

## **Bodenerosion und Kosten/Nutzen-Analyse in den Bebauungssystemen von Akazien- und Palmen- Brache im Südosten Benins**

Yves B. Quenum\*

### **Zusammenfassung**

Das Hauptproblem bestand in der anhaltenden Abnahme der Bodenfruchtbarkeit und der landwirtschaftlichen Erträge unter dem traditionellen Bebauungssystem. Eine Abschätzung der Bodenerosion unter dem traditionellen System, die finanzielle und ökonomische Analyse kurz- und langfristiger Effekte im Anschluß an die Einführung verbesserter Brache-Techniken basierend auf der Akazie (*Acacia auriculiformis*) in dem traditionellen Bebauungssystem und die Merkmalsanalyse der Produktionsrisiken dieser beiden Techniken wurden durchgeführt. Die Hauptegebnisse waren, daß die Erosionsrate des ferralitischen Bodens der Adja Hochfläche durchschnittlich 4, 8 Tonnen/ha und Jahr betrug. Dies entsprach einem Bodenverlust von jährlich 0, 3 mm. Außerdem, bestätigten diese Ergebnisse, daß das Bewirtschaftungssystem Akazien-Brache wettbewerbsfähig und wirtschaftlich leistungsfähiger ist. Das System enthielt jedoch auch das Risiko einer geringeren Produktion. In diesem Zusammenhang dominierte das traditionelle System des ersten Grades der stochastischen Dominanz. Insgesamt war das verbesserte System Akazien-Brache leistungsfähiger als das traditionelle System.

**Schlüsselbegriffe:** Akazien-Brache, stochastische Dominanz, Bodenerosion, traditionelles System.

### **1 Einführung**

Auf der Adja Hochfläche im Südosten der Republik Benin sind nach Carder-Mono (1989) und den Daten des RAMR-Projektes (1990) die landwirtschaftlichen Erträge ungewöhnlich niedrig. Hauptgrund dafür liegt in der Überbewirtschaftung des Bodens (Abbildung-1, siehe Anlage). Die wichtigsten Ursachen dieser Überbewirtschaftung sind die hohe Bevölkerungsdichte (250 bis 300 Einwohner/km<sup>2</sup>) und die fehlenden alternativen Kulturtechniken, die die finanziellen und physischen Erträge auf kurze und lange Sicht wiederherstellen und bewahren könnten (HARRISON, O. 1987; KOTSCH, J. u.a. 1990). Beispielsweise beträgt der durchschnittliche Ertrag von Mais auf dem unfruchtbaren

---

\*Dr. Yves B. Quenum, B.P. 03-1626, Cotonou, Benin.

Boden der Adja Hochfläche zur Zeit 200 bis 400 kg/ha (RAMR-Projekt, 1991; QUENUM, 1995) im Vergleich zu durchschnittlich 1000 kg/ha in den 70er Jahren (CARDER-MONO, 1979).

Seit mehreren Jahren verändert die Bevölkerung der Hochfläche zunehmend ihre Lebensweise, indem sie das ursprüngliche System der Wanderbebauung zugunsten eines endogenen land- und forstwirtschaftlichen Systems basierend auf der Verbindung von Ölpalmen und jährlicher Bewirtschaftung aufgibt. Dieses System ist langfristiger Natur und setzt sich aus einem Bewirtschaftungszeitraum von 5 bis 8 Jahren, gefolgt von einer Palmen-Brache von 10 bis 17 Jahren zusammen, je nach Möglichkeit, Land zu erhalten.

Dieses endogene System brachte landwirtschaftliche Vorteile, wie z.B. die Verbesserung der physischen (Porosität) und chemischen Eigenschaften des Bodens (Zersetzung der Biomasse), deren Effekte spürbarer waren, wenn das Aussäften der Palmbäume am Anfang des jährlichen Bebauungszyklus stattfand. Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen war dieses System dank der Ölpalmen eine Marktnische aufgrund der vielseitigen landwirtschaftlichen Produktpalette, z.B. für die Umwandlung von Nußpalmen und (roten) Ölpalmen in (schwarzen) Palmkohl und Seife, die Verwendung von Palmen für den Bau von Hütten, die Korbflechterei und als Brennholz, die Destillation von Palmwein zu Alkohol usw. Seit den 80er Jahren ist der Landbedarf ein Haupthindernis für die Fortsetzung des Palmensystems. Dieser Druck hat eine Verkürzung der Brache von 13 auf 5 Jahre bewirkt. Dieser Zustand fordert es, einen Ersatz für das Palmsystem zu finden, das eine lange Bewirtschaftungs- mit einer kurzen Bracheperiode verbindet und gleichzeitig die Fruchtbarkeit des Bodens, die physischen, finanziellen und ökonomischen Erträge sichert.

Diese Studie hat sich das Ziel gesetzt, das endogene Palmen-Brache System mit einem verbesserten System, der Akazien-Brache (*Acacia Auriculiformis*), zu vergleichen. Dabei sollen die Bodenerosion, die finanzielle und ökonomische Rentabilität und die Produktionsrisiken berücksichtigt werden.

Die jetzige Analyse basiert auf Mais, weil dieses Gras sehr empfindlich auf die Bodenfruchtbarkeit reagiert. Sein Ertrag liefert ein ausgezeichnetes Maß für die Erschöpfung des Bodens.

## 2 Methoden

Im Rahmen dieser Studie sollen folgende Hypothesen getestet werden:

1. In traditionellen Systemen ist die Bodenerosion gering und bewirkt wichtige Ertragsverluste.
2. Die privaten und gesellschaftlichen Erträge werden durch die Einführung der Akazien-Brache verbessert und die Produktionsrisiken verringert.

Das Akaziensystem, das Objekt dieser Studie, besteht erstens in der Umwandlung einer 3-jährigen Akazien-Brache in Gänge mit einer Akazienhecke. Zweitens in der Durchführung einer optimierten landwirtschaftlichen Rotation, z.B. Mais, gefolgt von Bohnen, Erdnüssen oder Baumwolle und schließlich Maniok.

Diese Forschung verlief von Juni 1993 bis Februar 1994 in einem im Unterverwaltungsbezirk von Djakotomey, einem Verwaltungsbezirk von Mono gelegenen Zouzouvoudorf in Benin. Grundlage der Untersuchung war eine ausführliche Liste der landwirtschaftlichen Haushalte (und ihrer landwirtschaftlichen Betriebe), ob sie die „Akazien-Brache“ anwendeten oder nicht.

Das Dorf ist der Ort des R.A.M.R.- (Recherche Appliquée en Milieu Réel)-Projektes, wo seit 1989 die Akazien-Brache als Experiment unter realen Bedingungen gänzlich durch den Bauern selbst verwaltet und durchgeführt wurde.

Der Versuch war wie folgt konzipiert: Jeder Bauer wählte einen Block von Parzellen aus seinem landwirtschaftlichen Betrieb aus, der in 2 Unterblöcke unterteilt wurde: Einen Unterblock mit der Akazien-Brache (Dichte 2600 Pflanzen/ha mit einem Abstand von 2,4 m x 1,6 m) und dem anderen als Kontrolle. Jeder dieser 2 Unterblöcke wurde in 4 Parzellen unterteilt. Als Kultur wurde Mais ausgewählt, da sein physisches Ertragsniveau ein guter Indikator für die Fruchtbarkeit des Bodens ist und Mais sehr empfindlich auf die Bodenqualität reagiert. Eine lokale Maissorte und eine verbesserte Sorte (Niaouli Hybride 2 (NH2)) wurden eingesetzt. Jede Parzelle von einem Unterblock entsprach einer Behandlung, d.h. es gab insgesamt 4 Behandlungen in jedem Unterblock.

Im traditionellen System entsprach:

T01:  $\text{NH}_2$  + 100 kg/ha von NPK 14-23-14

T02:  $\text{NH}_2$  allein

T03: lokale Sorte + 100 kg/ha von NPK 14-23-14

T04: lokale Sorte allein

und im Akaziensystem:

T21:  $\text{NH}_2$  + 100 kg/ha von NPK 14-14

T22:  $\text{NH}_2$  allein

T23: lokale Sorte + 100 kg/ha von NPK 14-23-14

T24: lokale Sorte allein

1993, in dem Jahr, als die Daten zusammengestellt wurden, wurde die Dichte der Parzelle, die die Akazien-Brache seit 1989 trugen halbiert, indem jede 2. Akazienreihe entfernt wurde, wodurch eine Folge von Reihen erzeugt wurde. Nach Stratifikation wurden 20 Haushalte ausgewählt, je nachdem, ob sie die Brachetechnik von Akazien oder Palmen anwendeten.

Die Bodenerosionsrate wurde quantifiziert und in Relation zu den Erträgen gesetzt, indem

1. Die biophysischen Umweltparameter modelliert wurden und
2. Die Beziehung zwischen Bodenerosionsrate und Umwelt ermittelt wurde.

### **1. Schritt: Die Modellierung der physischen Umwelt:**

Die universelle Gleichung der Bodenverluste (USLE) ist eine parametrische Gleichung, die den Bodenverlust (oder Bodenerosion) mit den verschiedenen Faktoren, die für die Erosion bekannt sind, verbindet (Wischmeier u.a. 1958):

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

A = Durchschnittliche jährliche Bodenverluste (in amerikanischen Tonnen pro Morgen);

R = Regenindex oder Dichtigkeitspluviometrischer Index;

K = Bodenindex oder Bodenerosionsindex;

LS = Abhangindex oder topografischer Faktor;

C = Bebauungsindex oder Pflanzendeckungsindex;

P = Erhaltungsindex oder Index der benötigten Behandlungen, um die Bodenerosion zu bekämpfen;

S, C und P sind dimensionslose Parameter

1 Morgen = 0,4047 Hektar

1 amerikanische Tonne = 0,9074 metrische Tonnen

El Swaify und Mitarbeiter (1985) haben verschiedene biophysische Methoden vorgestellt, um die Bodenerosionsrate zu schätzen. Wir haben uns für das USLE-Modell entschieden, weil wir über Bodendaten und Angaben über das Klima in Benin für eine Zeitspanne von 20 bis 30 Jahren verfügen. Das USLE-Modell kann für lokale Untersuchungen wie landwirtschaftliche Betriebe eingesetzt werden. Seine Gültigkeit für tropische Gebiete, insbesondere für Westafrika wurde durch Roose (1977) am Beispiel von Burkina-Faso und von der Elfenbeinküste bestätigt. Die Details bezüglich der Messung der Parameter sind in CTFT (1979) und Roose (op. cit.) ziemlich gut beschrieben. Die hier verwendeten statistischen Daten sind im Anhang angeführt.

## 2. Schritt: Die Festlegung der Beziehung zwischen Bodenerosionsrate A und Ertrag Y :

$$Y_t = b_0 + b_1 \cdot A_t$$

$Y_t$  = Ertrag in kg/ha (mit dem traditionellen Verfahren)

$A_t$  = jährliche kumulative Boden-erosionsrate für das Jahr t.

$b_0$  und  $b_1$  sind die Regressionskoeffizient.

Für das System Palmen-Brache wurde diese Gleichung für den Maisanbau auf den landwirtschaftlichen Parzellen geschätzt. Die Kenntnis über den Beginn der Bewirtschaftung nach der letzten Brache (vermutlich war zu diesem Zeitpunkt die Bodenfruchtbarkeit wiederhergestellt) ermöglichte es, die kumulative Bodenerosionsrate für das Jahr t zu bestimmen. Die unterschiedliche Bewirtschaftungsdauer der landwirtschaftlichen Betriebe gab den durchschnittlichen Daten für die Erträge einen langfristigen Charakter. Obwohl das Verhältnis zwischen den landwirtschaftlichen Erträgen und der Bodenerosionsrate theoretisch exponentiell ist, zeigten Pagiola (1989) und de Hedfors (1981, zitiert durch Pagiola, 1989), daß die Unterschiede zwischen den exponentiellen und linearen Abschätzungen dieses Verhältnisses ziemlich gering sind und daß eine lineare Abschätzung oft genügt.

## 3. Schritt : Budgetanalyse

Die Budgetierung (Analyse der Haupt- und Nebenkomponten) und die Kosten/Vorteil Analyse (GITTINGER, 1982) wurden eingesetzt, um die finanzielle und ökonomische Rentabilität dieser beiden Techniken miteinander zu vergleichen. Die Kosten/Vorteil Analyse ist ein einfaches, jedoch aussagekräftiges Instrument, um die Probleme der Bodenkonservierung zu analysieren (BOJÓ, 1986; PAGOILA 1991). Diese Methode entspricht ziemlich gut den Analysen spezifischer Fallstudien. Modifikationen dieser Methode wurden in Indonesien (Cochrane und Huszar, 1989), in Indien (Magrath und Arens, 1989), in Mali (BISHOP UND ALLEN, 1989) und in mehreren Gebieten von Kenya (HEDFORS, op.cit.; zitiert durch PAGOILA, 1991) benutzt, um Bodenkonservierung zu analysieren. In Bezug auf den Aktualisierungssatz wurde ein 12%er Satz (WELTBANK, 1992) in der Analyse der sozialen Erträge gewählt. Die durchschnittliche Verzinsungsrate für die außerlandwirtschaftlichen Aktivitäten in Konkurrenz zu den landwirtschaftlichen Aktivitäten wurde für die finanzielle Analyse eingesetzt. Eine neuere Arbeit zu dieser Thematik (QUENUM, 1995) belegt, daß diese Rate 107% für die Umwandlung von Manioc in Gari beträgt, 170% für die Umwandlung von Palmnüsse in Palmöl, 35% für die Umwandlung von Erdnüsse in Öl, 44% für das Brennen von Palmwein zu Alkohol und 35% für den Kleinhandel. Schließlich muß man betonen, daß die Akazie eine forstwirtschaftlich bedeutsame Pflanze ist, die Luftstickstoff bindet und auch Werk- und Brennholz produziert. All diese Komponenten mußten für die Ertragsanalyse berücksichtigt werden.

#### 4. Schritt : Risikenganalyse

Die Datenanpassung wurde für die Risikenganalyse mit der Methode der stochastischen Dominanz durchgeführt. Die Wahl dieser Methode wurde von der Verfügbarkeit von Informationen über mindestens 4 Jahre gemäß den Wahrscheinlichkeitsgesetzen diktiert.

$$E(U) = U_i(x) \cdot T_i(x) \cdot dx$$

$E(x)$  = Funktion der Nützlichkeits der Technik  $i$

$T(x)$  = Dichtigkeitsfunktion der Wahrscheinlichkeit der Technik  $i$

Die theoretische Grundlage der stochastischen Dominanz beruht auf dem Unterschied zwischen der mathematischen Erwartung und den beobachteten Werten in Abhängigkeit von den eingesetzten Techniken.

Wenn, zum Beispiel, die Technik 1 die Technik 2 dominiert, dann bekommen wir:

$$U_{T_1}(x) \cdot dT_1(x) \cdot dx > U_{T_2}(x) \cdot dT_2(x) \cdot dx$$

Die gewöhnliche stochastische Dominanz des ersten Grades existiert, wenn die marginale Nützlichkeits positiv ist:

$$dU_{T_1}(x) > 0 \text{ (QUIRK UND SAPOSNIK, 1962, LOWENBERG-DEBOER u.a. 1992).}$$

Die gewöhnliche stochastische Dominanz ist zweiten Grades, wenn die vorherige Bedingung erfüllt ist und

$$d^2U_{T_1}(x) < 0 \text{ (HADAR UND RUSSELL, 1969).}$$

Sie ist dritten Grades, wenn die zwei vorherigen Bedingungen erfüllt sind und außerdem

$$d^3U_{T_1}(x) > 0 \text{ (WHITMORE, 1970).}$$

In den zitierten Referenzen wurde klar spezifiziert, wie eine graphische Auswertung in der Praxis durchgeführt werden kann. Für die gesamte Entwicklung kann man sich auf Anderson Jock (1974) sowie auf Dillon, J. L., und J. R. Anderson (1990) berufen.

Die beobachteten Abstände zwischen den stochastischen Dominanzkurven müssen signifikant sein. Aus diesem Grund wird der nicht-parametrische Kolmogorov-Smirnov Test für zwei Proben verwendet um Verteilungen, die signifikant voneinander abweichen, zu bestimmen (STEEL UND TORRIE, 1980). Es wird auf den maximalen vertikalen Abstand

zwischen den beiden Verteilungen getestet.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Abbildung-1 deutet auf eine durchschnittliche jährliche Ertragsminderung von 17 % bei Mais hin.

Heutzutage schätzt man, daß auf den mageren ferralitischen Böden von Zouzouvou die jährliche durchschnittliche Erosionsrate 4,8 Tonnen/ha beträgt, was einem jährlichen Bodenverlust von 0,3 mm/ha, entspricht (Tabelle-1). Diese Rate ist niedriger als die 37 Tonnen/ha/Jahr, die in dem Verwaltungsbezirk Mono beobachtet wurde (Kors, 1992). Dieser Unterschied kann erklärt werden, wenn man berücksichtigt, daß in diesem Verwaltungsbezirk verschiedene agro-ökologische Zonen existieren, z.B. die Adja Hochfläche, in der sich das Zouzouvougebiet befindet, und die Senke von Tchi mit ihren steilen Abhänge und mehr oder weniger tiefen Schluchten.

Die Abbildung-2 zeigt, daß die landwirtschaftliche Produktion auf diesen Böden bis zum Jahre 2009 fast unmöglich sein wird, wenn die Bauern auf der traditionelle Bebauung beharren. Die Mais-Erträge sind 3 bis 5 mal höher in dem Bebauungssystem, das auf der Akazien-Brache basiert. Diese Erträge können sich durch den synergistischen

**Tabelle1:** Neigungsindex und Erosionsrate der ferraritböden minderer Qualität in Zouzouvou.

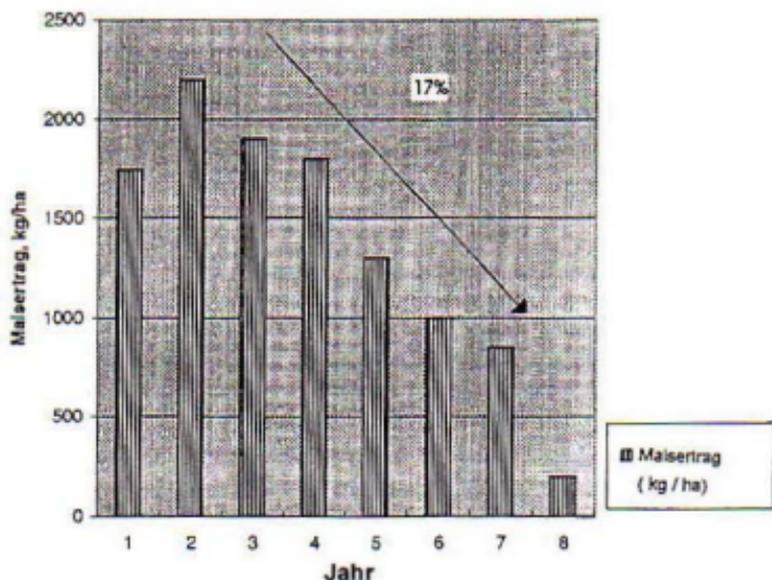
Erhaltungsindex		Jährliche Erosionsrate	
Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung
0,07	0,03	4,8	1,4

Quelle: Eigene Schätzungen (1995)

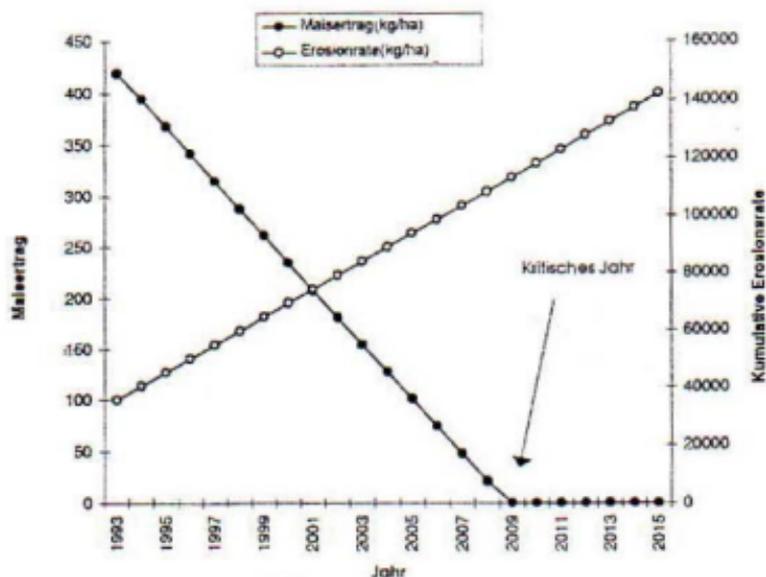
**Tabelle 2:** Interne Rentabilitätsrate der zusätzlichen Gewinnspanne zwischen dem Akaziensystem und dem traditionellen System, berechnet auf einen Zeitraum von 10 Jahren

Analysestypus		Finanziel	Ökonomisch
IKV (%) In Bezugssituazion		45	> 50
Simulationsanalyse		Interne Rentabilitätsrat (IKV), (%)	
Variablen		Variation	
Mais-Preis	+ 50 %	48	> 50
Düngekosten	+ 100 %	43	> 50
Anschaffungskosten	- 75 %	> 50	> 50
	+ 100 %	13	> 50
Einkommen, die von Wahl bestehen	+ 400 %	> 50	> 50
Arbeitskosten	- 100 %	31	> 50
	+ 100 %	> 50	> 50
Zeitsspanne	20 Jahre	43	> 50

Quelle: Eigene Einschätzungen (1995).



**Abbildung 1:** Entwicklung der Mais-Erträge in 8 aufeinanderfolgenden Jahren bei Bewirtschaftung mit traditionellen Techniken. Quelle: Eigene Schätzung, 1995.



**Abbildung 2:** Entwicklung der Bodenerosion und der Mais-Erträge unter dem traditionellen Bewirtschaftungssystem. ferralitische Böden minderer Qualität (1993-2015). Quelle: Eigene Schätzung, 1995.

**Tabelle 3 :** Nettotransfer des landwirtschaftlichen Einkommens des Landwirts an die zukünftigen Generation nach der Umstellung der traditionellen Systeme auf das Akaziensystem über einen Zeitraum von 10 Jahren.

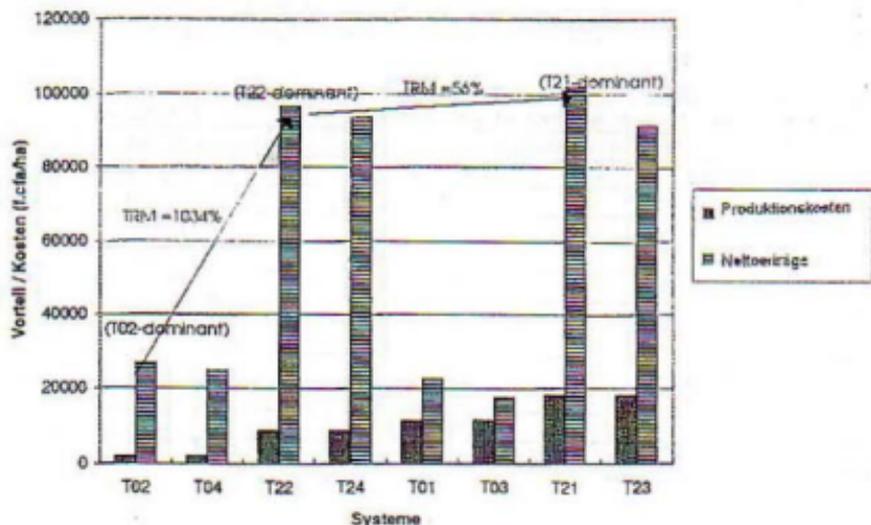
Einkommenstransfer in Bezugssituation (fcfa)		238.985,00
Simulationsanalyse		Einkommenstransfer (fcfa / ha / 10 Jahren)
Variablen	Variation	
Mais-Preis	+ 50 %	271.344
Düngekosten	+ 100 %	271.344
Anschaffungskosten	- 75 %	92.105
	+ 100 %	510.329
Einkommen, die von Wahl bestehen	+ 400 %	271.343
Arbeitskosten	- 100 %	238.985
	+ 100 %	261.285
Zeitsspanne	20 Jahre	344.928

Quelle : Eigene Einschätzungen 1995.

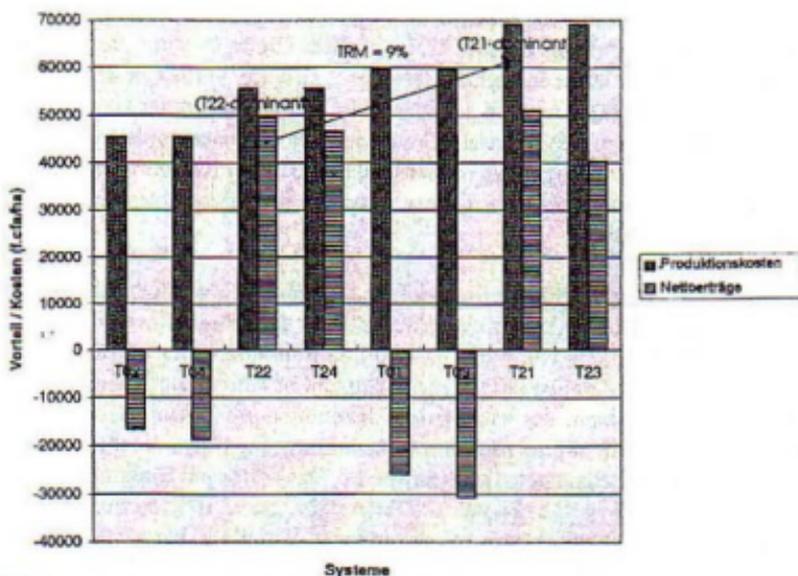
Effekt eines kohärenten Kulturwechsels (Mais-Bohnen oder Erdnüsse oder Maniok) stabilisieren.

Die Analyse der Teilbudgets (Abbildungen-3 und -4) zeigte, daß das auf der Akazien-Brache basierende Produktionssystem kurzfristig einträglicher ist als das traditionelle Bebauungssystem der Palmen-Brache. Wenn der finanzielle Gewinn die Kosten der Arbeitskräfte der Familie berücksichtigt, errechnet sich ein Verlust in den Kontroll-Parzellen und ein Netto Gewinn in den anderen. Im letzten Fall ist der Gewinn jedoch höher in den Parzellen, wo die verbesserte Sorte von Mais angebaut wurde und zusätzlich gedüngt wurde. Die Abbildung-3 zeigt außerdem, daß in dieser Kategorie die marginale Ertragsrate zwischen den verschiedenen, von den Bauern erprobten Behandlungen hoch ist; größer als 100% .

Langfristig ist das Akazien-System finanziell und ökonomisch wirtschaftlicher als das traditionelle System. Dieses Ergebnis wird durch die in der Tabelle-2 wiedergegebenen Simulationen, die den Preis von Mais, Kosten und Einkommen nach Wahl, Düngerkosten und Kosten der Arbeitskräfte berücksichtigen, bestätigt. Die Abbildung-5 und die Tabelle-3 zeigen jedoch, wie wichtig das Einkommen pro Hektar ist, das ein landwirtschaftlicher Haushalt auf die nächsten Generationen übertragen könnte, wenn dieser Haushalt das neue Bebauungssystem anwendet. Das würde ein Einkommen bedeuten, das in einem zeitlichen Rahmen von 10 Jahren zwischen 92.105 und 510.329 FCFA/ha variiert, und dies ohne die übrigen offensichtlichen Vorteile zu berücksichtigen wie: 1. Die Einfachheit der landwirtschaftlichen Produktionsmethode, 2. der Schutz vor Verlusten an Bodenfruchtbarkeit und damit die Förderung einer dauerhaften Landwirtschaft, 3. die Wahrung eines oberflächennäheren Grundwasserniveaus, 4. die durch die erhöhten Gewinne neu geschaffenen Arbeitsplätze, 5. die Wirkung auf die regionalen Erträ-



**Abbildung 3:** Analyse der dominierenden Vorteile im System mit (T2i) und ohne (Ti) Akazien-Brache. Hypothese ohne Berücksichtigung der Kosten der Arbeitskräfte innerhalb der Familie. Quelle: Eigene Schätzung, 1995.

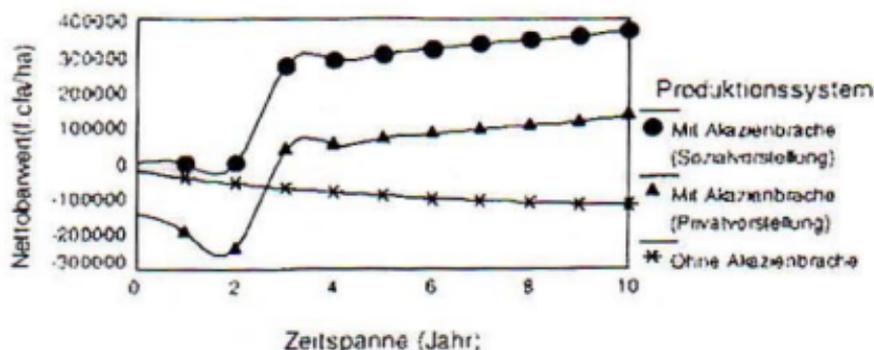


**Abbildung 4:** Analyse der dominierenden Vorteile im System mit (T2i) und ohne (Ti) Akazien-Brache. Hypothese unter Berücksichtigung der Kosten der Arbeitskräfte innerhalb der Familie. Quelle: Eigene Schätzung, 1995.

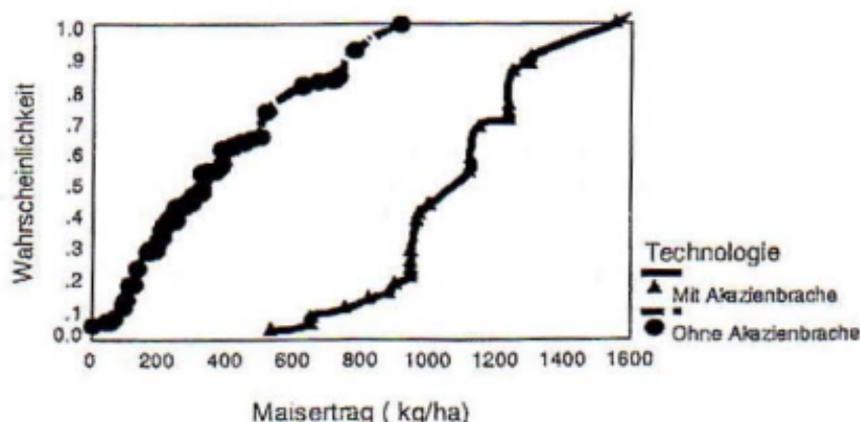
**Tabelle 4 :** Vorstellungen der Ergebnisse des Kolmogorov- Smirnovtest angewandt an die kumulative Verteilung des Akaziensystems und des traditionellen Systems auf dem Adja Plateau.

Zahl der Beobachtungen im Akaziensystem	Zahl der Beobachtungen im traditionellen System	Beobachtungs-zeitsraum	Beobachteter Abstand (A)	Kritischer Abstand von K-S an der Schwelle von	
				1 %	5 %
25	74	2	0,83	0,3765	

Quelle : Eigene Einschätzungen, 1995. K-S = Kolmogorov-Smirnov.  
A = Größter Abstand (senkrecht) zwischen 2 Verteilungen



**Abbildung 5 :** Nettogewinn (VAN) der Systeme ohne Akazien-Brache (Mais mit Palmen-Brache) und mit Akazien-Brache. Quelle: Eigene Schätzung, 1995.



**Abbildung 6 :** Kumulativkurven der Risiken. Stochastische Dominanz der Systeme ohne Akazien-Brache (Mais mit Palmen-Brache) und mit Akazien Brache. Quelle: Eigene Schätzung, 1995.

ge, 6. die Verbesserung der Grundgesundheit, usw. Diese gesamten Vorteile übertreffen bei weitem die Kosten.

Die Abbildung-6, die das Ergebnis der stochastischen, gewöhnlichen Dominanzanalyse darstellt, zeigt, daß das Produktionssystem basierend auf der Akazien-Brache, das traditionelle Bebauungssystem der Palmen-Brache durch den ersten Grad der stochastischen Dominanz dominiert. Der Kolmogorov-Smirnov Test, durchgeführt auf die kumulativen Verteilungsfunktionen dieser zwei Techniken, ist auf dem 1% Niveau signifikant (Tabelle-4). Daraus folgt, daß das Akaziensystem auch angewendet werden kann, wenn die Bauern Risiken vermeiden möchten.

#### **4    Schlußfolgerungen und Auswirkungen**

Das landwirtschaftliche Produktionssystem der Akazien-Brache ist auf den mageren ferralitischen Böden finanziell und wirtschaftlich kurz- und langfristig rentabel, und weniger risikoreich als das traditionelle landwirtschaftliche System der Palmen-Brache. Eine Reihe von Faktoren, die für seine Anwendung potentielle Hindernisse darstellen, müssen jedoch betont werden: Das System benötigt eine dreijährige Frist, um das investierte Kapital wiederzubekommen. Die Investition besteht aus den Kosten für die jungen Akazien-Pflanzen, den Unkosten der für die Pflanzung notwendigen Arbeitskräfte und den Gelegenheitskosten für die Parzelle unter Akazien-Brache. Außerdem sind sozio-ökonomische Faktoren von Bedeutung, z.B. können die Bodenbesitzverhältnisse die Anwendung dieser Technik behindern. Nur die landbesitzenden Landwirte können sich für das Akaziensystem entscheiden. Die Teilpächter, die Bauern und diejenigen, die Landwirtschaft betreiben auf Böden mit ähnlichen Bewirtschaftungsmethoden, werden durch Mangel an Gewährleistung der Böden, dieses System zur Bodenkonservierung wahrscheinlich nicht anwenden. 26% der Böden aus diesem Dorf stehen unter einem direkten Bewirtschaftungsmodus (Halbpacht oder Grundpacht) und 45% stehen unter einem gemischten Bodenbesitzsystem (nicht geteilte Erbschaft, Ausleihe/Darlehen an einen Dritten oder an ein Haushaltsmitglied, Gattin, Palmenkontrakt).

Diese Prozentanteile werden höchstwahrscheinlich in den nächsten Jahren steigen, wenn man den hohen Bevölkerungszuwachs (3,2%) von Benin berücksichtigt. Infolgedessen muß die massive Anwendung dieses System einer staatlichen Intervention untergeordnet werden, z.B. einer Reform des Bodengewohnheitsrechtes, die Flurbereinigung der landwirtschaftlichen Böden, oder Anregungen durch Subventionen oder landwirtschaftlichen Kredite.

## Anhang

**Tabelle 1:** Verhältnis von Anbauweise und Erosion der Ferralitböden minderer Qualität von Zouzouvou.

Produktions-system	Parameter des Modells USLE				
	R*	K	LS	C	P
mit Palmenbrache	450	0,05 - 0.18	0,02 - 0.12	0,3 -0,5	0,3 -0,5
mit Akazienbrache	450	0,05 - 0.18	0,02 - 0.12	0,001*	0,01*

Quelle: Eigene Schätzungen (1995) \*Schätzungen von Azontondé (1988).

**Tabelle 2:** Lineäre Beziehung zwischen Maiserträgen und der kumulativen Erosionsrate der Ferralitböden minderer Qualität von Zouzouvou.\*\*

Parameter und Statistik von des Modells	
Ständiges Verhältnis	739
Statistik t	27,92*
Parameter der kumulativen Erosionsrate	-0,00664
Statistik t	-10,108*
R-Quadrat, R2	0,895
Korrigierter R2	0,886
Statistik F	102,16*
Zahl der Beobachtungen	14
Anzahl der Freiheitsgrade	12

Quelle : Eigene Schätzungen, 1995.

\* : Signifikant an der Schwelle von 5%.

\*\* : Ergebnisse der im vorgestellten ökonomischen Modellrechnung. Abhängig Variable: Maiserträge in kg/ha/Jahr. Unabhängig Variable: Kumulative Erosionsrate in kg/ha.

## 5 Literatur

- ANDERSON, J.: 1974, „ Risk efficiency in the interpretation of agricultural production research“. Review of marketing and agricultural economics, 42 (3) 1974, p. 131-184.
- AZONTONDE, H. A., 1988: Conservation du sol et des eaux au Bénin: Bilan des actions passées, perspectives. Communication présentée lors de la 9ème réunion de corrélation des sols. Cotonou, Bénin.
- BANQUE MONDIALE, 1992. Rapport sur le développement dans le monde: Le développement et l'environnement. Washington, D.C.
- BISHOP J. AND J. ALLEN, 1989: The on-site cost of soil erosion in Mali. Environment department working paper N 21, World Bank, Washington, D.C.
- BOJO, J., 1986, An introduction to cost-benefit analysis of soil and water conservation projects. Southern African Development Coordination Conference (SADCC) coordination unit, Maseru, 1986.
- CARDER -MONO. Plans de campagne agricole 1979-1988, 1988-1989, 1989-1990, 1990-1991, 1991-1992, 1992-1993. Ministère du Développement Rural et de l'Action Coopérative. République populaire du Bénin.
- CARDER-MONO, 1992. Rapport sur le dénombrement des ménages et des exploitations agricoles dans cinquante quatre villages du Mono. Ministère du Développement Rural et de l'Action Coopérative, Bénin.

- 8 CE.N.A.P, 1983,1986. Etude pédologique de la province du Mono. Institut National de Recherche Agricole du Bénin (INRAB). Bénin.
- 9 COCHRANE, H.C. ET P.C. HUSZAR, 1988, Assessing economic benefits of soil conservation : Indonesia's upland model farm program In Moldenhauer N.W. and N. Hudson (ed.), conservation farming on steep slopes. Soil and water conservation society of america press, Ankeny, IA, PP. 93-106.
- 10 CTFT, 1979, Conservation des sols au sud du Sahara. 2ème éd., CTFT, Ministère de la coopération, Rép. Française, Paris.
- 11 DILLON, J. L., AND J. R. ANDERSON, 1990, The analysis of Response in crop and livestock production. 3rd. ed., Pergamon Press.
- 12 EL SWAIFY, S.A., W.C. MOLDENHAUER AND LO. A., 1985, Soils erosion and conservation. Ankeny (ed.) Soil Conservation Society of America, 1985
- 13 GITTINGER, 1982. Economic Analysis of Agricultural projects, agricoles. Johns Hopkins University press, Baltimore.
- 14 HADAR, J., AND W.R. RUSSELL, 1969, Rules for ordering uncertain prospects. in America Economic Review 59 (1969):25-34.
- 15 HARRISON, P., 1987, The greening of Africa, breaking through in the battle for land. London, Paladin/ Earthscan.
- 16 KOYSCH J. ET COLL., 1990, Ecofarming in agricultural development. Ed. GTZ , Eschborn
- 17 LOWENBERG-DEBOUR ET COLL., 1992. Rapport sur les caractéristiques de risque des technologies mil-niébé testées en milieu réel à Maïgoué et Rigial Obandawaki. Institut National de Recherches Agronomiques du Niger. Document No.27 F.
- 18 MAGRATH, W. AND P. ARENS, 1989, The cost of soil erosion on Java: a natural resource accounting approach. Environment departement working paper No.18, World Bank, Washington, D.C.
- 19 PAGIOLA, S., 1991, Agricultural policy Analysis Project: Cost-benefit analysis of soil conservation. Food Research Institut, Stanford University, USA.
- 20 PEARCE, DAVID., 1992, Economic valuation and the natural. Environment department working paper N 998, World Bank, Washington, D.C.
- 21 Projet-R.A.M.R, 1991, 1992, 1993. Rapports d'activité. Institut national de recherche agronomique du Bénin.
- 22 Projet-RAMR, 1992, Pour une recherche participative: Stratégie et développement d'une approche de recherche avec les paysans au Bénin. Ed. Valentin Koudokpon.
- 23 QUENUM, Y.B., 1995, Analyse économique de la dégradation des sols et rentabilité des systèmes biologiques de conservation sur le plateau Adja (sud ouest du Bénin). Thèse de Doctorat de troisième cycle en Economie Rurale, CIREs, Université de Côte d'Ivoire, Abidjan.
- 24 QUIRK, J. P., AND R. SPOSNIK, 1962, Admissibility and measurable utility functions." In: Review of Economic Studies 29 (1962): 140-146.
- 25 ROOSE, E. J., 1977, Application of the Universal Soil Loss Equation of Wisheimer and Smith in West Africa." In: D.J. Greenland & R. Lal (eds.), Soil Conservation and Management in the Humid Tropics. John Wiley & Sons, N.Y.
- 26 ROOSE, E. J., 1975, Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest: Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales, Abidjan, ORSTOM, 92 pp.
- 27 STEEL, R. et J. Torrie, 1980, Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 2nd. ed., McGraw-Hill, New-York, 1980.
- 28 WHITMORE, G.A., 1970, Third - degree Stochastic Dominance. American Economic Review 60 (1970):457-459.
- 29 WISCHMEIER W. H. ET COLL., 1958, Evaluation of factors in the soil loss equation. Journal of agricultural Engineering U.S.A., 458-462.