

Die landwirtschaftliche Landnutzung der Bas-Fonds in Westafrika

Markus Kruschewsky*

1 Einführung

Eine Folge der Landverknappung durch Bevölkerungswachstum und Bodendegradation ist nicht nur die intensivere Landnutzung mit Hilfe anderer Anbautechniken, sondern auch die Ausweitung des Ackerbaus auf marginale Standorte (BAUWI, 1987; PRINZ, 1986). Zu den marginalen Standorten zählen auch die Bas-Fonds, die in den ariden und semiariden Zonen bis Ende der sechziger Jahre vor allem der Viehweide und der Sammlung von Brennholz dienten. Mit sinkenden Niederschlägen und steigender Bevölkerungsdichte hat seitdem die Bedeutung der Bas-Fonds als Produktionsstandort ständig zugenommen, u.a. weil der relativ schwere, wasserspeichernde Boden die Ausdehnung der landwirtschaftlichen Anbauperiode bis in die Trockenzeit hinein ermöglicht (MORIS und THOM, 1985; BERTON, 1988).

Die zunehmende ackerbauliche Nutzung der Bas-Fonds stellt jedoch auch ein ökologisches Problem dar, weil diese zumindest periodischen Feuchtbiotope ihrer Funktion als ökologische Nischen und als Überlebensräume der Tierwelt während der Dürreperiode entzogen werden. Auf dieses Problem sei an dieser Stelle hingewiesen, es ist jedoch nicht Bestandteil der nachfolgenden Arbeit.

2 Begriffsbestimmung

Je nach Region werden in Afrika für die Landschaftsform Bas-Fond unterschiedliche Ausdrücke, wie z.B. Dambo, Dwala, Boli, Fadama, Marigot, Marais, Wetland, Vleis und Inland valley swamp verwendet (BULLOCK, 1992; ACRES et al., 1985; RAUNET, 1985a; WHITLOW, 1985; PEARSON et al., 1981; TURNER, 1985; RICHARDS, 1986; HEKSTRA et al., 1983; BRINKMAN et al 1986).

In diesem Text soll der aus dem französischen Sprachraum stammende Begriff "Bas-Fond" verwendet werden. In der Literatur findet man mehrere, z.T. ähnliche Definitionen für den Begriff Bas-Fond, die alle auf technischen, geomorphologischen und hydrologischen Charakteristika basieren .

* Markus Kruschewsky, Dipl. Ing. agr., Fachgebiet Kulturtechnik und Ressourcenrchtuz FB 11.
Universität Gesamthochschule Kassel, Nordbahnhofstraße 1a, 0-37213 Witzenhausen

-Als Erklärung des Begriffes soll hier folgende Definition dienen:

Die Bas-Fonds sind die flachen Sohlen von Entwässerungsachsen der Granit-Gneis Verebnungsflächen, welche, spezifisch für die Gebiete der Tiefenverwitterung, das Grundgestein präkambrischen Ursprungs bedecken. Sie befinden sich in den oberen Abschnitten der Wassereinzugsgebiete wo die Wasserläufe ihren Ursprung haben und sind leicht in die mächtigen Verwitterungsdecken eingeschnitten. Ihre tonig-sandigen Verwitterungsböden sind während bestimmter Perioden wenigstens einige Tage überschwemmt und die meiste Zeit des Jahres oberflächennah mit Wasser gesättigt (ZEPPENFELDT und VLAAR, 1990; RAUNET, 1982, 1985b; BEERENTS et al., 1988).

3 Verteilung der Bas-Fonds in Westafrika

Flächenmäßig wird die Landschaftsform der Bas-Fonds für Afrika südlich der Sahara und für Madagaskar auf eine Gesamtfläche von 1.300. 000 km² geschätzt, woraus das beachtliche Potential für die Landwirtschaft deutlich wird (RAUNET, 1982). Auf die einzelnen Länder Westafrikas verteilen sich die Bas-Fonds folgendermaßen:

Burkina Faso: Von ca. 160.000 ha für die Bewässerungslandwirtschaft meliorierbarer Fläche sind etwa 21.000 ha Bas-Fonds (DJIGMA, 1989), nach anderer Quelle sogar 40.000 ha (DEMBELE, 1988).

Mali: In Mali gibt es ca. 300.000 ha Bas-Fonds, von denen 200.000 ha im Süden des Landes liegen und 15.000 - 20.000 ha (1976) bewirtschaftet werden (LIDON, 1989).

Senegal: Die für den Reisanbau geeignete Fläche wird mit 90.000 ha angegeben, von denen sich alleine im südlichen Landesteil Casamance 80.000 ha befinden (1976). 61.700 ha Bas-Fonds werden traditionell bewirtschaftet, ca 4.700 ha mit verbesserten Anbautechniken (TULUY, 1981).

Côte d'Ivoire: Für 1976 gibt HUMPHREYS (1981) eine Fläche von etwa 19.000 ha bewirtschaftete Bas-Fonds an, davon ca. 8700 ha mit traditionellen Anbauverfahren.

Gambia: Es werden ca. 6.000 ha Bas-Fonds kultiviert (ZEPPENFELDT und VLAAR, 1990).

Liberia: Im ganzen Land sind Bas-Fonds verteilt, und etwa 10.000 ha werden kleinbäuerlich bewirtschaftet (MONKE, 1981).

Sierra-Leone: Es gibt etwa 300.000 ha Inland valley swamps, von denen ca. 65.000 ha mit Reis kultiviert werden. Zusätzlich unterscheidet SPENCER (1981) noch 30.000 ha Bolilands von denen rund 60% genutzt werden.

Guinea-Bissau: Es gibt ca. 124.000 ha Bas-Fonds (PAYEUR, 1982).

Auch in Borgou im Norden von Benin, in Diamare und Maroua im Norden Kameruns, in Nyankpala im Norden Ghanas und in Guinea werden Bas-Fonds traditionell

bewirtschaftet und seit längerem hinsichtlich ihres Nutzungspotentials etc. untersucht (PAYEUR, 1982; KILIAN und TEISSIER, 1973).

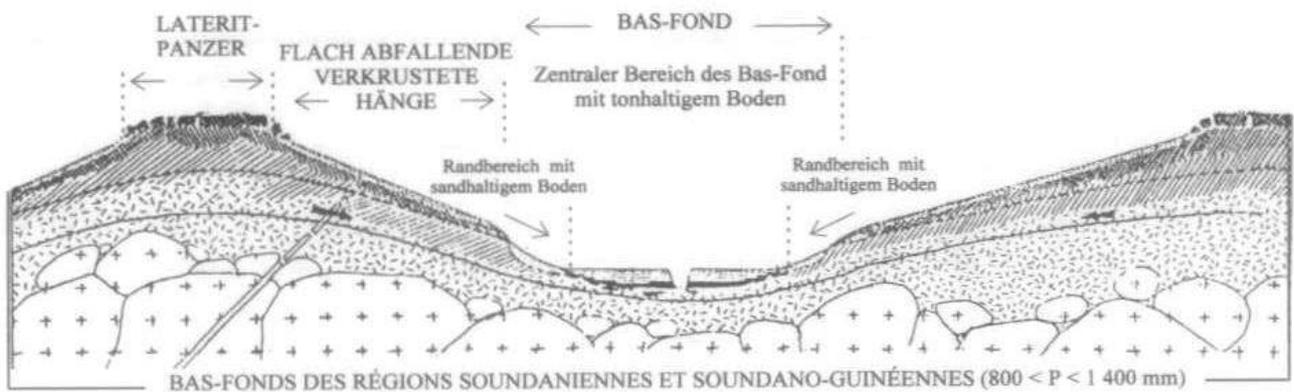
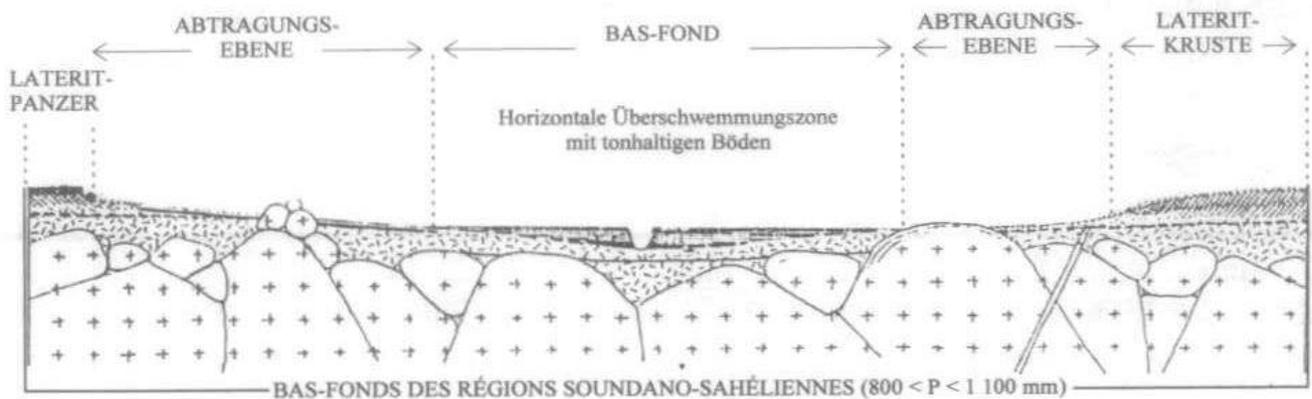
4 Typologie und Nutzung

In vielen Ländern Afrikas werden seit ca. 20 Jahren von internationalen Organisationen Forschungsarbeiten über die Nutzungsmöglichkeiten der Bas-Fonds durchgeführt. Die landwirtschaftliche Inwertsetzung der Bas-Fonds ist abhängig von mehreren Kriterien. Diese wurden im Rahmen von Studien untersucht, charakterisiert und daraus verschiedene Typologien entwickelt (BOUSQUET, 1991; ZEPPEFELDT und VLAAR, 1990). Die bekanntesten Arbeiten sind die von KILIAN und TEISSIER (1973), von RAUNET (1982) und von ALBERGEL und CLAUDE (1988).

KILIAN und TEISSIER (1973) haben bei Ihren Untersuchungen eine Einteilung der Bas-Fonds nach der Oberflächengestalt in fünf Gruppen vorgenommen. Von diesen allgemeinen Gruppen ausgehend werden die Böden nach ihrer Eignung für den Reisanbau in vier Klassen unterteilt. Die Kriterien Morphologie, Textur und Hydrologie werden in ihrer Bedeutung für kulturtechnische Maßnahmen bewertet und dienen schließlich für eine weitere Einteilung der Bas-Fonds in sechs Eignungsklassen für kulturtechnische Maßnahmen.

Die Einteilung von RAUNET (1982) stützt sich auf geomorphologische Merkmale. Er unterscheidet vier Familien von Bas-Fonds nach ihrer geographischen Verbreitung und unterteilt innerhalb dieser Gruppen jeden Bas-Fond in drei Abschnitte: Oberlauf, Mittellauf und Unterlauf (siehe Abb. 1). Für jeden dieser zwölf Fälle, denen er noch die Flußauen hinzufügt, schlägt er die nach seiner Auffassung optimalste Form von kulturtechnischen Maßnahmen und besonders geeignete Anbausysteme vor.

Die dritte gebräuchliche Einteilung ist die von ALBERGEL und CLAUDE (1988), die mehr beschreibend ist und für den Praktiker weniger Hilfen vermittelt als die der oben genannten Autoren. Sie teilen die Bas-Fonds in fünf Gruppen ein, wobei der Schwerpunkt auf geologische und klimatologische Merkmale gelegt wird. Mit Hilfe dieser Gruppen kann die Hydrologie und die Bodenmorphologie erklärt werden. Drei der Gruppen überschneiden sich mit denen, die RAUNET (1982) für Westafrika nennt. Die beiden anderen Gruppen erfassen Sedimentformationen und vom Meer beeinflusste Bas-Fonds.



-  Felssockel aus Granit-Gneis - Grundgestein
-  Toniger glimmerhaltiger Sand (verwitterter Fels), Hauptreservoir des Grundwassers und normalerweise mit Wasser gesättigt
-  Kaolinit mit eisenhaltigen Einlagerungen (Plinthit), Schwankungsbereich des Grundwassers und Bereich seitlicher Grundwasserzuflüsse
-  Lateritkruste (verhärteter Plinthit), früherer Bereich der Grundwasser schwankungen
-  Von früherer Oberfläche zeugender Lateritpanzer, der die Kuppen der Hügel bedeckt
-  Hydromorpher sandiger Boden, durch die Grundwasserbewegungen aus verwittertem Plinthit entstanden
-  Grobsandige Splittschicht, entstanden aus der physikalisch-chemischen Verwitterung der Lateritkruste
-  Aus glimmerhaltigem Sand entstandener Montmorillonit, in einigen Fällen eine undurchlässige Sperre für das Grundwasser
-  Alluvialböden mit hauptsächlich aus Kaolinit bestehendem Kolluvium
-  Grundwasserschicht in der Verwitterungsdecke in ihrem niedrigsten Stand
-  Seitlicher Grundwasserzufluß in der Regenperiode

Abb. 1: Querschnitt durch die Grundtypen der Bas-Fonds im Bereich der Sahelzone und der Sudan - Sahelzone (RAUNET, 1982).

4. 1 Die Bas-Fonds der Sahel- und der Sudan - Sahelzone

Die Bas-Fonds der Sahel- und der Sudan-Sahelzone sind wenig in die Landschaft eingeschnitten, sie sind breit, sehr flach und haben ein gleichmäßiges, geringes Gefälle von weniger als 3%. Es sind die Sohlen der natürlichen Vertiefungen eines Gebietes, und es gibt keine deutlichen Übergänge zu den Hängen des Wassereinzugsgebietes (siehe Abb. 1). Im allgemeinen gibt es in den Bas-Fonds kaum Quergefälle und in der Mitte befindet sich meist ein 1-2 m tiefer mäandrierender Graben, der jedoch in der Trockenperiode austrocknet.

Die Bodeneigenschaften werden von der Art des Grundgesteins bestimmt. Die Verwitterungsprodukte basenarmer Gesteine sind sandig und reich an sorptionsschwachen Tonmineralen (Kaolinit). Auf basenreichem Grundgestein wird die Bildung von Montmorilloniten mit feinerer Textur begünstigt. Das Verwitterungsmaterial wird in der Regel vom Kolluvium überlagert. Dieses kann die Mächtigkeit von über einem Meter erreichen und ist im unteren Bereich oft sandig, sonst aber überwiegend lehmig-tonig. Viele Bas-Fonds sind durch hydromorphe Mineralböden und durch Vertisole gekennzeichnet. Diese fruchtbaren Böden sind für die ackerbauliche Nutzung problematisch, da der hohe Gehalt an quellenden Tonen einen schnellen Wechsel zwischen einer plastisch-klebrigen Konsistenz in der Feuchtphase und einer Verhärtung in der Trockenphase bewirkt. Schrumpfrisse im Boden bilden sich bereits kurze Zeit nach dem Ende der Niederschläge. Nach den ersten Regen schließen sich die Risse an der Oberfläche durch Quellvorgänge, und die Niederschläge infiltrieren nur noch schlecht, obwohl die Böden eine hohe Wasserspeicherkapazität besitzen (ALBERGEL, 1988).

Die Niederschläge der Region sind heftig und plötzlich. Aufgrund der Degradation der Böden in den Wassereinzugsgebieten und der geringen Infiltration, werden die Bas-Fonds in der Regenzeit häufig überflutet, wobei die Überstauhöhe mehr als einen Meter betragen kann. Das versickernde Wasser fließt auch auf dem oft sandigen Untergrund entlang. Wenn Montmorillonite die Basis bilden, entsteht durch Quellung der Tonminerale eine wasserundurchlässige Schicht und das gesamte Kolluvium wird durch ansteigendes Grundwasser übersättigt. Nach den Regen fließt das Oberflächenwasser ab oder verdunstet. Das im Boden befindliche freibewegliche Wasser bleibt einige Zeit zurück und wird teilweise über Brunnen zur Wasserversorgung während der Trockenperiode genutzt (RAUNET, 1982, 1985a).

Generell sind diese Bas-Fonds landwirtschaftlich nur bedingt nutzbar, da während der Trockenzeit das Grundwasser zu tief absinkt und dadurch keine kapillare Wasserversorgung des Wurzelraumes mehr möglich ist. Wenn die Böden nicht zu stark mit Wasser übersättigt werden, ist in einigen Regionen der Anbau von Sorghum verbreitet (siehe Abb. 2). Traditionell aber dienen die Bas-Fonds vor allem der Frucht- und Brennholzsammlung und dem Vieh als Weide und Tränke bis in die Trockenzeit hinein (BERTON, 1988; BEERENTS et al., 1988). Es werden Mango- und Guavenbäume gepflanzt, und in Ortsnähe wird in eingezäunten und künstlich

bewässerten Gärten Gemüse angebaut (ALBERGEL et al., 1993). Auf dem Mossi-Plateau in Burkina Faso, wo die Umweltbedingungen relativ ungünstig sind, ist der Reisanbau in den Bas-Fonds während der Regenzeit seit über dreißig Jahren bekannt (ARRIVETS, 1973).

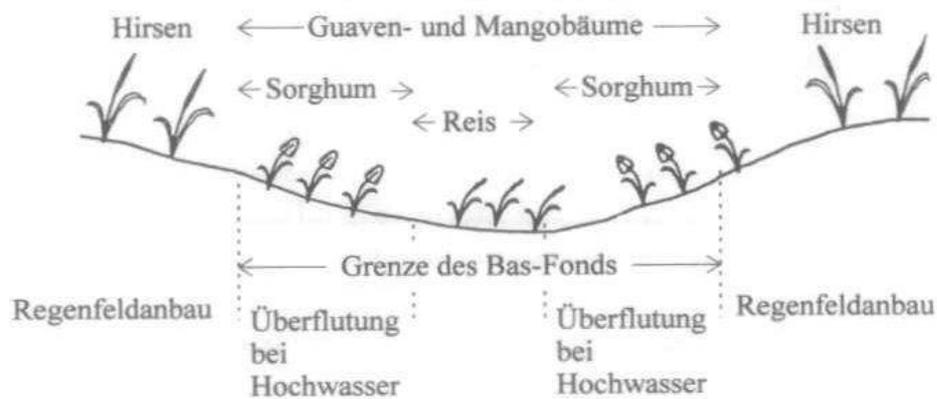


Abb. 2: Beispiel für die Verteilung der Kulturen in den Bas-Fonds der Sahelzone (ALBERGEL et al., 1993)

4.2 Die Bas-Fonds der Sudan- und der Sudan - Guineazone

Die Bas-Fonds der Sudan- und der Sudan-Guineazone sind im allgemeinen weniger breit (weniger als 300 m) und tiefer eingeschnitten als die Bas-Fonds der Sahelzone. In hügeligen Landschaften mit relativ konstanten Höhen der Erhebungen (Höhenunterschiede von ca. 20-40 m) sind die Bas-Fonds am häufigsten. Das Längsgefälle beträgt etwa 3-8 % und, wenn vorhanden, ist das Quergefälle mit 1-2 % nur gering. Im Oberlauf meist noch nicht vorhanden, mäandriert in den tonigen Ablagerungen weiter abwärts dann ein kleiner Graben.

Die Landrücken zwischen den Bas-Fonds sind breit und haben lange, geradlinig abfallende Hänge, die erst kurz vor den Bas-Fonds steiler werden (siehe auch Abb. 1). Das Grundgestein ist meist eine verkrustete Lateritschicht, die von einem bis zu drei Meter dicken sandig-splittigem Kolluvium kaolinitischer Natur bedeckt wird, das von den Hängen erodiert ist. Trotz einem oft bedeutenden Tonanteil ist diese Schicht in der Regel sehr porös und durchlässig. In den mittleren Bereichen der Bas-Fonds dominieren hydromorphe Mineralböden vom Typ des Pseudogley, Amphigley oder Gley, je nach Dauer und Art des Wassereinflusses. Sie haben jedoch akzeptable bis gute physikalische Eigenschaften und eine hinreichende Austauschkapazität. Die Böden sind relativ reich an Calcium und Magnesium, aber arm an Stickstoff, Natrium, Kalium und organischer Substanz. Am Rande der Bas-Fonds sind die Böden, bedingt durch die Schwankungen der Grundwasserstände, stark ausgelaugt, haben einen niedrigen pH-Wert, schlechte Wasserhalteigenschaften und eine geringe Austauschkapazität.

Ein großer Anteil der von den verkrusteten Hängen abgeleiteten Niederschläge infiltriert schnell in das Kolluvium. Etwa drei Monate nach Beginn der Regenzeit wird aber oft dessen Speicherfähigkeit überschritten. Der Grundwasserspiegel steigt an und es kommt zu einem oberflächennahen und oberflächigen Abfluß, der die Böden auswäscht, Feinbodenanteile austrägt und eine Erhöhung des Sandanteils bewirkt. Weiterer Zufluß führt verstärkt zur Bildung von oberflächig abfließendem Wasser, das dann zusammen mit den starken Niederschlägen die erosiven Abflußspitzen verursacht. In der ersten Hälfte der Regenzeit wird die Vegetation der Bas-Fond also besonders durch die seitlich zuströmenden Sickerwässer und den Anstieg des Grundwasserspiegels versorgt, in der zweiten Hälfte kommen noch bedeutende Oberflächenzuflüsse hinzu (RAUNET, 1982, 1985a).

Dieser Bas-Fond-Typ besitzt ein interessantes landwirtschaftliches Potential, insbesondere für den Reisanbau. Die Form der Wasserversorgung des Reises hat zu einer Typisierung des Reisanbaus geführt. Unterschieden wird dabei die Naßreiskultur im überschwemmten Bas-Fond von dem Reisanbau, dessen Wasserversorgung über den nahen Grundwasserspiegel erfolgt. Dieser wird bereits als Zwischenstufe zum Trockenreisanbau betrachtet (MOORMANN und VAN BREEMEN, 1978; ADRAO, 1988, 1989; BUDDENHAGEN, 1978).

Für den Anbau von Mais, Sorghum, Maniok, Süßkartoffel, Erdnuß und Gemüse in der Trockenzeit sind vor allem die Bereiche der Bas-Fonds interessant, deren Bodenoberfläche dem Grundwasserspiegel nahe ist. Wenn es eine dicke Ablagerungsschicht im Bas-Fond gibt, erfolgt daher der Anbau der Kulturen besonders im Randbereich, in dem auch das Pflanzen von Bananen, Mango- und Zitrusbäumen verbreitet ist (ALBERGEL et al., 1993).

In Guinea ist für die Region von Kissidougou die Nutzung der Bas-Fonds schon vor 100 Jahren von den ersten französischen Kolonisatoren beschrieben worden. In einigen Gebieten dieser Präfektur stellt sie eine traditionelle Landnutzungsform dar. In anderen Gebieten wurde erst um 1950 mit einer intensiveren Nutzung der Bas-Fonds begonnen, die vorher, unterbrochen von langen Bracheperioden, nur gelegentlich bewirtschaftet wurden (FAIRHEAD et al., 1992). Heute ist die Situation in Guinea sehr unterschiedlich. In der Region von Kissidougou ist der Reisanbau in den Bas-Fonds weit entwickelt und verbreitet. In N'Zérékoré im Süden des Landes ist dagegen nur ein geringes Interesse für die Bas-Fonds vorhanden. Auf der infrastrukturell gut erschlossenen Achse Conakry-Kindia-Mamou-Labé ist der Reisanbau wegen der geringen Preise nicht attraktiv. Gemüse hingegen wird bevorzugt in den Bas-Fonds angebaut, da es in der dicht bevölkerten Zone gut vermarktet werden kann (BOUCHER, 1992).

Auch im Süden von Mali, wo vor allem Frauen den Reis anbauen und es noch ein großes Potential nutzbarer Bas-Fond-Flächen gibt, wird der lukrativere Anbau von Kartoffeln dem Reis vorgezogen. Dies führt sogar dazu, daß Landwirte den Reis, wenn

er zu spät reift, noch grün abschneiden und die Flächen mit Kartoffeln neu bestellen (KRIER, 1991; ALBERGEL et al., 1993).

In Sierra Leone begann die Bevölkerung schon gegen Ende des 19. Jahrhunderts die Bas-Fonds zu bewirtschaften (JARRET, 1956). RICHARDS (1985) nennt die dreißiger Jahre als die Zeit, in der von Sierra Leone sogar Reis exportiert wurde, und gegen 1950 starteten die englischen Kolonisatoren ein Programm für die motorisierte Bewirtschaftung der Bolilands im Norden des Landes (RICHARDS, 1988).

Die Nutzung der Bas-Fonds verändert sich vom Agro-Pastoralen System im Sahelbereich zum vorwiegenden Reisanbausystem in der Sudan-Guineazone. Studien in dieser Region, in der die Niederschläge zwischen 300 und 1.500 mm variieren, haben gezeigt, daß die 1.000 mm - Isohyete eine Grenze darstellt, um die Bas-Fonds in zwei Gruppen einzuteilen (ALBERGEL et al., 1993).

Im Norden dieser Isohyete sind die Bas-Fonds charakterisiert durch:

- die Länge der Regenzeit, die den Anbau von Pflanzen mit einer Vegetationszeit von über 90 Tagen ausschließt;
- ein Bodennutzungssystem, in dem der Ackerbau mit der Viehhaltung konkurriert;
- die hervorragende Stellung der Kulturen Mais und Sorghum sowie durch Gemüse in der Trockenzeit und die geringere Bedeutung von Reis.

Im Süden dieser Isohyete sind die Bas-Fonds charakterisiert durch:

- die Möglichkeit, Pflanzen mit einer Vegetationszeit von mehr als 120 Tagen anzubauen;
- die auf Reis basierende Bewirtschaftung der Bas-Fonds, aber je nach Bedingungen werden auch Süßkartoffel, Gemüse und Maniok in der Trockenzeit angebaut.

5 Probleme und Einschränkungen der Nutzungsmöglichkeiten

Die Nutzung der Bas-Fonds bekommt durch die unregelmäßigen und ständig abnehmenden Niederschläge im westafrikanischen Raum eine immer größere Bedeutung, da sie im Vergleich zum verbreiteten Trockenfeldbau ein relativ geringeres Risiko in Dürrezeiten darstellt (ROCHETTE, 1989; BOUCHER, 1992). Der wichtigste Vorteil der Bas-Fonds ist, daß die ober- und unterirdischen Abflüsse konzentriert werden. So wird beispielsweise in der Sahelzone der Anbau von Kulturen möglich, die entweder einen über das natürliche Niederschlagsdargebot hinausgehenden Wasserbedarf oder auch eine längere Vegetationsperiode haben. Im Vergleich mit den sie umgebenden Hochlagen haben die Bas-Fonds einen Grundwasserspiegel in geringer Tiefe und relativ fruchtbare Böden. Dies macht sie zu begünstigten Standorten.

Mit der Wahl der Kulturen und der Art und Weise der Bas-Fond-Nutzung können die Landwirte auf den verspäteten Beginn der Regenzeit reagieren. Beispielsweise werden in der Sahelzone die Reisstandorte mit Sorghum bepflanzt, wenn der Reis durch die

verkürzte Regenzeit voraussichtlich nicht mehr zur Reife kommen würde. Bei einer klimabedingten, verspäteten Reisaussaat können die meist photoperiodisch empfindlichen traditionellen Sorten diese Saatzeitverspätung sofern sie nicht zu groß ist, mit einer Verkürzung ihrer Vegetationszeit noch ausgleichen und sogar zu befriedigenden Ernten führen (z.B. lokale Reis- und Sorghumsorten in Burkina Faso). Wenn die Regenzeit allerdings bis in die Erntezeit hinein andauert, kann dies die Ernte des reifen Reises im überschwemmten Bas-Fond erforderlich machen (ALBERGEL et al. 1993) und damit zu erheblichen Erschwernissen führen.

Der Reisanbau in den Bas-Fonds verlangt Sorten, die gut an die stark schwankende Wasserversorgung angepaßt sind. Die übliche Aussaat nach den ersten Regen erfordert eine trockenresistente Sorte, die, nur von Niederschlägen versorgt, schnell den Boden bedeckt und eine ausreichende Widerstandskraft entwickelt, um von den folgenden Überflutungen nicht weggespült zu werden. Da die Grasvegetation in der vorangegangenen Trockenperiode vertrocknet, abgeweidet und oft abgebrannt ist, sind die Böden der Wassereinzugsgebiete nahezu unbedeckt. Die starken Niederschläge zu Beginn der Regenzeit führen zur Verschlammung der ungeschützten Böden und werden schnell oberflächlich in die Bas-Fonds abgeleitet. Dort konzentriert können sie große Schäden anrichten, z.B. durch das Wegspülen von noch wenig entwickelten Jungpflanzen. In der Folgezeit entwickelt sich die bodenbedeckende Vegetation im Umland, und die dann hauptsächlich unterirdischen Zuflüsse stabilisieren.

Nach Beginn der Regenzeit eintretende Trockenperioden stellen im Sahel vor allem eine Gefährdung für die Reiskultur dar, besonders wenn sich diese in den Phasen der Bestockung oder der Blüte befindet. Auch Krankheiten (z.B. Pyriculariose) treten in Reiskulturen bedingt durch Wassermangel verstärkt auf.

Um dem Risiko eines totalen Ernteausfalls vorzubeugen, legen viele Bauern ihre Parzellen im Bas-Fond in mehreren Höhen gestaffelt an. Im Falle der Trockenheit sind die tiefliegenden Standorte weniger betroffen. Die höher gelegenen Standorte haben bei einer ebenso möglichen, länger anhaltenden Überschwemmung der tieferen Bas-Fond-Bereiche Vorteile, da weder die Reispflanzen, noch z.B. die Sorghumpflanzen eine Überflutung von mehr als 5-6 Tagen vertragen, und eine starke Strömung auch zum Umkippen der Pflanzen führen kann.

Auch in feuchteren Zonen sind für die Bas-Fonds extrem angepaßte Sorten nötig, die den häufigen Wechsel von längeren Überflutungen (mit Wasserhöhen bis zu einem Meter) zu trockeneren Perioden vertragen, in denen dann die Wasserversorgung hauptsächlich durch das oberflächennahe Grundwasser erfolgt. Bedingt durch die im Zuge des Klimawandels sich offensichtlich verkürzenden Regenzeiten trocknen die Wasserläufe in den Bas-Fonds früher aus und die Grundwasserspiegel sinken. Dies ist besonders in Bas-Fonds mit sandigen Böden und für Kulturen mit langer Vegetationszeit problematisch (ALBERGEL et al., 1993).

Neben der genannten unsicheren Wasserversorgung wurden in Befragungen der guineischen Bevölkerung nach Problemen bei der Nutzung von Bas-Fonds hauptsächlich noch folgende Probleme angeführt (PDR, 1989):

- die starke Verunkrautung,
- der Schaden durch Tiere.

In der Trockenzeit ziehen viele Tiere in die feuchten, meist noch grünen Bas-Fonds, sofern diese nicht eingezäunt sind. In dorfnahe Gebieten sammelt sich dort besonders das frei umherziehende Vieh. Dabei werden Damm- und Hügelkulturen zertreten und die Pflanzen durch Abweiden stark geschädigt. In der Regenzeit wird das Vieh in Gattern auf den Hochlagen gehalten, um so das Weiden auf den kultivierten Feldern zu vermeiden. In dieser Zeit, und besonders kurz vor der Ernte, richtet das Agouti (Rohrratte) starke Schäden an und auch die meist nur kurzzeitig intakte hölzerne Einzäunung einiger Bas-Fonds kann dies nicht völlig verhindern.

Vor allem aber die Verunkrautung der Bas-Fond-Flächen stellt ein großes Problem in ganz Westafrika dar. Bei einer längeren Überflutung siedeln sich wasserliebende Unkräuter an, und auch sonst ist das Unkrautwachstum so stark, daß häufig die am stärksten verkrauteten Parzellen aufgegeben werden. Die Unkrautbekämpfung im schlammigen Boden ist schwierig und erfolgt daher oft erst nach den Überschwemmungen ab Mitte August. Dies bewirkt eine geringere Bestockung und Bestandesdichte im Reis und führt dann zu niedrigen Erträgen (ALBERGEL et al., 1993).

Ein weiterer Nachteil der Bas-Fond-Nutzung ist die Überschneidung der Arbeitsspitzen mit denen des Trockenfeldbaues auf den Hochlagen während der Saat und der Unkrautbekämpfung. Die Anbaufläche in einem Bas-Fond erfordert den etwa 1,5 - 3 fachen Arbeitsaufwand gegenüber einer vergleichbaren Fläche auf einer Hochlage. Mit dem Verpflanzen des Reises kann zwar das Unkrautproblem reduziert werden, das den Hauptanteil des Arbeitseinsatzes erfordert, aber auch das Verpflanzen ist sehr arbeitsintensiv, besonders im Vergleich mit den sehr extensiven Anbautechniken des Hochlandreisanbaus. Unter anderem aus diesen Gründen wird weitverbreitet bis heute dem traditionellen Regenfeldbau auf den Hochlagen gegenüber der Bearbeitung der Bas-Fonds Priorität gegeben (ALBERGEL et al., 1993).

6 Ertragspotentiale und Zielsetzung von kulturtechnischen Maßnahmen

Da nur wenige Daten über die Potentiale der Fischhaltung oder des intensiven Gemüseanbaus in den Bas-Fonds verfügbar sind, beschränkt sich die folgende Darstellung auf die Reiserträge. Die traditionell bewirtschafteten Bas-Fonds werden den Bas-Fonds gegenübergestellt, die mit weiterentwickelten Anbausystemen genutzt werden (ZEPPELFELDT und VLAAR, 1990). Die Ertragspotentiale für den Reisanbau sind je nach Standort, Bearbeitungsform, Saatgut, Dünger- und Herbizidaufwand sehr unterschiedlich und sollen hier nur als Orientierungsrahmen

genannt sein. DEMBELE (1988) schätzt die Erträge für Burkina Faso folgendermaßen ein:

traditionell bewirtschaftete Bas-Fonds	1 t/ha;
mit kulturtechnischen Maßnahmen meliorierte Bas-Fonds	3 t/ha.

Bei zusätzlichem Einsatz von Verpflanzungsverfahren, Mineraldüngern und Hohertragsorten ist auch ein Ertrag bis zu 7 t/ha möglich. Diese Angaben decken sich in etwa mit den Erträgen, die auch in anderen westafrikanischen Ländern ermittelt wurden (ZEPPENFELDT und VLAAR, 1990; PEARSON et al., 1981).

In Komodou/Guinea wurde nur durch die Regulierung des Wasserstandes auf den Parzellen bereits eine Steigerung des Ertrages von 2 t/ha auf 4 t/ha erreicht, mit zusätzlicher Anwendung der Verpflanzungstechnik sogar auf bis zu 6 t/ha (MINOZA, 1991).

Aufgrund des hohen Ertragspotentials und der angeführten Probleme, die sich auf die Nutzung von Bas-Fonds auswirken, ist eine große Anzahl von technischen Lösungsvorschlägen entwickelt worden. Diese basieren alle auf einer mehr oder weniger starken Kontrolle des Wasserdargebotes. Im folgenden werden die grundsätzlichen Ziele von kulturtechnischen Maßnahmen, entsprechend der vorgenommenen Unterteilung nach der 1.000 mm - Isohyete, dargestellt (ALBERGEL et al., 1993).

Nördlich dieser Isohyete, wo die Niederschläge unter 1.000 mm/Jahr liegen, insbesondere in der Sahelzone, sind die Hauptziele entsprechender kulturtechnischer Maßnahmen:

- das oberflächlich abfließenden Niederschlagswasser zu bremsen, zu verteilen und so die Erosion zu stoppen;
- die Infiltration zu erhöhen und so das oberflächennahe Grundwasser und die Bodenschichten aufzufüllen;
- die Sedimentation von Sanden, Tonen und organischem Material zu erhöhen, um so die Bodenproduktivität zu verbessern;
- Erosionsgräben zu stabilisieren;
- Niederschläge aufzustauen und für die Bevölkerung nutzbar zu machen;
- die nutzbaren Flächen zu schützen und zu erhalten;
- nutzbare Flächen wieder herzustellen oder neu zu gewinnen.

Südlich der 1.000 mm - Isohyete, wo die jährlichen Niederschläge diesen Wert überschreiten, sind die Ziele der kulturtechnischen Maßnahmen vielfältiger, wenn auch weniger existentiell. Die Einschränkung des Unkrautwachstums mit Hilfe der häufigen Überflutungen ist dabei sehr wichtig, da so die Unkrautbekämpfung weniger

Zeitaufwand erfordert und für den Reis Konkurrenzvorteile geschaffen werden (PDR, 1989).

Außerdem werden durch eine erhöhte Bodenfeuchte in den Bas-Fonds bessere Grundlagen für eine Kultivierung in der Trockenzeit geschaffen. Das primäre Ziel ist auch hier die Regulierung des ab- bzw. durchfließenden Niederschlagswasser, weil:

- durch das Zurückhalten des Abflusses in den Bas-Fonds die Regenfälle effizienter genutzt, die starken, besonders für die Jungpflanzen gefährlichen Strömungen gebremst und kurze Trockenperioden ohne Schaden überdauert werden;
- mit der Nutzung der ersten Abflüsse eine Überflutung der Bas-Fond-Felder früher begonnen und dann gehalten werden kann;
- am Ende der Regenzeit durch das Zurückhalten des Wassers die Nutzung verlängert und so der Anbau von produktiven, z.B. spätreifen Sorten ermöglicht wird;
- der Schaden durch Nagetiere, z.B. die Rohrratte (Agouti), durch die Überflutung ebenfalls vermindert wird;
- die Überschwemmung der Flächen das Verpflanzen des Reises erleichtert und neue Varietäten mit intensiveren Anbauformen angebaut werden können;
- die Wasserstandsregulierung auch das gezielte Ablassen des Wassers ermöglicht, um mit der Belüftung des Bodens die Bildung einer toxischen Konzentration von 2-wertigen Eisenionen zu verhindern.

7 Beispiele zur Verbesserung der Nutzung der Bas-Fonds durch kulturtechnischen Maßnahmen

Nach der grundsätzlichen Einteilung der Bas-Fonds in die Bereiche nördlich und südlich der 1.000 mm - Isohyete ist, bedingt durch die jeweiligen Zielsetzungen, noch eine weitere Unterteilung der Maßnahmen in die Anlagen der Wasserspeicherung und die der Wasserverteilung möglich. Die Anlagen bilden jeweils nur die kulturtechnische Grundlage, die noch von pflanzenbaulichen Maßnahmen begleitet werden muß (BERTON, 1988).

Im Sahel sind insbesondere folgende Formen verbreitet:

Einerseits die Wasserrückhaltung und Speicherung mit Staudämmen und mit künstlich angelegten Teichen, andererseits die Anlage von durchlässigen Dämmen zum Abbremsen und Verteilen des Oberflächenabflusses. Mit Hilfe von Staudämmen und der damit verbundenen Wasserspeicherung soll die landwirtschaftliche Produktion durch Bewässerung unterstützt werden, sei es in der Trockenzeit oder auch bei unregelmäßiger Niederschlagstätigkeit während der Regenzeit. Darüber hinaus werden Dörfer und Vieh mit Trink- bzw. Tränkwasser versorgt.

Die Hauptprobleme bei der Errichtung der Staudämme bestehen in der Dimensionierung und dem schadfreien Abfluß von Hochwassern im meist intensiv

genutzten Bereich unterhalb des Bauwerkes, aber auch in der schnellen Verlandung des Staubereiches durch Sedimentation. Verbunden mit diesen kostenintensiven Stauanlagen sind meist relativ anspruchsvolle und beratungsintensive Systeme der Bewässerungslandwirtschaft (ALBERGEL et al., 1993).

Die kleineren, künstlichen Teiche werden traditionell in den tiefergelegenen Stellen der Bas-Fonds gegraben. Das Ziel ist es, im Bas-Fond fließendes Wasser zu sammeln und noch in die Trockenzeit hinein zur Bewässerung von Gärten, zum Tränken des Viehs und zur Herstellung von Lehmziegeln zu nutzen. Die Bildung dieser offenen Wasserflächen führt aber oft auch zu einer Vergrößerung der Herden, zur Konzentration der Tiere nahe der Wasserstelle und infolgedessen zur Degradation der näheren Umgebung (BERTON, 1988).

Die in Burkina Faso entwickelte und heute vor allem dort verbreitete Technik der durchlässigen Dämme besteht aus Steindämmen, die quer durch die Bas-Fonds errichtet werden und die bei stärkerem Gefälle auch entlang der Höhenlinien verlaufen können. Sie blockieren nicht den Wasserabfluß, sondern bremsen ihn.

Das Wasser muß zwischen den Steinen hindurchfließen oder kann die, je nach Standort bis zu über hundert Meter langen, meist aber niedrigen Dämme auch überströmen (ROCHETTE, 1489). Oft auch als Verbau von Erosionsgräben eingesetzt, bewirken sie eine Verteilung des Abfließwassers auf eine größere Fläche, somit eine verstärkte Infiltration und eine Auffüllung des oberflächennahen Grundwasserleiters. Oberhalb der Dämme wird durch ihre sedimentationsfördernden Eigenschaften die Bildung von neuem Kulturland ermöglicht.

Eine Variante, die mehr im Süden der Sudan-Sahelzone angewendet wird, sind die undurchlässigen Dämme. Besonders in flachen breiten Bas-Fonds mit lehmigen Böden begünstigen sie durch Wasserstandsregulierung und Flächenüberstau den Anbau von Reis.

Eine Mischform dieser Dämme wird in Bas-Fonds errichtet, die in ihren tiefergelegenen Bereichen mit lehmigen Böden den Reisanbau und auf ihren höhergelegenen, mehr sandigen Flächen den Anbau von anderen Getreiden ermöglichen (BERTON, 1988).

In der Zone südlich der 1.000 mm - Isohyete ist die Dauer der Regenzeit in der Regel ausreichend, um eine Wasserversorgung während der Wachstumszeit der Kulturen, insbesondere auch von Reis, zu gewährleisten. Genannte Ziele, wie das Tränken des Viehs und das Auffüllen des Grundwasserleiters bleiben bestehen, verlieren hier jedoch an Bedeutung. Das wichtigste Ziel, die Regulierung des Wasserstandes auf den Anbauflächen, wird mit unterschiedlichen Maßnahmen angestrebt.

Eine traditionelle Form der Nutzung der Bas-Fonds ist das Verfüllen des Wasserlaufes, um so den Abfluß zu behindern und den gesamten Bas-Fond zu vernässen. Der Vorteil einer besseren Wasserversorgung für den Reis wird oft jedoch sehr schnell durch eine

stärkere Verkrautung und eine beginnende, bis zur Toxizität führende Konzentration mit zweiwertigem Eisen wieder aufgehoben.

Unter den weiteren Formen der kulturtechnischen Maßnahmen sind besonders drei Typen zu nennen, die jeweils den Standortbedingungen entsprechend angewendet werden:

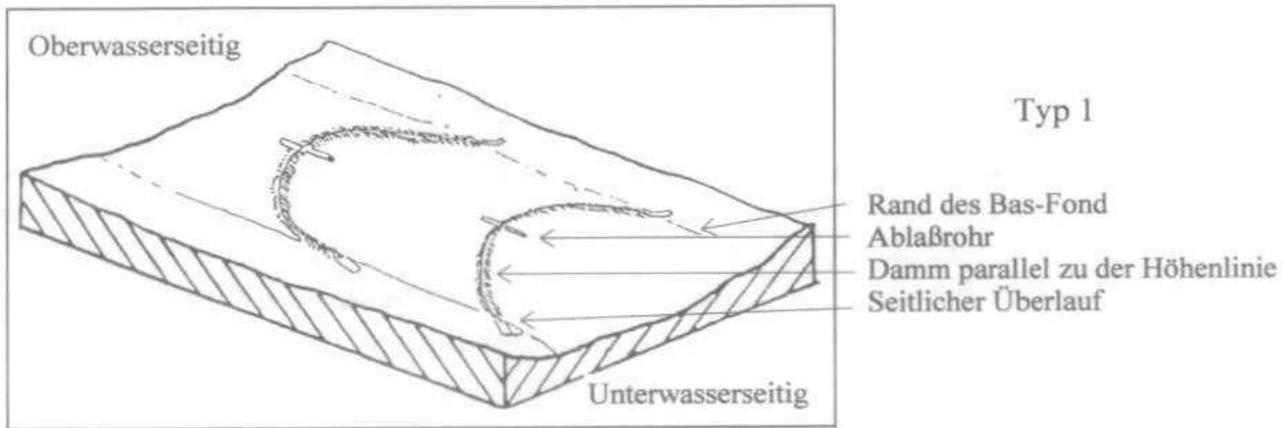
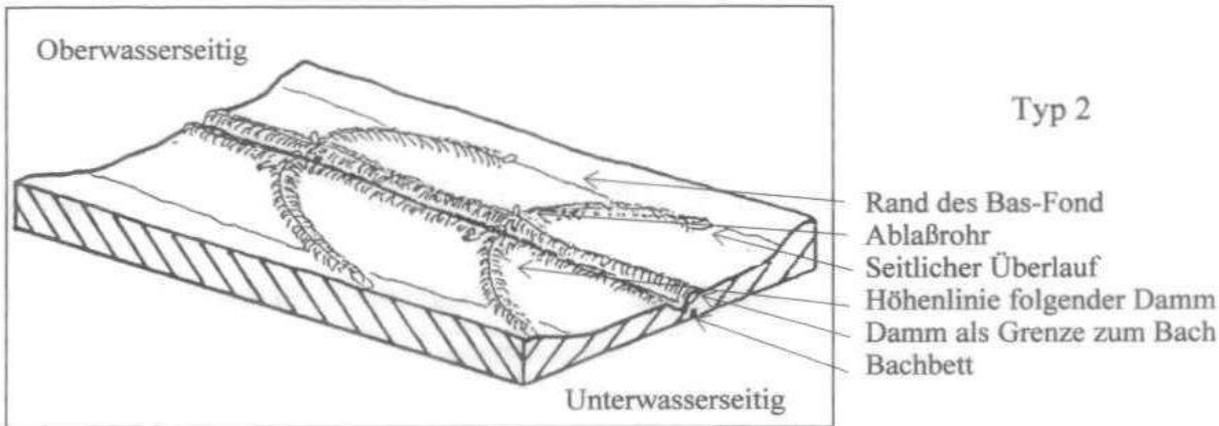


Abb.3: Kulturtechnische Maßnahme des Typ 1 für kleine Bas-Fonds

Typ 1 ist die einfachste Form, besonders geeignet für kleine Bas-Fonds mit kleinem Wassereinzugsgebiet und ohne ausgeprägtem Wasserlauf, und für die oberen Abschnitte der Bas-Fonds. Parallel ~u den Höhenlinien werden quer durch den Bas-Fond Erddämme errichtet. Der Abstand richtet sich nach dem Gefälle und sollte so gewählt werden, daß nach jeweils 25 cm Höhendifferenz ein weiterer Damm aufgehäuft wird. In der tiefsten Stelle des etwa 40-50 cm hohen Dammes wird ein Ablaßrohr eingebaut, und an den seitlichen Enden werden Überläufe angelegt, damit der Damm bei großen Abflußereignissen nicht zerstört wird. Nach Typ 1 gestaltete Bas-Fonds können im Falle einer starken Vernässung später auch noch mit einem künstlichen Entwässerungsgraben ergänzt werden, wie es für den Typ 2 geschildert wird.

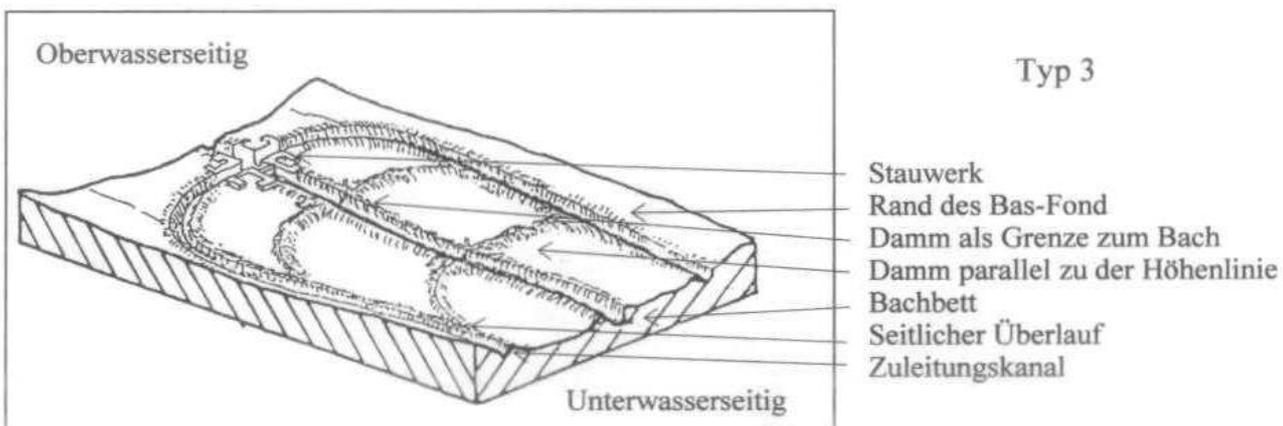
Abhängig vom Quergefälle verlaufen die Dämme bei flachen Bas-Fonds relativ gerade und direkt von einer Seite zur anderen. Bei stärkerem Quergefälle werden die Dämme den Höhenlinien folgend angelegt. Die Dämme bewirken den Anstau eines etwa 25 cm hohen Wasserspiegels, der bis an die Basis des nächsthöhergelegenen Dammes reicht und bei erfolgter Einebnung der Parzelle mehr oder weniger gleichmäßig ist. Mit der Länge der Dämme kann die Nutzungsbreite des Bas-Fond bestimmt werden.



Typ 2

Abb. 4: Kulturtechnische Maßnahme des Typ 2 für Bas-Fonds mit ausgeprägtem Wasserlauf

In kleinen Bas-Fonds mit einem ausgeprägten Wasserlauf wird der Maßnahmen-Typ 2 angewandt: Der Wasserlauf wird etwas vertieft und mit Dämmen parallel zu den Ufern vom übrigen Bas-Fond abgegrenzt. Er dient der Be- und Entwässerung. Die nutzbaren Flächen beidseitig des Wasserlaufes werden mit Dämmen in Parzellen unterteilt und über Zuleiter mit Wasser beschickt. Die Entwässerung der Parzellen erfolgt über Ablaßrohre in den Wasserlauf. Auch bei diesem Typ werden zum Schutz der Dämme im Falle von starken Hochwasserereignissen Überläufe an den Dämmenden nahe den Bas-Fond-Hängen angelegt.



Typ 3

Abb. 5: Kulturtechnische Maßnahme des Typ 3 für großflächige Bas-Fonds

Der dritte Typ stellt eine Maßnahme wie Typ 2 dar und wird noch durch ein kleines Stauwerk oberhalb der Nutzflächen ergänzt. Dieses soll die Wasserversorgung der Reisparrzellen über seitlich am Bas-Fond entlang verlaufende Zuleitungskanäle sichern. Das Bachbett unterhalb des Stauwerkes hat nur noch entwässernde Funktion.

Dieser Typ ist besonders geeignet für große, breite Bas-Fonds, da eine Regulierung der Wasserzufuhr auf die gesamte Fläche zwischen den, auf beiden Seiten des Bas-Fond verlaufenden, Kanälen möglich ist. In den Fällen, wo der Wasserlauf dicht am Rand

des Bas-Fonds entlang verläuft, ist auch die Anlage von nur einem Kanal an der gegenüberliegenden Seite üblich.

8 Zusammenfassung

Die ackerbauliche Nutzung hydromorpher Böden in Tallagen hat in Westafrika Tradition, allerdings gewann die Nutzung der sogenannten Bas-Fonds mit der zunehmenden Landverknappung infolge eines rapiden Bevölkerungswachstums in jüngster Zeit zunehmend an Bedeutung. In diesem Zusammenhang fehlte es nicht an Bemühungen vor allem durch kulturtechnische Maßnahmen, die ackerbauliche Nutzung der Bas-Fonds zu verbessern.

In der vorliegenden Arbeit wird nach dem Versuch einer Begriffsbestimmung ein Überblick über die Verteilung der Bas-Fonds in Westafrika gegeben. Sodann werden die verschiedenen Versuche einer Typisierung und Nutzung erläutert und die Probleme der ackerbaulichen Nutzung dargestellt. Letztere liegen neben der Regulierung des Wasserhaushaltes u. a. in der Unkrautproblematik und den Schäden, die durch Tiere verursacht werden. Angesichts des durchaus beachtlichen Ertragspotentials ist das Interesse an einer Nutzung dieser Standorte durchaus verständlich. So ist auch zu verstehen, daß versucht wird, durch kulturtechnische Maßnahmen dieses Potentials auszuschöpfen. Hierfür werden einige Beispiele gegeben. Auf die ökologische Problematik der zunehmenden Überführung der Bas-Fonds in eine ackerbauliche Nutzung wird hingewiesen.

Summary

9 Literaturverzeichnis

1. ACRES, B. D. et al., 1985: African dambos: their distribution, characteristics and use.- Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Suppl.-Bd. 52, 63 - 86.
2. ADRAO, 1989: Rapport annuel.- zitiert nach: BOUSQUET, M., 1991, p. 6.
3. ALBERGEL, J.; CLAUDE, J., 1988: Fonctionnement hydrologique des bas-fonds en Afrique de l'Ouest.- zitiert nach: ALBERGEL et al., 1993, p. 233.
4. ALBERGEL, J., 1988: Fonctionnement Hydrologique des Bas-Fonds. Synthèse préliminaire.- ISRA/CIRAD- R3S, Dakar.
5. ALBERGEL, J. et al., 1993: Mise en valeur agricole des bas-fonds au Sahel. Typologie, Fonctionnement Hydrologique, Potentialités agricoles.- CIRAD - R3S, Montpellier.
6. ARRIVETS, J., 1973: Résultats de riziculture sans aménagement en zone soudanienne. L'exemple de bas-fonds du centre Haute-Volta.- L'Agronomie Tropicale, 28 (1), 3-4-53.
7. BAUM, E., 1987: Erosion und Bodenschutz in Abhängigkeit vom sozio-ökonomischen Wandel.- In: Probleme und Möglichkeiten der Landnutzung in den Tropen und Subtropen unter besonderer Berücksichtigung des Bodenschutzes.- Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 31, 45-61, Witzchenhausen.
8. BEERENTS, B. et al., 1988: Kleine valleien in West Afrika: Een typering.- zitiert nach: ZEPPEFELDT, T.; VLAAR, J.C.J., 1990, p. 8.
9. BERTON, S., 1988: La maîtrise des crues dans les bas-fonds. Petits et microbarrages en Afrique de l'ouest.- Dossier No. 12, GRET, Paris,
10. BOUCHER, L., 1992: Rapport de stage en Guinée.- GRET/AFVP, Paris.
11. BOUSQUET, M., 1991: Caractérisation d'un Bas-Fond au nord du Ghana - Des diguettes pour Yapelougou?.- ENGREF/CIRAD/IRAT, Montpellier.
12. BRINKMAN, R. et al., 1986: Classification of the soils.- zitiert nach: ZEPPEFELDT, T.; VLAAR, J.C.J., 1990, p. 9.
13. BUDDENHAGEN, 1978: zitiert nach BOUSQUET, M., 1991, p. 8.
14. BULLOCK, A., 1992: Dambo hydrologie in southern Africa - review and reassessment.- Journal of Hydrology, 134 (3), 373-396.
15. DEMBELE, S., 1988: Aménagements hydro-agricoles et riziculture. La situation au Burkina Faso.- zitiert nach: ZEPPEFELDT, T.; VLAAR, J.C.J., 1990, pp. 19.
16. DJIGMA, A., 1989: Pratique de l'agro-écologie au Burkina Faso.- Ministère de l'agriculture et de l'élevage de Burkina Faso, Ouagadougou.
17. FAIRHEAD, J. et al., 1992: Managed Productivity: Technical knowledge used in local natural resources management in Kissidougou Prefecture.- COLA, Working Paper 3, Projet DERIK, Kissidougou.
18. HEKSTRA, P. et al., 1983: Wetland Utilization Research Project West Africa.- zitiert nach: ZEPPEFELDT, T.; VLAAR, J.C.J., 1990, p. 8.
19. HUMPHREYS, C.P., 1981: Rice Production in the Ivory Coast.- In: PEARSON, S.R. et al. (Hrsg.), 1981, 61 -105.
20. JARRET, H.R, 1956: Rice Production in Sierra Leone.- zitiert nach: ZEPPEFELDT, T.; VLAAR, J.C.J., 1990, p. 23.
21. KILIAN, J.; TEISSIER, J., 1973: Méthodes d'investigation pour l'analyse et le classement des bas-fonds dans quelques régions de l'Afrique de l'Ouest. Propositions de classification d'aptitudes des terres à la riziculture.- L'Agronomie Tropicale, 28 (2), 156-172.
22. KRIER, D., 1991: Le fonctionnement hydraulique des bas-fonds au Mali (région Sud).- IRAT/IER/R3S/Ministère de, la Coopération, Paris.
23. LIDON, B., 1989: Aménagements et gestion hydraulique des Bas-Fonds. Présentation de travaux réalisés au Mali.- In: Agronomie et ressources naturelles en régions tropicales.- Hrsg.: IRAT, 399-409, Montpellier.
24. MINOZA, F., 1991: Projet Aménagements de Bas-Fonds, Rapport d'activités Juin 1990 - Septembre 1991.- AFVP/PDR Haute Guinée. Kankan.

25. MONKE, E.A., 1981: Rice Policy in Liberia.- In: PEARSON, S.R. et al. (Hrsg.), 1981, 109-140.
26. MOORMANN, F.R.; BREEMEN, N. van, 1978: Rice: Soil, Water, Land.- IRRI, Los Baños.
27. MORIS, J.R.; THOM, D.J. et al., ~1985: African irrigation overview.- zitiert nach: ZEPPENFELDT, T.; VLAAR, J.C.J., 1990, p. 12.
28. PAYEUR, S., 1982: La Riziculture de Bas-Fonds en Guinée Bissau.- CNEARC, Montpellier.
29. PEARSON, S.R. et al., 1981: Rice in West Africa. Policy and Economics.- Stanford University Press, Stanford.
30. PRINZ, D., 1986: Erhaltung und Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktivität in den Tropen und Subtropen.- In: Rehm, S. (Hrsg.), 1986: Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern.- Bd. 3, 115-168, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
31. RAUNET, M., 1982: Les bas-fonds en Afrique et à Madagascar. Formation, Caractères morphopédologiques, Hydrologie, Aptitudes agricoles. IRAT, Service de Pédologie, Montpellier.
32. RAUNET, M., 1985a: Bas-fonds et riziculture en Afrique. Approche structurale comparative.- L'Agronomie Tropicale, 40, (3), 181-201.
33. RAUNET, M., 1985b: Les bas-fonds en Afrique et à Madagascar - Géomorphologie, Géochimie, Pédologie, Hydrologie.- Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Suppl.-Bd. 52, 25-62.
34. RICHARDS, P., 1985: Indigenous agricultural revolution - Ecology and food production in West Africa.- Westview Press, Boulder.
35. RICHARDS, P., 1986: Coping with hunger. Hazard and experiment in an African rice-farming system.- zitiert nach: ZEPPENFELDT, T.; VLAAR, J.C.J., 1990, p. 9 .
36. ROCHETTE, R.M., 1989: Le Sahel en Lutte contre la Désertification.- Markgraf Verlag, Weikersheim.
37. SPENCER, D.S.C., 1981: Rice Production in Sierra Leone.- In: PEARSON, S. R. et al. (Hrsg.), 1981, 201-225.
38. TULUY, A.H., 1981: Costs and Incentives in Rice Production in Senegal.- In: PEARSON, S.R. et al. (Hrsg.), 1981 263-295.
39. TURNER, B., 1985: The classification and distribution of fadamas in central northern Nigeria.- Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Suppl.Bd. 52, 87-113.
40. WARDA, 1988: WARDA Strategic plan.- zitiert nach: BOUSQUET, M., 1991, pp. 5.
41. WHITLOW, J.R., 1985: Dambos in Zimbabwe: a review.- Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Suppl.Bd. 52, 115-146.
42. ZEPPENFELDT, T.; VLAAR, J.C.J., 1990: Mise en valeur des bas-fonds en Afrique de l'ouest. Synthèse préliminaire de l'état des connaissances.- CIEH/UAW, Ouagadougou.