

Die Feldgröße sollte möglichst einheitlich gewählt werden. Sie kann nach folgender Tabelle bestimmt werden.

TERRASSENABSTÄNDE FÜR BECKEN	
Geländeneigung (%)	Abstand (m)
0,1	150 - 60
0,2	75 - 30
0,5	30 - 12
1,0	15 - 6
1,5	10 - 4
2,0	7,5 - 3
3,0	5 - 2
4,0	3,75 - 1,5

Quelle: /9/

Besondere Aufmerksamkeit verdient die Einebnung der Parzellen. Das Feinnivellement kann nach einer einfachen Methode durchgeführt werden:

- Das Becken wird mit Wasser gefüllt, bis ein Teil der Fläche bedeckt ist. Der herausragende Boden ist abzutragen und auf die benetzte Fläche zu verteilen.

Die ERDWÄLLE sollten so angelegt werden, daß sie mehrere Jahre überdauern. Bei mechanischer Herstellung werden sie jedes Jahr neu erstellt.

Bei höchstem Wasserstand müssen noch 10 - 20 cm herausragen, so daß sich eine Gesamthöhe der Wälle von 30 bis 40 cm ergibt. Üblich ist ein trapezförmiger Querschnitt mit einer Fußbreite des Damms von 150 cm und einer Kronenbreite von 50 cm. Auf diese Weise ausgeführte Dämme sind begehbar und erleichtern den Zugang zum Feld.

Bei der Wahl des Querschnittes ist zu beachten, daß nach dem Bau noch Bodensenkungen eintreten können.

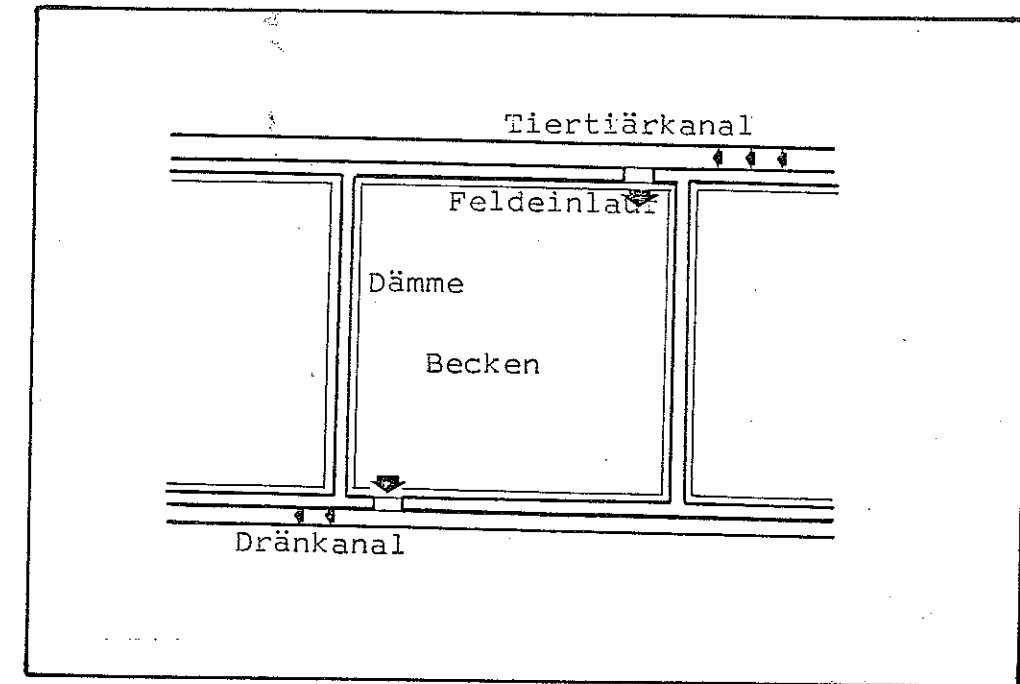
Es ist möglich, die Dämme zu bepflanzen, wobei häufig eine andere Anbaufrucht als im Becken gewählt wird. (Allerdings kann das zu höherem Wasserbedarf des Systems führen!)

#### -- Beckenfüllung --

Die Arten der Beckenfüllung sind entsprechend der Anlage der Becken sehr unterschiedlich:

- a) Jedes Feld wird direkt vom Nebenkana! gespeist und gibt die überschüssige Wassermenge (Starkregen) in den Entwässerungsgraben ab. Bei kleinen Flächen würde dies jedoch

zu einem engmaschigen Kanalnetz führen, das technisch und wirtschaftlich nicht vertretbar ist.



Aus diesem Grunde werden meist mehrere Parzellen unterschiedlicher Höhenlage gemeinsam von einer Kanalöffnung versorgt.

- b) Ein Graben führt am Längswall entlang von der Kanalöffnung durch eine Reihe von Becken bis zum festgelegtem Becken. Ist dieses Becken bis zur gewünschten Höhe gefüllt, wird der Querwall verstopft, so daß sich das nächsthöhergelegene Becken füllt usw. Besonders bei schwachem Gefälle und durchlässigem Boden weist dieses System Mängel auf, da sich das Wasser frühzeitig in den oberen Becken staut, was eine unregelmäßige Bewässerung zur Folge hat. Auf die Stabilität der Querwälle ist besonders zu achten, damit es nicht zum Überlauf der oberen Becken kommt.

- c) Für Böden, die anfangs eine sehr hohe und dann eine schnell abnehmende Infiltrationsrate haben, eignet sich folgendes Füllsystem: Ein Graben führt von der Kanalöffnung durch alle Becken. Seine Sohle liegt leicht unter Feldniveau, weswegen er gleichzeitig als Entwässerungskanal dienen kann. Zuerst wird das höchste Feld möglichst hoch eingestaut. Nach einer gewissen Zeit ist genügend Wasser infiltriert bzw. die Infiltrationsrate auf ein Minimum abgesunken. Dann wird der Querwall geöffnet und die aufgestaute Wassermenge gleichzeitig mit der Zulaufmenge auf das zweithöchste Feld geleitet. usw.

d) Für Reisanbau wird im allgemeinen die kontinuierliche Bewässerung angewendet. Durch einen kontinuierlichen Zufluß erhält man die Wasserhöhe in dem Becken konstant. Da auf diese Weise der unterschiedliche Wasserbedarf der Pflanzen nicht berücksichtigt wird, kommt es meist zu hohen Wasserverlusten. Werden zusammenhängende Becken kontinuierlich bewässert, legen die Beckenausläufe die Stauhöhe fest. Das Überschußwasser eines Beckens fließt in das nächsttiefere bis zum letzten Becken, wo es durch den Entwässerungsgraben abfließt. Für die Reisernte muß eine rasche und gründliche Entwässerung möglich sein.

Alle Auslässe (Überläufe) müssen mit Steinen ausreichend befestigt sein, um die Bodenerosion zu verhindern.

Ein Beispiel für die Berechnung des Zuflusses ist in Kap. 7.1 gegeben.

#### 6.4.2 Streifenbewässerung

Diese Methode wird im Rahmen von Kleinbewässerung nur selten Anwendung finden, da sie relativ große Felder (größer als 4 ha) und eine hohe Wasserspende voraussetzt. Die Feldvorbereitung ist äußerst sorgfältig auszuführen und erfordert meist Maschineneinsatz. Unter diesen Bedingungen stellt die Streifenbewässerung eine sehr erfolgreiche Bewässerungsmethode für alle Flächenkulturen wie Getreide, Luzerne etc. dar.

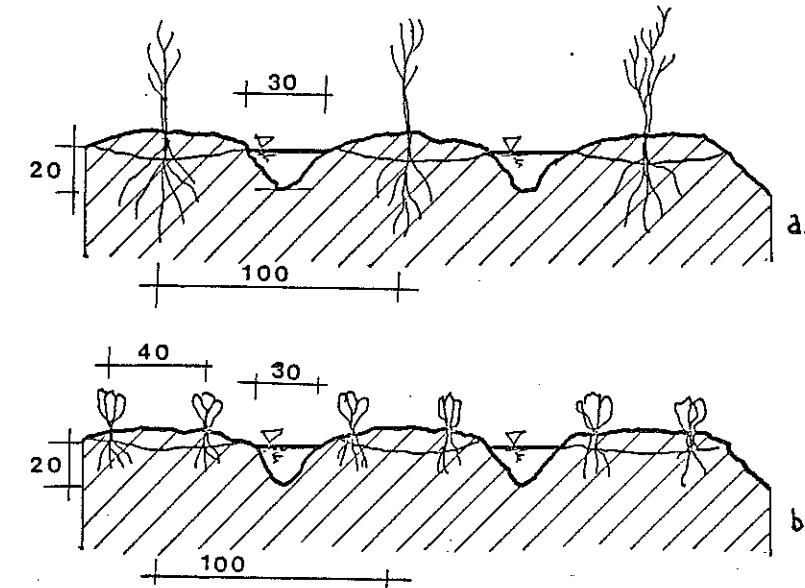
Die Streifen haben eine Länge von 100 - 800 m, eine Breite von 3 - 30 m und ein gleichmäßiges schwaches Gefälle. Die seitliche Begrenzung der Streifen wird von Erdwällen gebildet. Das Bewässerungswasser wird am oberen Ende des Feldes aufgeführt und fließt in breiter Front langsam zum Feldende, während ein Teil gleichzeitig versickert. Die Zuflußmenge muß so bemessen sein, daß der Boden gleichmäßig durchfeuchtet wird und am Feldende kein Überschußwasser ungenutzt abfließt.

#### 6.4.3 Furchenbewässerung

Diese Methode eignet sich am besten auf tiefen, mäßig durchlässigen Böden und für Kulturpflanzen, die üblicherweise in Reihen angebaut werden (Gemüse, Mais, Kartoffeln usw.) Das Wasser fließt und versickert aus den Furchen zwischen den Pflanzenreihen und bedeckt somit nur einen Teil (ca. 20 bis 50 %) der Bodenoberfläche. Diese Art der Wasserverteilung vermindert zum einen die Verdunstungsverluste auf dem Feld und ermöglicht zum anderen den Anbau von Pflanzen, die kein stehendes Wasser vertragen. Das Wasser muß sich aus der Furche sowohl in die Breite als auch in die Tiefe ausbreiten, um den durchwurzelten Boden zu durchfeuchten. Eine wichtige Voraussetzung für die Furchen-Methode ist deshalb ein Boden mit einer gleichmäßigen Durchlässigkeit in allen Richtungen.

➔ Schmale tiefe Furchen fördern die horizontale Wasserausbreitung, erhöhen jedoch die Erosionsgefahr. Breite flache Furchen fördern die vertikale Wasserausbreitung.

Der Furchenquerschnitt richtet sich außerdem nach der erforderlichen Durchflußmenge. Gebräuchliche Querschnitte sind U- und V-förmig und können mit einfachen Arbeitsgeräten (Hacke, Pflug) hergestellt werden. Bei schwach durchlässigen Böden werden zur Vergrößerung der Einsickerungsfläche breite Furchen angelegt (15 - 20 cm). Zur Steigerung der Infiltration beläßt man die Furchen in einem ungeglätteten Zustand.



Furchenbewässerung

- a) für die meisten Kulturpflanzen  
b) besonders oft beim Gemüseanbau

#### -- Pflanzenanbau, Salzgefahr --

In der Regel wird jeweils eine Pflanzenreihe auf der Kuppe der Erdwälle angepflanzt. Bei Böden mit guter horizontaler Durchlässigkeit können zwei Pflanzenreihen angelegt werden. Die Erdwälle werden allein durch kapillaren Wasseranstieg bis zur Bodenoberfläche befeuchtet. Dadurch sind die Pflanzen bei der Furchenbewässerung mit salzhaltigem Wasser besonders gefährdet. Die höchste Salzkonzentration befindet sich an der höchsten Stelle, an der Kuppe der Wälle. Aus diesem Grund werden die Pflanzen bei salzhaltigem Bewässerungswasser in den Hang (zur Seite der höchsten Sonneneinstrahlung hin) der Wälle eingepflanzt. Dadurch sind für die Keimphase, in der die Pflanze besonders salzempfindlich ist und einen sehr feuchten Boden benötigt, gute Wachstumsbedingungen geschaffen.

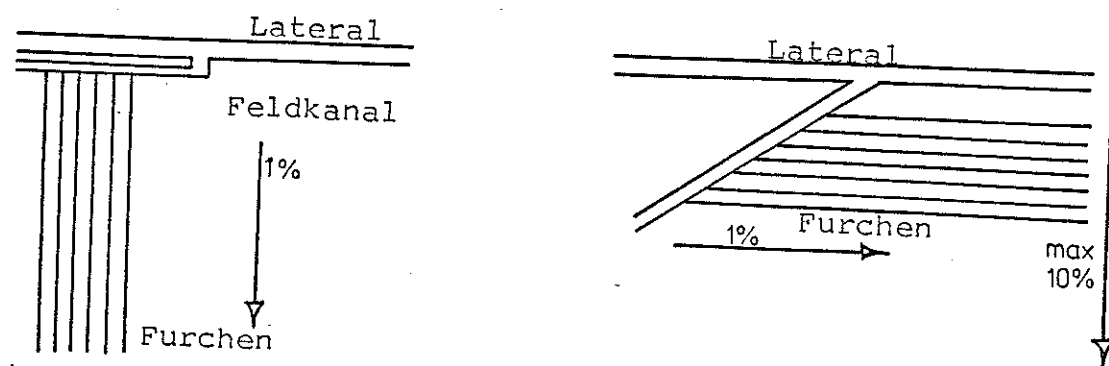
-- Furchenabstand --

Die Furchenabstände sind auf den Pflanzentyp, Bearbeitungs- und Erntemethode, vor allem aber auf die horizontale Wasser- ausbreitungsgeschwindigkeit abzustimmen. Die richtige Wahl des Furchenabstandes zeigt sich darin, daß der gesamte ober- re Wurzelbereich gut durchfeuchtet ist, bevor das Wasser in tiefere Schichten eindringt. Will man z.B. den Boden bis in 1,5 m Tiefe gleichmäßig durchfeuchten, darf der Furchenabstand in Sand nicht größer als 50 cm sein, in tonigen Böden dagegen wird bei Furchenabständen von 120 cm die gleiche Durchfeuch- tung erreicht.

Der Erfolg der Furchenbewässerung ist in hohem Grade abhän- gig von der Gleichförmigkeit des Gefälles über die gesamte Furchenlänge. Ebenso wie für die Wasseraufleitung sorgt das Gefälle auch für eine rasche Entwässerung. Das Gefälle be- stimmt die Fließgeschwindigkeit des Wassers in der Furche. Eine hohe Geschwindigkeit ist wünschenswert, da sie eine gleichmäßige Bewässerung ermöglicht. Da sie aber die Erosion fördert, dürfen die Grenzwerte nicht überschritten werden. Die höchstzulässigen Wassergeschwindigkeiten sind abhängig vom Bodentyp.

➤ Böden, deren Textur eine Dominanz der Sandfraktionen und geringe Schluffanteile aufweist, sind sehr erosionsgefähr- det. Tonige Böden dagegen besitzen eine hohe Resistenz.

Das maximal mögliche Gefälle der Furchen liegt bei 2 %. Im Gelände mit einer gleichmäßigen Neigung unterhalb von 2 % werden Felder so angelegt, daß Furchen in Gefällerrichtung rechtwinklig zum Nebenkanal verlaufen.



a) Gleichförmiges und schwach geneigtes Gelände

b) Steiles Gelände

FURCHENRICHTUNG in verschiedenem Gefälle

Bei höherem natürlichem Gefälle werden die Furchen in spitzem Winkel zu den Höhenlinien gezogen. Das Feld erhält dadurch eine Querneigung, die maximal 10° betragen darf.

-- Furchenlänge --

Die Herstellung langer Furchen mit einem gleichmäßigen Gefälle ist äußerst schwierig. Die Gleichmäßigkeit der Wasservertei- lung nimmt mit der Furchenlänge ab.

Unter Berücksichtigung der folgenden Aspekte wird die optima- le Furchenlänge meist versuchsmäßig bestimmt:

Zunächst ist die Furchenlänge durch die Topographie und die Gleichförmigkeit des Bodens begrenzt. Bei unterschiedlichem Bodentyp (Infiltrationsrate) muß eine entsprechende Feldein- teilung vorgenommen werden. Weiterhin ist die Furchenlänge durch das vorhandene Gefälle bestimmt. Bei geringem Gefälle ist der Wasserfluß bis zum Feldende nicht gewährleistet. Das Gleiche gilt für eine zu geringe Zuflußmenge. Hohes Gefälle und eine hohe Zuflußrate ermöglichen lange Furchen, erhöhen jedoch die Erosionsgefahr des Bodens.

Die folgende Tabelle gibt für die Auslegung der Furchenlänge erste Richtwerte:

Furchen- gefälle (%)	MAXIMALE FURCHENLÄNGE FÜR VERSCHIEDENE BÖDEN, GEFÄLLE UND ERFORDERLICHE WASSERHÖHE (Längenangaben in m)							
	erforderliche Wasserhöhe (mm)							
	75	150	300	50	100	200	50	100
	Ton			Lehm			Sand	
0,05	300	400	400	120	270	400	60	150
0,1	340	440	500	180	340	470	90	190
0,2	370	470	620	220	370	530	120	250
0,5	400	500	750	280	370	530	120	250
1,0	280	400	600	250	300	470	90	220
1,5	250	340	500	220	280	400	80	190
2,0	220	270	400	180	250	340	60	150

Quelle: /1/

-- Zuflußmenge --

Hohe Fließgeschwindigkeiten sind wünschenswert, da sie eine gleichmäßige Verteilung ermöglichen.

Die maximale Zuflußmenge  $Q_m$ , die keine Erosion hervorruft, kann durch folgende Formel bestimmt werden:

$$Q_m = \frac{0,6}{I} \text{ (l/s)}$$

I: Gefälle in %

Die Zuflußrate sollte reduziert werden, wenn das Wasser das Furchenende erreicht hat. Danach sollte sie auf die Infiltrationsrate abgestimmt werden.

6.4.4 Rillenbewässerung

Eine Variante der Furchenbewässerung ist die Rillenbewässerung. Rillen haben kleinere Abmessungen als Furchen (Tiefe ca 10 cm) und die Landstreifen sind eben. Dadurch können hier auch Flächenkulturen angelegt werden, z.B. Getreide, Luzerne oder Futterpflanzen.

Bei ausreichender Wasserspende kann eine Überflutung der Rillen und Überrieselung der gesamten Fläche zugelassen werden. Dies ist besonders zur guten Durchfeuchtung in der Keimphase und zur Salzauswaschung sehr günstig. Da die Rillen nur eine kleine Infiltrationsfläche haben, ist diese Bewässerungsart besonders auf Lehm Böden (schwach tonig) mit einer guten horizontalen Durchlässigkeit geeignet. Bei sandigen Böden ist von dem Verfahren abzuraten, da das Wasser in die Tiefe versickert, bevor die gesamte Bodenschicht durchfeuchtet ist.

Wie bei der Furchenbewässerung ist die Versalzungsgefahr relativ hoch, da die obere Bodenschicht allein durch kapillaren Wasseranstieg befeuchtet wird.

-- Feldvorbereitung, Gefälle --

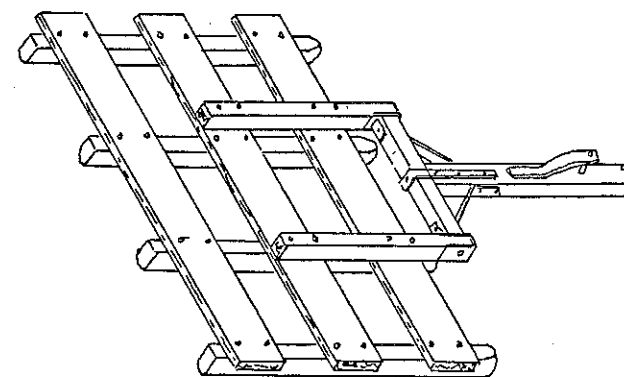
Rillenbewässerung kann bei verschiedenem Gefälle (2% - 10%) angewendet werden und stellt relativ geringe Anforderungen an die Feldvorbereitung.

Deswegen reicht meist eine Einebnung des Feldes unter Beibehaltung des natürlichen Gefälles aus. Da die flachen Rillen leicht überlaufen, muß ein Quergefälle des Feldes vermieden werden, damit keine Erosionsrillen entstehen können.

	Gefälle (%)	LÄNGE UND ABSTAND DER RILLEN (in m)					
		Tonböden		Lehmböden		sandige Böden	
		Länge	Abstand	Länge	Abstand	Länge	Abstand
tiefwurzelnde Pflanzen, tiefe Böden	2	180	0,75	130	0,75	70	0,60
	4	120	0,65	90	0,75	45	0,55
	6	90	0,55	75	0,65	40	0,50
	8	85	0,55	60	0,55	30	0,45
	10	75	0,50	50	0,50		
flachwurzelnde Pflanzen, flache Böden	2	120	0,60	90	0,60	45	0,45
	4	85	0,55	60	0,55	30	0,45
	6	70	0,55	50	0,50		
	8	60	0,50	45	0,45		
	10	55	0,45	40	0,45		

Quelle:/1/

Die Rillen werden meist nach der Einsaat gezogen und in den lockeren Boden gedrückt. Mit einem Furchenschlitten können mehrere Rillen gleichzeitig hergestellt werden.



Rillenzieher aus Holz mit 4 Kufen zum Eindrücken der Rillen in den lockeren Boden. Die Kufen werden manchmal in Metall ausgeführt.  
Quelle:/1/

Der Zufluß in die Rillen ist von den gleichen Faktoren wie bei der Furchenbewässerung bestimmt. Er sollte zu Beginn der Bewässerung so groß wie möglich sein - ohne Erosion hervorzurufen - um die gesamte Rillennlänge möglichst schnell zu benetzen.



MAXIMALE NICHT EROSIVE ZUFLUSSRATE BEI VERSCHIEDENEM GEFÄLLE	
Rillengefälle (%)	Maximale Zuflußrate (Liter pro sec.)
2	0,30
4	0,15
6	0,10
8	0,08
10	0,06
12	0,05

Quelle: /1/

Ein besonderer Vorteil der Rillenbewässerung liegt darin, daß sie mit einer relativ geringen Zuflußmenge auskommt.

Dadurch können mehrere Rillen gemeinsam von einem Feldkanal versorgt werden.

#### 6.4.5 Wilde Rieselung

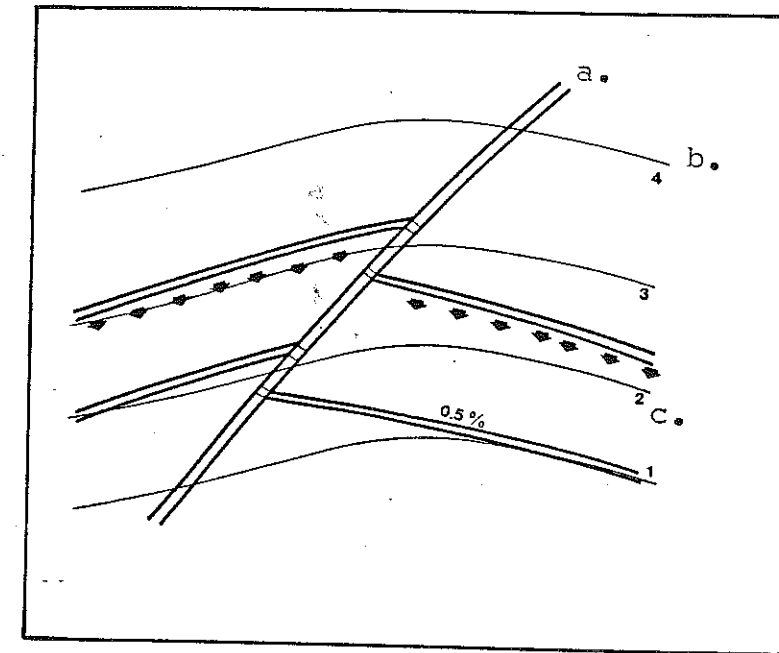
Diese Bewässerungsmethode erfordert relativ geringe Felbvorbereitung und kann die Wachstumsbedingungen wenig anspruchsvoller Pflanzen erheblich verbessern.

➔ Neben der Bewässerung erfüllt sie die Funktion des Erosionsschutzes durch die Erhaltung und Stabilisierung der natürlichen Vegetation.

Angewandt wird die wilde Rieselung vor allem an den Hängen, wo das Regenwasser sehr schnell abfließt und die geringe Bodenschicht nur eine geringe Speicherkapazität besitzt.

Das Verteilersystem besteht aus Zuführungskanälen und Konturgräben. Die Zuführungskanäle verlaufen meist in Richtung des natürlichen Gefälles, die Konturgräben senkrecht dazu, mit einem Eigen-Gefälle von 0,5 %.

Die Zuführungskanäle sind bei hohem Gefälle auszugleichen (Trockenmauerwerk) oder mit Abstützungen zu versehen.

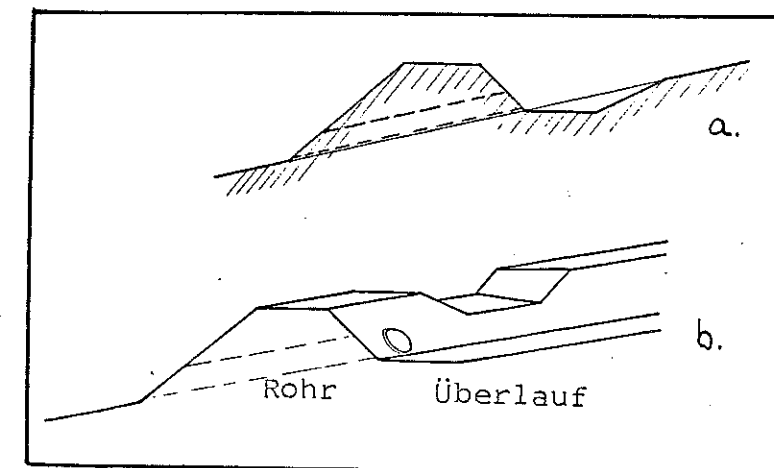


- a. Tertiärkanal
- b. Höhenlinie
- c. Feldkanal  
Abstand : 30m

Die Wasseraufleitung aus den Konturgräben auf die Felder sollte möglichst gleichzeitig erfolgen, damit sich keine Rinnen bilden, die einerseits leicht erodieren und andererseits große Flächen unbefeuchtet lassen.

Die Konturgräben können mit dem Pflug gezogen werden, in den talseitigen Böschungsdamm werden in kurzen Abständen (2 - 3 m) Ausläufe eingebaut.

#### Feldkanal



- a. Querschnitt

- b. Anschnitt

Läßt sich das Dammaterial sehr gut verdichten, glätten und verfestigen, dann kann man auf die Ausläufe verzichten und das Wasser über die gesamte Länge der Damkrone in das Feld einfließen lassen. Auch hier ist kontinuierliche und turnusmäßige Bewässerung möglich. Bei kontinuierlicher rechnet man mit ca. 0,7 (l/s · ha).

#### 6.4.6. Wirkungsgrade:

Auf dem Weg zur Pflanze treten im Bewässerungssystem Wasserverluste auf, die bei der Berechnung des Wirkungsgrades einer Anlage berücksichtigt werden müssen.

Der GESAMTWIRKUNGSGRAD ( $E_g$ ) ist das Verhältnis zwischen der Wassermenge, die von der Quelle in einer bestimmten Zeit entnommen wird ( $Q_g$ , angegeben in  $m^3$ ) und dem tatsächlichen Pflanzenwasserverbrauch in dieser Zeit ( $I_g$ , in  $m^3$ ).

$$E_g = \frac{I_g}{Q_g}$$

$E_g$  ist das Produkt des Wirkungsgrades des Verteilsystems ( $E_d$ ) und der Anwendung auf dem Feld ( $E_a$ ).

$$E_g = E_a \times E_d$$

Der WIRKUNGSGRAD DER VERTEILUNG ( $E_d$ ) ist das Verhältnis zwischen der Wassermenge, die für das System in einer bestimmten Zeit bereitgestellt wird ( $Q_g$ ) und der Menge, die den Feldauslaß in dieser Zeit erreicht ( $Q_F$  in  $m^3$ ).

$$E_d = \frac{Q_F}{Q_g}$$

Verluste bei der Verteilung ergeben sich durch

- Versickerung (abhängig von der Auskleidung der Kanäle)
- Verdunstung von der Wasseroberfläche
- ungenaue Regulierung des Wasserflusses.

Zur Reduzierung dieser Verluste sind eine teure Kanalauskleidung, genaue Messorgane und ein sorgfältiger Betrieb notwendig.

Erfahrungen zeigen, daß in Kleinbewässerungsanlagen mit Erdkanälen und bei mittlerer Betriebsführung folgende Wirkungsgrade der Verteilung erreicht wird:

$$E_d = 0,4 - 0,6$$

Der WIRKUNGSGRAD DER ANWENDUNG ( $E_a$ ) ist das Verhältnis zwischen der Wassermenge, die in das Feld einläuft ( $Q_F$ ) und dem Pflanzenwasserverbrauch in einer bestimmten Zeit ( $I_g$ ).

$$E_a = \frac{I_g}{Q_F}$$

Verluste auf dem Feld ergeben sich durch:

- Versickerung in den Untergrund
- Abfluß von Überschußwasser
- Verdunstung auf dem Feld.

Salzauswaschwasser zählt nicht zu den Verlusten, da es das Pflanzenwachstum fördert.  
Der Wirkungsgrad der Anwendung hängt von der Feldvorbereitung und der Bewässerungsmethode ab.  
In Kleinbewässerungsanlagen können folgende Wirkungsgrade erreicht werden:

Bewässerungsmethode	$E_a$
Becken, Streifen Furchen, Rillen	0,5-0,6
Reis	0,3

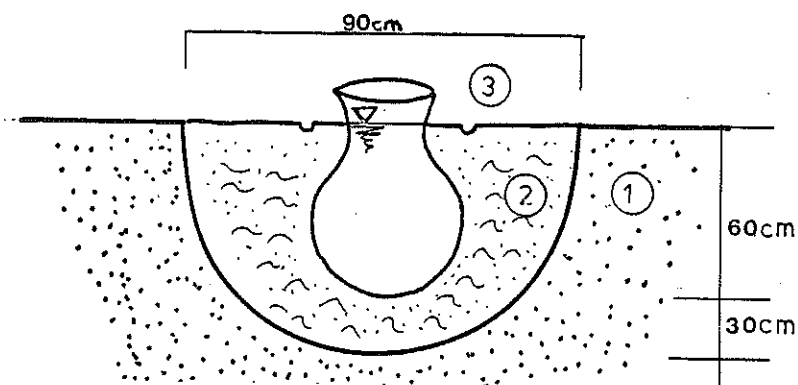
### 6.4.7. Spezielle Bewässerungsverfahren

#### Eingegrabene Krüge<sup>1)</sup>

Das Verfahren wird in ariden und semiariden Gebieten und auf sandigen bis sandig, alkalischen Böden angewendet.

#### - Allgemeines Funktionsprinzip -

Ein Krug aus gebranntem Ton, regelmäßig mit Wasser aufgefüllt, wird in einen Boden eingelassen, der für diesen Zweck speziell vorbereitet wird. Das Wasser diffundiert durch die poröse Wandung des Kruges und hält den umgehenden Boden auf einem Feuchtigkeitsgehalt, der eine Bepflanzung erlaubt. Dieses System eignet sich besonders für den Einsatz in kleineren Gärten, zur Aufzucht von Keimlingen (Büsche, Sträucher), die später ausgesetzt werden.



- 1 nat. Boden
- 2 vorbereiteter Boden, Durchmischung mit Mist
- 3 Saatbett, in Abstand von 3 cm von dem Krug

Besondere Beachtung :

- der Krug darf nicht glasiert sein
- das Wasser muß sauber sein (schmutziges Wasser verstopft die Poren)

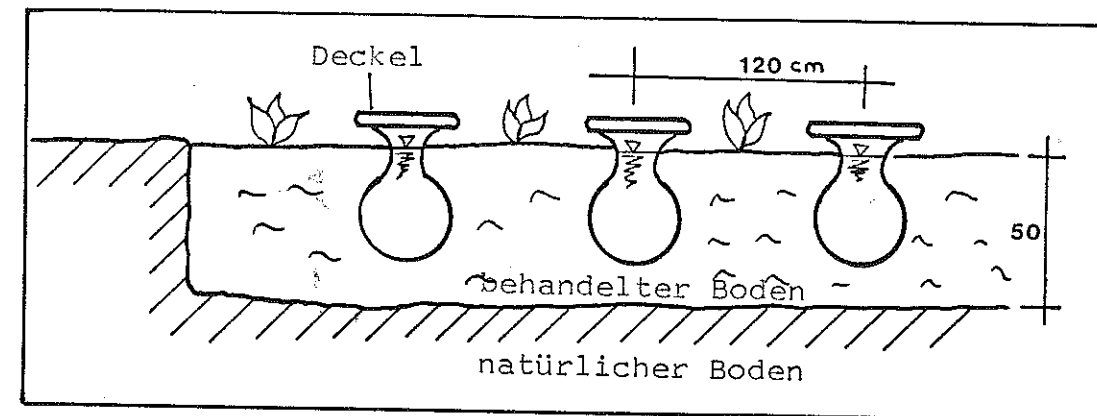
Wenn das Feld (Garten) sorgfältig vorbereitet wird, können mehrere Töpfe so angeordnet werden, daß sich eine gute Durchwechtlung einer größeren Fläche ergibt.

Diese Methode ist weitaus wassersparender, als die Bewässerung mit Gießkanne.

Feldvorbereitung bei UN DURCHLÄSSIGEN BÖDEN : Hinzufügen von Sand, Kalk (gestampfter Kalkstein) gestoßene Erdnußschalen u.a.

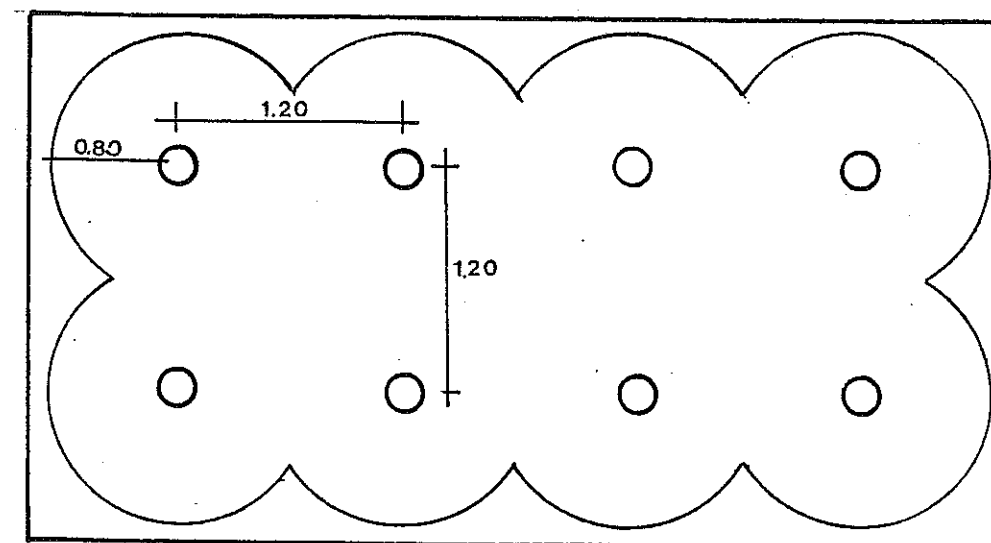
SANDIGEN BÖDEN : Hinzufügen von Kompost und in jedem Fall eine gute Durchmischung des Bodens mit Mist.

1) Quelle : G.R.E.T. (T160)



Wasserverbrauch : ungefähr 2-3 l/Tag.

Es ist darauf zu achten, daß die Töpfe immer bedeckt sind (Deckel aus Holz, flacher Stein) um die Verdunstung zu verhindern und den Moskitos keine Nistgelegenheit zu bieten.



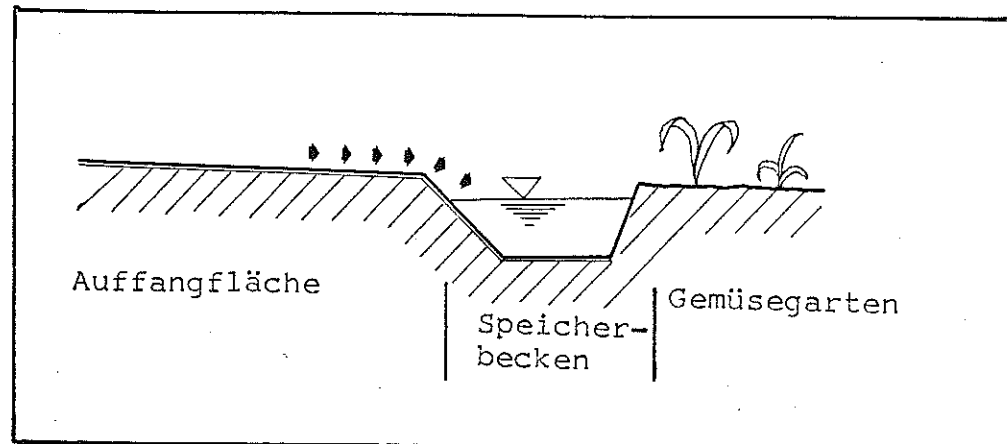
Plan eines Gartens von 12 m<sup>2</sup> mit 8 Töpfen

#### - Sammeln des Oberflächenabflusses -

In manchen ariden Gegenden reicht der geringe natürliche Niederschlag gerade aus, um trockenheitsresistente Pflanzen wie, Millet oder Sorghum anzubauen. Wegen des - unter diesen ungünstigen Bedingungen - geringen Ertrages, muß eine relativ große Fläche bepflanzt werden.

Das beschriebene Verfahren bietet eine Möglichkeit, auch in diesen Regionen neben den Grundnahrungsmitteln, gehaltvolle Früchte wie Tomaten und Gemüse anzubauen.

Ein Teil der Fläche wird als Regenauffangfläche vorbereitet, von der das Abflußwasser in ein Speicherbecken fließt. An das Speicherbecken schließt sich Gemüsegarten an, der mit dem angesammelten Wasser mittels einer Gießkanne bewässert werden kann.



### Beispiel

jährl. Niederschlag	: 300 mm
Auffangfläche	: 700 m <sup>2</sup>
Gemüsegarten	: 300 m <sup>2</sup>

Die Regenwassermenge, die auf die Auffangfläche, beträgt 210 m<sup>3</sup>. Nach Versickerung und Verdunstung fließen ungefähr 150 m<sup>3</sup> in das Speicherbecken. Auch hier treten Verluste auf, so daß man mit 100 m<sup>3</sup> verfügbarem Bewässerungswasser rechnen kann. Der Garten erhält dann 300 mm direkten Niederschlag und zusätzlich

$$\frac{100 \text{ m}^3}{300 \text{ m}^2} = 0,33 = 330 \text{ mm}$$

als Bewässerung aus dem Speicherbecken, insgesamt also 660 mm Wasser.

Falls dies nicht ausreicht, wird das Verhältnis zwischen Auffangfläche und Gartenfläche vergrößert.

Als Auffangfläche eignet sich am besten reiner Fels. Aber auch bei schweren Böden, kann ein hoher Abfluß erreicht werden, wenn

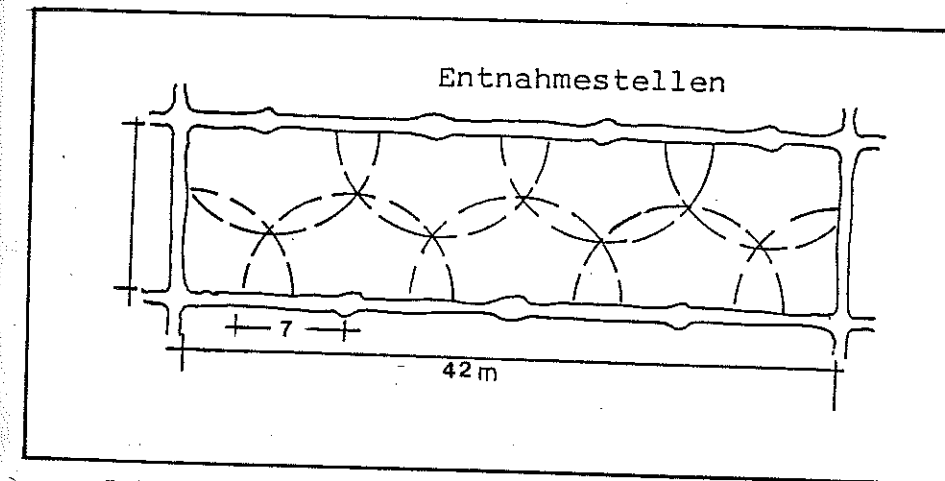
- ausreichendes Gefälle vorliegt
- die Fläche von Steine und Vegetationen befreit wird
- die Fläche glatt und fest ist. Der Boden wird eingeebnet und verdichtet (gestampft).

Das Speicherbecken muß wasserdicht sein. In schweren alluvialen Böden reicht die Dichte (Stampfen!) meist aus. Ansonsten ist eine Auskleidung erforderlich. Als Materialien werden Mauerwerke, Beton und Kunststoffolien verwendet. Von Letzteren ist die Auskleidung mit einer Kunststoffolie am billigsten.

### - Manuelle Bewässerung -1)

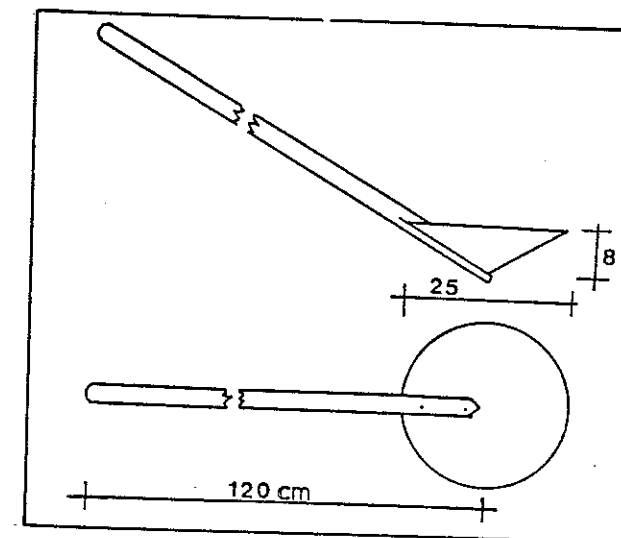
Unter manueller Bewässerung versteht man eine Methode, bei der das Bewässerungswasser allein durch menschliche Kraft gehoben, befördert und auf das Feld gebracht wird.

Allgemein bekannt ist die Benutzung der Gießkanne. Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung einer Schaufel mit der das Wasser am Feldrand geschöpft wird und vom gleichen Punkt aus auf dem Feld verteilt wird. Die Form des Feldes ist durch diese Methode festgelegt, da nur geringe Distanzen zur Wasserstelle möglich sind.



Schematische Darstellung einer Fläche mit Schöpfbewässerung

Die Bewässerung erfolgt nach Einschätzung des Bauern, der traditionelle Erfahrungen über den Pflanzenwasserbedarf in bestimmte klimatischen Bedingungen, besitzt. Das Wasser wird aus dem Graben geschöpft, der das Feld umgibt und in weiten Bogen auf das Feld geschüttet, bis Pfützen auf der Oberfläche entstehen. In Zeiten eines hohen Pflanzenwasserbedarf wird die Bewässerung täglich wiederholt.



Bewässerungsschaufel aus Metall

1) GENE C. WILKEN



### 6.5. Entwässerung

Ziel der Entwässerung ist der Abbau eines zu hohen Feuchtigkeitsgehaltes im Boden. Vernässte Böden sind schlecht durchlüftet, schwer zu bearbeiten und neigen zu einer Verschlechterung des Gefüges.

Bodenvernässerungen können auch unter natürlichen Bedingungen auftreten.

Hier soll jedoch nur auf die Entwässerung der Felder eingegangen werden, die praktisch bei jeder Art von Bewässerung erforderlich wird.

Der Erfolg eines Bewässerungssystems ist häufig von dem Funktionieren des Entwässerungssystems abhängig.

#### 6.5.1. Dräneigenschaften des Bodens

Alle Böden besitzen eine mehr oder weniger ausgeprägte Dränfähigkeit.

Während der Gehalt an kleinen Poren seine Speicherkapazität bestimmt, beeinflussen große Poren die Dränfähigkeit. Steigt der Wassergehalt über die Feldkapazität (Überbewässerung), setzt die Versickerung in den Untergrund ein. Die Versickerung findet durch die Porenkanäle statt und wird als natürliche Dränung bezeichnet.

Liegt unterhalb der durchwurzelten Schicht eine undurchlässige oder weniger durchlässige Schicht, dann staut sich das Wasser bis in die Wurzelzone auf.

Da diese Vernässerung in Kleinbewässerung nicht behoben werden kann, muß auf Feldern mit undurchlässigem Untergrund besonders genau auf die Einhaltung der richtigen Wassermenge geachtet werden.

Ist der Boden wassergesättigt (nach Starkregen, Überbewässerungen) und die Wasserzufuhr hält weiter an, bilden sich Wasserflächen auf der Bodenoberfläche. Je nach Gefälle und Wasserhöhe setzt auf der Oberflächenabfluß ein. Oberflächenabfluß entsteht auch auf ungesättigtem Boden, wenn die Zuflußrate (Regenintensität) höher als die Infiltrationsrate ist.

Diese Wassermenge schadlos aus dem Bewässerungsgebiet zu leiten, ist Aufgabe des Entwässerungssystems.

#### 6.5.2. Entwässerungskanäle

Das Kanalsystem für die Entwässerung ist analog zu dem Bewässerungskanalnetz aufgebaut. Am unteren Feldrand verlaufen die Felddräne, die in die Nebendräne münden. Der Abfluß der Nebendräne sammelt sich im Hauptdrän, welcher aus dem Bewässerungsgebiet hinausführt und meist in einen Fluß einmündet (s. Abb. auf Seite 35).

Auch die Bemessung der Kanalquerschnitte erfolgt nach den allgemeinen Fließgesetzen wie in Kapitel 6.3.

Auf Erosiongefährdung und Sauberhaltung ist auch bei Entwässerungskanälen zu achten, während eine Auskleidung - im Gegensatz zu diesen - natürlich nicht erforderlich ist.

#### 6.5.3. Bemessungswassermenge

Als Grundlage für die erforderlichen Kanalkapazitäten dient der Spitzenabfluß, der sich nach einem Starkregen einstellt.

Der Spitzenabfluß eines Gebietes kann nach folgender Formel berechnet werden :

$$Q = (1/360) \times C \times i \times F$$

wo  $Q$  = Spitzenabfluß ( $m^3/s$ )  
 $C$  = Abflußbeiwert ( )  
 $i$  = Regenintensität (mm/h)  
 $F$  = Größe des Einzugsgebietes (h)

Zum Einzugsgebiet können auch Flächen außerhalb des Bewässerungsgebietes zählen !

ABFLUSSBEIWERT C							
Boden Einzugs- gebiet	Sand			Ton			Fels
	Wald	Gras- land	ohne Veg.	Wald	Gras- land	ohne Veg.	
Eben	0,10	0,15	0,20	0,25	0,35	0,50	0,60
Hügelig	0,15	0,22	0,30	0,40	0,55	0,65	0,70
Bergig	0,25	0,30	0,40	0,60	0,77	0,80	0,80

Quelle:/10/

Zum Einzugsgebiet können auch Flächen außerhalb des Bewässerungssystems zählen.

Der Abflußkoeffizient hängt auch ab vom Feuchtigkeitsgehalt des Bodens und der Niederschlagsintensität (wenn beide hoch sind, wird auch C größer sein).

KAPAZITÄTEN von ENTWÄSSERUNGSKANÄLEN (l/s) für VERSCHIEDENE KANALGEFÄLLE							
		Sohlbreite (B) und Wassertiefe (D) in Metern					
Sohlgefälle	B	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40
	D	0.15	0.25	0.30	0.40	0.50	0.65
0.01%		2.5	9.3	16	33	59	121
0.02%		3.6	13	23	47	84	172
0.05%		5.6	21	36	74	133	271
0.1%		7.8	30	51	107	190	390
0.2%		11	42	71	148	266	540
0.3%		13.5	51	87	183	330	670
0.4%		15.5	59	100	212	380	765
0.5%		17	66	113	237	422	855
1.0%		24	94	160	330	595	1210

Geschwindigkeiten größer als 1 m/s.

Die Kanäle haben ein Trapezprofil mit Böschungsneigungen von 1,5:1 (horizontal : vertikal) und einen Rauigkeitsbeiwert von 0,035.

Quelle:/9/

## 7. Betrieb des Bewässerungssystems

Die Überlegungen, wie das Bewässerungssystem betrieben werden soll, müssen schon in der Planungsphase beginnen. Theoretisch ist es das Ziel des optimalen Betriebes, zu jedem Zeitpunkt jede Pflanze mit ausreichend Wasser zu versorgen und dabei billig, dauerhaft und einfach in der Handhabung zu sein. Um dieses Ziel zu erreichen, sind zum einen technische Vorrichtungen in den Kanälen, zum anderen organisatorische Vorkehrungen erforderlich.

### 7.1. Die technische Seite der Durchführung

Aufgrund der Anmerkungen im vorherigen Kapitel wurde ein Netzwerk von Kanälen entworfen, das das Wasser von der Wasserfassung (Fluß, Brunnen o.ä.) jedem einzelnen Feld zuleitet (s. Abb. auf S.35).

Die Kanäle sollen auf möglichst dichtem Untergrund gebaut sein und stabile Böschungen haben. Dies erfolgt zum einen, um die Versickerung gering zu halten, zum anderen, um unbefugtes Entnehmen zu verhindern. Grundsätzlich soll aus dem Haupt- und meist auch dem Verteilerkanal kein Wasser entnommen werden.

In den Kanälen sind gewisse Organe, d.h. technische Einrichtungen erforderlich, die folgende FUNKTIONEN erfüllen (entweder eine oder mehrere gleichzeitig):

- **Teilung:** Die aus dem einen (z.B. Haupt-) Kanal kommende Wassermenge muß in einem bestimmten Verhältnis auf zwei (Verteiler-) Kanäle aufgeteilt werden.
- **Ableitung:** vom Verteilerkanal in den Feldkanal.
- **Aufstauen:** Um aus einem Feldeinlauf Wasser entnehmen zu können, muß im Kanal ein gewisser Wasserstand vorhanden sein.
- **Absperrren:** Wird in einem Kanal kein Wasser benötigt, muß er abzusperren sein.
- **Messung:** Der Durchfluß in einem Kanal sollte bekannt sein (zur Kontrolle, Bestimmung von Verlusten, Erhebung von Wassergebühren).

Diese Organe sollen dabei:

- den Fluß des Wassers so wenig wie möglich behindern (geringe erforderliche Fallhöhe)
- genügend genau sein, sowie beständig und stabil
- relativ unabhängig vom Wasserstand im Kanal sein
- unempfindlich gegen Sandführung und Geschiebe (Zweige etc.) sein
- sicher gegen unbefugte Eingriffe sein
- wenig Wartung erfordern
- billig sein.

Für unsere Zwecke empfiehlt sich der Einsatz von WEHREN, für die bei einer gewissen Einstellung der Durchfluß bekannt ist. Sie können messen, aufstauen, absperrren und aufteilen (s. Anhang E).

Wie idealistisch diese Forderungen jedoch sind, zeigt die Tatsache, daß in Taiwan etwa ein Meß- bzw. Dosierorgan für 50 ha bewässerbare Fläche vorhanden ist. Man sagt, daß Kleinbewässerungsanlagen in der Regel überhaupt kein solches Organ haben.

Dennoch sollte, um eine sichere, gerechte und möglichst verlustfreie Verteilung des (meist knappen) Wasserdargebots zu sichern, der Einsatz erwogen werden. Dieser setzt entsprechend geschulte Nutzer voraus.

#### -- Feldeinlauf --

Jedes einzelne Feld hat einen Feldeinlauf, durch den das Wasser dem Kanal entnommen wird und dem Feldkanal - bzw. bei Becken direkt dem Feld - zugeteilt wird. Im allgemeinen sind also sehr viele Feldeinläufe vorhanden. Sie sollen deshalb billig und einfach sein.

Häufig wird ein Loch in die Kanalböschung gegraben und nach der Zuleitung wieder zugeschüttet. Diese Methode ist allerdings extrem ungenau und fördert die Erosion.

Besser sind fest in die Böschung EINGEBAUTE ÖFFNUNGEN z.B. aus Holz, die nur geöffnet oder geschlossen sind.

DURCHFLUSS FÜR VERSCHIEDENE AUSLÄSSE			
(Liter pro Sekunde)			
Durchfluß- öffnung	Durchflußhöhe		
	5,0 cm	7,5 cm	10,0 cm
7,5 x 7,5	4,0	5,1	8,4
10,0 x 10,0	6,7	10,3	14,7
15,0 x 15,0	13,3	24,0	34,0

Es können auch fest in die Böschung eingebaute ROHRSTÜCKE verwendet werden (z.B. aus Bambus).

In beiden Fällen ist ein gewisser Wasserstand vor dem Feldeinlauf erforderlich. Gegebenenfalls muß das Wasser für die Dauer der Ableitung aufgestaut werden. Dies kann entweder durch vorhandene Wehre erfolgen, oder durch tragbare Wehre aus Holz oder Metall, die in die Böschung gedrückt werden.

Eine weitere Möglichkeit sind SIPHONS aus Metall, Aluminium, aber auch z.B. aus Bambus. Sie sind leicht anzuwenden und zu verlegen, ohne dabei die Böschung zu zerstören. Da sie tragbar sind, ist nur eine geringe Anzahl erforderlich. Der Durchfluß hängt ab vom Durchmesser des Siphons und der Druckhöhe (d.h. Unterschied zwischen Kanalwasserspiegel und Auslaßöffnung). Der Durchfluß kann auch durch die Anzahl der verwendeten Siphons reguliert werden. Werden Furchen aus einem Feldkanal bewässert, wird ein Siphon pro Furche verwendet.

Die Zulaufmenge für verschiedene Felder kann über eine Variation der Durchlaßbreite verändert werden - vorausgesetzt ist derselbe Kanalwasserstand (breitere Öffnung - größerer Durchfluß).

DURCHFLUSS DURCH KLEINE SIPHONS UND ROHRE				
(Liter pro Sekunde)				
Durchmesser des Siphons bzw. Rohres	Druckhöhe			
	5,0 cm	10,0 cm	15,0 cm	20,0 cm
2 cm	0,19	0,26	0,32	0,73
4 cm	0,75	1,06	1,29	1,49
6 cm	1,68	2,38	2,91	3,36
8 cm	2,99	4,23	5,18	5,98
10 cm	4,67	6,60	8,09	9,34

Die Dauer der Zuleitung richtet sich nach der aufzubringenden Wassermenge, d.h. dem Pflanzenwasserbedarf in mm.

Dabei entspricht 1 mm Wasser, das aufzubringen ist,  $10 \text{ m}^3/\text{ha}$  bzw.  $1 \text{ l/m}^2$ .

Aus Multiplikation von diesem Wert mit der Feldgröße ergibt sich die erforderlicher Wassermenge ( $\text{m}^3$ ). Dividiert man diese Zahl durch die obige Zuflußmenge (l/sec), erhält man die erforderliche Zuflußzeit

Diese Zusammenhänge sollen an einem Beispiel erläutert werden (Weiterführung des Beispiels von Seite 31).

#### BEISPIEL

Der maximale Bewässerungsbedarf ist im Oktober mit  $\text{max } I_n = 130 \text{ mm}$  berechnet worden. Der Rotationsturnus beträgt 10 Tage mit jeweils 50 mm aufgebrauchten Wassers. Der vorliegende Boden ist toniger Lehm.

Zuerst wird die Anwendung auf FURCHENFELDERN untersucht.

Feldgröße = 0,6 ha  
 $L_m = 150 \text{ m}$  Länge  
 $S_m = 0,8 \text{ m}$  Furchenabstand  
 $I = 0,1 \%$  Hanggefälle

Der maximale nicht erosive Zulauf pro Furche beträgt

$$q_m = \frac{0,6}{J} = 6 \text{ l/sec}$$

In Wirklichkeit ist der Zulauf jedoch geringer infolge der Furchenlänge - maximal 470 m, siehe S. 53 - und der Infiltrationsrate, die hier beträgt:  $k_f = 10 \text{ mm/h}$  (siehe S. 20).

Damit ist der Zulauf pro Furche ( $q_f$ ) in Abhängigkeit von  $k_f$ , Feldlänge und Furchenabstand:

$$q_f = \frac{k_f \cdot L_m \cdot S_m}{3600} = \frac{10 \cdot 150 \cdot 0,8}{3600} = 0,35 \text{ l/sec} \cdot \text{Furche}$$

Unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades auf dem Feld  $E_a = 0,5$  müssen bei jeder Bewässerung  $50 / 0,5 = 100 \text{ mm}$ , oder  $100 \text{ l/m}^2$  aufgebracht werden.

Die Fläche einer Furche beträgt  $150 \cdot 0,8 = 120 \text{ m}^2$ , also muß jede Furche mit  $100 \cdot 120 = 12.000 \text{ l}$  pro Turnus versorgt werden. Damit beträgt die Bewässerungsdauer  $t_a$ :

$$t_a = \frac{12.000}{0,35} = 10 \text{ Stunden}$$

Werden 10 Furchen gleichzeitig bewässert, muß der Feldkanal während 50 Stunden mit  $3,5 \text{ l/sec}$  versorgt werden.

#### POLDER-BEWÄSSERUNG

Die Poldergröße ist  $20 \cdot 20 = 400 \text{ m}^2$ ; die Bewässerungsgabe beträgt ebenfalls  $100 \text{ mm}$ , der erforderliche Zufluß also:

$$400 \cdot 100 = 40.000 \text{ l}$$

Nach der Tabelle auf Seite 47 beträgt der Zufluß  $10 \text{ l/sec}$ , damit ist die Anwendungszeit  $t_a$ :

$$t_a = \frac{40.000}{10} \hat{=} 1,1 \text{ Stunde}$$

Allerdings sind diese Berechnungen sehr theoretisch. Im allgemeinen wird der Zufluß kaum so genau reguliert werden können. Außerdem ist der Pflanzenwasserbedarf aus durchschnittlichen Klimadaten errechnet worden. Es können nun aber unvorhergesehene Niederschläge gefallen sein, oder ein sehr trockenes Jahr vorliegen, in dem die Verdunstung extrem hoch ist. Diesen Tatsachen muß bei der Bestimmung der Zulaufzeit Rechnung getragen werden.

In Unkenntnis des exakten Pflanzenwasserbedarfs wird der Bauer soviel Wasser aufleiten, wie er bekommen kann. Dies kann aber nicht nur in Bezug auf die Erosionsgefahr negativ sein, auch kann seine Ernte darunter leiden (Auswaschung von Nährstoffen im Boden, Vernässung des Bodens, aber auch Auswaschung von Salzen). Zudem nimmt er bei dem knappen Wasserdargebot damit anderen Nutzern das Wasser weg.

#### 7.2. Organisation des Betriebes

Ein Bewässerungssystem kann technisch noch so perfekt sein, ein funktionierender Betrieb wird erst durch eine angepaßte und effiziente Organisation erreicht. Es gibt keine "Schubladen-Lösung", die für alle Situationen paßt.

Die Planung sollte von den Bedürfnissen und Fähigkeiten des einzelnen Bauern ausgehen. Je mehr Arbeit in Eigenverantwortung und Selbsthilfe erfolgt desto weniger Unterstützung von Außen ist erforderlich und desto größer ist das Interesse an einem reibungslosen Betrieb.

So werden auch die sich verändernden Ansprüche der Nutzer sofort vom System aufgenommen.

Innerhalb des Bewässerungsgebietes gibt es die Kanäle und die an sie angeschlossenen Felder mit jeweils einem bestimmten Wasserbedarf zu einem bestimmten Zeitpunkt, wie im vorherigen Kapitel beschrieben.

Diesen Überlegungen liegt ein System zugrunde, bei dem jedes Feld nur in einem bestimmten Abstand - dem Turnus - Wasser erhalten kann - z.B. weil es das vorhandene Wasserdargebot nicht anders zuläßt.

Bei reichlich vorhandenem Wasser, wenigen Nutzern und/oder großen Kanälen können die Bauern dann bewässern, wenn sie es für erforderlich halten (aufgrund von Berechnungen, Aussehen der Pflanze, Bestimmung der vorhandenen Bodenfeuchte). Aber in den meisten Fällen wird nicht genügend Wasser zur Verfügung stehen, um den Bedarf aller Nutzer gleichzeitig zu befriedigen. Dies würde zudem große Kanalkapazitäten mit hohen Investitionskosten erfordern.

Ein Zeitplan - der ROTATIONSPLAN - muß aufgestellt werden, der jedem Nutzer zu einem Zeitpunkt eine bestimmte Zuflußmenge zuordnet. Er muß so gestaltet sein, daß jedes Feld rechtzeitig genügend Wasser erhält. Die Durchführung soll einfach sein, d.h. ein Feld nach dem nächsten erhält Wasser, Zuerst erhält das hinterste Feld am letzten Kanal Wasser, dann das vorletzte usw.. Wenn alle Felder an einem Kanal versorgt sind, erhält der nächste Wasser. Bei dieser Methode ist es leicht ersichtlich, wenn ein Nutzer Wasser entnimmt, bevor er dazu befugt ist.

Da vermutlich nicht alle Felder zur selben Zeit die selbe Frucht bewässern, womit auch der Wasserbedarf unterschiedlich ist, muß der Rotationsplan für jeden Turnus neu erstellt werden. Dabei müssen auch aktuelle Veränderungen, wie z.B. unerwartet hohe Niederschläge, sofort mit berücksichtigt werden.

Es können mehrere Felder gleichzeitig bewässert werden, vorausgesetzt, daß die Kanäle genügend groß sind. Das "ankommende" Wasser muß in einem bestimmten Verhältnis aufgeteilt werden.



Der Rotationsplan enthält also Aussagen darüber, wann an welcher Stelle (Feldeinlauf, Wehr, Verteilerbauwerke) was (Öffnen, schließen) geschieht. Damit wird der Tendenz zur Überbewässerung entgegengewirkt und das vorhandene Wasser unter möglichst geringen Verlusten verteilt.

#### - Schwierigkeiten -

Allzu häufig wird von den am Kanal oben liegenden Nutzern Wasser entnommen, wann immer sie wollen, sodaß den unten liegenden nichts verbleibt. In anderen Fällen, z.B. bei nicht gemeinschaftlich betriebenen Anlagen, wurden die Verteilungsorgane nicht bedient oder zerstört. Es sollte deshalb ein Bauer (oder eine Gruppe) den Betrieb überwachen und den Rotationsplan aufstellen. Sinnvollerweise wäre es der letzte Nutzer des Kanals, da er das größte Interesse daran hat. Eventuell erhält er eine Entschädigung für seine Dienste, die letzten Endes allen zugute kommen. In keinem Fall sollte dieser "Wasser-Wärter" einer staatlichen oder zu großen Organisation unterstehen.

Darüberhinaus muß eine ORGANISATIONSFORM FÜR DAS GESAMTE BEWÄSSERUNGSGEBIET gefunden werden. Diese

- überwacht das gesamte Wasserverteilungssystem
- regelt Auseinandersetzungen der Nutzer untereinander
- vertritt die Nutzer nach außen, gegenüber Behörden usw.

Wennmöglich sollten vorhandene Organisationen diese Aufgaben übernehmen, so etwa die Genossenschaft der Bauern.

Spezielle Regelungen, die von einem Komitee überwacht werden sollten aufgestellt werden, um den Betrieb sicher zu stellen. Zuwiderhandlungen können mit einer Strafe geahndet werden.

In den meisten Ländern liegt die Aufsicht über Bewässerung - zumindest über größere Projekte - in den Händen des STAATES. In einigen Fällen gibt es spezielle Gesetze/Verordnungen, die den Betrieb regeln. Häufig werden Zuführung und Hauptkanäle durch den Staat finanziert bzw. erstellt, der Rest, in diesem Heft beschrieben, ist Sache der Bauern. Die Durchführung des Betriebes soll in jedem Fall durch die Nutzer selbst erfolgen.

Entscheidungen, an denen die Bauern nicht beteiligt sind, schränken ihre Verantwortung ein und können zu desolaten Zuständen führen, wie z.B. mangelhafte Unterhaltung. Auf der anderen Seite hat ein Staatsangestellter nicht das gleiche Interesse an reibungslosem Betrieb wie ein Bauer.

Durch die Mitwirkung jedes einzelnen Nutzers wird Verständnis für die Zusammenhänge und auch Notwendigkeiten des Betriebes erreicht. Damit wiederum wird das Verantwortungsgefühl und Selbstvertrauen der Bauern in ihre eigene Kraft gefördert - Grundvoraussetzung für eine Änderung ihrer Lage, politisch wie ökonomisch.

#### BEISPIEL aus Tanzania<sup>1)</sup>

In der Nähe von Soni, im Norden Tanzanias, liegt ein recht altes Bewässerungsgebiet. Ein mit Hacken erstellter 8 km langer Kanal (maximal 7,5 l/sec) versorgt etwa 150 Nutzer mit Wasser. Für die Funktionstüchtigkeit der Anlagen und die Zeitplanung ist der Dorfälteste verantwortlich. Kurz vor der Hauptbewässerungszeit werden alle Nutzer dazu aufgerufen, den Kanal gemeinsam herzurichten (Abdichten der Böschungen, Reinigen der Kanäle, Ausbesserungen).

Jeder Nutzer hat, so lange er sich an dem Gemeinschaftsarbeiten beteiligt, an zwei Tagen der Woche das Recht, Wasser zu entnehmen. (Seltene) Zuwiderhandlungen werden mit der Abnahme von Hühnern oder Werkzeugen bestraft.

#### 7.3. Unterhaltung

Reibungsloser Betrieb ist eng mit ordnungsgemäßer Unterhaltung verbunden. Dazu gehören:

- Das Beseitigen von Sandablagerungen, Unkraut, Tierlöchern etc. aus den Kanälen.
- Sicherung der Kanalböschungen
- Instandhaltung der Meß- und Dosierorgane
- Maßnahmen gegen Erosion

In oder direkt neben den Kanälen dürfen keine Pflanzen angebaut werden.

Die Unterhaltungsarbeiten sollen gemeinschaftlich durch die Nutzer selber erfolgen und/oder durch den "Wasser-Wärter" kontrolliert werden.

Besonders die Unterlieger sind durch mangelnde Unterhaltung betroffen, die im oberen Teil des Systems besonders wichtig ist.

Zusätzlich zu all diesen Maßnahmen betreffs der Bewässerung darf die Feldvorbereitung nicht vergessen werden.

#### 7.4. Verschiedenes

##### - 24-Stunden-Betrieb -

Erwägt man 24-Stunden-Betrieb, sollte bedacht werden, daß:

- die Wasserversorgung gesichert ist
- die Feldkanäle jederzeit sicher und im guten Zustand sind
- die Felder gut geebnet sind
- der Boden sicher gegen Erosion ist

1) M. ATTEMS, Bauernbetriebe in tropischen Höhenlagen Ostafrikas, München 1967, S. 74

- Nachtbewässerung nicht vermieden werden kann
- der kulturelle (inklusive des religiösen) Rahmen Nachtarbeit erlaubt.

Für vollen 24-Stunden-Betrieb müssen alle diese Punkte erfüllt sein. Andernfalls ist die Errichtung eines Nachtspeichers zu überlegen, der das in der Nacht (von Flüssen und Quellen) ankommende Wasser zurückhält und am Tage zusätzlich abgibt.

Damit wird eine Erweiterung der landwirtschaftlich nutzbaren Fläche ermöglicht. Geeignete topographische Verhältnisse sind natürlich vorauszusetzen.

#### - Wassergebühren -

Zur Erstattung der anfallenden Unkosten wird in einigen Projekten Wassergeld erhoben; entweder in Abhängigkeit von der erbrachten Ernte (z.B. ein Sack pro Hektar) und/oder der Anbaufläche.

Wird das Wassergeld in Abhängigkeit von der verbrauchten Wassermenge erhoben, läßt sich, wie die Erfahrung zeigt, eine effiziente und gerechte Ausnutzung des vorhandenen Wasserdargebots erreichen. Jedoch setzt dies Meßorgane in ausreichender Anzahl voraus, die immer in funktionsfähigem Zustand sein müssen und von einer unabhängigen Person regelmäßig abgelesen werden. Die Möglichkeit erscheint für Kleinbewässerung uninteressant, weil sie zu teuer ist.

#### - Nutzung des Überschuß- (Drän-) Wassers von Großprojekten -

Meist macht man sich bei der Planung von großen Bewässerungsprojekten keine Gedanken darüber, was mit dem ungenutzt abfließenden Wasser geschieht. Unterhalb liegende Kleinbewässerungsanlagen können davon profitieren, indem sie von dieser Wasserquelle abhängig wirtschaften und das Wasser zusätzlich verwenden. Das Dränwasser ist häufig für die meisten Pflanzen verträglich.

In jedem Fall muß wegen der Versalzungsgefahr eine regelmäßige und genaue Analyse von Wasser und Boden vorgenommen werden. Diese Aufgabe kann von dem Großprojekt übernommen werden.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß:

- der Wasserzufluß in seiner Verteilung über das Jahr unbekannt ist
- kein Anspruch darauf besteht, solange dieser nicht gesichert ist
- häufig der Einsatz von Pumpen nötig sein wird, da die Entwässerungskanäle in den Senken liegen.

#### 7.5. BEISPIEL: Gerechte Verteilung auf Bali<sup>1)</sup>

Die Balinesen haben ein Dorfbewässerungssystem entwickelt, das vermutlich das gesellschaftlich höchstentwickelte der Erde ist. Jeder Nutzer in einer ökologischen Einheit, die das Wasser eines Flusses oder Kanals nutzt, gehört einer gemeinschaftlichen Organisation, dem "sebak" an, die das System betreibt und den Wasserverbrauch kontrolliert. Sie tritt einmal im balinesischen Monat von 35 Tagen zusammen und hat ihre eigene Ordnung, das "awig-awig". Jeder Nutzer hat einmal im Monat seine Arbeitskraft für Reparaturen und Unterhaltung zu Verfügung zu stellen; je mehr Land er besitzt, desto mehr Arbeit muß er leisten oder bezahlen.

Der "sebak" beschließt auf demokratische Weise die Saatzeiten; gleichzeitiger Anbau wird vorgezogen, um Schädlinge und Krankheiten auszuschalten. Falls aber das Wasserdargebot eine Versorgung aller Bauern nicht gestattet, wird ein komplizierter Pflanz- und Rotationsplan ausgearbeitet, um den Bedürfnissen aller zu entsprechen.

Obwohl die Landverteilung durchaus nicht gleich ist, erfolgt die Wasserverteilung mit großer Gerechtigkeit.

Die Versorgung jeder Parzelle erfolgt über einen Kokosnußstamm, der den Feldeinlauf bildet. Für jeden "tenah" Land (0,35 Hektar), den ein "sebak"-Mitglied besitzt, hat er das Anrecht auf einen "tektek". Ein "tektek" ist eine vier Finger breite Öffnung in dem Kokosnußstamm. Jeder, der betrügt und mehr Wasser als erlaubt entnimmt, kann durch die "sebak"-Versammlung zu einer hohen Strafe verurteilt werden.

So fortschrittlich die Organisation des Systems ist, ist die Technik einfach.

Die Wehre werden aus Steinhaufen im Fluß gebildet. Der Kokosstamm reguliert nur die Breite des Zuflusses, nicht aber die Höhe. Während der schweren Regenfälle im November und Dezember werden die Wehre häufig durch Hochwasser zerstört und die Dämme zwischen den Feldern weggespült. Normalerweise warten die Bauern mit der Aussaat bis zu 2 Monaten ab, damit der Wasserverlauf gleichmäßig ist. In den meisten Gegenden kostet diese Verzögerung die gesamte Ernte.

Anstrengungen auf dem Kleinbewässerungssektor haben auf Bali zur Verbesserung der Dorfsysteme geführt. Es wurden dauerhafte und feste Wehre, Hauptkanäle und Organe, die den Zufluß regulieren, errichtet. In Gegenden mit solchen Verbesserungen betrug die Steigerung der Anbauintensität bis zu 80 %.

In allen diesen Kleinbewässerungsprojekten werden arbeitsintensive Methoden angewendet. Der Aushub selbst von langen Tunneln erfolgte durch Hacke und Schaufel; die Erde wird in Strohkörben auf dem Kopf davongetragen. Anstelle von Beton wird Mauerwerk verwendet; die Steine werden in der Nähe des Bauplatzes gesammelt und behauen. Ein balinesisches

1) P. HARRISON, Getting enough to eat in Indonesia. New Scientist, 17. November 1977, S. 417-419.