

4.3. Die Anwendung von Mulch

4.3.1. Definition

"Mulchen" ist eine landwirtschaftliche Kulturmaßnahme, bei der organisches (oder anorganisches) Material als Bedeckung auf die Bodenoberfläche aufgebracht wird, um durch die damit bewirkte Beeinflussung der physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften des Bodens und der bodennahen Atmosphäre die Standortproduktivität günstig zu beeinflussen.

Die folgenden Ausführungen gehen von dieser Definition aus und vermeiden absichtlich den Mulchbegriff im weiteren Sinne, der häufig zu Unklarheiten führt (etwa in Tabellen ohne ausreichende Erklärung).

Klar zu trennen ist der Begriff von "Lebendmulch" (engl.: life mulch), worunter man den Anbau bodenbedeckender Pflanzen unter einer anderen Kultur versteht. Hier schaffen Begriffe wie "Untersaat", "Bodenbedecker" oder "Mischkultur mit bodenbedeckenden Pflanzen" mehr Klarheit.

Das Einarbeiten von Grünmasse oder Ernterückständen wird ebenfalls häufig als "Mulchen" bezeichnet, obwohl "oberflächliches, flaches oder tiefes Einarbeiten" viel genauer ausdrückt, was gemeint ist.

Je nach Alter des Pflanzenmaterials handelt es sich dann um eine unterschiedlich tief eingearbeitete Stroh- oder Gründüngung.

4.3.2. Prinzipielles zur Mulchwirtschaft

4.3.2.1. Mulchmaterialien

Die Entscheidung, welche Mulchmaterialien zur Anwendung kommen können, ist meist durch die lokalen Verhältnisse mehr oder weniger vorgegeben, da ein weiter Antransport in der Regel ausscheidet und nur bei intensiven Kulturen bzw. Marktnähe machbar ist (vgl. auch LAL, 1975).

Ernterückstände und Unkräuter sind die wirtschaftlichsten Quellen von Mulchmaterial.

Hecken, Bäume, Erosionsschutzstreifen, Brachland, Unland und Verarbeitungsrückstände aus Mühlen und lokalen Fabrikations- oder Verarbeitungsbetrieben sind weitere Quellen für Mulchmaterial. Bei letzteren ist sogar die Rückfuhr exportierter Nährstoffe in die Landwirtschaft möglich.

Wenn genügend Land verfügbar ist, kann (zumindest für marktgängige Kulturen) auch der Anbau von Mulchmaterial auf gesonderten Flächen lohnend sein (zum Beispiel von Guineagrass (*Panicum maximum*), Guatemalagrass (*Tripsacum laxum*) und Elefantengras (*Pennisetum purpureum*) für Kaffee).

Organische Materialien sind anderen Materialien (wie zum Beispiel Kunststoffen) vorzuziehen, weil sie das Bodenleben nicht nur anregen, sondern auch nachhaltig mit Energie und Nährstoffen versorgen.

Die Farbe des Mulchmaterials kann für das Verhalten von Schädlingen Bedeutung haben (IRRI 1974, KRANZ et al. 1979, CRUZ 1981), sie hat aber vor allem Auswirkungen auf den Wärmehaushalt. Dunkle Materialien erwärmen sich schneller als helle, welche die Strahlung (auch in die Blätter der Pflanzenbestände) reflektieren und stärker isolierend wirken.

Das C/N-Verhältnis der Mulchmaterialien (siehe auch Tabelle 4.1.1 im Kapitel Kompost) ist unter anderem für die Zersetzungsgeschwindigkeit von Bedeutung. Materialien mit einem engen C/N-Verhältnis verrotten relativ schnell. So kann eine Auflage aus grünem Schnittgras schon in 2 bis 3 Monaten völlig verrottet sein, während strohähnliche Materialien und Bananenblattmulch den Boden bis zu 6 Monaten gut bedecken können (SANDERS 1953 u.a.).

JAGNOW (1967) empfiehlt deshalb, für die feuchten Tropen grundsätzlich Materialien mit weitem C/N-Verhältnis zu verwenden. Höhere Aufwandsmengen oder geteilte Gaben (falls technisch möglich) können aber ebenfalls angewendet werden, um eine permanente Bedeckung zu erzielen. Falls sich Materialien weniger schnell als gewünscht zersetzen, so kann eine Leguminoseneinsaat oder Dung durch Förderung der Gare und N-Ausgleich den Abbau fördern, wie FUKUOKA (1978) dies in seinem Reisstrohmulch-Anbau praktiziert (siehe unten).

Versuche in Ruanda ergaben, daß sich Mulch in freien Feldern schneller abbaute als auf teilbeschatteten Feldern (NEUMANN 1984, pers. Information).

Die physikalische Struktur der Materialien hat weitreichende Folgen auf ihre Wirkung. Je nachdem, was für eine Wirkung primär angestrebt wird (Erosionsschutz, Temperatenausgleich, Infiltrationsförderung, Evaporationsminderung usw.), kann die Wahl lockerer, sperriger Materialien oder die von feineren, dichter lagernden Materialien günstiger sein.

Unter sehr feuchten Bedingungen und auf Böden, deren Lufthaushalt ohnehin behindert ist, erscheint es angebracht, relativ locker lagernde Materialien zu verwenden, um eine ausreichende Belüftung sicherzustellen. Bei afrikanischen Mulchversuchen in Anzuchtgärten von Kokosplantagen schnitt eine 5 cm starke Bedeckung mit Sägemehl bei 1300 mm Jahresniederschlag besser ab als eine entsprechende Mulchauflage mit Kokosblättern. In Indien dagegen war unter anderen Klimaverhältnissen von mehr als 3000 mm Jahresniederschlag der Kokosblättermulch günstiger. Er ließ unter den sehr feuchten Bedingungen eine bessere Belüftung zu. Gleichzeitig spielte der geringere Evaporationsschutz unter diesen Verhältnissen eine untergeordnete Rolle (THOMAS 1975).

Sehr sperrige Materialien sollten nach Möglichkeit zerkleinert oder aussortiert werden (z.B. dicke Blattspreiten von Kokosblättern, harte Maisstengel, grobe Zweige), denn sie können nachfolgende Arbeiten wie etwa die Unkrauthacke, das Begehen oder die Neubestellung behindern (QUINN 1975b, REYNOLDS 1975).

Sehr leichte Mulchmaterialien wie zum Beispiel Erdnußschalen können auf

geneigten Flächen oder auf erhöhten Beeten bei starken Regenfällen abgespült werden (QUINN 1975b).

Große Blätter (z.B. Bananenblätter) können in trockenem Zustand leicht vom Wind weggetragen werden (LINDE 1982).

Mulchmaterial, das von Unland und Brachland herbeigeschafft wird, sollte vorher möglichst ausgeschüttelt bzw. ausgeschlagen werden, damit nicht unnötig neue Unkrautsamen (vor allem Gräser) auf die Ackerflächen gelangen (NOGUEIRA et al. 1973).¹⁾

Sägespäne und Rindenmulch haben teilweise phytotoxische Inhaltsstoffe, wie LINDE (1982) dies bei seinen Versuchen im Tiefland von Peru feststellte.

Auch von einigen Unkräutern sind phytotoxische Wirkungen bekannt. EUSSEN und SLAMET (1973) erwähnen in diesem Zusammenhang das Sommerefeu (*Micania micrantha* Knuth.).

Andere Unkräuter besitzen dagegen äußerst positive Mulcheigenschaften, wie z.B. *Eupatorium odoratum*²⁾ (IITA 1982, LITZENBERGER und HO 1961).

Die mit den lokalen Verhältnissen vertrauten Bauern wissen in der Regel gut über den Wert oder die Gefahren und Nachteile einzelner Unkräuter Bescheid.

Erwähnt seien auch noch Algen und Wasserunkräuter. Wo sie vorhanden sind, können auch sie sehr sinnvoll als Mulch Verwendung finden (wie zum Beispiel auf der Insel Chiloe in Chile) (SARPI und ETSCHEVERS 1975).

1) Bei größeren Flächen in der Praxis kaum durchführbar.
2) In Gebieten, wo *Eupatorium* nicht natürlich auftritt, ist äußerste Vorsicht mit dieser Composite geboten, sie kann sich schnell als lästiges Unkraut ausbreiten.

4.3.2.2. Mindestauflagemengen

Es gilt die Regel: Je feiner die Mulchmaterialien sind, desto weniger wird benötigt (MINNICH et al. 1979) (Bodenbedeckung, Lichtabschluß usw.).

Wie aus Abbildung 4.3.a hervorgeht, wurden auf dem Standort Yurimaguas/Peru mindestens 9 cm Grasmulch benötigt, um den Temperaturverlauf im Oberboden während der heißen Nachmittagsstunden bei der für den Aufgang kritischen Temperatur von ca. 30° C zu halten (s.u.).

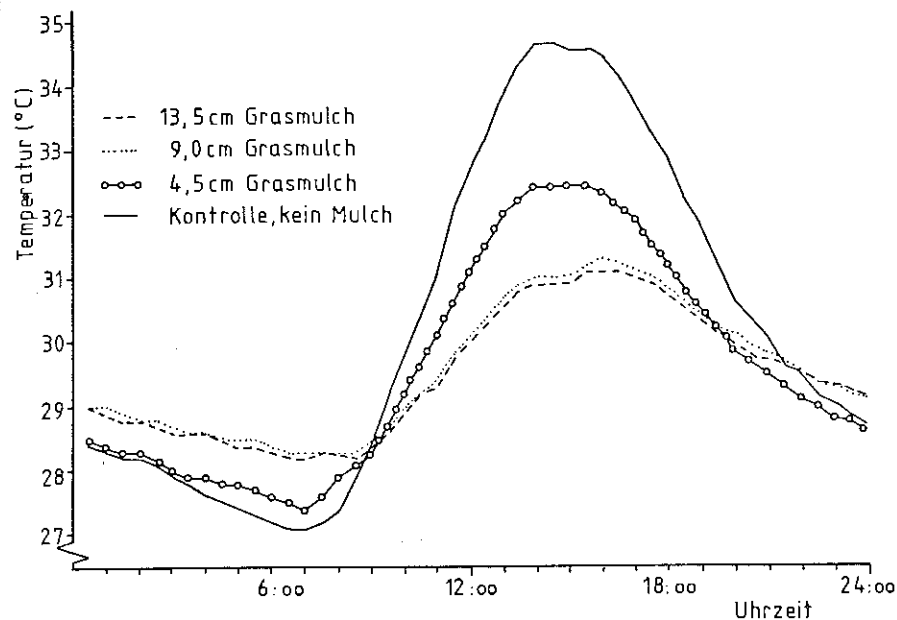


Abb. 4.3.a.: Bodentemperaturen in 5 cm Tiefe im Verlauf von 24 Stunden unter Grasmulch (lufttrocken) mit 4,5 cm, 9,0 cm und 13,5 cm Mulchauflage (Durchschnitt von 20 Tagen, halbstündlich gemessen) (LINDE 1982)

Eine weitere Verstärkung der Mulchauflage auf 13,5 cm brachte keinen Effekt mehr. Weiterhin ist in Abbildung 4.3.b zu erkennen, daß die temperatenausgleichende Wirkung von 9 cm Grasmulch von den anderen Materialien schon mit geringeren Auflagen erreicht wurde. Sägespäne schnitten am besten ab.

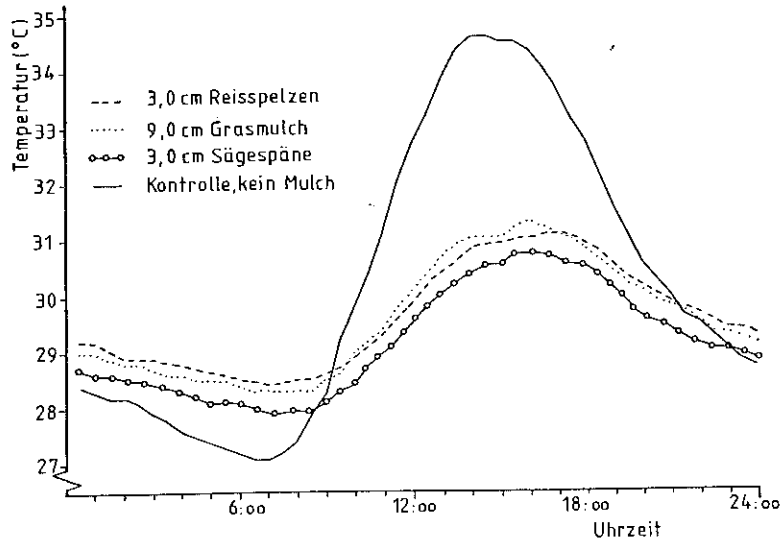


Abb. 4.3.b.: Bodentemperatur in 5 cm Tiefe im Verlauf von 24 Stunden unter verschiedenen Mulchmaterialien (Durchschnitt von 20 Tagen, halbstündlich gemessen) Mulchaufgabe: 3,0 cm Sägespäne und Reisspelzen, 9,0 cm getrocknetes Gras (LINDE 1982)

In bezug auf die Bodenfeuchte fielen die Messungen ähnlich aus (siehe Abschnitt 4.3.3.).

Nach PEREIRA und JONES (1954) sollte für Kaffee eine Mindestmenge von anfänglich 12,5 bis 18 cm (je nach Material) gegeben werden (nach 3 bis 4 Wochen etwa 10 cm Auflagenhöhe), um einen optimalen Effekt auf den Wasserhaushalt zu erzielen.

Als Mittel gegen die Erosion zeigen schon relativ geringe Mengen gute Resultate.

Auf einem lehmigen Sand mit 3 Prozent Gefälle in Ibadan/Nigeria konnte durch Mulchen mit Maisrückständen der Oberflächenabfluß in konturgepflanztem Mais um 17 Prozent, die Bodenerosion um mehr als 50 Prozent verringert werden (BABALOLA und CHHEDA 1975).

Auch nach Untersuchungen von ROOSE (1981) sind schon 2 cm Strohaufgabe (die in etwa einer Mulchmenge von 6 t pro Hektar entsprechen) ausreichend, um die erodierende Wirkung des Regens ebenso effektiv zu redu-

zieren wie ein 30 Meter hoher Baumbestand. (Versuche von LAL 1975 konnten dies bestätigen, wie aus Tabelle 4.3.4. zu entnehmen ist.)

Quantitative Angaben über erforderliche Mulchmengen, etwa zur Unkrautbekämpfung und zu anderen Mulchwirkungen, sind allgemein nur schwer möglich oder nicht bekannt, da die Wirkungen auch stark mit dem Boden und anderen standörtlichen Gegebenheiten in Wechselbeziehung stehen.

Unter den entsprechenden Punkten in Abschnitt 4.3.3. wird diese Frage deshalb im Zusammenhang mitdiskutiert.

Allgemein ist zu beachten, daß zu geringe Mulchaufgaben bei minimaler Bodenbearbeitung die Vorteile des Mulchens in Nachteile verwandeln können. Nach LAL und ROCKWOOD (1974) sind dies z.B. Verdichtungen, Verunkrautung und Erosion.

Für die Planung des Mulcheinsatzes und um Empfehlungen an die Bauern aussprechen zu können, wird es notwendig sein, quantitative Angaben zur Hand zu haben.

Für die Anwendung sind Angaben in "cm Auflagenstärke" in der Regel praktikabler als solche in t/ha oder kg/ar.

Aus Anleitungen oder Versuchsbeschreibungen sind aber meist nur Angaben entweder in t/ha oder in cm Auflagenhöhe zu entnehmen, wodurch die Vergleichbarkeit der Resultate erschwert und die Beurteilung der Durchführbarkeit oft unmöglich ist.

Deshalb ist es sinnvoll, sich vor Ort Tabellen anzulegen, aus denen hervorgeht, wie sich die einzelnen Mengenangaben zueinander verhalten und was von den verschiedenen Flächen (Felder, Grasland, Brachland usw.) an Ernterückständen oder an Aufwuchs zu erwarten ist.

Je nach Material läßt sich schon auf kleinen Testflächen (10 m²) mit einer Federwaage und mit einem Meterstab leicht ermitteln, welche quantitativen Beziehungen zwischen Aufwuchsmenge, Mulchmenge und Mulchaufgabe bestehen.

Tabelle 4.3.1. zeigt, wie eine solche Tabelle aussehen könnte.

Tab. 4.3.1.: Entwurf einer Tabelle zur Ermittlung der Beziehungen von Mulchmenge und -auflagenhöhe

Feldfrucht (Vegetation)	Ertrags- niveau	Ernterückstände/ Mulchmenge in dt/ha (= kg/ar)	entsprechende Mulchauflagen- höhe in cm Höhe	Weitere Angaben, Beobachtungen und Besonderheiten ¹⁾
		TM / FM	getrocknet / frisch	
	hoch mittel niedrig			
<p>¹⁾ zum Beispiel: Zersetzungsgeschwindigkeit, Nährstoffgehalte, C/N-Verhältnis, Preis, nematizide Wirkung, phytotoxische Wirkungen; Hinweise zur Handhabung usw.</p>				

4.3.2.3. Zeitpunkt der Anwendung

Wo möglich, sollte Mulch schon vor oder zu den ersten heftigen Regenfällen verabreicht werden. Zahlreiche Versuche von mehreren Autoren in verschiedenen Klimazonen konnten zeigen, daß die Mulchwirkung erheblich besser ist, wenn so verfahren wird (LAL 1975, ROOSE 1981 und andere).

Die Infiltration z.B. wird nach Untersuchungen von PEREIRA (1953) durch Mulch wesentlich mehr gefördert, als die Evaporation vermindert wird. Auch bei Versuchen von ALI und PRASAD (1975) in Indien war in einem semiariden Gebiet die Mulchwirkung fast gleich Null, wenn der Mulch erst als Verdunstungsschutz in der Trockenphase gegeben wurde. Die Mulchauf-

lage, schon in der vorangegangenen Monsunzeit angewendet, führte indessen zu wesentlich besseren Gerstenerträgen in der folgenden Vegetationsperiode.

Die Förderung des Bodenlebens ist ebenfalls wesentlich effektiver, wenn der Mulch schon in der Regenzeit aufgebracht wird (siehe unten).

In Klimaten, wo der Aufgang jahreszeitlich durch niedrigere Temperaturen behindert wird, kann es günstiger sein, den Mulch erst nach dem Auflaufen in die Reihen zu geben bzw. anfangs nur sehr dünn abzudecken und nach dem Durchwachsen der Pflanzen zwischen den Reihen die Mulchauflage zu erhöhen (WHYTE und MOIR 1959). Gleiches gilt für die Verwendung von sperrigen Mulchmaterialien, die eventuell ein gleichmäßiges Auflaufen behindern können.

Auf kleinen Gemüseflächen wird am besten erst dann stärker gemulcht, wenn die Jungpflanzen schon etwas kräftiger geworden sind. Eine Beeinträchtigung der Jungpflanzen durch Abbauprodukte des sich zersetzenden frischen Mulchmaterials kann möglich sein.

PAIN und PAIN (1977), die sehr stark ligninreichen, angerotteten Mulch verwenden, entfernen den Mulch kurzfristig zum Anpflanzen und bedecken den Boden wieder völlig, wenn die Pflanzen gut angewachsen sind.

Langfristig ist eine möglichst permanente Bodenbedeckung anzustreben, denn nur dann kann Mulch alle seine Wirkungen voll entfalten.

4.3.2.4. Anwendung und Ausbringung

In Japan entwickelte FUKUOKA (1978) ein auf Mulchanwendung basierendes, nachhaltiges System für den Anbau von Reis.

In groben Zügen beschrieben, wird in den abreifenden Reis etwa einen Monat vor dessen Ernte (siehe Abb. 4.3.c.) Weißklee (2 bis 3 kg/ha) eingesät, kurz darauf folgt die Einsaat der "Winter"-Frucht, des Roggens (40 bis 60 kg/ha).

Nur 2 bis 3 Wochen später erfolgt die Reisernte. Das Reisstroh wird gleich nach dem Drusch wieder auf das Feld zurückgebracht und ungekürzt locker

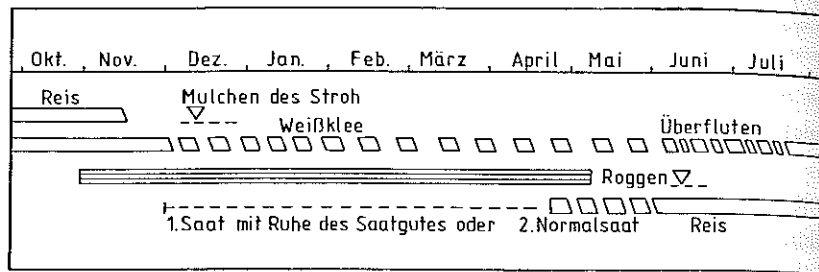


Abb. 4.3.c.: Zeitliche Abfolge der Kulturen im Mulchanbausystem von FUKUOKA (1978)

gemulcht. Der Roggen und der Weißklee durchwachsen den Mulch, und das Feld bleibt sich überlassen, bis kurz vor der Ernte des Roggens, wenn wieder Reis in den noch stehenden Roggenbestand eingesät wird. (Die Rotation der Getreidearten ist sehr wesentlich, um Krankheiten vorzubeugen.) Zur Beschleunigung der Zersetzung des Strohmulchs verwendet FUKUOKA kleine Gaben von Geflügelmist, die auf den Mulch gestreut werden.

Im Juni wird das Feld dann für maximal 2 bis 3 Wochen geflutet, um den Reisaufgang anzuregen, den Weißklee zu schwächen und Unkraut zu unterdrücken. Danach beginnt der Zyklus von neuem.

Nur wenn der Weißklee oder das Unkraut sich zu stark entwickeln, wird - wenn Wasser gerade vorhanden ist - eventuell noch ein zweites Mal kurz überstaut. Alle anderen Pflegemaßnahmen sind nach den mittlerweile 20jährigen Erfahrungen mit dem System überflüssig oder sogar abträglich für den Erfolg.

Das Ertragsniveau liegt auf diesem Standort bei 40 bis 50 dt paddy pro Hektar und entspricht dem Ertragsniveau der Region.

Zu den vier Prinzipien dieses Systems zählt FUKUOKA (1978):

- a) Verzicht auf den Pflug
- b) keine mineralische Düngung
- c) keine mechanische oder chemische Unkrautbekämpfung und
- d) keine Pestizide

Neben langjährigen Erfahrungen erfordert das System nach Angaben des Autors eine gute Sortenwahl und ist streng standortspezifisch; mit Modifikationen kann es seiner Ansicht nach auch auf andere Standorte übertragen werden.

Ein ganz anderes System, das ebenfalls auf Mulchanwendung basiert, wurde von BERTONI (1926) für den Anbau von Bananen beschrieben; es scheint jedoch mit einigen Veränderungen auch für andere hochwüchsige, schnellwachsende Kulturen anwendbar.

In Bananenpflanzungen verläuft der Abbau der Bodenfruchtbarkeit (physikalisch und chemisch) auch bei Anwendung mineralischer Dünger sehr schnell (IITA 1982, FRANKE 1981). Oftmals ist man auch schon nach 5 bis 6 Jahren zum Landwechsel auf neue Rodungsflächen gezwungen.

In Alto Paraná (Paraguay) stieß der Autor jedoch auf Bananenpflanzungen, die schon zu Beginn des 17. Jahrhunderts angelegt wurden. Er fand heraus, daß dies nur durch eine intensive Mulchwirtschaft möglich geworden war und entwickelte in 20 Jahren des Ausprobierens ein nachhaltiges Anbausystem, das auch in wirtschaftlicher Hinsicht allen anderen damaligen Verfahren überlegen war.

Am Anfang steht ein Roden des Waldes ohne Brennen und ohne Ausfuhr von organischer Substanz.

Zunächst wird aller Unterwuchs mit dem Buschmesser abgeschlagen und verbleibt als bodenbedeckende Schicht. Danach werden Pflanzlöcher ausgehoben und die Bananen gepflanzt (5 x 5 m). Nun erst werden auch die Bäume derart gefällt, daß ihre Kronen den Boden gleichmäßig bedecken bzw. daß die Bäume nicht kreuz und quer übereinanderfallen. Sie werden soweit nötig entastet, und das Material wird gleichfalls gemulcht - die Pflanzung ist fertig!

Im ersten Jahr sind 2 bis 3 selektiv vorzunehmende Unkrautbekämpfungen notwendig, um hochwachsenden Aufwuchs zu verhindern. Bodenbedeckende Unkräuter bleiben mit Ausnahme von Gräsern, Kompositen und einigen besonders aggressiven Unkräutern erhalten.

Ab dem 18. Monat ist das Begehen der Pflanzung aufgrund der fortgeschrittenen Zersetzung des Mulchs nicht mehr behindert. Eventuell noch nutzbares Stammholz kann von den Flächen geholt werden.

In der Folgezeit sollen nur die Fruchtbündel entnommen werden. Aller natürlicher Aufwuchs dient abwechselnd als Bodenbedecker oder abgeschlagen als Mulch.

Ohne Ertragseinbußen kann das System um 15 bis 20 Bäume/ha und einige Unterkulturen bereichert werden (Leguminosen und Knollenfrüchte sind besonders geeignet).

Nähere Angaben zu dem System siehe Literaturhinweis BERTONI (1926).¹⁾

Aller Anfang einer Mulchwirtschaft (mit minimalen Eingriffen in den Boden) ist nach ROCKWOOD und LAL (1974) eine gute Bodenbedeckung mit Vegetationsrückständen.

Auf die beim IITA entwickelten Verfahren der Mulchanwendung in Kombination mit Herbizideinsatz wird hier nicht näher eingegangen (hierzu Literatur: LAL 1975, ROCKWOOD und LAL 1974, IITA 1981 und 1982, WIJEWARDENE 1982, WIJEWARDENE und WAIDYANATHA (1984).

Im allgemeinen wird der Mulch großflächig ausgebracht, und die Saat (das Pflanzen) erfolgt in den Mulch.²⁾ Falls Mulch antransportiert wird, können Karren, Wagen und Tragbahnen wie im Kapitel "Kompost" beschrieben verwendet werden.

In vielen Kulturen (z.B. Gemüse) wird Mulch auch nachträglich in die Reihen gegeben (bei erstmaliger Mulchanwendung am besten auf frisch bearbeiteten Boden). Gleichzeitig sollten die Gemüsebeete mit permanenten Wegen ausgestattet werden, so daß ein Umgraben völlig wegfallen kann.

- 1) 1980 wurde das System von BERTONI in das Versuchsprogramm eines Pflanzenbauprojekts der GTZ in Paraguay mit einbezogen.
- 2) Beim IITA in Nigeria wurde eine, mittlerweile praxisreife, Handsämaschine ("Rolling Injection planter") entwickelt, die ebenso wie der "Punch-Planter" speziell für kleinbäuerliche Betriebe mit Mulchwirtschaft geeignet ist (IITA 1981, 1982, WIJEWARDENE und WAIDYANATHA 1984).

Der Mulch kann zwischen die Reihen, in die Reihen oder als deckende Lage verabreicht werden. Wie sich solch verschiedene Gaben auf den Ertrag auswirken, ist allerdings noch wenig untersucht.

Bei Mulchversuchen mit geschnittenen Leucaena-Trieben aus einer Leucaena-Brache (Gaben von 50 bzw. 100 dt FM/ha) zu Mais erwies sich die Ausbringung mit 25 cm Breite entlang der Maisreihen (A) gegenüber 50 cm breiter (B) oder kompletter Auflage (C) als überlegen.

Die Art der Anwendung kann also (auch standort-, kultur- und saisonabhängig) zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

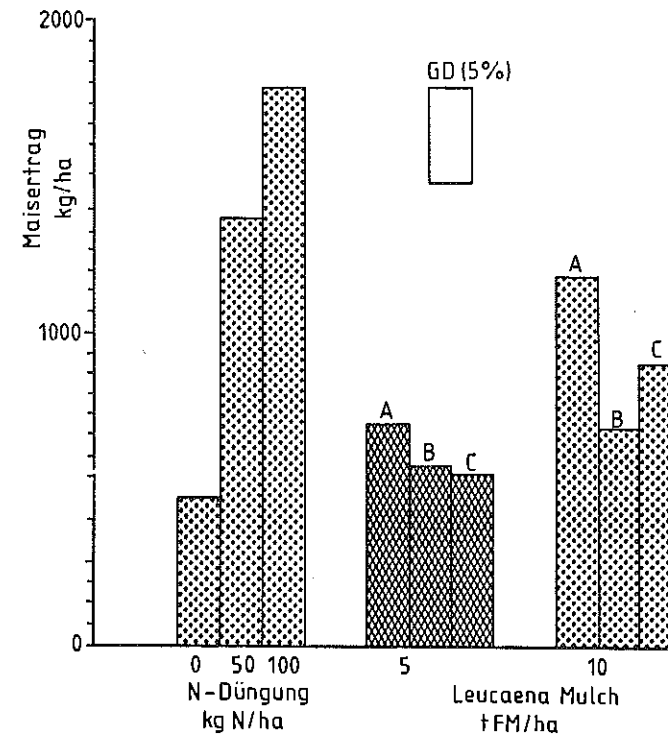


Abb. 4.3.d.: Wirkung verschiedener Raten von N-Düngung bzw. Leucaena-mulch und verschiedenen Mulchausbringungsverfahren (Bandapplikation mit 25 cm Breite (A), 50 cm Breite (B) und vollständige Bodenbedeckung) auf den Maisertrag auf einem sandigen Ustorthent in Nigeria (IITA 1981)

Das wird auch aus einem anderen Mulchversuch deutlich, der ebenfalls in Ibadan/Nigeria während 3 Jahren durchgeführt wurde.

Der Mais war auf 75 cm Reihenabstand gesät. Die Varianten waren:

- a) Mulch als komplette Auflage
- b) - zwischen den Reihen (55 cm breite Lage)
- c) - in den Reihen (20 cm breit entlang der Saatreihen)
- d) ohne Mulch (Kontrolle)

Hier brachte die komplette Mulchaufgabe 38, 10 und 22 Prozent Mehrertrag gegenüber der Kontrolle (1973, 1974, 1975).

Die entsprechenden Werte für Mulch zwischen den Reihen betragen 19, 8 und 18 Prozent. Mulch nur in der Reihe erwies sich hier als nicht effektiv.

In der Regel erweist es sich als vorteilhaft, den Boden (zumindest zwischen den Reihen) möglichst vollständig mit Mulch zu bedecken. Nur wenn nicht genügend Mulch zur Bedeckung der ganzen Fläche zur Verfügung steht, stellt sich die Frage nach der besten Anwendungsform. Neben der Wirkung auf den Ertrag und auf die Bodenstruktur sind dabei auch arbeitswirtschaftliche Gesichtspunkte zu berücksichtigen. MÜLLER (1982) z.B. konnte bei Bauern in Kolumbien beobachten, daß diese den Mulch nur in jede zweite Reihe gaben. Hätten die Bauern den Mulch in alle Bohnenreihen gegeben, so wäre die Bedeckung zu schwach gewesen, um das Unkraut zu unterdrücken, und sie hätten in beiden Reihen (durch den Mulch behindert) hacken müssen. Durch das Mulchen nur in jeder zweiten Reihe wurde in den gemulchten Reihen der Unkrautwuchs deutlich unterdrückt, und die Unkrauthacke konnte auf jeweils jede zweite Reihe beschränkt werden.

4.3.2.5. Möglichkeiten zur Mulcherzeugung

Die billigste Quelle von Mulchmaterial stellen die Ernterückstände dar (sofern sie nicht vermarktungsfähig sind). Je nach Art der Kulturpflanzen kann damit eine gute Mulchdecke erzielt werden (Zuckerrohr, Ananas, Bananen), oder es bleibt quasi nichts übrig, um Mulchen zu können (Yam, Erdnuß, Bohnen).

Da durch die Wahl geeigneter Sorten, Rotationen und Mischkulturen der Biomasseumsatz deutlich gesteigert und die Verfügbarkeit von Mulchmaterial erhöht werden kann, fordert ROOSE (1981), wieder vermehrt Pflanzen anzubauen und zu propagieren, die mehr vegetative Masse produzieren und den Boden intensiv durchwurzeln und schützen.

JANSSENS et al. (1985) beschreiben einen solchen Ideotyp für die Bedingungen einer ökologisch orientierten Landwirtschaft. Solche Sorten (oftmals noch als alte, verbesserungsfähige Landsorten anzutreffen) entsprechen weit mehr den Rahmenbedingungen einer kleinbäuerlich orientierten (Mulch-) Landwirtschaft als die Intensivtypen der grünen Revolution.

Versuche in Westafrika konnten zeigen, daß durch das Mulchen der Ernterückstände der Degeneration bodenfruchtbarkeitsbestimmender Merkmale deutlich entgegengewirkt werden kann (siehe Tabelle 4.3.9.). Aus Tabelle 4.3.2. geht aber auch deutlich hervor, daß das Mulchen mit Ernterückständen alleine - vor allem bei Kulturen mit mäßiger Mulchmasseproduktion - das Problem des Abbaus der Bodenfruchtbarkeit auch bei geeigneter Sortenwahl noch nicht befriedigend lösen kann.¹⁾

Tab. 4.3.2.: Eigenschaften des Oberbodens (0-15 cm) nach 8jährigem Daueranbau und nach "Brache" auf einem Standort, der frisch von Sekundärwald gerodet war (Oxic Paleustalf) (ITA, 1981)

Behandlung	pH (H ₂ O)	Gesamt N (%)	Effektive KAK m.e./100 g	Austauschbare Kationen in m.e./100 g			Lagerungsdichte (Feinerde) g/cm ³ (0-5 cm)
				Ca	Mg	K	
Daueranbau mit "Minimum tillage"							
Mais, Rückstände gemulcht	5,0	0,18	3,23	2,19	0,41	0,35	1,20
Mais, Rückstände entfernt	4,7	0,11	1,81	1,13	0,24	0,11	1,31
Mais/Maniok Fruchtfolge	5,6	0,15	3,40	2,04	0,42	0,32	1,25
Soja, Rückstände entfernt	5,0	0,11	3,05	1,65	0,42	0,28	1,23
Natürliche und eingesäte "Buschbrachen"							
Natürlicher Aufwuchs	6,5	0,19	5,14	3,53	0,91	0,41	0,88
Panicum maximum (Guineagrass)	6,7	0,26	7,69	4,75	1,28	0,91	1,01

1) Der N- bzw. C-Gehalt konnte in etwa gehalten werden, die Bodenverdichtung und andere Degenerationserscheinungen traten aber auch mit Maismulch auf, was von den Autoren allerdings auch auf die Beeinträchtigung des Bodenlebens durch den starken Pestizideinsatz in diesen Versuchen zurückgeführt wird.

Durch Erosionsschutzbarrieren aus Gräsern oder durch Schutzhecken (z.B. mit *Cassia* sp. oder *Cajanus cajan*) kann das Angebot an Mulchmaterial ergänzt werden.

Unland und Brachland kann eine weitere, im Einzelfall billige und nützliche, Quelle von Mulchmaterial sein. So verbesserte EAVIS (1977) mit Mulch von ausreichend auf dem umliegenden Unland wachsendem *Andropogon intermedius* saline Alkaliböden auf Barbados.

Durch das Schneiden von Mulchmaterial auf solchem Unland kann die Gefahr von Buschbränden verringert werden, die organische Masse, N und S, werden erhalten.¹⁾ Allerdings werden auch bei Mulchgewinnung Nährstoffe von diesen Flächen entnommen, so daß langfristig die Gefahr besteht, daß sie weiter verarmen und noch mehr degradieren. - Ein übermäßiger Mulchentzug sollte deshalb auch auf solchem Land vermieden werden, bzw. es muß auf lange Sicht für einen Nährstoffausgleich gesorgt werden.

Auf extensiv genutztem Weideland bleibt oft überständiges Futter zurück, das die Tiere nicht annehmen. Wird solcher Wuchs zum Mulchen geschnitten, so wird gleichzeitig auch die Qualität des Weidelandes verbessert (WEIZENBERGER, 1962).

Je geringer das Angebot an solch "freien" Flächen ist, bzw. je intensiver eine Region bewirtschaftet wird, desto eher sind Maßnahmen ins Auge zu fassen, die auf eine Steigerung der Produktivität dieser Flächen abzielen. So schlägt DUNCAN (1975) z.B. vor, das Unland möglichst nicht der natürlichen Buschbrache zu überlassen, sondern sie gezielt mit geeigneten Gräsern einzusäen und zu pflegen, um gutes Mulchmaterial zu erzeugen. Auch durch die Einsaat von Leguminosen (in schmalen Streifen z.B. *Desmodium ovalifolium* oder *Pueraria phaseoloides*), die sich in natürlichen Grasbeständen behaupten und ausbreiten können, kann die Leistungsfähigkeit von natürlichem Grasland erhöht werden (CIAT 1982).

In Kenia wird seit vielen Jahren auf gesonderten Mulcherzeugungsfeldern Elefantengras angebaut, um die Kaffeepflanzungen zu mulchen. Die Größe der Grasflächen, die zum Mulchen eines bestimmten Kaffeearals

1) Auch auf gemulchten Flächen besteht aber in Trockenzeiten die Gefahr, daß Feuer auf die Anbauflächen übergreift. Durch die Anlage von Feuerschneisen oder Feuerschutzhecken um die Farm muß das verhindert werden (VAN DER WERF 1983).

benötigt werden, hängt dabei stark von der Bodenfruchtbarkeit, dem Düngungsniveau und den verwendeten Gräserarten und -sorten ab. So konnten TOLHURST und KILAVUKA (1975) mit verschiedenen Linien von *Pennisetum purpureum* auf dem gleichen Boden zwischen 5 und 20 t Trockenmasse/ha erzielen.

Nach PEREIRA und JONES (1954) benötigte man in Kenia in den fünfziger Jahren etwa 2 ha Mulchfläche, um einen ha Kaffee zu mulchen.

Über das Mulchmaterial werden den Anbauflächen viele Nährstoffe entzogen und den Kaffeeflächen zugeführt (bei Elefantengras können das 90-200 kg N, 60-150 kg P₂O₅ und 250-500 kg K₂O pro Hektar sein). Diese Nährstoffmengen sind bedeutend größer als der Bedarf der Kaffeekulturen (FRANKE 1980). Es ist deshalb unter solchen Umständen sinnvoll, nicht den Kaffee, sondern die Mulchflächen zu düngen, denn durch ein solches Vorgehen wird nicht nur Raubbau an den Mulcherzeugungsfeldern vermieden, sondern sie können wegen der intensiveren Düngung und der damit verbundenen höheren Produktivität auch verringert werden. Nach MUTEA et al. (1980) kann bei einer so intensivierten Mulchproduktion schon ein halber Hektar Elefantengras ausreichen, um einen Hektar Kaffee zu mulchen. (In dieser Größenordnung werden die Mulcherzeugungsfeldern (etwa als diversifizierte Konturstreifen) auch eher von den Bauern akzeptiert.)

Ein weiterer Vorteil prinzipieller Art - und dies bezieht sich nicht nur auf Düngungsmaßnahmen in Dauerkulturen, sondern vor allem auch auf annuelle Kulturpflanzen -, ergibt sich aus der Tatsache, daß Grasflächen mineralisch gedüngte Nährstoffe wie P oder K weit besser ausnutzen als z.B. annuelle Kulturen mit ihrem vergleichsweise eher bescheidenen Wurzelsystem (SANCHEZ und SALINAS 1981). Die intensive Durchwurzelung an der Bodenoberfläche führt dazu, daß leichtlösliche Mineraldünger schneller und mit höherem Wirkungsgrad von den Pflanzen aufgenommen werden können und damit weniger den Gefahren der Festlegung (P auf eisenoxidreichen Böden) oder der Auswaschung (K bei geringer Durchwurzelungsdichte) preisgegeben sind. Als Mulch (also in organischer Form) kommen die Nährstoffe dann auf die Kulturflächen, wo sie (wie die natürliche Streu) in den belebten Nährstoffkreislauf des Agrarökosystems gelangen. Vor allem bei P führt das unter Umständen zu einer höheren Düngerausnutzung (PHILLIPS et al. 1980, HAYNES 1981, siehe auch Abschnitt 4.3.3.6.).

Ein anderer Weg der Mulcherzeugung ("in situ") wurde in dem mehrjährigen Versuchsprogramm von BOUHARMONT (1979) beschritten. In den dicht besiedelten Kaffeeanbaugebieten Nordwestkameruns (sandiger Arenosol, 1600 mm/Jahr) ist eine Intensivierung des Kaffeeanbaus durch Mulch von Flächen außerhalb der Kaffeefelder aufgrund der Landknappheit kaum möglich. Auf der Suche nach Möglichkeiten, den Mulch direkt auf den Kaffeepflanzungen zu erzeugen, wurden deshalb verschiedene, mulcherzeugende Untersaaten getestet.

Wie Versuche von SCHINDLER und FRAISER (1964) in Neu-Guinea und RODRIGUEZ (1958, zit. in BOUHARMONT) in Kolumbien zeigten, scheitert diese Methode aber häufig daran, daß die Untersaaten mit dem Kaffee zu stark um das Wasser konkurrieren.

In den Versuchen von BOUHARMONT (1979) traf das für *Pueraria phaseoloides* und *Mimosa invisa* ebenfalls zu (*Stylosanthes* konnte die Ungräser nicht kontrollieren). *Flemingia congesta* dagegen zeigte sehr gute Ergebnisse und war der Kontrolle überlegen. Wasser- und Nährstoffhaushalt konnten verbessert werden.

Flemingia wird dabei mit dem Pflanzen des Kaffees ausgesät und erfordert in den ersten drei Monaten relativ viel Pflege (siehe Tabelle 4.3.25). Zu Beginn der Trockenperiode (und in den folgenden Jahren jeweils 3- bis 4mal pro Jahr) wird sie abgeschlagen und in die Reihen gemulcht.

Auch Streifenanbau oder Streifenmischkultur ("Alley cropping") stellen eine aussichtsreiche Möglichkeit zur Intensivierung des Biomasseumsatzes in annuellen Kulturen dar (WIJEWARDENE und WEERAKOON 1982).

In Reihen von 2 - 6 Metern Breite gepflanzte, schnell wachsende, schnittverträgliche Sträucher (z.B. *Leucaena leucocephala* oder *Glyricidia sepium*) eignen sich gut zur Mulchgewinnung, produzieren dabei noch Holz und Stickstoff und haben einen günstigen Effekt auf das Nährstoffrecycling und die Unkrautkontrolle.

In bezug auf den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit kommen solche Systeme einer simultanen Buschbrache sehr nahe (IITA 1981).

Bei diesem Verfahren werden die Sträucher (Bäume) zu Beginn der Anbausaison auf 1 bis 2 Meter Höhe zurückgeschnitten. Laub und feines Astwerk werden als nährstoffreicher Mulch in die Gänge zwischen den Strauchreihen gelegt. - Stärkere Äste werden als Brennholz, Brauchholz oder als Spalier-

hölzer für Tomaten, Yam usw. genutzt oder verkauft. Die annuellen Kulturen werden in den Mulch gesät bzw. gepflanzt und während des Wachstums nochmals gemulcht, denn während des Vegetationszyklus' der annuellen Feldfrüchte müssen die Sträucher zurückgeschnitten werden, um eine zu starke Beschattung zu vermeiden.

Die auf diese Weise erzeugten Mulchmassen können beachtlich sein (siehe Tabelle 4.3.3.).

Negative Auswirkungen auf den Ertrag sind (wegen unterschiedlicher Durchwurzelungstiefe) bei standort- und kulturgerechter Pflanzdichte und Pflege nicht zu erwarten.

Zu diesem Ergebnis kommen auch RÖSA et al. (1980) bei ihren Reihemischkultur- bzw. Mulchversuchen in den Feuchttropen der Philippinen. Sie legten hangparallele Reihen (ebenfalls) mit *L. leucocephala* an, wobei 10, 15 und 20 Pflanzen pro laufendem Meter gesät wurden (Reihenabstand 1,50 Meter (!), Gefälle 30 %).

Leucaena wurde 90 Tage vor dem Mais gesät und nach 3 Wochen ausgedünnt. Der Mais wurde im Abstand von 25 cm auf kleinen Hügeln zwischen den Hecken gesät (26.667 Pflanzen pro Hektar gegenüber 53.333 in der Kontrolle ohne *Leucaena*).

Durch die Praxis der unmittelbaren Maiseinsaat lassen sich die hohen Kosten des Auspflanzens und der anfänglichen Pflege von *Leucaena* vermindern (IITA 1981, POUND et al. 1980).

25 Tage nach dem Auflaufen des Mais' wurde *Leucaena* auf nur 25 cm Höhe (!) zurückgeschnitten und gemulcht (das ist ein entscheidender Unterschied zu den Praktiken des IITA - 1 bis 2 Meter - und ist wohl auch auf einen anderen *Leucaena*typ zurückzuführen; der Hawaii-Typ wächst kurz und buschig, Salvador- und Peru-Typ wachsen baumähnlich, hoch).

Schon in der ersten Vegetationsperiode lieferte *Leucaena* bei 15 Pflanzen pro laufendem Meter (20 Pflanzen ergaben keine signifikante Verbesserung mehr) beachtliche Erträge.

Die Nährstoffe des Mulchs konnte der Mais erst zur generativen Phase nutzen.

Die Erträge pro Maispflanze waren im Reihenanbau über 100 % höher. Über den Mehrertrag pro Einzelpflanze konnte der Verlust an Fläche für den Mais

(gegenüber traditioneller Pflanzweise) mehr als wettgemacht werden. Die Erosion wurde gemindert, die Infiltration verbessert. (Tabelle 4.3.3. zeigt einen Vergleich von Ergebnissen auf unterschiedlichen Standorten.)

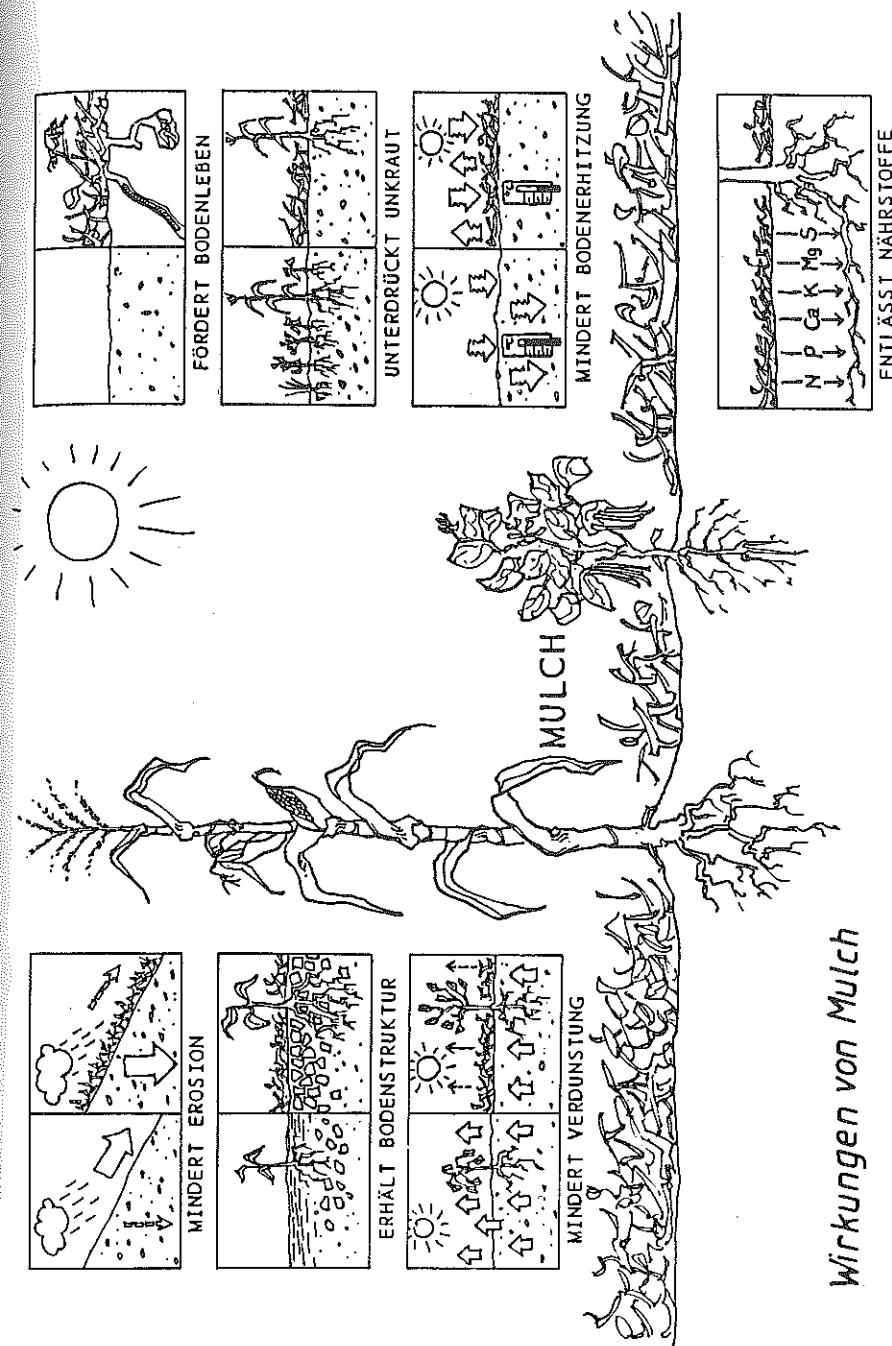
Beim IITA laufen derzeit Versuche mit mehr als 30 Baum- und Straucharten, um sie auf ihre Eignung in verschiedenen Klimaten zu testen. Unter ihnen auch *Cajanus cajan*, *Acioa barterii*, *Alchornea cordifolia*, *Tephrosia candida*, *Cordia alliodora*, *Albizia falcata*, *Treculia africana* und *Parkia clappertonia*, um nur einige zu nennen.¹⁾

Tab. 4.3.3.: Nährstoff- und Mulchrockenmasseerträge von Leucaenahecken im Streifenanbau mit Mais und Auswirkungen auf den Maisertrag

Standort	Mulchertrag in dt/ha TM	Nährstoffe im Mulch in kg/ha			Maisertrag in dt/ha	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	ohne Leucaena	mit Leucaena
Ibadan, Nigeria (IITA 1981, S. 37)	30	100	-	-	10	19 ¹⁾
Maha Ilupallama, Sri Lanka (WIJEWARDENE und WEERAKOON 1982) Pflanzweite der Reihen: 2 m	28 dt Blattmulch (+ 30 dt Astholz)	90	20,6	87,6	5,7	7,3 ²⁾
Baybay, Philippinen (ROSA et al. 1980) Pflanzweite der Reihen: 1,5 m	37 (3 Schnitte)	28	14	29,31	28	32 ³⁾

- 1) In diesem Versuch war auch die Kontrolle mit Leucaena bepflanzt; der Schnitt wurde entfernt (ohne Leucaena) oder belassen (mit Leucaena). Nur die ungedüngte Variante ist angeführt, in gedüngten Varianten lag das Ertragsniveau insgesamt etwas höher. Bei den Versuchen 2, 3 war die Kontrolle ein reiner Maisbestand mit doppelter Pflanzdichte.
- 2) Die Erträge dieses Versuchs wurden durch eine extreme Trockenheit - es fiel nur die Hälfte der mittleren Niederschläge - stark beeinträchtigt. Die Versuche sind ungedüngt.
- 3) Die niedrige N-Fixierung durch Leucaena ist auf sehr saure Bodenverhältnisse zurückzuführen. (Mais erhielt eine Düngung von 30 kg N/ha).

1) *Tephrosia* ist anfällig gegenüber Nematoden (*Heterodera radicola*) (SCHOOREL, zit. in VAN RIJN 1982)



Wirkungen von Mulch

4.3.3. Wirkungen von Mulch

4.3.3.1. Erosionsschutz

"A little effort to spread corn residue on the soil surface as mulch after harvest will go a long way to reduce both run off and soil loss ..." (BABALOLA und CHHEDA 1975)

Die minimale Bodenbearbeitung in Verbindung mit Mulchanwendung wird in den temperierten Gebieten (z.B. USA) in erster Linie wegen des eindeutigen Effekts der Minderung von Wind- und Wassererosion betrieben.

Nach LAL und ROCKWOOD (1974) liegt der größte Vorteil einer solchen Kulturtechnik auch für die tropischen Böden in der "sicheren und billigen Minderung der Erosion". Die Versuchsergebnisse von LAL (1975) in Tabelle 4.3.4. bestätigen dies eindrucksvoll. Durch Mulchraten von nur 2 t/ha wurden der Oberflächenabfluß um 60 % und die Bodenerosion um durchschnittlich über 90 % gemindert. Bei der dreifachen Menge (6 t/ha oder 600 g/m²) konnten der Oberflächenabfluß zu 90 % und die Bodenerosion quasi völlig verhindert werden.

Tabelle 4.3.4.: Effekt verschiedener Mulchraten auf den Oberflächenabfluß und den Bodenverlust auf einem Paleustalf, Ibadan, Nigeria, Gesamtniederschlag 64 mm (LAL 1975)

Mulchraten (t/ha Maisstroh)	Hangneigung (%)				Mittel	in % des Niederschlags
	1	5	10	15		
Oberflächenabfluß in mm						
0	12	14,8	10,4	14,8	13,0	20
2	1,3	6,2	6,0	5,7	4,8	8
4	0,4	1,5	3,6	3,3	2,2	3
6	0,0	0,7	1,9	1,8	1,1	2
Bodenverlust (t/ha)						
0	0,48	12,19	27,06	12,25	13,00	
2	0,01	3,49	0,82	0,64	1,24	
4	0,00	0,67	0,11	0,31	0,27	
6	0,00	0,16	0,03	0,08	0,07	

Schon ELLISON (1952) konnte nachweisen, daß es vor allem die kinetische Energie des Regens ist, die als Hauptursache für die Erosion zu gelten hat. Er ermittelte auch, daß ein Regenfall von 75 mm in der Stunde auf den Boden die gleiche Energie ausübt, wie wenn ein Boden 29mal gepflügt würde. In groben Zügen läßt sich der Verlauf der Erosion etwa wie folgt beschreiben: Durch den Aufprall der Regentropfen ("splash erosion") werden die Bodenaggregate oder Krümel an der Oberfläche zerstört. Die entstehenden feinen Teilchen verstopfen die feinen Poren des Bodens und behindern die Infiltration des Niederschlagswassers. Wird die Infiltration, also das Eindringen des Wassers in den Boden, und die Wasserbewegung in tiefere Bodenschichten hinein behindert oder durch starke Oberflächenverschlammung unterbunden (begünstigend wirken stark ausgetrocknete und schon wassergesättigte Böden), so kommt es zur Ausbildung eines Wasserfilms auf der Bodenoberfläche, der durch die aufprallenden Regentropfen laufend in kleinen Wellenbewegungen gehalten wird. Durch diese Wellenbewegungen werden wiederum weitere Bodenteilchen aus ihrem stabilen Gefüge herausgespült und die Aggregate des Bodens werden weiter zerstört.

Setzt sich der Wasserfilm in Bewegung, so nimmt er die Bodenteilchen mit sich, und es kommt zu einem flächenhaften Bodenabtrag ("sheet-erosion") oder gar zu Grabenerosion ("gully-erosion"). Je schneller das Wasser fließt, je länger der Hang und je stärker seine Neigung, desto stärker ist auch die erodierende Kraft des Wassers.

Mulch wirkt also in zweierlei Hinsicht erosionsmindernd: Zum einen schützt er den Boden vor der Aufprallenergie der Regentropfen (dem Verschlammern) und bewirkt dadurch, daß seine Poren zur Aufnahme der Niederschläge geöffnet bleiben. Zum anderen bremst Mulch den Abfluß des Wassers, das oft nicht so schnell versickern kann, wie es vom Himmel fällt¹⁾ und verhindert dadurch, daß das abfließende Wasser viel Boden mittransportieren (erodieren) kann (wie Tabelle 4.3.4. zeigt, läßt sich die letztgenannte Wirkung schon mit sehr geringen Mulchmengen erzielen).

Je größer die Erosionsgefahren durch heftige Niederschläge, je geringer die Infiltrationsfähigkeit und je erosionsanfälliger die Böden, desto eher sind Maßnahmen zum Erosionsschutz notwendig.

1) Das ist besonders ausgeprägt auf schluff- und feinsandreichen Savannenböden (sols ferrugineux oder Luvisols), die oft nur Infiltrationsraten von 10-20 mm/Stunde haben, während stark ferrallitische Böden Infiltrationsraten zwischen 60 und 800 (!) aufweisen können (ROOSE 1981).

In Afrika konnte ROOSE (1981) ermitteln, daß Niederschlagsintensitäten von über 100 mm/Stunde in den Feuchttropen durchaus keine Seltenheit sind und sogar noch in den Savannen, nahe der Grenze des Regenfeldbaus, sind Niederschläge mit einer Intensität von 60-70 mm/Stunde seinen Erhebungen zufolge im Mittel mindestens einmal jährlich zu erwarten. Er konnte ferner ermitteln, daß die Aggressivität der Niederschläge, die sich vor allem aus der Dauer und der Intensität (Stärke der Niederschläge) ergibt und durch einen Aggressivitätsindex ausgedrückt werden kann, in den gemäßigten Breiten mit einem Index von nur 20 - 120 bedeutend geringer ist als in den Tropen, wo in den Savannen Werte von 200 - 600 und in den Feuchttropen sogar Werte von 500 - 1400 erreicht werden.

Welch enorme Auswirkungen auf die Erosion diese Unterschiede zwischen den Tropen und den gemäßigten Breiten haben, wird deutlich, wenn man sich vergegenwärtigt, daß sich die Erosion rechnerisch aus dem Produkt (nicht der Summe) aus der Aggressivität der Niederschläge (R) und den Faktoren ergibt, die die Erosion beeinflussen.¹⁾

Einer der Faktoren dieser Gleichung, der Bodenschutzfaktor P bzw. die Bodenbedeckung, wird durch das Mulchen entscheidend verkleinert. Während der Faktor für ungeschützten Boden 1 beträgt (das heißt, die Niederschläge und die anderen Faktoren können ihre Erosionswirkung voll entfalten), bewirkt schon eine Mulchaufgabe von nur 2 cm Stroh (etwa 6 t TM/ha) eine Verringerung des Faktors auf 0,01 - 0,001. Der Schutz, der dadurch erreicht wird, entspricht nach den Messungen von ROOSE (1981) der Vegetation eines 30 Meter hohen Regenwaldes (Faktor 0,001)! Da sich die Bodenerosion als Produkt aus den Werten der erosionsbeeinflussenden Faktoren ergibt (s.u.), hat das rechnerisch (aber auch in der Praxis) zur Folge, daß das Erosionsgeschehen durch diesen Faktor, der nahe 0 liegt, extrem vermindert wird.

In Tabelle 4.3.5. ist ein weiteres Versuchsergebnis dargestellt, das diesen Zusammenhang nochmals verdeutlicht. Auch hier konnte die Erosion allein durch das Mulchen der Ernterückstände von Ananas nahezu völlig unterbunden werden.

1) In die Formel zur Berechnung der Erosion nach WISHMEIER und SMITH (1978), wonach der mittlere jährliche Bodenverlust in t/acre $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$ ist, gehen folgende Faktoren ein: Die natürlichen Niederschlagscharakteristika (R), die Bodeneigenschaften (K), die Hanglänge (L), die Hangneigung (S), die Bodennutzungsart (C) und die angewandten Bodenschutzmaßnahmen (P).

Tab. 4.3.5.: Erosion (t/ha) in Abhängigkeit von der Hangneigung (%) und der Art des Gebrauchs der Ernterückstände; sol ferrallitique sur sable, Adiopodoumé, Elfenbeinküste (ROOSE 1981)

Niederschlag in 16 Mon.: 3336 mm		unbedeckt bearbeitet. Boden	Ananas und Ernterückstände			Durchschnitt pro Hang- neigung
			ver- brannt	inge- arbeitet	ge- mulcht	
Hang- neigung	4 %	45	1,2	0,7	0,1	11,8
	7 %	136	4,1	0,8	0	35,2
	20 %	410	69	33,2	1	128,3
Durchschnitt für jede Be- handlungsart		197	24,8	11,5	0,4	58,4

Wie ROOSE (1981) weiter ermitteln konnte, ist die Aufprallenergie des Regens bis zu Hangneigungen von 15 % quasi als einzige, bestimmende Erosionsursache anzusehen, das heißt, der Oberflächenabfluß für sich alleine gewinnt erst ab Hangneigungen von über 15 % an Bedeutung.

Auch dann noch ist der Mulch wirksam, denn durch die Begünstigung der Infiltration vermindert er die Entstehung von Oberflächenabfluß (siehe Abb. 4.3.e.) und bremst, falls dieser trotzdem entsteht, seine Abflußgeschwindigkeit, wodurch der Abfluß sehr viel von seiner Erosionskraft verliert.

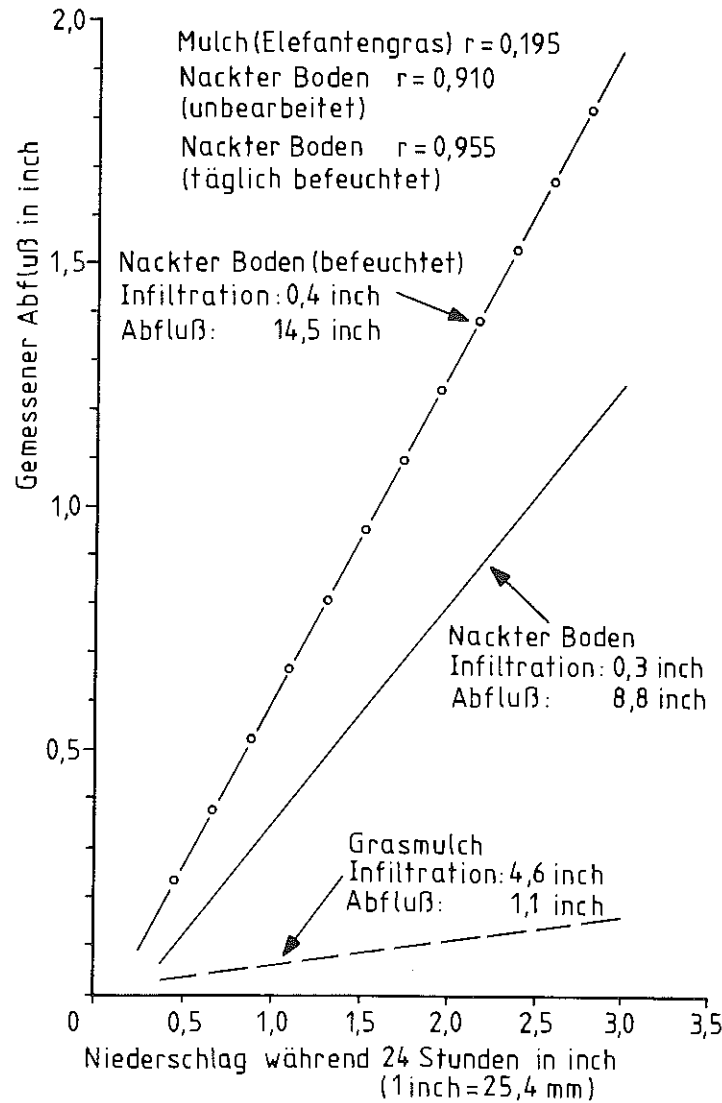


Abb. 4.3.e.: Beziehung zwischen der Niederschlagsintensität und dem Oberflächenabfluß (mit und ohne Mulch) auf einem Hang mit 2 % Gefälle in Namulonge, Uganda (FARBROTHER und MANNING 1952, zit. in WEBSTER und WILSON 1966)

4.3.3.2. Wirkungen auf die Bodenstruktur

Nach SANCHEZ und SALINAS (1981) sind die guten Erfolge der Mulchanwendung in Afrika vor allem auf den Erhalt guter bodenphysikalischer Bedingungen zurückzuführen, was besonders auf den Alfilsols (Luvisols), wie sie in Afrika weit verbreitet sind, voll zum Tragen komme. -

Zwar schafft auch der Pflug eine günstige Bodenstruktur, denn er lockert, belüftet, schafft Poren, die Wasser infiltrieren und unterbricht den Kapillarsaum des aufsteigenden Bodenwassers (wichtig, besonders in semiariden Gebieten), aber er hat auch viele Nachteile, von denen hier nur einige angeführt werden sollen. Der Energiebedarf zum Pflügen ist hoch; durch das Wenden und Belüften des Bodens werden neben einer Unkrautbekämpfung auch neue Unkrautsamen zum Keimen angeregt, und die Oxidation des Humus im Boden wird beschleunigt (VAN RIJN 1982). Die günstigen Effekte, die der Pflug auf die Bodenstruktur ausübt, sind meist nur von kurzer Dauer. Nach Untersuchungen von ROOSE (1981) in Afrika war der lockernde Effekt auf allen untersuchten Böden (sols ferrallitiques bis sols ferrugineux) zwischen Abijan (feuchtheiße Tropen) und Ouagadougou (Trockensavanne) nach etwa einem Monat dahin, wenn der Boden nicht schnell mit einer schützenden Pflanzendecke überzogen war.

Nach 120 mm Niederschlag war der positive Effekt auf allen Versuchsstandorten verschwunden und oft sogar schon in das Gegenteil verkehrt. Mulch verhindert solche Entwicklungen. Untersuchungen von LAL (1978) auf einem Alfisol (oxic Palaeustalf) in Ibadan, Nigeria, ergaben, daß die Bodendichte unter Mulch geringer ist als ohne Mulch. Bei kompletter Mulchaufgabe betrug sie 1,40 (0 bis 10 cm) und 1,42 (10 bis 20 cm) gegenüber 1,54 und 1,70 ohne Mulchaufgabe. Ähnliches gilt für den Eindringungswiderstand (Tab. 4.3.6.), der stark die Durchwurzelbarkeit des Bodens beeinflusst.¹⁾

Die positive Wirkung auf die Bodenstruktur beruht dabei nicht nur auf dem Schutz vor Sonne und Regen, sondern ist auch auf die erhöhte biologische Aktivität zurückzuführen, welche sich unter einer Mulchdecke entwickelt. Sie

1) Nach WIJEWARDENE (1981, zit. in VAN RIJN 1982) sind mindestens 3-5 Tonnen Mulch/ha notwendig, um Verdichtungen von Boden bei minimaler Bestelltechnik zu vermeiden.

Tab. 4.3.6.: Einfluß des Mulchens auf die Lagerungsdichte (g/cm^3) und den Eindringungswiderstand (kg/cm^2) eines Alfisols unter Mais; Ibadan, Nigeria (LAL 1978)

Behandlung	Lagerungsdichte		Penetrometer-Widerstand 20 und 40 Tage nach der Aussaat			
	0-10 cm	10-20 cm	20 Tage		40 Tage	
			0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
Kontrolle	1,54	1,70	0,83	1,73	2,79	4,36
Mulch in den Reihen	1,45	1,58	0,73	2,01	1,75	3,72
Mulch zwischen den Reihen	1,45	1,47	0,60	1,07	1,24	3,23
komplette Mulchauflage	1,40	1,42	0,36	1,27	1,15	3,13
GD (0,05)	0,18	0,14	0,30	0,21	0,74	1,06

beträgt ein Vielfaches derer in einem unbedeckten Boden und trägt zur Lockerung des Bodens und zur Stabilisierung der Aggregate bei. Nach PEREIRA und JONES (1954) kann ein zweijähriges Mulchen eine genauso gute Wirkung auf die Bodenstruktur ausüben wie eine vierjährige Grasbrache. PEREIRA (zit. in KEEN und DUTHIE 1953) bezeichnet denn auch Mulchen als eine gute Methode der "Bodenbearbeitung". Daß dies gerechtfertigt ist, wird klar, wenn man bedenkt, daß zum einen die enormen Energien des Regens weitgehend vom Boden ferngehalten werden und andererseits die Regenwürmer, die durch Mulch entscheidend gefördert werden, pro Jahr bis zu 50 Tonnen und mehr Boden/ha bewegen und ihn in stabilen Ca-angereicherten Kotaggregaten (Regenwurmaggregate zählen zu den stabilsten Bodenaggregaten überhaupt) auf den Oberboden verlagern (LAMOTTE 1975, GRAFF und MAKESCHIN 1979, ROOSE 1981).

Mit zunehmendem Anteil der Regenwurmgänge nimmt zudem die Bedeutung der texturbedingten Porung des Bodens ab (KOCH 1966, zit. in GRAFF und MAKESCHIN 1979). Die Makroporosität des Bodens steigt dadurch an, und die Durchwurzelbarkeit und Infiltrationsfähigkeit werden gefördert. In den Grobporen kann Luft entweichen und Wasser in den Boden eindringen; beides ergänzt sich und schafft einen günstigen Wasser- und Lufthaushalt.

In trockeneren Gebieten geht die Bedeutung der Würmer zurück; die Termiten gewinnen an Bedeutung. Auch durch ihre Tätigkeit (die ebenfalls durch Pflanzenrückstände gefördert wird) tritt eine Verbesserung der Bodenstruktur ein. Aus tieferen Schichten schaffen sie verlagerten, nährstoffreichen Feinboden wieder an die Oberfläche und sorgen somit für einen Texturausgleich. Wird ein solcher Boden allerdings durch Erosion anschließend abgetragen, führt das langfristig zu einer Verarmung der Böden an Feinböden (ROOSE 1981), denn die Erosion wirkt selektiv.¹⁾

Insgesamt betrachtet kann die Bodenbearbeitung durch die Bodenlebewesen als eine der effektivsten Formen der Bodenbearbeitung angesehen werden, denn die Energie, die in den pflanzlichen Rückständen gespeichert ist, wird unmittelbar in die Bearbeitung der Felder durch die Bodenlebewesen umgesetzt, was LAL (1978) wohl zu der Bemerkung veranlaßte, die Regenwürmer als "die besten Pflüge für die tropischen Böden" zu bezeichnen.

Da Mulch außerdem den Humusgehalt des Bodens schont (JAGNOW 1967) und ergänzt (JONES 1971), wird auch durch diese Komponente zur Stabilität der Bodenstruktur beigetragen.

Auf sehr verhärteten und verdichteten Böden kann bei anfänglicher Mulchanwendung der Oberflächenabfluß bei minimaler Bearbeitung unter Umständen ansteigen, wie dies zum Teil auch aus temperierten Gebieten bekannt ist (LARSON et al. 1971). LAL (1980) empfiehlt deshalb, auf solchen Böden, zu denen er auch total degradierte zählt, vor der Anwendung der Mulchtechnik ein bis zwei Jahre *Stylosanthes* oder *Pueraria* anzubauen, um sie aufzuschließen.

1) In Untersuchungen von BABALOLA und CHHEDA (1975) war der Tonanteil in erodiertem Boden dreimal, der Schluffanteil viermal und der Humusanteil elfmal so hoch wie im ursprünglichen Boden.

4.3.3.3. Wirkungen auf den Wasserhaushalt

Die Wasserbilanz eines Bodens ergibt sich im wesentlichen aus den Niederschlägen, die in den Boden gelangen (Gewinn) und den Wasserverlusten durch die Transpiration und die Verdunstung (Evaporation) der freien Bodenoberfläche.

Je mehr Wasser ein Boden aufnimmt und je weniger er - unproduktiv - verdunstet, desto mehr Wasser bleibt für die produktive Transpiration der Kulturpflanzen.

Wie bereits in Abschnitt 4.3.3.1. ausgeführt wurde, hat Mulch einen fördernden Effekt auf die Infiltration und trägt damit zweifellos zur Verbesserung der Wasserbilanz bei.

Ähnlich günstige Wirkungen auf den Wasserhaushalt sind auch bezüglich der Verminderung der Evaporation zu erwarten, wenn man einige Faktoren betrachtet, die die Bodenwasserverdunstung begünstigen: hohe Luft- und Oberbodentemperatur, niedere relative Luftfeuchte der bodennahen Luftschichten und starke Luftbewegungen an der Bodenoberfläche (Turbulenzen, Wind).

Da sich durch eine Mulchschicht mit pflanzlichen Materialien die Einstrahlung auf den Boden verringern, eine Erhitzung des Bodens vermeiden und direkte Windberührung verhindern läßt, ist theoretisch auch mit einer geringeren Evaporation unter Mulch zu rechnen.

Wie Mulchversuche von LINDE (1982) in Peru ergaben, trifft das tatsächlich auch zu. Er konnte auf einem Paleudult im tropischen Regenwald nach einer Trockenperiode von 6 Tagen feststellen, daß die Bodenfeuchtigkeit in den oberen 20 cm Boden ohne Mulchauflage schon auf 14,5 Gewichtsprozent abgefallen war, während der Boden unter Mulch noch 20,2 % Wassergehalt hatte (Differenz 5,7 %).

Bei Messungen auf einer anderen Parzelle, die nur einen Tag nach einem heftigen Niederschlag von 73,5 mm durchgeführt wurde (die Böden waren einer vorausgegangenen Trockenperiode ausgesetzt), waren die Differenzen im Bodenwassergehalt noch größer (etwa 9 %) und waren um so ausgeprägter, je stärker die Mulchauflagen waren (Abb. 4.3.g.). Hier scheint neben der Evaporationsminderung auch die bessere Infiltration der Niederschläge stark zur Wirkung gekommen zu sein.

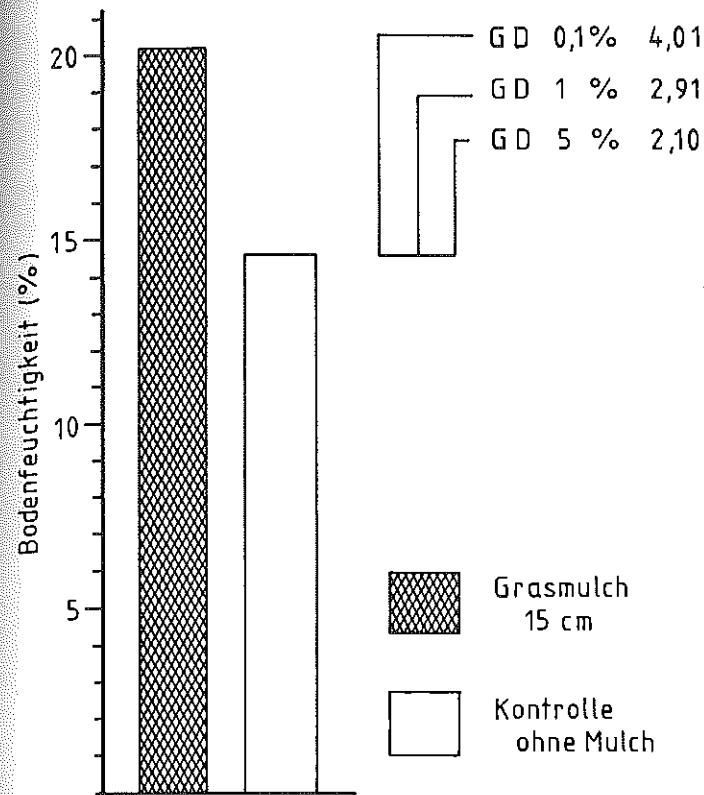


Abb. 4.3.f.: Bodenfeuchtigkeit in Gewichtsprozent unter Grasmulch (15 cm) und ohne Mulch (Mittel aus 10, 15 und 20 cm Bodentiefe) nach 6 Trockentagen auf einem Ultisol (LINDE 1982)

Nach SANCHEZ und SALINAS (1981) ist die evaporationsmindernde Wirkung von Mulch besonders dann zu beobachten, wenn während der Vegetationsperioden - also in Zeiten regelmäßiger Niederschläge - Tage mit hoher Einstrahlung und hohen Bodentemperaturen auftreten.¹⁾ Auf einem Oxisol (Cerrado/Brasilien) konnte durch eine Mulchauflage aus Gras (10 cm *Melinis minutiflora*) die Evaporation in kurzen Trockenperioden um über 4 mm am Tag verringert werden. Auch FRYREAR und KOSHI (1974) konnten durch Mulch mit Baumwollginningabfällen den Feuchtegehalt von Ackerböden signifikant verbessern.

1) Das kann dadurch erklärt werden, daß die Evaporation auf relativ wasser-gesättigten Böden besonders hoch ist, weil solche Böden in kurzer Zeit sehr viel Wasser zur Verdunstung nachliefern. Dementsprechend wirkt ein Mulch auf solchen Böden auch besonders evaporationsmindernd. Die Wasserabgabe von Böden, bei denen sich schon eine trockene obere Boden-

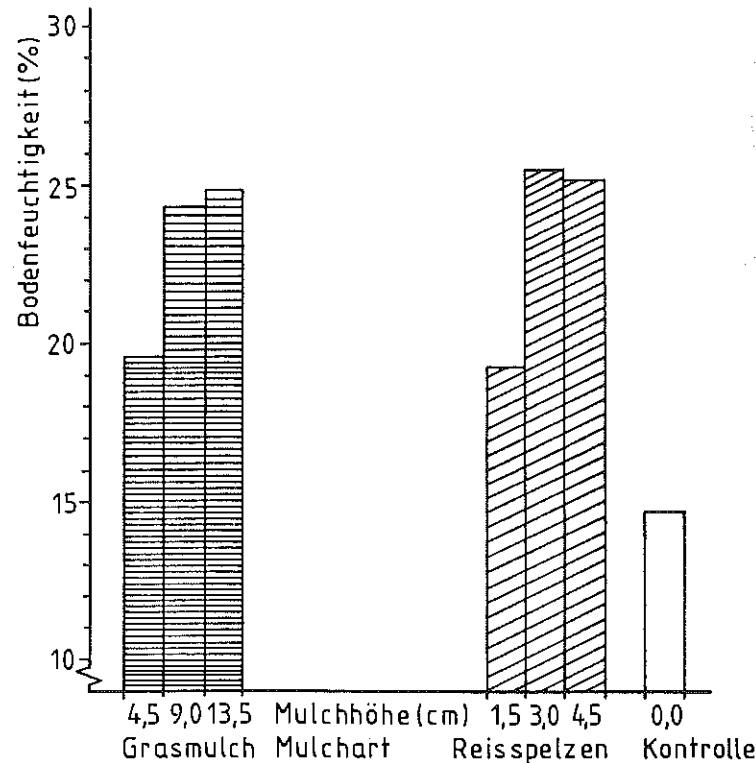


Abb. 4.3.g.: Bodenfeuchtigkeit (in Gewichtsprozenten) unter verschiedenen Mulchmaterialien unterschiedlicher Auflagenhöhe (LINDE 1982, verändert)

schicht gebildet hat, ist dagegen deutlich geringer und fällt gegenüber feuchten Böden stark ab, da der trockene Boden dann schon selbst als mehr oder minder starke Barriere für die Diffusion von Wasserdampf und den kapillaren Aufstieg wirkt. Die Wasserabgabe ist dann mehr bodenbedingt und wird weniger von äußeren Faktoren, also z.B. durch das Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein von Mulch bestimmt (LEMOS 1956, zit. in TÜRKE 1976).

Versuche von EAVIS und CUMBERBATCH (1977) auf einem semiariden Standort mit salinen Alkaliböden (sandiger Ton und Ton) ergaben ebenfalls sehr gute Ergebnisse.

Mulchgaben von 10 t Grasheu/ha verbesserten die physikalische Struktur, und über eine Periode von 6 Monaten war die gemessene Bodenfeuchte des Zuckerrohrfeldes unter Mulch durchschnittlich um 4 % höher als ohne Mulch, was sich deutlich auf die Nährstoffaufnahme und den Ertrag auswirkte. In Versuchen von LAL (1978), bei denen verschiedene Mulchgaben zu Mais aufgebracht wurden (flächendeckend, zwischen den Reihen und in den Reihen), war der Bodenfeuchtegehalt direkt vom Bedeckungsgrad abhängig und stieg mit zunehmendem Grad der Mulchbedeckung von 0,11 g Wasser/g Boden auf 0,13 g Wasser/g Boden bei voller Mulchaufgabe an (Differenz: +2 % Bodenfeuchte).

YADAV (1974) konnte durch Mulch mit Sägemehl bzw. Weizenstroh (10 t/ha), der schon zur Aussaat von Mais gegeben wurde, die Feuchteverhältnisse auf einem semiariden Standort in Rajasthan/Indien (45 % Ton) ebenfalls deutlich verbessern und erzielte in den Mulchvarianten einen Mehrertrag von durchschnittlich 20 %.

Nicht immer jedoch sind die Verbesserungen des Wasserhaushalts, die mit Mulch erzielt werden, so eindeutig positiv wie in den angeführten Versuchen. In Untersuchungen von PEREIRA und JONES (1954) konnte der Wasserhaushalt in einer Kaffeepflanzung z.B. nur dann deutlich durch die Mulchanwendung verbessert werden, wenn der Mulch bereits in der relativ niederschlagsreichen Zeit aufgebracht wurde. Die Mulchanwendung erst mit Beginn der trockenen Jahreszeit hatte dagegen nur äußerst geringe oder gar keine Wirkung.

Dieses Ergebnis bestätigt in gewisser Weise die Untersuchungen von LEMOS (siehe Anmerkung vorige Seite), wonach die evaporationsmindernde Wirkung vor allem oder nur dann deutlich zum Tragen kommt, wenn der Mulch in Zeiten häufiger Niederschläge gegeben wird und in denen die Evaporation des unbedeckten, feuchten Bodens besonders stark ist, während das Mulchen oberflächlich schon trockener Böden nur noch geringe Wirkung zeigt, weil die Verdunstung dann stark abfällt und mehr von den Bodeneigenschaften selbst reguliert wird.

MAURYA und LAL (1981) gingen der Frage nach, ob Mulch in Verbindung mit minimaler Bodenbearbeitung ("mulch-tillage") günstiger auf den Wasserhaushalt wirkt als konventionelle Bodenbearbeitung. Die Versuche wurden mit

unterschiedlichen Kulturen auf einem Alfisol durchgeführt. Die minimale Bearbeitung in Verbindung mit einer Mulchauflage aus Ernterückständen (Mais) und Unkräutern schnitt dabei besser ab als die Pflugfurche, und die mulch-tillage-Parzellen wiesen fast durchgehend höhere Bodenwassergehalte auf als die gepflügten Parzellen, wobei allerdings festzustellen war, daß der Effekt in der reinen Maiskultur wesentlich ausgeprägter war (im Durchschnitt 5 % mehr Bodenfeuchte während der ganzen Vegetationsperiode) als in den Mischkulturen. In der Mischkultur Mais/Maniok schnitten die Verfahren sogar gleich ab, was wohl zum einen auf den insgesamt höheren Wasserverbrauch, vor allem aber auf den bodenbedeckenden Mischbestand zurückzuführen war.

Sie konnten damit ältere Untersuchungen von LAL (1978) bestätigen, der unter "mulch-tillage" bei Mais, Straucherbsen und Soja ebenfalls höhere Feuchtreserven vorfand als auf den gepflügten Feldern. (Das bezog sich vor allem auf die 30 obersten cm des Bodens, darunter waren die Unterschiede nicht mehr signifikant.)

Auch CHOPART et al. (1979) gingen der Frage nach, wie sich Mulch und minimale Bodenbearbeitung im Vergleich mit anderen Kulturmaßnahmen auf den Wasserhaushalt des Bodens auswirken. Die Versuchsergebnisse, die auf einem "cambic Arenosol" (85-93 % Sand) in Bambey/Senegal (640 mm Jahresniederschlag) erzielt wurden, sind in Abbildung 4.3.h. dargestellt. Auf diesem Standort war ein einfaches Pflügen zu Beginn der Trockenzeit einer minimalen Bearbeitung mit Belassen der Ernterückstände (ohne Unkrautbekämpfung!) weit überlegen. Optimal (auch im Ertrag) schnitt Pflügen mit anschließender Mulchauflage ab (wäre im Streifenanbau auch unter praktischen Bedingungen leicht durchführbar).

Die bessere Infiltration unter Mulch hatte keine Wirkungen auf den Ertrag, da das Wasser in dem Sand rasch in tiefere Bodenschichten (1 m) verlagert wurde, wo es für die angebaute Erdnuß nicht mehr erreichbar war.

Die minimale Bearbeitung mit doppelter Rückstandsmulchauflage (ca. 8 t/ha) erreichte in etwa das Niveau der wendenden Bearbeitung, die zum Ende der

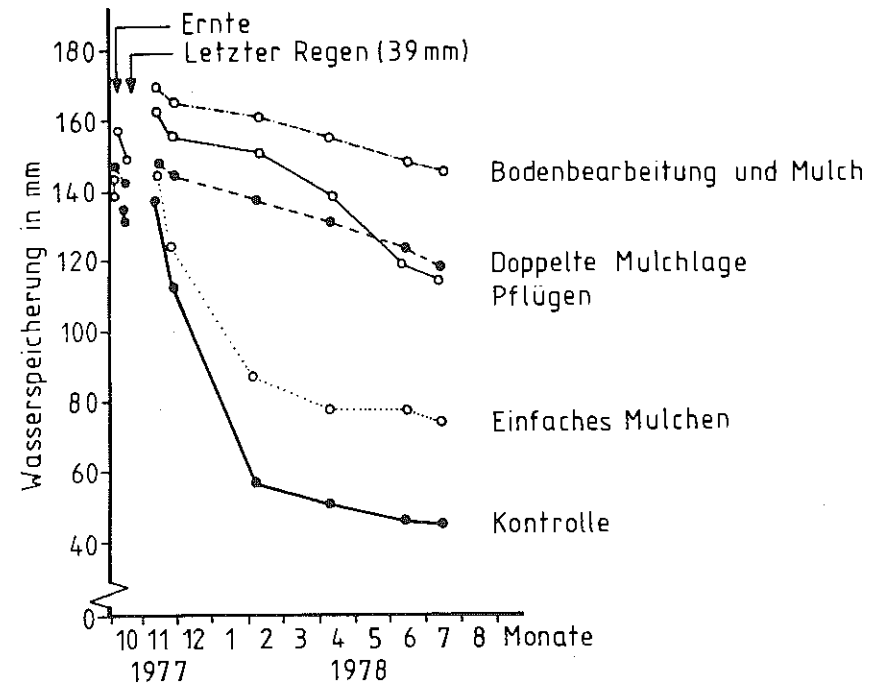


Abb. 4.3.h.: Wirkung verschiedener Kulturmaßnahmen auf den Wasserhaushalt eines cambic Arenosol in Bambey/Senegal von Oktober 1977 - Juli 1978 (CHOPART et al. 1979)

vorausgegangenen Vegetationsperiode durchgeführt worden war.¹⁾ Die Kontrolle (eingemulcht und eingepflügt) hatte mit Abstand die höchsten Wasserverluste.

Unabhängig von der angewandten Bodenbearbeitung konnte aber auch in diesen Versuchen festgestellt werden, daß Mulchen stets mit einer Verminderung der Evaporation und einer Verbesserung der Bodenwasserreserven verbunden war.

In der Tendenz kann aus diesen und anderen vergleichenden Versuchen zur Wirkung von Mulchpraktiken bzw. des Pflügens herausgelesen werden, daß Mulch mit minimaler Bodenbearbeitung auf tonreichen, bindigen Böden insgesamt feuchterer Klimate eine günstige oder günstigere Wirkung auf den Wasserhaushalt (die Wasserersparnis) hat, während in relativ trockenen Gebieten mit sandigen und strukturschwachen Böden die Pflugfurche meist günstiger abschnitt, bzw. der Mulch geringere oder gar keine signifikante Wirkung zeigen kann (zumindest kurzfristig nicht!). Das war z.B. in Versuchen von SAHA et al. (1980) der Fall. Sie hatten ihre Versuche auf einem semiariden Standort mit alluvialen, sandigen Lehmböden mit tonreicherem Unterboden durchgeführt, so daß vermutet werden kann, daß der sandige, trockene Oberboden für sich schon einen Mulcheffekt ausübte, so daß der zusätzliche Mulcheffekt nur noch gering sein konnte.

Zusammenfassend betrachtet stellt Mulch (von seltenen Ausnahmen abgesehen) ein wirksames Mittel dar, um die Infiltration zu steigern und die Evaporation zu senken. Der Bodenwassergehalt wird durch das Mulchen in der Regel angehoben.

Wenn extreme Trockenperioden auftreten oder Niederschläge gar völlig ausbleiben, sind aber auch mit Mulch keine Wunder zu erwarten. Mulch wirkt jedoch stark regulierend auf den Feuchtehaushalt, und die 3 bis 7 Prozent mehr Bodenfeuchte, die oft unter Mulch zu finden sind, können die ertragsmindernden Wirkungen von periodischen Trockenstreßereignissen abpuffern.²⁾

- 1) 1976 hatte der Pflug noch etwas besser abgeschnitten als 1977, weil 1977 nach dem Pflügen noch ein unerwarteter Niederschlag von 39 mm die schollige, lockere Struktur des gepflügten Bodens teilweise zerstörte. Nach ROOSE (1981) sind solche irregulären Niederschlagsereignisse in diesem Klima aber durchaus keine Seltenheit.
- 2) 1 Gewichtprozent Wasser entspricht bei einer Bodendichte von 1,5 1500 kg Wasser pro cm Boden und ha. Da die Mulchwirkung sich in der Regel auf etwa 20-30 cm Bodentiefe erstreckt und oft Unter-

So war in Versuchen von BOUHARMONT (1979) Kaffee bei konventioneller Bodenbearbeitung 4 Wochen lang einem Trockenstreß ausgesetzt ($pf > 4,0$), während es in der Mulchparzelle nur 1 Woche war.

LAL (1975) konnte bei Mais die gleiche Beobachtung machen. Nicht nur in kritischen Stadien der Kulturpflanzen kann das entscheidend für den Ertrag sein (Kirschenausbildung des Kaffees, Quastenbildung bei Mais usw.), sondern auch bei Ansaaten. RICKERT (1974) konnte durch eine Strohmulchauflage von 5 t/ha die Aufgangsrate von *Panicum maximum*-Saatgut von 0,4 % (ohne Mulch) auf 2-13 % (mit Mulch) steigern.

4.3.3.4. Wirkungen auf die Bodentemperatur

Die Bodentemperaturen beeinflussen das Pflanzenwachstum direkt und auch indirekt (über Durchwurzelung, Bodenfeuchte, Bodenleben, Nährstoffaufnahme usw.).

Gehen die Temperaturen des Bodens über bestimmte Werte hinaus, oder werden kritische Mindesttemperaturen unterschritten, so leiden Wachstum und Ertragsbildung der Kulturpflanzen unter diesen Extremen, die bei den meisten tropischen Kulturpflanzen bei etwa 30-35° C bzw. bei 15-20° C liegen. Außerhalb dieser Extrembereiche kommt es meist zu einem schnellen Rückgang der Wachstumsraten.

Der Wärmehaushalt der Böden (und damit auch die wachstumsbestimmende Temperatur im Wurzelbereich der Kulturpflanzen) wird bestimmt von der eingestrahnten Energie, der Wärmekapazität, der Wärmeleitfähigkeit und der Rate der Wasserverdunstung (TÜRKE 1976). Es handelt sich dabei um Faktoren, die durch Mulch beeinflusst werden können, denn durch Mulch kann zum einen mehr Sonnenstrahlung reflektiert werden (wenn er, wie z.B. Strohmulch, heller ist als der Boden), zum anderen absorbiert er selbst einen Teil der Strahlungsenergie und wirkt dadurch auch isolierend. Dem Boden wird deshalb unter einer Mulchschicht weniger Wärme zugeführt.

schiede gegenüber den ungemulchten Varianten von 3-7 % nachgewiesen wurden, entspricht das Wassermengen von 90.000 - 210.000 l Wasser/ha in 20 cm Boden oder 9 - 21 l/m² beziehungsweise einem Niederschlag von 9 - 21 mm. In 30 cm Oberboden Wasserreserven von 13,5 - 31,5 mm.

Weniger Wärmezufuhr bedeutet aber weniger Evaporation und damit eine Anhebung der Bodenfeuchte (siehe Abschnitt 4.3.3.3.), was wiederum zur Folge hat, daß Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit der Böden erhöht werden. Sie erhitzen sich deshalb auch weniger stark als trockene Böden, die aufgrund geringer Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität sehr viel schneller und stärker erhitzt werden und auch schneller wieder abkühlen.¹⁾

Wie schon in Abschnitt 4.3.2.2. (Abbildung 4.3.a. und 4.3.b.) dargestellt wurde, können die Temperaturdifferenzen, die durch Mulch erzielt werden, in den Mittagsstunden leicht auf 4° C und mehr ansteigen, wobei die Differenzen um so größer sind, je flacher die Messungen vorgenommen werden (Abb. 4.3.i.). So betragen die maximalen Bodentemperaturen in 2 cm Tiefe auf einem Ultisol mit 9 cm Grasmulch nur 30,5° C, während sie ohne Mulch auf bis zu 36° C anstiegen.

Bei Versuchen, die von MAURYA und LAL (1981) auf einem Alfisol in Ibadan/Nigeria durchgeführt wurden, betragen die am Tag in 5 cm Tiefe gemessenen Bodentemperaturen in einem Maisbestand und einem Mais/Kuhbohnen-Bestand während der ersten bis sechsten Woche ohne Mulch durchschnittlich 31-38° C. Unter Mulch waren es nur 29-33° C (2-5° C Differenz). Nach Bestandesschluß betragen die Differenzen zwischen 'gemulcht' und 'ungemulcht' noch etwa 1-2° C.

In einem anderen Mulchversuch zu Mais lagen die maximalen Bodentemperaturen während der ersten 1,5 Monate ohne Mulch um durchschnittlich 7° C höher als mit Mulch. Nach Bestandesschluß (ca. 50. Tag) ging die Differenz auch hier auf 2-3° C zurück (LAL 1975).

Tabelle 4.3.7. zeigt die Auswirkungen der Mulchanwendung 2 Wochen nach der Saat von Mais, Straucherbsen, Soja und Kuhbohnen. Die maximalen Temperaturen in 5 cm Bodentiefe waren ohne Mulch mit etwa 41° C fast um 9° C höher als in den gemulchten Feldern mit etwa 32° C und lagen damit auch deutlich über den optimalen Temperaturen für das Auflaufen der Saat.

1) Durch spezielle Mulchmaterialien (Folien, Kohlestaub etc.) kann die Wärmezufuhr zum Boden allerdings auch gesteigert und die Bodentemperatur angehoben werden. Ein Verfahren, das vor allem außerhalb der Tropen Bedeutung hat.

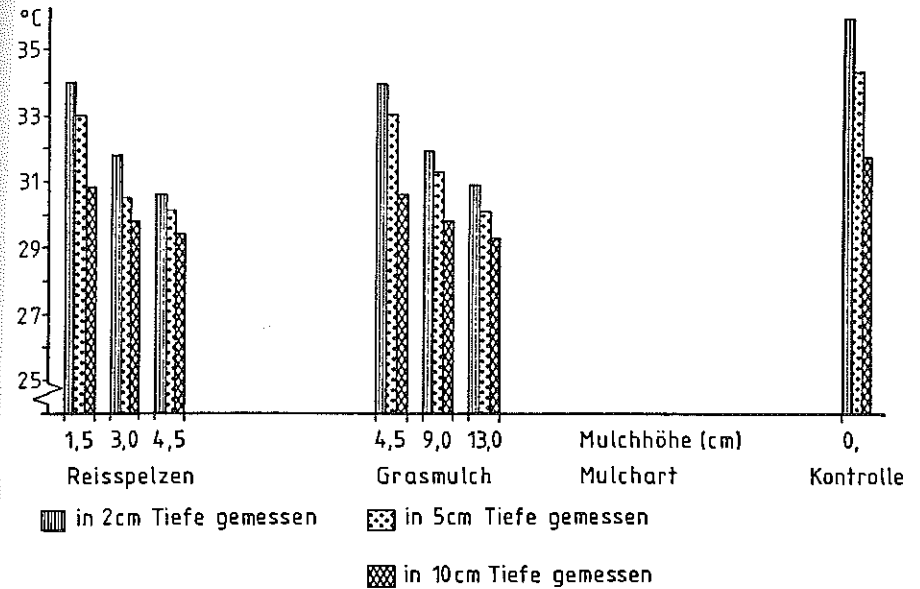


Abb. 4.3.i.: Die Bodentemperatur unter verschiedenen Mulcharten unterschiedlicher Auflagenhöhe in 2, 5 und 10 cm Bodentiefe. Gemessen um 14.00 Uhr (Mittel von 12 Tagen) auf einem Paleudult in Peru (LINDE 1982)

Tab. 4.3.7.: Wirkungen der Bodenbehandlung auf die maximale Bodentemperatur in 5 cm Tiefe unter verschiedenen Feldfrüchten zwei Wochen nach der Aussaat (Alfisol, Ibadan) (ROCKWOOD und LAL 1974)

Behandlung	Maximale Bodentemperatur in °C 2 Wochen nach der Aussaat			
	Mais	Cajanus caj.	Soja	Vigna u.
nur gepflügt	41,4	40,0	41,4	41,8
no-tillage (mit Mulch)	31,6	32,4	32,4	33,4
Differenz	9,8	7,6	9,0	8,4

Diesen Sachverhalt hat LAL (1978) bei Mais näher untersucht, wobei er feststellte, daß die Bodentemperaturen während der ersten vier Wochen des Wachstums täglich für etwa 3-6 Stunden über dem Optimum lagen. Ohne Mulch konnte er 1800 Gradstunden über 30° C ermitteln, während es mit Mulch im gleichen Zeitraum nur 420 Gradstunden im suboptimalen Bereich waren (Einfluß auf das Wurzelwachstum siehe auch 4.3.3.5.).

In dieser dämpfenden, ausgleichenden Wirkung auf den Temperaturverlauf im Boden, durch die die maximalen Temperaturen gesenkt und die minimalen Temperaturen gehoben werden (siehe Abb. 4.3.a. und 4.3.b.), liegt der eigentliche Vorteil der Mulchanwendung bezüglich der Bodentemperaturen begründet. - Der Effekt kann je nach Boden bis in 20-30 cm Bodentiefe deutlich gemessen werden (LINDE 1982, REYNOLDS 1982).

Wie die Ergebnisse zahlreicher Versuche zeigen, wird die mittlere Temperatur des Bodens durch Mulch nur wenig verändert - die Temperaturschwankungen werden aber deutlich gemindert. Damit schafft Mulch Temperaturbedingungen im Boden, die denen unter natürlicher Vegetation mit Laubstreu sehr nahe kommen (AYANABA und OKIGBO 1975).

In Versuchen von LINDE (1982) betrug der Temperaturgang in 5 cm Bodentiefe mit 3 cm Sägespänenmulch nur 3° C, während er ohne Mulch 7° C in 24 Stunden betrug. Die Durchschnittstemperatur war mit Mulch nur etwa 1° C niedriger.

Unter einem Bananenblattmulch zu Kaffee in Tansania betrug die tägliche Temperaturschwankung in 5 cm Tiefe 2-3° C; ohne Mulch waren es bis zu 12° C (JAGNOW 1967).

Durch die Vermeidung suboptimal hoher Bodentemperaturen können sich deutliche Ertragswirkungen ergeben, wobei die Temperaturwirkung, isoliert von den stets mit auftretenden sonstigen Wirkungen, im Feldversuch allerdings nur schwer nachzuweisen ist.

Diese Ertragswirkung über die Bodentemperaturen ist besonders in Gemüsekulturen oft gegeben, die vielerorts unter suboptimalen, heißen Bedingungen angebaut werden. So konnte REYNOLDS (1975) in West Samoa ermitteln, daß von allen untersuchten Ertragsfaktoren die Bodentemperatur den größten Einfluß auf den Ertrag der angebauten Gemüsebohnen (*Phaseolus vulgaris*) hatte. Die durchschnittliche Bodentemperatur in den oberen 5 cm Boden betrug während der ersten 2 Wochen nach der Aussaat mit Kokosblattmulch nur 28,6° C, während sie in der Kontrolle, ohne Bodenbedeckung, bei 37,6° C lag. Der Aufgang wurde dadurch (und durch die Vermeidung von Oberflächenverkrustung) signifikant verbessert. Der Ertrag der Gemüsebohnen war hoch signifikant ($r = 0,89$ bei $P = 0,01$) mit den geringeren Bodentemperaturen unter Mulch korreliert und konnte um 73 % verbessert werden.

4.3.3.5. Wirkungen auf die Durchwurzelung

Erfahrungen, die in Europa in bezug auf das Wurzelwachstum nach Mulchanwendung gemacht wurden, sind nicht ohne weiteres auf die Tropen übertragbar.

Während in temperierten Klimaten - aber zum Beispiel auch in winterkühlen Gebieten Brasiliens - die Entwicklung der Pflanzen durch verzögerte Bodenwärmung unter Mulch leiden kann, ist das in den Tropen eher umgekehrt.

In Untersuchungen von REYNOLDS (1975) bewirkte Mulch bei Gemüsebohnen in West Samoa (wohl vor allem über die geringere Bodentemperatur) eine deutliche Verbesserung der Wurzelbildung.

WATERS et al. (1980) konnten beim CIAT (Kolumbien) durch 4 cm Reisspelzenmulch zu *Phaseolus*-Bohnen eine Zunahme des Wurzelgewichts dieser Bohnen um 38 Prozent ermitteln.

EAVIS und CUMBERBATCH (1977) (siehe oben) konnten nach Mulchgaben in Zuckerrohr ebenfalls ein deutlich größeres, durchwurzelttes Bodenvolumen feststellen, und CHOPART et al. (1979) ermittelten bei Erdnuß auf einem extrem C-armen, sandigen Standort im Senegal (640 mm) eine tiefere Durchwurzelung des Bodens unter Mulch.

In Mais bewirkte jedes Grad Celsius Temperaturanstieg des Bodens über 30° C eine Reduktion des Mais-Trockengewichts um etwa 10 Prozent. Wurden die Maispflanzen Bodentemperaturschwankungen im Bereich von 30-35° C, 30-38° C, 30-40° C, 30-45° C und 30-48° C ausgesetzt, so ging ihr Wachstum parallel zur Steigerung der Temperaturen gegenüber der konstanten Temperatur von 30° C um 20, 26, 32, 44 und schließlich etwa 54 Prozent zurück (Mulch verhindert solche Temperaturschwankungen, siehe Abschnitt 4.3.3.4.). Die Werte der Pflanzenhöhe wurden 13 Tage nach dem Quellen des Mais-saatguts ermittelt. Mais bei 30° C gewachsen hatte zu diesem Zeitpunkt eine Höhe von knapp 50 cm erreicht; bei Temperaturen von 30/48° C waren es erst 24 cm (LAL 1975).

Diese Ergebnisse bestätigen frühere Untersuchungen von WALKER (1969), der nach 26 Tagen den Einfluß konstanter Bodentemperaturen auf das Wurzel- und Sproßwachstum junger Maissämlinge untersuchte. Er stellte fest, daß das Gewicht von Wurzel und Sproß im Temperaturbereich von 27-35° C mit jedem weiteren Grad Celsius über 26° um jeweils etwa 12 % zurückgegangen war.

Untersuchungen über die Wirkung erhöhter Bodentemperaturen von über 30° C auf das Wurzelwachstum von Soja ergaben ein ähnliches Bild (Abb. 4.3.j.). Die mittlere Wurzellänge ging im Bereich über 34° C drastisch zurück.

LAL (1978) ging auch der Frage nach, in welcher Weise Mulch die Wurzelbildung beeinflusst.

Zwischen die Reihen gegebener Mulch förderte deutlich die mittlere und maximale Durchwurzelungstiefe. Auch die seitliche Ausbreitung der Wurzeln wurde deutlich gefördert. Unter der Mulchauflage kam es zu einer vermehrten, oberflächennahen Wurzelbildung (unter Mulch kein Nachteil, da auch der Oberboden unter Mulch länger feucht bleibt). Die Ergebnisse des Versuchs sind in Tabelle 4.3.8. zusammengefaßt.

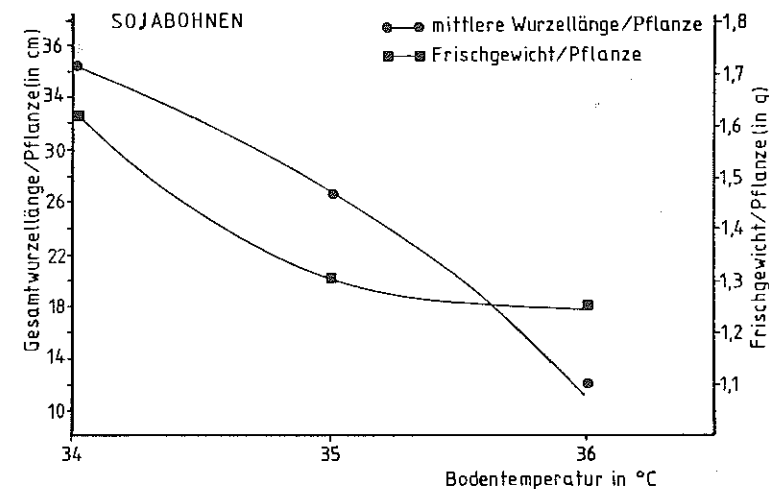


Abb. 4.3.j.: Einfluß der Bodentemperatur auf das Sproßgewicht und die Wurzellänge von Sojasämlingen (LAL 1975)

Tab. 4.3.8.: Wurzelentwicklung bei Mais unter verschiedenen Strohmulchauflagen, ermittelt 40 Tage nach der Aussaat (Ibadan/Nigeria; LAL 1978)

Behandlung	Durchwurzelungstiefe (cm)		seitliches Wurzelwachstum zwischen die Reihen (cm)		Wurzelgewicht g/Pflanze
	Mittel	Max.	Mittel	Max.	
komplette Mulchauflage	19,4	31	23,4	52	32,4
Mulch zwischen die Reihen	21,6	33	24,1	65	26,0
Mulch in die Reihen	17,6	45	20,6	43	23,2
Kontrolle (ohne Mulch)	17,5	30	15,1	46	16,9

Trotz der positiven Effekte des Mulchs auf die Durchwurzelung kann er, wenn er mit minimaler Bodenbearbeitung kombiniert werden soll, die Effekte einer Bodenbearbeitung kurzfristig nicht immer voll ersetzen. Auf Alfisol in Nigeria waren Mais und Soja in ihrer anfänglichen Wurzelentwicklung bei minimaler Bodenbearbeitung (mit Mulch) gehemmt. Nach 3 bis 4 Wochen konnte dies durch verstärktes Wurzelwachstum, das durch die größere Porung in den no-tillage-Parzellen gefördert wurde, wieder kompensiert werden.

Leguminosen wie Kuhbohnen (*Vigna*) und Straucherbsen (*Cajanus*) zeigen kräftigeres Wurzelwachstum und reagieren deutlich positiv auf pfluglose Ansaat mit Mulch (MAURYA und LAL 1981). Wenn also Mulch mit minimaler Bestelltechnik kombiniert werden soll, so empfiehlt es sich (vor allem bei Einführung der neuen Technik), Rotationen mit tiefwurzelnden Pflanzen wie in etwa den Straucherbsen einzuhalten, um den Boden schneller biologisch aufzuschließen.

Wurzelkanäle sich zersetzender Wurzeln und Regenwurmgänge, die sich im Verlauf der Zeit einstellen, wirken (in der Folgezeit) sehr positiv auf die Durchwurzelung, denn die Wurzeln können sich in den ungestörten Regenwurmgängen und Wurzelkanälen rasch ausbreiten und zum Beispiel bei entstehender Trockenheit schnell dem sinkenden Grundwasserspiegel folgen (GRAFF und MAKESCHIN 1979).

4.3.3.6. Wirkungen auf bodenchemische Eigenschaften

Mulch bewirkt eine Schonung, beziehungsweise eine Mehrung des Humus im Boden und damit einhergehend auch eine Steigerung der Kationenaustauschkapazität (KAK), d.h. der Nährstoffspeicherfähigkeit.

Einerseits regt Mulch das Bodenleben und damit den Abbau von organischer Substanz an. Andererseits wird organische Substanz geschont und ergänzt, was im Endeffekt zu einem Gleichgewicht auf relativ hohem Niveau führt (höher als bei konventioneller Bearbeitung).

In Ibadan (Alfisol) betrug der C-Gehalt des Bodens 2,3 %. Zwei Jahre nach der Rodung waren es in der gepflügten Parzelle 1,7 % und in den nur mit

Maisrückständen gemulchten Parzellen mit minimaler Bodenbearbeitung 2,3 %. Nach 3 Jahren waren es 1,4 bzw. 1,8 %.

Wie SINGH et al. (1979) ermittelten, wird unter den oxidativen Bedingungen an der Oberfläche die Streu (Mulch) zwar relativ schnell und vollständiger abgebaut als unter semiaeroben Bedingungen. Lignin-, wachs- und fettähnliche Verbindungen bleiben jedoch als Dauerhumus zurück (AYANABA und OKIGBO 1975).

In Tabelle 4.3.9. sind Ergebnisse dargestellt, die beim IITA in Nigeria erzielt wurden. Hier konnte mit Rückstandsmulch der Humusstatus und die Kationenaustauschkapazität (KAK) gehalten werden, während sie bei Beseitigung der Rückstände deutlich abfielen.

Tab. 4.3.9.: Auswirkungen der Rückstandshandhabung auf den C-Gehalt und die Kationenaustauschkapazität eines Standortes in Nigeria (IITA, Ibadan, 1972-73; AYANABA und OKIGBO 1975)

Ernterückstände	Rückgeführte Menge in t/ha	organische Masse (C) in %	KAK meq./100 g Boden
belassen	16,4	1,63	6,82
entnommen	-	1,04	4,64

SANDERS (1953) konnte durch Mulch von Bananenblättern in Kaffee (20 kg/Baum) den C-Gehalt der Böden deutlich verbessern (nicht so mit Elefantengras, das ein engeres C/N-Verhältnis hatte). Dagegen konnten MUTEA et al. (1980) in ihren Mulchversuchen mit Elefantengras (ebenfalls in Kenia) den C-Gehalt eines Kaffeebodens von 3,8 auf 4,4 Prozent verbessern. Die Feuchtegehalte des Bodens in 0-120 cm Tiefe waren mit Mulch fast stets zwischen 2 und 5 % höher.

Im Feuchtsavannenklime Ibadans/Nigeria konnte durch Mulch mit Laub und Zweigen von *Leucaena* (ca. 4 bis 5 t TM/ha/Jahr), die in Streifen im Feld angebaut wurden, der C-Gehalt eines Ackerbodens in 4 Jahren gegenüber der Kontrolle von 0,98 auf 1,47 Prozent gesteigert werden (IITA 1981), und im Trockensavannenklime von Samaru/Nigeria konnte durch Mulch mit Erdnußschalen (ca. 5 t/ha/Jahr) der C-Gehalt eines sandigen Lehmbodens (Alfisol)

in 9 Jahren von 0,45 auf 0,67 Prozent verbessert werden (bei einer leichten Düngung, die ohne Mulch keinerlei Humuswirkung zeigte (10 kg P, 26 kg N) waren es sogar 0,75 %). Dieser, absolut gesehen geringe, relativ aber bedeutende Anstieg (+ 66 %) hat nach JONES (1971) auf diesem Standort gewichtige Auswirkungen auf das Pufferungs- und Nährstoffhaltevermögen des Bodens. Die Kationenaustauschkapazität (um nur eine bodenchemische Eigenschaft herauszugreifen) kann dadurch um etwa ein Drittel von 2,2 m.e. auf 3,3 m.e./100 g Boden verbessert werden (errechnet nach Angaben von JONES). Der Humusgewinn aus der organischen Substanz war bei Erdnußschalenmulch (C/N-Verhältnis 55:1) mit 20,5 Prozent höher als die C-Retention aus entsprechenden Stallmistmengen (C/N-Verhältnis 25:1), die 12 bis 13 Prozent betrug.

Die humusschonende Wirkung des Mulchens (bei Verwendung von Materialien mit engem C/N-Verhältnis bedeutender als die aufbauende Wirkung) ist vor allem auf die Temperatur- und Feuchtereulation des Mulchs zurückzuführen. Ein Wechsel von Trocknung und Befeuchtung - insbesondere, wenn der Boden beim Trocknen noch stark erhitzt wird - hat einen verstärkten Humusabbau und eine starke N-Mineralisation zur Folge¹⁾ (JAGNOW 1967).

Unter Mulch sind diese wechselnden Bedingungen weniger stark ausgeprägt; der Humusabbau ist geringer und verläuft gemäßigter. MUTEA et al. (1980) sehen deshalb in der Mulchanwendung auch eine Möglichkeit, den "N-flush"²⁾ nach einer Trockenzeit zu reduzieren, um den Stickstoff über längere Zeit verfügbar zu machen.

Tatsächlich ist die N-Versorgung unter Mulch nach JAGNOW (1967) ausgeglichener als ohne Mulch (vor allem in Trockenperioden). In der Regenzeit können unter Mulch höhere N-Auswaschungsverluste auftreten als ohne Mulch, denn die Niederschläge und mit ihnen das Nitrat können schneller und tiefer in den Boden eindringen. (Wo möglich, sind deshalb in Zeiten sicherer, hoher Niederschläge Bodenbedecker sinnvoll, die diese Verluste mindern und bei Eintritt von Trockenheit abgeschlagen werden können (siehe BOUHARMONT 1979).)

- 1) Dieser Effekt wird in traditionellen Systemen durch Dammkultivierung ausgenutzt. Es ist eine Methode, um kurzfristig (etwa zwischen 2 Bra- chezyklen) höhere Erträge zu erzielen ("Verheizen" der organischen Substanz).
- 2) Stickstoffschub

Insbesondere Mulchmaterialien mit einem weiten C/N-Verhältnis, die den Vorteil haben, daß sie den Boden lange bedecken, können in oberen Bodenschichten Stickstoff immobilisieren, so daß - vor allem bei Einführung der Mulchtechnik - mit vorübergehendem N-Mangel gerechnet werden muß. Mulch mit Leguminosen, etwas zusätzlicher Stallmist oder auch ein Ausgleich über mineralischen Dünger können (am besten als Banddüngung an die Pflanzen gegeben) den vorübergehenden N-Mangel verhindern (HAGIHARA 1975 und andere).

Wenn das Bodenleben und ein neues Humusniveau mit normalem C/N-Verhältnis aufgebaut ist (nach 1 bis 3 Jahren), verliert sich dieser Hungereffekt, oder er dreht sich wegen des höheren Humusumsatzes sogar um (LAL 1975, GRIFFITH 1951, zit. in AYANABA und OKIGBO 1975, TANAKA 1974).

Durch Ernterückstände und besonders durch herbeigeschafften Mulch werden bedeutende Nährstoffmengen an den Boden (zurück)gegeben.

Wie aus Tabelle 4.3.10. ersichtlich, sind die Entzüge, die bei kleinbäuerlichen Betrieben durch die Ernteprodukte allein verursacht werden, relativ gering.

Für die meisten Nährstoffe wäre, unter der Voraussetzung, daß es gelingt, den Austrag von Nährstoffen zu unterbinden, das System nahezu ausgeglichen, wenn die Ernterückstände dem Boden wieder zugeführt würden (siehe Tab. 4.3.11).

Die Werte in Tabelle 4.3.11. zeigen, daß insbesondere bei K, Ca und Mg fast eine völlige Rückführung der Nährstoffe via Rückstandsmulch erreicht werden kann. (Faustzahlen der mittleren Nährstoffgehalte einiger Pflanzenrückstände sind in Tabelle 4.3.12. zusammengefaßt.)

Bei Verabreichung von z.B. 10 t/ha Sorghumstroh gelangen nach dieser Tabelle 58 kg N, 10 kg P, 151 kg K, 21 kg Ca, 13 kg Mg und 10 kg S auf einen Standort.

10 t Elefantengras/ha entsprechen in etwa 190 kg N, 12 kg P, 300 kg K (TOLHURST und KILAVUKA 1975).

Wenn Ernterückstände allerdings exportiert oder verbrannt werden, so führt das zu erheblichen Verlusten.

Durch das Brennen gehen C, N und S verloren. Nach CHARREAU (1974, zit. in BALASUBRAMANIAN und NNADI 1980) gehen in den Savannen dadurch jährlich 20 bis 40 kg N und 5 bis 10 kg S pro Hektar verloren, was zu einem

Tab. 4.3.10.: Nährstoffzüge durch die Ernte bei einigen Feldfrüchten in kleinbäuerlichen Betrieben (nach OKIGBO 1980) 1)

Pflanze	Ertrag kg/ha	Nährstoffzug in kg/ha				
		N	P	K	Ca	Mg
Mais (nur Korn)	1100	17,1	3,0	3,0	0,2	0,2
Reis (nur paddy)	1100	13,6	3,5	3,9	0,9	1,5
Erdnuß (Kerne)	(550)	(28,5)	(2,4)	(3,0)	(0,3)	(1,0)
	(Schalen)	(220)	(2,2)	(0,2)	(1,8)	(0,7)
	Gesamt	770	30,7	2,6	5,3	1,0
Maniok (frische Knolle; 30 % TM)	11000	25,0	3,0	66,0	5,9	-
Yam (frische Knolle; 30 % TM)	11000	38,6	3,0	39,9	0,7	-
Bananen (Frucht; 30 % TM)	11000	30,7	4,5	63,2	0,7	-
Kakao (Bohnen)	(550)	(13,6)	(3,2)	(11,4)	-	-
	(Schalen)	(550)	(11,4)	(1,2)	(25,0)	-
	Gesamt	1100	25,0	4,4	36,4	-

1) Nach NYE und GREENLAND (1960) liefern allein die Niederschläge in Westafrika bis zu 18 kg N, 18 kg K, 13 kg Ca und 13 kg Mg pro ha und Jahr. Nach BLUM (1980) sind es global betrachtet 5 bis 35 kg N, 0,2 bis 7,3 kg P, 2,3 bis 38 kg S, 0,2 bis 17 kg K, 0,2 bis 30 kg Ca, 0,1 bis 26 kg Mg pro ha und Jahr, je nach Standort.

Tab. 4.3.11.: Nährstoffanteile in den Erntestückständen einiger Pflanzen in Prozent der gesamten oberirdischen Biomasse (nach BALASUBRAMANIAN und NNADI 1980)

	N	P	K	Ca	Mg	S
Millet-Hirse	53	62	92	97	90	75
Sorghum	49	58	93	95	75	64
Mais	31	32	82	95	57	43
Weizen	24	21	90	80	51	-
Reis	32	24	86	77	48	-
Erdnuß	40	41	80	95	77	55
Kuhbohnen	50	43	82	98	82	-
Baumwolle	43	40	81	99	93	-
Mittel	40	40	86	92	72	59

Tab. 4.3.12.: Mittlere Nährstoffgehalte einiger Ernterückstände in Prozent der Trockenmasse (zusammengestellt von BALASUBRAMANIAN und NNADI 1980)

Pflanzenart/ Pflanzenteil	N	P	K	Ca	Mg	S	
Milletstengel	0,65	0,09	1,82	0,35	0,23	0,15	
Sorghumstengel	0,58	0,10	1,51	0,21	0,13	0,10	
Maisstengel	0,70	0,14	1,43	0,36	0,11	0,12	
Weizenstroh	0,62	0,12	1,72	0,27	0,15	0,12	
Reisstroh	0,58	0,13	1,33	0,20	0,11	-	
Erdnuß-Blätter		0,17	2,11	1,98	0,68	-	
	-Stengel	1,17	0,14	2,20	0,92	0,50	-
	-Schalen	1,00	0,06	0,90	0,25	0,10	0,10
Kuhbohnen-Blätter		0,19	2,20	3,16	0,46	-	
	-Stengel	1,07	0,14	2,54	0,69	0,25	-
Baumwolle - Blätter und Zweige	1,33	0,27	2,35	1,27	0,25	-	

Großteil für den generellen Mangel an C, N und S in den Savannen verantwortlich ist.

Für den Teeanbau in Ruanda fordern DE PRINS und DE VUYST (1974) ebenfalls, daß alle Schnittabfälle des Tees unbedingt als Mulch in den Pflanzungen verbleiben sollten, denn in der Bilanzierung konnten sie für P und K dadurch einen vollständigen Ausgleich erzielen.

Für N war die Bilanz nahezu ausgeglichen; da jedoch bei der Zersetzung noch mit N-Verlusten von mindestens 30 Prozent gerechnet werden muß, ist über Leguminosenmulch von Schattenbäumen wie etwa *Albizia* sp. und *Leucaena* sp., die sich als geeignet für Teepflanzen erwiesen (FRANKE 1980), ein Ausgleich möglich.

In Versuchen des IITA in Nigeria konnte durch Mulch mit *Leucaena* (in Reihemischkultur mit Mais angebaut) der N-Status des Bodens bei einer jährlichen Maisernte von 3,6 t/ha voll aufrechterhalten werden (IITA 1981).

Indirekte Wirkungen des Mulchens auf den Nährstoffhaushalt ergeben sich über die Humuswirkung und das gesteigerte Bodenleben (siehe Kapitel 2.3.3.). Die Verfügbarkeit von P, K und Mg konnte in Verbindung mit Mulchanwendung oft deutlich verbessert werden (FRANKE 1980, BOUHARMONT 1979).

Tab. 4.3.13.: Nährstoffbilanzierung auf 2 Teestandorten in Ruanda (DE PRINS und DE VUYST 1975)

Standort	Schnitt 1972 (Blätter und Zweige) zurückgeführte Elemente in kg/ha			Entzug durch das Pflücken in kg/ha		
	N	P	K	N	P	K
Marais (Histosol)	204,1	19,6	31,8	174	5	48
Colline (Ferralsol)	71	21,7	69,7	87	9	32

Der bei pflugloser Bestellung in gemäßigten Klimaten beobachtete, forcierte Abfall des pH-Wertes in den oberen Bodenschichten ist auch in den Tropen zu befürchten. Durch kräftige Mulchgaben kann und muß dieser Entwicklung begegnet werden. Der Anbau tiefwurzelnder Pflanzen (in Fruchtfolgen oder in Streifenanbau) und das Mulchen dieser Pflanzen, die das Calcium aus den tiefen Bodenschichten wieder nach oben holen, ist in diesem Zusammenhang als besonders günstig zu bewerten. Auch die Regenwürmer, die ihre Kotaggregate an der Bodenoberfläche deponieren, spielen für die Ca-Rückfuhr eine wichtige Rolle. Auf sauren Böden kann und soll ihr Auftreten durch geringe Ca-Gaben zum Mulch gefördert werden.

Von besonderem Interesse ist natürlich auch die Frage, wie sich Mulchpraktiken und minimale Bodenbearbeitung auf die Wirksamkeit von P-Düngungsmaßnahmen auswirken; ist doch gerade dieser Nährstoff in den Tropen häufig stark im Mangel und handelt es sich dabei um einen Nährstoff, dessen Vorräte auf absehbare Zeit zur Neige gehen.

Forschungsergebnisse aus den gemäßigten Klimabreiten geben begründeten Anlaß zu der Vermutung, daß die Effizienz mineralischer P-Düngung auch in den Tropen durch Mulchpraktiken bzw. minimale Bodenbearbeitung deutlich verbessert werden kann.

Beim Vergleich von Obstanlagen, die entweder mit Grasunterwuchs oder ohne Unterwuchs waren, konnte beobachtet werden, daß die Anlagen mit Grasuntersaaten deutlich höhere Gehalte an verfügbarem P aufwiesen als die

mit nacktem Boden (HAYNES 1979). Zur Erklärung konnte gefunden werden, daß Gräser in kurzer Zeit sehr viel P (auch K) aufnehmen können, da sie zu einem Luxuskonsum dieser Nährstoffe fähig sind. P-Dünger werden dadurch rasch in organische P-Formen überführt, die zwar vorübergehend als nicht pflanzenverfügbar angesehen werden müssen, die aber bei der Mineralisierung wieder eine große Bedeutung für das Agroökosystem erlangen. BOULD et al. (1954, zit. in HAYNES 1979) konnten zeigen, daß die P-Aufnahme von Obstbäumen in Anlagen mit Grasunterwuchs, welcher nach dem Schnitt gemulcht wurde, bis zu 37 % höher war, als wenn der Dünger auf den nackten Boden gegeben wurde. - Es ist zu vermuten, daß das Phosphat durch die schnelle Überführung in organische Form in den natürlichen Stoffkreislauf Eingang gefunden hat (anstatt in Form von Apatiten im Boden festgelegt zu werden) und in dieser Form (bei der Zersetzung und Mineralisation von Mulch und Bodenlebewesen) von den Pflanzen effektiver aufgenommen wurde.

Untersuchungen zur minimalen Bodenbearbeitung und zur Mulchanwendung in den USA ergaben ebenfalls eine höhere P-Düngungseffizienz im "mulch-tillage" gegenüber konventioneller Anbautechnik (PHILLIPS et al. 1980). Zur Erklärung werden vor allem zwei Gründe angeführt:

- a) oberflächlich aufgebracht P-Dünger wird unter Mulch besonders gut aufgenommen, weil die Bodenfeuchte an der Oberfläche hier meist höher ist als im übrigen Boden. Die Diffusionsrate des P zu den unter Mulchauflagen reichlich vorhandenen Feinwurzeln (und zu Mykorrhizahyphen)¹⁾ wird dadurch verbessert.
- b) durch die nur oberflächliche Düngerausbringung wird der Kontakt mit dem Mineralboden minimiert, und Festlegung wird weitgehend verhindert. Dadurch bleibt mehr Phosphat löslich und pflanzenverfügbar (kann durch markierte P-Dünger bestätigt werden).

Die Minimierung des Düngerkontakts mit dem Mineralboden, sei es über die organische Transformation oder nur die Reduktion des Bodenkontakts als solches ist auf tropischen Standorten mit eisenoxidreichen, sehr stark P-fixierenden Böden noch viel bedeutender als in den Böden gemäßigter Breiten. Die bessere Effizienz der P-Düngung in Verbindung mit Mulchmaßnah-

1) Anmerkung des Autors

men dürfte deshalb in den Tropen noch viel deutlicher ausfallen. TÜRKE (1976) zitiert in diesem Zusammenhang WILLSON (1972), der durch P-Düngung über Mulch die P-Aufnahme von Teepflanzen um 40 Prozent verbessern konnte.

Auch die Verminderung der Erosion hat Auswirkungen auf den Nährstoffhaushalt eines Standorts.

In Chinchina (Kolumbien) wurde auf Brache nach zweijährigem Maisanbau im ersten Jahr ein Verlust an N, P, K, Ca und Mg von 440 kg/ha mit dem erodierten Boden gemessen (SUAREZ de CASTRO und RODRIGUEZ-GRANDES, 1962, zit. in LAMPRECHT 1973).

ROOSE (1981) gibt für ein Maisfeld in Adiopodoumé/Elfenbeinküste (immerfeuchter Regenwald) bei 90 t Bodenerosion jährliche Verluste von 143 kg N, 29 kg P, 47 kg Ca, 20 kg Mg und 43 kg K an. Durch Oberflächenabfluß entstanden zusätzliche Verluste von 39, 3,4, 23, 15 und 10 kg/ha (neunjährige Messungen).

Schließlich bietet Mulch die Möglichkeit, ohne Konkurrenz um die Wachstumsfaktoren, die bei lebenden Bodenbedeckern unvermeidlich ist, den Boden nahezu vollkommen zu schützen und zu verbessern.

4.3.3.7. Wirkungen auf das Bodenleben

Unbestritten hat Mulch eine positive Wirkung auf das Bodenleben. Die Bodenorganismen werden über den Mulch mit Nährstoffen und Energie versorgt und entwickeln sich unter den aeroben Bedingungen an der Oberfläche sehr gut (naturnaher Zustand, der Streu des Waldes oder der Savannen entsprechend).

Auch die ausgeglicheneren Temperaturen unter Mulch wirken fördernd auf das Bodenleben. Ebenso die relativ feuchten Bedingungen und die Beschattung, die unter dem Mulch herrschen.

Diese Wirkung bezieht sich sowohl auf die Mikrofauna (Pilze, Bakterien usw.) als auch auf die Mesofauna (Käfer, Regenwürmer usw.). Schon PEREIRA und

JONES (1954) haben das beobachtet und sahen im vermehrten Bodenleben eine willkommene Hilfe bei der "Bodenbearbeitung" (Krümelung, Porung, Lebendverbauung usw.).¹⁾

In den Wald- und Feuchtsavannenzonen sind es vor allem die Regenwürmer, die durch Mulch gefördert werden.

ROCKWOOD und LAL (1974) konnten unter Mulch bei minimaler Bodenbearbeitung eine Regenwurmaktivität beobachten, die angenähert der einer natürlichen Buschbrache entsprach. Mit 2400 Kotaggregaten pro Quadratmeter war die Aktivität unter Mulch 24mal so hoch wie auf einem gepflügten Boden ohne Mulch. Tabelle 4.3.14. zeigt den Einfluß des Mulchens auf die Regenwurmaktivität eines Standorts in Westnigeria. Die Bodenstruktur wurde deutlich positiv beeinflusst.

Tab. 4.3.14.: Auswirkung von Mulch auf die Regenwurmaktivität in einem Maisfeld; Bestimmung der Kotaggregatmenge 8 Wochen nach dem Mulchen (LAL 1975)

Behandlung	Kotaggregate/m ²	Äquivalentgewicht in t/ha
kompletter Mulch	568	127
Mulch zwischen den Reihen	264	59
ungemulcht	56	13

GRAFF und MAKESCHIN (1979) geben einen guten Überblick über Aktivität und Bedeutung der Bodenlebewesen und verweisen auch auf die Bedeutung des Bodenlebens für die Energie- und Nährstoffdynamik in Ökosystemen.

Durch die Aufnahme nährstoff- und energiereicher Verbindungen in den Baustoffwechsel der Bodentiere werden viele Stoffe, die ansonsten schnell abgebaut und mineralisiert würden, quasi zurückgenommen,

1) Bei minimaler Bodenbearbeitung ist Mulch wegen seines Schutzes vor Bodenverhärtungen und wegen der Förderung des Bodenlebens geradezu zwingend. Pestizideinsatz kann die positiven Wirkungen auf das Bodenleben beeinträchtigen (IITA 1981). Die Mittel müssen deshalb sorgfältig gewählt werden, oder man sollte auf sie verzichten, wie FUKUOKA (1978) das grundsätzlich empfiehlt.

wiedergenutzt, strukturiert, konserviert, an andere Organismen weitergegeben und so erst stufenweise der endgültigen Mineralisierung zugeführt.

Dieses Ineinandergreifen von Lebenszyklen, das eine Verlangsamung des Energie- und Nährstoffdurchsatzes in den Ökosystemen verursacht, wird auch als 'Rekuperation' bezeichnet und stellt eine wichtige Leistung der Bodenlebewesen dar. Das gilt ganz besonders für die Tropen, denn hier verlaufen Umsatz und Nährstofffreisetzung besonders schnell. Ohne Rekuperationsmechanismen führt das zu einem schnellen (linearen) Durchfluß und zu erhöhten Verlusten (z.B. durch Auswaschung).

Auch noch in semiariden Gebieten kann die Förderung des Bodenlebens bzw. der Regenwürmer durch Mulchmaßnahmen beachtlich sein. Im Nordiran z.B. konnte die Regenwurmaktivität in Obstanlagen auf das 2- bis 4fache gesteigert werden. Die Aufnahmefähigkeit des Bodens für die seltenen aber heftigen Niederschläge konnte dadurch deutlich verbessert werden (Abbildung 4.3.k.).

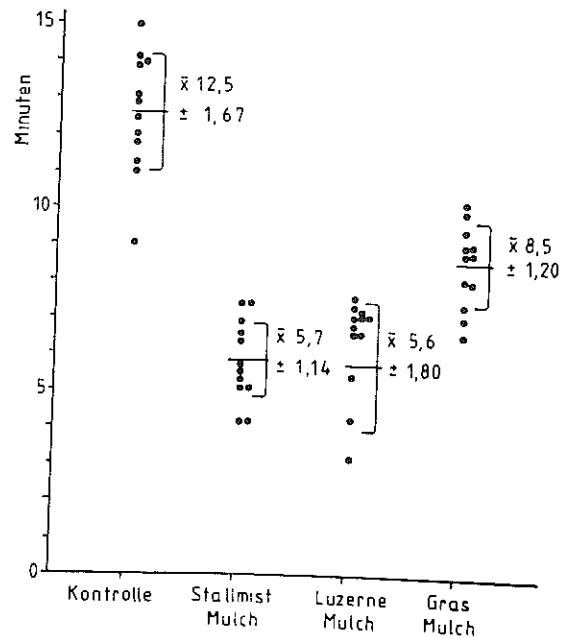


Abb. 4.3.k.: Einfluß von Mulchmaßnahmen auf die Versickerungsdauer von Wasser in einer Obstpflanzung im Nordiran (FALLAHI 1978, zit. in GRAFF und MAKESCHIN 1979). * 3 l Wasser in einer Röhre mit 20 cm Durchmesser

In den Savannen sind es vor allem die Termiten, die durch Mulch in ihrer Aktivität gefördert wurden. Auch sie bewirken eine Verbesserung der Bodenstruktur. Zudem schaffen sie tonreiches (und damit K-reiches) Material aus unteren Bodenschichten an die Oberfläche und sorgen damit für einen Textur- und Nährstoffausgleich. Die Termitenbauten sind reicher an C, Ca, Mg und K, die Nährstoffe sind aber festgelegt und oft erst nach Jahren (bis 80 Jahre) wieder verfügbar (GRAFF und MAKESCHIN 1979, WEBSTER und WILSON 1966, IITA 1981).

Trotz dieser wichtigen und auch positiven Funktionen werden die Termiten, etwa in den Savannen Nigerias, oft mit den Ernterückständen gegen Ende der Trockenzeit verbrannt, um eine zu starke Vermehrung im Bereich menschlicher Siedlungen zu verhindern (BALASUBRAMANIAN und NNADI 1980).

Die Förderung des Bodenlebens erstreckt sich auch auf die Rhizobien. Zahlreiche Versuche in den Tropen haben ergeben, daß Mulch eine Kulturmaßnahme ist, die die Erträge, zum Beispiel von *Phaseolus*-Bohnen, über die erhöhte N-Fixierung positiv beeinflusst. Vor allem die Temperaturregelung und die Feuchte scheinen dafür ausschlaggebend zu sein (GRAHAM 1970, REYNOLDS 1975, AYANABA und OKIGBO 1975).

WATERS et al. (1980) konnten mit 4 cm Reisspelzmulch zu *Phaseolus*-Bohnen die N₂-Fixierung und das Frischgewicht von Bohnenpflanzen in Cali/Kolumbien (1000 m Höhe, 1100 mm, 24° C Jahresmittel) entscheidend verbessern (Abb. 4.3.l.).

Auch frei lebende N₂-Fixierer können durch Mulch deutlich gefördert werden (RAMASWAMI 1979). Durch Reisstrohmulch (10 t/ha), der 50 Tage vor der erneuten Reispflanzung zur Rotte überflutet worden war, konnte die biologische Stickstoffbindung in einem Feld um 32 Prozent gesteigert werden (nähere Ausführungen zur Förderung natürlicher Symbionten siehe Kapitel 4.6.).

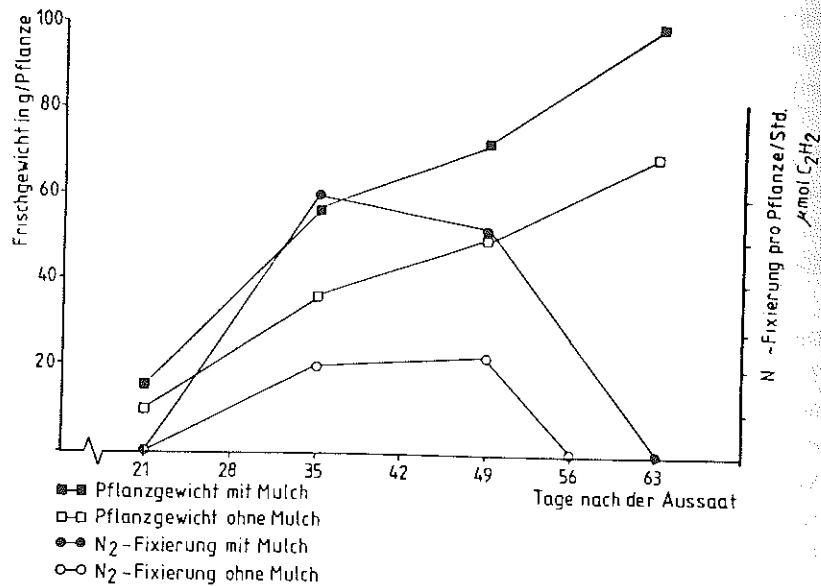


Abb. 4.3.1.: Der Effekt von Reisspelzmulch auf das Frischgewicht von Bohnen und die N₂-Fixierung durch Rhizobien (nach WATERS et al. 1980)

4.3.3.8. Wirkungen auf die Unkrautkontrolle

Mulch ist allgemein dafür bekannt, daß er Unkrautwuchs unterdrücken bzw. begrenzen kann (LAL 1975, WEBSTER und WILSON 1966).

Neben dem Lichtabschluß ist auch die vermehrte biologische Aktivität, der die Unkrautsamen ausgesetzt sind, dafür verantwortlich. Außerdem unterbleibt ein Wenden und intensives Durchmischen des Bodens (minimale Bestelltechnik mit Mulch), so daß auch weniger Samen zum Keimen angeregt werden.

Tab. 4.3.15.: Auswirkungen des Mulchens auf die Unkrautkontrolle in Mais (LAL 1975)

Behandlung	Unkrautwachstum in kg/200m ² Parzelle	
	1. Saison, 1972 nach 4 Wochen	2. Saison, 1972 nach 8 Wochen
Reisstrohmulch	0,5	15,0
Waldstreumulch	0,5	13,0
Kontrolle (ohne M.)	20	46,0
GD (0,05)		9,0

Tabelle 4.3.15. (Feuchtsavannenregion/Nigeria) zeigt, daß die Mulchwirkung erheblich ist. Sie macht aber auch deutlich, daß mit einer vollständigen Kontrolle des Unkrautwachstums nicht gerechnet werden kann.

PEREIRA und JONES (1954) verweisen auch darauf, daß es oft nicht einfach ist, wie gewohnt die mechanische Unkrautbekämpfung durchzuführen, wenn in teilweise zersetztem Mulch gearbeitet wird. Schon sie schlagen deshalb vor, die Mulchanwendung mit Herbizideinsatz zu kombinieren.

Tatsächlich wurde dieser Ansatz in den 60er/70er Jahren aufgegriffen und hat zu dem bekannten Verfahren des "mulch-tillage" geführt, bei dem das Unkraut 2 bis 3 Tage vor der Saat (meist mit 2,5 l Paraquat/ha) totgespritzt und wenn nötig noch als Mulch abgeschlagen wird. Nach ROCKWOOD und LAL (1974) ist bei einer ausreichend deckenden Mulchaufgabe dann schon eine Unkrauthacke 2 bis 3 Wochen nach der Saat völlig ausreichend, um den Unkrautwuchs zu kontrollieren.

Auch Ergebnisse von WIJEWARDENE und WEERAKON (1982) aus Sri Lanka bestätigen, daß die Kombination Herbizidanwendung mit minimaler Bestellung und Mulch ein Verfahren ist, das, ohne die Erträge negativ zu beeinflussen (eher positiv), eine höhere Effektivität der Unkrautbekämpfung und einen besseren Bodenschutz garantiert als konventionelle Bearbeitung (mit oder ohne Herbizidanwendung).

Trotzdem ist das Verfahren mit äußersten Vorbehalten zu betrachten, denn zum einen entstehen dem Kleinbetrieb nicht unerhebliche Kosten (LAL 1975), zum anderen besteht eine Abhängigkeit der Entwicklungsländer, was die Herbizide anbelangt (WIJEWARDENE und WEERAKOON 1982).

Noch schwerwiegender aber ist die Tatsache, daß die Langzeitwirkungen der meisten Herbizide (noch) nicht als unbedenklich angesehen werden können, wie WEGMANN (1977) dies z.B. für Paraquat ermittelt hat, das sich im Boden und in den Sedimenten akkumuliert, die Sorptionskörper blockiert und langfristig als eine Gefahr für unsere Ökosysteme betrachtet werden muß. Es hat eine sehr hohe akute Giftigkeit. 1984 wurde der Einsatz des bis dahin recht unbedenklich gehandelten und angewandten Herbizids ("Gramoxone") in Deutschland weitgehend verboten.

Es ist deshalb notwendig, die Mulchverfahren so zu entwickeln bzw. zu optimieren, daß die Unkrautkontrolle auch ohne Herbizide befriedigend ausfällt. Tabelle 4.3.16. zeigt ein Ergebnis aus Sri Lanka.

Tab. 4.3.16.: Wirkung des Mulchens mit Reisstroh auf den Ertrag von *Vigna unguiculata* (L.) Walp. und das Unkrautwachstum (nach WIJEWARDENE und WEERAKOON 1982)

Behandlung	Kuhbohnererträge in kg/ha	Unkraut (TM) in g/m
kein Mulch	362	14,3
Mulch 4 t/ha	491	11,1
Mulch 8 t/ha	625	8,5
LSD (p = 0,05)	65	5,4

Zweifelsohne ist mit einer solchen Reduktion des Unkrautwachstums schon eine erhebliche Arbeitersparnis verbunden.

QUINN (1975b) konnte durch eine Auflage von etwa 4 cm Gras-, Erdnuß- und Maisstengelmulch in Tomaten den Aufwand für die Unkrautbekämpfung um 31, 37 und 14 Prozent reduzieren. (Maismulch war weniger effektiv, weil die sperrigen Stengel die Unkrautbekämpfung mit der Hacke behinderten, so daß zum Teil Handjäten notwendig wurde.)

In Tansania konnte THOMAS (1975) in Kokosnußanzuchtbeeten den Aufwand für die Unkrautbekämpfung ebenfalls deutlich reduzieren. Mit 5 cm Sägemehlaufgabe waren in 10 Monaten nur 2 leichte Unkrautbekämpfungen nötig, mit 5 cm Kokosnußblättern (die zur Erleichterung der Unkrautbekämpfung von den größten Stielen befreit wurden) waren 3 Unkrautbekämpfungen nötig, in der Kontrolle waren es 5.

Die Beispiele zeigen, daß Mulch alleine schon sehr weitreichende Wirkung zeigen kann. (Es gibt aber auch Fälle, wo zum Beispiel 10 t Maisstrohmulch/ha noch keine ausreichende Wirkung zeigten (IITA 1981).)

Wo genügendes Material für eine ausreichende Bodenbedeckung fehlt, ist es unter Umständen angezeigt, nur in jeder zweiten Reihe zu mulchen, damit sowohl eine ausreichende Unkrautunterdrückung, als auch eine erleichterte Bekämpfung (in den mulchfreien Reihen, Hacke) sichergestellt werden kann.

In bezug auf die Verwendung von Mulchmaterialien empfiehlt es sich, den Rat von NOGUEIRA et al. (1973) zu beherzigen und nur Mulchmaterialien herbeizuschaffen, die von Unkrautsamen möglichst frei sind.

In Gebieten mit ausreichenden Niederschlägen ist unter Umständen die Verwendung von Bodenbedeckern (bzw. "Lebendmulch") günstiger als die Mulchanwendung.

In Tabelle 4.3.17. sind Auswirkungen einer Streifenmisch-Kultur mit mulcherzeugender *Leucaena* auf die Verunkrautung dargestellt.

Tab. 4.3.17.: Trockenmasse von Unkräutern in Mais und Cowpea im "Alley-cropping" (Reihenmischkultur) mit *Leucaena* und in offenen Beständen, g/m² (WIJEWARDENE und WEERAKOON 1982)

Variante	Mais	Kuhbohne
Anbau in Reihenmischkultur (2 m Abstand der <i>Leucaena</i> -Reihen)	19 (728)*	17 (424)*
Anbau in offenen Feldern (ohne Mulch)	96 (579)*	123 (499)*
Prozentuale Unkrautunterdrückung	80 %	86 %

* Die Angaben in Klammern sind die Erträge in kg/ha von Mais und Vigna, die unter den Bedingungen eines extrem trockenen Vegetationszyklus allgemein relativ niedrig ausfielen.

4.3.3.9. Wirkungen auf das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen

Wie in den folgenden Ausführungen gezeigt werden wird, ist eine eindeutige und generelle Antwort auf die Frage, ob Mulch das Auftreten von Krankheiten oder Schädlingen fördert oder behindert, nicht möglich.

Dennoch lohnt es sich, diesbezügliche Ergebnisse der Mulchanwendung im einzelnen zu studieren, denn was für den Mulch gilt, das gilt auch für andere Kulturmaßnahmen.

Einfacher ausgedrückt: Es gibt keine Kulturmaßnahmen und nicht einmal Pflanzenschutzmittel, von denen man generell und allgemeingültig behaupten könnte, daß sie das Auftreten von Schaderregern unterbinden oder fördern, denn stets treten beide Wirkungen parallel auf, und mit der Verminderung des einen oder anderen Schaderregers ist über kurz oder lang die Förderung eines anderen verbunden.

Die Frage lautet also nicht, ob Mulch ein Mittel zur Schädlingsbekämpfung darstellt, sondern es stellt sich die Frage, welche Wirkungen Mulch unter welchen Bedingungen auf welche Schaderreger und Kulturen hat, wie sie zu bewerten sind und wie man sie erreichen oder verhindern kann.

Ein erster Schlüssel zur Beantwortung dieser Frage liegt darin, daß man sich nochmals vergegenwärtigt, welche Wirkungen Mulch allgemein hat und wie er

die Standortverhältnisse beeinflusst.

Im zweiten Schritt stellt sich die Frage, wie die Veränderung der Standortfaktoren voraussichtlich auf Schädlinge und Krankheiten wirkt (deren Biologie dazu allerdings in groben Zügen bekannt sein muß), um davon ausgehend bereits Hypothesen über den Einfluß auf bestimmte Schaderreger (-gruppen) zu formulieren.

Als im phytomedizinischen Sinne relevante Mulchwirkungen können z.B. die Veränderung der Bodentemperatur, der Erhalt eines feuchten Oberbodens, die Unterbindung des Kontaktes von Pflanzenblättern mit dem Boden, die Verhinderung des Aufspritzens von nassem Boden, die Verbesserung der Wasserversorgung, die Veränderung des Kleinklimas am Boden und die Veränderung der Oberflächenfarbe betrachtet werden.

Durch die Anregung des Bodenlebens werden die Bedingungen für das Wachstum der Pflanzen allgemein verbessert. Auch führt ein vielfältiges und aktives Bodenleben zu zahlreichen Interaktionen der Bodenlebewesen, die sich gegenseitig durch Konkurrenz und Antibiosis kontrollieren. Massenvermehrungen einzelner bodenbürtiger Krankheitserreger treten dadurch viel seltener auf.

Dauerformen von Krankheiten, wie etwa Sklerotien von *Phymatotrichum* (Wurzelfäule der Baumwolle), können durch organische Masse auch in Abwesenheit der Wirtspflanze zum Keimen veranlaßt werden und sterben dann ab. Ruhestadien von Schädlingen sind in biologisch aktiven Böden erhöhten Angriffen anderer Organismen ausgesetzt, wodurch ihre Überlebensrate sinkt. Schließlich fördert Mulch die organische Masse im Boden, wodurch, von Ausnahmen abgesehen, die Gesundheit der Pflanzen gefördert wird (ALLISON 1973, PATRICK und TUSSON 1965).

Schon konkretere Beziehungen ergeben sich bezüglich der Auswirkungen des Mulchens mit Ernterückständen. Die staatlichen Verordnungen zur Beseitigung von Baumwollrückständen sind das vielleicht bekannteste Beispiel für Schadorganismenbekämpfung durch die Vernichtung von Ernterückständen. Dazu kann aber bemerkt werden, daß solche Verordnungen sich meist auf den Anbau von großflächigen Reinkulturen oder gar den Daueranbau von Reinkulturen beziehen (FRANKE 1981). Es handelt sich dabei um Ausbausysteme, die Massenvermehrungen geradezu heraufbeschwören und die in Konzepten

standortgerechter Landwirtschaft deshalb von vornherein vermieden werden, bzw. vermieden werden sollten.

Stengelbohrer in Mais, Zuckerrohr oder Sorghum (*Chilo* sp., *Ostrinia* sp., *Diatrea* sp. usw.) stellen aber auch in kleinbäuerlichen Betrieben ein Problem dar. Sie verpuppen sich in den Stengeln der Wirtspflanzen (in Trockenzeiten Diapause) und können neue Bestände leicht befallen, wenn die Ernterückstände als grobe Mulchauflage auf den Feldern verbleiben (KRANZ et al. 1979).

Pflügen, Abweiden, Kompostieren oder feines Zerhacken kann den Befall dann deutlich reduzieren. - Ein Verbrennen sollte im Hinblick auf den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit durch die Rückführung organischer Masse möglichst immer unterbleiben.

Ob eine parallel stattfindende Vermehrung von Schmarotzern (Parasiten) und Räubern (Prädatoren) in solchen Fällen langfristig einer Massenplage entgegenwirken kann ("Decline effect"), ist noch weitgehend ungeklärt und hängt auch stark vom Anbausystem, von eventuellen Pflanzenschutzmaßnahmen und sonstigen Einflüssen ab.

Bei Versuchen in Mexiko bewirkte Mulch in Mais weder eine Zunahme noch eine Abnahme der Schädlinge (VIOLIC et al. 1982).

Ein erfolgreiches Beispiel der Verwendung von Ernterückständen in einer zweigliedrigen Fruchtfolge ist aus Japan bekannt (Abschnitt 4.3.2.4.).

FUKUOKA (1978) konnte durch den Wechsel von Reis- und Roggenstrohmulch zu Roggen und Reis über Jahre hinweg ein sehr stabiles Agroökosystem schaffen und das Auftreten bedeutender Krankheiten (z.B. *Pyricularia orizae*) oder Schädlinge (Zikaden z.B.) verhindern.

Im folgenden sind einige Versuche zur Wirkung von Mulch auf Schädlinge dargestellt. Sie zeigen, daß Mulch sowohl fördernd als auch hemmend auf das Vorkommen wirtschaftlich bedeutender Schädlinge wirken kann.

Mulch mit Reisspelzen und Gras führte bei Buschbohnen in Südbrasilien zu einem vermehrten Schädlingsauftreten. In Verbindung mit Pflanzenschutzmaßnahmen waren die Erträge aber deutlich höher als ohne Mulch (NOGUEIRA et al. 1973).

Dagegen konnte das Auftreten von Zikaden (*Empoasca* sp.) in Puerto Rico durch Mulch mit Silberfolien und Zuckerrohrstroh deutlich verringert werden.

Mulch mit Zuckerrohrstroh brachte Erträge, die denen eines "clean-weeding" plus Insektizidanwendung entsprachen (CRUZ 1981).

Auch in Kaffee wurden unterschiedliche Mulchwirkungen festgestellt. So konnte in Kenia, nach Einführung der Mulchtechnik, beobachtet werden, daß die Miniermotten *Leucoptera meyrinckii* GHESQ. und *Leucoptera coffeina* WASHBN. verstärkt auftraten, was von den Autoren darauf zurückgeführt wurde, daß bei Mulchanwendung kein trockener, warmer Boden bleibt, der ansonsten dazu führte, daß sehr viele der Larven austrockneten (LEE und WOOD 1971 in TÜRK 1976).

LE PELLEY (1968, ebenda) konnte dies bestätigen, fand aber auch, daß die Schäden durch den Kaffeeflasenfuß (*Diarthrothrips coffeae* WILL.) durch Mulch und die damit verbundenen feucht-kühlen Verhältnisse zurückgehen, was durch ACLAND (1971, in VAN RIJN 1982) bestätigt wurde. ACLAND hebt dabei hervor, daß die Kaffeepflanzen mit Mulch weniger Feuchtestress ausgesetzt sind und deshalb weniger befallen werden.

Derselbe Autor berichtet auch davon, daß Bananenblattmulch in Bananen den Befall durch *Cosmopolites sordidus* deutlich mildern kann - allerdings nur dann, wenn er nicht ganz bis an die Scheinstammbasis gegeben wird.

LITZENBERGER und HO (1961) konnten durch Mulch mit *Eupatorium odoratum* (syn. *Chromolaena odorata*) in Pfeffer Nematoden (*Heterodera marioni*) und die von ihnen verursachten Folgeinfektionen (z.B. mit *Phytium complectans* Br.) sehr gut bekämpfen (20 t FM/ha).

Bei ebenfalls mit *Eupatorium* durchgeführten Versuchen in Nigeria (IITA 1982) konnten die Ergebnisse aus Indochina bestätigt werden. Die nematizide Wirkung des Mulchmaterials scheint auch hier wesentlich dazu beigetragen zu haben, daß die Bananenerträge nach vier Vegetationsperioden mit Mulch (40 t FM/ha) viermal so hoch waren wie ohne Mulch (siehe Tabelle 4.3.20.)

Ein Schädlingsproblem allgemeiner und grundsätzlicher Natur wird von BHARDWAJ (1981) und BALASUBRAMANIAN und NNADI (1981) angesprochen. In Gebieten Asiens und auch anderer Regionen, wo Ratten und Mäuse vermehrt auftreten, kann Mulch diese Plage fördern, weil er Schlupfwinkel und Brutstätten für diese Tiere schafft (Bekämpfung!).

In wechselfeuchten Gebieten Afrikas wird Mulch teilweise von der Bevölkerung abgelehnt, weil dadurch Termiten stark zunehmen können. Ein Übergreifen auf holzige Teile der Kaffeepflanzen (Maisstengel etc.) ist dann möglich.

Auch Schnecken können sich nach Mulchanwendung unter Umständen stark vermehren. Falls auch durch Verwendung anderer Mulchmaterialien keine Abhilfe geschaffen werden kann, ist auf Mulch zu verzichten oder eine Bekämpfung (z.B. mit Raubschnecken) einzuleiten.

In bezug auf Krankheiten ergibt sich ebenfalls kein einheitliches Bild.

In Gemüsekulturen ist Mulchen eine traditionell häufig geübte Praxis (in Ostkalimantan z.B. zu Mais, Stangenbohnen, Sareptablattsenf und Kürbis, nicht jedoch zu Auberginen, Peperoni und Maniok) (SCHUBERT et al. 1982). In Samaru (Nigeria) konnten die Erträge marktfähiger Tomaten (Buschform) durch Gras- oder Maismulch (ca. 4 cm) deutlich verbessert werden (siehe Tab. 4.3.22.), was unter anderem auf eine Verringerung des Auftretens von *Sclerotium rolfsii* Sacc. und anderer Krankheiten zurückzuführen war (QUINN 1975a).

ODEBUMNI (1979) stellte dagegen nach Mulchanwendung in Tomaten eine Zunahme pilzlicher Erkrankungen fest.

Durch Mulchen von Gemüsebohnen (insbesondere mit Kokospalmenzweigen; 2 bis 4 cm Auflage) konnte REYNOLDS (1975) das Auftreten von *Sclerotium rolfsii* Sacch. während der Regenzeit so stark reduzieren, daß er bis zu 365 Prozent Mehrertrag erzielte.

In der trockenen Jahreszeit (West Samoa) trat die Krankheit allgemein weniger auf. Trotzdem waren die Erträge mit Mulch besser. Unter trockenen Verhältnissen war aber nicht mehr *Sclerotium rolfsii* der entscheidende Ertragsfaktor, sondern durch die niedrigere Bodentemperatur wurden der Aufgang und die Rhizobienaktivität gefördert (s.o.).

Bei Arabica-Kaffee in Malawi wurde durch Mulch das Auftreten der Collar rot-Krankheit (verursacht durch *Fusarium stilboides*) gefördert. Die Autoren empfehlen deshalb, den Mulch nicht ganz bis an den Stamm zu geben (etwas frei lassen), um dieser Krankheit, wo sie auftritt, keinen Vorschub zu leisten (SIDDIQUI und CORBET 1965, zit. in TÜRKE 1976).

Demgegenüber konnte das Auftreten der Panamakrankheit bei Bananen (*Fusarium oxysporum* SCHL. var. *cubense* E.F.S.M.) durch Zuckerrohrabfall vermindert werden (FEAKIN 1972, ebenda), weil durch den Mulch die

krassen Wechsel von Austrocknung und Bodennässe, welche die Krankheit fördern, vermieden werden.

In Anzuchtbeeten von Kakao stellte URQUART (1955, ebenda) fest, daß durch Mulch der Befall mit *Colletotrichum* wirksam kontrolliert werden konnte, weil der Mulch verhinderte, daß mit den aufspritzenden Regentropfen Sporen vom Boden auf die Blätter geschleudert werden.

Sehr interessant sind auch die Mulchversuche zu Bohnen (*Phaseolus v.*) von WEINKE (1962). Durch Mulch mit Getreidestroh, Sägemehl und anderen C-reichen Materialien wurde im Hypokotylbereich der Bohnen eine N-Immobilisierung verursacht. N war aber der Nährstoff, der, wenn er im Hypokotylbereich konzentriert auftrat, hier die Infektion der Bohnen durch *Fusarium solani* f. *phaseoli* ganz deutlich förderte. N in tieferen Bodenschichten hatte keinen Einfluß auf den Krankheitsverlauf, das heißt durch Mulch mit Materialien, die ein relativ weites C/N-Verhältnis aufweisen, konnte diese Krankheit gezielt bekämpft werden.

Zusammenfassend läßt sich feststellen:

Mulch ist als eine Kulturmaßnahme anzusehen, die auch Auswirkungen auf Schaderreger haben kann.

Das gleiche gilt für traditionelle Kulturverfahren, die durch Mulch verbessert, ergänzt oder ersetzt werden und die meist auf langjährigen Erfahrungen beruhen (welche im Einzelfall allerdings nicht mehr den aktuellen Verhältnissen angemessen sein müssen).

Die Abschaffung alter oder die Einführung neuer Kulturmaßnahmen sollte deshalb stets gut überlegt sein, denn als Innovation kann Mulch, trotz seiner vielfältigen, positiven Effekte, mit Erfolg und/oder mit Risiken verbunden sein. Traditionelle Vorbehalte (falls vorhanden) sollten auf alle Fälle ernstgenommen, berücksichtigt und untersucht werden.

Die Beachtung der nachfolgenden Regeln kann helfen, ungünstige Wirkungen von Mulch auf Krankheiten und Schädlinge zu vermeiden:

- Durch das Studium der Biologie, der Fortpflanzung und der Lebensansprüche der wichtigsten Schaderreger läßt sich meist schon sehr gut abschätzen, welche Wirkungen Mulchmaßnahmen auf ihr Auftreten haben können.

- Der Wirkkreis der (in einer Region) wirtschaftlich bedeutsamen Schad-
erreger sollte überprüft werden, um nach Möglichkeit die Schadübertra-
gung auf neue Bestände zu vermeiden (also z.B. kein Maisstengelmulch
zu Mais oder Sorghum).
- Jahreszeitlich können Mulchmaterialien (z.B. auf das Auftreten von pilz-
lichen Krankheiten) sehr verschieden wirken (große Regenzeit, kleine
Regenzeit).
- Nur langfristige Betrachtungen sind sinnvoll.
- Erfolg oder Mißerfolg kann von der Wahl des Materials abhängen (Nähr-
stoffwirkung, nematizide Wirkung, phytotoxische Wirkung usw.). Deshalb
sollte stets mit mehreren Materialien getestet werden.
- Die Art der Mulchanwendung kann entscheidend sein (in, und/oder zwi-
schen den Reihen).
- Jeder Standort ist anders. (So wird in heißen Gebieten durch Mulch das
Auflaufen meist gefördert und dadurch die Gefabr von Auflaufkrankhei-
ten vermindert. In tropischen Gebirgslagen hingegen kann die morgend-
liche Erwärmung behindert sein, und der Effekt dreht sich um.)

Abschließend sei noch angemerkt, daß die Betrachtung der
Beziehungen zwischen Mulch und Schaderregerauftreten nicht auf das
Auszählen von Krankheitssymptomen oder Schädlingen beschränkt bleiben
darf, denn über die Verbesserung der bodenphysikalischen, -chemischen und
-biologischen Eigenschaften (siehe oben) wird eine Kräftigung der Kultur-
pflanzen erzielt und damit ihre Resistenz oder Toleranz gegenüber Pathoge-
nen gefördert. Es ist durchaus möglich, daß Pflanzen trotz höheren Befalls
höhere Erträge bringen, das heißt, daß die positiven Effekte einen Befall
mehr als kompensieren können.

4.3.3.10. Wirkungen auf den Ertrag

Im allgemeinen hat Mulch eine positive Wirkung auf die Ertragsbildung.
Aus jahreszeitlich oder tagesperiodisch kühlen Zonen (z.B. Hochanden, Süd-
brasilien, Monsunisien) sind aber auch negative Tendenzen bekannt (verzöger-
te Bodenerwärmung).

In Kombination mit minimaler Bodenbearbeitung sind Mehrerträge nicht
immer zu erwarten, denn der Boden nimmt bei solcher Anbautechnik neben
der Pflanzenart (evtl. auch der Sorte) einen stärkeren Einfluß auf die Er-
tragsbildung. So sind nach SANCHEZ und SALINAS (1982) die guten Ergeb-
nisse, die mit dieser Technik in Afrika erzielt wurden, in Südamerika nicht
immer reproduzierbar, weil dort mehr die bodenchemischen als die boden-
physikalischen Faktoren ertragslimitierend sind.

Im folgenden sind eine Reihe von Versuchsergebnissen zusammengestellt, die
einen Überblick über Möglichkeiten und den Umfang der zu erwartenden Er-
tragsbeeinflussung bieten. Die eindeutigsten Ertragswirkungen von Mulch sind
bisher in Kaffee nachgewiesen worden. In Versuchen von PEREIRA und
JONES (1954) in Kenia konnte sowohl im Trockenjahr 1950 als auch im
feuchten Jahr 1951 der Kaffee-Ertrag durch eine vollständige Mulchauflage
mit 10 cm Elefantengras auf etwa das Doppelte gesteigert werden. Mulch in
jeder 2. Reihe brachte noch Mehrerträge von etwa 50 %.

Tab. 4.3.18.: Kaffeeerträge in Reaktion auf Grasmulch (10 cm) (in cwt.
reiner Kaffee/acre) (PEREIRA und JONES 1954)

Jahr	Regenfall (inch/J.)	Kontrolle ohne Mulch	Mulch vor d. Regenzeit alle Reihen	Mulch vor d. Regenzeit jede 2.Reihe	Mulch nach d. Regenzeit (komplett)
1950	24	0,76	1,52	1,09	0,71
1951	54	6,81	12,08	10,58	9,82

FRANKE (1981) zitiert Ergebnisse von COSTE (1965), der sogar Ertragszu-
nahmen um das 3- bis 6fache (je nach Sorte) erzielen konnte.

In Versuchen von BOUHARMONT (1979) in Kamerun brachte Mulch, der
auf den Kaffeeflächen zwischen den Reihen erzeugt wurde, im Mittel der
ersten 3 Jahre seit dem Auspflanzen 14 Prozent Mehrertrag (im Jahr über-
durchschnittlicher Trockenheit aber 50 Prozent).

Auch SANDERS (1953) konnte durch Mulch mit Bananenblättern (1 ha pro
ha Kaffee) den Kaffeeertrag in 10jährigen Versuchen um 50 Prozent ver-
bessern.

Die meisten Ergebnisse zur Mulchanwendung in annuellen Kulturen liegen für Mais vor. LAL (1978) z.B. konnte durch Mulch zu Mais in 3 aufeinanderfolgenden Jahren 38, 10 und 22 Prozent Mehrertrag erzielen. In anderen Versuchen (1975) waren es etwa 20 Prozent.

In neueren Versuchen von MAURYA und LAL (1980) war Minimalbearbeitung mit Mulch in normalen Jahren mit ausreichend Niederschlägen nur geringfügig der konventionellen Bearbeitung überlegen, wohingegen in Jahren mit ausgeprägten Trockenperioden ein deutlicher Mehrertrag durch Mulch erzielt wurde.

Die Ergebnisse bestätigen die schon 1974 von ROCKWOOD und LAL veröffentlichten Resultate, wonach mit Mulch-Tillage in Mais mindestens gleich gute Erträge zu erzielen sind wie mit einer konventionellen Bearbeitung. Das gleiche traf für *Vigna*-Bohnen und *Cajanus cajan* zu. Sojabohnen reagierten ohne Bodenbearbeitung negativ auf den Mulch.

Bei Erdnuß (*Arachis hypogaea*) konnten CHOPART et al. (1979) durch Mulchen auf einem semiariden Standort im Senegal ebenfalls 24 Prozent Ertragszuwachs erzielen. Der Effekt trat jedoch nur auf, wenn auch eine gründliche Unkrautbekämpfung vorgenommen wurde.

Auch Phaseolus-Bohnen scheinen in den Tropen positiv auf Mulch zu reagieren. NOGUEIRA et al. (1973) konnten in Südbrasilien durch bodenbedeckenden Mulch mit Gras und Reisspelzen den Bohnenertrag in der warmen Jahreszeit deutlich verbessern. In der feuchtkühlen Jahreszeit zeigte Mulch keine signifikante Wirkung.

WATERS et al. (1980) konnten die positive Mulchwirkung auf die Bohnen bestätigen. In Versuchen beim CIAT (Kolumbien) war die vegetative Masse (Wurzel und Sproß) in der Mulchvariante (4 cm Reisspelzen) 50 Prozent größer als in der Kontrolle. Der Bohnenertrag war (wohl aufgrund einsetzen der Trockenheit) in diesem Versuch nicht verschieden, während REYNOLDS (1975) durch Mulch (2,5 cm Kokosblatt) den Ertrag von Gemüsebohnen um 73 bis über 300 Prozent verbessern konnte.

Auch Tomaten können positiv auf Mulch reagieren. In der Trockensavanne Nigerias (Luvisol; 700 mm/J.; sandig-toniger Lehm) reagierten Tomaten auf

Grasmulch mit einem marktfähigen Mehrertrag von 20 bis 40 Prozent (siehe auch Tab. 4.3.22.).

Für Knollenfrüchte liegen sehr wenig Ergebnisse vor. VAN RIJN et al. (1982) zitiert positive Ergebnisse aus Indien. Dort konnten TAMBURAJ et al. (1980) die Maniokerträge durch minimale Bearbeitung mit Mulch gegenüber der konventionellen Technik deutlich verbessern.

LAL (1975) konnte zeigen, daß Yam mit Mulch früher gepflanzt werden kann und mit Mulch dann sehr gute Erträge zu erzielen sind (gegenüber fast völligem Ertragsausfall ohne Mulch). Zur normalen Zeit ausgepflanzt, waren die Erträge mit Mulch deutlich besser.

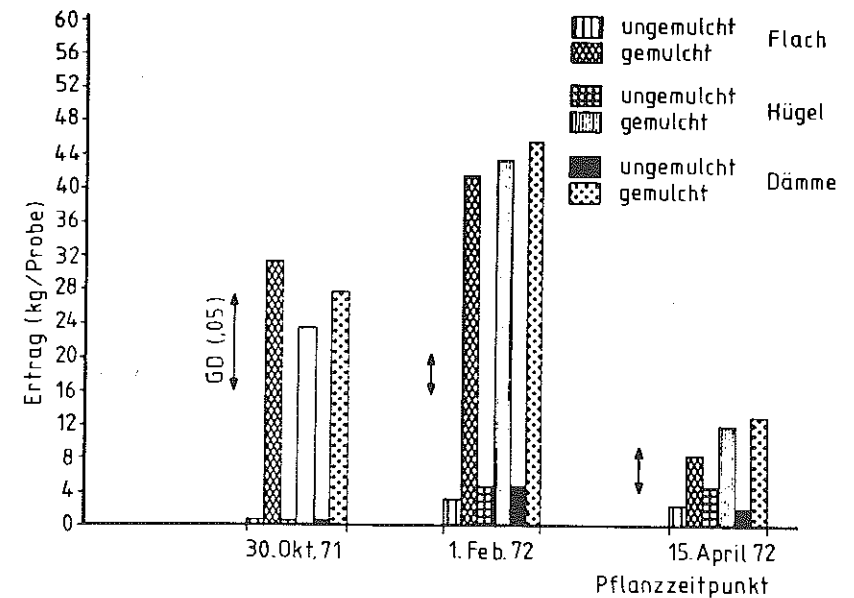


Abb. 4.3.m.: Auswirkungen der Methoden der Pflanzbeetbereitung und des Mulchens auf den Knollenertrag von Yam (*Dioscorea* sp.) (LAL 1975)

In Yurimaguas/Peru auf einem Ultisol konnte WADE (1978, zit. in SANCHEZ und SALINAS 1982) durch Mulch mit *Panicum maximum* zu 5 Kulturen 64 Prozent des Ertrags der Flächen mit einer optimalen mineralischen Düngung erzielen. Mit *Pueraria phaseoloides* (Kudzu) gemulcht, waren es sogar 80 Prozent des Höchstertrages mit mineralischer Düngung.

Tab. 4.3.19.: Auswirkungen des Mulchens und der Einarbeitung von Gründüngung (ungedüngt) - ein Vergleich mit Erträgen gedüngter Parzellen bei 5 aufeinanderfolgenden Kulturen (WADE, zit. in SANCHEZ und SALINAS 1982) 1)

1. Erträge (dt/ha)* bei opt. mineral. Düngung (= 100 %)	1.Kultur Soja	2.Kultur Kuhbohnen	3.Kultur Mais	4.Kultur Erdnuß	5.Kultur Reis	
	11,0	7,4	41,7	28,8	27,4	
Ungedüngte Behandlungen (% von 1.)						Durchschn. der Wirkung
2. Unbedeckter Boden	9	59	33	55	64	44
3. Grasmulch	14	103	57	52	94	64
4. Gras eingearbeitet	33	90	70	69	94	71
5. Puerariamulch	-	97	72	63	90	80
6. Pueraria eingearbeitet	109	77	88	79	99	90

1) Die Werte in der Tabelle sind in Prozent der Erträge bei optimaler Minereraldüngung angegeben.

* Düngung nach Bodenanalysen möglichst optimal (incl. Mikronährstoffe)

Wie die zahlreich angeführten Ergebnisse zeigen, haben Mulchmaßnahmen, von Ausnahmen abgesehen, einen positiven Einfluß auf die Ertragsbildung der Kulturpflanzen. Noch deutlicher wird in den Versuchen die Wirkung des Mulchens als Maßnahme zur Förderung der Ertragstabilität.

Dies gilt auch und vor allem für die Verfahren mit minimaler Bodenbearbeitung. LAL (1975) bemerkt dazu, daß auch Mulch alleine kein Mittel ist, um aus dem Nichts hohe Erträge zu zaubern, er ist aber zweifelsohne ein Mittel, um auch in Vegetationsperioden mit ungünstiger Regenverteilung oder mit längeren Trockenperioden die Erträge deutlich zu stabilisieren.

Wegen der günstigen Wirkung auf den Boden ist diese Stabilisierung nicht nur auf aktuelle Ereignisse beschränkt, sondern es hat sich gezeigt, daß Mulch auch langfristig in der Lage ist, das Ertragsniveau eines Bodens zu garantieren.

Das Bananenbausystem (siehe oben) das BERTONI (1926) beschrieben hat, ist ein deutliches Indiz für diese Eigenschaft und auch NYE und GREENLAND (1960) konnten dies in Westafrika bestätigen. Während in einer Mais/Maniok-Rotation mit mineralischer Düngung die Erträge nach 8 Jahren sehr stark abgefallen waren, konnte in der Mulchvariante das Ertragsniveau aufrechterhalten werden.

Bei Versuchen des IITA (1982) waren Bananenflächen, die eine mineralische Düngung erhielten, schon nach 4 Jahren praktisch unrentabel geworden. Durch Mulch mit 40 t Frischmasse von *Chromolaena odorata* konnte das Ertragsniveau hingegen stufenweise sogar verbessert werden, so daß der Ertrag der gemulchten Flächen im vierten Versuchsjahr viermal größer war als auf den mineralisch gedüngten Flächen.

Ein nicht unerheblicher Teil der Mulchwirkung ist vermutlich auf die nematiziden Eigenschaften von *Chromolaena o.* zurückzuführen (s.o.).

Tab. 4.3.20.: Wirkung von Mulch (Blatt und Stengel) mit *Chromolaena odorata** und mineralischer Düngung auf Kochbananen (gemessen im 4. Versuchsjahr) (IITA 1982)

	Mulch 40 t/ha und Jahr	mineralische Düngung (300 kg N, 250 kg P ₂ O ₅ , 550 kg K ₂ O/ha und 2 Jahr)
Ertrag (t/ha)	22,8	4,8
Bündelgewicht in kg geerntete Pflanzen (% des Ausgangsbestands)	11,8	8,1
Erntedauer in Monaten	116,0	36,0
	10,0	6,0

* alter Name: *Eupatorium odoratum*

FUKUOKA (1978) schließlich betont, daß die Wirkung von Mulch auch von der verwendeten Sorte abhängen kann.

Die Mulchversuche von MENEZES SOBRINHO et al. (1974) bestätigen dies.

Sie konnten in Mulchversuchen zu Knoblauch zeigen, daß die Sorten unterschiedlich auf Mulch reagierten.

Tab. 4.3.21.: Reaktion von Knoblauchsorten (*Allium sativum* L.) auf Mulch und N-Düngung in Sete Lagoas (Minas Gerais), Brasilien (nach MENEZES SOBRINHO et al. 1974)*

Sorte	N-Düngung kg NH_4SO_4 /ha	Zwiebelertrag in dt/ha	
		mit Mulch	ohne Mulch
Branco	0	59,8	55,2
	500	61,6	63,2
Mittel	-	60,7	59,2
Barbado	0	57,1	29,1
	500	62,7	41,4
Mittel	-	59,9	35,2

*Alle Varianten erhielten eine Grunddüngung

Zwei von drei Sorten, "Amaranthe" (nicht aufgeführt) und "Barbado", reagierten gut auf Mulch, während die Sorte "Branco" kaum eine Reaktion zeigte. Bei "Barbado" war die Mulchwirkung einer mineralischen N-Düngung eindeutig überlegen.

4.3.4. Ökonomie des Mulchens

Eine Bewertung des Mulchens in bezug auf seine ökonomische Effizienz gestaltet sich aufgrund der wenigen vorliegenden Daten schwierig.

Um sich dennoch ein einigermaßen klares Bild von der betriebswirtschaftlichen Problematik der Mulchanwendung machen zu können, ist es sinnvoll, zunächst vier prinzipiell verschiedene Ausgangssituationen voneinander zu unterscheiden:

- Das Mulchmaterial wird auf besonders ausgewiesenen Flächen erzeugt.
- Ernterückstände werden als Mulch verwendet.
- Das Mulchmaterial stammt aus der Verarbeitung und fällt als Abfall oder Nebenprodukt an.
- Das Mulchmaterial wird synchron zur Kultur auf den gleichen Flächen erzeugt, ohne den Ertrag der Hauptkultur zu schmälern ('in situ'-Mulch).

Bei der Produktion von Mulchmaterial auf besonders dafür ausgewiesenen Flächen ergibt sich die Situation, daß diese Flächen nicht für andere Kulturen zur Verfügung stehen. Je nachdem, was für Kulturen auf diesen Mulcherzeugungsf lächen angebaut werden könnten, entstehen dadurch entsprechende Nutzungskosten. Sie sind so hoch wie der entgangene Gewinn, der bei alternativer Nutzung zu erzielen wäre.

Wie in Tabelle 4.3.18. dargestellt, kann durch Mulch in Kaffee das Ertragsniveau nahezu verdoppelt werden. In diesem Fall wäre die Entscheidung zugunsten des Mulchanbaus einfach, denn um einen Hektar Gras anzubauen, ist wesentlich weniger Arbeit und Kapital erforderlich, als wenn ein weiterer Hektar Kaffee ohne Mulchanwendung angebaut würde.

Schwieriger ist die Situation, wenn die Erträge zwar stark ansteigen, aber nicht ganz eine Verdoppelung erreicht wird.

CLAYTON (1968, zit. in TÜRKE 1976) beschreibt einen solchen Fall aus Kenia.

Hier belief sich der Rohertrag im gemulchten Kaffee auf 6000 DM gegenüber nur 3400 DM im ungemulchten Kaffee (Differenz 2600 DM).

Die Kosten für den Mulchanbau und die Ausbringung blieben weit unter 2600 DM, so daß sich das Mulchen zunächst als sehr wirtschaftlich erwies. Anders betrachtet (ohne arbeitswirtschaftliche Restriktionen) könnte aber auf dem Grasland anstelle von Mulch auch ungemulchter Kaffee angebaut werden.

Die nun entscheidenden Größen für die Entscheidung Mulch oder Nicht-Mulch sind die (Nutzungs-)Kosten, die dem Ertragsausfall von einem ha ungemulchtem Kaffee entsprechen (also 3400 DM) und der durch Mulch erzielte Mehrertrag von 2600 DM. In diesem Fall müßte sich der Bauer, wenn sonst keine Begrenzungen zu beachten sind, für den Anbau eines 2. Hektars ungemulchten Kaffees entscheiden.

LAL (1975) bemerkt dazu, daß die Produktion von Mulchmaterialien auf besonders ausgewiesenen Flächen in vielen annualen Kulturen bei genauer Betrachtung oft unwirtschaftlich ist (zumindest wenn die Aufwands- und Ertragsrechnung auf kurze Sicht (z.B. für eine Vegetationsperiode) betrachtet wird).

In Kulturen, die einen hohen, marktfähigen Ertrag bringen (Intensivkulturen) bzw. bei Verfügbarkeit von viel Land spielt der entgangene Nutzen von Mulcherzeugungsflächen dagegen eine untergeordnete Rolle. So erwies sich die Mulchanwendung bei Tomaten in Nigeria als eine wirtschaftlich sinnvolle Maßnahme (QUINN 1975), während das Anbinden der Tomaten an Stöcke zwar auch deutliche Mehrerträge brachte, unter den gegebenen Kostenverhältnissen aber zu arbeitsaufwendig und deshalb unwirtschaftlich war. Schon geringe Mulchgaben von etwa 4 cm bewirkten eine Ertragssteigerung um über 40 % (Tabelle 4.3.22.). Der durch Mulch um 31 % geringere Arbeitsaufwand bei der Unkrautbekämpfung ist bei dieser Zusammenstellung noch nicht berücksichtigt.

Tab. 4.3.22.: Ertrag marktfähiger Tomaten in Abhängigkeit von Mulch und Anbindung in Samaru/Nigeria (gedüngter Versuch; Fungizidanwendung) (QUINN 1975a)

Behandlung		marktfähiger Ertrag in t/ha ¹⁾ (Ø 1968-70)	zusätzlicher Arbeitsaufwand (Manntage/ha)
Grasmulch (4 cm)	Stützen (Anbindung)		
-	-	23,02	0
ja	-	33,62	160
-	ja	33,92	247 ¹⁾
ja	ja	41,31	407 ¹⁾

1) Diese Maßnahmen erwiesen sich unter den lokalen Preis/Kosten-Verhältnissen als unwirtschaftlich; ebenfalls die nicht aufgeführte Polyäthylenvariante.

In Brasilien erwies sich Mulch zu Bohnen ebenfalls als wirtschaftlich, wenn er in Jahren gegeben wurde, die keine ideale Niederschlagsverteilung aufwiesen (NOGUEIRA et al. 1973). In Jahren mit guter Niederschlagsverteilung hingegen war der Mehraufwand nicht unmittelbar gewinnbringend. Der Einsatz von Eupatorium-Mulch in Bananen, wie er in Kapitel 4.3.3.10., Tabelle 4.3.20. beschrieben ist, erwies sich unter den örtlichen Verhältnissen ebenfalls als äußerst wirtschaftliche Maßnahme.

Werden anstelle speziell erzeugter Mulchmaterialien Ernterückstände als Mulchmaterial verwendet, so ändert sich die Situation.

Das Mulchmaterial ist nun nicht mehr mit Nutzungskosten belastet, so daß der Mulcheinsatz schon dann wirtschaftlich ist, wenn der zusätzliche Nutzen durch Mulch größer ist als die Kosten, die durch Transport und Ausbringung entstehen (bzw. wenn der Nutzen bei der Anwendung als Mulch größer ist als bei alternativer Verwendung der Ernterückstände z.B. als Futter, Brennmaterial oder Rohstoff).

TÜRKE (1976) zitiert in diesem Zusammenhang Versuche, die von KAMAARA und KIMEU (1973) in Kenia durchgeführt werden (Tabelle 4.3.23.). Durch Verwendung des in der Kaffeeregion reichlich anfallenden Maisstrohs als Mulchmaterial konnte im Kaffee ein kaum durch Kosten belasteter Mehrertrag von 170 kg/ha erzielt werden, der den Deckungsbeitrag des Maisanbaus deutlich verbesserte.

Tab. 4.3.23.: Wirtschaftlichkeit der Maisproduktion zur Korn- und Mulcherzeugung (KABAARA und KIMEU 1973, in TÜRKE 1976)

Aufwand	Kosten in Shilling	Erträge	Wert in Shilling
1. 84 kg/ha P 135 kg/ha N	516	1. 45 Sack Mais à 35 Shilling	1575
2. Saatgut	50		
3. Bodenbearbeitung	50	2. 170 kg Kaffee à 6 Shilling	1020
4. Unkrautbekämpfung	172		
5. Ernte, Aufbereitung, Lagerung, Transport	145		
Gesamt	933	Gesamt:	2295

Transportkosten entstehen allerdings nur dann, wenn das Mulchmaterial (die Ernterückstände) von anderen Ackerflächen herbeigeschafft wird, während sie in einer Fruchtfolge mit Rückstandsmulch vernachlässigt werden können.

Auf einem Fluvisol (pH 8,1) in Indien konnte Reisstrohmulch in Naßreis äußerst wirtschaftlich eingesetzt werden (schon 42 Tage vor der Neuaussaat wurde der Mulch überschwemmt). Selbst wenn das Stroh zu geltenden

Marktpreisen berechnet wurde, war der Nutzen des Mulchs, der vor allem durch eine bessere N-Fixierung frei lebender Algen und eine Verbesserung der P-Düngerwirkung zustande kam, ganz deutlich. Das für Mulch eingesetzte Kapital hatte mit Abstand die höchste Rendite erbracht (Tabelle 4.3.24.)

Tab. 4.3.24.: Wirtschaftlichkeit und Effekte von Strohmulch auf die organ. Substanz, den Korn- und Strohertrag und die biologische N-Fixierung in Wasserreis (nach RAMASWAMI 1979)

Variante	org. C (%)	C/N-Verhältnis	Korn- ertrag (dt/ha)	Strohertrag (dt/ha)	Düngerkosten (Stroh- u. Min.Düng- in Rupies) 1977	Ertrag in kg/ein- gesetzter Rupie Kapital	N-Fixierung (in kg/ha)
1. Kontrolle	1,55	17,4	41,94	70,83	-		281 (100%)
2. N, P ₂ O ₅ , K ₂ O 180-90-90	1,58	12,3	45,20	85,00	1530	2,95	271 (96)
3. Strohmulch 100 dt/ha	1,59	12,3	46,00	75,00	600	7,67	373 (132)
4. 3. + 90 kg Super- phosphat	1,47	11,4	46,67	72,00	1191	3,92	370 (131)
5. Strohmulch 150 dt/ha	1,53	12,0	44,95	64,66	900	4,99	326 (116)
6. 5. + 90 kg Super- phosphat	1,55	11,9	47,33	85,33	1491	3,18	380 (135)

Auch die "Mulch-Tillage"-Verfahren, die in Nigeria und Sri Lanka für die Tropen entwickelt werden, können zu den Mulchverfahren mit Ernterrückständen gerechnet werden. In Verbindung mit Herbizideinsatz konnte durch diese Verfahren der Kostenaufwand in Mais, gegenüber konventionellen Anbauverfahren mit dem Pflug, um über 50 % reduziert werden (WIJEWARDENE und WEERAKON 1982), was durch Versuche des CIMMYT bestätigt wurde (VIOLIC et al. 1982).

Die Verfahren in Verbindung mit dem Einsatz von Herbiziden können jedoch noch nicht befriedigen. Sie müssen durch Verfahren ohne Herbizideinsatz ersetzt und auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht werden.

Grundsätzliche Voraussetzung für Mulchverfahren mit Ernterrückständen ist eine hohe Biomasseproduktion auf den Feldern. Fruchtfolgen, Sortenwahl, Mischkulturen etc. müssen deshalb von vornherein so angelegt werden, daß auch genügend Mulchmaterial zur Verfügung steht.

Wo dies nicht möglich ist, besteht vielerorts auch die Möglichkeit, Mulchmaterialien aus lokalen Verarbeitungsbetrieben zu beziehen (z.B. Zuckerrohr-rückstände, Reisspelzen, Presskuchen, Rückstände der Baumwollverarbeitung, Erdnußhülsen etc.).

Sofern die Produkte Abfallcharakter haben, entstehen nur geringe Kosten für die Ausbringung bzw. je nach Entfernung auch für den Transport.

Schließlich gibt es noch die Möglichkeit, das Mulchmaterial synchron auf dem gleichen Feld wie die Hauptkulturen zu erzeugen. Beispiele hierzu liegen vor allem aus dem Bereich der feuchten und wechselfeuchten Tropen vor, wo zumindest jahreszeitlich bedeutende Niederschlagsüberschüsse auftreten. Unter der Voraussetzung, daß dies gelingt (ohne die Erträge der Hauptkultur zu beeinträchtigen), kann der Arbeitsaufwand gegenüber dem Mulchen mit herbeigeschafftem Material ganz erheblich reduziert werden. (In Versuchen von BOUHARMONT (1979) betrug die Arbeitersparnis - alleine für das Verteilen des Mulchmaterials auf dem Feld 20-40 %.) Berücksichtigt man noch den Antransport von Mulchmaterialien von anderen Feldern, der in Kenia etwa 60 % des Kostenaufwands bei Grasmulch in Kaffee ausmacht (WALLIS 1964, zit. in TÜRKE 1976), so ergibt sich noch ein günstigeres Bild.

In Kaffeeplantagen in Kamerun (1100 m ü.M.) ist es BOUHARMONT (1979) gelungen, mit der Leguminose *Flemingia congesta*, die relativ wenig Wasser verbraucht und trockenresistent ist, in den Zwischenreihen der Kaffeeplantagen Mulch zu erzeugen und gleichzeitig den Unkrautwuchs zu kontrollieren, ohne daß der Kaffee-Ertrag darunter gelitten hätte.

Tabelle 4.3.25. zeigt einen Vergleich des Arbeitsaufwandes der verschiedenen Verfahren. Mimosa, Pueraria und Stylosanthes waren auf diesem Standort

(ca. 1650 mm/Jahr, 3-4 aride Monate) wegen zu hohen Wasserverbrauchs bzw. mangelnder Unkrautunterdrückung nicht geeignet.

Mulch mit "in situ" erzeugter *Flemingia congesta* verursachte zwar im 1. Jahr noch 30-40 % Mehrarbeit, bereits im 2. und 3. Anbaujahr war dieses Verfahren gegenüber der Kontrolle ohne Bodenbedecker aber mit etwa 40 % weniger Arbeitsaufwand belastet. (*Flemingia* wird dabei mehrmals jährlich geschnitten und gemulcht, in den Feldern ohne Bodenbedecker und Mulch ist jährlich eine leichte Bodenbearbeitung unterstellt.)

Bei Verzicht auf die Bodenbearbeitung (in Jungpflanzung kaum empfehlenswert) war der Aufwand durch das *Flemingia*-Verfahren nur geringfügig höher und erbrachte schon in der Jugendphase des Kaffees Mehrerträge von über 14 %.

Auf die Verfahren des "Alley-cropping" mit *Leucaena* und Mais kann in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen werden, da keine betriebswirtschaftlichen Studien dazu vorliegen.

In den oben dargestellten Überlegungen und Berechnungen wurden nur kurzfristige und unmittelbare Wirkungen beurteilt, die leicht zu bewerten sind. Nicht berücksichtigt wurden Nebenwirkungen von Mulch, wie z.B. der Nährstoffaufschluß oder die N-Produktion durch Leguminosen. Auch Bodenschutz und Erosionsschutz sind nur schwer monetär bewertbar - obgleich sie von existentieller Bedeutung sind.

ROOSE (1981) verweist in diesem Zusammenhang auf die Tatsache, daß die oftmals gewaltigen Kapitalanstrengungen zur Erosionsverbauung und zur Terrassierung in Gebieten mit bis zu 20-25 % Gefälle völlig vermieden werden könnten - alleine durch die Anwendung der Mulchtechnik. EDWARDS (1979) errechnete in Kenia, daß die Kosten, die durch den Verlust von einem Hektar fruchtbaren Bodens entstehen, den Kosten entsprechen, die durch die Erschließung und Inkulturnahme von 4 ha mittelfruchtbaren Landes entstehen (sofern es solches noch gibt).

Die Stabilisierung der Erträge und der langfristige Erhalt der Bodenproduktivität sind Mulchwirkungen, die in betriebswirtschaftlichen Bilanzen ebenfalls kaum berücksichtigt werden, die aber für den an seinen Boden gebundenen Kleinbauern von außerordentlicher Wichtigkeit sind.

Als Fazit kann aus den bisherigen Erfahrungen gefolgert werden, daß eine generell gültige, ökonomische Bewertung der Mulchverfahren nicht möglich

Tab. 4.3.25.: Arbeitsaufwand (AKh) für verschiedene Verfahren des Kaffeeanbaus (mit mulcherzeugenden Bodenbedeckern, mit herbeigeschafftem Mulch und ohne Bodenbedeckung) während der ersten 3 Jahre in Kamerun; ca. 1650 mm/Jahr, 3-4 aride Monate, 1100 m ü.M. (aus BOUHARMONT 1979)

Varianten ¹⁾	Pueraria BB/ Mulch	Mimosa BB/ Mulch	Stylo. BB/ Mulch	Flemingia BB/ Mulch	Mulch von Außen- flächen	Kontr. ohne BB/ Mulch
1. Jahr						
Ansaat ²⁾	9	9	9	28	-	-
Pflege	36	36	36	66	30	30
Abmähen und Mulchen	8	18	18	14	20 ³⁾	-
Bodenbear- beitung	-	-	-	-	(50)	(50) ⁴⁾
Gesamt	53	63	63	108	50-(100) ³⁾	30-(80)
2. und 3. Jahr						
Ansaat	-	9	-	-	-	-
Pflege	36	36	40	13	33	40
Abmähen und Mulchen	12	12	12	40	23 ³⁾	-
Bodenbear- beitung	-	-	-	-	(50)	(50) ⁴⁾
Gesamt	48	57	52	53	56-(106)	40-(90)

- 1) BB/Mulch heißt, daß Bodenbedecker in den Kaffee gesät werden, die dann als Mulch geschnitten und in die Kaffeereihen verabreicht werden.
- 2) ohne Arbeit der Saatbearbeitung
- 3) ohne Berechnung der Arbeit für den Antransport der Mulchmaterialien zum Feld
- 4) eine Bodenbearbeitung ist in der Jugendphase der Kaffeepflanzung meist notwendig

ist. Nur von Fall zu Fall, je nach angewandtem Verfahren (s.o.) und je nach den örtlichen Preis : Kosten-Relationen kann eine Bewertung erfolgen.

Niedere Erzeugungskosten, niedere Transportkosten und eine gute Organisation der Arbeitsabläufe sind die wichtigsten Punkte, die für einen wirtschaftlichen Einsatz von Mulchverfahren zu beachten sind.

Je weniger intensiv eine Kultur ist, desto mehr Bedeutung erlangt die arbeitswirtschaftliche Betrachtung des Mulchens. Arbeitsaufwendige Verfahren sind in der Regel nur im Intensivanbau von Marktkulturen zu vertreten.

4.3.5. Zonale Gesichtspunkte

Im Bereich der immerfeuchten tropischen Wälder und bedingt auch in den Zonen des halbmehrgrünen Regenwaldes kann die Verwendung von Bodenbedeckern (life-mulch) unter Umständen günstiger sein als die Anwendung von Mulch.

A YANABA und OKIGBO (1975) verweisen aber auf die Tatsache, daß gerade auch in diesen Klimagebieten oftmals hervorragende Ergebnisse durch Mulch erzielt werden, weil Mulch in der Lage ist, unregelmäßig eintretende Trockenperioden auszugleichen, die besonders negativ auf die Ertragsbildung wirken, wenn sie in kritischen Perioden der Kulturpflanzen auftreten.

LINDE (1982) konnte das auf dem Standort Yurimaguas/Peru (Ultisol) bestätigen; Lebendmulch bewirkte eine deutliche Verschlechterung der Wasserversorgung.

Gräser sind sehr gut geeignete Mulchmaterialien in dieser Zone, da sie ganzjährig zur Verfügung stehen. Wie die Ausführungen mehrerer Autoren zeigen, lassen sich aber auch mit anderen Pflanzen (z.B. *Pueraria phaseoloides*, *Eupatorium odoratum*) oder mit Mulchmaterialien integrierter Baumkulturen (z.B. *Leucaena*) sehr gute Ergebnisse erzielen.

Die Erosionsminderung, zum Beispiel durch Mulch mit Ananas und Maisrückständen, wurde ebenfalls deutlich demonstriert (siehe oben).

In dieser Zone, in der strukturstabile Böden mit viel Ton und relativ guten Gehalten an organischer Substanz dominieren, sind durch Mulch, auch in

Verbindung mit minimaler Bodenbearbeitung, gute Ergebnisse zu erwarten. Lediglich auf schlecht dränenden Böden - wenn diese überhaupt für annuelle Kulturen genutzt werden - sind auch negative Wirkungen durch exzessive Nässe bei Mulchanwendung bekannt. Die Ergebnisse von THOMAS (1975) zeigen, daß es bei sehr hohen Niederschlägen günstiger sein kann, ein Mulchmaterial zu verwenden, das etwas locker lagert, damit der Gasaustausch aufrechterhalten wird.

Die Bedeckung und Beschattung des Bodens durch Mulch wirkt sehr ausgleichend auf die Verhältnisse im Boden und kommt damit den natürlichen Verhältnissen dieser Standorte sehr nahe. Eine positive Wirkung auf das Bodenleben allgemein und auf die heute bekannten Mikroorganismen, wie zum Beispiel Rhizobium und Mykorrhiza, ist vielfach schon nachgewiesen worden (siehe Kapitel 4.6.).

Die meisten Ergebnisse zur Mulchanwendung liegen aus dem Bereich der wechselfeuchten Savannenklimare vor.

Hier sind lebende Bodenbedecker nur noch in seltenen Fällen (hohe Wasserkapazität der Böden, Höhenlagen mit geminderter Evaporation usw.) ein geeignetes Mittel, um die Böden zu schützen und ihre Fruchtbarkeit zu erhalten (eventuell als Späteinsaaten).

Zwar kann durch ein Abschlagen der Bodenbedecker und Mulchen der vegetativen Masse die ertragsmindernde Wirkung (durch Wasserkonkurrenz) zum Teil vermieden werden, Verfahren mit lebenden Bodenbedeckern bzw. Untersaaten bleiben in den Savannen aber risikoreich.

Die Integration strauchartiger Gewächse (*Leucaena*, *Tephrosia* usw.) ist dagegen eher möglich, denn sie treten weniger stark in Konkurrenz zu den annuellen Kulturen und beeinflussen mit ihrem Blattmulch den Ertrag häufig positiv, wie Versuche beim IITA und anderswo zeigen konnten.

Der Wechsel von Feuchte und Trockenheit regt den Humusabbau in den wechselfeuchten Klimaten besonders stark an (JAGNOW 1967) und kann durch Mulchanwendung gemildert werden. Auch eine Überhitzung des Oberbodens, die oft über dem Optimum liegt, wird durch Mulch vermieden; ebenso die rasche Zerstörung und Verkrustung der oberflächennahen Boden-

struktur, die auf frisch bearbeiteten, ungeschützten Feldern meist schon nach den ersten Starkregen auftritt.

In den Gebieten mit 2 Regenzeiten (groß und klein) sind vor allem in der kleinen Regenzeit, mit relativ unzuverlässigen Niederschlägen, gute Ergebnisse durch Mulch zu erzielen. In der großen Regenzeit sind die Erträge oftmals ähnlich oder gleich, aber die Erosionsbekämpfung ist in dieser Zeit um so dringlicher.

Auch die Tendenz zu mehr permanenter Landnutzung ist in dieser Klimazone am stärksten ausgeprägt, weshalb die Notwendigkeit von Maßnahmen zum langfristigen Erhalt der Bodenfruchtbarkeit besonders gegeben ist. Die vielen, in den vorausgehenden Abschnitten angeführten Ergebnisse zeigen, daß Mulch hierbei eine hervorragende Rolle spielen kann.

Auf Böden, die schon sehr stark degradiert und stark verdichtet sind, kann Mulch - vor allem wenn auf eine Bodenbearbeitung verzichtet wird - nicht seine volle Wirkung entfalten. Solche Böden sollten durch Buschbrache oder sonstige Bodenbedecker erst 1-3 Jahre für die Mulchanwendung vorbereitet werden, denn die Verbesserung der bodenphysikalischen Eigenschaften und der bodenbiologischen Aktivität kann dadurch schneller erreicht werden. Wichtig ist das Ausbringen des Mulchs zu Beginn (nicht zum Ende) der Regenzeit, denn nur in dieser Zeit ist das Bodenleben voll aktiv.

In den semiariden Gebieten beziehungsweise den Trockensavannen wird das Wasser zum bestimmenden, ertragslimitierenden Faktor. Die meist sehr C-armen Böden mit hohen Gehalten an Schluff und Feinsand sind sehr stark erosionsgefährdet. Unter solchen Verhältnissen kommt es vor allem darauf an, a) die Infiltration der Niederschläge zu verbessern und b) die unproduktiven Wasserverluste zu mindern.

Mulch trägt beiden Anforderungen Rechnung und stellt ein geeignetes Mittel dar, die Wasserressourcen besser zu nutzen.

Ob auch auf eine Bodenbearbeitung verzichtet werden kann, ist sehr umstritten. Die Schulen um CHARREAU (wendende Bodenbearbeitung) und LAL (minimale Bearbeitung) sind sich bis jetzt eigentlich erst darüber einig geworden, daß der Rückführung der Ernterückstände eine sehr wichtige Rolle dabei zufällt.

Je strukturschwächer, sandiger und C-ärmer die Böden, desto eher scheint eine Bodenbearbeitung sinnvoll und umgekehrt (ROOSE 1981).

Nur mit Mulch kann es sehr schwer sein, eine ausreichend günstige Bodenstruktur zu erhalten, beziehungsweise es würden hohe Gaben über lange Zeiträume notwendig, um sie zu erzielen, denn die Bodenbearbeitung bei einem "Mulch-tillage"-System wird primär durch die Bodenorganismen vorgenommen, und die sind in den Trockensavannegebieten nur relativ kurze Zeit aktiv.

Auf bearbeiteten Böden kann Mulch die gute Struktur einer Pflugfurche erhalten (oft zerstört durch frühe Niederschläge) und ihren Effekt deutlich verbessern.

Unabhängig von der Kultivierung - ob nun mit oder ohne Bodenbearbeitung - trägt Mulch in den Trockensavannegebieten zur Verbesserung des Wasserhaushalts und der Bodenstruktur bei, denn er vermindert den Oberflächenabfluß, die selektive Erosion von Feinteilchen und die unproduktive Verdunstung von Bodenwasser.

Ob es auch gelingt, genügend Mulchmaterial (Erdnußschalen, Hirsestroh, Baumwollverarbeitungsrückstände, Gräser usw.) bereitzustellen, hängt von den lokalen Verhältnissen und den Anbausystemen ab. Solange die Rückstände an die Tiere verfüttert oder sonst irgendwie genutzt werden, wird die alternative Verwendung als Mulch wenig attraktiv sein. Das Verbrennen der Rückstände und der natürlichen Vegetation sollte aber unterbleiben. Die Brennmaterialerzeugung mit schnellwachsenden Hölzern ist auch in dieser Klimazone, besonders auf Standorten mit relativ grober Körnung im Oberboden, ökologisch sinnvoller und erlaubt die Nutzung der Rückstände, z.B. als Mulch.

In Bergregionen ist Mulch aufgrund der erosionsmindernden Wirkung besonders angebracht.

Nur in Grenzlagen, wo bestimmte Kulturpflanzen schon unter suboptimalen Temperaturen angebaut werden, kann es günstiger sein, auf Mulch zu verzichten, um die täglich von neuem stattfindende Erwärmung des Bodens nicht zu erschweren; denn nach WALTER (1964) sind es neben Frost die Temperaturen des Bodens, die die Anbaugrenze nach oben hin begrenzen. (Die Farbe des Mulchmaterials kann dabei eine Rolle spielen. Dunkle Materialien erwärmen sich schneller.)

Als Baumkultur zur Erzeugung von Mulchmaterial hat sich in tropischen Höhenlagen von 1000-3000 m nach WIJEWARDENE (o.J.) in Sri Lanka *Robenia* gut bewährt.