

**Josef G. Knoll-Wissenschaftspreisträger 1998**

**Josef G. Knoll-Science Award Winner 1998**

**Dieter König: „Ökologisch angepaßte Landwirtschaft im Ostafrikanischen Hochland - ein Beitrag zur nachhaltigen Intensivierung der Agrarproduktion in den Tropen“, Habilitation, Universität Mainz, 1998**

Resümee

### 1. Problemstellung

Im Ostafrikanischen Hochland leben derzeit mehr als 40 Millionen Menschen von der landwirtschaftlichen Subsistenzproduktion. Bei einer mittleren Bevölkerungsdichte von 150 Einwohnern/km<sup>2</sup> sind die Grenzen der agraren Tragfähigkeit erreicht und in einigen noch wesentlich dichter besiedelten Teilregionen bereits überschritten. Eine seit den achtziger Jahren rückläufige Pro-Kopf-Produktion an Nahrungsmitteln und die daraus resultierende kritische Ernährungslage, eine negative Nährstoffbilanz innerhalb der Agrarökosysteme sowie die rasch fortschreitende Landschaftsdegradation machen deutlich, daß die Versorgung der jährlich um etwa drei Prozent wachsenden Bevölkerung mit den derzeitigen Produktionsmethoden nur durch einen Raubbau an den Agrarressourcen gewährleistet werden kann.

Die seit den sechziger Jahren in allen Ländern Ostafrikas erzielte Steigerung der Agrarproduktion war in der Hauptsache einer Ausweitung der Anbaufläche zu verdanken, die zur landwirtschaftlichen Inwertsetzung von Steilhängen und Talauen, zur Rodung des größten Teils der Bergnebelwälder und zu einer Erschließung marginaler Produktionsräume, etwa von semihumiden, zuvor nur weidewirtschaftlich genutzten Regionen geführt hat. Während die Errungenschaften der Grünen Revolution nur einen geringen Teil der Bauern im Ostafrikanischen Hochland erreichten, erfolgt die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion derzeit hauptsächlich durch eine Verkürzung oder die völlige Aufgabe der Regenerationsbrache. Folge dieser Entwicklung ist eine rasch voranschreitende Bodendegradation, die zu einer weiteren Abnahme der Flächenerträge führt.

### 2. Forschungsfrage

Einen möglichen Weg zur Lösung des Problems abnehmender Flächenerträge und der fortschreitenden Ressourcendegradation eröffnet das Konzept der Ökologischen Landwirtschaft. Es geht von der Frage aus, wie sich die spezifischen Nachteile feucht-tropischer Standorte z.B. die geringe Kationenaustauschkapazität, die hohe Mineralisierungsrate und die niedrigen Restmineralgehalte der Böden durch eine gezielte Nutzung der Vorteile (insbesondere des erhöhten Photosynthesepotentials, das eine hohe Biomasseproduktion pro Flächeneinheit erlaubt) kompensieren lassen. Eine möglichst optimale Nutzung der knappen Anbaufläche sollen mehrstöckige Agroforstsysteme gewährleisten, die einen ganzjährig hohen Bodenbedeckungsgrad aufweisen, eine Nutzung von Synergieeffekten zwischen Gehölzen und Nahrungskulturen ermöglichen und eine Degradation benachbarter Waldstandorte durch die Entnahme von Brennholz vermeiden

helfen. Durch ein Wirtschaften in so weit wie möglich geschlossenen Biomassekreisläufen (Kompostwirtschaft, Recycling von Ernterückständen) sollen Nährstoffverluste minimiert werden; die traditionelle mehrjährige Gras- oder Buschbrache wird durch unterschiedliche Formen der Gründüngung, vorzugsweise durch einen Anbau von Leguminosen ersetzt.

Dabei stellt sich die Frage, weshalb den bis Mitte der achtziger Jahre mit Hilfe ökologisch angepaßter Anbauverfahren auf Projektebene sowie auf den Feldern einiger weniger "Pilotbauern" erzielten Erfolgen trotz massiver Bemühungen um deren Umsetzung in die kleinbäuerliche Praxis eine minimale Akzeptanz von Seiten der Bevölkerung gegenübersteht. Neben ungünstigen sozioökonomischen Rahmenbedingungen und einer unzureichenden landwirtschaftlichen Beratung sind für die geringe Breitenwirkung des Ökologischen Landbaus vor allem Defizite der bislang propagierten Methoden selbst verantwortlich. Hierzu gehören unter anderem ein zu enges Spektrum von zur Integration in Agroforstsysteme empfohlenen, keineswegs optimal an die Standortbedingungen angepaßten Baumarten und die zu einer Substitution der mehrjährigen Grasbrache weitgehend ungeeignete zweisaisonale Leguminosen-Gründüngung, deren Auswirkungen auf die Erträge der nachfolgenden Kulturen weit davon entfernt sind, die während ihres Anbaus erlittenen Ertragsverluste zu kompensieren und mitunter - insbesondere auf marginalen Standorten - sogar völlig ausbleiben. Darüber hinaus führt die Orientierung an einer kurzfristigen Maximierung der Erträge der saisonalen Nahrungskulturen eher zu einer Minimierung der durch die Integration der Agroforstkomponenten vermeintlich entstehenden "Verluste" von Anbaufläche denn zu einer Optimierung des Gesamtsystems. Dies hat zur Folge, daß die erhofften Synergieeffekte zwischen den Einzelkomponenten bei einer nach wie vor zu geringen Biomasseproduktion letztlich ausbleiben.

### 3. Zielsetzung

Vor diesem Hintergrund verfolgt die vorliegende Arbeit das Ziel, auf der Grundlage langfristiger ökosystemarer Untersuchungen einen Beitrag zur Optimierung der Methoden des Ökologischen Landbaus in den Tropen zu leisten und durch die Inwertsetzung lokaler Ressourcen (Arbeitskraft, lokal verfügbare Düngemittel) zu einer Steigerung der kleinbäuerlichen Agrarproduktion beizutragen. Dabei kann auf Ergebnisse von Langzeituntersuchungen zurückgegriffen werden: der überwiegende Teil der hier vorgestellten Versuche wurden vom Verfasser in den Jahren 1985 und 1986 auf dem Demonstrations- und Versuchsfeld des Projet Agricole et Social Interuniversitaire (PASI) an der Faculté d'Agronomie der Université Nationale du Rwanda in Butare (südliches Plateau Central, Rwanda) eingerichtet und über zwölf Jahre hinweg betreut.

Im Gegensatz zur großen Mehrzahl der dem Verfasser bekannten, auf überdurchschnittlich ertragreichen Standorten durchgeführten Versuche wurden die hier vorgestellten Untersuchungen auf einem stark degradierten, nährstoffarmen Standort durchgeführt. Ziel ist es, unter diesen vergleichsweise ungünstigen Rahmenbedingungen, die recht gut die marginalen Produktionsbedingungen vieler kleinbäuerlicher Betriebe repräsentieren, zu Ergebnissen zu gelangen, die sich auch außerhalb des Versuchsstandortes umsetzen lassen.

### 4. Methodisches Vorgehen

Auf dem Versuchsfeld des PASI wurden vom Verfasser während eines einjährigen Projektaufenthaltes in den Jahren 1985/86 und zahlreicher weiterer ein- bis mehrmonatiger Reisen Langzeitexperimente zu folgenden Themen angelegt und seither kontinuierlich weitergeführt:

- Agroforstversuche zur Eignung von mehr als 40 verschiedenen, insbesondere autochthonen Baum- und Straucharten zur Integration in die Anbauparzellen (Langzeituntersuchungen zur Biomasseproduktion und zum ökonomischen Wert des Baumbestandes)
- Untersuchungen zur Veränderung der Bodenfruchtbarkeit und zur Beeinflussung der Unterkulturen durch verschiedene Agroforstkomponenten
- Versuche zum Oberflächenabfluß und Bodenabtrag in Agroforstsystemen und zur Wirksamkeit unterschiedlicher Bodenschutzmaßnahmen
- Lysimeterversuche zur Bestimmung der vertikalen Bodenwasserbewegung und der Nährstoffauswaschung auf unterschiedlich bewirtschafteten Parzellen
- Versuche zur Meliorationsdüngung mit Hilfe von Gesteinsmehlen (lokal verfügbare vulkanische Gesteinsmehle, Kalk, Travertingesteinsmehl)
- Gründungsversuche (einjährige Leguminosen-Intensivbrache, Simultan-Gründung durch Leguminosen-Zwischensaat (Intercropping), Alley-Cropping mit engständigen Leguminosenhecken)
- Untersuchungen zum Stoffkreislauf in unterschiedlich bewirtschafteten Anbausystemen (Erfassung von Stoffströmen und damit verbundenen Nährstoffverlagerungen innerhalb des Produktionssystems, z.B. durch Entnahme von Feldfrüchten und von Holz, durch Oberflächenabfluß und Bodenabtrag sowie durch Auswaschung) mit dem Ziel des Vergleichs unterschiedlicher Bewirtschaftungsoptionen.

Die Untersuchungen im PASI bedienen sich der Methoden der Agrarökosystemforschung, die - soweit möglich - eine quantitative Erfassung der Stoffflüsse und Wirkungsbeziehungen zwischen den einzelnen Systemkompartimenten anstrebt. Ziel ist eine Erfassung:

- der Stoffinputs in das System (Mengen und Nährstoffgehalte) über Kompost, mineralische Dünger und Gesteinsmehle
- der laufenden Entwicklung der Systemkompartimente (Biomassespeicherung in Bäumen und Hecken, Zufuhr an Organischer Substanz durch Ernterückstände, Veränderung von Bodenparametern)
- der Stoffoutputs (Erntentnahme, Verluste an Nährstoffen und an Organischer Substanz durch Auswaschung, Oberflächenabfluß und Bodenabtrag).

Hierzu erfolgt eine kontinuierliche Messung der folgenden Parameter:

- Niederschlag
- Sickerwassermenge
- Oberflächenabfluß

- Bodenabtrag
- Saatgutaufwand
- eingesetzte Düngermenge
- Gesamtbiomasse der saisonalen Kulturen
- Nutzerträge der saisonalen Kulturen
- Biomasseproduktion der Bäume
- Produktion der Hecken und Grasstreifen

Zugleich werden Laboranalysen von Boden-, Wasser- und Pflanzenproben durchgeführt. Dabei werden insbesondere

- Sickerwasser und Oberflächenabfluß
- Böden (verschiedene Profilabschnitten von 0 bis 90 cm, z.T. bis 1,50 m Tiefe sowie Oberbodenmaterial (0 - 10 cm) und erodiertes Bodenmaterial im Vergleich)
- betriebseigene Komposte und zugekaufte mineralische Dünger
- vegetative Biomasse und nutzbare Korn- und Knollenerträge der Nahrungskulturen
- Blätter, Stamm und Astholz von Bäumen und Sträuchern
- auf ihre Gehalte an Nährstoffen und ggf. an Organischer Substanz analysiert.

## 5: Empirische Grundlagen und Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse wurden mit den beschriebenen Methoden am Standort Butare im Süden des rwandischen Plateau Central (1.700 m ü. NN; Ostflanke des Zentralafrikanischen Grabens) erzielt. Ausgangsgestein ist ein ca. 2 Mrd. Jahre alter Granitgneis, auf dem sich ein stark saurer und nährstoffarmer lehmiger Sandboden (Haplic Ferralsol nach FAO 1988) entwickelt hat. Das Jahresmittel der Temperatur liegt bei 19°C, der mittlere Jahresniederschlag von 1.220 mm verteilt sich relativ gleichmäßig über zwei Anbauperioden.

Sehr gute Resultate wurden mit der Integration von Bäumen und Sträuchern in die landwirtschaftliche Fläche erzielt. Unter mehr als vierzig untersuchten Arten zeichnen sich insbesondere die beiden autochthonen Baumarten *Polyscias fulva* und *Maesopsis eminii* durch eine hohe Biomasseproduktion und durch im Vergleich zu der in Ostafrika weit verbreiteten exotischen Art *Grevillea robusta* geringere Konkurrenzeffekte gegenüber den Unterkulturen aus. Die Kombination der beiden erstgenannten Arten mit engständigen Leguminosenhecken aus *Calliandra calothyrsus* gewährleistet eine vollständige Versorgung

des Anbausystems mit biologisch assimiliertem Stickstoff. Die von Bäumen und Sträuchern produzierten Blätter und Feinäste ermöglichen zusammen mit der übrigen im Anbausystem produzierten Biomasse die Herstellung von mehr als zwölf Tonnen Kompost pro Hektar und Jahr. Im Abstand von fünf Metern gepflanzte Leguminosenhecken erwiesen sich damit im Gegensatz zu der bislang propagierten, weitgehend wirkungslosen ein- bis mehrsaisonalen Gründüngung als nachhaltige Maßnahme zur Sicherung der Standortproduktivität. Mit Hilfe der Hecken und durch eine ökologisch angepaßte Bewirtschaftung der Parzellen in Mischkultur ließ sich der Oberflächenabfluß auf fünfzehn Prozent und der Bodenabtrag auf weniger als ein Prozent der auf einer kleinbäuerlich-extensiv bewirtschafteten Parzelle gemessenen Vergleichswerte reduzieren. Die Verluste an Nährstoffen liegen in einem optimierten Agroforstsystem auf der Basis von *Maesopsis eminii* und *Calliandra calothyrsus* bei einer etwa gleich starken vertikalen Nährstoffauswaschung um eine Größenordnung unter den in einem kleinbäuerlich-extensiven Anbausystem gemessenen Werten.

Die hohe Astholzproduktion von *Maesopsis* und *Calliandra* erlauben zudem, den Brennholzbedarf einer sechsköpfigen Familie von einem Hektar Fläche mit einem Bestand von 200 Bäumen und 2.000 laufenden Metern Hecken zu decken und ermöglicht so eine Schonung der letzten Waldressourcen des Landes. Der ökonomische Wert des Holzes von *Polyscias* und von *Maesopsis* erreicht etwa die Hälfte bzw. etwa ein Viertel des Wertes der während des zehnjährigen Versuchszeitraumes auf der restlichen Anbaufläche geernteten Agrarprodukte.

Eine hohe Biomasseproduktion und die Begrenzung der Bodenerosion auf unter den gegebenen Bedingungen tolerierbare Werte erlauben aber im besten Falle eine erhebliche Verlangsamung der Bodendegradation. Zu einer dauerhaften Stabilisierung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit und damit zu einer Verbesserung der Agrarproduktion bedarf es darüber hinaus zusätzlicher Nährstoffinputs zur Ergänzung der durch jahrzehntelangen Raubbau erschöpften Nährstoffvorräte der Böden sowie zur Kompensation der Verluste durch vertikale Auswaschung, durch Ernteentnahme, durch die Verbrennung von Astholz und durch den Verkauf von Stammholz. Hierfür kommen insbesondere regional verfügbare Gesteinsmehle in Frage. In einem über insgesamt acht Anbauperioden hinweg durchgeführten Versuch konnte gezeigt werden, daß sich durch einmalige Applikation von 2,5 t/ha eines vulkanischen Gesteinsmehles ähnlich positive Ertragseffekte erzielen lassen wie durch eine - aus ökologischen Gründen abzulehnende und aus Kostengründen für kleinbäuerliche Betriebe ohnehin nicht in Betracht kommende - Kalkung mit gebranntem Kalk. Im vierjährigen Mittel ließen sich die Erträge der Nahrungskulturen durch die Anwendung vulkanischer Gesteinsmehle um ein Drittel und durch den Einsatz von Travertingesteinsmehl um mehr als die Hälfte steigern. Einer verstärkten Anwendung der aufgrund ihrer Auswirkungen auf das Agrarökosystem sehr positiv zu bewertenden Gesteinsmehldüngung steht jedoch deren mangelnde betriebsökonomische Rentabilität im Wege.

Ein ähnlicher Befund ergibt sich bei einer ökonomischen Betrachtung des gesamten Anbausystems: Durch die Umwidmung eines Teils der Anbaufläche für agroforstliche Maßnahmen und durch Konkurrenzeffekte zwischen Bäumen, Sträuchern und Nahrungskulturen entstehen während einer mindestens fünfjährigen Umstellphase Ertragsverluste in einer Größenordnung von zwanzig bis dreißig Prozent. Der Leiter eines an der Grenze seiner Überlebensfähigkeit wirtschaftenden Betriebes mit weniger als einem halben Hektar Fläche - eine Situation, in der sich derzeit die Hälfte der Kleinbauern in der Region Butare befindet - ist allein durch die Aussicht auf eine langfristige Stabilisierung der Standortproduktivität mit Sicherheit nicht dazu zu bewegen, mittelfristig auf ein Viertel der

Erträge zu verzichten. Die Umstellung auf ein nachhaltiges Produktionssystem setzt bei den Betriebsleitern somit neben der Bereitschaft, erhebliche Mehrarbeit zur Anlage und Pflege der Agroforstkomponenten zu leisten und dabei eine geringere Arbeitsproduktivität in Kauf zu nehmen, auch die Fähigkeit voraus, in ein erst auf lange Sicht rentables Anbausystem zu investieren.

Die Ergebnisse der Untersuchung traditioneller Landnutzungssysteme in besonders dicht besiedelten Teilräumen des Ostafrikanischen Hochlandes, in denen autochthone Methoden zur Steigerung der Flächenproduktivität entwickelt worden sind, stützen die hier gemachten Aussagen. Sie zeigen zum einen, daß der Systemaspekt bei der Einführung nachhaltiger Produktionsmethoden von zentraler Bedeutung ist. Bei einem Verzicht auf die synergistischen Funktionen, die sich nur innerhalb eines möglichst geschlossenen Systems mit einem dichten oberen Baumstockwerk - beispielsweise im Anbausystem der Wachagga am Kilimanjaro - einstellen, läßt sich - entgegen der weit verbreiteten Einschätzung, Agroforstwirtschaft sei per se nachhaltig - eine weitere Bodendegradation weder im bereits degradierten traditionellen Anbausystem der Wakara noch in "modernen" Agroforstsystemen mit geringer Baumdichte und kurzen Umtriebszeiten aufhalten.

Ein wichtiges gemeinsames Merkmal aller untersuchten autochthonen Anbausysteme ist, daß diese von zentripetalen Stofftransfers von extensiv genutzten Außenfeldern (sowie bei den Wakara auf der Insel Ukara zusätzlich aus dem Victoriasee) auf die hofnahen Parzellen profitieren, wodurch die selbst in weitgehend geschlossenen Systemen auftretenden Nährstoffverluste kompensiert werden können. Weiteres charakteristisches Merkmal ist eine hohe Flächenproduktivität, die durch eine im Vergleich zu den heute weithin praktizierten exploitativen Anbauverfahren weitaus geringere Arbeitsproduktivität erkaufte wird. Bei den Wakara, wo sehr arbeitsintensive Anbauverfahren lediglich dem Erhalt einer geringen Standortproduktivität dienen, ist die Neigung folglich groß, die traditionelle Anbauweise aufzugeben, sobald sich eine Einkommensquelle außerhalb der Landwirtschaft bietet oder sobald der Nutzungsdruck - etwa durch Übersiedeln auf das wesentlich weniger dicht besiedelte Festland - nachläßt. Darüber hinaus ist die beim Versuch einer Verbreitung nachhaltiger Produktionsverfahren implizit vorausgesetzte Bereitschaft der Bauern, zu dem gerade überwunden geglaubten traditionellen System ihrer Väter zurückzukehren und zugunsten einer langfristigen Schonung der Ressourcen eine geringere Arbeitsproduktivität in Kauf zu nehmen, selbst in den ursprünglichen Verbreitungsgebieten solcher Anbauverfahren kaum mehr gegeben. Die "Akzeptanz" ökologisch angepaßter Produktionsverfahren wird somit primär nicht von den Verbreitungsmethoden bestimmt, sondern resultiert zu einem wesentlichen Teil aus den ökonomischen und soziokulturellen Rahmenbedingungen.

Dem beachtlichen agronomischen und ökologischen Potential der untersuchten Anbauverfahren stehen damit ungünstige ökonomische Bedingungen gegenüber, die deren Umsetzung verhindern, da die gegenwärtig praktizierten Raubbauverfahren kurz- und mittelfristig höhere Erträge versprechen. Eine verbesserte Akzeptanz nachhaltiger Anbauverfahren in der bäuerlichen Bevölkerung setzt somit eine Veränderung des sozioökonomischen Umfeldes voraus. Auch die Deregulierung der Märkte im Zuge der Strukturanpassungspolitik trägt bislang keineswegs zur Verbesserung der Situation der politisch und ökonomisch marginalisierten kleinbäuerlichen Betriebe bei.

Der Verfasser plädiert deshalb für eine Abkehr von der die Projektpraxis nach wie vor bestimmenden Vorstellung, den Kleinbauern Ostafrikas fehle es vor allem an "ökologischem Bewußtsein" und dieses Bewußtsein sowie ein daraus resultierendes Handeln lasse sich auf

dem Wege der "klassischen" Projekthilfe, also durch einen minimalen Anstoß von außen oder allein durch Vermittlung des nötigen Know-how erreichen. Bei dem Versuch, ostafrikanischen Kleinbauern ressourcenschonende Anbauverfahren zu vermitteln, hat der klassische Projektansatz anstelle der intendierten Partizipation häufig nur zu einer besseren Anpassung der Zielgruppen an die Erwartungshaltung der Geber geführt. Mit der zögerlichen Übernahme einiger weniger Elemente ökologisch nachhaltiger Anbausysteme, die auf diesem Wege erreicht wurde, läßt sich weder ein synergistischer Gesamteffekt und damit eine Steigerung der Produktivität des Anbausystems erzielen, noch die fortschreitende Bodendegradation wirkungsvoll bekämpfen.

Von den häufig an der Grenze des Existenzminimums wirtschaftenden Kleinbauern kann nicht erwartet werden, daß diese aus Einsicht in die Notwendigkeit von Maßnahmen zu einem nachhaltigen Schutze der Bodenressourcen und bei einer nur minimalen Unterstützung von außen auf einen Teil ihrer Erträge verzichten und damit gegen ihre vitalen kurz- und mittelfristigen Interessen handeln. Statt dessen sollte Bauern, die sich bereit erklären, klare und langfristig verlässliche Zielvorgaben für eine ökologisch angepaßte und nachhaltige Produktion zu akzeptieren, eine wirksame "Hilfe zur Selbsthilfe" durch eine mehrjährige Unterstützung bei der Betriebsumstellung gewährt werden: Um Mindererträge, die sich aus der Umwidmung eines Teils der Anbaufläche ergeben würden, zu kompensieren, soll die kostenlose Bereitstellung langsam wirkender, regional verfügbarer Gesteinsmehldünger eine entsprechende Steigerung der Produktivität auf der verbleibenden Betriebsfläche garantieren. Der gegenwärtig in allen ostafrikanischen Ländern praktizierte Subventionierung defizitärer Staatshaushalte würde damit eine unmittelbare Förderung der Subsistenzproduktion mit ökologisch angepaßten Methoden zur Seite gestellt, die eine nachhaltige Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion bei gleichzeitiger Bewahrung der agraren Ressourcen ermöglicht. Eine solche Politik, die unmittelbar den Kleinbauern zugute kommt und diese zu wirklichen (Vertrags-) Partnern macht, verspricht zugleich einen wirkungsvollen Beitrag zur Bekämpfung der ländlichen Armut, der wesentlichen Ursache von Hunger und Umweltdegradation.

Dieter König: Ökologisch angepaßte Landwirtschaft im Ostafrikanischen Hochland - ein Beitrag zur nachhaltigen Intensivierung der Agrarproduktion in den Tropen, Habilitationsschrift, 1998