterhaltung etc.), die von der ansässigen Bevölkerung erbracht werden können.

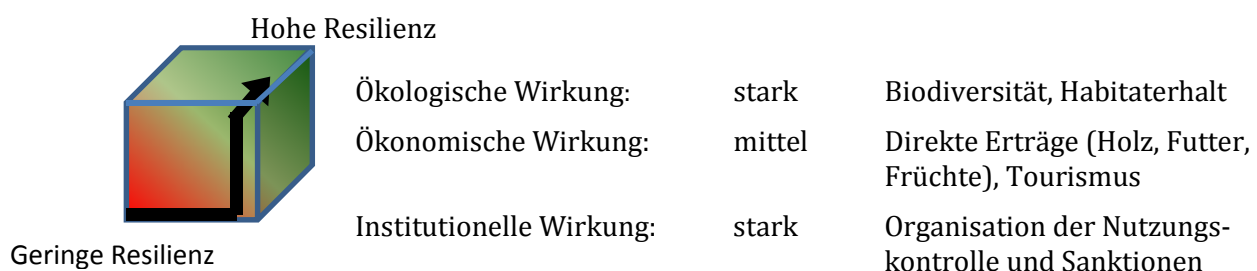
Politische und institutionelle Wirkungen

Eines der Hauptziele der Nutzungsvereinbarungen ist die Entschärfung von Konflikten zwischen unterschiedlichen Nutzergruppen um den Zugang und die Nutzung von natürlichen Ressourcen. Die sorgfältige Evaluierung der bestehenden Nutzungsrechte und der Nutzungspraxis liefert hierzu die Basis (Dorlöchter-Sulser et al. 2000). Am Prozess der Erarbeitung der Vereinbarungen sind die verschiedenen Nutzergruppen beteiligt (Banzhaf et al 2000). In der Organisation, die die Nutzungsregelungen umsetzt, sind ebenfalls die verschiedenen Interessensgruppen repräsentiert. Die Methodik der Erarbeitung von Nutzungsvereinbarungen orientiert sich teilweise an den Verfahren, die in der Mediation üblich sind. Durch diese Herangehensweise wird erreicht, dass sich die Häufigkeit der Konflikte vermindert und im Konfliktfall die Kosten für die Regelung reduziert sind (Banzhaf 2005).

Als wesentliches Element ist die Anbindung der lokalen Nutzungsvereinbarungen an das moderne und an das ‚traditionelle‘ Rechtssystem zu nennen (vgl. Hilhorst und Coulibaly 1998, Lavigne-Delville 1999). So sind Vorschriften ausgeschlossen, die den gesetzlichen Regelungen widersprechen. Die Beteiligung der staatlichen Dienste sichert die Konformität.

Gleichzeitig orientieren sich viele Regelungen an den Verhaltensnormen der lokalen Gesellschaften und sind dadurch leicht verständlich und werden von den ‚traditionellen‘ Autoritäten unterstützt. Lokale Vereinbarungen werden überwiegend durch Gemeinderatsbeschluss als verbindlich anerkannt und finden so Eingang in die Gemeindeplanung.

Die angestrebte Wirksamkeit von lokalen Nutzungsvereinbarungen zur Verbesserung der Resilienz stellt sich wie folgt dar:



Die Wirkungen wurden oftmals nicht vollständig erreicht, da die Nutzungskontrolle nicht durchgängig durchgesetzt werden konnte. Hierbei spielte eine wesentliche Rolle, dass die Kontrollorgane mangels Befugnis die Verstöße nicht direkt ahnden konnten.

(16) Landnutzungsplanung

Die Landnutzungsplanung umfasst zunächst eine partizipative Evaluierung der räumlichen Verteilung der natürlichen Ressourcen, deren Zustand und Nutzungen. In einem zweiten Schritt werden bereits entwickelte und bisher ungenutzte Potentiale und bisher ungelöste Probleme identifiziert und daraus die Entwicklungsmöglichkeiten abgeleitet. Nach einem Bewertungsschritt werden die priorisierten Einzelvorhaben in die Entwicklungsplanung übertragen und in der Folge realisiert. Um alle Phasen der Landnutzungsplanung zu durchlaufen und die wesentlichsten NRM-Maßnahmen umzusetzen, ist mit einer Interventionsdauer von fünf Jahren zu rechnen (Behaim 2003). Eine Schlüsselaktivität im Rahmen der Landnutzungsplanung ist die Ausbildung der Nutzer in den Techniken des nachhaltigen Ressourcenmanagements.

Die ursprünglich für die dörfliche Planung entwickelte Landnutzungsplanung ist heute Teil der Gemeindeentwicklungsplanung. Sie dient als Element der Bürgerbeteiligung bei der Feststellung der Strategie für die Entwicklung im Bereich der natürlichen Ressourcen. Für die Programme in diesem Bereich dienen diese Planungen als Referenz für die Programmaktivitäten und Jahrespläne. Die Gemeinde übernimmt die Koordinierungsfunktion und fungiert als Bauherr für die Maßnahmen, die ausgeschrieben werden müssen. Die Umsetzung der einzelnen NRM-Maßnahmen erfolgt weiterhin auf Ebene der Dorfgemarkungen mit der Beteiligung der lokalen Bevölkerung.

Ökologische Wirkungen

Aus der Planungsaktivität an sich erwächst keine ökologische Wirkung. Durch die Landnutzungsplanung werden zunächst die Einzelmaßnahmen auf einander abgestimmt und als Resultat die räumlichen Einheiten (Wassereinzugsgebiete, Täler, sylvo-pastorale Ressourcen, Ackerflächen, Parkfläche) so weit als möglich systematisch melioriert. Durch die Abstimmung der Maßnahmen aufeinander wird die Effizienz der Einzelmaßnahmen gesteigert. So wird die Grundwassersituation einer Talsohle durch die Errichtung von Steinwällen verbessert und die Förderung der natürlichen Regeneration ist in der Folge wesentlich erfolgreicher und die Bodenfruchtbarkeit wird langfristig stabilisiert.

Eine erfolgreiche Nutzungsplanung bedingt die Beteiligung der Nutzer im Planungsprozess. Dabei sind die Baumaßnahmen als erster Schritt zur Verbesserung der Ertragsfähigkeit unabdingbar. Die weiteren Schritte, z.B. das Mulchen, das Ausbringen von Tierdung und Kompost, die Förderung der natürlichen Regeneration unterstützen jedoch die ökologische Wirkung und machen sie effizient. Demnach ist die Anleitung der Kombination der Maßnahmen ein Schlüssel zur Nachhaltigkeit.

Die Rolle der Gemeinden bei der Raum und Zonenplanung ist in den meisten Sahelländern bisher nicht klar geregelt. Auch sind die Regelungen im Bereich Bodenrecht und Bodenordnung nicht sehr eindeutig und ein Transfer des Staatsbesitzes wurde nicht durchgeführt. Somit sind die Gemeinden in der Landnutzungsplanung bisher kein eigener Akteur, der spezifische Schutz- oder Nutzungsbedingungen auf seinen Ländereien durchsetzen könnte.

Ökonomische Wirkungen

Die Investitionen für die Landnutzungsplanung bestehen im Wesentlichen aus den Kosten für die Beratungs- und Ausbildungsdienstleistungen. Nach Erhebungen durch das PASP in Niger liegen die Personalkosten für die Begleitung während fünf Jahren je Gemarkung im Bereich von 3,25 Mio FCFA (ca. 5000 €). Hinzu kommen die Transportkosten, die Kosten für das

Kartenmaterial (Ressourcenkarten, Luftbilder, GIS-Systeme) von 10.000 bis 100.000 FCFA sowie didaktisches Material und die Subventionskosten für die Realisierung der NRM-Maßnahmen im Bereich des Erosionsschutzes durch Steinreihen und der Meliorierung der sylvo-pastoralen Flächen (Behaim o.J.).

Die Landnutzungsplanung an sich generiert keine Erträge. Die Festlegung der Viehtriebe und die Zuordnung der Nutzungsprioritäten im Rahmen der Zonenplanung hilft Konflikte vermeiden und die Kosten für Schäden und die Schadensregulierung zu minimieren. Die Verbesserung des Zugangs zu Weiden und zu Tränkemöglichkeiten steigert die Effizienz der ortsgebundenen Tierhaltung. Durch die Kombination von NRM-Maßnahmen können Synergien erzeugt und Kosten eingespart werden.

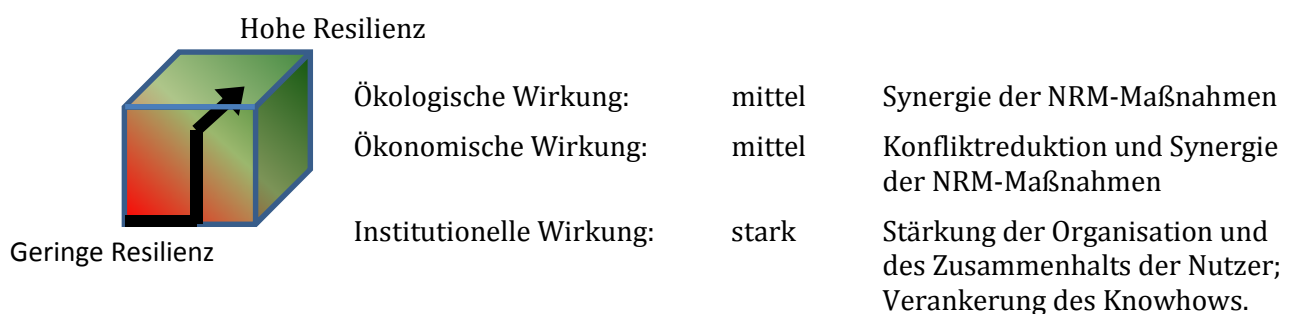
Für die Gemeinden als Bauherr der lokalen Infrastrukturerstellung schafft die Landnutzungsplanung die Voraussetzung für eine rationale und effektive Lenkung der Investitionsentscheidungen. Fehlinvestitionen können ggf. vermieden werden. Durch die Integration der Einzelvorhaben in eine mehrjährige Rahmenplanung können die Investitionen so gestaltet werden, dass nötige Ersatzinvestitionen und Folgekosten die Finanzkraft der Gebietskörperschaften nicht übersteigt und ein dauerhafter Betrieb möglich wird.

Politische und institutionelle Wirkungen

Die institutionelle Wirkung der Landnutzungsplanung geht weit über die Wirkungen der einzelnen Erosionsschutzmaßnahmen hinaus, da die systematische Partizipation der Nutzer wesentlich dazu beiträgt, ein gemeinhin anerkanntes Problembewusstsein zu schaffen und die individuellen Lösungsstrategien der einzelnen Betriebe in eine kollektive Entwicklungsperspektive einzubinden. Hierbei spielt die Ausbildung der Nutzer eine entscheidende Rolle (Neubert et al. 2000).

Für die Integration der Landnutzungsplanung in die Gemeindeentwicklungsplanung sind klare Zuständigkeitsbereiche der beteiligten Institutionen förderlich. In der gegenwärtigen Situation wenig funktioneller Institutionen des Grund- und Bodenrechts, unklarer Planungskompetenzen und des Nichttransfers der Verfügung über die staatlichen Ländereien ist dies nicht gegeben. Wie an den Landnutzungsplänen in der Region Tahoua (Niger) deutlich wird, bleibt die Beteiligung der kommunalen Institutionen unzureichend (LUCOP 2010).

Zusammenfassend kann der angestrebte Beitrag der Landnutzungsplanung zur Verbesserung der Resilienz wie folgt dargestellt werden:



Die institutionellen Wirkungen der Maßnahme wurden oft als nicht nachhaltig erachtet, da die Beurteilung auf die Funktionalität der lokalen Organisationen beschränkt blieb. Demnach wurden nach Beendigung der Programme die Planungsaktivitäten nicht mehr weitergeführt und die Organisationen büßten bisweilen an Dynamik ein; oder, die Planungsaktivitäten wurden weitergeführt und das externe Monitoring ergab eine ‚Überplanung‘ der verbleibenden NRM-Maßnahmen (GTZ 2003). Eine detaillierte Untersuchung wie bei Neubert et al. 2000 wurde meist nicht erbracht und die Würdigung der Wirkungen blieb aus.

Teil 4: Erfolg der NRM-Maßnahmen im Lichte der Resilienzindikatoren

Nachweis der Förderung der Resilienz durch NRM-Programme

Im Vergleich der Resilienzindikatoren für Krisensituationen und der Indikatoren aus der Wirkungsbeobachtung der Programme zum Ressourcenmanagement und Armutsbekämpfung im ländlichen Raum erstaunt nicht, dass sich Überschneidungen vor allem hinsichtlich der wirtschaftlichen Dimension ergeben. In beiden Perspektiven nimmt der **Zugang zu Einkommen** den zentralen Platz für die strategische Ausrichtung ein. Während sich in den Programmen im Bereich des Managements natürlicher Ressourcen die Ziele auf die Verbesserung und Stabilisierung der Erträge aus Ackerbau und Viehwirtschaft fokussieren, erweist sich für die Bewältigung von Krisensituationen die Vorsorge über zugängliche Bewältigungsstrategien als ein zentrales Element. Die dazu nötige Erweiterung des Handlungsspielraums erfolgt durch Kreditzugang und Aktivierung **alternativer Einkommensmöglichkeiten** im Bewässerungsfeldbau und auf den Arbeitsmärkten. Diese Handlungsalternativen und Verflechtungen in den Livelihood-Strategien wurden bisher in den Programmkonzeptionen nicht durchgängig berücksichtigt.

In der Wirkungsbeobachtung der Programme wurde bisher ein sehr eingeschränktes Beobachtungsfeld abgebildet, das sich an der Wirkungslogik der Intervention orientiert und im Wesentlichen darauf beschränkt, die mit dem Partnerland vereinbarten Ziele und Wirkungen zu überprüfen. Breiter angelegte Studien, wie beispielsweise die Impaktstudie von Neubert et al. (2000) über das PATECORE-Programm in Burkina Faso sind die Ausnahme. Entsprechend steht in den Evaluierungsberichten viel zu Pertinenz, Effektivität, Effizienz und zu Nachhaltigkeit der Interventionen und der Zielerreichung, jedoch kaum Informationen zu Verbesserung der Resilienz der Haushalte und Agrarökosysteme.

Das quantitative Monitoring der Maßnahmen und der technischen Lösungen war aufgrund der ökonomischen Ausrichtung der Programmkonzeptionen auf die Erfassung der **Ertragswirkungen** ausgerichtet. Dabei entsprachen die Versuchsanordnung und -bedingungen selten wissenschaftlichen Standards. Neben einer definierten Versuchsanordnung wäre es dazu angezeigt, auch die jeweils applizierten Düngerdosen und weiteren ertragsrelevanten Kulturtechniken zu erfassen. Die in hoher Zahl gewonnen Ertragsdaten geben somit Tendenzen wieder, welche Resultate die bäuerliche Praxis erreichte, sind allerdings nicht geeignet für einen Vergleich zwischen den NRM-Methoden oder die Ableitung von spezifischen Empfehlungen.

Um die Wirkungen der Programme auf die Resilienz der lokalen Gesellschaft zu erfassen, muss eine differenzierte Analyse der Livelihood-Strategien der verschiedenen sozialen Schichten/Einkommensklassen erstellt werden. Dadurch kann die Abhängigkeit der jeweiligen Gruppen von der Nutzung natürlicher Ressourcen und deren Stellenwert bestimmt werden. Die Wirkungen der NRM-Programme auf den Freiheitsgrad hinsichtlich externer und interner Stressoren, die Widerstandsfähigkeit der lokalen Wirtschaft und deren Vernetzung mit der nationalen und regionalen Ökonomie geben Anhaltspunkte für die Verbesserung der Krisenfestigkeit. Demnach wird mit den durch die NRM-Programme erreichten Ertragswirkungen und Verbesserung der Ertragssicherheit die Resilienz erhöht; der spezifische Beitrag kann jedoch kaum gewichtet werden.

Eine detaillierte Erfassung der **ökologischen Wirkungen** (Wasserhaushalt, Vegetationsdichte, Artenzusammensetzung, Bodengüte etc.) fand nur ansatzweise statt. Für die Darstellung der Erreichung der Programmziele sind diese Monitoringresultate mit der Ertragsentwicklung als Proxi-Indikator für die Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit hinlänglich, für die Beurteilung der Resilienz des agrarökologischen Systems sind sie jedoch nicht ausreichend. Wie beispielsweise von Botoni und Reij (2009) zusammengefassten Studien gezeigt haben, erfordert das Monitoring der ökologischen Wirkungen eine Kombination verschiedener Methoden. Die Auswertung und der Vergleich von Luftbildern erlaubt verlässliche Aussagen zur Vegetationsdichte der Gehölze, ist aber hinsichtlich der Gras- und Krautschicht durch den Zeitpunkt der Aufnahmen in der

Trockenzeit limitiert. Die Erfassung der Populationsdynamiken und Artenzusammensetzung gelingt nur durch Erhebungen am Standort. Die Höhe des Grundwassers kann als Indikator für die Resilienz wichtig sein. Die Aussagekraft und Reichweite muss jedoch durch entsprechende hydrogeologische Studien abgesichert werden. Die Messung des Kohlenstoffs im Boden ist aufwändig und erscheint deshalb auf Programmebene nicht zu leisten. Ein Monitoring der Bodengüte wurde bisher in keinem Programm unternommen. Für die Beurteilung der Resilienz des Agrarökosystems ist die Erfassung der langsamen Variablen (Nährstoffreserven, Vielfalt der Ökotope, genetische Variabilität und Artenvielfalt) wesentlich. Eine Veränderung dieser Faktoren erfolgt über Zeiträume, die die Dauer der Programmzyklen weit übertreffen und entzieht sich damit zum Teil der Wirkungsbeobachtung der Programme. Aus den durchgeführten Wirkungsbeobachtungen (vgl. Kusserow 2010, Botoni und Reij 2009) ist die generelle Wirksamkeit der Programme für die Vegetationsentwicklung auf den Ackerflächen nachgewiesen.

Das Monitoring der **institutionellen Wirkungen** auf der lokalen Ebene konnte durch die Programme nur ausschnittsweise geleistet werden. Durch die hervorgehobene Stellung der Auswirkungen der Programme hinsichtlich der Gleichstellung der Geschlechter wurden die betreffenden Zielsetzungen durch das Monitoring speziell verfolgt. Hier wurden beachtliche Erfolge erreicht, insbesondere dort wo Gruppenaktivitäten gefördert werden konnten. Der Organisationsgrad und Ausbildungsstand der Zielgruppen sind für alle Programme wichtige Größen bei der Messung der Zielerreichung.

Mit der Dezentralisierung und der Verlagerung der Programmaktivitäten in den Bereich der Bewässerungslandwirtschaft haben sich die Verteilung der Aufgaben und die Anforderungen stark gewandelt. Die vormals in dörflichen Strukturen fokussierte Managementkompetenz ist nun auf mehrere Ebenen verteilt. Neben der Agrarproduktion wurden zunehmend auch die weiteren Segmente der Wertschöpfungskette (Inputversorgung, Transport, Marktzugang, Verarbeitung etc.) gefördert. Gleichzeitig wurden teilweise die staatlichen technischen Dienste dezentriert und die Institutionen für Bodenrecht und Bodenordnung weiterentwickelt.

Die quantitative Erfassung der institutionellen Entwicklung konzentrierte sich auf die Entwicklung der Gemeinden, der Bodenrechtsinstitutionen und der Vermarktungskanäle. Synergiewirkungen durch den Mehrebenenansatz wurden nur selten erreicht, da sich viele Länder des Sahelraums in kontinuierlichen oder wiederholten politischen Umbruchsphasen befanden und Gesetzgebungsverfahren und Verwaltungsreformen nur langsam bzw. sprunghaft verliefen. Die Verbesserung der Reaktionsfähigkeit der lokalen Institutionen auf schleichende und krisenhafte Veränderungen wurde nicht systematisch evaluiert.

Nachweis der Resilienz auf Betriebs- und Haushaltsebene

Tendenziell kann festgestellt werden, dass in den Programmen die NRM-Maßnahmen auf betrieblicher Ebene einfacher umzusetzen sind, da sie geringere Ansprüche an die Organisationsfähigkeit der Bevölkerung stellen und die Motivationslage sehr viel klarer ist. Auf **Betriebsebene** können die NRM-Maßnahmen verschiedenen Reaktionsmustern im Umgang mit Veränderungen zugewiesen werden. Diese krisenhaften Situationen können kurzfristig sein und plötzlich auftreten oder sich langsam aufbauen und damit voraussehbar sein.

Kurzfristige Krisen müssen durch den Betrieb abgefedert werden können, ohne den Betrieb umzugestalten. Die Betriebe müssen über genügend Pufferkapazität bzw. Widerstandskraft verfügen. Durch die Maßnahmen zur Verbesserung der Ertragssicherheit wird dies erreicht: Vegetationsstreifen, Steinreihen, Mulchen und Pflanzmulden tragen durch die Verbesserung der Bodenfeuchte und Bodenfruchtbarkeit zur Ertragssicherheit bei. Auch ein angemessener Baumbestand auf den Ackerflächen unterstützt den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit. Die Förderung der natürlichen Regeneration wirkt daher verstärkend auf die Widerstandskraft der Betriebe.

Langsame, gravierende Veränderungen drängen die Betriebe dazu, ihre Strategien auf die veränderten Gegebenheiten abzustimmen. Ein wesentlicher Motor der Veränderungen im

Sahelraum ist die Klimaerwärmung und die damit verbundenen lokalen Phänomene, wie verkürzte Regenzeiten, Trockenperioden während der Regenzeit etc. Auch in diesen Situationen sind die NRM-Maßnahmen zum Erosionsschutz und der besseren Regulierung der Bodenfeuchte erfolgreich. Vegetationsstreifen, Steinreihen, Mulchen und Pflanzmulden sind auf den geeigneten Standorten effektive Mittel der Anpassung. Durch die Kombination, auch mit der Förderung der natürlichen Regeneration eines angemessenen Baumbestands wird die Effektivität der Maßnahmen weiter erhöht.

Durch die Intensivierung der Nutzung der natürlichen Ressourcen werden die Effektivität der Bracheflächen und die Versorgung mit Mulchmaterial aus den sylvo-pastoralen Flächen vermindert. Die aktive Kontrolle der Nährstoffkreisläufe wird wichtig. So erfordert der Einsatz von Tierdung die Integration der Tierhaltung und eine Haltung in halboffenen Ställen. Für das Ausbringen des Düngers und des Mulchmaterials sind Transportkapazitäten nötig. Eine erfolgreiche Anpassung erfordert ebenfalls Investitionen in Betriebsmittel und –ausstattung. Im Rahmen der Unterstützung der Erosionsschutzmaßnahmen erfolgt auch eine Subventionierung des Aufbaus von Transportkapazitäten.

Nicht voraussehbare, plötzliche und tiefgreifende Veränderungen zwingen die Bauern und Bäuerinnen dazu, die Betriebe und damit verbunden die Arbeitsteilung zu verändern. Als Beispiele mögen die Errichtung der Mikro-Talsperren im Dogonland in Mali nach der Hungerkrise von 1972/73 und die Entwicklung des Gartenbaus nach der Hungerkrise von 1984/85 im Niger dienen. Auch die Entwicklung der Schaf- und Rindermast als weiterem Betriebszweig wurde durch diese Krisensituationen zumindest beschleunigt. Die Anlage von Mikro-Talsperren und Kleinbewässerungsanlagen im Rahmen von NRM-Projekten sind somit auch effektive Strategien zur Verbesserung der Resilienz. Mit der Förderung der natürlichen Regeneration und der Erweiterung des Baumbestands auf den Feldern, werden die Bauern und Bäuerinnen im Sahel gleichsam zu Energieproduzenten und erweitern ihr Spektrum um Produkte außerhalb des Nahrungsbereichs.

Die NRM-Programme leisten wesentliche Beiträge für die Resilienz von Haushalten in Nahrungsmittelkrisen. Das wichtigste Kriterium für die Beurteilung der Maßnahmen nach diesem Maßstab ist ihr Beitrag zum **Haushaltseinkommen**. Hinsichtlich der NRM-Maßnahmen sind dies jene Aktivitäten, die direkte Auswirkung auf die Agrarerträge haben. Dies sind alle Maßnahmen auf der betrieblichen Ebene sowie die Steinwälle. Hinzu kommen die Einkommen aus Gartenbau und Reisproduktion um die Talsperren und auf den Perimetern. Auch der Verkauf von Holz und Stroh kann zum Einkommen beitragen, speziell während Nahrungsmittelkrisen.

Im Gegensatz zum städtischen Milieu ist die **Einschätzung der Nahrungsunsicherheit** im ländlichen Raum für die Bevölkerung vergleichsweise übersichtlich, da die Entwicklung der Ernte der Grundnahrungsmittel jedem bekannt ist. Die Notwendigkeit des Zukaufs ergibt sich aus der Menge der Eigenproduktion. Die Möglichkeiten des Zukaufs sind durch die Kaufkraft limitiert. Überraschende Preisentwicklungen sind relativ selten.

Die **Ernährungsdiversität** wird im ländlichen Raum des Sahel durch die selbstproduzierten und die zugekauften Nahrungsmittel, sowie die Produkte aus der Sammelwirtschaft gebildet. Sie wird zumeist durch die Frauen sichergestellt. Mit der Einführung des Gartenbaus erweiterte sich die verfügbare Palette am meisten. Auch die Erweiterung des Misanbaus auf Feldern, die mit Steinreihen oder Steinwällen melioriert wurden, ergänzt das Angebot. Die Haltung von Kleinwiederkäuern und Hühnern/ Perlhühnern kann die Palette weiter aufstocken.

Als weitere **verfügbare Bewältigungsstrategien** sind die Einkommen aus Gartenbau und Reisperimeter zu nennen. Holz- und Strohverkauf bilden weitere Möglichkeiten. Als letzte Zuflucht gilt das Sammeln von Wildfrüchten, so dass auch lokale Schutz- und Nutzungsvereinbarungen die Strategiemöglichkeiten erweitern. In einem dynamischen Umfeld wie dem Sahelraum kann realistischer Weise keine **gesicherte Stabilität** der Versorgung mit Nahrungsmitteln erreicht werden. Allerdings ergibt sich aus der Verbesserung der Krisenbewältigungskapazitäten die Erwartung für eine effektivere Vermeidung von Nahrungskatastrophen.

Verhaltensbasierte Indikatoren

Die von Cabell und Oelofse (2012) vorgeschlagenen verhaltensbasierten Indikatoren zur Prüfung der Resilienz von Agrarökosystemen werden in den Tabellen 7 bis 9 entsprechend den ökologischen und ökonomischen sowie politischen und institutionellen Wirkungen von NRM-Maßnahmen zugeordnet. Es zeigt sich, dass die Gesamtheit der Maßnahmen zur Stärkung der Resilienz des Agrarökosystems im Sahel beitragen. Gleichzeitig werden für jeden einzelnen Resilienzindikator Verbesserungen in den jeweils zumessenden Qualitäten der Resilienz erreicht. Die vergleichsweise hohe Anzahl der Indikatoren begründet sich durch die Vielfalt der wesentlichen Aspekte des Systems.

Die in den Programmen verfolgte Strategie, für die unterschiedlichen Standorte in der Landschaft geeignete Nutzungsverbesserungen zu entwickeln, zeigt sich in der guten Abdeckung der verschiedenen Resilienzindikatoren. Es ergeben sich kaum Schwachpunkte, obwohl nur ein Teil der in den Programmen durchgeführten Maßnahmen in die Analyse aufgenommen wurde. Ein raumplanerischer Ansatz erweist sich als effektiv für die Verbesserung der Resilienz der Agrarökosysteme

Bei der Bewertung der politischen und institutionellen Dimension zeigt sich die Wichtigkeit der Landnutzungsplanung und lokalen Nutzungsvereinbarungen für die Resilienz. Über diese beiden Maßnahmen wird das Ressourcenmanagement im administrativen und normativen Bezugsrahmen verankert und von der lokalen Gesellschaft koordiniert. Die effektive Umsetzung der Maßnahmen steigert direkt deren Resilienz.

Die qualitative Bewertung erlaubt keine Aufrechnung der Wirkungen gegeneinander, so dass sich aus dem Vergleich der Maßnahmen kein Ranking ableiten lässt. Ebenfalls sind keine Schwellenwerte für die einzelnen Indikatoren definiert.

Tab. 7: Ökologische Wirkungen von NRM Maßnahmen im Messbereich von Resilienzindikatoren

Resilienzindikatoren	Wirkungen der NRM-Maßnahmen	Relevante NRM- Maßnahmen	
Ökologische Selbstregulation	Alle Maßnahmen zum Erosionsschutz wirken regulierend auf den Bodenwasserhaushalt. Das Mulchen und die organische Düngung unterstützen das Bodenleben und die Fähigkeit zur Regulation des Wasserhaushalts und die Nährstoffversorgung. Alle Maßnahmen, die einen dauerhaften Bewuchs erzielen, fördern ein Mikroklima.	- Vegetationsstreifen - Steinreihen - Mulchen - Pflanzmulden - Natürliche Regeneration - Sicheldämme - Nardi-Pflugfurchen	- Kontourdämme - Manuelle Gräben - Steinwälle - Feuerschutzstreifen - Dünenbefestigungen - Lokale Nutzungsvereinbarungen
Angemessene Verbundenheit	Die Erosionsschutzmaßnahmen verhindern den Verlust an Feinerde und Oberboden. Die Vegetation fördert die Ablagerung von Windfracht und bildet organische Substanz für die Bodenfruchtbarkeit. Durch das Mulchen und die organische Düngung werden die organische Substanz und der Nährstoffgehalt des Bodens wiederhergestellt.	- Vegetationsstreifen - Steinreihen - Mulchen Pflanzmulden - Natürliche Regeneration - Sicheldämme - Nardi-Pflugfurchen - Kontourdämme	- Manuelle Gräben - Steinwälle - Feuerschutzstreifen - Dünenbefestigungen
Funktionale Diversität	Die Artenvielfalt auf den meliorierten Flächen ist höher. Bereits verschwundene Arten siedeln sich wieder an. Die Verbesserung des Wasserhaushalts auf meliorierten Flächen fördert den Misanbau und die Fruchtfolgemöglichkeiten. Durch den Gartenbau werden andere Kulturpflanzen angebaut, mit neuen Möglichkeiten des Misanbaus und der Fruchtfolgen.	- Steinreihen - Natürliche Regeneration - Steinwälle - Mikro-Talsperren - Kleinbewässerungsanlagen	- Lokale Nutzungsvereinbarungen
Optimale Redundanz	Die Anzahl der Bäume auf der Ackerfläche wird erhöht. Der Nutzungsdruck auf die verbliebenen Waldflächen nimmt ab. Die Anlage mehrerer Talsperren in Folge fördert die Stabilisierung der Grundwässer und die Biodiversität.	- Natürliche Regeneration - Mikro-Talsperren - Lokale Nutzungsvereinbarungen	

Tab. 7: Ökologische Wirkungen von NRM Maßnahmen im Messbereich verhaltensbasierter Resilienzindikatoren

Resilienzindikatoren	Wirkungen der NRM-Maßnahmen	Relevante NRM- Maßnahmen	
Räumliche und zeitliche Vielfalt	Die Vielfalt der Ökotope im Gesamtsystem erhöht dessen Resilienz. Feuchtbiootope und Trockenstandorte werden mit hoher Biodiversität erhalten. Flächennutzung in der Regenzeit und in der Trockenzeit Abstimmung der Nutzungserfordernisse für Ackerbau, Viehwirtschaft und Bewässerungsfeldbau	- Natürliche Regeneration - Sicheldämme - Nardi-Pflugfurchen - Kontourdämme - Manuelle Gräben - Mikro-Talsperren	- Kleinbewässerungsanlagen - Lokale Nutzungsvereinbarungen - Landnutzungsplanung

Quelle: eigene Darstellung

Tab. 8: Ökonomische Wirkungen von NRM Maßnahmen im Messbereich verhaltensbasierter Resilienzindikatoren

Resilienzindikatoren	Wirkungen der NRM-Maßnahmen	Relevante NRM- Maßnahmen	
Ausreichend profitabel	Alle Maßnahmen auf betrieblicher Ebene und die Steinwälle verbessern direkt die Erträge im Ackerbau Die Holz- und Futtererträge der Begrünungsmaßnahmen sind von der Pflege abhängig Die Rentabilität der Investitionen in Mikro-Talsperren und Kleinbewässerung sind stark vom Standort abhängig und im Einzelfall zu prüfen.	- Vegetationsstreifen - Steinreihen - Mulchen - Pflanzmulden - Natürliche Regeneration - Sicheldämme - Nardi-Pflugfurchen - Kontourdämme	- Manuelle Gräben - Steinwälle - Mikro-Talsperren - Kleinbewässerungsanlagen
Angemessene Verbundenheit	Die Verkehrsinfrastruktur und Marktanbindung wird gewährleistet. Die systematische Nutzung der lokalen Nährstoffkreisläufe hilft den Zukauf von Dünger und Futtermittel zu minimieren. Die Erhöhung des Grundwasserspiegels verbessert die Versorgung mit Trinkwasser und die Tränkemöglichkeiten.	- Mulchen - Pflanzmulden - Natürliche Regeneration - Steinwälle - Mikro-Talsperren	- Kleinbewässerungsanlagen - Landnutzungsplanung

Quelle: eigene Darstellung

Tab. 9: Politische und institutionelle Wirkungen von NRM Maßnahmen im Messbereich verhaltensbasierter Resilienzindikatoren

Resilienzindikatoren	Wirkungen der NRM-Maßnahmen	Relevante NRM- Maßnahmen	
Soziale Selbstregulation	Ein Ausgleich zwischen den verschiedenen Nutzungsinteressen findet statt und ermöglicht eine nachhaltige Bewirtschaftung und Schutzmaßnahmen. Die Prioritätensetzung erleichtert sachgerechte Investitionsentscheidungen. Die Ausrichtung der betrieblichen Maßnahmen auf Nachhaltigkeit unterstützt die dörfliche Organisation.	- Lokale Nutzungsvereinbarungen - Landnutzungsplanung	- Vegetationsstreifen - Steinreihen - Mulchen - Pflanzmulden - Natürliche Regeneration
Anerkennung des kulturellen Vermächtnis	Verbesserte Techniken machen Anleihen bei ‚traditionellen‘ Techniken. Traditionelle Autoritäten werden in die Mediations- und Planungsprozesse eingebunden und übernehmen Verantwortung in der Umsetzung.	- Vegetationsstreifen - Steinreihen - Pflanzmulden	- Lokale Nutzungsvereinbarungen - Landnutzungsplanung
Aufbau von Humankapital	Qualifizierung auf Ebene der Betriebsleiter/innen, der Bauernberater und der Techniker.	Alle Maßnahmen	
Gegenseitiges Lernen	Die Motivation, eine Maßnahme zu realisieren, wird durch den Austausch zwischen bauerngruppen entscheidend gestärkt. Das gemeinsame Auswerten der Ergebnisse auf den Demonstrationsflächen. Der Mediationsprozess führt zu einem Verständnis der jeweiligen Interessen der unterschiedlichen Nutzer.	- Steinreihen - Pflanzmulden - Natürliche Regeneration - Sicheldämme - Kontourdämme - Manuelle Gräben - Steinwälle	- Feuerschutzstreifen - Dünenbefestigungen - Kleinbewässerungsanlagen - Lokale Nutzungsvereinbarungen
Störungserprobung	Abgestorbene Setzlinge und Gehölze werden ersetzt. Übertretungen der Nutzungsregeln werden entsprechend der Vorgaben sanktioniert.	- Sicheldämme - Nardi-Pflugfurchen - Kontourdämme - Manuelle Gräben	- Dünenbefestigungen - Lokale Nutzungsvereinbarungen
Verbundenheit mit dem lokalen Naturkapital	Das lokale Naturkapital wird insbesondere durch den Schutz vor Versanden, dem Schutz vor Buschfeuer in der Pastoralzone und die lokalen Schutz- und Nutzungsvereinbarungen erhalten.	- Feuerschutzstreifen - Dünenbefestigungen	- Lokale Nutzungsvereinbarungen

Quelle: eigene Darstellung

Teil 5: Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Auswertung der Erfahrungen und Wirkungen mit den 16 untersuchten NRM-Maßnahmen ergab für alle Maßnahmen eine positive Korrelation zur Resilienz des Agrarökosystems und der beteiligten Agrarbetriebe. Die Maßnahmen festigen die Ertragssicherheit der Agrarproduktion und tragen damit wesentlich zur Ernährungssicherheit des ländlichen Raums im Sahel bei.

Durch die Ausrichtung auf den primären Sektor ist die Reichweite der Wirkung der Maßnahmen begrenzt. Die meisten Maßnahmen zielen auf den Erhalt bzw. die Wiederherstellung der Produktionspotentiale ab. Gleichzeitig besteht eine starke Abhängigkeit von den natürlichen Standortfaktoren und insbesondere der Entwicklung des saisonalen Klimageschehens. Eine größere Unabhängigkeit vom Wettergeschehen wird durch die Maßnahmen des ‚Waterharvesting‘ und die Bewässerungslandwirtschaft erreicht.

Im Folgenden sind Schlussfolgerungen und Empfehlungen formuliert, die sich auf die Auswahl der NRM-Maßnahmen zur Verbesserung der Resilienz des Agrarökosystems, die Berücksichtigung der Resilienz bei der Wirkungsbeobachtung und den weiteren Bedarf an evidenzbasierten Wirkungsinformationen beziehen.

Auswahl der NRM-Maßnahmen

Die untersuchten NRM-Maßnahmen sind konzipiert, um spezifischen Desertifikationsphänomenen zu begegnen oder um Standortpotentiale nutzbar zu machen. Die überwiegende Zahl ist auf bestimmte Standorte in der Landschaft abgestimmt. Eine Auswahl der Maßnahmen für die Programme mit Komponenten des Managements natürlicher Ressourcen erfolgt entsprechen der Zielvereinbarung entlang der Standortauswahl und durch die Präferenzen in der Wahl der Interventionseinheiten.

Grundsätzlich ist zwischen den Maßnahmen auf der betrieblichen Ebene und den Maßnahmen auf der Ebene der Dorfgemeinschaften und Gemeinden zu differenzieren. Während die organisatorische Umsetzung der betrieblichen Maßnahmen als sehr unproblematisch eingeschätzt wird, erfordert die Steuerung im kollektiven Bereich spezifische Unterstützungsmaßnahmen. In beiden Fällen sind flankierend Maßnahmen zur Motivierung und zur Ausbildung sinnvoll und notwendig und betreffen sowohl die Herstellung bzw. den Bau des physischen Produkts, als auch dessen Nutzung und Unterhaltung.

Empfehlung 1: Eine weitere Unterstützung der Programmaktivitäten zum betrieblichen Management der natürlichen Ressourcen wird empfohlen. Die betrieblichen Maßnahmen zielen auf die Verbesserung der Ertragslage im Ackerbau. Sie rekurrieren lediglich für den effizienten Einsatz der Unterstützungsleistungen auf die Koordination durch Dorf und Gemeinde. Im Wesentlichen fügen sie sich in den gegebenen institutionellen und normativen Handlungsrahmen ein. Die Effizienz wird durch die Abstimmung der Kombination verschiedener NRM-Maßnahmen mit der Struktur und der Ausstattung des Betriebs erreicht. Die breitenwirksame Umsetzung der Maßnahmen trägt wesentlich zur Steigerung der Resilienz der Agrarökosysteme im Sahel bei.

Empfehlung 2: Bei gegebenen Voraussetzungen sind Programmmaßnahmen für die Bewässerungslandwirtschaft eine empfehlenswerte Zukunftsinvestition. Die Erstellung und der Betrieb von Infrastruktur für die Bewässerungslandwirtschaft erfordern große Investitionen. Eine sorgfältige Machbarkeitsabwägung ist daher die Voraussetzung für eine Unterstützung. Bewässerung gilt in vielen Gegenden des Sahel als hauptsächliche Einkommensalternative zur saisonalen Arbeitsmigration und ist komplementär zur Grundnahrungsmittelproduktion im Regenfeldbau. Mit der Bewässerung einher geht eine Verstärkung der Anbindung an die Märkte für Betriebsmittel und Verkaufsprodukten. Durch die Diversität der Einkommen, die erhöhte Unabhängigkeit von den lokalen Niederschlägen und die gesteigerte Verbundenheit mit der übrigen Volkswirtschaft wirken die Maßnahmen positiv auf die Resilienz.

Empfehlung 3: Neben der Bewässerung bieten die Tierhaltung (Mast etc.) sowie der Transport- und die Vermarktungsbereich weitere Einkommensalternativen, die ggf. gefördert werden sollten. Diese Maßnahmen unterstützen die Generierung von zusätzlichen lokalen Einkommen und verbessern die Resilienz des Agrarsektors.

Empfehlung 4: Im Rahmen der Landnutzungsplanung sollten Elemente der Krisenvorsorge (gefährdete Standorte, strategische Ressourcen, alternative Nutzung) sehr viel expliziter behandelt werden. Die Förderung der Landnutzungsplanung wird im Rahmen der Gemeindeentwicklungsplanung weitergeführt und erleichtert die Steuerung der Investitionen und die Übernahme der Rolle des Bauherrn durch die Gemeinde. Für die Krisenvorsorge bietet die Landnutzungsplanung einen systematischen Zugang.

Empfehlung 5: Die Organisation der Beteiligung der Bevölkerung durch die Landnutzungsplanung bleibt die zentrale Drehscheibe für die Programme zum Management der natürlichen Ressourcen. Für Programme im Bereich des Managements der natürlichen Ressourcen sind diese Verfahren wesentlich für die Sensibilisierung und Mobilisierung der lokalen Bevölkerung. Sie bieten die Anknüpfungspunkte für die Institutionsförderung, für die Ausbildungsprogramme und für die Verankerung der Ownership der Maßnahmen bei der lokalen Bevölkerung.

Empfehlung 6: Damit Schutzmaßnahmen und lokale Nutzungsvereinbarungen erfolgreich durchgeführt werden können, sollten die administrativen und rechtlichen Hindernisse durch eine gezielte Reformberatung der Regierungen bzw. Ministerien vermindert werden. Mit Aufforstungs- und Schutzmaßnahmen und den lokale Nutzungsvereinbarungen werden der Erhalt und die Nutzung gemeinschaftlich genutzter Ressourcen gesteuert und optimiert. Der Erfolg der Maßnahmen hängt zu einem wesentlichen Teil vom Stellenwert der Ressourcen für die lokale Ökonomie und von den institutionellen Bedingungen ab. Gegenwärtig sind die gesetzlichen und administrativen Voraussetzungen nicht in allen Regionen des Sahel günstig. Weitere Verbesserungen hinsichtlich der Rechtsicherheit und des Transfers von Staatsbesitz auf die dezentralen Gebietskörperschaften sind nötig. Teilweise fehlen auch Möglichkeiten der Durchsetzung einer exklusiven Nutzung.

Empfehlung 7: Die Effektivität der Schutzmaßnahmen auf der lokalen Ebene kann durch eine erfolgsgebundene Subventionierung erhöht werden.

Resilienz in der Wirkungsbeobachtung

In den Programmkonzepten zum Management der natürlichen Ressourcen wird die Resilienz durch Formulierung des Anspruchs der Nachhaltigkeit auf Ebene des Outcomes und der Wirkungen verankert. In der konkreten Wirkungsbeobachtung der NRM-Programme ist Resilienz bisher weitgehend durch die Steigerung der Ertragsmengen und -sicherheit abgebildet.

Empfehlung 8: Diese Indikatoren sollten weiterhin Verwendung finden, da sie unter den Bedingungen des Sahel auch eine gewisse Aussagekraft für den ökologischen Zustand des Agrarsystems besitzen.

Empfehlung 9: Die Palette der Indikatoren sollte entsprechend der Ausrichtung der Maßnahmen auch die ökologischen und organisatorischen Wirkungen berücksichtigen. Wie aus der Auswertung hervorgeht, wird die Resilienz auf Ebene des Agrarökosystems durch die NRM-Maßnahmen tatsächlich hinsichtlich der ökologischen, ökonomischen und sozio-politischen Dimension gesteigert. Bereits durch die Auswahl der Maßnahmen und die Unterstützung der Durchführung leisten die Programme einen Beitrag zur Resilienz. Allerdings werden die Beiträge bisher in der Wirkungsbeobachtung nicht ausreichend abgebildet. Insbesondere die ökologischen Wirkungen werden bisher unzureichend erfasst.

Empfehlung 10: Die Analyse der Zielgruppe sollte um eine differenzierte Bewertung der Livelihood-Strategien erweitert werden. Die Beurteilung der Resilienz als Eigenschaft von Mensch-Umweltsystemen, wie dem lokalen Agrarökosystem erfordert eine Beobachtung des Gesamtsystems. Durch eine differenzierte Analyse der Livelihood-Strategien der verschiedenen sozialen Gruppen / Einkommensklassen / Geschlechter kann der Stellenwert der Nutzung der

natürlichen Ressourcen ermittelt werden. Deren Entwicklung im Verlauf der NRM-Maßnahmen ist ein wichtiger Parameter für den Beitrag zur Verbesserung des Lebensstandards und der Resilienz des Gesamtsystems.

Aus der ausgewählten Literatur ergaben sich keine direkt operationalisierbaren Indikatorsets zur Messung der Resilienz in Agrarökosystemen. Für die von Cabell und Oelofse (2012) vorgeschlagenen verhaltensbasierten Indikatoren müssten zunächst Schwellenwerte und Stufen definiert werden. Die von Alinovi et al. (2009) vorgeschlagenen Indikatoren eines Resilienzmodells bezüglich Nahrungskrisen müssten für den ländlichen Raum des Sahel getestet und kalibriert werden.

Bedarf an evidenzbasierter Wirkungsinformation

Die Durchführung von technischen Studien zu den unterschiedlichen Praktiken des Managements der natürlichen Ressourcen nach wissenschaftlichen Standards übersteigt die Möglichkeiten der meisten Programme der Entwicklungszusammenarbeit. Die Qualität und damit die Aussagekraft der Untersuchungen scheitern meist nicht an der Produktion von Erfolgsdaten, sondern an der Festlegung und Kontrolle der Bedingungen im Rahmen der Versuchsanordnung. Die interne, auf den Nachweis der Leistungserbringung und der Zielerreichung ausgerichtete Wirkungsbeobachtung der Programme erfüllt dagegen ihre Funktion meist effektiv und effizient.

Empfehlung 11: Die notwendigen, auf objektive Verfahren basierenden Untersuchungen zur Verbesserung der Resilienz durch NRM-Maßnahmen sollte in der Regel unabhängig von der Wirkungsbeobachtung der Programme erfolgen, so dass sich aus den Unterschieden in den Aussagen weitere Erkenntnisse ableiten lassen.

Die systematische Auswertung der Studien aus dem universitären und internationalen Forschungsbetrieb zeigt andererseits deren Orientierung auf eine Fachdiskussionen jenseits jeglicher bäuerlichen Praxis. Einige neuere Ansätze, wie beispielsweise durch die Untersuchungen zu Mikrodosierung von Düngemitteln, geloben in dieser Hinsicht Besserung. Dennoch ist auffällig, dass gerade an der Schnittstelle mit der Praxis zu wenig Forschung erfolgt.

Als Untersuchungsfelder für praxisorientierte Forschung sind die ökologischen Wirkungen von NRM-Maßnahmen zu nennen. Insbesondere quantitative Analysen der Wechselwirkungen der Artenvielfalt in Agroforstmaßnahmen und der Bodenfruchtbarkeit fehlen. Die Steuerung der Bodenfruchtbarkeit auf durch die Meliorationsmaßnahmen aufgewerteten Flächen ist ein weiteres breites Beobachtungsfeld. Dabei wird die Bodenfruchtbarkeit durch Bodeneigenschaften, Klima und Kulturmaßnahmen beeinflusst. Hierzu ist mittlerweile ein großes Erfahrungswissen aus der bäuerlichen Praxis vorhanden, das durch gezielte Versuchsreihen verifiziert und aufbereitet werden kann, so dass letztlich gesicherte quantitative Daten zur Verfügung stehen.

Die Wirkung der Aufforstungs- und Schutzmaßnahmen auf die Artenzusammensetzung und das Mikroklima ist ein weiteres Beobachtungsfeld. Die vielzitierte Dynamik der Populationsentwicklung in ariden Gebieten und die Auswirkung der Standortparameter kann durch entsprechende Untersuchungsreihen verifiziert werden.

Die Untersuchungen der hydrogeologischen Situation decken den gesamten Sahelraum weitgehend ab. Seitens der Wasserministerien der einzelnen Länder und durch Kooperationen mit den internationalen Flusskommissionen (Tschadsee, Niger, Senegal etc.) werden bereits für viele Gebiete die vorhandenen Informationen gebündelt. Weitere Untersuchungen zu Entwicklung der Grundwasserspiegel können die Informationen für spezifische Gebiete vertiefen und vervollständigen.

Empfehlung 12: Insgesamt ist zu prüfen, in welcher Weise die praxisnahe Forschung den genannten Forschungsfeldern in den Ländern des Sahelraums durch eine Kooperation zu unterstützt werden kann.

Literatur

- Abdoulaye, Tahirou und Ibro, Germaine (2006): Analyse des impacts socio-économiques des investissements dans la gestion des ressources naturelles, Etude de cas dans les régions de Maradi, Tahoua et Tillabery au Niger, CRESA Niamey und Freie Universität Amsterdam.
- Alinovi, L.; Mane, E.; Romano, D. (2009): Measuring Household Resilience to Food Insecurity: Application to Palestinian Households. EC-FAO Food Security Programme Rom.
- Amoukou, Adamou Ibrahim (2006): Impacts des investissements dans la gestion des ressources naturelles sur les systèmes de production dans la région de Maradi, Tahoua et Tillabéri au Niger. CRESA Niamey und Freie Universität Amsterdam.
- Banzhaf, Matthias, Drabo, Boureima und Grell, Hermann (2000): Du conflit au consensus – Les pasteurs et agro-pasteurs de Kishi Beiga (Burkina Faso) optent pour la cogestion de leurs ressources naturelles. IIED Securing the commons No. 3, London, UK.
- Banzhaf, Matthias (2005): Les impacts socio-économiques de la gestion décentralisée des ressources naturelles – La contribution des conventions locales à la lutte contre la pauvreté. Im Auftrag des SNRD und des Pilotprojektes Droit Foncier et Systèmes fonciers. GTZ, Eschborn.
- Bationo, A.; Kihara, J.; Waswa, B.; Ouattara, B.; Vanlauwe B. (2005): Technologies for sustainable management of sandy Sahelian soils. In FAO Proceedings Management of Tropical Sandy Soils for Sustainable Agriculture 27th November – 2nd December 2005, Khon Kaen, Thailand.
- Behaim, Dorith v. (o.J.) : Gestion des Terroirs en Afrique de l'Ouest – aspects économiques de l'approche ; unveröffentlichtes Manuskript.
- Behaim, Dorith von (2003): L'appui à la planification villageoise dans le cadre de la gestion des ressources naturelles – Approche et outils méthodologiques développés au PASP, Niamey.
- Bharwani, S.; Shale, M.; Taylor, A.; Matin, N.; Downing, T. (2007): Integrating Social Vulnerability into Water Management in the Lesotho Highlands: The Case Of Ha Tsui. Int. Conference on Adaptive & Integrated Watermanagement CAIWA 2007, Basel.
- Birkmann, J.; Böhm, H.R.; Buchholz, F.; Büscher, D.; Daschkeit, A.; Ebert, S.; Fleischhauer, M.; Frommer, B.; Köhler, S.; Kufeld, W.; Lenz, S.; Overbeck, G.; Schanze, J.; Schlipf, S.; Sommerfeldt, P.; Stock, M.; Vollmer, M.; Walkenhorst, O. (2011): Glossar Klimawandel und Raumentwicklung. Akademie für Raumforschung und Landesplanung Hannover.
- Botoni, Edwige; Reij, Chris (2009): La transformation silencieuse de l'environnement et des systèmes de production au Sahel : Impacts des investissements publics et privés dans la gestion des ressources naturelles. Freie Universität Amsterdam & CILSS Ouagadougou.
- Boyson, Thomas (2008): Rapport d'Étude sur la Comparaison des expériences faites par les projets de la Coopération allemande sur l'intégration de la gestion des ressources naturelles des secteurs agriculture, élevage et foresterie dans les Plans de Développement communaux (PDC) et les actions communales de développement. Bénin, Madagascar, Mali, Niger, Sénégal. Studie im Auftrag des Sektorvorhabens SNRD, Eschborn.
- Brown, K.; Westaway, E. (2011): Agency, Capacity and Resilience to Environmental Change: Lessons from Human Development, Well-Being, and Disaster. *Annual Review of Environment and Resources* 2011.36: 321-342.
- Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) (1999): La lutte contre la désertification. Expériences recueillies dans le cadre de la Coopération allemande au développement. Berlin/Bonn.

- Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) (2011): Bekämpfung der Desertifikation. Berlin/ Bonn.
- Cabell, J. F. und Oelofse, M. (2012): An Indicator Framework for Assessing Agroecosystem Resilience. *Ecology and Society* 17 (1): 18.
- Carpenter, S.; Walker, B.; Anderies, J.M.; Abel, N. (2001): From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems* 4: 765-781.
- Chambers, R. (1989): Editorial Introduction: Vulnerability, Coping and Policy. *IDS Bulletin* Vol. 20 (2): 1-7.
- Christmann, G.; Ibert, O.; Kilper, H.; Moss, T. (2011): Vulnerabilität und Resilienz in sozio-räumlicher Perspektive: Begriffliche Klärung und theoretischer Rahmen. Leibnitz-Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung Working Paper No.44.
- Cutter, S.I.; Barnes, L.; Berry, M.; Burton, C.; Evans, E.; Tate, E.; Webb, J. (2008): A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change* 18: 598-606.
- Darnhofer, I.; Fairweather, J.; Moller, H. (2010): Assessing a farm's sustainability: insights from resilience thinking. *International Journal of Agricultural Sustainability* 8 (3): 186-198.
- Darnhofer, I.; Bellon, S.; Dedieu, B.; Milestad, R. (2009): Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30: 545-555
- Dekker, StefanC. ; Rietkerk, Max; Bierkens Marc, F.P. (2007) : Coupling microscale vegetation-soil water and macrosclae vegetation.precipitation feedbacks in semiarid ecosystems. *Global Change Biology* 13: 671-678.
- DfID (2011): Defining Disaster Resilience: A DFID Approach Paper. London, UK.
- Djédjé, Melani, Frühwald, Jessica; Martin Han, Silvia et al. (2005): Situation de référence pour le suivi axé sur les résultats. Étude réalisée pour le Programme de Lutte Contre la Pauvreté (LUCOP) de la Coopération Nigéro-Allemande. Schriftenreihe des Seminars für Ländliche Entwicklung Nr. 218. Berlin.
- Dorlöchter-Sulser, Sabine ; Kirsch-Jung, Karl P.; Sulser, Martin (2000): Elaboration of a local convention for natural resource mangement: A case from the Bam region, Burkina Faso. IIED Issue paper No. 98, London, UK.
- Dorlöchter-Sulser, Sabine und Nill, Dieter (2012): Good Practices in Soil and Water Conservation - A contribution to adaptation and farmers' resilience towards climate change in the Sahel. GIZ Publikation, Eschborn.
- Downing, T.E.;Aerts, J.; Soussan, J.; Barthelemy, O.; Bharwani, S.; Ionescu, C.; Hinkel, J.; Klein, R.J.T.; Mata, L.J.; Martin, N.; Moss, S., Purkey, D. und Ziervogel, G. (2006): Integrating social vulnerability into water management. SEI Working Paper and Newater Working Paper No. 4. Stockholm Environment Institute, Oxford.
- FAO (2010): Measuring Resilience: A Concept Note on the Resilience Tool. EC-FAO Food Security Programme, Rom.
- Feller, Christian; Blanchart, Eric; Bernoux, Martial; Lal, Rattan, Manlay, Raphael (2012): Soil fertility concepts over the past two centuries: the importance attributed to soil organic matter in developed and developing countries. *Archives of Agronomy and Soil Science* Vol.58, S1: 3-21.
- Folke, C.; Carpenter, S.; Elmquist, T.; Gunderson, L.; Holling, C.S.; Walker, B. (2002): Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. *Ambio* Vol.31 (5) 437-440.

- Folke, C.; Colding, J.; Berkes, F. (2003): Synthesis: building resilience for adaptive capacity in social-ecological systems. In F. Berkes, J. Colding & C. Folke (eds.) *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*: 352–387. Cambridge University Press.
- Folke, C. (2006): Resilience: The Emergence of a Perspective for Social-Ecological Systems Analyses. *Global Environmental Change* 16: 253-267.
- Fraser, Evan D. G. (2007): Travelling in antique lands: using past famines to develop an adaptability/resilience framework to identify food systems vulnerable to climate change. In: *Climatic Change* August 2007, Volume 83, Issue 4, S. 495-514, online: DOI 10.1007/s10584-007-9240-9.
- Fraser, Evan D. G.; Dougill, Andrew J.; Hubacek, Klaus et al. (2011): Assessing Vulnerability to Climate Change in Dryland Livelihood Systems: Conceptual Challenges and Interdisciplinary Solutions. In: *Ecology and Society* 16(3): 3. Online: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-03402-160303>.
- Geiger, S.C. und Mani, A. (1993): Soil surface characteristics and variability in the growth of millet in plateau and valley region of Western Niger. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 45: 203-211.
- Gunderson, L.H.; Holling, C.S. editors (2002): *Panarchy, understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington D.C.
- GIZ (2011): Fortschrittsbericht 4 zu Nachhaltige Landbewirtschaftung in Äthiopien, GIZ interner Bericht, Eschborn.
- GIZ (2011): Green Sahel. Documentation of a Symposium held at the Gustav-Stresemann Institut in Bonn on the 28 of October 2010, Eschborn.
- GTZ – BMZ – InWent (2010): Glossary of terms for the Training Seminar ‘The Climate Change and Rural Development Nexus’, Bad Honnef.
- GTZ (2003): Schlussbericht zur Durchführung des Vorhabens KV: Ressourcenmanagement im Departement Tillabéri-Nord. Interner Bericht GTZ, Eschborn.
- Hilhorst, Thea und Coulibaly, Amandi (1998): Elaborating a local convention for managing woodlands in southern Mali. IIED Issue paper no. 78, London, UK.
- Hiernaux, Pierre; Ayantunde Augustine; Kalilou, A. et al. (2009): Trends in productivity of crops, fallow and rangelands in Southwest Niger: Impact of land use, management and variable rainfall. In: *Journal of Hydrology* S. 1-13.
- Holling, C.S. (1973): Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review on Ecology and Systematics* 4:1-23.
- Holling, C. S. und Meffe, G. K. (1996): Command and Control and the Pathology of Natural Resource Management. *Conservation Biology* 10, no. 2: 328-37.
- Holling, C.S. (2001): Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social systems. *Ecosystems* (4) 390-405.
- Hollnagel, E.; Woods, D.D.; Leveson, N. (2006): *Resilience Engineering: Concepts And Precepts*. Ashgate Aldershot.
- Hopkins, Jane C.; Berry, Philippe; Gruhn Peter (1995): Soil fertility decisions: evidence from Niger, International Food Policy Research Institute, Washington D.C.
- Institut de Recherche pour le Développement (2008): Scruter la transformation du Sahel depuis le ciel. *IRD Fiche Actualité scientifique* no.303, www.ird.fr.
- Kaboré, Daniel und Reij, Chris (2003): Emergence et diffusion d’une technique de CES traditionnelle améliorée au Burkina Faso : le cas des zaï. unveröffentlichtes Dokument.

- Kassogu , Armand ; Dolo, Jean ; Ponsioen, Tom (1990) : Les techniques traditionnelles de conservations des eaux et des sols sur le plateau Dogon. IIED Dossier No. 23, London, UK.
- Kato, Edward; Ringler, Claudia; Yesuf, Mahmud; Bryan, Elizabeth (2009): Are Soil and Water Conservation Technologies a Buffer Against Production Risk in the Face of Climate Change? Insights from Ethiopia's Nile Basin. IFRPRI Research Brief 15-17, Washington D.C.
- Kirsch-Jung, Karl P. (2000): Targeting food self-sufficiency : Economic and Social Impact of Soil and Water Conservation in Western Africa, In 11th International Soil Conservation Organization Conference, Buenos Aires, Argentina 23 – 27 October 2000.
- Kunze, Dagmar (1998): Sozio- konomische Wirkungen der Anlage von Steinkonturw llen in kleinb uerlichen Betrieben der Provinz Bam/Burkina Faso. Dissertation an der Fakultät f r Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen. Dissertation.com.
- Kusserow, Hannelore (2001): Lutte contre la désertification au Niger : utilisation des images satellites pour le suivi d'impact. Cas de PASP et PDRT, Begleitprogramm der Tropen kologie. Eschborn.
- Kusserow, Hannelore (2010): suivi de l'impact des mesures anti-érosives et de l'état des ressources naturelles dans la région de Tahoua et Tillabéri – Phase II, Rapport final, FICOD-N und KfW. Niamey und Frankfurt.
- Lamers, J.P.A.; Bürkert, A.C.; Michels, K (1995): Ernährungssicherung im Westafrikanischen Sahel durch Erosionsbek mpfung und standortgerechten N hrstoffeinsatz, Uni Hohenheim.
- Lavigne Delville, Philippe (1999): Comment articuler législation nationale et droits fonciers locaux: Expériences en Afrique de l'Ouest francophone, IIED dossier no. 86, London, UK.
- Levin, S.A. (1998): Ecosystems and the Biosphere as Complex Adaptive Systems. *Ecosystems* (1998) 1: 431–436.
- Locatelli, Bruno; Herawati, Hety; Brockhaus, Maria et al. (2008): Methods and Tools for Assessing the Vulnerability of Forests and People to Climate Change. An introduction. Center for International Forestry Research (CIFOR) Working Paper No. 43, Bogor, Indonesia.
- LUCOP (2010): Capitalisation des expériences 2004-2010. Programme Nig ro-allemand de lutte contre la pauvreté Tillabéri et Tahoua-Nord, Niamey.
- Lukesch, R.; Payer, H.; Winkler-Rieder, W. (2010): Wie gehen Regionen mit Krisen um? Eine explorative Studie über die Resilienz von Regionen.  AR Fehring.
- Mbow, Cheikh; Mertz Ole; Diouf, Awa; Rasmussen, Kjeld und Reenberg, Anette (2008): The history of environmental change and adaptation in eastern Saloum–Senegal—Driving forces and perceptions. In: *Global and Planetary Change* 64, S. 210–221.
- Merz, M. (2011): Entwicklung einer indikatorenbasierten Methodik zur Vulnerabilitätsanalyse für die Bewertung von Risiken in der industriellen Produktion. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe.
- Millenium Ecosystem Assessment (2005): Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis. World Resource Institute, Washington D.C., Island Press.
- Miller, F.; Osbahr, H.; Boyd, E.; Thomalla, F.; Bharwani, S.; Ziervogel, G.; Walker, B.; Birkmann, J.; van der Leeuw, S.; Rockstr m, J.; Hinkel, J.; Downing, T.; Folke, C.; Nelson, D. (2010): Resilience and Vulnerability: Complementary or Conflicting Concepts? *Ecology and Society* 15 (3): 11 [online].
- Moonen, A-C. und B rberi, P. (2008): Functional biodiversity: An agroecosystem approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (127): 7-21.

- Neely, Constance; Ericksen, Polly; Downie, Katie; Chesterman; Sabrina (2013): Uplifting Extensive Grazing Systems: Livelihoods for resilience in the Horn of Africa. o. O.
- Neubert, Susanne; Dick, Eva; Höllinger, Frank et al (2000): Analyse d'impact du projet de gestion des ressources naturelles, PATECORE au Burkina Faso. Études et rapport d'expertise Nov. 2000, Institut Allemand de Développement. Bonn.
- Nill, Dieter (2001): Les impacts agronomiques et socio-économiques du Projet Petits Barrages dans le Sud-Ouest (PEBASO) Burkina Faso, Studie im Auftrag der GTZ Eschborn/ Reichelsheim.
- Nill, Dieter und Kobilke, Helmut (2002): Effets des Interventions du Projet de Réhabilitation des Barrages et Pistes (PRBP). Bandiagara, Mali. Studie im Auftrag der DNAMR, der KfW und des DED. Reichelsheim/Cotonou.
- Papendieck, Henner und Rocksloh-Papendieck, Barbara (2010): Programm Mali-Nord (GTZ/ KfW) 1994-2010, Schlussbericht, Bamako, Mali.
- PARTIZIP GmbH (2005): Etude portant sur les aménagements en conservation des eaux et des sols (CES) du PATECORE-PLT et leurs impacts – notamment sur les rendements. Studie im Auftrag der JBG Gauff Ingenieure und Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). o.O.
- PARTIZIP GmbH (2005): Etude portant sur Le système de formation, l'efficience de réalisation et les effets des mesures antiérosives ainsi que l'influence sur la stratégie long terme. LUCOP-Tillabéri – DMAE, Niamey, Niger. Studie im Auftrag der KfW. o.O.
- PASP (2004): Rapport d'évaluation de l'impact No5. Niamey, Projet protection intégrée des ressources agro-sylvo-pastorales dans le Département de Tillabéri-Nord, Niamey Niger.
- PATECORE (1998): La gestion des terroirs au PATECORE – Guide pratique. Version 3.1, Kongoussi, Burkina Faso.
- Pelling, Mark (2011): Adaptation to climate Change. From resilience to transformation. Oxon, New York.
- Pendall, R.; Foster, K.A.; Cowell, M. (2007): Resilience and regions : building understanding of the metaphor. Univ. of Calif. / Institute of Urban and Regional Development ; Working paper 2007,12.
- Pestel-Institut (2010): Regionale Krisenfestigkeit, Eine indikatorengestützte Bestandsaufnahme auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte. Hannover.
- Pimm, S.L. (1984): The complexity and stability of ecosystems. *Nature* 307, 321 – 326.
- Reij, Chris ; Scoones, Ian ; Toulmin, Camilla (1996) : Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique. IIED Dossier No. 67, London, UK.
- Reij, Chris ; Tappan, G.; Belemvire A. (2005): Changing land management practices and vegetation on the Central Plateau of Burkina Faso (1968 – 2002). In: *Journal of Arid Environments* 63, S. 642-659.
- Resilience Alliance (2010): Assessing resilience in social-ecological systems: Workbook for practitioners. Version 2.
- Roe, E. (1989): Except Africa: Remaking Development, Rethinking Power. Transaction Publishers.
- Rose, A.Z. (2009): Economic Resilience to Disaster, *USC Published Articles & Papers*. Paper 75.
- Schuchardt, B. und Wittig, S. (2009): Definition von Vulnerabilität und Konzept für die Vulnerabilitätsanalyse. Arbeitspapier der AG Vulnerabilitätsanalyse im Projekt nordwest 2050. Bremen.
- Sendzimir, Jan; Reij, Chris; Magnuszewski Piotr (2011): Rebuilding Resilience in the Sahel: Regreening in the Maradi and Zinder Region of Niger. *Ecology and Society* 16(3):1.

- Serpantié, G. und Lamachère, J.M. (1992): Contour Stone Bunds for Water Harvesting on Cultivated Land in the North Yatenga Region of Burkina Faso. In Hurni, Hans und Tato, Kebede (eds.): Erosion, Conservation, and small-Scale Farming, Geographica Bernensia, Bern.
- Sleger, Monique F. und Stroonsnijder, Leo (2008): Beyond the Desertification Narrative: A Framework for Agricultural Drought in Semi-Arid East Africa. *Ambio* Vol.37: 372-380.
- Sterk, G.; Herrmann, L.; Bationo, A. (1996): Wind-blown Nutrient Transport and Soil Productivity Changes in Southwest Niger. *Land Degradation & Development* Vol.7: 325-335.
- Tesso, G.; Emanu, B.; Ketema, M. (2012): Analysis of vulnerability and resilience to climate change induced shocks in North Shewa, Ethiopia. *Agricultural Sciences* Vol.3 (6): 871-888.
- Turner II, B.I. (2010): Vulnerability and resilience: Coalescing or paralleling approaches for sustainability science? *Global Environmental Change* (20): 570-576.
- Valentin, C. (2005): Surface crusts in semi-arid sandy soils: types, functions and management. In: FAO proceedings Management of Tropical sandy soils for sustainable agriculture. 27th November to 2nd December 2005 in Khon Kaen, Thailand.
- Valentin, C. und Bresson, L. - M. (1992): Morphology, genesis and classification of surface crusts in loamy and sandy soils. In: *Geoderma* 55, S. 225-245.
- Verstraete, Michel M.; Brink, Andreas B.; Scholes, Robert J.; Beniston, Martin; Smith, Mark S. (2008): Climate change and desertification: Where do we stand, where should we go? *Global and Planetary Change* 64: 105-110.
- Walker, B.; Holling, C.S.; Carpenter, S.R.; Kinzig, A. (2004): Resilience, Adaptability and Transformability in Social-ecological Systems. *Ecology and Society* 9 (2): 5. [online].
- Warren, Andrew (2007): Sustainability: A view from the wind-eroded field. *Journal of Environmental Sciences* 19: 170-174.
- Wezel, Alexander; Schmelzer, Gaby (2002): Changes in the Floristic Structure of a Protected Fallow Site in the Sahel, *Etudes flor. Vég. Burkina Faso* 6: 3-8.
- Wezel, A.; Haigis, J.: Fallow cultivation systems and farmer's resource management in Niger, West Africa. *Land Degradation & Development* Vol.13, 3: 221-231.

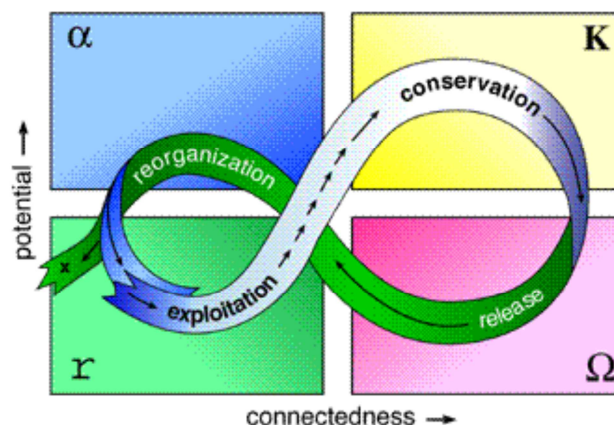
Annex II

Der Adaptationszyklus

Ein zentrales Element zur Strukturierung der Vorstellung von Resilienz in dynamischen Systemen wie z.B. Ökosystemen ist die Darstellung eines Adaptationszyklus. Hierbei verharren Systeme nicht in einem Stabilitäts- oder Gleichgewichtszustand, vielmehr durchlaufen sie eine Abfolge von vier Phasen: das schnelle Wachstum und die Erschließung (r), die Erhaltungsphase (K), der Kollaps und das Freisetzen (Ω), sowie die Phase der Erneuerung und Reorganisation (α) (siehe Graphik 1).

Entscheidend an dieser Metapher ist die unterschiedliche Geschwindigkeit der Entwicklung in den verschiedenen Phasen, wobei die r - und K -Phasen langsam voranschreiten und weitgehend vorhersagbar sind. Die Umbruchsphase Ω geht naturgemäß schnell von statten, während sich die α -Phase unterschiedlich lange gestalten kann.

Graphik 1: Adaptationszyklus als Funktion des inhärenten Potentials („potential“) und des Grads der Verbundenheit des Systems („connectedness“)



Quelle: Resilience Alliance 2010

Nicht nur das Potential und die Verbundenheit, auch die Resilienz verändern sich im Laufe des Adaptationszyklus, wie sich durch unterschiedliche Aspekte zeigt (vgl. Tab 1). Mit dem Anstieg des inhärenten Potentials steigt die Effizienz und gleichzeitig nimmt auch die Starrheit des Systems zu. Dies entspricht der Entwicklung von r nach K . Mit dieser Zunahme des Potentials verbunden sind langsame Veränderungen, die eine steigende Vulnerabilität bewirken. Das System „wartet“ auf einen Unfall, mit dem die Rückwärtsschleife (Ω -Phase) beginnt und das Potential freigesetzt wird. Die folgende Erneuerungsphase (α) ist durch eine geringe innere Verbundenheit, damit durch wenig innere Kontrolle des Systems und ein hohes Potential geprägt und birgt somit die Möglichkeit von Neuerungen (bspw. Ansiedlung neuer Arten). Die Resilienz des Systems ist zu diesem Zeitpunkt am höchsten. Die Neuerungen müssen sich beweisen und anpassen, um in der folgenden Wachstumsphase erfolgreich zu bestehen.

Nicht alle Adaptionszyklen sind ähnlich und durchlaufen den gesamten Zyklus wie etwa produktive Wälder und Weidegebiete in den gemäßigten Breiten. Die Situation gewisser Ökosysteme, wie etwa übernutzte semi-aride Weidegebiete, ist verschieden. Sie sind stark durch unkontrollierbare und nicht vorhersehbare externe Ereignisse geprägt. Gleichzeitig verfügen sie über wenig interne Regulationsmechanismen und weisen daher stark opportunistische Reaktionsmuster auf. Diese Systeme verbleiben weitergehend im unteren linken Viertel des Zyklus und oszillieren zwischen α und r Phase, wobei die Nahrungsdynamik dominiert.

Tabelle 1: Qualität der Eigenschaften während der vier Phasen des Adaptionszyklus

	Phasen			
	r Wachstum/ Nutzung	K Erhaltung/ Schutz	Ω Zerstörung/ Freisetzung	α Reorganisation
Verbundenheit	von niedrig steigend	hoch	rasch sinkend	auf niedrig sinkend
Inhärentes Potenzial	stark steigend	hoch, maximal	Niedrig bis minimal	hoch
Resilienz	sinkend	Vulnerabilität steigend bis maximal	Anpassungs- fähigkeit steigend	hoch

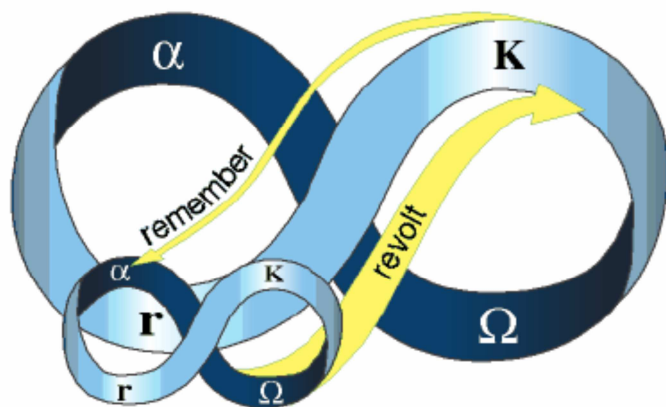
Quelle: eigene Bearbeitung nach Pendall et al. (2007)

Annex III

Verschränkte Systeme

Als Panarchie wird die Verschränkung von Subsystemen über verschiedene Größenordnungen verstanden, wobei sich die Skalen sowohl auf die räumliche Dimension als auch auf die Zeitdimension beziehen können. Demnach bildet Panarchie eine Hierarchie von miteinander verbundenen Sätzen von Adaptionszyklen ab. Die Nachhaltigkeit des Gesamtsystems wird dabei durch die Funktionalität der einzelnen Zyklen und deren Verbindungen bestimmt (Holling 2001).

Graphik 1: Übertragung von Erhebung (,revolt') und Andenken (,rememberance') im Panarchiegefüge



Quelle: Holling 2001

Die jeweiligen Phasen der beiden Subsysteme in Graphik 1 sind ausschlaggebend für die Zusammenhänge im verschränkten System. So ist für ein Subsystem (Bsp. Baumgruppe), das sich in der Phase des Kollaps (Ω) befindet z.B. durch ein Feuer, die Übertragung des Zusammenbruchs auf die nächsthöhere Hierarchieebene (Bsp. Fichtenwald) am Wahrscheinlichsten, wenn sich der Adaptionszyklus dieses Subsystems in der Erhaltungsphase (K) befindet. Solch eine Übertragung wird in Graphik als Erhebung (,revolt') dargestellt.

Demgegenüber erweist sich die Erhaltungsphase in der höheren Ebene als wichtige Bedingung für die Erneuerung mittels der Übertragung des Andenkens (als ,rememberance' dargestellt). So sind nach einem Waldbrand die auf der höheren Ebene akkumulierten Ressourcen für die Verringerung der Verluste an durch das Feuer mobilisierten und freigesetzten Nährstoffe verantwortlich. Gleichzeitig umfassen die Erneuerungsmöglichkeiten die im Boden gespeicherten Samen, die physischen Bedingungen und die überlebenden Spezies, die ein biologisches Vermächtnis (Andenken) bilden, welches im Laufe der Waldentwicklung aufgebaut wurde.

Verbunden mit dem Konzept des Adaptionszyklus ergeben sich die wesentlichen Kenndaten für die Fähigkeit zur Anpassung durch Reorganisation in einem System und zur Transformation des Systems. Chancen und Resilienz werden während der Rückwärtsschleife durch die Freisetzung und die Reorganisation ermöglicht. Durch die Verschränkung der Ebenen der Panarchie werden die Fortdauer und die Entwicklungsfähigkeit gesichert. Holling (2001) spricht von den 4 R's (,release', ,reorganistion', ,remembrance', ,revolt'), die den kritischen Prozess ausmachen, indem sie zwischen Nachhaltigkeit und Wandel die Balance und die Spannung halten.