

## Unterflurbewässerung auf einem ostafrikanischen Podsolboden

### Subirrigation on an East African podsolic soil

Von Dieter Waffenschmidt\*)

#### 1. Einleitung

Neben den gebräuchlichen Bewässerungsverfahren der Überstauung, Rieselung und Beregnung nimmt die Unterflurbewässerung eine Sonderstellung ein. Nach den bisherigen Erfahrungen scheint ihre Anwendung vor allem bei intensiv genutzten kleineren Flächen landwirtschaftlicher Betriebe sowie im Obst- und Gartenbau geeignet zu sein.

Bei der Unterflurbewässerung werden zur Bodenanfeuchtung Flüssigkeiten in ein unterirdisches Netz von Rohren eingeleitet, die den Wasseraustritt gestatten (1). Gegenüber den Verfahren der Überflurbewässerung wird dabei die Gare der oberen Bodenschicht geschont. Die Bodenkrume verschlämmt und verkrustet nicht. Die Wasseranreicherung in der Hauptwurzelzone der Pflanzen bewirkt erheblich geringere Verdunstungsverluste, womit eine Einsparung von Bewässerungswasser verbunden ist.

Diesen Vorteilen der Unterflurbewässerung stehen jedoch oft hohe Anlagekosten und Grenzen ihrer Anwendung gegenüber. Von großer Bedeutung ist das Verhalten des Bewässerungswassers im Boden. So hat die Bodenbeschaffenheit den wesentlichsten Einfluß auf die Bewegung und Verteilung des Bewässerungswassers und der damit verbundenen Sickerverluste. Die Wirtschaftlichkeit einer Unterflurbewässerung hängt sehr davon ab, ob die unproduktive Versickerung durch eine vorhandene undurchlässige Bodenschicht oder eine zu verlegende Kunststoffolie verhindert wird.

Im Hinblick auf die Wasserersparnis ist die Unterflurbewässerung von besonderem Interesse für den Bewässerungslandbau in Wassermangel-

---

\*) Dieter Waffenschmidt, Ing. (grad.) für Wasserwirtschaft, Ing. agr. trop., bis 1972 Mitarbeiter der Deutschen Förderungsgesellschaft für Entwicklungsländer (GAWI).

*Anschrift:* 6497 Steinau 2, Weinbergstr. 10.

gebieten. Sie wurde daher neben den Verfahren der Überflurbewässerung auf einem sandigen Podsolboden der landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Kilombero Agricultural Training and Research Institute (KATRIN) in Ifakara/Tanzania angewendet. Dieses Institut, ein Projekt der deutschen Technischen Hilfe, leistet die erforderlichen Vorarbeiten in der Land- und Bewässerungswirtschaft für die Erschließung des Kilomberotales im südlichen Tanzania (3).

## 2. Standortverhältnisse

### 2.1. Klima

Klimatisch liegt das Kilomberotal in der Übergangszone vom äquatorialen Klimagebiet zum tropischen Sommerregengebiet (5). Der durchschnittliche Jahresniederschlag von 1400 mm fällt in den Monaten November bis Mai mit zwei Regenspitzen im Januar und April. Von Juni bis Oktober herrscht Trockenzeit. Bei einer mittleren Jahrestemperatur von 26° C findet eine hohe Verdunstung statt, die zu einem klimatischen Wasserdefizit während des größten Teiles des Jahres führt.

In Tabelle 1 sind die während der Unterflurbewässerung an der Versuchsanstalt in Ifakara gemessenen Klimawerte zusammengestellt.

### 2.2. Boden

Die jährlichen Überschwemmungen während der Regenzeit und die damit verbundenen Geschiebeablagerungen haben im Kilomberotal stark wech-

Tabelle 1. Mittlere Klimawerte während der Unterflurbewässerung von Mai—Oktober 1971

	Luft °C	Temperatur Bodentiefe (cm)				Rel. Luft- feuchte %	Nieder- schlag mm	Verdunstung	
		50 °C	20 °C	10 °C	5 °C			Class A mm	Penman (E <sub>0</sub> ) mm
Mai	24,4	27,5	27,0	27,9	29,6	77,1	101,7	97,2	125,9
Juni	22,2	26,8	26,5	27,6	28,3	72,6	6,1	93,0	114,3
Juli	22,6	25,7	26,1	28,2	29,7	71,4	2,8	75,1	106,6
August	23,1	26,3	26,3	30,2	31,9	71,1	0,0	114,8	149,7
September	24,9	27,8	28,2	29,8	33,4	70,3	0,1	132,0	153,3
Oktober	26,1	29,1	29,5	31,7	34,8	66,6	4,9	179,6	167,0

selnde Bodenverhältnisse geschaffen. Alluviale Tone, Lehme und Sande bilden die Tahlsole. Das zum Randgebirge ansteigende Gelände besteht aus Gneis-Verwitterungsböden.

Bei dem zur Unterflurbewässerung verwendeten sandigen Podsolboden handelt es sich um einen bleichgrauen Verwitterungsboden der granitischen Gneissedimente (2). Sein Profil besteht bis zu einer Tiefe von 80 cm aus hellgrauem Bleichsand, der in den oberen 30 cm einen geringen Humusgehalt mit schwacher Durchwurzelung aufweist. Die Kornverteilung in diesem Profilschnitt zeigt Abb. 1.

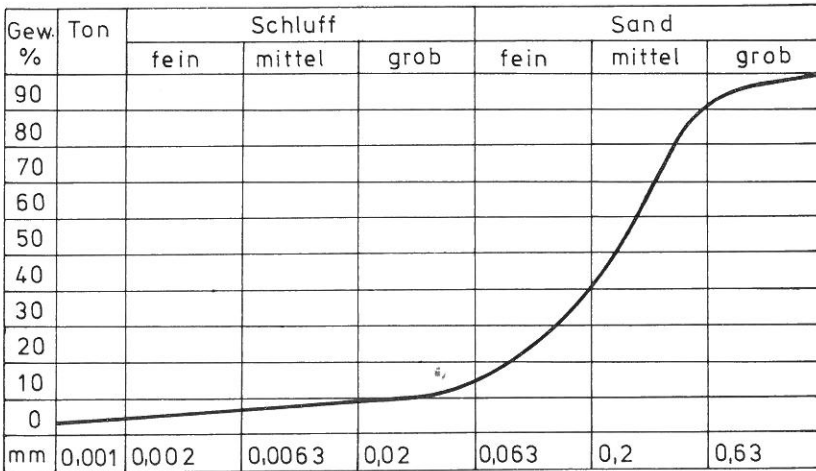


Abb. 1. Kornverteilungskurve des Podsolbodens.

In einer Profiltiefe von 80 cm beginnt ein Horizont aus verfestigten Eisen-Mangankonkretionen, der eine Versickerung des Wassers erschwert. Das Vorhandensein dieser Bodenverdichtung gab den Anlaß dazu, die Möglichkeit einer Unterflurbewässerung zu untersuchen.

### 2.3. Natürliche Vegetation

Der Pflanzenbewuchs der Gneis-Verwitterungsböden besteht aus Busch- und Baumsavanne. Auf reinen Sandböden findet man eine lichte Vegetation, die hauptsächlich von Horstgräsern gebildet wird.

## 3. Bewässerungsversuch

Entsprechend der Aufgabenstellung und Arbeitsweise der Versuchsanstalt in Ifakara wurde die Unterflurbewässerung als Feldversuch in der Trok-

kenzeit 1971 durchgeführt. Dieser Bewässerungsversuch sollte über die Eignung des sandigen Podsolbodens für die Unterflurbewässerung und den Wasserbedarf bei diesem Bewässerungsverfahren Aufschluß geben.

### 3.1. Versuchsanlage

Auf dem Gelände der Versuchsanstalt befindet sich das Vorkommen des sandigen Podsolbodens in einem Gebiet, dessen Versorgung mit Bewässerungswasser sehr kostenaufwendig ist. Die Versuchsparzelle für die Unterflurbewässerung wurde daher am Rande einer schon bestehenden Bewässerungsanlage eingerichtet.

Auf einer Fläche von  $30 \times 6 \text{ m} = 180 \text{ m}^2$  wurde der vorhandene Lehm- boden bis auf 80 cm Tiefe ausgegraben und abgefahren. Zur Vermeidung von Versickerungsverlusten und dem Zulauf von Fremdwasser wurden die Sohle und Seiten der Grube mit einer PE-Folie abgedichtet und darauf als Wasserzuleiter ein perforiertes PE-Rohr,  $\phi$  50 mm, horizontal verlegt. Als Ein- und Auslauf der Rohrleitung diente ein kleines Schachtbauwerk mit Absperrschieber zur Regulierung der Wassermenge. Die offene Grube wurde mit sandigem Podsolboden im gleichen Profilaufbau der natürlichen Lagerung verfüllt. Die gesamten Bauarbeiten waren im November 1970 abgeschlossen, und das Bodenmaterial konnte sich während der Regenzeit ausreichend setzen. Abbildung 2 zeigt die Versuchsanlage in Lageplan und Querschnitt.

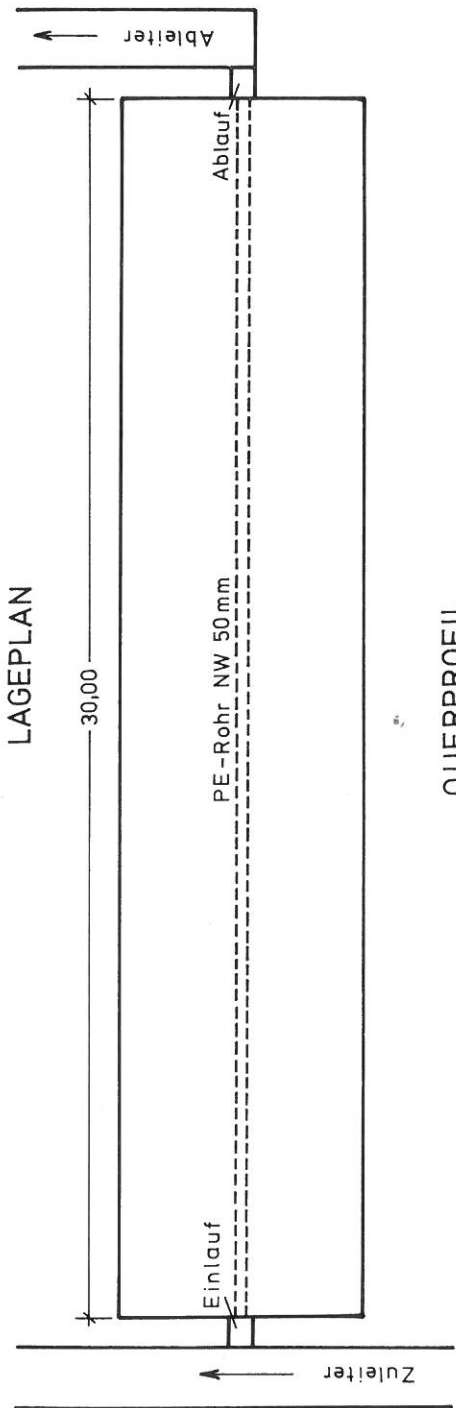
### 3.2. Bewässerungsablauf

Mit den Vorbereitungen des Bewässerungsversuches begann man im Mai 1971. Die Bewässerungsparzelle wurde in 20 Teilparzellen mit je  $3 \times 3 \text{ m} = 9 \text{ m}^2$  Größe aufgeteilt und 10 Kulturen in zweifacher Wiederholung angebaut.

Mit der Bewässerung wurde erst am 12. 6. 1971 begonnen, da in der zweiten Maihälfte noch 60 mm Niederschlag fielen. Von diesem Zeitpunkt an wurde wöchentlich eine Bewässerungsgabe von 25 mm bei einer Zulaufmenge bis zu 0,5 l/s verabreicht.

Während der Zuführung des Bewässerungswassers, die möglichst ohne Druck erfolgte, bildete sich über der Folie ein geringer künstlicher Grundwasserspiegel. Vor und nach jeder Bewässerungsgabe wurde die Bodenfeuchte in 0—70 cm Tiefe und seitlich von Zuleitungsrohr in Abständen von 1,2 und 3 m gemessen. Der mittlere Bodenfeuchteverlauf in 0—50 cm Tiefe während der Monate Juni—Oktober 1971 ist in Abb. 3 graphisch dargestellt.

Neben der Bodenfeuchte wurde auch die Bodentemperatur in 5, 10, 20 und 50 cm Tiefe fortlaufend gemessen, deren Mittelwerte in Tabelle 1 enthalten sind. Die Temperatur innerhalb der obersten 10 cm wies starke Schwankungen auf, in 20—50 cm Tiefe herrschte ein ausgeglicheneres Wärmeniveau.



QUERPROFIL

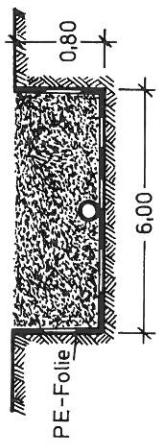


Abb. 2. Lageplan und Querprofil der Unterflurbewässerungsanlage.

### 3.3. Versuchspflanzen

Auf der Bewässerungsfläche wurden Mitte Mai 1971 Tomaten, Gurken, Melonen, Möhren, Futterrüben, Buschbohnen, Sojabohnen, Lupinen und Luzerne ausgesät. Das Auspflanzen von Weißkohl erfolgte Mitte Juni.

Von den angebauten Kulturen zeigten Tomaten, Gurken, Melonen und Buschbohnen den besten Wuchs und lieferten zufriedenstellende Erträge. Alle übrigen Kulturen wurden leider durch Pflanzenschädlinge stark in Mitleidenschaft gezogen, so daß eine Beurteilung nicht möglich ist.

## Vor der Bewässerungsgabe

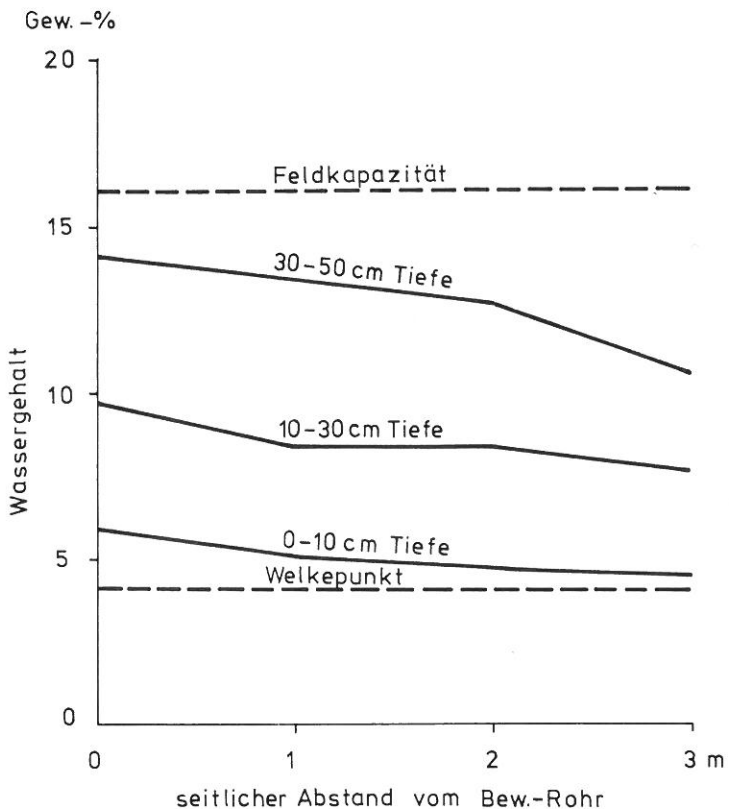


Abb. 3. Bodenfeuchteverlauf vor und nach der Bewässerungsgabe im Unterflurbewässerungsversuch.

Siehe nebenstehende Seite.

#### 4. Diskussion der Versuchsergebnisse

Aus den vorliegenden Versuchsergebnissen lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

Eine Verlegungstiefe der Rohrleitung von 80 cm und ein Rohrleitungsabstand von 6 m ist bei der Unterflurbewässerung auf dem beschriebenen sandigen Podsolboden unter den gegebenen Klimaverhältnissen als die maximale Grenze anzusehen. Eine Bewässerungsgabe von 25 mm/Woche wird zum Auflaufen der Saat bzw. Anwachsen der Jungpflanzen nicht ausreichen, da eine wirksame Bodenfeuchte erst in 10–20 cm Tiefe er-

#### Nach der Bewässerungsgabe

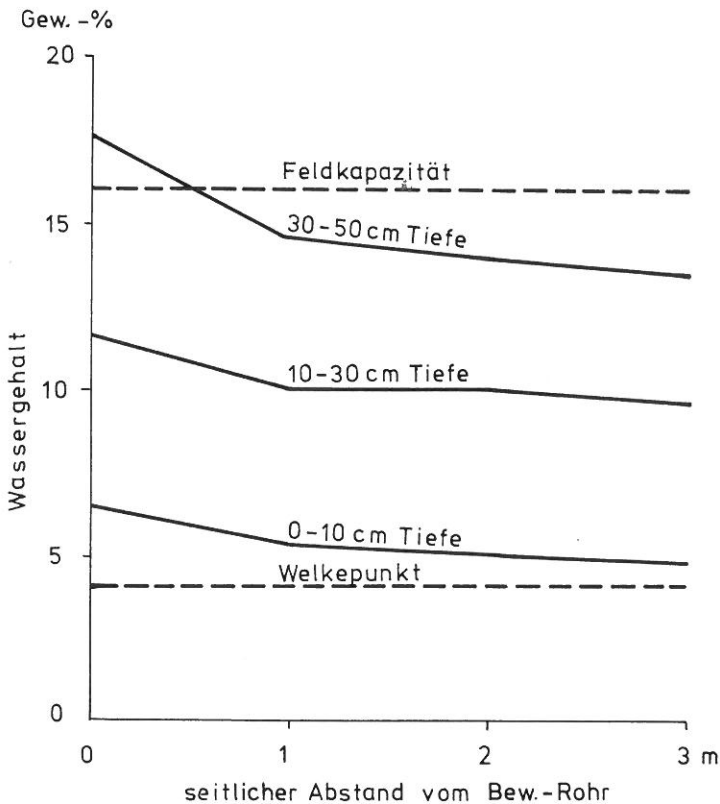


Abb. 3. Siehe nebenstehende Seite.

reicht wird. Die Bewässerungsfläche muß deshalb schon zum Ende der Regenzeit bestellt werden.

Es sei dahingestellt, ob die während der gesamten Versuchsdauer verabreichte Bewässerungsmenge von 25 mm/Woche als optimal gilt. Sicher kann sie am Anfang der Trockenzeit verringert werden. Zum Ende der Trockenzeit bedeutet sie jedoch eine Wasserersparnis von 50 % gegenüber dem Anbau von Gemüse mit Überflurbewässerung (4). Eine geringere Bewässerungsgabe wird erforderlich sein, wenn das Zuleitungsrohr flacher unter der Bodenoberfläche liegt. Im vorliegenden Fall wurde die Verlegungstiefe der Rohrleitung von der natürlichen Lage der Bodenverdichtung bestimmt.

Die kurze Laufzeit des Bewässerungsversuches rechtfertigt noch nicht, Kosten- und Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchzuführen. Ferner müssen dazu die Untersuchungen auf dem Standort selbst wiederholt werden, um die Höhe der Versickerungsverluste bei der im Untergrund vorhandenen Bodenverdichtung zu bestimmen.

Die bisherige landwirtschaftliche Produktion auf dem sandigen Podsolboden im Rahmen des Arbeitsprogrammes der Versuchsstation in Ifakara hat gezeigt, daß dieser Boden durch Humusabbau degradiert wurde und trotz Mineraldüngung eine Nährstoffverarmung eingetreten ist (6). Hier bietet sich auch zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit die Unterflurbewässerung an. Wenn der Produktionsfaktor Wasser ganzjährig zur Verfügung steht, könnte eine geordnete Fruchtfolge die regelmäßige Zufuhr organischer Substanz gewährleisten. Auch besteht die Möglichkeit, den Mineraldünger im Bewässerungswasser zu lösen und ihn damit direkt in die Hauptwurzelzone einzubringen.

Die ersten Ergebnisse des Feldversuches haben gezeigt, daß die Anwendung der Unterflurbewässerung auf den sandigen Podsolböden im südlichen Tanzania durchaus interessant ist. Die Beobachtungen und Untersuchungen mit diesem Bewässerungsverfahren sollten daher fortgesetzt werden, da eine Weiterentwicklung der Unterflurbewässerung besonders für landwirtschaftliche Trockengebiete von großer Bedeutung ist.

## 5. Zusammenfassung

Im Kilomberotal im südlichen Tanzania befinden sich größere Flächen sandiger Podsolböden mit einem verfestigten Horizont im Untergrund. An der landwirtschaftlichen Versuchsstation KATRIN in Ifakara wurde in der Trockenzeit 1971 (Juni—Oktober) auf diesem Boden ein Feldversuch mit der Unterflurbewässerung durchgeführt. Die Bodenverdichtung wurde zunächst durch eine Kunststoffolie ersetzt. Es konnten folgende Feststellungen getroffen werden:

- Die Zuführungsleitung kann maximal in einer Tiefe von 80 cm und in einem Abstand von 6 m verlegt werden.



- Mit einer Bewässerungsgabe von 25 mm/Woche wird eine wirksame Bodenfeuchte ab 10—20 cm Tiefe erreicht.
- Unter der Voraussetzung, daß die Aussat bzw. Auspflanzung mit dem Ende der Regenzeit erfolgt, ist ein wirtschaftlicher Anbau von Gemüse (Tomaten, Gurken, Melonen, Bohnen) möglich, zumal bis zu 50 % Bewässerungswasser gegenüber der Überflurbewässerung eingespart wird.

## Summary

Large areas of a podsollic pale sand soil with a hard pan in the underground are situated in the Kilombero river valley in the southern part of Tanzania. At the agricultural research station KATRIN in Ifakara a field test of subirrigation has been carried out on this soil in the dry-season (June—October) 1971. The hard pan was replaced by a plastic foil. The following conclusions can be drawn from the results:

- The supply pipeline can be laid in a depth of max. 80 cm with a distance of max. 6 m.
- With an irrigation rate of 25 mm per week an efficient soil moisture from a depth of 10—20 cm is obtained.
- Under the supposition of sowing at the end of rain-season an economical cultivation of vegetable (tomatos, cucumber, melons and beans) is possible, especially for water economy up to 50 % to the surface irrigation.

## Literaturverzeichnis

1. DIN 19 655, 1962: Bewässerung — Richtlinien. — Deutscher Normenausschuß.
2. RICHTSCHEID, P., 1965: Die Böden des Kilombero Agricultural Research Institute in Ifakara/Tanzania. — Int. Ber. KATRIN, Tanzania.
3. WAFFENSCHMIDT, D., 1970: Wasserwirtschaftliche Erschließung des Kilomberotales in Tanzania. — Wasser und Boden 8, 231—234.
4. WAFFENSCHMIDT, D., 1972: Agrarhydrologische Untersuchungen für ein Bewässerungsvorhaben im südlichen Tanzania. — Wasser und Boden 3, 76—79.
5. WALTER, H., 1958: Klimadiagramm — Karte von Afrika. — Deutsche Afrika-Gesellschaft, Bonn.
6. WILMS, W., 1970: First Investigations of Nutrient Availability of a Podsollic Sand at KATRIN compared with Rice Analysis. — Ann. Res. Conf. KATRIN, Tanzania.
7. YOUSSEFI, G., 1967: Versuche zur Weiterentwicklung der Unterflurbewässerung. — Landw. Dissert. Gießen.