

Methoden des Ecofarming in Rwanda

Methods of Ecofarming in Rwanda

Von E. Egger und P. Rottach*

1. Zur Konzeption des Ecofarming

Ecofarming ist ein junger Zweig jener agroforstlichen Strategien, die permanente Verbundsysteme von Baum, Feld und Tier anstreben. Es soll Umwelt und Entwicklung nicht nur gegeneinander abwägen, sondern so zur Synthese bringen, daß gerade die Bewahrung von Ökosystemen produktiv umgesetzt wird. Auf diese Weise kann bei gutem Gelingen eine optimale Ausnutzung der Tragfähigkeit unter der Bedingung der Nachhaltigkeit erreicht werden, doch muß man sich bewußt sein, daß mit dieser wie mit jeder anderen Strategie kein unbegrenztes Wachstum der vertikalen Produktivität möglich ist. Es befreit daher in überbevölkerten Gebieten nicht vom Problem der Bevölkerungskontrolle.

Ecofarming lehnt sich an das Konzept der integrierten ländlichen Entwicklung an, als dessen Ergänzung im ökologischen Bereich es sich versteht. Es fügt sich in die Ecodevelopment-Konzeption von Ignacy Sachs ein und ist in seinen methodischen Ausprägungen agroforstlich. Die Vorgehensweise des „Farming System Research and Development“-Programms kann mit der Einführung von Ecofarming direkt verknüpft werden.

Ecofarming ist ein norm- und zielorientierter Ansatz. Er anerkennt die Notwendigkeit, daß ein Landbausystem funktionalen Kriterien der technischen und ökonomischen Ebene selbstverständlich genügen muß, das heißt machbar und rentabel sein muß und daß es sich soziokulturellen Normen unterzuordnen hat; er betrachtet aber die Präzisierung von Oberzielen in Bezug auf die Erhaltung der Ökosysteme und deren Konkretisierung über Unterziele und Maßnahmen als seine Hauptaufgabe. Dies führt zur sogenannten Hierarchie der Methoden, die in drei Stufen davon ausgeht, daß höchste Priorität zunächst der ökologische Grundentwurf, das Ecodesign hat, das darüber entscheidet, wie sich das zu bildende Agrarökosystem an das natürliche System und die traditionellen Verfahren anbindet. In zweiter Stufe werden die mit lokalen Mitteln realisierbaren Methoden im Detail erstellt, wobei pflanzenbauliche Kunstfertigkeit absoluten Vorrang vor technischer Manipulation hat; erst in dritter und untergeordneter Stufe werden technische Hilfsmittel so hinzugezogen, daß sie den ökologischen Entwurf stützen und den Ansatz machbar und rentabel gestalten.

* Prof. Dr. Kurt Egger und Peter Rottach (wiss. Mitarbeiter), Botanisches Institut der Universität Heidelberg. Anschrift: Hofmeister Weg 4, D-6900 Heidelberg 1, Deutschland

2. Die Ecofarming-Methoden von Nyabisindu

2.1 Die Situation in Rwanda

Ein Projekt der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) in Rwanda (Projet agropastoral et laiterie, Nyabisindu/Rwanda) hat mit seinem Bestreben, standortgerechte Landbaumethoden zu entwickeln, weltweite Aufmerksamkeit errungen. Die Situation in dem kleinen Bergland im Herzen Afrikas spiegelt die Lage vieler Entwicklungsländer in drastischer Weise wieder: großflächige Zerstörung der natürlichen Vegetation, weitgehend arme, wenig fruchtbare Böden, niedriges landwirtschaftliches Produktionsniveau mit Not und Elend weiter Bevölkerungskreise, rapides Bevölkerungswachstum, Knappheit an Brenn- und Bauholz, an Rohstoffen und Bodenschätzen. Hinzu kommt für „das Land der tausend Hügel“ die allgegenwärtige Gefahr der Bodenerosion mit Auswaschung gerade der fruchtbarsten Bodenpartikel. Seit Jahrhunderten haben die Menschen in Rwanda vornehmlich durch ihre Weidewirtschaft Raubbau an der Natur betrieben und weite Flächen der ursprünglichen Baumsavannen oder der Bergwälder der Neuerschließung von Weideflächen geopfert. Heute bleibt der Bevölkerung des dichtbesiedelten Agrarstattes keine andere Wahl: sie muß die letzten verfügbaren Ressourcen des Naturraumes (Vegetation, Wasser, Böden) intensivst nutzen, um die eigene Existenz notdürftig sichern zu können. Die nicht oder nur ungenügend an die natürlichen Bedingungen angepaßten Landnutzungsverfahren der nun dominierenden Ackerbauern zerstören gegenwärtig die letzten Potentiale des Landes und damit jegliche Chance für die kommenden Generationen.

Hier setzen die Methoden des Ecofarming-Ansatzes an; sie sollen die Bauern in die Lage versetzen, aus eigener Kraft und in Anbetracht ihrer ökonomischen Verhältnisse, das heißt weitgehend ohne Fremdinput, einen optimalen und nachhaltigen Nutzen aus ihrem Land zu ziehen und anstatt zur Plünderung und Vernichtung der Ökopotentiale des Landes beizutragen an ihrer Erhaltung und sogar Verbesserung mitzuwirken.

2.2 Problem- und Lösungsvernetzung

Die Regierung hat erkannt, daß den vielsichtichtigen Problemen des Landes erfolgreich nur durch ein komplexes Lösungsnetz begegnet werden kann. Bodenerosion und -degradierung, schlechte Ertragslage, geringe Arbeitsproduktivität, Brennholzknappheit etc. stehen ja untereinander in engem Zusammenhang und können wirksam nicht einzeln und losgelöst bekämpft werden. Die Abbildung 1 zeigt einen integrierten Lösungsansatz, der auch von der Regierung unterstützt wird und der die Konzeption des Ecofarming-Projektes trägt.

Das Ziel ist die Steigerung und langfristige Stabilisierung der Flächenproduktivität durch Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit sowie eine gesamtökologische Erhaltung und Regenerierung des Landes durch verstärkte Förderung der Baum- und Holzproduktion, besonders auf den landwirtschaftlichen Betrieben, und durch Aufgabe der erosionsbegünstigenden und ertragsschwachen Weideflächen. Die innere Verknüpfung der genannten Ziele wird durch die Pfeile verdeutlicht: Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit kann nur erreicht werden durch

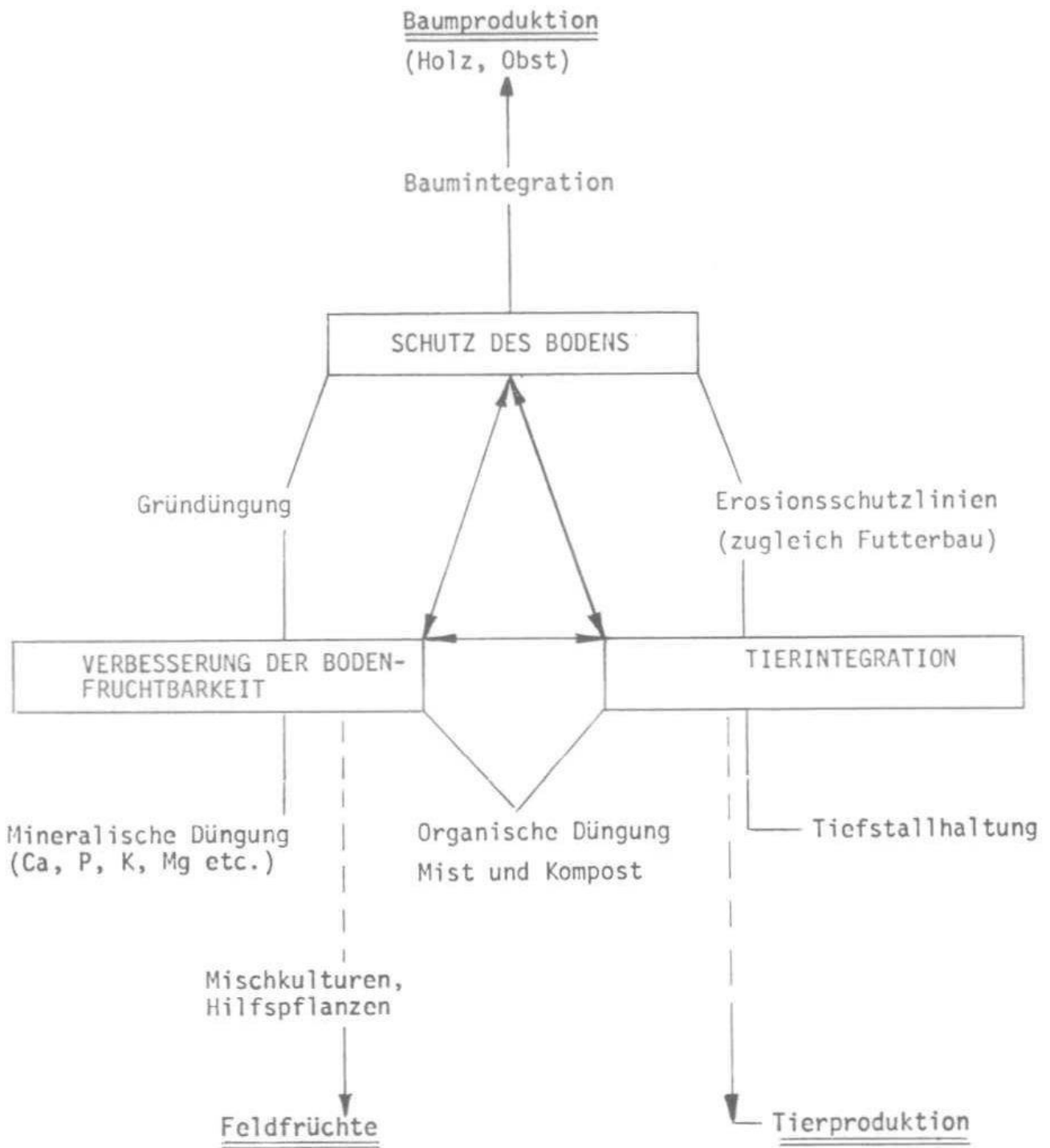


Abb. 1. Integrierter Lösungsansatz zur Steigerung und langfristigen Stabilisierung der Flächenproduktivität

gleichzeitigen Schutz des Bodens vor Erosion, Überhitzung, Austrocknung und unter Ausnutzung aller innerbetrieblichen Nährstoffquellen, vor allem von Mist (kann nur in nennenswertem Umfang durch Stallviehhaltung gesammelt werden) und Kompost. Je besser die Bodenfruchtbarkeit, desto geringer auch die Gefahr des Bodenabtrages. Die fruchtbarkeitssteigernden Elemente wie Gründüngung, Mulchen, hoher Humusgehalt ergeben zudem weiteren wertvollen Bodenschutz. Höhere Flächenproduktivität ist, besonders unter Berücksichtigung der Betriebs-

struktur Rwandas mit einer durchschnittlichen Betriebsgröße von 0,6 bis 1 ha einerseits Voraussetzung für die Tierintegration, soll eine ausreichende Versorgung des Viehs gewährleistet sein, andererseits profitiert die Futterwerbung von den Erosionsschutzlinien, die mit Futtergräsern bzw. -kleinbüschen gestützt werden. Die Konzeption in ihrer Gesamtheit läuft konform mit den offiziellen Regierungszielen wie Verbesserung der Tier- und Baumproduktion sowie einer beträchtlichen Steigerung der Produktion von Feldfrüchten, ohne auf teure Weltmarktprodukte, die im Binnenland Rwanda wegen der Transportkosten um das 1^{1/2}- bis 2fache über dem Durchschnitt liegen, angewiesen zu sein.

Es werden im folgenden schwerpunktmäßig die Elemente behandelt, die als typisch und charakteristisch für den Ecofarming-Ansatz in Rwanda angesehen werden: Baumintegration mit Erosionsschutz und Terrassierung, Anlagen von Hecken und Wald auf den Betrieben, intensive Gründüngung. Landbaumethoden und -elemente wie Mischkulturen, Stallviehhaltung, organische Düngung etc. werden dagegen vielerorts praktiziert und sollen hier nur kurz gestreift werden.

2.3 Baumintegration

Die Einbeziehung von Bäumen erfolgt einerseits unter unmittelbar ökonomischen, exakt berechenbaren Kriterien, andererseits mit einer ökologischen, standortbezogenen Blickrichtung, die sich nur mittelbar, das heißt über den Ernteertrag der Feldfrüchte, auszahlt.

2.3.1 Ökologische Funktion der Bäume

Die ökologische Funktion der Bäume ergibt sich vor allem aus den nachfolgenden Wirkungen:

- Nährstoffpumpe
Bäume können ein Wurzelsystem ausbilden, das viel tiefer reicht als das der kurzlebigen annuellen Pflanzen. Sie sind dadurch in der Lage, aus dem Oberboden ausgewaschene oder durch Verwitterungsprozesse im Untergrund freigesetzte Nährstoffe aufzunehmen; durch Holz, Laub und Früchte werden diese Nährstoffe dem Betriebsgeschehen zugeführt und stehen auch den annuellen Feldfrüchten zur Verfügung.
- N-Fixierung
Die Einbeziehung von Leguminosen — Bäumen hat den zusätzlichen Effekt, über die mit den Baumwurzeln in Symbiose lebenden Rhizobien den Boden mit Stickstoff, dem bedeutenden Mangelnährstoff vieler tropischer Bäume, anzureichern.
- Vermehrung der organischen Substanz im Boden
Das Laub, Früchte und abgestorbene Wurzeln heben den Humusgehalt des Bodens an. Gleichzeitig unterbindet der Schatten der Bäume eine zu starke Erhitzung und Austrocknung des Oberbodens und fördert damit die Aktivitäten der Bodenorganismen, was zu einer rascheren Umsetzung = Mineralisierung der organischen Substanz führt. Das Ziel ist ein hoher Massenumsatz organischen Materials mit ständiger Aufbereitung und Zirkulation der Nähr-

stoffe. Darüber hinaus wird der Boden befähigt, Nährstoffe zu speichern und bei Bedarf an die Wurzeln der Pflanzen abzugeben (Verbesserung der Kationenaustauschkapazität). Aktives Bodenleben fördert außerdem die Freisetzung von Nährstoffen, die in wasserunlöslicher Form im Boden fixiert sind; es ist hier in erster Linie an das Phosphat, einem weiteren Mangelnährstoff vieler Böden, zu denken.

— Verbesserung der Bodenstruktur

Die Wurzeln der Bäume durchdringen den Boden, lockern ihn auf und schaffen Poren für Bodenwasser und -luft. Verbesserte Infiltration des Wassers und verbesserte Wasserspeicherkapazität des Bodens führen zu einer Aufstokkung und längeren Verfügbarkeit des Wasserreservoirs der Pflanzen; kürzere Trockenphasen während der Regenzeit werden besser überstanden und mitunter läßt sich die Vegetationsperiode ein beträchtliches Stück über die Regenzeit hinaus verlängern. Höhere Wasserinfiltration ist zudem ein sehr wirksamer Beitrag zur Bekämpfung der Bodenerosion.

— Erosionsschutzwirkung der Bäume

Die gesamten positiven ökologischen Auswirkungen der Baumintegration könnte man auch durch eine Integration im Streuverfahren, also ohne eine festgelegte Ordnung und Ausrichtung der Bäume, erzielen. Für erosionsbedrohte Gebiete empfiehlt sich allerdings eine Anordnung der Bäume in hangparallelen Linien, da dadurch dem oberflächlich ablaufenden Wasser ein Damm entgegengestellt wird, der es zum Versickern und zur Sedimentation des transportierten Materials zwingt. In den Linien hat sich ein Abstand zwischen den einzelnen Bäumen von 3,0 bis 3,5 m bewährt. Daraus läßt sich ableiten, daß die Baumlinie allein noch keinen hinreichenden Erosionsschutz bieten würde; eine weitere, dicht schließende Pflanzlinie, ebenfalls in Konturlinien angelegt, ist notwendig, die sich in idealer Weise mit der Baumlinie ergänzt und sich eng an sie anschließt. Es wird hierfür entweder eine Graslinie (in der Regel *Setaria*-Gras) oder eine dicht schließende Buschreihe (*Leucaena leucocephala* oder *Calliandra calothyrsus*) empfohlen. Im Vergleich zum *Setaria*-Gras, das die Bauern Rwandas als Futtergras sehr schätzen, weist die *Leucaena*-Buschlinie die etwa 3fache Biomasseproduktion pro Jahr auf und kann ein weitaus höheres Alter als die Graslinie erzielen; außerdem ist die Leguminose als Stickstoffsammler nicht zu unterschätzen. Hinsichtlich der Erosionsschutzwirkung hat die Graslinie Vorteile, vor allem weil sie dem sogenannten „run-off“-Wasser einen größeren Widerstand entgegenbringt; die Buschlinie auf der anderen Seite erweist sich als besonders effizient als Filtrations- und Sedimentationsmittel für abgeschwemmte Bodenpartikel.

Baum- und Gras/Buschlinien haben sich als sehr wirkungsvolle Erosionsschutzmaßnahmen bewährt, können allerdings nicht zu einem völligen Erliegen des Bodenabtrages durch fließendes Wasser verhelfen. Besonders bei mangelnder Pflege der Linien können noch beachtliche Mengen an Wasser und Bodenmaterial die Linien passieren und damit oftmals einen irreversiblen Verlust an Nähr- und Humusstoffen bedeuten. Dies zeigt sich besonders dort, wo die Bauern in Rwanda unter dem Druck der Regierung Erosionsschutzgräben in Verbindung mit den Graslinien angelegt hatten und schon nach wenigen Saisons die Gräben zusedimentiert waren. Das ständige Freilegen der Gräben aber stellt einen hohen zusätzlichen Arbeitsaufwand für die Bauern dar. Die

Erosionsschutzgräben sollten deshalb auf besonders gefährdetem Gelände während des Erstellens und der Jugendphase der Baum- und Gras/Buschlinie Beachtung finden, können aber im Erwachsenenstadium der Pflanzstreifen wegen ihrer Arbeitsbelastung zugunsten einer besseren Instandhaltung der Linien und zugunsten erosionshemmender Anbauverfahren zwischen Schutzlinien aufgegeben werden.

Überall wo Regentropfen — in den Tropen ja mit höherer Aufprallenergie versehen als in den gemäßigten Breiten — auf nackten, ungeschützten Boden auftreffen, ist das Phänomen der „splash-erosion“, also des Herausschleuderns von Bodenteilchen aus der Aufprallstelle mit seitlicher Ablagerung zu befürchten. Es tritt dabei eine Materialsortierung ein, da leichte Partikel natürlich zuerst und am weitesten weggeschleudert werden, mit parallel laufender Verstopfung der oberflächennahen Poren. Die Folge sind u.a. verringerte Infiltration und vermehrter Oberflächenabfluß des Wassers sowie Behinderung des Luftaustausches Bodenluft-Atmosphäre. Der „splash-erosion“ kann in erster Linie durch ständige Bodenbedeckung, sei es oberflächennah oder durch das Laubdach der Bäume und durch Erhöhung des Humusgehaltes mit besserer Aggregatstabilität begegnet werden.

Dem „run-off“-Wasser zwischen den Erosionsschutzstreifen muß ebenso durch pflanzenbauliche Maßnahmen wie Anbau in hangparallelen kleinen Hügeln und Gräben (den sogenannten Ridges) und durch dichte, bodenbedeckende Bepflanzung (Feldfrüchte, Gründüngung) entgegengetreten werden. Hier ist eine traditionelle Methode des Erosionsschutzes in Rwanda zu nennen, die Anlage von Süßkartoffel-Dämmen in konturliniengerechter Form. Der Abstand zwischen den Dämmen, die durch die Süßkartoffelpflanzen eine ausgezeichnete Stabilität erhalten, richtet sich ebenso wie bei der Baum- und Gras/Buschlinie nach der Hangneigung.

Durch die Bodenbearbeitung — immer vom oberen Ende eines Feldes hangabwärts zum unteren Ende — und Bodenabtrag durch Wasser kommt es auf den Feldern zwischen 2 Erosionsschutzlinien im oberen Abschnitt zu einem Entzug, im unteren Abschnitt zu einer Anhäufung von Bodenteilchen; im Laufe der Zeit bilden sich Terrassen, die sog. Metaterrassen aus, die ebenfalls zur Reduzierung der Erosionsgefahren beitragen.

2.3.2 Unmittelbare ökonomische Auswirkung der Bäume

Die unmittelbare ökonomische Auswirkung der Bäume ist zu sehen in:

— Brenn- und Bauholzerzeugung

Die Situation Rwandas wird auch bezüglich der Brennholzversorgung immer bedrohlicher. Holz und Holzkohle stellen die einzigen Heizenergiequellen für die Bevölkerung dar; man rechnet mit einem pro-Kopf-Verbrauch von ca. 1 m³ Holz per annum, was zur Zeit einen Jahresbedarf von ca. 6 Mio. m³ Holz ergibt. Selbst wenn in großem Maßstabe alle ackerbaulich nicht genutzten Flächen aufgeforstet und die verbliebenen Primärwaldreste genutzt würden, könnte die Nachfrage der ständig wachsenden Bevölkerung nicht mehr gedeckt werden. Es müssen also auch die bäuerlichen Ackerflächen zur Holzproduktion herangezogen werden, ohne jedoch die Erträge der Feldfrüchte stark negativ zu

beeinflussen. Daß dies möglich ist, wurde im Projekt Rwanda nachgewiesen. Baum- und Feldfruchtproduktion befinden sich keineswegs in einem ständigen Antagonismus, sondern können sich aufgrund der beschriebenen ökologischen Funktion der Bäume durchaus zu einer gegenseitigen Verbesserung und Stabilisierung des Ertrages stimulieren. Auch in anderen tropischen Ländern hat die Baumintegration in den Anbau von Feldfrüchten, Agroforstwirtschaft genannt, ähnliche Erfolge wie in Rwanda erzielt (Vergl. hierzu Maydell, H.-J., 1978 und ICRAF, 1980), wobei der Wahl der Baumarten natürlich entscheidende Bedeutung zukommt. Grundsätzlich kann auf agroforstlichen Standorten mit einem schnelleren Wachstum der Bäume als in reinen Forsten gerechnet werden, da die Bäume von der Bodenbearbeitung, der Düngung, der Unkrautbekämpfung und dem freien lichten Stand profitieren. In Rwanda erzielt man mit 300–350 Bäumen (*Grevillea robusta*)/pro ha in den Erosionsschutzlinien immerhin ca. $\frac{1}{5}$ des Baumbestandes eines reinen Forstes. Der in Rwanda ermittelten 3fach besseren Wuchsleistung der Bäume im Vergleich zu Forsten verdankt ein Bauer mit einem 1 ha Betrieb $\frac{3}{5}$ der Holzproduktion eines Forstes (mit 6jährigem Zyklus), bzw. 4 bis 5 m³ Stammholz und weitere 6 bis 9 m³ Astholz; es kann folglich der Holzjahresbedarf einer Familie von bis zu 10 Personen auf den eigenen Flächen und durch die Baumintegration in den Erosionsschutzlinien allein gedeckt werden. (Angaben aus I. Neumann, 1982.)

– Futterproduktion

Laub und Früchte der Bäume eignen sich häufig als zusätzliche proteinreiche Futtermittel für das Vieh. Je nach Art, Funktion und Standort der Pflanzen kann schon nach kurzer Zeit (bei *Leucaena* l. schon nach einem halben bis einem Jahr) mit dem Schneiteln begonnen werden. Die jährlich zu erntende Blattmasse eines adulten 1 ha-Grevilleenbestandes würde als Mulchmaterial für 500 bis 1000 Kaffeepflanzen ausreichen (aus I. Neumann, 1982).

– Obstproduktion

Das Obst der Bäume kann in Zeiten extremer Witterungsbedingungen über kritische Ernährungsengpässe hinweghelfen. Besonders Arten wie Avocado und Chestnut sind als Nahrungsmittel hoch einzuschätzen und können einen wichtigen nährwertreichen Beitrag zur Versorgung der Bevölkerung leisten.

2.3.3 Wahl der Baumarten

Bei der Wahl der Baumarten muß sowohl der ökologischen Funktion der Pflanzen als auch den ökonomischen Interessen der Bauern Rechnung getragen werden. Den Wünschen nach schnellem Wachstum, hochwertigem Holz, als Futter verwertbarem Laub und Früchten auf der einen Seite stehen die Forderungen nach möglichst geringer Nährstoff- und Wasserkonkurrenz zu den annualen Pflanzen gegenüber. Das Beschneiden bzw. Abschlagen der Oberflächenwurzeln (sogenanntes root-pruning) kann für bestimmte Arten (z.B. *Grevillea robusta*) in Betracht gezogen werden und gute Dienste leisten; es ist dann auch ein verstärktes Tiefenwachstum der Wurzeln mit gleichzeitig zunehmendem Tiefenaufschluß von Nährstoffen zu beobachten.

Auf toxische Wirkung von Blättern, Früchten und ähnlichem oder Wurzelausscheidungen ist ebenso zu achten wie für eine ideale Beschattung der Feldfrüchte auf



Abb. 2. Auflaufende Gründung zwischen Erosionsschutzlinien mit Bäumen (*Grevillea robusta*)

die Ausbildung des Kronendaches, die nicht zu dicht und nicht zu dicht am Boden sein sollte. Aus dem Aspekt der N-Fixierung kommt den Leguminosen hohe Bedeutung zu; im Hinblick auf die ökologische Stabilisierung der Produktion muß jedoch eine möglichst hohe Diversität, d.h. Artenvielfalt angestrebt werden. Für den Bauern sind zudem der Arbeitsaufwand zur Aussaat und Pflege, Sicherung der Saat- und Pflanzgutversorgung etc. von Bedeutung. Als günstige Arten für die Baumintegration haben sich in Rwanda bewährt: *Grevillea robusta*, *Albizia*-Arten, *Cassia spectabilis*, *Leucaena leucocephala* (als Baum, Hecke und Busch), *Marcania lutea*, *Acrocarpus fraxinifolia*, *Newtonia buchonii*, *Croton macrostachius*, *Cedrela odorata*.

Als Schneitelbäume besonders geeignet sind *Vernonia amygdalina*, *Leucaena leucocephala* und *Cassia spectabilis*. Ein sehr schnellwüchsiges Bäumchen ist *Sesbania sesban*, das zur Diversifizierung einer Baumlinie besonders gut herangezogen werden kann, da es als erster Baum geräumt wird und somit Platz macht für andere und jüngere Arten. Es wird also nicht nur die Artenvielfalt, sondern auch eine Diversifizierung hinsichtlich des Altersbestandes in den Baumlinien angestrebt. Eine andere interessante Pflanze, *Miletia dura*, wurde wegen ihres geringen Wachstums und ihrer geringen Kronenbildung lange Zeit vernachlässigt. Wo jedoch ein sehr lichter Schatten und außerdem hartes Holz für Haus- und Möbelbau geschätzt wird, sollte auf diesen Baum wieder verstärkt zurückgegriffen werden.

2.4 Die Hecke

Kein anderes Element kann zur ökologischen Diversifizierung eines Betriebes einen wirkungsvolleren Beitrag leisten als die Hecke. Sie wird eingesetzt als Umrandung und Eingrenzung der gesamten Betriebsfläche, einzelner Felder und von Wegen und Gebäuden.

Das Ziel, eine möglichst artenreiche Hecke zu erstellen, die als Habitat für viele Tierarten, aber auch wildwachsende Pflanzen dienen kann, wird schon aus der Grundrißgestaltung der Heckenanlage deutlich; sie wird gegliedert in 3 sich von außen nach innen anschließende Abschnitte: die sehr dicht schließende, undurchdringliche Pflanzlinie (in Rwanda bevorzugt aus *Euphorbia tiruncalli*); die Baumlinie, gestaffelt nach Art und Alter, wobei besonderes Augenmerk darauf gerichtet wird, Kronenbildner und Bäume ohne Krone aneinanderzureihen. Hier kommen im wesentlichen die gleichen Arten in Frage, die bereits bei der Baumintegration besprochen wurden. Es wäre zusätzlich noch der *Croton megalocarpus* zu nennen. Nach innen folgt eine dicht schließende Buschlinie aus *Leucaena leucocephala*, *Calliandra calothyrsus* oder, etwa zur Abwehr von Vieh, die dornenbesetzte *Cessalpinia decapetala*.

2.5 Wald

Abgesehen von den großflächigen Aufforstungen außerhalb der bäuerlichen Betriebsflächen könnte ein wirksamer Beitrag zur Verbesserung der Holzversorgung Rwandas auch durch Anlage von Kleinwäldern an der Peripherie der Betriebe auf

degradierten, für den Feldfruchtanbau unbrauchbaren Flächen, wie sie in vielen Fällen vorzufinden sind, geleistet werden. Man kann hier mit dem Trick der Punktverbesserung, d.h. Aufdüngung nur der Pflanzlöcher mit wertvollen organischen (Mist, Kompost) und — falls vorhanden — mineralischen Düngemitteln sehr zum Gelingen beitragen und vor allem den Pflanzen über die kritische Anfangsphase hinweghelfen. Sobald die Pflänzchen in der Lage sind, mit ihren Wurzeln tiefere Bodenschichten und damit Nährstoffe zu erreichen, ist das Wachstum ohne weitere Düngung und im Laufe der Jahre eine Regenerierung des ganzen Standortes gesichert. Für die so ablaufende Wiederbelebung degradierter Flächen hat sich eine Kombination von Bäumen mit schwer (*Gravillea robusta*) und leicht (Leguminosen) zersetzbarem Laub und nadeltragenden Bäumen (Pinien-Arten) bewährt; sie zeigt unter den klimatischen Bedingungen Rwandas einen optimalen Humusaufbau.

2.6 Intensive Gründüngung/Rotation

Die intensive Gründüngung muß als wirksamstes Element zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit in Rwanda angesehen werden. Aus den bisherigen Untersuchungen des Projektes in Nyabisindu läßt sich absehen, daß selbst hohe Gaben an Mist, Kompost und/oder Mineraldüngung nicht annähernd die gleichen Ernteerträge wie im Nachgang zu einer gut geführten Buschbrache erbringen können und nicht so viele, auch langfristige, positive Effekte auf physikalische und chemische Bodeneigenschaften erzielen lassen. Es ist hier und im folgenden stets die Rede von der einjährigen Buschbrache, die sich gegenüber der krautigen saisonalen Brache und der mehrjährigen Buschbrache stets als überlegen erwiesen hat.

Als Erklärung für die nachhaltigen ertragssteigernden Auswirkungen der intensiven Gründüngung können folgende Aspekte herangezogen werden:

- Die Biomasseproduktion einer einjährigen Buschbrache beläuft sich im Schnitt auf 20 bis 30 Tonnen Trockengewicht pro ha. Selbst wenn nicht die gesamte organische Masse in den Boden eingearbeitet wird oder liegenbleibt, wird dem Boden dennoch eine sehr große Menge an organischem Material zugeführt. Die Nährstoffe aus Blattmasse, Früchten und Wurzeln werden mineralisiert und stehen der Produktion von Feldfrüchten voll zur Verfügung. Der hohe Massenumsatz an organischer Substanz aktiviert die Mikroorganismen-tätigkeit und führt zu einem gesunden, wachstumsfördernden Bodenleben. Der gesteigerte Humusgehalt verleiht dem Boden eine bessere Struktur, damit bessere physikalische Bodeneigenschaften, was sich ebenfalls für das Pflanzenwachstum positiv auswirkt (Wasseraufnahme und -haltekapazität). Im Vergleich zu krautigen Brachepflanzen bietet die einjährige Buschbrache dank ihrer verholzenden Bestandteile den raschen Humus- und Abbaubedingungen der Tropen einen größeren Widerstand.

- N-Fixierung aus der Luft

Für die intensive Gründüngung hat sich folgendes Gemisch von Leguminosen bewährt: *Tephrosia vogelii*, *Cajanus cajan* und *Crotalaria* spp. Die Wahl und Kombination der Pflanzen erfolgt auch unter dem Gesichtspunkt einer Maximierung der Stickstoffaufnahme und Stickstoffversorgung des Bodens. Das Gemisch wird dicht ausgesät und sollte im erwachsenen Stadium alle drei Arten in einem ausgewogenem Verhältnis repräsentieren.

– Tiefwurzler

Wahl und Alter der Pflanzen gestatten ebenfalls, wenn auch in geringerem Umfang als bei den Bäumen, den Tiefenaufschluß von Nährstoffen. Dadurch wird das üppige Wachstum der Brachepflanzen verständlich, das aus dem Nährstoffangebot des Oberbodens allein nicht zu erklären wäre. Eindrucksvoll ist auch das bis lange in die Trockenzeit reichende satte Grün der Brachepflanzen als Zeichen für gute Wasserspeicherung im Boden und Zugang der Wurzeln zu tief liegendem Grundwasser.

– Erosionsschutz

Das dichte Wurzelwerk und die lockere Bodenstruktur eines Gründüngungsfeldes verhindern jegliches oberflächiges Abfließen von Wasser; von höheren Partien in das Feld einströmendes Wasser wird ebenfalls zum Versickern gezwungen, wobei das Transportmaterial sedimentiert und mit seinen Nährstoffen sogar zu einer Verbesserung des Standortes führen kann. Am unteren Rand eines Brachefeldes ist selbst bei stärksten Gewittergüssen so gut wie kein Wasseraustritt festzustellen.

Zum Thema Erosionsschutz kann zusammenfassend gesagt werden, daß eine ein- bis mehrjährige Brache zusammen mit Baum- und Gras/Buschlinien als wirksamste Erosionsbekämpfung angesehen werden müssen. Sie sind nicht nur in der Lage, etwa hangabwärts gelegene Flächen von der Gefahr einfließenden „run-off“-Wassers zu befreien, sondern können auf stark ausgezehrten und erodierten Böden zu einer wirksamen Standortverbesserung beitragen, die langfristig auch wieder eine ackerbauliche Nutzung ökologisch vertretbar und rentabel erscheinen läßt.

– Ökologische Diversität

Mit dem Auflaufen der jungen Brachepflanzen geht das Wachstum vielfältiger Unkräuter auf dem Feld einher. Nach den Erfahrungen aus Nyabisindu handelt es sich aber vorwiegend um Compositen, deren bodenentseuchende Wirkungen zu einem gesunden Pflanzenwachstum auch der späteren Feldfrüchte verhelfen. Nach drei bis vier Monaten werden alle Unkräuter durch die dicht schließenden Gründüngungspflanzen erstickt, so daß ein Bauer zu Beginn der folgenden Aussaatperiode praktisch keine Unkrautprobleme zu bewältigen hat. Vor allem die lästige Quecke kann auf diese Art und Weise erfolgreich bekämpft werden. Die Kombination verschiedener Brachepflanzen schließlich führt dank unterschiedlicher Standortansprüche der Pflanzen zu einer optimalen Ausschöpfung der Bodennährstoffe und zu einem Ausgleich besserer und geringerer Wachstumsleistungen der einzelnen Arten.

Die intensive Gründüngung löst die alte Brache ab, wie sie in Rwanda und in vielen Gebieten der Tropen noch häufig angetroffen wird. Auf der einen Seite noch die traditionelle Form, charakterisiert durch das „Sich-selbst-Überlassen“ der Felder mit einer sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Hinsicht allmählich zunehmenden natürlichen Pflanzendecke und Jahrzehnte währender, langsamer Verbesserung der Bodeneigenschaften; auf der anderen Seite die einjährige, auf schnellen Biomassenzuwachs und rasche Bodenverbesserung optimierte Gründüngung. Soll die Produktion auf hohem Niveau erfolgen und der ertragssteigernde Effekt der Gründüngung in idealer Weise erzielt werden, muß die Gründüngung einen festen, periodisch wiederkehrenden Platz im Produktionsgeschehen erhalten. Das bedeutet ein Rotationsschema mit der Gründüngung am Ende eines

Anbauzyklus; in welchem Rhythmus sie eingesetzt werden muß, ergibt sich aus der natürlichen Standortgüte, der Verfügbarkeit organischer Dünger und den eingesetzten Nutzpflanzen (Starkzehrer(Schwachzehrer). Für das Projektgebiet hat sich eine 1:1 Rotation aus Brache/Feldfrucht als optimal erwiesen, da schon im zweiten Jahr nach der Gründüngung die Erträge zurückgehen und selbst bei Einsatz von Mist und/oder Mineraldüngung nicht auf das hohe Niveau des ersten Brachefolgejahre gehoben werden können. In den ersten beiden Saisons hingegen kann nach einer gut gelungenen Gründüngung mit großer Sicherheit das zwei- bis dreifache und mehr des ursprünglichen Ertrages erwirtschaftet werden. Somit könnte ein Bauer bei einer 1:1-Rotation selbst den Verlust von 50% seiner Anbaufläche durch eine höhere Gesamtproduktion mehr als wettmachen. Dazu kommt, daß sich die Brachepflanzen auch als Futtermittel, Material für Kompost sowie für haus-, garten- und ackerbauliche Zwecke eignen. Problematisch bleibt in erster Linie die Einführung der 1:1-Rotation in einen Betrieb, da im ersten Jahr die ertragssteigernde Wirkung der Gründüngung noch fehlt und auf schlechten Standorten das Auflaufen der Brache selbst nicht zufriedenstellend erfolgen kann. Diese Anfangsphase müßte durch den Einsatz aller innerbetrieblichen Nährstoffquellen und, soweit möglich, mineralischer Düngemittel überbrückt werden.

2.7 Mischkulturen

Auch in Rwanda hat sich gezeigt (vor allem in Versuchen der ISAR, der landwirtschaftl. Forschungsanstalt des Landes), daß die traditionellen Mischkulturen den modernen Monokulturen vor allem im langfristigen Vergleich überlegen sind. Es sei hier ein besonders anschauliches Beispiel der Vorzüge einer Mischkultur gegenüber einer Reinkultur gezeigt, wie sie heute in Rwanda landesweit eingesetzt und von den Wissenschaftlern der ISAR in Rubona getestet worden ist: Mischkultur Mais/Sorgho – Bohne/Soja – Süßkartoffel

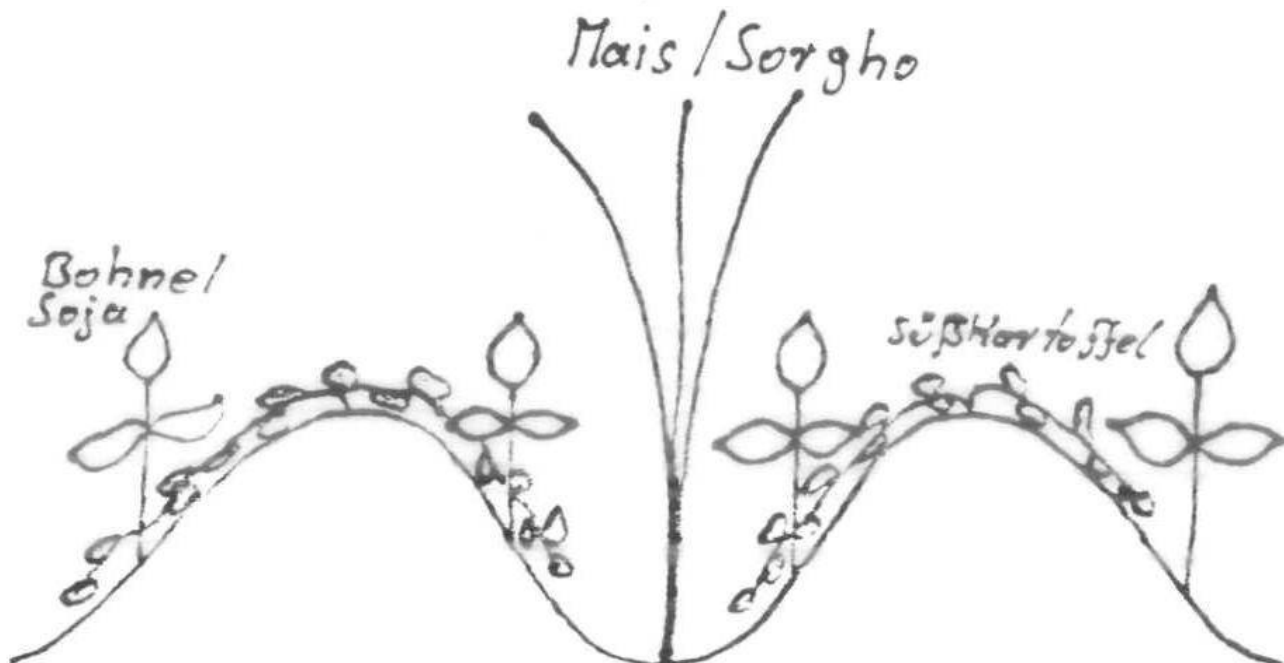


Abb. 3. Schematische Darstellung der Mischkultur Mais/Sorgho – Bohne/Soja – Süßkartoffel

Der Anbau erfolgt in kleinen Gräben und Hügeln, den sog. Ridges, die parallel zu den Höhenlinien eines Hanges verlaufen. Bereits die Kombination von zwei Kulturen (entweder Mais/Sorgho mit Bohne/Soja oder mit Süßkartoffel; Süßkartoffel mit Bohne/Soja) ergibt einen Mehrertrag von 20% gegenüber einer Reinkultur. Die beschriebene Kombination von drei Kulturen läßt einen Mehrertrag von 40 bis 45% erzielen. Er ist auf folgende Effekte zurückzuführen: Mais oder Sorgho zeigen gutes Wachstum dank des hohen Wasserangebotes im Wellental; die Süßkartoffel liebt eine lichte Beschattung, die sie von den herangewachsenen Mais- bzw. Sorghopflanzen erhält. Beide, Mais/Sorgho und Süßkartoffel profitieren von der Stickstoffassimilation der Leguminosen Bohne/Soja.

Neben den zahlreichen lokalen Mischkultursystemen in Rwanda findet man bei fast allen Bauern einige Parzellen mit Sonderkulturen wie z.B. Kaffee, Banane, Tee, Pyretrum und Futterpflanzen. Auch ein Gemüsegarten gehört sehr oft zum bäuerlichen Anwesen, wobei diese Gärten häufig baumüberbaut sind; hierfür werden von den meisten Bauern die Obstbäume bevorzugt, die sich wegen der Kronenbildung und des Wachstums nicht für die Baumintegration in den Erosionsschutzlinien eignen.



Abb. 4. Mischkulturformen aus annualen und perennen Pflanzen — Mais/Bohne/Banane in konturgerechter Form

2.8 Tierintegration/Stallviehhaltung

Ein weiteres wichtiges Element im Ecofarmingkonzept stellt die integrierte Stallviehhaltung dar. Gerade in Rwanda mit seiner begrenzten Flächenverfügbarkeit ist es notwendig, die extensive Weidewirtschaft, die Jahrhunderte lang wegen der

Überbetonung der Viehhaltung große Flächen des Landes in Beschlag genommen hatte, aufzugeben. Es hat sich herausgestellt, daß im Vergleich zu einigen lokal vorkommenden Ställen der im Projekt entworfene Tiefstall mit dem Doppelkammersystem viele Vorteile aufzuweisen hat. Das Tier bleibt für drei Monate in einer Kammer des Stalls und wächst mit seinem eigenen Mist langsam nach oben. Es drückt durch sein Gewicht das gesamte unter ihm befindliche Material fest zusammen und in Verbindung mit dem schwammartig aufgesogenen Urin werden so anaerobe Verhältnisse geschaffen. Es treten geringere Stickstoffverluste als bei einer ständigen Umlagerung des Mistes auf; außerdem wird der Arbeitsaufwand für den Bauern reduziert. Nach drei Monaten wird das Vieh in die zweite, etwas ausgehobene Kammer (daher der Name Tiefstall) geführt; der Mist erhält so eine insgesamt sechs Monate währende Reifungsdauer und kann direkt vom Stall auf die Felder gebracht werden.

2.9 Düngung, Geräteausstattung, Pflanzenschutz

2.9.1 Organische Düngung

Mist und Kompost stellen die wichtigsten organischen Düngemittel eines Betriebes dar; sie reichen allerdings in der Regel nicht aus, um flächendeckend einen wirksamen Beitrag zur Verbesserung der Nährstoffbilanz des Bodens liefern zu können. Oftmals kann deshalb auf sie nur für besonders anspruchsvolle Kulturen oder zur Regenerierung eines degradierten Feldes (wie zum Beispiel mit der schon erwähnten Punktverbesserung) zurückgegriffen werden. Erwähnt sei hier noch die Möglichkeit, Nährstoffe aus menschlichen Ausscheidungen über das sogenannte Bananenklo wiederzuverwerten; es werden dabei junge Bananenpflänzchen über ehemalige Toilettengruben gesetzt, die über ihr Laub und die Früchte die Nährstoffe in hygienisch einwandfreier Form dem Betriebskreislauf zuführen.

2.9.2 Mulch

Mulchen, also das Bedecken des Oberbodens mit vorwiegend organischen Materialien (Blättern), leistet gute Dienste in der Bekämpfung der Bodenerosion, in der Verbesserung der Mikroorganismen-tätigkeit, bei der Unkrautbekämpfung usw. Für einen effizienten Einsatz werden allerdings große Mengen an Mulchmaterial benötigt und in den seltensten Fällen ist ein Betrieb in der Lage, die gesamte Anbaufläche zu mulchen. Sehr häufig verschlingen bereits die Sonderkulturen Kaffee und Banane den größten Teil des zur Verfügung stehenden Materials. Generell ist festzustellen, daß Baumintegration, Hecken und Gründüngung maßgeblich zu einer Steigerung der Produktion an organischen Materialien für Kompost und Mulch beitragen.

2.9.3 Mineralische Düngung

Aufgrund der wirtschaftlichen Situationen der meisten Bauern in Rwanda kommt der mineralischen Düngung keine große Bedeutung zu. Die Erfahrungen aus dem Projektgebiet zeigen, daß man auch ohne Mineraldüngung eine nachhaltige Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktion erreichen kann. Auf den nährstoffarmen und sehr häufig degradierten tropischen Böden könnte man jedoch besonders in der Anfangsphase der Umstellung eines Betriebes auf ökologisch fundierte Landbaumethoden durch eine Startgabe an Mineraldünger die angestrebte hohe Biomasseproduktion und den Biomasseumsatz beschleunigen. Die Ecofarmingkonzeption erkennt aus ökologischen und ökonomischen Gründen dem Gebrauch landeseigener Nährstoffquellen wie Rohgesteinsmehlen, fruchtbaren Schwemmlandböden und vulkanischem Bodenmaterial etc. Priorität zu, vor dem Einsatz löslicher Mineraldünger. Dank eines organisch gesteuerten Bodenregimes können die darin enthaltenen Nährstoffe aufbereitet und pflanzenverfügbar gemacht werden. Auch die Verwendung der löslichen Mineraldüngemittel läßt sich nach ökonomischen Gesichtspunkten effizienter gestalten, nachdem über den gesteigerten Humusgehalt des Bodens die Kationenaustauschkapazität erhöht und somit die Gefahr der Auswaschung der Nährstoffe reduziert worden ist.

2.9.4 Geräteausstattung

Es gibt viele Bemühungen, die Arbeitsproduktivität der Bauern in den Tropen durch eine verbesserte Geräteausstattung zu erhöhen. Speziell für ökologische Landbauverfahren müßten Geräte und einfache technische Hilfsmittel entwickelt werden, die den zusätzlichen Arbeitsaufwand für einige Maßnahmen und Methoden vermindern und die Arbeitsbelastung für eine bäuerliche Familie auf ein erträgliches Maß reduzieren könnten.

2.9.5 Pflanzenschutz

Ecofarming folgt den Prinzipien des integrierten Pflanzenschutzes. Chemische und biologische Pflanzenschutzmittel sollen nur in wirklich extremen Krisensituationen und unter stetiger Abwägung des Risikos einer Ernteminderung bzw. der Gefährdung von Lebewesen und der Auswirkungen auf die Ökologie eingesetzt werden. Bisher konnte auf den Projektflächen auf chemische Pflanzenschutzmittel verzichtet werden, was sicherlich als Zeichen für die gelungene ökologische Stabilisierung gewertet werden darf.

3. Vernetzungen und Auswirkungen des Ecofarming-Konzepts auf das Betriebsgeschehen

Das Betrachten und Beobachten der Natur lehrt und fördert das Denken in Kreisläufen und Systemen. Auch ein bäuerlicher Betrieb ist eingebettet in die

natürlichen Regelmechanismen und alle landbaulichen Methoden und Maßnahmen wirken sich unmittelbar oder mittelbar auf die gesamte Ökologie des Standortes aus. Die hier genannten Methoden des Ecofarmingkonzeptes können folglich nicht einzeln und losgelöst voneinander bewertet werden, sondern müssen stets in ihren vielfältigen Vernetzungen und Auswirkungen auf das gesamte Betriebsgeschehen gesehen werden. Am Beispiel der Baumintegration und der intensiven Gründüngung soll dies veranschaulicht werden (Abb. 5).

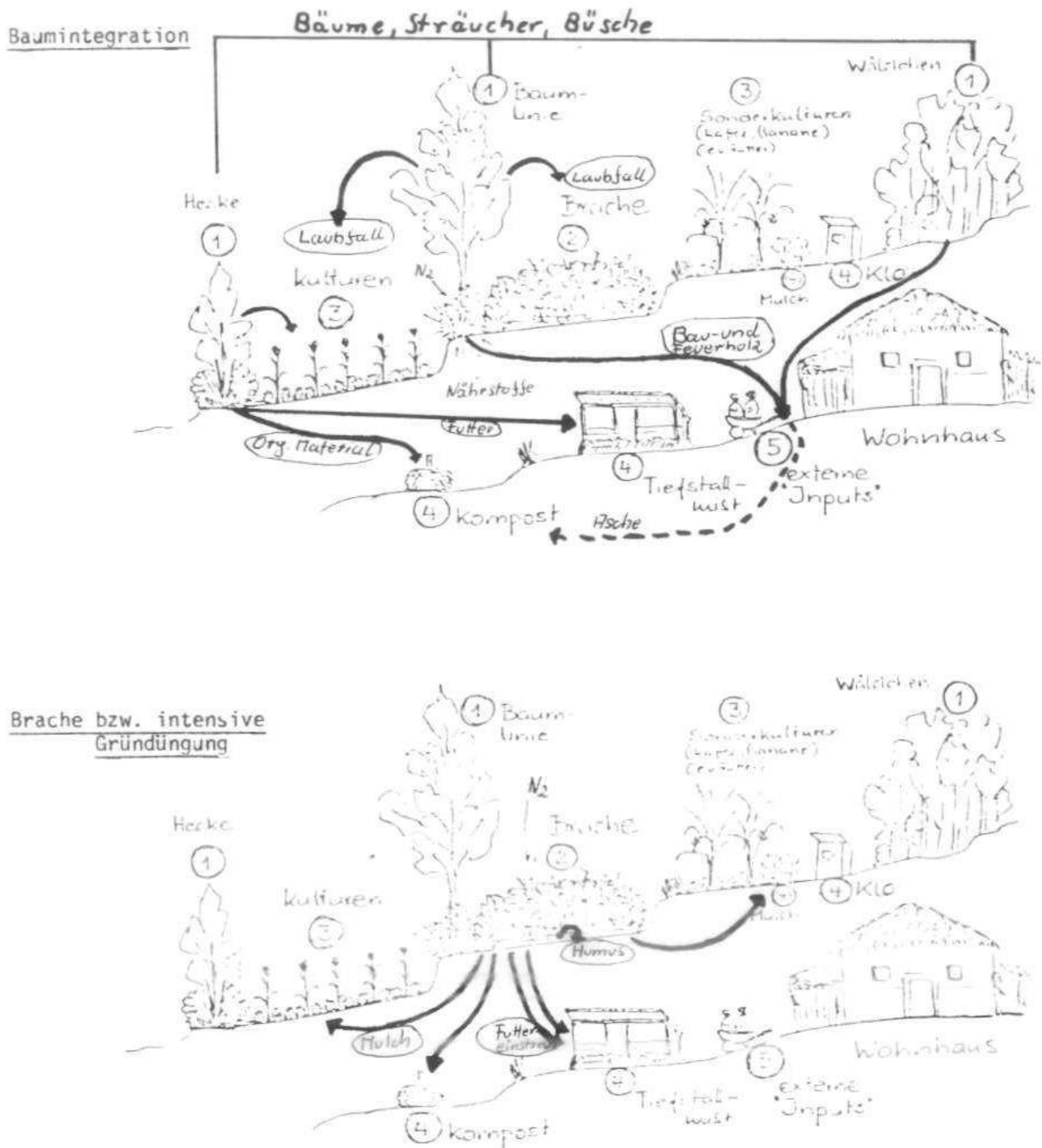


Abb. 5. Schematische Darstellung der Hauptelemente des Ecofarming-Systems

Es zeigt sich aus den bisherigen Erfahrungen, daß die Gesamtheit der Elemente weitaus besser greift und sehr viel bessere Auswirkung auf die gesamte Produktion zeigt, als die bloße Addition der einzelnen Methoden. Das Ecofarmingkonzept versteht sich nicht als die mehr oder weniger willkürliche Aneinanderreihung von Maßnahmen, die sich als ökologisch sinnvoll bewährt haben; es zielt darauf ab, alle für das menschliche Wirken in einem Gebiet relevanten Aspekte und Faktoren aufzugreifen und zu einem komplexen Netzwerk zu verknüpfen, um so ein dem Menschen und seiner Umwelt gerecht werdendes Landnutzungssystem zu schaffen.

Zusammenfassung

Das Ecofarming-Konzept in Rwanda strebt ein sowohl den ökologischen als auch ökonomischen und sozialen Rahmenbedingungen der landwirtschaftlichen Produktion gerecht werdendes Landnutzungssystem an. Das bedeutet, unter weitgehender Nutzung und Beachtung aller natürlicher Gegebenheiten und mit „low external input“-Strategien dem Ziel einer optimalen und nachhaltigen Steigerung der Flächenproduktivität nahezukommen. Als Hauptleitlinien für die Landnutzung sind Erosionsschutz, organische Bodenpflege, Artenvielfalt und Nährstoffrecycling zu nennen. Ihnen sind die Landbaumethoden wie Baumintegration und Erosionsschutzanlagen, intensive Gründüngung, Mischkulturen, Mulchen, Kompostierung und Stallviehhaltung zugeordnet. Besonders der Gründüngung und Baumintegration kommt im Ecofarming eine Schlüsselrolle zu; es leitet sich hieraus auch der agroforstliche Charakter des Anbaus ab.

Summary

The targets of the Ecofarming-concept in Rwanda are: Increase of the productivity of the farmland and improvement and stabilisation of the ecological situation in the country. Under the specific economic circumstances these targets must be achieved by low external input strategies and a deliberate and non-exhausting useage of the natural resources. Consequently, according to experiences of a project by the German Technical Cooperation (GTZ) in Nyabisindu erosion control, organic soil regime, ecological diversity and nutrient recycling have to be stated as guidelines for the land use system of the peasants. The following farming methods have shown best results in this connection: Tree-integration, green-manuring, mixed-cropping, composting and stablefeeding. Especially green-manuring and tree-integration are characteristics for the concept and its agroforestry-impressions.

Literaturverzeichnis

1. BUCK, L. (ed), 1980: Proceedings of the Kenya National Seminar on Agroforestry. — ICRAF, Nairobi
2. MAYDELL, H.-J., 1978: Agroforstwirtschaft — Kombination von land- und forstwirtschaftlicher Bodennutzung. — Forstarchiv, 49/5, 96—99

3. Neumann, I., 1982: The Use of Trees in Smallholder Agriculture in Tropical Highlands. — (Unveröffentlichtes Manuskript). Nyabisindu, Rwanda
4. SIRVEN, P., GOTANEGRE, J. F., PRIOUL, C., 1974: Géographie du Rwanda. — De Boeck, Brüssel
5. ZEUNER, T., NEUMANN, I., 1981: Agriculture Appropriée au Projet Agropastoral et Laiterie, Nyabisindu, Rwanda. — Office Allemand de la Coopération Technique (GTZ). Eschborn