

P.N. 84.2027.5 - 01.100

Projet Vulgarisation Agriculture
en Pays Dogon
(P.V.A.P.D.)

Mali



Ursachen des Versalzungsproblems
im Perimeter Tégourou

Empfehlungen für deren Beseitigung

Überreicht an die
Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
GmbH, Eschborn

Bonn, Januar 1990

Berichterstatter
Th. Hentrup

P.N. 84.2027.5 - 01.100

Projet Vulgarisation Agriculture
en Pays Dogon
(P.V.A.P.D.)

Mali

**Ursachen des Versalzungsproblems
im Perimeter Tégourou
Empfehlungen für deren Beseitigung**

Überreicht an die
Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
GmbH, Eschborn

Bonn, Januar 1990

Berichtersteller
Th. Hentrup

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EMPFEHLUNGEN ZU BETRIEB, REHABILITIERUNG UND AUSBAU DER BEWÄSSERUNGSINFRASTRUKTUR	1
1.1 Gesamtbewirtschaftung der Sperrenkette Daga - Kokodjogou	1
1.2 Perimeter Tégourou	1
1.2.1 Entwässerung	1
1.2.2 Wasserzuleitung	2
1.2.3 Rotation und Wassergaben	2
1.2.4 Versalzungserscheinungen und Versalzungsgefahr	3
1.2.5 Pflanzenbauliche Maßnahmen	3
1.3 Erweiterung der Perimeter	3
2. EINLEITUNG	5
3. ERFASSUNG DER STANDORTFAKTOREN	7
3.1 Klima	7
3.2 Geographie, Geologie, Pedologie und Gewässernetz	7
3.3 Bevölkerung	9
3.4 Landwirtschaft	10
4. BEWÄSSERUNG IM UNTERSUCHUNGSGEBIET	12
4.1 Beschreibung des Gesamtsystems	12
4.2 Bewässerungsperimeter	15
4.2.1 Beschreibung der Kanalbauformen	17
4.2.1.1 Mauerwerkskanal	17
4.2.1.2 Kanal aus Betonfertigteilen	18
4.2.1.3 Rohrzuleitungen	18
4.2.2 Entwässerung	19
4.2.3 Bewirtschaftung der Perimeter	19
4.2.3.1 Allgemeines	19
4.2.3.2 Düngung	21
4.2.3.3 Rotation	21
4.2.4 Sozio-kulturelle Aspekte und Probleme	24

	Seite
5. ZUSTAND DER PERIMETER	27
5.1 Tégourou rechts	27
5.1.1 Vorflut	27
5.1.2 Wasserverteilung	29
5.1.3 Verluste	34
6. FELDUNTERSUCHUNGEN	41
6.1 Pflanzenbonitierung	41
6.2 Salzausblühungen	43
6.3 Gründigkeit	43
6.4 Schürfgruben	45
6.5 Durchlässigkeit	46
6.6 Bodenansprache	46
6.7 Infiltrationsraten	47
6.8 Leitfähigkeiten	49
7. LABORUNTERSUCHUNGEN	52
7.1 Bewässerungswasserqualität	52
7.2 Boden- und Pflanzenanalysen	52
8. ANALYSE UND DISKUSSION DER ERGEBNISSE	56
8.1 Gesamtbewirtschaftung der Sperrenkette Daga - Kokodjogou	56
8.2 Bewirtschaftung der Perimeter	58
8.3 Feld- und Laboruntersuchungen	63
8.3.1 Boden	63
8.3.2 Wasser	66
8.3.3 Pflanzen	67
8.4 Versalzungsproblematik	67
8.4.1 Akute Versalzung im Perimeter Tégourou rechts	68
8.4.2 Gefahr einer zukünftigen Bodenversalzung	70
8.5 Erweiterung der Perimeterfläche	72

ANHÄNGE

LITERATURVERZEICHNIS

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

- Abb. 1. WALTER Klimadiagramm, Station Bandiagara.
- Abb. 2. Übersichtsplan des Untersuchungsgebietes.
- Abb. 3. Anteile der Teilabschnitte des Djounjourou Tales an der LF im Untersuchungsgebiet.
- Abb. 4. Diversifizierung im Untersuchungsgebiet.
- Abb. 5. Übersichtsplan des Perimeters Tégourou rechts.
- Abb. 6. Häufigkeitsverteilung der Länge der Bewässerungsereignisse.
- Abb. 7. Zeitliche Abhängigkeit der Stauwasser-Flurabstände.
- Abb. 8. Wasser der stehenden Vorflut.
- Abb. 9. Überflutete Parzellen im Perimeter Tégourou rechts.
- Abb. 10. Defekter Feldauslaß Perimeter Tégourou rechts.
- Abb. 11. Defekte Feldauslässe Perimeter Tégourou rechts.
- Abb. 12. Einlaufschacht der Rohrbewässerungsanlage.
- Abb. 13. Offener Auslaßschacht der Rohrbewässerungsanlage.
- Abb. 14. Geschlossener Auslaßschacht der Rohrbewässerungsanlage.
- Abb. 15. Perimeter Tégourou rechts, Darstellung der Verlustwege.
- Abb. 16. 1. Verteilerbauwerk Tégourou links.
- Abb. 17. Übersichtsplan Perimeter Tégourou links.
- Abb. 18. Bonitierungen.
- Abb. 19. Bodentiefen.
- Abb. 20. Infiltrationsintensitäten.
- Abb. 21. Verteilung der EC-Meßwerte.
- Abb. 22. EC-Meßwerte Perimeter Tégourou links.
- Abb. 23. EC-Meßwerte Batatehügel.

VERZEICHNIS DER TABELLEN

- Tab. 1. Diversifizierung im Djounjourou Tal
Tab. 2. Übersicht über die Kanalbauformen

VERZEICHNIS DER ANHÄNGE

Anhang 1	Leistungsbeschreibung
Anhang 2	Ergebnisse der Wasseranalysen
Anhang 3	Ergebnisse der Bodenanalysen
Anhang 4	Ergebnisse der Pflanzenanalysen
Anhang 5	Meßprotokolle der Infiltrationsratenbestimmung

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

P.V.A.P.D.	Projet Vulgarisation d'Agriculture en Pays Dogon
S.D.A.	Secteur du Développement Agricole
DED	Deutscher Entwicklungsdienst
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenar- beit (GmbH)

1. EMPFEHLUNGEN ZU BETRIEB, REHABILITIERUNG UND AUSBAU DER BEWÄS- SERUNGSINFRASTRUKTUR

1.1 Gesamtbewirtschaftung der Sperrenkette Daga - Kokodjogou

Angesichts der erheblichen Probleme und Streitigkeiten bei der Wasserzuteilung an die Anlieger der Sperrenkette wird empfohlen:

- die eindeutige und verbindliche Formulierung eines Bewirtschaftungsplanes für die gesamte Sperrenkette;
- die Steuerung der Wasserabgabe des Stausees Tégourou an den Stausee Kokodjogou allein durch kontrollierte Wasserabgabe des Stausees Daga und Überströmen des Stauwehres Tégourou;
- die Variante 2 des Bewirtschaftungsplanes von STEINGRUBER (1984), d.h. im kommenden Wirtschaftsjahr auf den Anbau einer zweiten Kultur zu verzichten, statt dessen die Nutzung der durch Verdunstung frei werdenden 23 ha großen Fläche des Stausees Kokodjogou probeweise einzuführen.

1.2 Perimeter Tégourou

Die Beseitigung des im Perimeter Tégourou rechts anstehenden Stauwassers ist Voraussetzung für eine Beseitigung der hier zu verzeichnenden hohen Ertragseinbußen. Das Stauwasser ist eine Folge von:

- a) unzureichender Vorflut
- b) hohen Wasserverlusten durch undichte Kanäle und Schieber
- c) zu hohen Bewässerungsgaben und zu langer Bewässerungsdauer.

Ein Einfluß des Stausees Kokodjogou auf die unzureichende Vorflut ist nicht auszuschließen.

1.2.1 Entwässerung

Hinsichtlich der unzureichenden Vorflut des Perimeters Tégourou rechts sind folgende Maßnahmen zu ergreifen:

- Entfernen der vom Stauwehr Tégourou zum Stauwehr Kokodjogou führenden Piste im Bereich des Vorfluters. Dieser wird durch die Piste aufgestaut. Die ehemals notwendige Piste hat ihren Sinn angesichts einer erweiterten Infrastruktur verloren; der gesamte Kraftverkehr läuft über eine neue Piste.
- Vorerst ist auf das Ausheben eines Vorfluterkanals zu verzichten. Es besteht die berechnete Annahme, daß dieser im Verlauf der nächsten Regenzeit freigespült wird.
- Das Anlegen von Entwässerungsgräben ist aufgrund ausreichend hoher Durchlässigkeiten und Infiltrationsraten zu unterlassen.

1.2.2 Wasserzuleitung

Undichtigkeiten der Kanäle und Verschlüsse in den Perimetern sind zu beseitigen durch:

- Instandsetzung, ggf. Austausch der defekten Schieber;
- Ersatz der hölzernen Verschlusßbretter bei der Rohrbewässerungsanlage (Auslaßschächte) durch Gummistopfen;
- Sicherstellung der zukünftigen Instandsetzung und regelmäßigen Wartung der Kanäle und Verschlusselemente. Hierfür bietet sich die Zeit zwischen Bewässerungsperiode und Beginn der Regenzeit an.

1.2.3 Rotation und Wassergaben

Die bestehende Rotation und Bemessung der Wassergaben ist nicht akzeptabel und hat fatale Folgen für den Betrieb der Perimeter. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit der folgenden Maßnahmen:

- Die landwirtschaftliche Beratung ist zu verbessern. Dem Bauern soll insbesondere der schädliche Einfluß eines Übermaßes an Wasser bewußt werden.
- Es ist ein Rotationsplan zu etablieren, der das gleichzeitige Bewässern von zu vielen Parzellen verhindert. Dabei soll so vorgegangen werden, daß der Bevölkerung die Notwendigkeit einer geregelten Rotation einsichtig wird, bevor diese von allen Beteiligten erarbeitet wird. Vorgaben seitens der Projektleitung sind wenig sinnvoll, da diese erfahrungsgemäß nicht eingehalten werden.

1.2.4 Versalzungserscheinungen und Versalzungsgefahr

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, daß weder im Ober- noch im Unterboden des Perimeters Tégourou rechts eine den Pflanzenwuchs beeinträchtigende Konzentration an Salzen vorliegt. Bestehende lokale Salzanreicherungen sind durch die Evapotranspiration des anstehenden Stauwassers bedingt.

- Sowohl Bewässerungs- als auch anstehendes Stauwasser weisen eine hervorragende Qualität hinsichtlich ihres Salzgehaltes auf.
- Aufgrund der schwachen Salzanreicherungen sind Auswaschwassergaben nicht nötig.
- Die Sicherstellung einer ausreichenden Vorflut und damit eines genügend großen Stauwasser-Flurabstandes ist für die Abwendung einer Versalzungsgefahr in der Zukunft ausreichend.

1.2.5 Pflanzenbauliche Maßnahmen

Die Untersuchungen der Boden- und Pflanzenanalysen zeigen wie erwartet geringe Nährstoffgehalte der anstehenden Schwemmlandböden. Auffällig sind sehr hohe Eisengehalte der untersuchten Batatepflanzen im Perimeter Tégourou rechts.

- Eine anhaltende Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit ist durch eine Erhöhung des Gehaltes an organischer Substanz zu erreichen. Als geeignetes Mittel dazu wird die Intensivierung der Kompostwirtschaft empfohlen. Angesichts der geringen Mengen kompostierbarer Substanzen ist zu prüfen ob dieses möglich ist.
- Die hohen und vermutlich toxischen Fe-Gehalte gehen auf das anstehende Stauwasser zurück, das auch eine unzureichende Knollenbildung der Batatepflanzen verursacht.
- Eine Erhöhung der Flächenproduktivität ist durch Einführung der Furchenbewässerung zu erzielen. Das nochmalige, sehr sorgfältige Anlegen von Versuchs- bzw. Demonstrationsparzellen wird empfohlen.

1.3 Erweiterung der Perimeter

Eine Erweiterung der Perimeterflächen nach den bestehenden Plänen ist nur dann sinnvoll, wenn die o.a. Maßnahmen zum Erfolg führen. Auch aus pädagogischen Gründen wird dringend davon abgeraten eine solche Erweiterung vorzunehmen, bevor die Bauern

eine höhere Eigenverantwortung für das System wahrnehmen können. Für den Fall, daß dies nicht erreicht werden kann, wird ein alternatives Bewässerungssystem vorgeschlagen:

- weitgehende Annäherung an die traditionelle Bewässerungstechnik mit einer Wasserzuleitung (PVC-Rohre) zu gemauerten Reservoirs, die der Wasserentnahme zur Kalebassenbewässerung dienen;
- Anzahl der Verschlusseinrichtungen durch Ausnutzung des Prinzips der kommunizierenden Gefäße minimieren.

2. EINLEITUNG

Versalzungserscheinungen im Perimeter Tégourou rechts wurden schriftlich erstmalig bei BROUWER und SCHWEMER (1988) beschrieben. Der vorliegende Bericht entstand aus der Notwendigkeit heraus, die Gefahren einer Bodenversalzung in den Schwerkraftbewässerungsperimetern im Djounjourou Tal zu untersuchen, ihre Ursachen zu erkennen und Empfehlungen für die Lösung des Problems zu erstellen (Leistungsbeschreibung s. Anhang 1). Im Rahmen dessen hielt sich der Berichtersteller vom 21.01.1989 bis zum 01.04.1989 im Projektgebiet auf. Vor Ort wurde eine Bestandsaufnahme der für ein Versalzungsproblem relevanten Faktoren durchgeführt. Den überwiegenden Teil des Aufenthaltes verbrachte der Berichtersteller in den Perimetern; jedoch wurden Teile der Untersuchungen (Leitfähigkeitsmessungen) im Projektcamp in Bandiagara vorgenommen. Darüber hinaus wurde die im Projektcamp verfügbare und relevante Literatur ausgewertet. Die Analyse der Wasser-, Boden- und Pflanzenproben erfolgte in der Bundesrepublik Deutschland. Bedauerlicherweise lagen deren Ergebnisse, aus vom Verfasser nicht zu verantwortenden verwaltungstechnischen Gründen, erst im September 1989 vor.

In Absprache mit dem Projektleiter, Herrn Karsten Tolle, wurde die Thematik des Berichtes erweitert. Zusätzlich zu der Untersuchung der Versalzung wurde das bestehende Bewässerungssystem kritisch bewertet; dies erfolgte u.a. im Hinblick auf die geplante Erweiterung der Perimeter, insbesondere des Perimeters Tégourou links.

Der Verfasser erfuhr in Bandiagara von seiten der Mitarbeiter der GTZ und der Behörde des malischen Partners - des S.D.A. - eine umfangreiche fachliche und logistische Unterstützung. Ohne diese wäre die vorliegende Arbeit nur schwer zustande gekommen. Darüber hinaus erwies sich der Umstand, daß eine Vielzahl von Entwicklungshilfeorganisationen der verschiedensten Nationen in Bandiagara arbeiten als hilfreich.

Insbesondere gilt mein Dank folgenden Personen:

Herrn K. Tolle (Projektleiter P.V.A.P.D.)

Monsieur F. Sanogo (Chef du S.D.A.)

Herrn M. Pülm (Projektassistent P.V.A.P.D.)

Monsieur S. Diarra (Encadreur P.V.A.P.D station Tégourou)

Herrn P. Boehm (DED)

Herrn J. Suchantke (DED)

3. ERFASSUNG DER STANDORTFAKTOREN

3.1 Klima

Das Projektgebiet (14°30'N, 3°30'W) ist mit einem mittleren Jahresniederschlag von 580 mm (STEINGRUBER 1978) und einer einfachen Sommerregenzeit bereits dem südlichen Sahel zuzurechnen.

Der von starker Periodizität geprägte jahreszeitliche Klimaablauf läßt sich auch gut aus dem Klimadiagramm von WALTER (1967) (Abb. 1.) ableiten. Die Einteilung gemäß STEINGRUBER (1978) lautet wie folgt:

- | | |
|-----|--|
| I. | Kühl und trocken von November bis Januar |
| II | Heiß und trocken von März bis Mai |
| III | Feucht und relativ kühl von Juni bis Oktober, mit 2 feuchtwarmen Übergangszeiten |

Aus den umfangreichen Klimadaten (STEINGRUBER 1978) werden hier nur die wichtigsten Kenngrößen vorgestellt:

- mittl. tägl. Lufttemperatur (1972-'75) 27,5 °C
- mittl. tägl. rel. Luftfeuchtigkeit (1972-'75) 39 %
- mittl. Windweg Station Bandiagara (1972-'74) 106 km/Tag
- mittl. Sonnenscheindauer (n) (1972-'75) 7,9 h/d
- max. Sonnenscheindauer (N) (1972-75) 11,2 h/d
- mittl. jährliche potentielle Evapotranspiration (Class-A Pan, Turc) 2070 mm

3.2 Geographie, Geologie, Pedologie und Gewässernetz

Geographie und Geologie

Der größte Teil des Dogonlandes wird von einem Sandsteinmassiv gebildet, das nach Westen hin sanft in die Alluvionen der Nigerebene ausläuft, nach Südosten jedoch scharf durch einen Felsabbruch, die sogenannte 'Fallaise du Bandiagara', abgegrenzt wird. Während im Osten das Gelände von Ebenen und wenigen Zeugenbergen bestimmt wird, gewinnt das Relief östlich von Bandiagara an Schärfe und steigt bis zur

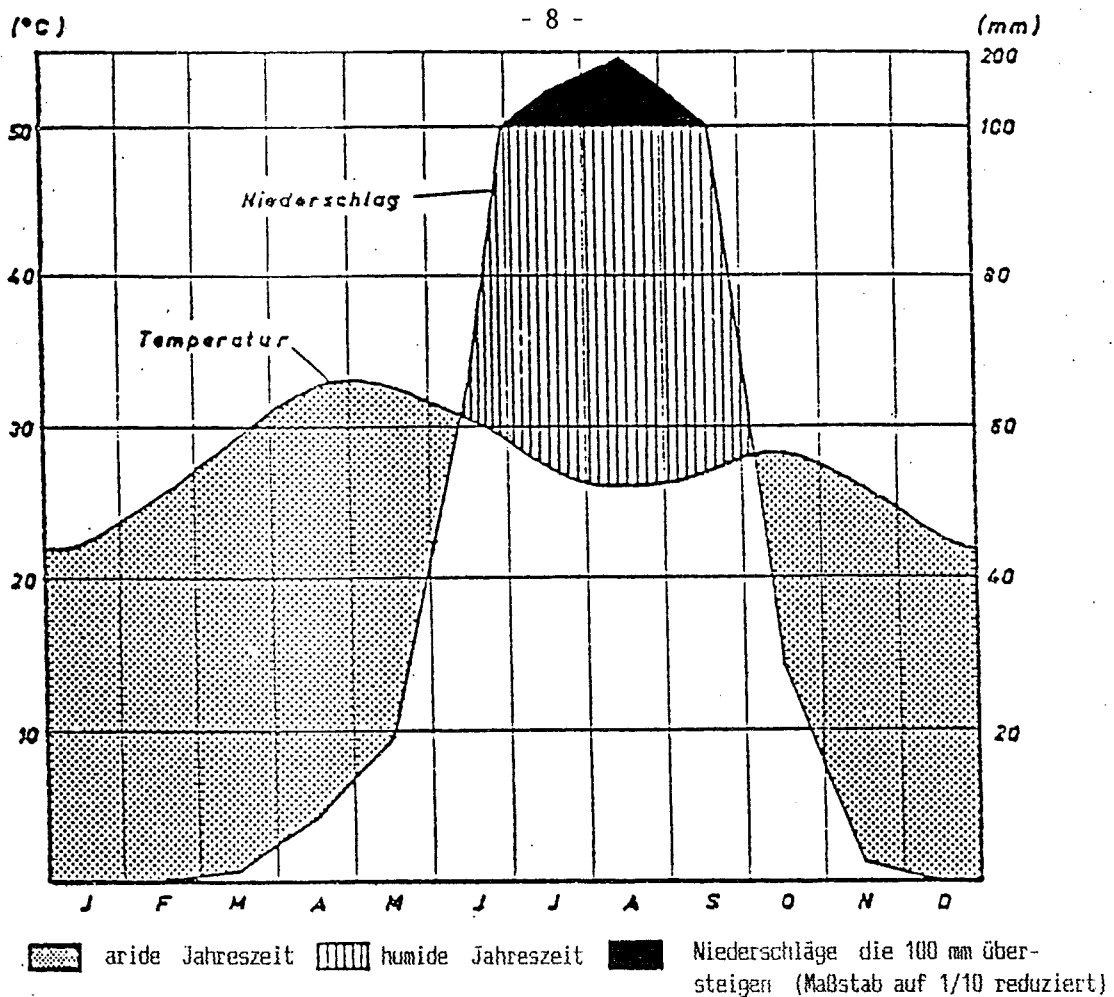


Abb. 1. Klimadiagramm, Station Bandiagara (Walter 1960)

Fallaise du Bandiagara auf maximal 600 m Höhe über NN an. Es folgt der steile Felsabsturz von 200 - 300 m, an den sich die Gondoebene anschließt.

Das vorgenannte Sandsteinmassiv ist infrakambrischen bzw. kambrischen Ursprungs. Ein mäandrierendes Flußsystem transportierte die Sedimente bis zum Ort der endgültigen Ablagerung. Die Mächtigkeit des so entstandenen Sandsteinmassivs ist noch nicht endgültig geklärt, beträgt jedoch mindestens viele hundert Meter (BÖHM 1988).

Pedologie

Während über große Bereiche, besonders im Osten und Nordwesten des Plateaus, unverwittertes oder aufgelöstes und angewittertes Blockwerk zutage tritt, sind dagegen im Mittelteil des Plateaus wie auch im Westen eher flachgründige, wenig entwickelte und zudem von Blockwerk durchsetzte Böden anzutreffen. Darüber hinaus verdienen die entlang der Wasserläufe entstandenen Schwemmlandböden besondere Beachtung. Vor allem in den Talbereichen der Flüsse Djounjourou, Sibi und Yame befinden sich diese oft mehrere Meter mächtigen, relativ fruchtbaren Böden, die einer intensiven Nutzung unterliegen

(STEINGRUBER 1978). Allerdings werden sie auch durch zutage tretende Felsrücken, die die Flächen ebenso durchziehen wie Erosionsgullies, charakterisiert.

Nach N.N./GTZ (o.J.) ist die Textur leicht (80 % Gew. Anteil der 0.02-0.40 mm Aggregatgröße); schluffige Feinsande mit nur geringem Tonanteil (Kaolinit) gewährleisten eine gute Durchlüftung und interne Dränung, jedoch nur eine geringe Wasserhaltekapazität von 12-15 %. Die Horizonte sind nur schwach differenziert. Undurchlässige Horizonte und Lateritkrusten kommen nicht vor; lateritische Agglomerationen treten meist in Kiesen oder Konglomeraten auf. Der Humusgehalt ist sehr gering. Weiterhin sind diese Böden durch niedrige Gehalte an pflanzenverfügbarem N, Spuren von K und P sowie eine schwach saure bis saure Bodenreaktion (4,5 - 6,0 pH CaCl) gekennzeichnet. Sie neigen zur oberflächlichen Verkrustung und Verschlammung (N.N./GTZ o.J.). Weiterhin findet sich in N.N./GTZ (o.J.) der Hinweis, daß die Gefahr einer Bodenversalzung nicht besteht.

Gewässernetz

Mit Ausnahme eines schmalen Streifens entlang der östlichen Stufenfront entwässert das gesamte Plateau der allgemeinen Abdachung folgend nach Westen, in Richtung der Niger ebene. Hauptvorfluter ist der in den Niger mündende Yame; die auf dem Plateau fließenden Flüsse führen ausnahmslos nur periodisch Wasser.

3.3 Bevölkerung

Die Landkreise Douentza und Bandiagara sind Teile der 'Region du Mopti' und ihrerseits in verschiedene Arrondissements gegliedert. Der Landkreis Bandiagara setzt sich aus 8 Arrondissements zusammen. Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Arrondissement Central, in dem sich auch der Hauptort Bandiagara befindet.

Mit einer Einwohnerdichte von 19 Einwohnern/km² (MACHER 1976) gehört das Dogonplateau, trotz seiner für den Menschen schwierigen Standortfaktoren (Bodenknappheit, periodisch wiederkehrender Wassermangel), zu den dichtbesiedeltesten Regionen der 'République du Mali'. 90 % der 140.000 Menschen (Volkszählung 1976) sind Dogon, die nahezu ausschließlich von der Landwirtschaft leben (STEINGRUBER 1978). Die relativ hohe Bevölkerungsdichte hat geschichtlichen Ursprung, der jedoch hier nicht weiter aufgezeigt werden soll. Auch bezüglich der reichen Kultur dieser Ethnie wird auf die umfangreichen Arbeiten von M. Griaule verwiesen. Es soll an dieser Stelle jedoch erwähnt werden, daß der Fleiß und der Arbeitswille der Dogon in Mali einen sehr guten Ruf ge-

nießen. Der Berichterstatter kann dies angesichts der harten Belastungen denen der Dogonbauer bei der traditionellen Bewässerungsweise ausgesetzt ist, persönlich bestätigen.

3.4 Landwirtschaft

Existenzgrundlage der Dogon stellt der für die Sahel-Sudan-Region typische Anbau von diversen Hirse- und Sorghumvarietäten im Regenfeldbau dar. Die Dogon haben aufgrund der knappen Bodenverhältnisse, der relativ hohen Bevölkerungsdichte und der mit hohen Intensitäten fallenden Niederschläge eine spezifische Anbaupraxis entwickelt. Durch das Anlegen von Terrassen mit Hilfe kleiner Steindämme und durch das Kultivieren von steilen, mit Felsblöcken durchsetzten Lagen wurde die Erosionsanfälligkeit der Böden verringert. Im gleichen Zug konnte durch das reduzierte Gefälle solcher Lagen eine höhere Infiltrationsrate der Böden erzielt werden. Doch selbst diese Anbaupraxis bietet keine Garantie für ausreichende Erträge. Hohe Risiken bestehen vor allem hinsichtlich:

- des nur unsicher zu bestimmenden Beginns der Regenzeit,
- der Möglichkeit beträchtlicher Niederschlagslücken während der Regenzeit,
- der Gefahr des zu frühen Aussetzens der Niederschläge gegen Ende der Regenzeit.

Allerdings sind die Dogon durch ihre Speichertechnik auf Ernteausfälle vorbereitet: "So waren die Dogon selbst in den prekären Jahren der letzten Dürrekatastrophe nicht auf ausländische Hilfslieferungen angewiesen" (STEINGRUBER 1978).

Über diesen Regenfeldbau hinaus betreiben die Dogon bewässerten Gartenfeldbau. Dieser wird immer dort betrieben, wo die Flußläufe natürliche Rückhaltebecken aufweisen. In ihnen hält sich das aufgestaute Wasser nach der Regenzeit oft monatelang. Im Gartenfeldbau kultiviert der Dogonbauer die verschiedensten Gemüsearten, vorrangig jedoch Schallotten (s. auch Kap. 4.1). Die Kulturen, max. in einer Breite von 40 - 50 m um das Rückhaltebecken herum angelegt, werden traditionell mit Hilfe von Kalebassen bewässert, deren jeweiliges Fassungsvermögen stark differiert.

Ein weiteres Beispiel für den Arbeitswillen der Bevölkerung ist die Tatsache, daß die Dogon diese Gemüsekulturen auch auf ursprünglich nacktem Fels kultivieren, denn nicht um jedes Rückhaltebecken steht der wertvolle Schwemmlandboden an. In diesen Fällen trägt der Bauer die Erde in Körben dorthin, wo Bedarf besteht. Er breitet sie einige Zentimeter stark auf dem Fels aus und sichert die entstandene, wenige Quadratmeter große Parzelle

mit Steinen gegen ein Abrutschen. Solchermaßen erstellte Parzellen überdauern die nachfolgende Regenzeit nicht.

Ein Bauer kann in diesem äußerst intensiven Gartenbau maximal 400 m² Fläche bewässern. Über den Erlös der erzeugten Verkaufsfrüchte - abgesehen von einigen wenigen Subsistenzfrüchten wie z.B. Tabak - gelangt der Bauer zu etwas Bargeld. Das bietet ihm die Möglichkeit, zu Beginn der Regenzeit die schwindenden Hirsevorräte zu ergänzen.

4. BEWÄSSERUNG IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

4.1 Beschreibung des Gesamtsystems

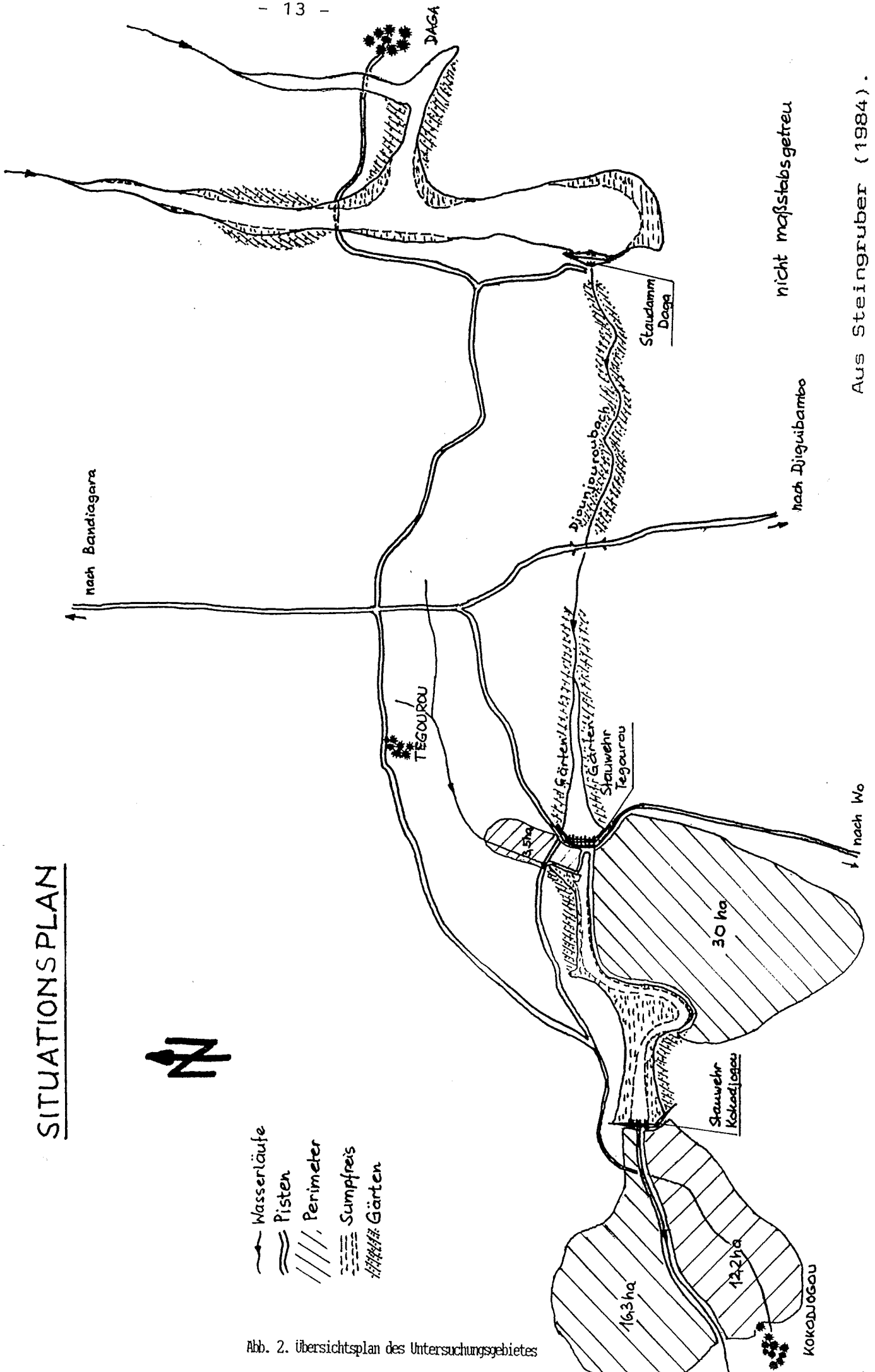
Die vom Verfasser untersuchten Perimeter Tégourou rechts und links bilden einen Teil der wasserwirtschaftlichen Anlagen in einem Talabschnitt des Djounjourous zwischen den Dörfern Daga und Kokodjogou. Dieser Teil des Projektes, ca. 12 km südlich von Bandiagara gelegen und über eine z.T. gut ausgebaute Piste zu erreichen, umfaßt im einzelnen einen Staudamm, 2 Stauwehre und 3 Bewässerungsperimeter (Abb. 2.). Der Stausee, nach dem Dorf Daga benannt, besitzt ein Speichervolumen von ca. 1,2 Mio. m³. Eine dosierte Wasserabgabe in Zeiten des Bedarfs erfolgt an die flußabwärts liegenden Stauwehre Tégourou und Kokodjogou (STEINGRUBER 1974). Sie erfüllen die Funktion der Wasserhebung und -zwischenlagerung. Dem frei überströmbaren Stauwehr Tégourou, dessen Wehrbecken ein Volumen von 70.000 m³ aufweist, sind zwei Bewässerungsperimeter angeschlossen: 1) Tégourou rechts mit 3,5 ha sowie 2) Tégourou links mit 5,5 ha Nutzfläche. Eine Erweiterung der Perimeterfläche Tégourou links auf 12,2 ha ist in Planung. Das sich unmittelbar unterhalb des Stauwehres Tégourou anschließende Becken des Stauwehres Kokodjogou verzeichnet bei einer Wasserfläche von 23 ha eine durchschnittliche Wassertiefe von 1 m. Es speist den 4 ha großen Bewässerungsperimeter Kokodjogou, dessen Erweiterung ebenfalls geplant ist.

Über die drei Perimeter hinaus unterliegen alle Schwemmlandböden entlang des Djounjourous zwischen dem Staudamm Daga und dem Stauwehr Kokodjogou ebenso wie um die 3 entstandenen Stauseen, einer intensiven gärtnerischen Bewirtschaftung. Eine grafische Darstellung der Flächenverhältnisse zeigt Abb. 3. In der ersten Hälfte der Trockenzeit (Oktober - April) werden hier die verschiedensten Gemüsekulturen angebaut und mittels Kalebassen bewässert. Hauptkulturen sind Schalotten und Süßkartoffeln. Abb. 4. und Tab. 1 zeigen den Grad der Diversifizierung auf.

SITUATIONSPLAN



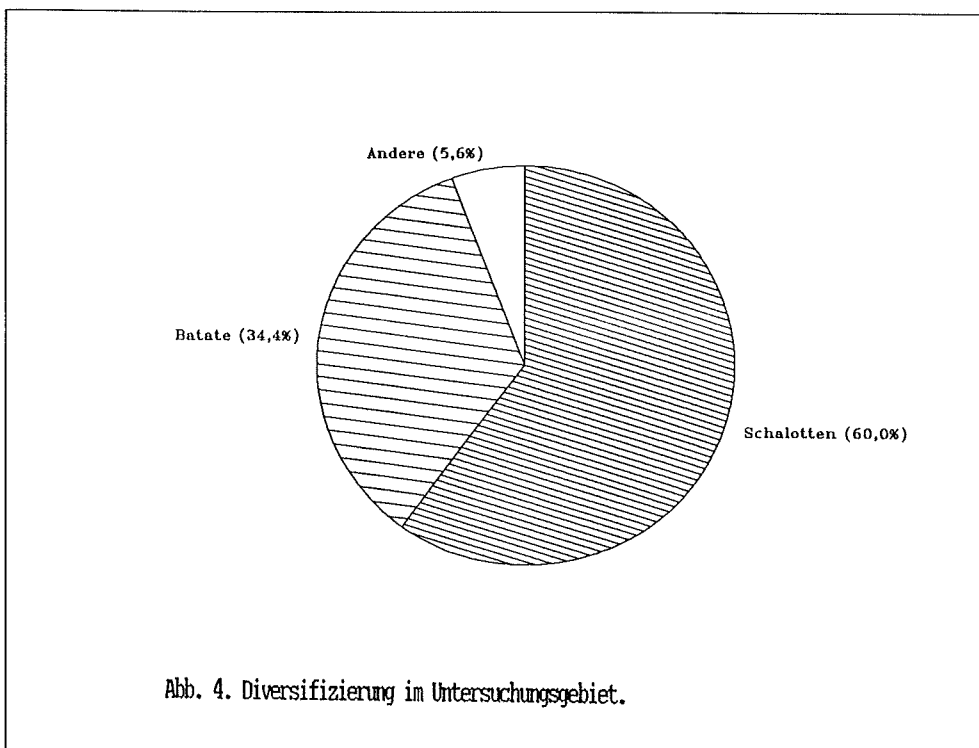
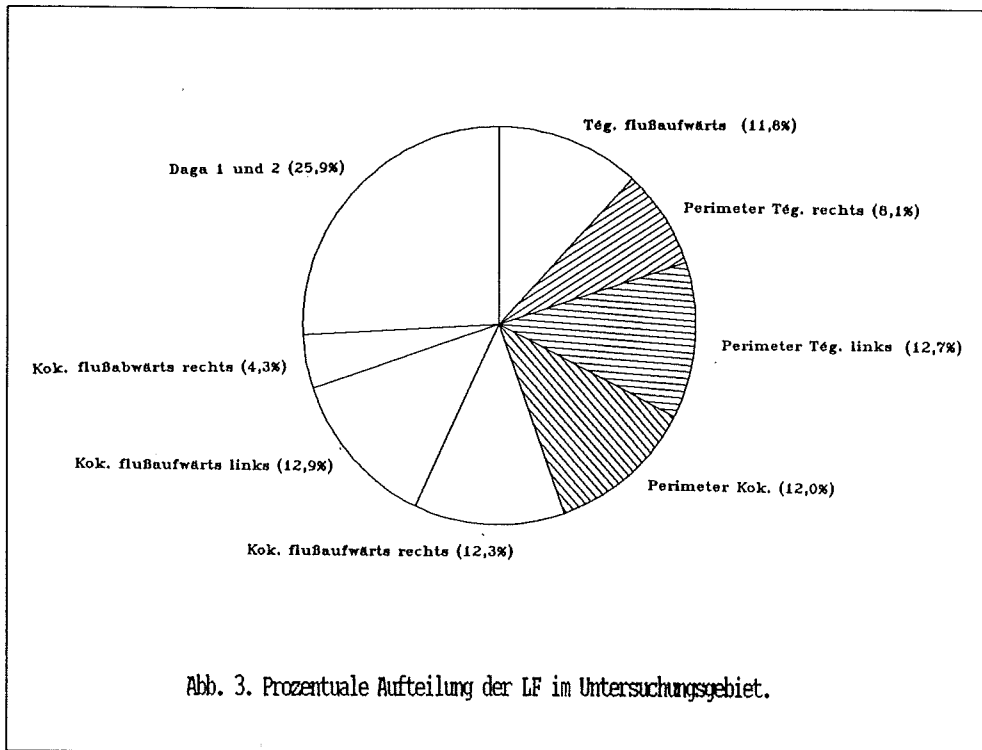
- Wasserläufe
- Pisten
- Perimeter
- Sumpfreis
- Gärten



nicht maßstabsgetreu

Aus Steingruber (1984).

Abb. 2. übersichtsplan des Untersuchungsgebietes



Tab. 1. Aufschlüsselung der in Abb. 3 unter "Andere" zusammengefassten Flächenanteile der Kulturen

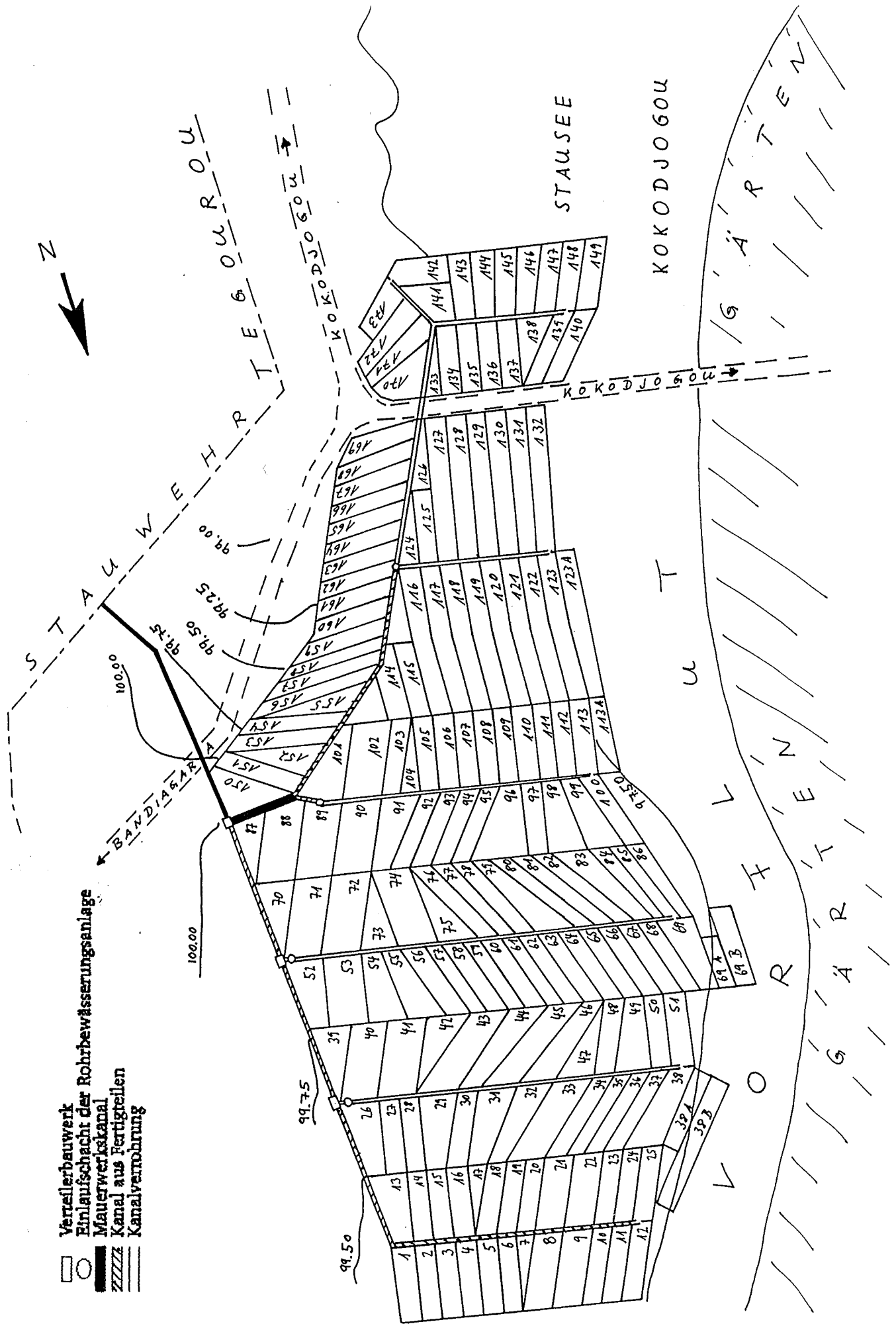
Kultur	Fläche [ha]	% der Gesamtfläche
Tabak	4842,60	1,869
Tomate	4826,10	1,862
Aubergine	4431,40	1,710
Pfeffer	3338,50	1,288
Kartoffel	2063,80	0,796
Knoblauch	608,40	0,235
Kohl	199,80	0,077
Salat	185,90	0,072
Kürbis	183,50	0,071
Karotte	101,50	0,039
Mais	90,90	0,035
Zuckerrübe	17,90	0,007
W.-Melone	12,00	0,005
Melone	8,00	0,003

4.2 Bewässerungsperimeter

Die im Untersuchungsgebiet ausgebauten Perimeter bestehen aus eingeebneten Parzellen von 100 - 300 m² Größe, denen über ein System von befestigten Haupt- und Nebenkanälen bzw. Rohrleitungen das Wasser im freien Gefälle zugeführt wird (Abb. 5.).

Im einzelnen nimmt das Wasser folgenden Weg:

Durch die Stauwehre Tégourou und Kokodjogou wird das Wasser auf das erforderliche Niveau angehoben. Es gelangt über die seitlich am Becken angebrachten Entnahmebauwerke und die darauf folgenden Entnahmekanäle zum Hauptschieber des jeweiligen Perimeters. Daran schließen sich die Hauptkanäle an, die das Wasser zum ersten Verteilerbauwerk leiten; aus ihnen wird jedoch nicht direkt bewässert, d.h., sie weisen keine Feldauslässe auf. Auf diese Verteilerbauwerke folgen die Kanäle zweiter und dritter Ordnung, die das Wasser einerseits zu weiteren Verteilerbauwerken leiten, aus denen andererseits jedoch auch direkt bewässert wird. In Teilen des Perimeters Tégourou rechts wurde anstelle der Kanäle dritter Ordnung ein Rohrbewässerungssystem mit den zugehörigen Bauwerken installiert (Abb.5.). Insgesamt erhalten 117 der 173 Parzellen des Perimeters Tégourou rechts ihr Bewässerungswasser aus der Rohranlage.



- Vereilerbauwerk
- Einlaufschacht der Rohrbewässerungsanlage
- ▬ Mauerwerkkanal
- ▬▬▬ Kanal aus Fertigteilen
- ▬▬▬ Kanalverrohrung

Abb. 5. Übersichtsplan des 3,5 ha großen Perimeters Tégourou rechts.

4.2.1 Beschreibung der Kanalbauformen

Innerhalb der Perimeter dienen Kanäle aus Mauerwerk oder aus Betonfertigteilen sowie die erwähnten Rohrleitungen der Wasserzuleitung. Auf die Bauformen soll im weiteren nur kurz eingegangen werden [vergl. STEINGRUBER (o.J.)].

Zum übersichtlichen Vergleich der 3 verwendeten Kanalbautypen wird auf Tab. 2 verwiesen.

Tab. 2. Vergleich der verschiedenen Kanalbauformen, (Steingruber 1974)

Kanaltype	Vorteile	Nachteile	Kosten
Mauerwerk	einfaches und vor Ort bekanntes Bau-Prinzip; Leicht zu reparieren solide Bauweise	hohe Kosten; relativ langsame Bauweise; erhöhte Kanalwandrauigkeit	945.000 FCFA/ha (6300.-DM) Kostenfaktor 1,8
Betonfertigteile	bei eingübtem Bau-trupp rasche Verlegung der einzelnen Elemente; geringe hydraulische Verluste; günstige Baukosten; Vorproduktion der Elemente an geeigneten Standorten während der arbeitsfreien Perioden (Regenzeit)	hoher Überwachungs-aufwand bei der Herstellung und Verlegung der Elemente; schwierig zu reparieren	652.500 FCFA/ha (4350.- DM) Kostenfaktor 1,25
Verrohrung	rasche und unkomplizierte Verlegung der Rohrelemente; Bau der Schächte im Fertigteilprinzip; geringe Baukosten; gute Anpassung an Geländeunebenheiten; wenig Überwachungs-tätigkeit; kein Landverlust	Rohrformstücke müssen aus dem Ausland (Côte d'Ivoire) beschafft werden; periodische Reinigung der Rohrstränge; relativ hohe hydraulische Reibungsverluste	525.000 FCFA/ha (3.500.- DM) Kostenfaktor 1,0

4.2.1.1 Mauerwerkskanal

Die aus anstehendem Bruchstein bestehenden Mauerwerkskanäle weisen einen rechteckigen Querschnitt und eine Seitenwandstärke von 0,25 m auf. Die Gründungstiefe beträgt

0,40 m. Von unten nach oben ergibt sich folgender Aufbau: 0,10 m gebrochenes Sandsteinmaterial, 0,10 m Schottermaterial, 0,10 m gemauerte Kanalsole. Die Seitenwände sind auf das gebrochene Steinmaterial aufgemauert. Bei der Fertigung wurden keine speziellen Betondichtungsmittel verwendet.

4.2.1.2 Kanal aus Betonfertigteilen

Die im Projektcamp in Bandiagara angefertigten Betonteile mit trapezförmigem Querschnitt weisen einheitlich eine Länge von 1,20 m und eine Wandstärke von 0,06 m auf. Sie wurden auf einer 0,10 m starken, mit einer Mörtelschlempen stabilisierten Schicht aus gebrochenem Steinmaterial verlegt. Zur Fixierung diente eine 2-3 cm starke Mörtelmasse, die auf die Steinschicht aufgebracht wurde.

Bei beiden Kanalbauformen werden gleichermaßen Holz- und Metallschieber aus der örtlichen Produktion verwendet (Bandiagara). Verschlüsselemente aus Holz weisen laut STEINGRUBER (1984) geringere Anschaffungskosten auf als solche aus Metall. Zudem ist eine Reparatur durch die ansässige Bevölkerung möglich. Inwieweit sie im Bewässerungsbetrieb überzeugen zeigt der Verfasser in Kap. 5.1.2 auf.

4.2.1.3 Rohrzuleitungen

Vereinfacht dargestellt, besteht diese Bauform aus einer Vielzahl von Rohrschächten, die durch Rohre unterirdisch miteinander verbunden sind. Die verwendeten Rohre und T-Stücke aus malischer Produktion weisen eine Nennweite von 125 bzw. 110 mm auf. Das Wasser gelangt über einen Einlaufschacht (Abb. 12.) in ein kurzes vertikales Rohrstück, das zu einem ca. 50 cm tief verlaufenden Rohrstrang führt. Dieser Rohrstrang versorgt die einzelnen Parzellen mit Wasser, wobei jeweils ein kurzes vertikales Rohrstück die Verbindung zu einem Auslaßschacht herstellt (Abb. 13.). Von hier aus kann das Wasser oberirdisch in die beidseitig des Auslaßschachtes liegenden Parzellen strömen. Ein- und Auslaßschächte sind mit einem Drahtnetz versehen, das das Eindringen von grobem Schmutz und Tieren in das Rohrsystem verhindern soll. Die Drahtnetze sind in einen quadratischen Rahmen aus Flachstahl eingeschweißt, der jeweils in den gemauerten Ein- und Auslaßschächten verankert ist. Um das Steigen des Wassers im Auslaßschacht der zu bewässernden Parzelle zu gewährleisten, werden sämtliche übrige Auslaßschächte dieses Stranges verschlossen. So soll der für die Hebung des Wassers erforderliche Druck aufge-

baut werden. Das Verschließen der Auslaßschächte erfolgt mittels eines einfachen Holzbrettes, das auf den Stahlrahmen aufgelegt wird. Damit dem Druck standgehalten werden kann, wird das Brett mit Steinen beschwert (Abb. 14.). Die Dichtigkeit dieser Verbindung soll durch ein einseitig auf das Brett aufgebrachtes Stück Gummi, gewonnen aus alten Autoreifen, erreicht werden. Das Holzbrett ist so angefertigt, daß es bei zwei von einem Auslaßschacht zu versorgenden Parzellen wechselseitig als Sperrschieber zu der gerade nicht zu bewässernden Parzelle benutzt werden kann.

Verteilerschächte sind zur Druckregulierung in die Rohrstränge eingebaut. Durch eine Druckreduzierung sollen einerseits das Abheben der Verschlusßbretter, andererseits Defekte an Rohrverbindungen verhindert werden. Diese Bauwerke sind Aus- und Einlaßschacht gleichermaßen. Das Wasser wird kurzzeitig durch ein vertikal verlegtes Rohr an die Oberfläche geführt; der Einlauf in das anschließende Teilstück des Rohrstranges erfolgt unmittelbar.

4.2.2 Entwässerung

N.N./GTZ (o.J.) empfiehlt im Zuge der Baumaßnahmen der Bewässerungsperimeter im Djounjourou Tal das Verfahren der Oberflächendränung und gibt exakte Hinweise für den Bau einer Grabenentwässerung. Diese Empfehlung blieb unberücksichtigt. Die Perimeter entwässern z.Zt. in den unterhalb liegenden Marigot und damit indirekt in den Stausee Kokodjogou (Perimeter Tégourou rechts), direkt in den Stausee Kokodjogou (Perimeter Tégourou links) sowie in den Djounjourou unterhalb der Sperre von Kokodjogou (Perimeter Kokodjogou).

4.2.3 Bewirtschaftung der Perimeter

4.2.3.1 Allgemeines

Im Jahresverlauf werden in den Perimetern Tégourou rechts und links 2 aufeinanderfolgende Kulturen angebaut.

Sämtliche Arbeiten werden ohne jede Maschinisierung durchgeführt. Zu Beginn der Regenzeit (Juni) werden Reis bzw. Erdnüsse als erste Kultur angepflanzt. Nach der Ernte im August/September erfolgt, im Anschluß an eine maximal einmonatige Brache, das Setzen der Süßkartoffelknollen. Die Süßkartoffeln werden ab März des folgenden Jahres geerntet. In den anschließenden, sehr heißen Monaten bis zum Beginn der nächsten Regenzeit wird der Perimeter nicht bewirtschaftet.

Es folgen Anmerkungen zu den einzelnen Kulturen (DEMBELE 1989):

Perimeter Tégourou

- Das Verhältnis der Flächenanteile Reis zu Erdnüssen beträgt ca. 1 zu 1.
 - Es werden 3 verschiedene Sorten Reis angebaut:
 - a) Eine lokale Varietät mit 3 monatiger Kulturdauer, ca. 0,7 t/ha Ertrag.
 - b) Die Sorte IR 444 mit 4 monatiger Kulturdauer, ca. 1,5 t/ha Ertrag.
 - c) Die Sorte D 52-37 mit 4 monatiger Kulturdauer, ca. 1,5 t/ha Ertrag (Anbau erfolgt ausschließlich im Perimeter Tégourou links).
- Diese Ertragsangaben sind nicht repräsentativ: DEMBELE (1989) hat nach eigenen Angaben jeweils den überdurchschnittlichen Ertrag einer einzigen 100 m² großen Parzelle den Berechnungen zu Grunde gelegt.
- Der Reis wird mit einer Saatstärke von ca. 1 kg/100 m² direkt gesät.
 - Die maximal einen Monat andauernde Anbaupause zwischen Reisernte und Setzen der Batateknollen ist zurückzuführen auf:
 - I. Saatgutmangel
 - a) AK-Mangel (durch den Bedarf in der Schalottenproduktion)
 - I. erforderliche Bodenbearbeitung.
- Der Zeitaufwand für die Bodenbearbeitung einer 100 m² großen Parzelle wird mit 15 AK/h angegeben. Hierbei werden die ebenen Parzellen derart umgestaltet, daß in die entstehenden Hügel die Batateknollen gesetzt werden können.
- Anzahl und Größe der Hügel pro Flächeneinheit differieren (s. Abb. 9. sowie Kap. 8.2). Die ursprünglich von STEINGRUBER (1984) vorgeschlagene Furchenbewässerung hat sich nicht durchgesetzt. Die Bauern gaben die traditionelle Hügelkultur bislang nicht auf.
 - Es werden die 3 Batatevarietäten B. blanche, B. chinois und B. rouge angebaut. Erstgenannte unterscheidet sich von den anderen durch einen höheren Ertrag (>19 t/ha) sowie einer längeren Kulturdauer (4,5 - 5,0 statt 3,0 Monate). Sie wird bevorzugt angebaut.
 - Die Bewässerungsintervalle für die einzelnen Kulturen werden von den verschiedenen Bauern unterschiedlich gehandhabt. Bei Reis ist die Bewässerung aufgrund der Jahreszeit zudem von der Verteilung der Niederschläge abhängig. Zur Bewässerungsdauer und Rotation bei der Batatekultur wird auf Kap. 2.3.4.3 verwiesen.
 - Die Ernte der Batateknollen bedingt naturgemäß eine Zerstörung der Hügel. Die notwendige Planierung der Parzellen erfolgt erst unmittelbar vor der Reisansaat.

Perimeter Kokodjogou

Nach seinem Ausbau im Jahre 1987/88 stand der Perimeter Kokodjogou im Wirtschaftsjahr 1988/89 zum ersten Mal unter Kultur. Im Gegensatz zu den Perimetern Tégourou rechts und Tégourou links wurden in der 2. Kultur nicht nur Süßkartoffeln angebaut. Die Bäuerinnen und Bauern (erstmalig erhielten Frauen Perimeterparzellen) bauten zwar die verschiedensten Gemüsesorten an, hielten sich insgesamt jedoch mit der Inkulturnahme sehr zurück. Zwei Bauern gaben an, es würden große Unsicherheiten bezüglich der Wassermenge für eine 2. Kultur (s. Kap. 4.2.4 u. 8.1) bestehen; deshalb wolle man die Erfahrungen des 1. Anbaujahres abwarten.

4.2.3.2 Düngung

Eine Quantifizierung der aufgetragenen Düngemittel ist nur für die von der Station Tégourou betreute Gesamtfläche möglich. Mangels entsprechender Erhebungen ist eine differenzierte Aussage nicht zu treffen. Zusammenfassend läßt sich folgendes feststellen:

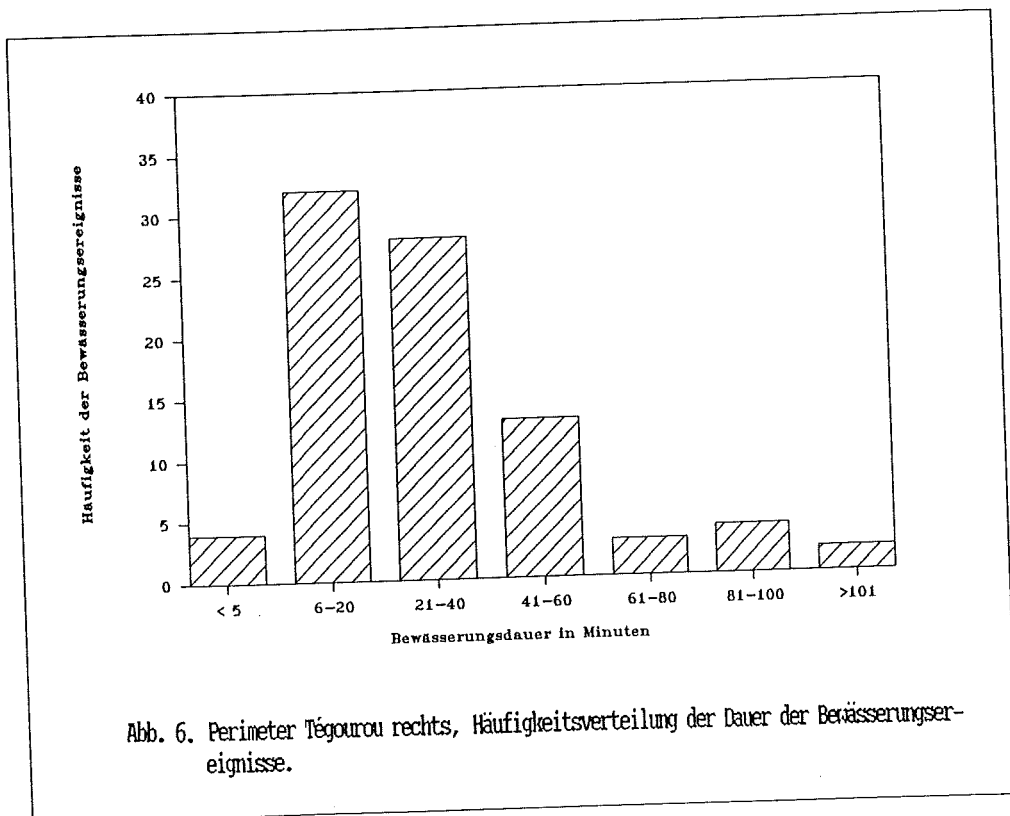
- Die Dogon betreiben eine Kompostwirtschaft, bei der organischer Dünger gewonnen wird. Kompostiert werden verschiedenste pflanzliche und tierische Abfälle, beispielsweise Hirsespelzen und Ziegenkot.
- Darüber hinaus verkauft die P.V.A.P.D. mineralischen Dünger an die Bauern. Die Station Tégourou bietet z.Zt. (1989) Harnstoff und NPK-Dünger für 150 bzw. 125 FCFA / kg an.
- Nach Projektaufzeichnungen wurden im Erntejahr 1987/88 ca. 800 kg Harnstoff und 500 kg NPK-Dünger verkauft. Umgerechnet auf die von der Station zu versorgende Fläche von 25,9 ha entspricht dies etwa 40 kg Harnstoff bzw. 19 kg NPK-Dünger/ha.
- Nur ein geringer Teil der im Untersuchungsgebiet aufgewendeten Düngemittel wird in den Perimetern, der überwiegende Anteil in den Gärten verbraucht (DEMBELE 1989).

Der Verfasser beobachtete einige Bauern, die den Dünger körnchenweise auslegten (4 Körnchen/Batatehügel!).

4.2.3.3 Rotation

Um einen Überblick über das Bewässerungsgeschehen im Perimeter Tégourou rechts zu erhalten, beobachtete der Verfasser über den Zeitraum von 1 Woche die Vorgehensweise

der Bauern beim Bewirtschaften des Perimeters. Dabei stellte sich heraus, daß keine bestimmte Ordnung oder Rotation in der Folge und Länge der einzelnen Bewässerungsereignisse eingehalten wird. Die Bauern selbst geben Auskunft, daß die Batatekultur alle 4 - 7 Tage bewässert wird. Im Tagesverlauf wird keine bestimmte festgelegte Reihenfolge der zu bewässernden Parzellen eingehalten. Allein das zeitlich unterschiedliche Erscheinen der einzelnen Bauern, offensichtlich nicht untereinander abgesprochen, bestimmt die Abfolge der einzelnen Bewässerungsereignisse. In direkter Abhängigkeit des Erscheinens ändert sich die Zahl der gleichzeitig bewässerten Parzellen im Tagesverlauf. Sie schwankt zwischen 1 und 4. Ebenso variiert die Länge der einzelnen Bewässerungsereignisse erheblich. Die Häufigkeitsverteilung der Länge von 86 beobachteten Bewässerungsereignissen zeigt Abb. 6. Die mittlere Bewässerungsdauer beträgt 32 Min./Parzelle.



Die einzelnen Parzellen werden grundsätzlich nach der Methode des Flächeneinstaus bewässert. Zusätzlich schöpft der Bauer mittels einer Kürbisschale Wasser, das auf dem Hügel ausgegossen wird. Diese nicht notwendige Maßnahme stammt wahrscheinlich von der früher üblichen Methode, die Batatehügel mittels Kalebasse zu bewässern.

Als Beispiel für den unsachgemäßen Umgang mit dem System wird das folgende Bewässerungsereignis tabellarisch aufgeführt:

Zeit	Ereignis
16.25	Ende der Bewässerung von Parzelle 155, Schließen des Hauptschiebers;
16.45	Hauptschieber wird vom Bewirtschafter der Parzelle 164 geöffnet, dadurch wird die Parzelle 155 weiterhin, allerdings unbeabsichtigt, bewässert;
16.50	Feldeinlaß Parzelle 155 wird geschlossen, das Wasser fließt nun bis zum Einlaß in das Rohrleitungssystem bei Parzelle 163, von dort weiter durch die Rohrleitung über Parzelle 141 in den Stausee Kokodjogou;
16.55	Der Bauer schließt den Rohreinlauf vor Parzelle 163 völlig unzureichend, indem er kleiner Steine auf das Drahtnetz legt; da Parzelle 164 keinen eigenen Feldauslaß besitzt, öffnet er den Feldauslaß zur Parzelle 163; während schätzungsweise die Hälfte des ankommenden Wassers nun ungehindert in Parzelle 163 fließt, durchbricht er den Damm zwischen 163 und 164; er errichtet einen Damm innerhalb der Parzelle 163, um das Wasser möglichst direkt in Parzelle 164 zu leiten; die andere Hälfte des ankommenden Wassers fließt durch den mangelhaft abgedichteten Rohreinlaß in die Rohrleitung und von dort über Parzelle 155 in den Stausee Kokodjogou;
16.59	Das Wasser erreicht Parzelle 164;
17.40	Die Bewässerung der Parzelle 164 wird durch das Schließen des Hauptschiebers beendet.

Gesamtbewässerungsdauer:	<u>55 Min.</u>
Bewässerung der Parzelle 164:	<u>41 Min.</u>
Bewässerungszeit, als Verlust zu rechnen:	<u>14 Min.</u>

Die oben beschriebene Vorgehensweise konnte vom Verfasser im Zeitraum der Untersuchungen nicht selten beobachtet werden. Nicht unerwähnt bleiben soll auch die Tatsache, daß die Bewirtschaftung von ca. einem Drittel der Fläche durch Kinder erfolgt (sie besitzen teilweise auch Landnutzungsrechte für Parzellen). Diese bewässern ihre Parzellen z.T. 'spielenderweise', d.h., ein sorgsamer Umgang mit dem Wasser fehlt.

Das dem Perimeter Tégourou rechts zufließende Wasser wird über die Perimeterfläche hinaus genutzt. In Kap. 5.1.1 wird auf im Vorfluter errichtete Batatehügel eingegangen. Weiterhin wird das dem Perimeter gegenüberliegende Ufer des Vorfluters im traditionell bewässerten Gartenbau genutzt. Die dort errichteten Schalottengärten weisen eine Fläche von ca. 6000 m² auf.

Der Zeitraum der Untersuchungen hinsichtlich der Rotation im Perimeter Tégourou rechts schloß direkt an eine Periode an, in der das Staubecken von Tégourou nur unzureichend gefüllt war. Die Einläufe der beiden Perimeter wurden vom Wasserspiegel des Stausees nicht erreicht. Als Folge dessen sank die Grundwasseroberfläche im Marigot ebenso wie im Perimeter erheblich, z.B. in den Schürfgruben 1 und 2 auf einen Grundwasser-Flurabstand von 0,8 bzw. 0,5 m (s. Abb. 7.). Der Pegel im Marigot fiel so weit, daß die Kalebassenbewässerung der Schalottenkulturen auf der anderen Seite des Marigots nur noch bedingt möglich war. Das, im Zuge der Füllung des Stausees Tégourou, erste verfügbare Wasser wurde direkt in den Vorfluter geleitet. Dies geschah über einen Zeitraum von 5 Stunden, danach erfolgte die Bewässerung der Parzellen des Perimeters Tégourou rechts. Das Verhalten, bei dem die Schalottenfelder Priorität vor den Batatekulturen erfuhren, ist mit der minderen Trockenheitsresistenz der Schalotten zu erklären.

4.2.4 Sozio-kulturelle Aspekte und Probleme

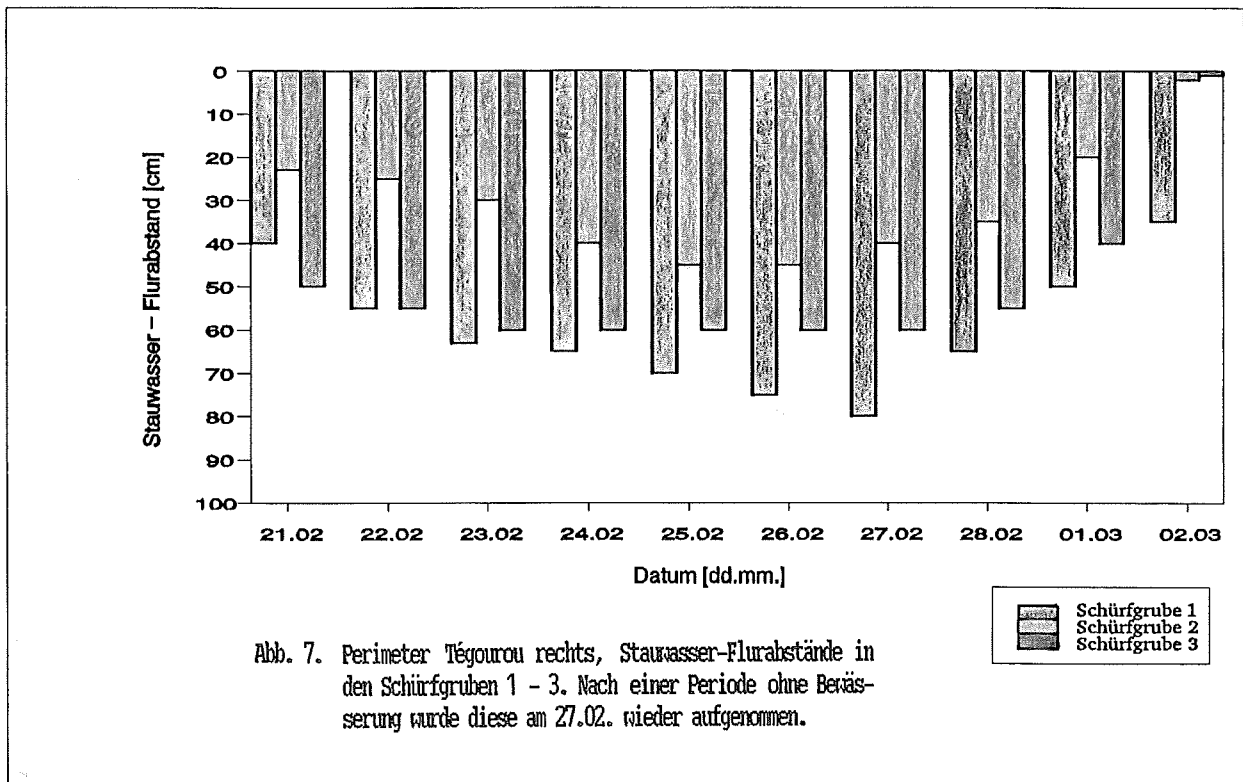
Der Verfasser hielt sich im Verlauf der Untersuchungen vorwiegend in den 3 Perimetern sowie in den Gärten der Erweiterungsfläche auf. Aufgrund dessen bestand ein steter Kontakt zu den Bauern der Dörfer Tégourou, Kokodjogou und Anakanda. Zudem führte der Verfasser gegen Ende des Untersuchungszeitraumes zwei Versammlungen durch, an denen die Bauern der drei Perimeter sowie der örtliche landwirtschaftliche Berater des P.V.A.P.D. teilnahmen.

Befragt man die Bauern zu ihrer Einstellung zu der Schwerkraftbewässerung, so gewinnt man, je nach Perimeter, ein recht differenziertes Bild.

Perimeter Tégourou rechts:

Die Bauern haben erhebliche Probleme mit der Bewirtschaftung des Perimeters. Sie äußern sich wie folgt:

- Die Sperre Tégourou ist oft nicht ausreichend gefüllt, eine kontinuierliche Bewässerung ist deshalb nicht möglich; zu dem Dorf Kokodjogou besteht eine Konkurrenz um das Wasser.
- Andererseits sind Teile des Perimeters überschwemmt.
- Die Versalzungsprobleme sind gravierend, es gibt erhebliche Ertragseinbußen; der Reis keimt nicht auf, die Batatepflanzen bringen keine Knollen hervor.
- Insbesondere im Marigot (also im Vorfluter des Perimeters) sind die Erträge sehr schlecht.
- Es fehlt an Saatbataten.
- Aus den o.g. Gründen werden viele Parzellen nicht kultiviert (s. auch Kap. 6.1 und Abb. 18.).



Perimeter Tégourou links:

Die Bauern sind zufriedener mit der Schwerkraftbewässerungsanlage. Dennoch gibt es auch hier Probleme. Die Bauern geben diesbezüglich an, daß

- sie ebenso wie die Bauern des Perimeters Tégourou rechts nicht genügend Wasser zur Verfügung haben. Auch sie sehen die Konkurrenz um das Wasser mit den Bauern des Perimeters Kokodjogou;
- erhebliche Probleme bei der Vermarktung der Verkaufsfrüchte bestehen. Dieses Problem hat sich durch die höhere Arbeitsproduktivität innerhalb des Perimeters verstärkt.

Perimeter Kokodjogou:

Die Bauern des Perimeters Kokodjogou befinden sich zur Zeit der Untersuchungen im ersten Anbaujahr des Perimeters.

- Sie kultivieren im Perimeter verschiedene Gemüsesorten um festzustellen, welche für den Anbau am geeignetesten sind. Pflanzenbauliche Probleme werden in dieser 'Test-Phase' weniger angesprochen.
- Gleichwohl sprechen die Bauern auch hier das Problem der Wasserknappheit an.

Die Konkurrenz um das Wasser wirke sich folgendermaßen aus: An der Sperre Tégourou fanden regelmäßig lautstarke Auseinandersetzungen zwischen den Bauern der Perimeter Tégourou rechts und links einerseits und denjenigen des Perimeters Kokodjogou andererseits statt. Kern dieser Auseinandersetzungen war stets die Frage, ob das Stauwehr Tégourou geöffnet oder geschlossen werden soll. Dieses Problem wird in Kap. 8.1 ausführlich besprochen.

5. ZUSTAND DER PERIMETER

Anmerkung:

Nach SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (1984) besteht zwischen Grund- und Stauwasser in physikalischer Hinsicht kein grundsätzlicher Unterschied. Beide Ausdrücke bezeichnen Wasseranreicherungen über schwer durchlässigen Schichten (z.B. Ton). Man differenziert Grundwasser als dauernd vorhandenes, Stauwasser als zeitweise im Jahresverlauf vorhandenes Wasser. Da für das Untersuchungsgebiet der zweite Sachverhalt zutreffend ist, wird der Wasserkörper im folgenden als **Stauwasser** bezeichnet. Nach oben werden jedoch sowohl Grund- als auch Stauwasser durch die **Grundwasseroberfläche** abgeschlossen.

5.1 Tégourou rechts

Der erste, relativ desolate Eindruck von dem Perimeter hinsichtlich:

- der Funktionstüchtigkeit der Vorflut
- des Zustandes seiner Bauelemente (hier insbesondere deren Dichtigkeit)
- des Zustandes der angebauten Süßkartoffeln (Unkrautbesatz, Fraßschäden, Mangelsymptome, Wuchs) (s. Kap. 6.1)

bestätigte sich im Verlauf der weiteren Untersuchungen und Erhebungen.

Etwa 50 % der Parzellen sind ganz oder teilweise überschwemmt. Diese, vorwiegend im westlichen Teil des Perimeters zu findenden Parzellen, weisen Grundwasserspiegel bis zu 15 cm über GOK auf. Eine Ursache dieses Stauwassers wurde bereits im Kap. 4.2.3.3 beschrieben. Im folgenden sind weitere Gründe für das Überangebot an Wasser aufgeführt.

5.1.1 Vorflut

Als Vorflut des Perimeters Tégourou rechts dient ein in den Stausee Kokodjogou mündender Marigot. Lage des Marigots und der genannten Piste sind aus Abb. 5. zu ersehen. Der Vorfluter kann seine entwässernde Aufgabe nicht erfüllen, da er durch eine, im Zuge der Bauarbeiten des Stauwehres Kokodjogou errichteten Piste blockiert ist. Als Folge die-



Abb. 8. Perimeter Tégourou rechts, anaerobe Verhältnisse im Wasser der stehenden Vorflut.

ser Absperrung staut sich der Marigot auf, wodurch er auch die hydrologischen Verhältnisse im unteren Teil des Perimeters Tégourou rechts beeinflusst. Die Absperrung des Marigots hat weiterhin seine Verlandung zur Folge; durch die Ablagerung von vorwiegend sandigen Sedimenten betragen die Niveauunterschiede zwischen der Sohle des Marigots und der Geländeoberkante der westlichen Parzellen des Perimeters nur wenige Zentimeter. Bei diesen Parzellen überragen nur die Batatehügel und Erddämme die Grundwasseroberfläche (Abb. 9.).

Trotz der sehr ungünstigen Wachstumsbedingungen pflanzen die Bauern im aufgestauten Marigot Süßkartoffeln an. Aus dem dort anstehenden extrem sandigen Boden werden die typischen Hügel errichtet. Zur Sicherung der Wasserversorgung dieser Kulturen wurden im Marigot zahlreiche 10-20 cm hohe Erddämme errichtet, die den Abfluß des aufgestauten Wassers behindern. Während in den anderen Teilen des Marigots noch eine Fließbewegung des Wassers zu erkennen ist, bewegt es sich zwischen den angelegten Batatehügeln nur wenig bzw. steht es völlig still. Der optische Eindruck des Wassers läßt hier auf anaerobe Mikroorganismen und deren Umsetzungen schließen (Abb. 8.), es sind zudem Eisenausfällungen zu beobachten.

Das aufgestaute Wasser des Marigots wird auch zur Kalebassenbewässerung der Schalottenkulturen auf der dem Perimeter gegenüberliegenden Seite des Marigots genutzt (nähere Beschreibung s. Kap. 4.2.3.3).

5.1.2 Wasserverteilung

Sämtliche Schieber und Stopfen der Bewässerungsanlage sind undicht und damit nicht voll funktionstüchtig. Das Ausmaß der Undichtigkeiten variiert (s. Kap. 5.1.3). Schon an dieser Stelle läßt sich festhalten, daß eine ordnungsgemäße Bewässerung der Fläche nicht gewährleistet werden kann, solange die Undichtigkeiten bestehen. Nachstehend wird näher auf die Ursachen der Mängel eingegangen:

- Der Hauptschieber weist aufgrund von Korrosion Löcher und Risse auf. Diese verursachen, auch bei geschlossenem Hauptschieber, einen ständigen Wasserzufluß in das System, solange der Wasserstand des Staubeckens dies zuläßt.



Abb. 9. Perimeter Tégourou rechts, an den Vorfluter grenzende, überflutete Parzellen.

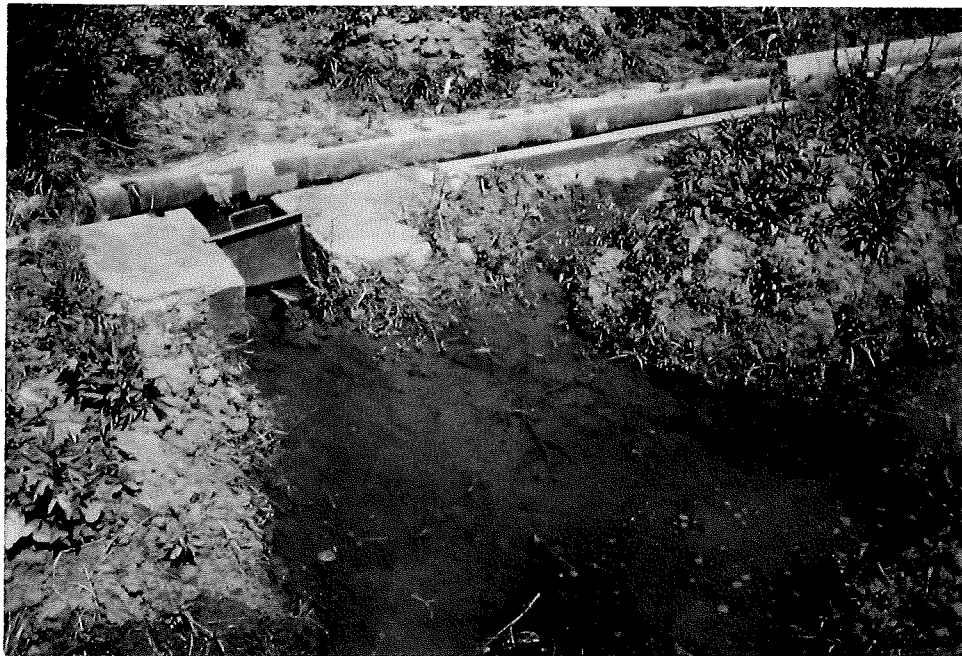


Abb. 10. Perimeter Tégourou rechts, defekter Feldauslaß.

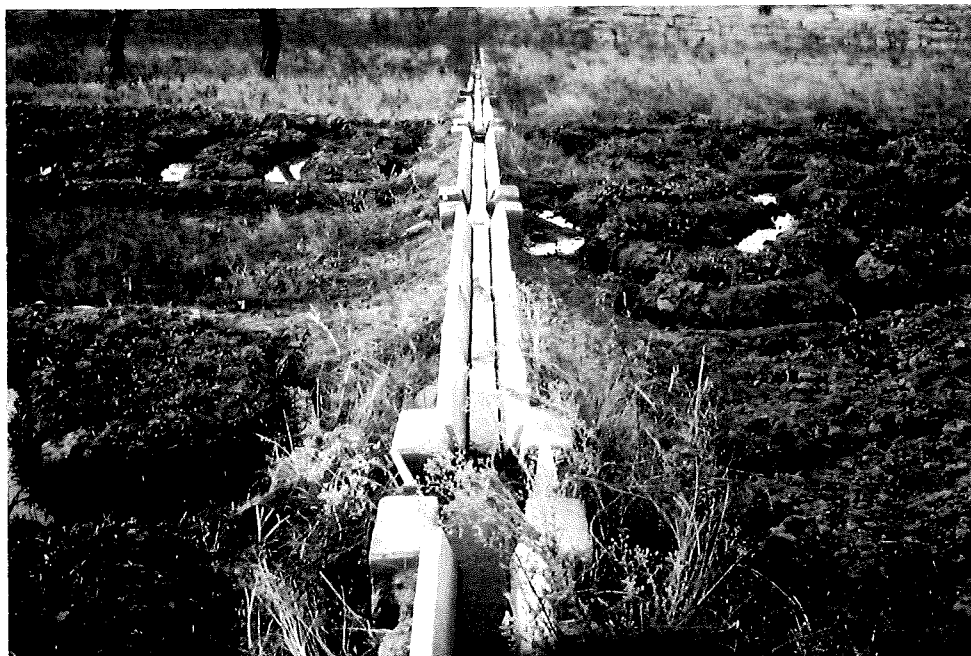


Abb. 11. Perimeter Tégourou rechts, defekte Feldauslässe.



Abb. 12. Einlaufschacht der Rohrbevässerungsanlage.

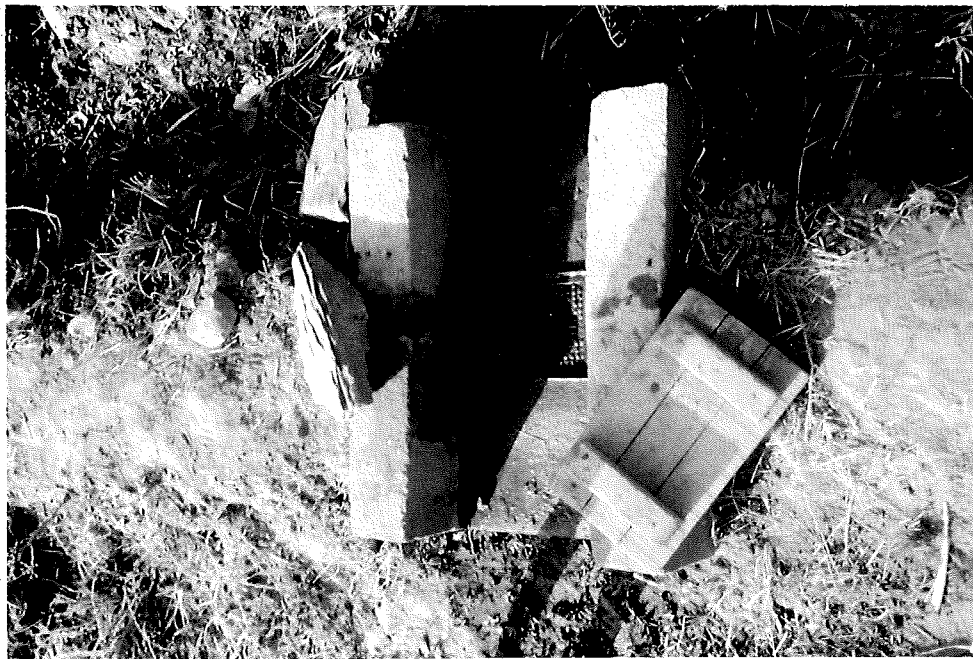


Abb. 13. Offener Auslaßschacht der Rohrbevässerungsanlage.



Abb. 14. Perimeter Tégourou rechts, geschlossener Auslaßschacht der Rohrbewässerungsanlage.

- Auch die Schieber der Sekundär- und Tertiärkanäle zeigen Korrosionserscheinungen und weisen keine zufriedenstellende Dichtigkeit auf. Dies führt dazu, daß, unabhängig von dem gerade bewässerten Block des Perimeters, sämtliche Kanäle 1., 2., und 3. Ordnung Wasser führen.
- Die Funktionstüchtigkeit der Felddauslässe ist ebenfalls mangelhaft. Die teilweise aus Holz gefertigten Schieber sind, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß, nahezu alle undicht. Die Folge ist eine regelrechte Überschwemmung von Parzellen, deren Bewässerung nicht beabsichtigt ist. Zur Illustration wird auf die Abb. 10. und 11. verwiesen.
- Auch bei der Rohrbewässerungsanlage ist die hinreichende Abdichtung der Rohrauslässe nicht gegeben. Dies führt einerseits dazu, daß das Wasser an den am Rohrstrang weiter hinten liegenden, nicht genügend abgedichteten Felddauslässen austritt. Zum anderen ist somit der notwendige Druck zur Hebung des Wassers nicht vorhanden; die zu bewässernde Parzelle erhält zu wenig oder gar kein Wasser (Abb. 12. bis 14.).

- In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, daß die Abdichtungsvorrichtungen zum einseitigen Verschließen der Auslaßschächte der Rohrbewässerungsanlage ebenfalls nicht zufriedenstellend sind, die Verluste sind erheblich.

Die Bauern versuchen vereinzelt die Undichtigkeiten mit den ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln zu beheben, beispielsweise durch die Errichtung eines Erddammes innerhalb der Parzelle direkt vor dem Feldauslaß.

5.1.3 Verluste

Die im Bewässerungsbetrieb des Perimeters Tégourou rechts auftretenden Verluste sind ohne Berücksichtigung des in den Parzellen versickernden Wassers augenfällig hoch. Sie betragen im Extremfall 100 %.

Im Perimeter sind keine Einrichtungen zur Wassermessung integriert. Eine Errichtung derartiger Meßvorrichtungen während der Aufenthaltsdauer des Verfassers im Projektgebiet war aus verschiedenen Gründen nicht möglich. Die Berechnung der Durchflüsse erfolgte mit Hilfe der Manning-Strickler Formel, Rauigkeitsbeiwerte (k_s) wurden aus ACHTNICH (1980) entnommen. Die Gefälle wurden mit Hilfe eines Nivelliergerätes bestimmt. Innerhalb der Rohrbewässerungsanlage bzw. in Teilen der Kanäle auftretende Verluste mußten geschätzt werden.

Beispiel 1:

Wie in Kap. 5.1.3 beschrieben, sind die Hauptschieber der Perimeter Tégourou rechts und links defekt. Bei geschlossenem Hauptschieber des Perimeters Tégourou rechts wurde im Zuleiter (Mauerwerkskanal) ein Wasserstand von 7 cm gemessen. Es ergibt sich folgende Berechnung:

Formel:	$Q = F \times k_s \times R^{(2/3)} \times I^{(1/2)}$
Sohlenbreite (S):	0,280 m
Wasserstand (H):	0,072 m
$F = S \times H =$	0,020 m ²
$U = S + 2 \times H =$	0,424 m
$R = F / U$	0,048 m
I =	0,000364
$k_s =$	60,000 m ^{1/3} /s
Q =	0,00303 m ³ /s

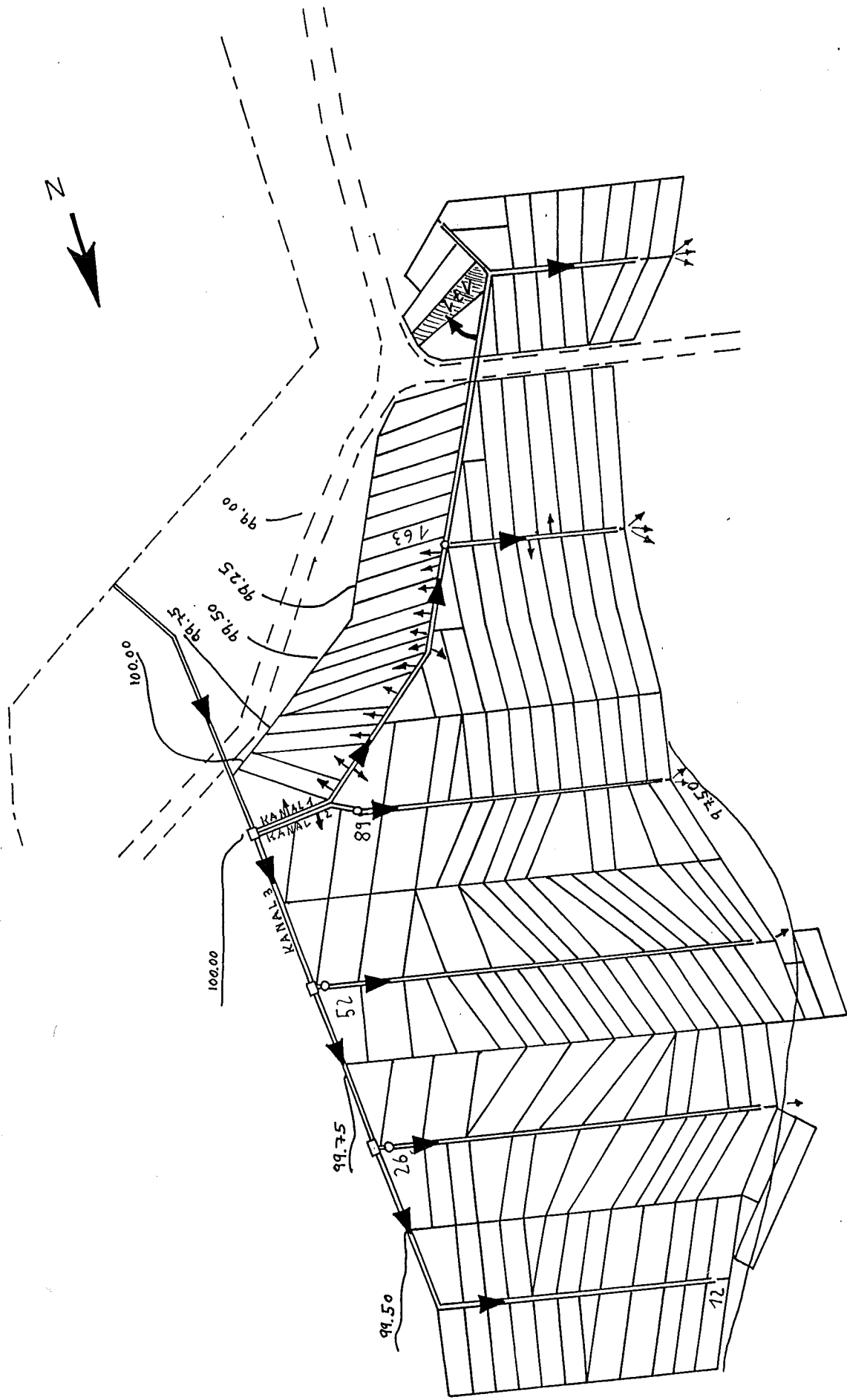


Abb. 15. Perimeter Téououu rechts, Bewässerung der Parzelle 171.
 Fließrichtung des Bewässerungswassers sowie der entstehenden Verluste sind durch Pfeile gekennzeichnet.

Während einer Nacht fließen trotz geschlossenem Hauptschieber

$$0,00303 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s} \times 12 = 130,89 \text{ m}^3$$

über das Kanalsystem bei Parzelle 12 in den Vorfluter.

Beispiel 2:

Bei der 27minütigen Bewässerung der Parzelle 177 wurden in den Kanälen 1. Ordnung folgende Wasserstände gemessen:

Kanal 1	0,18 m
Kanal 2	0,04 m
Kanal 3	0,03 m

Es ergibt sich folgende Berechnung:

Berechnung der Durchflußrate im Kanal 1

Formel:	$Q = F \times k_s \times R^{(2/3)} \times I^{(1/2)}$
Sohlenbreite (S) =	0,180 m
Wasserstand (H) =	0,180 m
F =	0,032 m ²
U =	0,540 m
R =	0,060 m
I =	0,00160562
$k_s =$	60,000 m ^{1/3} /s
$Q_{K1} =$	0,01194 m ³ /s

Berechnung der Durchflußrate im Kanal 2

Formel:	$Q = F \times k_s \times R^{(2/3)} \times I^{(1/2)}$
Sohlenbreite (S) =	0,180 m
Wasserstand (H) =	0,040 m
F =	0,007 m ²
U =:	0,260 m
R =:	0,028 m
I =:	0,00155544
$k_s =$	60,000 m ^{1/3} /s
$Q_{K2} =$	0,00156 m ³ /s

Berechnung der Durchflußrate Q im Kanal 3 (Trapezkanal)

Formel =	$Q = F \times k_s \times R^{(2/3)} \times I^{(1/2)}$
Sohlenbreite =	0,115 m
obere Trapezbreite =	0,245 m
Trapezhöhe =	0,23 m
Wasserstand =	0,03 m
F =	0,003685 m ²
U =	0,177008 m
R =	0,020817 m
I =	0,00240995
$k_s =$	80,000 m ^{1/3/s}
$Q_{K3} =$	0,001095 m ^{3/s}

Die obigen Berechnungen zeigen, daß 18,8 % ($Q_{K2} + Q_{K3}$) des vom Zuleiter zufließenden Wassers ($Q_{K1} + Q_{K2} + Q_{K3}$) in die Kanäle 1 und 2 fließt. Die über den Kanal 2 abfließenden Wassermengen gelangen über den Rohreinlauf bei Parzelle 89 in den Marigot (s. Abb. 15.). Die über Kanal 3 abfließenden Verluste erreichen nicht das Ende des Kanals 2. Ordnung bei Parzelle 12, da vorherige Undichtigkeiten der Feldauslässe bzw. Schieber vor den Parzellen 26 und 52 den Wasserstrom versiegen lassen.

Die um 18,8 % verminderte Bewässerungswassermenge fließt über Kanal 1 zum Einlauf in die Rohrleitung vor Parzelle 163. Dabei passiert das fließende Wasser 16 mangelhaft abgedichtete Feldauslässe. Die bei den einzelnen Feldauslässen auftretenden Verluste werden auf i. M. 5 % geschätzt (Abb. 10.). Das heißt, daß 35,7 % der im Zuleiter fließenden Wassermenge bei Parzelle 163 in den Einlaufschacht der Rohrbewässerungsanlage fließt. Nimmt man weiterhin 33 %ige Verluste innerhalb des Rohrsystems an, erreichen 24 % der durch den Zuleiter fließenden Wassermenge die Parzelle 171, 12 % fließen direkt in den Stausee Kokodjogou.

Der Gesamtverlust beträgt 76 %.



Abb. 16. Perimeter Tégourou links, 1. Verteilerbauwerk.

3. Beispiel:

Der Versuch der Bewässerung von Parzelle 45 ist erfolglos. Nach Verlusten am 1., 2. und 3. Verteilerbauwerk und am Einlaufschacht bei Parzelle 26 (Abb. 12.) fließt das verbleibende Wasser in die Rohrleitung und tritt dann an den Auslaßbauwerken unterhalb der Parzelle 45 aus (s. Abb. 14.).

Der Auslaßschacht der zu bewässernden Parzelle bleibt trocken (Abb. 13.).

Von der Beschreibung weiterer Bewässerungsereignisse und der Berechnung der zugehörigen Verluste wird hier abgesehen. Die drei Beispiele sollen grundsätzliche Tendenzen bei der Bewirtschaftung des Perimeters aufzeigen. Bedauerlicherweise ist eine exakte, wissenschaftlich fundierte Aussage über die Höhe der Verluste vor allem angesichts der nur zu schätzenden Verluste im Rohrleitungssystem, nicht möglich. Auch ohne Kenntnis ihrer absoluten Höhen können die Verluste als gravierend bezeichnet werden.

5.2 Tégourou links

Der erste Eindruck des Bewässerungsperimeters ist bezogen auf

- die hydrologischen Verhältnisse
- den Unkrautbesatz
- dem äußeren Erscheinungsbild der Batatepflanzen

im Vergleich zu Tégourou rechts, relativ gut. Die Parzellen machen einen "sauberen" Eindruck, dies ist auf einen höheren Arbeitseinsatz zurückzuführen.

Dennoch ist auch hier die Funktionstüchtigkeit des Perimeters durch Undichtigkeiten der Verschußeinrichtungen eingeschränkt. Der Hauptschieber ist, ähnlich wie in Tégourou rechts, defekt. Auch hier strömt ständig Wasser in das System. Die Schieber der Zuleitungskanäle sowie die Feldauslässe schließen ebenfalls nicht dicht. Die Verluste an den einzelnen Schiebern sind weniger gravierend als in Tégourou rechts, jedoch sind in diesem Zusammenhang die aufgrund der Größe des Perimeters Tégourou links längeren Wasserwege zu berücksichtigen.

Besondere Beachtung findet die in Abb. 17. näher bezeichnete Öffnung im ersten Verteilerbauwerk des Systems. Hier blieb eine Öffnung bestehen, die im Falle eines Ausbaus des Perimeters den Zuleiter aufnehmen soll. Diese Öffnung wurde völlig unzureichend mit Holzbrettern verschlossen (Abb. 16.). Aufgrund des austretenden Wassers sind weite, in Abb. 17. ausgewiesene Teile des Perimeters ständig überschwemmt.

Abb. 17. Perimeter Tégourou links, Übersichtsplan. Undichtigkeiten im ersten Verteilerbauwerk (mit Kreuz gekennzeichnet) verursachen das durch Wellenlinien gekennzeichnete Stauwasser.

