

KLEINBEWÄSSERUNG



PUBLISHED BY

German Appropriate Technology Exchange (GATE
in: Deutsche Gesellschaft für Technische
Zusammenarbeit (GTZ), GmbH
Postfach 5180, D-6236 Eschborn 1,
Bundesrepublik Deutschland

PREPARED BY

Albert Breuer
Axel Netzband

KLEINBEWÄSSERUNG

(SMALL - SCALE - IRRIGATION)

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort

1.	Definition von Kleinbewässerung	.....	1
2.	Sozio - Ökonomische Ausgangssituation	.....	4
	1. Vergleich Regen- zu Bewässerungsfeldbau	.....	4
	2. Soziale und ökonomische Lage der Kleinbauern	.....	5
	3. Rechte an Boden und Wasser	.....	6
	4. Der institutionelle Rahmen	.....	7
	5. Beispiel: Indien	.....	8
3.	Planung und Ablauf	.....	9
4.	Natürliche Gegebenheiten	.....	11
	1. Ökologisches Gleichgewicht	.....	11
	2. Topographie	.....	12
	3. Klima	.....	13
	4. Hydrologie	.....	14
	5. Wasserqualität	.....	17
	6. Der Boden	.....	18
5.	Pflanzenwasserbedarf	.....	24
	1. Pflanzen und Wasser	.....	24
	2. Boden und Wasser	.....	28
	3. Bewässerungsbedarf	.....	30
	4. Beispiel für die Berechnung	.....	31
6.	Technische Auslegung eines Bewässerungssystems	...	34
	1. Übersicht über ein Bewässerungssystem	.....	34
	2. Wasserbereitstellung	.....	36
	3. Kanäle	.....	38
	1. Trassierung	.....	38
	2. Dimensionierung	.....	39
	3. Auskleidung der Kanäle	.....	40
	4. Erdkanäle	.....	40

6.	4.	Verfahren der Oberflächenbewässerung	.....44
	1.	Beckenbewässerung	.....46
	2.	Streifenbewässerung	.....50
	3.	Furchenbewässerung	.....50
	4.	Rillenbewässerung	.....54
	5.	Wilde Rieselung	.....56
	6.	Wirkungsgrade	.....58
	7.	Spezielle Bewässerungsverfahren	.....60
	5.	Entwässerung	.....64
	1.	Dräneigenschaften der Böden	.....64
	2.	Entwässerungskanäle	.....64
	3.	Bemessungswassermenge	.....65
7.		Betrieb des Bewässerungssystems	.....67
	1.	Die technische Seite der Durchführung	.....67
	2.	Organisation des Betriebes	.....71
	3.	Unterhaltung	.....73
	4.	Verschiedenes	.....73
	5.	Beispiel: Gerechte Verteilung auf Bali	.....75
8.		Der finanzielle Aspekt	.....77
	1.	Kosten	.....77
	2.	Erträge	.....79
	3.	Finanzierung	.....80
	4.	Die Rolle von Genossenschaften und Staat	.....80
		Empfohlene Literatur	.....82
		Anhang	.....83

VORWORT

Kleinbewässerung findet in der Forschung ebenso wie in der Öffentlichkeit wenig Beachtung. Das mag an den sehr unterschiedlichen Situationen für solche Bewässerungsanlagen liegen, die schwer auf einen Nenner zu bringen sind; aber auch daran, daß es anscheinend unüberwindliche Schwierigkeiten bei der Unterstützung der Kleinbauern gibt. Dieses Heft soll als Einstieg in die Thematik der Kleinbewässerung dienen und eine Grundlage bilden für eine weitere Auseinandersetzung über ihre Möglichkeiten und Probleme.

Kleinbewässerung hat sich als eine angepaßte Technologie für eine spezielle Situation ergeben. Deshalb bieten wir keine direkte und auf eine bestimmte Situation bezogene Lösungsmöglichkeit an, sondern beschreiben mehr die grundsätzlichen Zusammenhänge und Techniken. Dabei berücksichtigen wir in besonderem Maße den Einfluß der sozialen, ökonomischen und politischen Umwelt, aus der heraus jede Technik ihre Bedeutung erhält.

Der Aufbau des Heftes entspricht im wesentlichen den einzelnen Schritten, nach denen eine Bewässerungsanlage geplant wird. Zuerst werden allgemeine Anforderungen an eine Kleinbewässerungsanlage diskutiert (Kapitel 1). Daran schließt sich ein Überblick über die sozio-ökonomische Lage vieler Kleinbauern in der Dritten Welt an (Kapitel 2). Es folgt eine Untersuchung der lokalen natürlichen Gegebenheiten - wie Klima, Topographie und Boden -, die vor Beginn der Planung bekannt sein müssen (Kapitel 4 und 5). Darauf baut der folgende Abschnitt auf (Kapitel 6), der sich mit Entwurf und Auslegung verschiedener Bewässerungsverfahren beschäftigt. Zur Sicherstellung des Betriebes von Bewässerungsanlagen muß eine angepaßte Organisationsform gefunden werden (Kapitel 7). Zum Schluß geben wir einen Überblick über die finanziellen Aspekte von Kleinbewässerungsanlagen, die unter Umständen beträchtliche Investitionen erfordern (Kapitel 8).

Beim Verfassen dieses Heftes waren uns die Bücher von BOOHER und STERN sehr hilfreich. Angaben auf weiterführende Literatur, die bei der Planung zu Rate gezogen werden sollte, findet sich im Anhang.

Zu guter Letzt danken wir all denen, die uns beim Schreiben mit Rat und Tat zur Seite standen.

1. DEFINITION VON KLEINBEWÄSSERUNG

Im streng technischen Sinne ist BEWÄSSERUNG das Verfahren, das den angebauten Pflanzen Wasser zuführt, um während der gesamten Anbauzeit die Versorgung mit ausreichend Feuchtigkeit zu sichern (zusätzlich zu natürlichen Niederschlägen).

Diese Definition vernachlässigt jedoch die soziale, wirtschaftliche und politische UMWELT, aus der heraus sich eine Technik entwickelt. Deshalb soll im Folgenden die Beziehung zwischen Technik (hier also Bewässerung) und Gesellschaft besonders berücksichtigt werden.

In diesem Sinne wird KLEINBEWÄSSERUNG als eine Technik aufgefasst, die den Bedürfnissen und Fähigkeiten der Nutzer optimal entspricht, also als eine ANGEPASSTE TECHNOLOGIE.

Vom UMFANG her verstehen wir unter Kleinbewässerung eine Bewässerung, die von einem einzelnen Bauern mit einer Handpumpe für die Versorgung seines Gartens geleistet wird, bis hin zu Anlagen, die von einer (Dorf-) Gemeinschaft erstellt und betrieben werden können.

Da die natürlichen (klimatischen, topographischen etc.) und gesellschaftlichen (sozialen, kulturellen, politischen etc.) Verhältnisse für jeden Punkt der Erde anders sind, lassen sich die GRUNDSÄTZE nur sehr allgemein formulieren. Dazu gehören:

- Kleinbewässerung soll wenig Kapital erfordern.
Für die Erstellung der Kanäle und Bauwerke, Planierung etc. sollen möglichst
- vorhandene Materialien verwendet werden, d.h. möglichst wenig Beton und Metall (Zement ist teuer oder schwer zu erhalten).
- Für die Arbeiten sollen lokale Arbeitskräfte und Fähigkeiten genutzt werden (wenig Fremdarbeit).
- Die Anlagen sollen so groß (respektive klein) sein, daß sie von einigen Bauern gemeinsam finanziert, erstellt und betrieben werden können. Damit wird
- vorausgesetzt, daß sie gemeinschaftlich arbeiten können und wollen, da in den meisten Gegenden der Welt Entscheidungen eher gemeinsam von Gruppen als von Individuen getroffen werden.
- Die Technik muß überschaubar und bezüglich Ursache und Wirkung einsichtig sein. Damit sich die Bauern auf ein solches ihnen unter Umständen neues Gebiet begeben, und damit sie ohne nennenswerte Hilfe von aussen auskommen, müssen ihnen dessen Vorteile einleuchten. Damit keine wesentlichen Faktoren vernachlässigt werden, muß der Gesamtzusammenhang von jedem Einzelnen erfasst werden. Damit die Säuberung der Kanäle erfolgt, muß ihre Notwendigkeit einleuchten.
- Die Technik muß in den kulturellen Rahmen der Bauern passen (Religion, Nachtarbeit, etc.).
- Die neue Technik muß auf die alte aufbauen, d.h. gewisse wasserbauliche Erfahrungen sollten verfügbar sein, und es

sollten keine völlig neuen, unbekanntenen Früchte angebaut werden.

- Abhängigkeit von Aussen (finanziell, inputs, know-how) soll gering gehalten werden.
- Es soll wenig Fremdenergie, wie Öl, Strom verwendet werden, dafür möglichst Windenergie, Tiere etc. (für Pumpen).
- Damit mögliche Fehler leicht behoben werden können und sich nicht gravierend auswirken (Versalzungsgefahr), soll die Anlage Schritt für Schritt aufgebaut werden und sich flexibel an sich verändernde Gegebenheiten anpassen können.

Diese Punkte sind von Fall zu Fall abzuschätzen. So kann es unter bestimmten Bedingungen durchaus sinnvoll sein, zum Bau schwere Maschinen zu benutzen.

Kleinbewässerung ist als angepasste Technologie auf eine ganz konkrete Situation ausgerichtet, und damit auch NICHT auf andere ÜBERTRAGBAR. Deshalb können Beispiele nur als Denkanstöße dienen, die die Probleme aufzeigen, und nicht als Vorlage oder unmittelbare Handlungsanweisungen.

BEWÄSSERUNG gibt es schon so lange, wie es Menschen und damit Landwirtschaft gibt. Das noch heute 3000 Jahre alte Bewässerungseinrichtungen in Betrieb sind, zeigt, wie optimal diese den örtlichen Bedingungen angepasst sind.

So sollte man sich bei den Planungen zum Bau immer umsehen, ob in der Gegend solche Anlagen bestehen, oder noch in Form von Ruinen vorhanden sind, um gegebenenfalls daraus zu lernen oder sie mit Hilfe neuer Erkenntnisse und Methoden zu verbessern.

Das folgende Beispiel aus Tanzania zeigt, wie umfassend der Einfluß der Bewässerung auf das gesellschaftliche und politische Leben ist. Denn dies darf man nicht vergessen:

Die EINFÜHRUNG DER BEWÄSSERUNGSWIRTSCHAFT hat immer erhebliche Veränderungen im sozialen und wirtschaftlichen Gefüge zur Folge.

BEISPIEL : Das Bewässerungssystem der Chagga am Kilimandjaro

Klima (viel Regen) und Boden (vulkanischen Ursprungs und fruchtbar) erlauben intensive und produktive Landwirtschaft (Anbau von Bananen, Kaffee etc.).

Das Bewässerungssystem besteht aus einem sich verzweigenden Netz von Kanälen, die das am Berg abfließende Wasser zu den Häusern und Feldern leiten. Sein Alter wird auf 300-400 Jahre geschätzt.

Das Volk der Chagga ist unterteilt in einzelne Familien (clans), und wird durch eine herrschende Familie regiert. Durch Zeremonien, Gemeinschaftsarbeit sowie ausgeprägte Arbeitsteilung unter den einzelnen Familien wurde der

1) nach: F.T. Masao, "The Irrigation System im Uchagga", in: Tanzania Notes and Records, No. 75, Dar Es Salaam, 197

Zusammenhalt der Gesellschaft gesichert.

Einige Mitglieder einiger Familien waren Experten in der Kunst, Kanäle ohne technische Hilfsmittel mit einer erstaunlichen Präzision anzulegen. Da einige dieser Kanäle mehrere Kilometer lang waren, war die Zusammenarbeit einzelner Familien erforderlich. Einige Täler wurden durch Aneinanderreihung ausgehöhlter, halber Baumstämme überquert. Gräben kreuzten sich mit Hilfe von Siphons. Da immer nur ein Feld zur Zeit von einem Graben bewässert werden konnte, wurden Wasserspeicher angelegt.

Die Wichtigkeit der Gräben lässt sich daraus ersehen, daß bei Instandhaltungsarbeiten Opfer dargebracht wurden und der Mißbrauch der Wasserrechte an einem Graben zu Familienkriegen führen konnte. Die Nutzer eines Grabens waren in einem Ausschuß organisiert und unter Androhung von Strafen zur Einhaltung der zugewiesenen Bewässerungszeiten und zur Ableistung der anfallenden Arbeiten verpflichtet.

Aus der Darstellung wird die enorme Bedeutung der sozialen Organisation für die Bewässerung (und umgekehrt!) ersichtlich. Die Sicherung des Lebensunterhaltes, d.h. die Aufrechterhaltung der Bewässerungslandwirtschaft ist direkt gekoppelt an die soziale Ordnung der Gesellschaft. Eingriffe in dieses System seitens der Kolonialmächte führten zu Erhebungen der Bevölkerung. Die Zukunft der Anlagen ist ungewiß, angesichts des bequemeren Rohrleitungswassers und - infolge erhöhter Landnutzung - versiegender Quellen. Dennoch sichern sie nach wie vor ausreichende Erträge der Landwirtschaft.

2. SOZIO - ÖKONOMISCHE AUSGANGSSITUATION

Da es in diesem Rahmen nicht möglich ist, alle möglichen Konstellationen von wirtschaftlichen, sozialen, politischen und kulturellen Faktoren darzustellen, werden einige wichtige Elemente vorgestellt.

2.1 Vergleich Regen- zu Bewässerungsfeldbau ¹⁾

Im Vergleich zum Regenfeldbau hat der Bewässerungsfeldbau mehrere VORTEILE. Erstens erfolgt zusätzlich zur natürlichen, reichlichen und gleichmäßigen Sonneneinstrahlung eine reichliche und gleichmäßige Versorgung mit Wasser, zweitens stehen den Pflanzen zusätzlich die im Wasser enthaltenen Nährstoffe zur Verfügung. Weiterhin verhindert die Bewässerung eine zu große Austrocknung infolge der hohen Temperaturen. Im Einzelnen:

- 1.) Bewässerungsfeldbau ergibt höhere Erträge je Hektar im Vergleich zum Regenfeldbau aufgrund folgender Möglichkeiten:
 - höhere Hektarerträge der angebauten Kulturen,
 - es können mehrere Ernten je Jahr erzielt werden,
 - es können neue Kulturen angebaut werden,
 - die Monokultur von Reis wird ermöglicht.
- 2.) Der Boden kann dauernd genutzt werden, ohne Einschub von Brache (Zeit, in der der Boden sich "erholt").
- 3.) Die Ernteschwankungen von Jahr zu Jahr sind schwächer, es wird eine gleichmäßige Versorgung mit Nahrungsmitteln und Bareinkommen ermöglicht. Man ist nicht mehr (zumindest direkt) von der Zufälligkeit der Regenfälle abhängig.
- 4.) Die Produktion lässt sich sowohl in Bezug auf die Art der Früchte als auch die Intensität ihres Anbaues an Bedarf oder Möglichkeiten der Nutzer anpassen.
- 5.) Bewässerung erlaubt die produktive Beschäftigung von einer relativ hohen Zahl von Arbeitskräften je Hektar. Damit erlaubt sie ein relativ hohes Einkommen ohne den Einsatz von teuren Maschinen. Im Hackfeldbau reichen 2-3 Hektar gerade zur Ernährung einer Familie aus, bei bewässertem Land genügen schon 1-2 Hektar.
- 6.) Es lassen sich bisher nicht genutzte Trockenlagen erschliessen.

Dem stehen einige ANFORDERUNGEN gegenüber:

- 1.) Bewässerungswirtschaft erfordert in jedem Falle hohe Investitionen für den Bau und meist auch Betrieb.
- 2.) Wasserbeschaffung und Vorbereiten der Felder sind

¹⁾ nach: H. RUTHENBERG: "Farming Systems in the Tropics", Oxford, 1971, S. 139 f.

sehr arbeitsintensiv - was bei lokaler Arbeitslosigkeit von Vorteil ist, aber entsprechend hohe Erträge voraussetzt.

- 3.) Bewässerungswirtschaft setzt Zusammenarbeit der beteiligten Landwirte voraus. In größeren Projekten liegen hier häufig Gründe für Nicht-Funktionieren.
- 4.) Die Produktion setzt zusätzlich zum landwirtschaftlichen auch technisches Wissen voraus.

Die Einführung der Bewässerungswirtschaft hat Veränderungen des technischen, ökonomischen, sozialen und kulturellen Zustandes zur Folge, deren AUSWIRKUNGEN im vorherigen nicht genau abgeschätzt werden können. Sie sollte deshalb langsam und behutsam entwickelt werden. Häufig werden Bewässerungs- und Regenfeldbau für einige Zeit nebeneinander bestehen (Ausnutzen kleiner Bäche und Quellen) oder sich abwechseln (in der regenreichen Zeit Reis, sonst Getreide; o.ä.).

2.2 Soziale und ökonomische Lage der Kleinbauern

Die folgenden, mehr theoretischen Betrachtungen werden in Kapitel 2.5 an Hand des Beispiels Indien erläutert.

Die ökonomische Situation der meisten Kleinbauern in vielen Ländern der 3. Welt ist dadurch gekennzeichnet, daß sie entweder mehr oder weniger für den eigenen Bedarf produzieren (d.h. den der Familie im weiteren Sinne, SUBSISTENZWIRTSCHAFT) oder daß sie als Abhängige auf privatem GROSSGRUNDBESITZ arbeiten.

Dieser ist häufig in viele kleine Pachtverhältnisse aufgesplittet. Die Einnahme der Pacht erfolgt über einen Teil der Ernte (z.T. 50 % und mehr) oder Barzahlung durch die unmittelbar das Land Bewirtschaftenden. Das hat eine Anhäufung von einem bedeutenden Anteil des landwirtschaftlichen Einkommens in der Hand von einigen wenigen Reichen zur Folge, denen dadurch die Modernisierung und damit auch Effektivierung ihrer Betriebe ermöglicht wird.

Häufig sind sie auch die eigentlichen Nutzniesser der staatlichen Landwirtschaftspolitik, so daß sich die ökonomische Lage der (abhängigen) Kleinbauern weiter verschlechtert. Dieser Prozeß kann dazu führen, daß diese ihr Land nicht mehr bewirtschaften können und als LANDLOSE in Lohnarbeit für wohlhabendere Bauern arbeiten.

Zunehmender Bevölkerungsdruck sowie das geltende Erbrecht führen zu immer weiterer Zerteilung der landwirtschaftlichen Nutzfläche, es entsteht eine Unmenge von KLEINBETRIEBEN, die kaum oder gerade eben die von ihnen Abhängigen ernähren können.

Um diesem Prozeß entgegenzuwirken, d.h. die Ernährung durch intensivere Nutzung zu sichern bzw. genügend Bareinkommen zu haben, kann die Einführung von Kleinbewässerung sinnvoll sein.

Ein kleinbäuerlicher Betrieb dieser Art hat häufig weniger als 1 Hektar zu bewirtschaften. Von dieser Fläche muß eine ganze Familie ernährt werden. Deshalb ist oft ein stabiles Einkommen (also Sicherheit) für den Bauern wichtiger maximaler Ertrag. Ausserdem stellt das Land für ihn die Altersversorgung dar. Um sein Risiko gering zu halten, wird er sich gegenüber Neuem, Unbekanntem und damit Risiko zurückhaltend verhalten.

Dies ist für ihn die ökonomisch (und oft auch ökologisch) sinnvollste EINSTELLUNG. Veränderungen erfolgen innerhalb des Rahmens technischen Wissens und müssen in ihrem Erfolg sichtbar sein. Diese "Sicherheitsgrenze" ist bei großen Gruppen niedriger.

Innerhalb dieser (überschaubaren) Gruppen ist häufig Nachbarschaftshilfe vorhanden, so daß sich gerade bei Bewässerung anfallende Arbeitsbedarfsspitzen leichter überbrücken lassen.

Die FINANZIELLEN MÖGLICHKEITEN eines Einzelbetriebes sind gering, da er kaum Kapital für Neuerungen ansammeln kann, sondern das erwirtschaftete Geld für den täglichen Bedarf benötigt. Er ist damit auf Kreditvergabe angewiesen.

➤ Deshalb erscheint die völlig neue Einführung von Bewässerung in Gegenden mit keiner diesbezüglichen Erfahrung und überwiegend Subsistenzwirtschaft wenig empfehlenswert.

Die Frage nach den örtlichen MACHTSTRUKTUREN (z.B. Abhängigkeit von Großgrundbesitzern; Wer hat das Sagen im Dorf?) und der Bereitschaft der Nutzer ist bei Bewässerung von Bedeutung, weil von der organisatorischen Durchführung eines Projektes in hohem Maße sein Erfolg abhängt (siehe Kapitel 7.).

Man sollte auch überlegen, wem die Erfolge der Bewässerung zu Gute kommen.

Führt der erforderliche Arbeitseinsatz zu einer Steigerung der ohnehin meist vorhandenen Mehrarbeit der Frauen?

Wer übernimmt die Vermarktung der Produkte?

Geschieht sie zum Beispiel durch den Großgrundbesitzer - der über das erforderliche Wissen verfügt - oder durch Zwischenhändler mit Monopolstellung, sind diese möglicherweise die eigentlichen Gewinner.

2.3 Rechte an Boden und Wasser

Dieser Punkt ist so wichtig, wie es unmöglich ist, wegen der Vielfalt der bestehenden Rechtsformen weiter darauf einzugehen.

Die Anlage der Bewässerungseinrichtungen kann durch die bestehende BESITZSTRUKTUR oder Feldereinteilung verhindert oder erschwert werden, da sich die Einteilung der Bewässerungsfelder oder die Lage der Kanäle aus Topographie und Hydraulik ergibt. Die Felder sollten nicht zu weit auseinander liegen, um die Kanallängen klein zu halten. Eventuell ist eine Umverteilung des Landes erforderlich (Flurbereinigung).

Wenn das Land gepachtet wird, soll sichergestellt sein, daß auch langfristig seine Nutzung möglich ist. Hier kann der Staat unterstützend eingreifen, durch Gesetze oder Verordnungen (siehe Kapitel 8.4, Seite 84)

Für Flüsse oder Quellen gelten häufig WASSERRECHTE, die besagen, daß nur jeweils ein bestimmter Anteil des vorhandenen Wasserdargebotes entnommen werden darf, gegebenenfalls auch gar nicht unterhalb einer Mindestwasserführung. Diese Rechte dienen dem Schutze anderer Nutzer und sind bei den örtlichen Behörden zu erfragen.

2.4. Der institutionelle Rahmen

Werden die Kleinbewässerungsanlagen von den Nutzern in Eigenarbeit erstellt, müssen - auch in Hinblick auf den späteren Betrieb - SELBSTVERWALTUNGSORGANE vorhanden sein, z.B. Dorfrat, Genossenschaften, oder eigene Vereinigungen; bzw. sie müssen geschaffen werden.

Für den Bau sind FINANZIELLE BETRÄGE erforderlich, die die Möglichkeiten der Nutzer zumeist übersteigen (Kosten für Baumaterial, Maschinen, eventuell ausfallende Arbeitszeit in anderen Bereichen). Es müssen Kredite aufgenommen werden, meist bei privaten Geldverleihern oder (staatlichen) Kreditbanken.

Letztere kommt oft den reicheren Bauern zugute (da sie größere Sicherheiten bieten können); oder es werden Wucherzinsen erhoben, die die Abhängigkeit der Kleinbauern noch verschärfen.

Um die Erträge langfristig zu sichern bzw. zu verhindern, daß der Boden ausgelaugt wird, kann die Zufuhr von Dünger und Pflanzenschutzmitteln erforderlich werden. Sofern diese nicht natürlich in Eigenproduktion hergestellt werden (z.B. Mulch), müssen sie auf dem Markt eingekauft werden (= Kosten!). Mitunter gibt es besondere Düngemittelprogramme der Regierung, um die Verteilung sicherzustellen. Man muß dann überlegen, ob auch langfristig die Versorgung sichergestellt ist, und wie die Kostenentwicklung vorherzusehen ist. Zu bedenken ist, daß Kunstdünger selten im Lande selbst hergestellt wird, sondern für teure Devisen eingekauft werden muß.

Die Frage der VERMARKTUNG ist von großer Wichtigkeit. Hier können Probleme auftauchen, wenn zum Beispiel durch die Bewässerungswirtschaft über den Eigen-(Subsistenz-) Bedarf hinausproduziert wird und der neu entstandene Überschuss vermarktet werden soll, die entsprechenden Einrichtungen jedoch (noch) nicht vorhanden sind. Oder sie sind so weit vom Produzenten entfernt, daß ein Zwischenhandel entsteht, der neue Abhängigkeiten zur Folge hat und/oder die Verschuldung erhöht. Damit sinkt die Produktivität, es erfolgt unter Umständen sogar eine Reduzierung der Eigenversorgung.

Die benötigten Institutionen sind entweder staatlich oder privat und oft unter Kontrolle der Reichen. So erscheint

die Einrichtung von Genossenschaften durch und für die Betroffenen selbst sinnvoll.

2.5 BEISPIEL : Indien

Das bisher Gesagte soll am Beispiel der Landwirtschaft Indiens verdeutlicht werden. ¹⁾

Dort bewirtschaftet die Hälfte der landwirtschaftlichen Betriebe (42 %) weniger als 1 Hektar und insgesamt nur 7 % der Ackerfläche des Landes. Diese kleine Fläche ist nur bei Bewässerung für die Ernährung einer Familie ausreichend.

Der bäuerlichen Oberschicht steht mehr Fläche und Kapital zur Verfügung als der Masse der Kleinbauern, deshalb kann sie Verkaufsfrüchte mit relativ hohem Kapitalaufwand für Düngemittel, Arbeitskräfte und Bewässerungsanlagen produzieren, macht entsprechende Gewinne und ist zu Neuinvestitionen in der Lage.

Die Kleinbauern verarmen und wandern in die Metropolen ab, oder arbeiten für Minimallöhne auf Großfarmen und bewirtschaften nebenher eine kleine Fläche zur Deckung des eigenen Bedarfes. Das Problem ist also weniger technischer denn politischer Natur.

Durch die Briten als Kolonialmacht wurde die in Indien vorherrschende traditionelle asiatische Produktionsweise, die kollektives Bodeneigentum beinhaltete, zerstört und durch individuelles Eigentum an Grund und Boden ersetzt.

Versuche der späteren, unabhängigen Regierung, durch Landreform die Lage der Kleinbauern zu verbessern, scheiterten an der Macht der Großbauern, Händler und Geldverleiher, die oft auch die Dorfräte und damit die Verteilung der Regierungssubventionen kontrollierten.

¹⁾ nach J.M.MELLOR : Developing Rural India, Bombay, 1972; sowie andere Quellen.

3. PLANUNG UND ABLAUF

Wir nehmen an, daß ein Gruppe potentieller Nutzer ihre vorhandene Landwirtschaft zusätzlich bewässern will. Alle sollten in etwa die selbe ökonomische Ausgangssituation haben.

Nicht zuletzt wegen der in jedem Falle mit Bewässerung verbundenen hohen Kosten ist eine genaue und umfassende VORPLANUNG erforderlich. Alle dargestellten Zusammenhänge müssen an Hand der örtlichen Verhältnisse überprüft werden. Im Verlauf der gesamten Planung und Durchführung soll auf größtmögliche BETEILIGUNG der späteren Nutzer geachtet werden, weil für den Bauer sein Land die Grundlage seiner Existenz und die seiner Familie ist.

Schon vorhandene Fähigkeiten (landwirtschaftliche), Kenntnisse, Institutionen etc. sollen soweit wie möglich übernommen bzw. weiterentwickelt werden. Die ENTWICKLUNG soll Schritt für Schritt erfolgen und flexibel sein. Damit werden die Risiken und finanziellen Belastungen klein gehalten.

Man kann davon ausgehen, daß die traditionelle Situation in gewisser Weise ein Gleichgewicht darstellt aus ökologischen, ökonomischen, sozialen, politischen, landwirtschaftlichen und technischen Faktoren. Dieses Gleichgewicht soll nicht aus der Ruhe gebracht werden, es muß bei Planung und Ausführung jederzeit die Möglichkeit einer KORREKTUR vorhanden sein.

Auf einer kleinen Fläche können durch Experimente Erfahrungen mit der neuen Technik gewonnen werden. Sie soll so angeordnet werden, daß sie leicht in die spätere Anlage integriert werden kann.

Folgende Punkte sollten vor dem Beginn der Bauarbeiten bedacht werden :

- Welche Bedürfnisse und Fähigkeiten sind örtlich vorhanden ?
Für die Einführung der Bewässerung soll ein echter Bedarf bestehen, sie sollte möglichst weitgehend auf lokale Arbeitskräfte geschützt erfolgen.
- Lässt sich die Bewässerung technisch durchführen? Dazu siehe die folgenden Kapitel.
- Welche Früchte werden wie angebaut ?
Zumindest zu Beginn der Bewässerung sollte man dabei bleiben.
- Ist die Durchführung finanzierbar und lohnt sie sich, d.h. sind die Erträge höher als die Kosten ?

- Welche Institutionen sind vorhanden bzw. müssen aufgebaut werden ?

Die Vereinigung, die später mit der Durchführung des Betriebes betraut ist, sollte schon während des Baues in Aktion treten. Muß eventuell eine Genossenschaft gegründet werden ? Reicht die Gemeinschaftsarbeit für die Erledigung der (Mehr-)Arbeit aus, oder müssen zusätzliche Arbeitskräfte eingestellt werden ?

- Ist auch in der Zukunft mit ausreichender Versorgung mit Wasser, Saatgut, Düngemitteln, Energie etc. zu rechnen ?

Sind diese Fragen geklärt, erfolgt die technische Planung und Ausführung, parallel dazu die Bildung der organisatorischen Struktur und die Errichtung weiterer erforderlicher Bauten (z.B. Speicher, Strassen).

Die Bauarbeiten sollen zügig erfolgen und vor Beginn einer Aussaatperiode beendet sein.

4. NATÜRLICHE GEgebenHEITEN

4.1. Ökologisches Gleichgewicht

In jeder Region der Erde hat sich durch die verschiedenen Umwelteinflüsse im Laufe der Zeit eine charakteristische Vegetation entwickelt, die für das Gedeihen in der entsprechenden Region die besten Voraussetzungen bietet. Die Pflanze hat sich den Umweltbedingungen angepaßt.

In ähnlicher Weise findet man in verschiedenen Regionen unterschiedliche Formen der Landnutzung (Weidewirtschaft, Ackerbau), die ebenfalls durch die speziellen Umweltbedingungen geprägt sind.

Die traditionell entwickelte Landwirtschaft hat sich derart an die NATÜRLICHEN GEgebenHEITEN am Standort ANGEPAßT, daß sie weder durch ungünstige Umwelteinflüsse zerstört werden kann, noch selbst durch tiefreichende Veränderungen der Umwelt ihre eigene Existenzgrundlage zerstört. Sie ist eingegliedert in das natürliche ökologische Gleichgewicht.

- Die Erhaltung des natürlichen Gleichgewichts ist als vorrangige Forderung an einen technischen Eingriff in die Natur, wie ihn eine Bewässerungsanlage darstellt, zu stellen.

BEISPIEL für die Zerstörung des natürlichen Gleichgewichts.

Seit Jahrhunderten wird in mehreren Oasen der Sahara eine Bewässerungslandwirtschaft betrieben, bei der die aus Brunnen geförderte Wassermenge exakt im Gleichgewicht mit der Grundwasserneubildung steht. Das Gleichgewicht ergab sich aus der einfachen Tatsache, daß die begrenzte Kraft (Menschenkraft, Zugtier) nur eine beschränkte Fördermenge zuließ. Nach der Installation von leistungsstärkeren Dieselpumpen in einigen Oasen konnten die Bewässerungsflächen kurzfristig wegen des erhöhten Wasserdargebots erheblich ausgedehnt werden. Im Laufe weniger Jahre fiel der Grundwasserspiegel auf eine Tiefe, aus der eine Förderung nicht mehr wirtschaftlich ist, wobei sich die ausbeutbare Wassermenge ständig verringerte. Auf diesen Oasen verödeten die Ackerflächen, Erosion zerstörte die Bodenkrume und eine Grundwasserneubildung fand nicht mehr statt. Heute sind sie der Wüste zuzurechnen.

Genauere Kenntnisse der natürlichen Gegebenheiten sind am Projektstandort die Grundvoraussetzung bei der Planung eines Bewässerungssystems.

Sie ermöglichen:

- eine Aussage über die Eignung als Bewässerungsgebiet
- bei dem Entwurf des Systems eine optimale Anpassung an die vorliegenden Verhältnisse.

Zur CHARAKTERISIERUNG EINES STANDORTES in Hinblick auf eine landwirtschaftliche Produktion unter Bewässerung zählen Angaben über folgende natürliche Gegebenheiten:

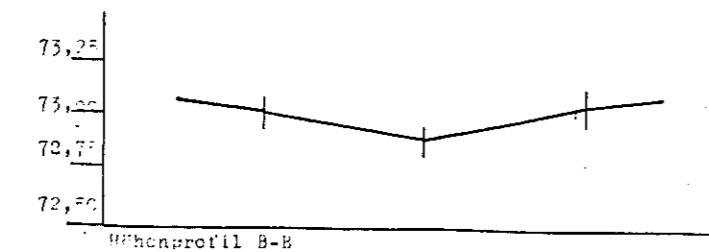
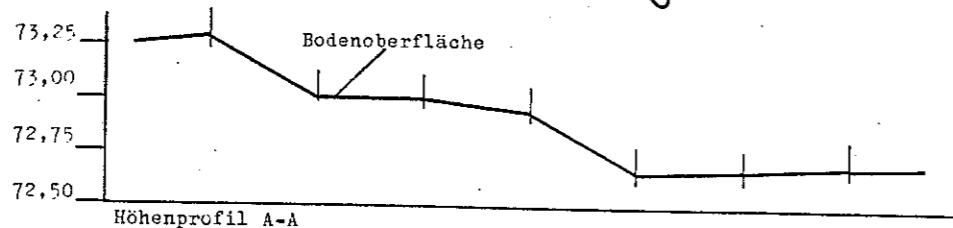
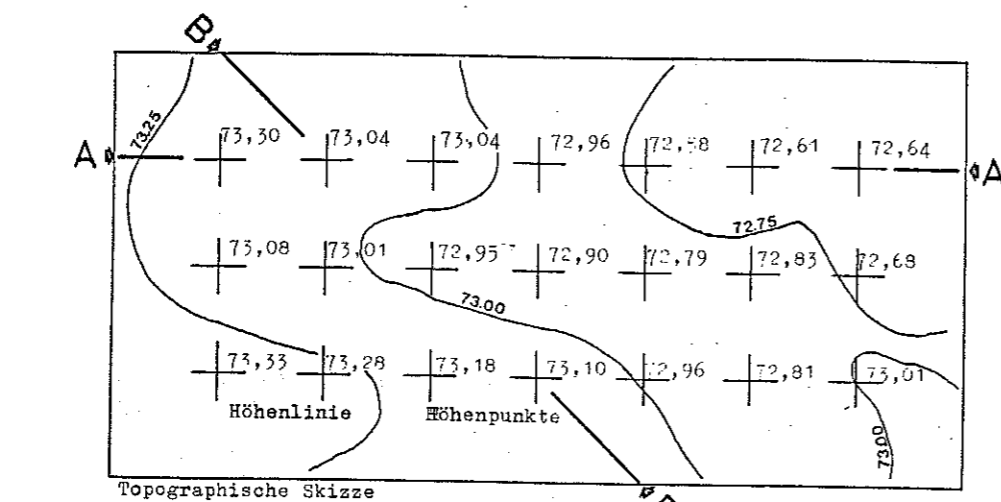
- Topographie

- Klima
- Hydrologie
- Boden
- Vegetation

4.2. Topographie

Unter Topographie versteht man die Beschreibung von Form und Gestalt der Landschaftsoberfläche.

Von dem zukünftigen Bewässerungsgebiet müssen zusätzlich topographische Karten in großem Maßstab mit einem dichten Netz von Höhenpunkten angefertigt werden (Anleitung zur topographischen Geländeaufnahme mit einfachen Geräten siehe Anhang A).



Erstellung von Karte
und Höhenprofilen

Die Höhenpunkte haben regelmäßige Abstände und werden rasterförmig angeordnet. Dadurch lassen sich sehr leicht die Höhenprofile in mehreren Richtungen ablesen.

Die topographische Aufnahme des Geländes ermöglicht eine erste Entscheidung seiner Eignung als Bewässerungsgebiet.

Folgende Aspekte sind zu beurteilen:

- Höhendifferenz: Ist die Wasserzuleitung vom höchsten Punkt aus möglich?
Ist die Wasserableitung am tiefsten Punkt möglich?
Sind Wasserhebeeinrichtungen notwendig?
Welche Höhendifferenz ist zu überwinden?
- Gefälle min, max: Besteht Erosionsgefahr?
Ausreichend für den Wasserfluß?
- Unebenheiten: Sind Erdbewegungen zur Einebnung der Felder erforderlich?
Welche Feldgröße ist ohne Erdbewegungen möglich?

Ein gleichförmiges Gelände mit einem geringen natürlichen Gefälle bietet die besten Voraussetzungen für den Bewässerungsfeldbau.

4.3. Klima

Die klimatischen Verhältnisse in einer Region sind bestimmend für die Auswahl der anzubauenden Pflanzen sowie ihren Wasserbedarf. Reicht der natürliche Niederschlag zur optimalen Versorgung der Pflanzen nicht aus, erfolgt die Bewässerung.

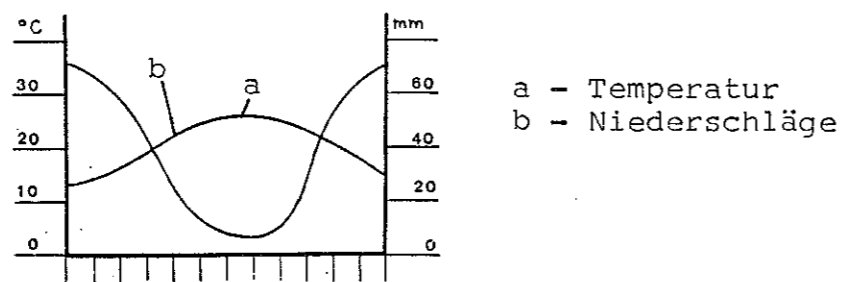
Es müssen möglichst genaue Daten der EINZELNEN Klimafaktoren vorliegen, um die für einen gegebenen Pflanzenbestand erforderliche Bewässerungswassermenge abzuschätzen und zur gegebenen Zeit bereitzustellen.

Die wichtigsten Klimafaktoren sind:

- Niederschlag
Menge (mm/Jahr), Verteilung (mm/Monat), max Intensität (mm/h), Häufigkeit (Anzahl)
- Verdunstung
Menge (mm/Jahr), Verteilung (mm/Monat)
- Temperatur (°C)
Monatsmittelwert $\frac{t_{\max} - t_{\min}}{2}$, Extremwerte

Aus dem Verhältnis dieser Klimadaten ergibt sich die Zuordnung einer Region zu einem der drei Klimaräume:

- arides Klima : potentielle Verdunstung ist höher als die Niederschlagsmenge
- semiarides Klima : potentielle Verdunstung ist meist höher als die Niederschlagsmenge
- humides Klima : potentielle Verdunstung ist geringer als der Niederschlag

Beispiel: Klimadiagramm

In Kleinbewässerungsprojekten ist eine umfassende Datenerhebung und -auswertung wegen des hohen Aufwandes meist nicht möglich.

Wegen der höheren Flexibilität können eventuelle Fehleinschätzungen durch die Bewässerungspraxis korrigiert werden.

Informationen über die klimatischen Verhältnisse können erfragt werden bei:

- Hydrologischen Meßstationen im näheren Umkreis (Plantagen)
- Landwirtschaftsministerium, andere Behörden
- Flughäfen, Seehäfen

Zur Ergänzung dienen eigene Messungen vor und während der Bewässerung:

- Niederschlag: Regenmessgefäß, genormt
- Temperatur: Thermometer
- Verdunstung: Verdunstungspfanne

4.4. Hydrologie

Das Wasserdargebot einer Region kann anhand von hydrologischen Untersuchungen mit Daten ermittelt werden.

Die hydrologischen Verhältnisse einer Region sind durch die Beziehung:

$$A = Z + N - E - V$$

darin bedeuten : A = Oberflächenabfluß

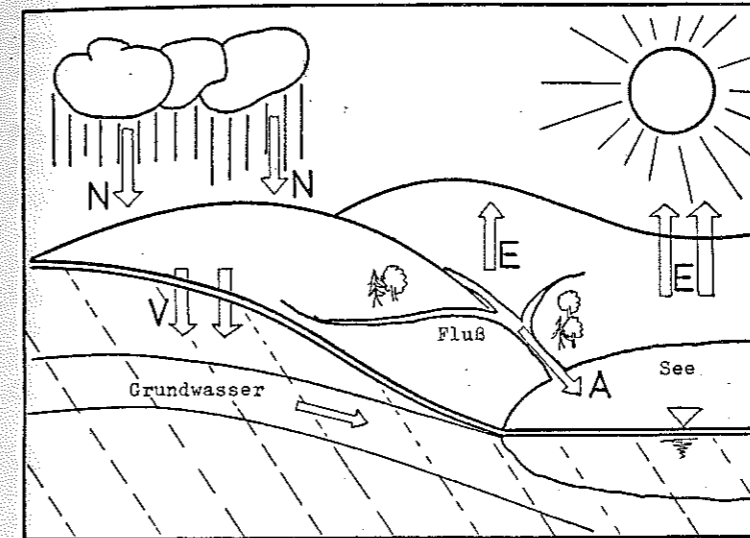
Z = Zufluß von Außen

N = Niederschlag

E = Verdunstung

V = Versickerung

Der oberirdische Abfluß ist (hauptsächlich) von den Klimafaktoren N und E abhängig und unterliegt daher erheblichen Schwankungen besonders BEI KLEINEN EINZUGSGEBIETEN.



Hydrologischer Kreislauf unter humiden Bedingungen

Unter Berücksichtigung der örtlichen Wasserrechte (siehe Kap. 2.2.) wird das Bewässerungswasser oberflächlich abgeleitet, oder aus dem Grundwasser entnommen.

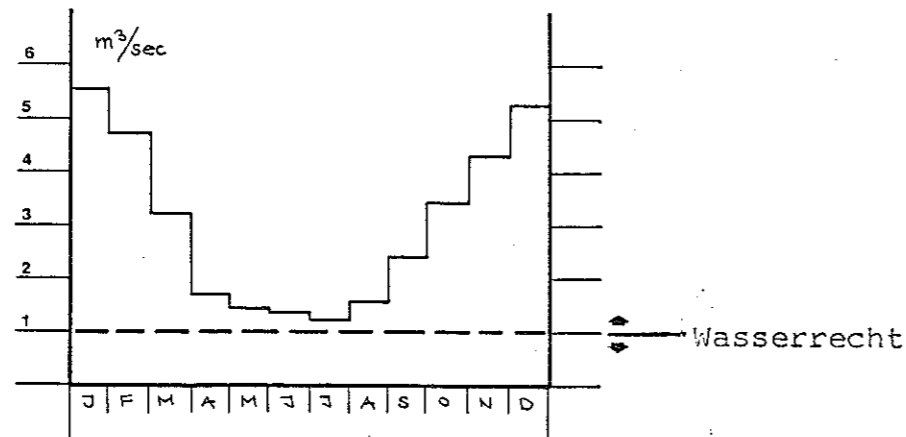
- Entnahme von Oberflächenwasser -

Bei der ENTNAHME AUS NATÜRLICHEN WASSERLÄUFEN (Fluß, Bach, Wadi) muß die Menge und Verteilung der Wasserführung bekannt sein, um die Mindestentnahmemenge zu verschiedenen Zeiten bei der Bewässerungsplanung zu berücksichtigen. Hier lassen nur langjährige Messreihen eine Vorhersage zu.

Die ansässige Bevölkerung kann häufig sehr genaue Angaben über extreme Wasserführung und deren Häufigkeit machen.

Wird eine Entnahme aus einem GRÖßEREN BEWÄSSERUNGSZULEITUNGSKANAL erwogen, dessen Wasserführung den Anschluß einer Kleinbewässerungsanlage erlaubt, so sind vor allem wasserrechtliche Fragen zu lösen. Die Wasserentnahme muß durch langfristige Verträge gesichert sein.

Bei ENTNAHME AUS STEHENDEN GEWÄSSERN ist eine sorgfältige Überprüfung der Wasserqualität erforderlich (Krankheitserreger, Salzgehalt).



ABFLUSSGANGLINIE eines Flusses, gegeben in m³/sec, über ein Jahr

Weiterhin sind Wasserhebeeinrichtungen bei Seen mit schwankendem Wasserspiegel besonders schwer zu installieren.

- Grundwasserentnahme -

Die Grundwasserverhältnisse einer Region sind äußerst schwierig zu erfassen, da eine große Anzahl von Untersuchungen (Bohrungen) zur Erkundung des Untergrundes nötig sind.

Oft läßt sich jedoch an der Konstellation bestehender oder auch ehemaliger Brunnen der ungefähre Verlauf eines unterirdischen Wasserleiters ablesen.

Die Brunnen werden in den Zeiten des tiefsten GRUNDWASSER-Status abgeteuft. Fällt der Brunnenwasserspiegel während der Bewässerungspraxis nicht unter diese Tiefe, dann liegt eine ausreichende Grundwasserneubildung vor.

Von einer nachträglichen weiteren Vertiefung ist abzuraten, da sie zu einer nachhaltigen Grundwasserabsenkung führen kann, die für tiefwurzelnde Pflanzen (Bäume im näheren Umkreis) schädliche Folgen hat.

Beim Bau von mehreren Brunnen muß ein Mindestabstand eingehalten werden, um eine gegenseitige Beeinträchtigung auszuschließen.

Die Grundwasserentnahme muß im Zusammenhang mit den Förderungseinrichtungen gesehen werden, da häufig der hohe Aufwand an Energie die Förderung enger begrenzt als die Brunnenkapazität.

4.5. Wasserqualität

Für Bewässerungszwecke müssen die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers überprüft werden.

Physikalische Eigenschaften:

Schwebstoffgehalt (Bodenteilchen im Wasser)
Schwebstoffhaltiges Wasser kann für Kleinbewässerungsanlagen (offene Kanäle) ohne weitere Vorbehandlung verwendet werden.

Positive Auswirkungen

Ablagerung im Kanal schränkt die Versickerung ein.
Ablagerung auf dem Feld erhöht die Fruchtbarkeit.

Negative Auswirkungen:

Verschlämmung des Bodens (kann durch gezielte Bodenbearbeitung verhindert werden).
Zu hohe, ungleichmäßige Ablagerung im Kanal verschlechtert die Fließeigenschaften.

Chemische Eigenschaften:

Die Überprüfung des Bewässerungswassers auf seinen Gehalt an schädlichen Salzen ist auch für die Kleinbewässerungsanlagen unerlässlich.
Salzhaltiges Wasser behindert das Pflanzenwachstum, da die Wasseraufnahme erschwert wird und führt zu Ertragseinbußen. Die Behinderung der Wasseraufnahme durch geringe Salzmen- gen kann teilweise durch überhöhte Bewässerungsmengen kompensiert werden. Hohe Salzkonzentrationen im Wasser haben jedoch eine toxische Wirkung auf die Pflanzen und zerstören gleichzeitig das Bodengefüge (Struktur).

Verschiedene Pflanzen zeigen sich unterschiedlich tolerant gegenüber der Bewässerung mit salzhaltigem Wasser.

Der Salzgehalt des Wassers wird meist über seine elektrische Leitfähigkeit bestimmt, die im Feld überprüft werden kann.

BEURTEILUNG DES BEWÄSSERUNGSWASSERS				
Wasser- qualität	geeignete Pflanzen	Leitfähigkeit Micromhos/cm	Feststoffgehalt mg/l	Bor ppm
gut	alle Pflanzen	50-500	0-600	0-0,5
mittel	schädlich für empfindliche Pflanzen	500-2200	600-2000	0,5-2
schlecht bis unbrauch- bar	schädlich für die meisten Pflanzen	2200	2000	2

Quelle: /9/

Eine genaue Beurteilung der Pflanzengefährdung kann jedoch nur durch die Analyse der Salzzusammensetzung abgegeben werden, die im chemischen Labor durchgeführt wird. Hierbei kommt es auf die relative Proportion der einzelnen Elemente an: Na, Ca, Hg, B.

Der Salzgehalt des Wassers ist ab 2000 Micromhos schmeckbar.

4.6. Der Boden

Da die Kleinbewässerung nur auf bisher landwirtschaftlich genutzten Flächen angewendet werden soll, kann die potentielle Fruchtbarkeit vorausgesetzt werden. Diese Böden sind i.a. auch für Bewässerung geeignet. Die spezielle Zusammensetzung des Bodens (Bodenart und Gefüge) muß bei der Bewässerung berücksichtigt werden, um eine optimale Pflanzenversorgung zu erreichen.

- Bodenbildung -

Boden bildet sich aus dem langsamen Zerfall des FESTEN GESTEINS (Verwitterung) in seine feinsten Bestandteile. Je nach den vorliegenden Verhältnissen entstehen dabei unterschiedliche Böden:

Vertisols : Böden, die direkt über dem Ausgangsgestein liegen. Eine Bodenschicht über dem Gestein erschwert die weitere Verwitterung, d.h. der Boden hat eine geringe Tiefe (Mächtigkeit).

Überprüfung der Bodentiefe (ausreichend für Kulturpflanzen).
Überprüfung des Untergrundes (festes Gestein? brüchiges Gestein?).

Colluvialböden : Verwittertes Material wurde vom Hang durch Regen abgewaschen und im Tal abgelagert.

Alluvialböden : Durch Ströme und Flüsse wurde das Bodenmaterial weitertransportiert und an anderer Stelle abgelagert.

Co- und Alluvialböden sind meist sehr fruchtbar. Entsprechend ihrer Entstehung weisen sie eine unterschiedliche Schichtung auf (Horizonte).

Untersuchung des Schichtaufbaus
Messung des Grundwasserstandes
Überprüfung der unterirdischen Entwässerungen (grobsandige, kiesige Schicht in mäßiger Tiefe?).

Daneben existieren weitere und genauere Bodenklassifizierungssysteme.

- Bodenzusammensetzung -

Der Boden unter dem Aspekt der Pflanzenproduktion ist eine komplexe Masse aus festem Material und Hohlräumen. Die oben beschriebenen Bodenpartikel stellen den Hauptanteil, die mineralische Substanz dar. In unterschiedlicher Menge liegt zusätzlich ein Anteil organischer Substanz (Humus) vor. Die Hohlräume sind teils mit Wasser gefüllt und ermöglichen gleichzeitig eine Durchlüftung des Bodens.

optimale Verhältnisse: -50% Festsubstanz mit einem Verhältnis
$$\frac{\text{mineralische S.}}{\text{organische S.}} = \frac{10}{1}$$

-50% Hohlraum (Poren), die Hälfte davon mit Wasser gefüllt.

Organische Substanz verbessert die Bodeneigenschaften (Lockerung) und erhöht die potentielle Fruchtbarkeit.

An der Farbe des Boden kann man den Humusgehalt ablesen:
Je dunkler der Boden, desto höher ist der Gehalt an organischer Substanz.

- Bodenart -

Für die Wasserbewegung und somit für die Bewässerungseignung eines Bodens ist die Feststellung seiner Textur und Struktur von primärer Bedeutung.

Durch eine mechanische Analyse wird das Vorkommen verschiedener Korngrößen und deren prozentualer Anteil an der Gesamtmasse des Bodens festgestellt. Die Analyse kann auf dem Feld anhand der Fingerprobemethode erfolgen (siehe Anhang C). Dabei werden folgende GRÖSSENDEFINITIONEN zugrunde gelegt:

Kies	> 2,0 mm
Grobsand	2,0 - 0,2 mm
Feinsand	0,2 - 0,02 mm
Schluff	0,02 - 0,002 mm

Aus den relativen Proportionen der Bodenteilchen verschiedener Größengruppen ergibt sich folgende Bodenklassifikation:

- sandige Böden - 60 % oder mehr Sand - leichter Boden
- Lehm Böden - wenig Sand und mehr als 30 % Ton - mittlerer Boden
- Tonböden - mehr als 30 % Ton, weniger als 50 % Sand - schwerer Boden

Der Übergang zwischen den Klassen ist fließend und wird durch Kombinationen (sandiger Lehm, schluffiger Ton) ausgefüllt.