

Technische Aspekte der Mechanisierung in der Bewässerungslandwirtschaft – eine Betrachtung aus kulturtechnischer Sicht

Technical aspects of mechanisation in irrigated agriculture – a field engineers view

Von Peter Wolff*

1. Einführung

Die Mechanisierung in der Feldwirtschaft hat generell zum Ziel, die im Feld anfallenden Arbeiten schneller, zeitgerechter, rationeller und besser durchzuführen, als dies mit den traditionellen, einfachen Arbeitsverfahren möglich ist. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen bestimmte Voraussetzungen gegeben sein oder geschaffen werden. Hierzu gehören der problemlose Feldzugang, ausreichende Parzellengrößen, Mindestfeldlängen, rechtwinkelige Parzellenformen, sowie ein Bodenzustand, der eine leichte, schadfreie Befahrbarkeit der Felder und eine gute Bearbeitbarkeit des Bodens zuläßt. Diese, aus der Mechanisierung sich ergebenden Anforderungen an die Gestaltung der Feldflur und den Bodenzustand, stehen in direkter Beziehung zum Be- und Entwässerungssystem und stellen die Kulturtechnik in den Bewässerungsgebieten der semiariden Gebiete, insbesondere in den Ländern der Dritten Welt z.T. vor völlig neue Aufgaben. In der nachfolgenden Arbeit soll versucht werden, einmal aufzuzeigen, inwieweit es möglich erscheint, die Anforderungen des mechanisierten Bewässerungsbetriebes in Einklang zu bringen mit den Erfordernissen der Bewässerungstechnik.

2. Anforderungen des mechanisierten Bewässerungsbetriebes an die Flurgestaltung, den Bodenzustand und das Bewässerungssystem

Bei den nachfolgenden Überlegungen wird davon ausgegangen, daß zur problemlosen Mechanisierung der Feldwirtschaft in Bewässerungsgebieten die nachfolgenden Anforderungen erfüllt sein müssen (5).

* Professor Dr. Peter Wolff, Hochschullehrer für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft an der Gesamthochschule Kassel, Fachbereich Internationale Agrarwirtschaft in Witzenhausen.
Anschrift: Steinstraße 19, D-3430 Witzenhausen 1

2.1 Anforderungen an die Flurgestaltung

2.11 Ungehindertes Feldzugang

Jede Parzelle (oder Schlag) soll zweiseitig, am besten miteinander gegenüberliegenden Seiten an das Wegenetz angeschlossen sein. Das Wegenetz selbst soll so ausgestattet sein, daß relativ schnell gefahren werden kann und daß die optimale Nutzlastmenge pro Fahrt zu transportieren ist.

2.12 Günstige Gestalt der Parzellen

Die Gestalt der Einzelparzelle ist abhängig von der Parzellengröße, der Parzellenform und der Parzellenlänge. Im Hinblick auf eine rationelle Durchführung der Feldarbeiten mit Maschinen, sollten die Parzellen so groß bemessen sein, daß genügend Arbeit zur Ausführung eines Halbtages vorhanden ist. Unter Beachtung der erforderlichen Wege- und Rüstzeiten sind dies ca. 3,5 bis 4 Stunden effektive Arbeitszeit auf dem Feld pro Halbtage. Hinsichtlich der Parzellenform wird in vielerlei Hinsicht die Quadratform als die Idealform angesehen. Da diese in kleineren und mittleren Betrieben kaum realisierbar ist, wenn möglichst große Parzellenlängen angestrebt werden, sind rechteckförmige Parzellen mit einem Längen-Breitenverhältnis von etwa 2 : 1 noch durchaus als akzeptabel anzusehen.

Zur Einschränkung der unproduktiven Wendezeiten werden möglichst große Parzellenlängen angestrebt. Auch hier ergeben sich zwangsläufig Begrenzungen durch die Betriebs- und Einzelparzellengröße. 300 m werden heute allgemein jedoch noch als günstige Parzellenlängen angesehen.

2.2 Anforderungen an den Bodenzustand

Voraussetzung für den Einsatz von Schleppern und den entsprechenden Geräten ist, daß das Fahren auf dem Feld möglich ist und der durch die Spuren verursachte Schaden sich in Grenzen hält.

Im Hinblick auf die Bearbeitbarkeit sollen die Voraussetzungen gegeben sein, daß der Boden nach jeder Bewässerung möglichst schnell wieder einen Feuchtigkeitszustand erreicht, bei dem der Zusammenhalt des einzelnen Krümelaggregats noch gegeben ist, größere Aggregatkomplexe aber nur noch locker aneinanderhaften und somit bei der Bearbeitung auseinanderfallen.

Über die oben erläuterten Anforderungen hinaus, werden seitens der Bewässerungslandwirtschaft ganz bestimmte Anforderungen an das Bewässerungssystem gestellt. Diese seien nachfolgend kurz erläutert.

2.3 Anforderungen an das Bewässerungssystem

Unter dem Begriff Bewässerungssystem sollen hier, in Anlehnung an Rosegger (7), alle zum Betrieb der Bewässerung erforderlichen Anlagenteile, sowohl für die Wasserbereitstellung als auch für die Wasserverteilung auf dem Feld verstanden werden. An ein solches System werden seitens der Bewässerungslandwirtschaft u.a. die nachfolgenden Anforderungen gestellt.

2.31 Wasserbereitstellung

Das Bewässerungssystem soll in der Lage sein, jedem einzelnen angeschlossenen Feldstück Wasser in ausreichender Menge, zum richtigen Zeitpunkt und in den erforderlichen zeitlichen Abständen bereitzustellen.

2.32 Wasserverteilung auf dem Feld

Auf der Bewässerungsfläche soll das bereitgestellte Wasser gleichmäßig zur Verteilung kommen, d.h. an allen Stellen der Fläche soll eine möglichst gleich große Wassermenge infiltrieren können. Dabei soll es zu keinen nachteiligen Auswirkungen auf den Boden kommen.

2.33 Wirkungsgrad des Bewässerungssystems

Die Bereitstellung und Verteilung des Bewässerungswassers soll so effizient wie nur möglich erfolgen, d.h. die Wasserverluste sollen sich auf das unvermeidbare Minimum beschränken.

2.4 Anforderungen hinsichtlich der Entwässerung

Jedes Bewässerungssystem soll mit Entwässerungseinrichtungen ausgestattet sein, so daß unvermeidbares Überschußwasser schnell und problemlos abgeführt werden kann und es nicht zu einer schädlichen Bodenvernässung und -versalzung kommt. Darüber hinaus soll das Entwässerungssystem gewährleisten, daß nach jeder Bewässerungsgabe möglichst schnell wieder die Befahrbarkeit der Bewässerungsfläche gegeben ist. Dort, wo eine hohe Effizienz der Wassernutzung angestrebt wird, fordert man in zunehmendem Maße auch Einrichtungen, die eine Verwendung des Entwässerungswassers für Bewässerungszwecke ermöglichen, sofern dies von der Wasserqualität her möglich ist.

2.5 Kosten

Die Kosten für die Einrichtung, den Betrieb und die Unterhaltung des Be- und Entwässerungssystems müssen in Einklang stehen mit den finanziellen Möglichkeiten der einzelnen Bewässerungsbetriebe.

3. Kulturtechnische Probleme im Hinblick auf die Mechanisierung der Feldwirtschaft in Bewässerungsgebieten

Vergleicht man die oben aufgeführten Forderungen mit den tatsächlichen Verhältnissen in den Bewässerungsgebieten der semiariden Klimazonen, insbesondere in den Ländern der Dritten Welt, so muß man bis auf wenige Ausnahmen feststellen, daß sie zum gegenwärtigen Zeitpunkt so gut wie nicht erfüllbar sind. Diesen, für die erfolgreiche Mechanisierung unabdingbaren Forderungen stehen u.a. die nachfolgenden Probleme entgegen:

- fehlende Befestigung der Hauptwirtschaftswege, oft auch der Zufahrtstraßen zu den Dörfern oder Einzelgehöften;
- unzureichender oder fehlender Anschluß der einzelnen Flurstücke an das Wegenetz;
- geringe Parzellengröße;
- Aufsplitterung der einzelnen Flurstücke in Miniparzellen durch das vorherrschende Beckenbewässerungssystem;
- ungleichmäßige Parzellenform;
- fehlender oder unzureichender Anschluß der Einzelparzelle an das Zuleiternetz;
- unzureichende Planierung der Bewässerungsflächen;

- fehlender Anschluß an das Entwässerungsnetz;
- keine oder unzureichende Entwässerungsmöglichkeiten der einzelnen Parzellen;
- unzureichendes Farmwassermanagement mit eindeutiger Tendenz zur Überbewässerung;
- völlig unzureichende Unterhaltung der Be- und Entwässerungseinrichtungen.

Aus dieser Aufzählung ergibt sich, daß eine Fülle von Faktoren einer Veränderung bedürfen, um in den Bewässerungsgebieten der semiariden Klimazonen einen wirkungsvollen Maschineneinsatz zu ermöglichen. Neben den ökonomischen und sozialen Faktoren, die damit verbunden sind, stellt sich die Frage, ob die oben kurz aufgezeigten Probleme aus kulturtechnischer Sicht lösbar sind und welche Lösungsmöglichkeiten sich anbieten. Greifen wir zunächst aus der Vielzahl der Probleme einmal das Problem der Form und Länge der Feldstücke heraus.

3.1 Beispiel: Form und Länge der Feldstücke

Bei der Betrachtung dieses Problems muß man sich zunächst klar darüber sein, daß der weitaus größte Teil der Bewässerungsgebiete in den semiariden Klimazonen der Erde mit Oberflächenbewässerungssystemen ausgestattet ist und mit Sicherheit in absehbarer Zukunft auch bleiben wird. Eine Umstellung auf Beregnung oder gar Tropfbewässerung ist großflächig in naher Zukunft nicht zu erwarten.

Bei den Oberflächenbewässerungsverfahren herrscht der Flächenüberstau in der Form der Beckenbewässerung bei weitem vor.

Form und Länge der Flurstücke bzw. der einzelnen Becken werden, wenn man einmal von den Eigentumsverhältnissen absieht, entscheidend durch dieses Bewässerungsverfahren bestimmt. Um nämlich noch eine hinreichende Effizienz der Wasserverteilung zu gewähren, ist die Größe der einzelnen Überstaubecken in Abhängigkeit von der Bodenart und dem verfügbaren Wasserdargebot begrenzt, wie auch die in Tabelle 1 von Booher (1) zusammengestellten empirischen Werte zeigen. Dabei ist Booher (1) davon ausgegangen, daß diese Beckengrößen nur dann als realistisch anzusehen sind, wenn die Flächen hinreichend gut planiert sind.

Nehmen wir die in Tabelle 1 angegebenen Beckengrößen als optimal an und errechnen daraus die möglichen Seitenlängen der Überstaubecken, wie wir dies in Tabelle 2 für die Breiten : Längenverhältnisse 1 : 1 und 1 : 4 getan haben, so ergibt sich, daß man nur bei den tonhaltigen Böden oder sehr hohen Wassergaben noch Seitenlängen

Tabelle 1. Geeignete Beckengrößen bei Überstaubewässerung in Abhängigkeit von der Bodenart und dem Wasserdargebot nach Booher (1)

Wassergabe		Sand	sand. Lehm	ton. Lehm	Ton
l/s	m ³ /h	Beckengröße in ha			
30	108	0,02	0,06	0,12	0,2
60	216	0,04	0,12	0,24	0,4
90	324	0,06	0,18	0,36	0,6
120	432	0,08	0,24	0,48	0,8
150	540	0,10	0,30	0,60	1,0
180	648	0,12	0,36	0,72	1,2
210	756	0,14	0,42	0,84	1,4
240	864	0,16	0,48	0,96	1,6
270	972	0,18	0,54	1,08	1,8
300	1080	0,20	0,60	1,20	2,0

Tabelle 2. Mögliche Seitenlängen der Überstaubecken bei einem Breiten : Längenverhältnis von 1 : 1 und 1 : 4 und vorgegebener Beckengröße in Abhängigkeit von der Wassergabe und der Bodenart

Wassergabe	Beckengröße und mögliche Seitenlängen der Becken								
	Sandboden		sandiger Lehm				Tonboden		
	1 : 1	1 : 4	1 : 1	1 : 4	1 : 1	1 : 4			
30 l/s	0,02 ha	14,1 m	28,2 m	0,06 ha	24,5 m	49,0 m	0,2 ha	44,7 m	89,4 m
60	0,04	20,0	40,0	0,12	34,6	69,2	0,4	63,2	126,4
90	0,06	24,5	49,0	0,18	42,4	84,8	0,6	77,5	155,0
120	0,08	28,3	56,6	0,24	49,0	98,0	0,8	89,4	178,8
150	0,10	31,6	63,2	0,30	54,8	109,6	1,0	100,0	200,0
180	0,12	34,6	69,2	0,36	60,0	120,0	1,2	109,5	219,0
210	0,14	37,4	74,8	0,42	64,8	129,6	1,4	118,3	236,6
240	0,16	40,0	80,0	0,48	69,3	138,6	1,6	126,5	253,0
270	0,18	42,4	84,8	0,54	73,5	147,0	1,8	134,2	268,4
300	0,20	44,7	89,4	0,60	77,5	155,0	2,0	141,4	282,8

gen erreicht, die einen arbeitswirtschaftlich noch hinreichend günstigen Maschineneinsatz erlauben. Die als hinreichend optimal angesehene Seitenlänge von 300 m wird allerdings in keinem Fall erreicht. Geht man davon aus, daß ein Becken zur Gewährleistung einer hinreichenden Beweglichkeit mit den Maschinen ca. 30 m breit sein sollte, wird die Möglichkeit der Schaffung ausreichender Seitenlängen weiter erheblich eingeschränkt.

Im Hinblick auf einen rationellen Maschineneinsatz in der Feldwirtschaft der Bewässerungsgebiete muß somit der Flächenüberstau in der herkömmlichen Form der Beckenbewässerung als ungünstig bzw. als ungeeignet angesehen werden.

In vielen Bewässerungsgebieten der semiariden Klimazone kann man beobachten, daß die von Booher (1) als optimal angesehenen Beckengrößen meist unterschritten werden. Bei näherer Untersuchung kann man hier oft eine direkte Abhängigkeit vom Wasserdargebot, d.h. von der verfügbaren Zulaufmenge feststellen. Insbesondere bei Einsatz von Wasserförderanlagen mit manuellem oder tierischem Antrieb tritt dies deutlich in Erscheinung. In Tabelle 3 sind die wichtigsten Wasserförderanlagen mit manuellem und tierischem Antrieb sowie deren Förderleistungen zusammengestellt. Diese Zusammenstellung zeigt, daß mit diesen Geräten und Antriebsarten nur relativ geringe Förderleistungen und damit auch nur geringe Zulaufmengen erzielbar sind.

Geht man von dem Grundsatz der Bewässerungspraxis aus, daß die für ein Überstaubecken erforderliche Zulaufmenge wenigstens doppelt so groß sein sollte, wie die durchschnittliche Infiltrationsrate, so ergeben sich die in Tabelle 4 aufgeführten Mindestzulaufmengen in Abhängigkeit von der Bodenart. Setzt man diese Mindestzulaufmengen in Beziehung zur Förderleistung von 1 bis 30 l/s, was der Förderleistung der Geräte mit manuellem und tierischem Antrieb entsprechen würde, so ergeben sich die in Tabelle 4 aufgeführten maximalen Beckengrößen, die optimal mit der jeweiligen Zulaufmenge mit Wasser zu versorgen sind. Wir können aufgrund obiger Beobachtungen und Überlegungen festhalten, daß in Bewässerungsgebieten, in denen das Wasser mit manuell oder tierisch betriebenen Wasserförderanlagen gehoben werden muß, ein Zwang zu relativ kleinen Beckengrößen vorliegt und somit eine rationelle Mechanisierung auch aus diesem Grund mit diesem Bewässerungsverfahren nicht möglich ist.

Tabelle 3. Geräte zur Förderung von Bewässerungswasser mit manuellem und tierischem Antrieb (8)

Bezeichnung	Antrieb		Förderhöhe m	Fördermenge m ³ /h
	AK	ZK		
1. Schöpfkelle	1	—	1	8
2. Schaufelkorb oder Schwingkorb	2 2	— —	0,9–1,2 0,6	14–19 5
3. Schaukeltrog	1	—	0,5–1	9–13
4. Shaduf	1 2	— —	1,2–4 2,0–2,5	9–11 5–6
5. Picotah-Schaukel-Wasserförderung	3	—	5–8	7
6. Archimedische Förder- schraube	1 2	— —	0,5–1,2 0,25–0,75	14–19 30–15
7. Verbessertes Schaufelrad	1–2	—	0,15–0,45	100
8. Wasserleiter	2	—	0,9	8
9. Kettenpumpe	4 1	— 2	6 3–6	11 15–20
10. Schaumstoffbandpumpe	1 1	— 1	max. 40 40	max. 3,5 6,6
11. IRRI-Diaphragmapumpe	1	—	1–2	7–11,5
12. BRRI-Diaphragmapumpe (zweizylindrig)	2	—	4,65	8,9
13. Seil- und Eimerförderung	3 3 2	4 4 1	10–30 9 9	6–10 16–17 8–9
14. Seil- u. selbstentleerender Eimer	1	2	4–6	10–15
15. Zwei-Eimer-Förderung	1 1 1	1 1 1	4–5 3–5 10	12–14 22 5,5
16. Persisches Rad	1 1	1–2 2	5–10 1,5–9	14–18 8–22
17. Sakia	1	1	0,3–1,8	36–114
18. Zawafar	1	1–2	2–6	12–36
19. Tablia	1	1	1,5–2,5	12–20
20. Zweizylindrige Pumpe für tierischen Antrieb	1	1–2	6	25

Es muß hier angemerkt werden, daß die in Tabelle 4 errechneten Beckengrößen unter den von Booher (1) ermittelten Werten liegen (Tabelle 1). Das liegt u.a. daran, daß Booher (1) von optimalen Verhältnissen der Flächenvorbereitung ausgegangen ist und daß seine Werte einen Kompromiß zwischen den Erfordernissen einer effizienten Wassernutzung und dem Bestreben nach großen Becken darstellen.

Zur Überwindung der oben aufgezeigten Mängel der Beckenbewässerung im Hinblick auf die Mechanisierung der Feldwirtschaft bieten sich zur Verbesserung der Größe und Länge der Feldstücke folgende Möglichkeiten an:

- Reduzierung der Versickerungsrate durch Verdichtung des Unterbodens. Dies dürfte allerdings nur dort interessant sein, wo permanent Reis angebaut wird;
- Erhöhung der Zulaufmenge durch Einsatz motorbetriebener Pumpen oder durch Änderung des Wasserzuleitungssystems;
- Optimale Gestaltung des Mikroreliefs der Bewässerungsfläche, evtl. durch Herstellung eines geringen Gefälles in Richtung der Längsachse der Fläche;

Tabelle 4. Optimale Beckengröße in Abhängigkeit von der Förderleistung der Wasserfördereinrichtungen und der Bodenart der zu bewässernden Fläche

Bodenart:	S	IS	sL	L	T
Infiltrationsrate:	20 mm/h	15 mm/h	12 mm/h	10 mm/h	8 mm/h
Zulaufmenge je m ² :	0,67 l/s	0,5 l/s	0,4 l/s	0,3 l/s	0,27 l/s
Förderleistung der Wasserfördereinrichtung l/s	maximale Beckengröße in m ²				
1	1,5	2,0	2,5	3,3	3,7
2	2,98	4,0	5,0	6,6	7,4
3	4,5	6,0	7,5	10,0	11,1
4	6,0	8,0	10,0	13,2	14,8
5	7,5	10,0	12,5	16,5	18,5
6	9,0	12,0	15,0	19,8	22,2
7	10,5	14,0	17,5	23,1	25,9
8	12,0	16,0	20,0	26,4	29,6
9	13,5	18,0	22,5	29,7	33,3
10	15,0	20,0	25,0	33,0	37,0
20	30,0	40,0	50,0	66,0	74,0
30	45,0	60,0	75,0	99,0	111,0

- Vergrößerung des Breiten-Längenverhältnisses in Verbindung mit einer sehr sorgfältigen Planierung und der Schaffung eines Gefälles in Längsrichtung;
- Neugestaltung der Feldflur in Verbindung mit entsprechenden Planinstandsetzungsmaßnahmen.

Ansätze zur Verbesserung der Beckenbewässerung mittels der Neugestaltung der Feldflur unter den Bedingungen einer kleinbäuerlichen Besitzstruktur sind aus den in Japan durchgeführten Flurbereinigungsverfahren zu gewinnen. Nach Laumeyer (6) hat man in Japan mit Erfolg eine Umgestaltung der Feldflur in den alten Bewässerungsgebieten realisiert, und damit die Voraussetzungen für die Mechanisierung der Feldwirtschaft und die erzielten beachtlichen Produktivitätssteigerungen geschaffen.

Abbildung 1 zeigt das bei den japanischen Flurbereinigungsverfahren in Bewässerungsgebieten praktizierte Schema. Dabei wird die Feldflur in 6 bis 18 ha große Farmblöcke unterteilt. Jeder Farmblock besteht aus zwei und mehr Feldblöcken mit einer Größe von jeweils 3 bis 9 ha. Jeder Feldblock ist in Einzelgrundstücke von 0,3 bis 0,9 ha unterteilt. Die Einzelgrundstücke sind 30 bis 60 m breit und 100 bis 150 m lang und stellen damit zwar keine idealen, aber durchaus brauchbare Bewirtschaftungseinheiten dar. Da der einzelne Feldblock nicht durch Gräben, Wege etc. unterteilt ist, kann beispielsweise auch eine Bodenbearbeitung quer zur Grundstücksachse durch Zusammenfassen mehrerer Grundstücke eines Feldblockes erfolgen. Schließlich ist jeder Farmblock allseitig mit einem Wirtschaftsweg umgeben und damit der Zugang zu jedem Grundstück gewährleistet. Das obige Schema läßt sich relativ leicht in ebenem Gelände verwirklichen, d.h. bis zu einem Geländegefälle von 0,2%. Mit zunehmendem Geländegefälle, insbesondere um 1 bis 2% wird eine höhenmäßige Abstufung der einzelnen Grundstücke nötig und die Breite der Grundstücke eingeschränkt. Man geht in Japan davon aus, daß ein Höhenunterschied von 1 m zwischen zwei benachbarten Feldstücken nur ausnahmsweise erreicht bzw. überschritten werden darf.

- Grenze
- ===== Wirtschaftsweg
- Entwäss. Graben
- =====- Haupt- Entw. Vorfluter
- Bewäss. Graben
- =====- Haupt- Bew. Kanal

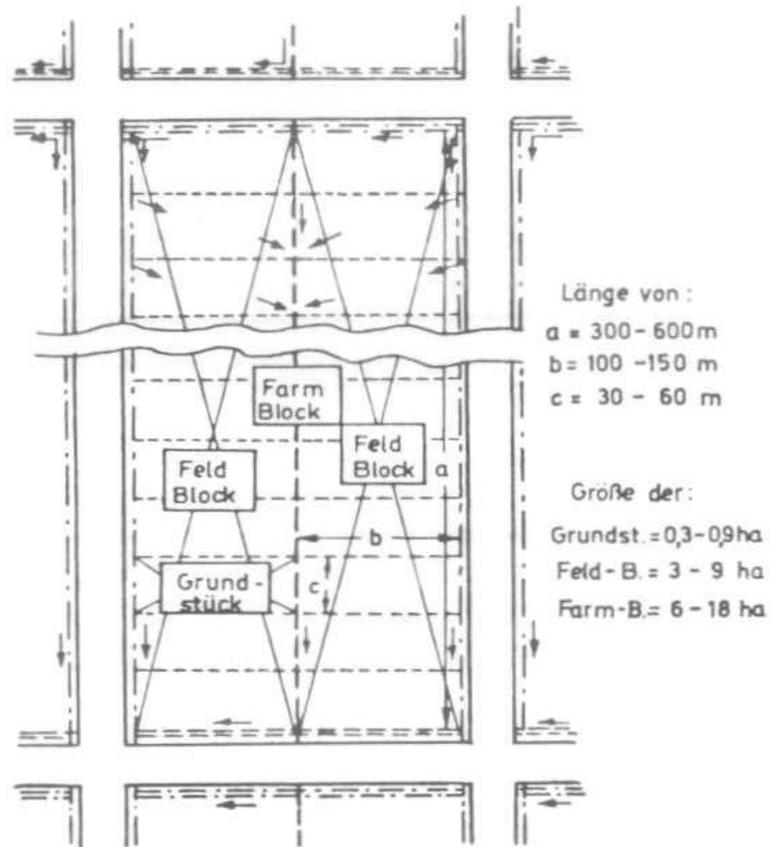


Abb. 1. Flurgestaltung im Rahmen japanischer Flurbereinungsverfahren nach Laumeyer (8)

In den oben kurz skizzierten japanischen Flurbereinungsverfahren wird zugleich auch eine Umgestaltung des Mikroreliefs der Bewässerungsflächen in der Art vorgenommen, daß diese ein einheitliches Gefälle von 0,5‰ in Richtung der Längsachse erhält. Wobei allerdings angestrebt wird, daß die Höhendifferenz 5 cm nicht übersteigt. Diese Veränderung der Gefälleverhältnisse ermöglicht Becken mit größeren Seitenlängen und erleichtert zugleich die Entwässerung derselben, beides begünstigt die Mechanisierung der Feldwirtschaft. Die Herstellung eines solch geringen Gefälles über größere Strecken ist mit den herkömmlichen Planierungsverfahren allerdings recht schwer zu realisieren. Mit der Einführung der Lasertechnik hat sich hier jedoch ein grundsätzlicher Wandel vollzogen. In den Bewässerungsgebieten der USA, Australiens usw. hat diese neue Technik der Bodenplanierung zu einer deutlichen Verbesserung und Erleichterung bei der Anwendung der Oberflächenbewässerung geführt. Vor allem wurde es damit möglich, hinreichend große und gut geformte Parzellen zu schaffen, die u.a. eine rationelle Bewirtschaftung mit Maschinen erlauben (3, 4). In den Bewässerungsgebieten Victorias in Australien war es möglich, 100 m breite und 400 m lange Becken mit einem Gefälle von 0,1‰ anzulegen, Parzellen also, die hinsichtlich der maschinellen Bewirtschaftung als mehr oder weniger optimal anzusehen sind (4).

Andere Möglichkeiten zur Verbesserung der Beckenbewässerung im Hinblick auf die arbeitswirtschaftlichen Erfordernisse, wie sie z.B. in der UdSSR erprobt und angewandt werden, hat Zabel (10) aufgezeigt.

Als weitere Möglichkeit, um zu größeren und besser geformten Parzellen zu kommen, bietet sich die Änderung des Bewässerungsverfahrens an, z.B. der Übergang zur Streifenbewässerung. Aber auch dabei sind die Möglichkeiten zur Schaffung be-

sonders langer Parzellen begrenzt, wie Tabelle 5 eindeutig zeigt. Auch ist man bei diesem Bewässerungsverfahren auf relativ große Zulaufmengen angewiesen.

Mit geringeren Zulaufmengen (0,3–6,0 l/s) kommen demgegenüber Furchenbewässerungsanlagen aus, die darüber hinaus relativ große Parzellenlängen ermöglichen, wie Tabelle 6 zeigt. Wenn sich durch die anzubauenden Kulturpflanzen keine Begrenzungen ergeben, stellt die Furchenbewässerung somit im Hinblick auf die Parzellenlänge ein noch relativ günstiges Bewässerungsverfahren dar.

Tabelle 5. Richtwerte für Landstreifenbewässerung

Längsgefälle o/oo	Zulaufmenge in l/s je m Streifenbreite	Streifenlänge bei einer Bewässerungsgabe von		
		75 mm	100 mm	125 mm
1	4,4	80	100	120
2	5,5	100	125	150
3	6,0	115	145	175
5	4,8	100	120	145
10	3,0	70	90	105
15	2,4	60	75	90
20	2,0	50	65	75

Tabelle 6. Richtwerte für Furchenbewässerung

Furchengefälle o/oo	Zulaufmenge je Furche in l/s	Furchenlänge bei einer Bewässerungsgabe von		
		75 mm	100 mm	125 mm
1	2,5	110	135	160
2	3,0	135	170	195
3	3,0	150	190	220
5	2,0	140	170	200
10	1,0	120	145	170
15	0,7	100	130	150
20	0,5	85	105	125

Nahezu völlig aufgehoben werden die verfahrensspezifischen Begrenzungen in der Flurgestaltung bei Einsatz der diversen Berechnungsverfahren. Die darüber hinaus auch den Vorteil haben, daß im Regelfall das gesamte Zuleitersystem verrohrt ist und somit im Gegensatz zu den offenen Zuleitern der Oberflächenbewässerungssysteme kein Geländehindernis für den Maschineneinsatz darstellen. Damit sinkt auch der bei Oberflächenbewässerungsverfahren meist erhebliche Aufwand für die Unterhaltung des Zuleitersystems. Schließlich bietet die Beregnung noch erhebliche Vorteile hinsichtlich der in Bewässerungsgebieten nicht unbedeutenden hygienischen Probleme, da die Vermehrung wasserbürtiger Krankheitserreger eingeschränkt wird. Dem verstärkten Einsatz der Feldberegnung stehen in den Ländern der Dritten Welt allerdings noch immer eine Reihe ökonomischer und organisatorischer Probleme entgegen.

3.2 Beispiel: Feldzugang

Während der Feldzugang in den älteren, traditionell gewachsenen Bewässerungsgebieten, in denen Handarbeit und tierische Anspannung vorherrschen, sich oft nur

über schmale Pfade vollzieht, erfordert die Mechanisierung und Motorisierung der Feldwirtschaft die Anlage eines gut ausgebauten Wegenetzes. Deren Realisierung stellt aber in bereits bestehenden Bewässerungsgebieten oft ein schwieriges Unterfangen dar, da eine solche Maßnahme mit einem Landverlust verbunden ist, der aufgrund des meist bestehenden Landhungers nicht ohne weiteres von den Landwirten akzeptiert wird. Ist zur Anlage eines Wegenetzes ein Flurbereinigungsverfahren unumgänglich, dies dürfte in der Mehrzahl der Fälle der Fall sein, entstehen zusätzliche Probleme, die hier nicht näher erläutert werden können.

Für die Aufteilung der Flur durch Wege sind neben den natürlichen Gegebenheiten, die Größe und das Nutzflächenverhältnis der Betriebe sowie das Be- und Entwässerungssystem maßgebend. Als Beispiel für die Anlage eines landwirtschaftlichen Wegenetzes innerhalb eines Bewässerungsgebietes mit Oberflächenbewässerungsverfahren, sei auf die Anlage landwirtschaftlicher Wegenetze verwiesen (Abb. 2), wie sie im Rahmen von japanischen Flurbereinigungsmaßnahmen realisiert wurden (6). Dieses Schema weist im Minimum eine Wegedichte von 50 lfdm pro ha und eine Landinanspruchnahme von 250 m² pro ha Nutzfläche auf.

Abb. 2. Anlage des landwirtschaftlichen Wegenetzes im Rahmen japanischer Flurbereinigungsverfahren nach Laumeyer (8)



Da Wirtschaftswege neben der Landinanspruchnahme und den Herstellungskosten auch einen Unterhaltungsaufwand erfordern, gilt der Grundsatz: „Weniger Wege – bessere Wege“. Die Wegedichte einer Ackerflur ist direkt abhängig von der Blockgröße und der Schlaglänge. Da insbesondere, wie oben dargestellt, die Schlaglänge durch das Bewässerungsverfahren, Boden und Topographie bestimmt wird, wird in Bewässerungsgebieten die Wegedichte vor allem durch die Bewässerung bestimmt. Wobei ganz allgemein festgestellt werden kann, daß die Oberflächenbewässerungsverfahren eine relativ große Wegedichte erfordern, wenn eine schleppergerechte Erschließung der Feldflur angestrebt wird.

Ein weiteres Problem stellt die Frage der Wegebefestigung dar. Es reicht sicher nicht in den Bewässerungsgebieten Flächen für die Wege bereitzustellen. Wenn die Wege dem motorisierten landwirtschaftlichen Verkehr wirkungsvoll dienen sollen, müssen sie befestigt werden. Und zwar so befestigt werden, daß sie mit Geschwindigkeiten von 15–20 km/h befahren werden können.

Ferner ist zu gewährleisten, daß die zahlreichen Zuleiter und Entwässerungsgräben ohne Schwierigkeiten und sicher zu überqueren sind, d.h. es sind eine Vielzahl hinreichend tragfähiger und ausreichend breiter Überfahrten zu schaffen. Insgesamt dürfte der schleppergerechte Ausbau des Wegenetzes in den Bewässerungsgebieten erhebliche Aufwendungen erfordern. Aufwendungen, die aber zwingend notwendig sind, wenn die Mechanisierung erfolgreich sein soll.

3.3 Beispiel: Bodenzustand

Im Verlauf einer Bewässerung werden der Bewässerungsfläche je nach Bewässerungsverfahren und Speicherungsvermögen des Bodens für Bodenfeuchte mehr oder weniger große Wassermengen zugeführt, die dann in Abhängigkeit von dem angewandten Bewässerungsverfahren etc. mehr oder weniger gleichmäßig auf der Fläche verteilt werden. In jedem Fall sind während der Bewässerung und unmittelbar danach die obersten Bodenschichten mit Wasser übersättigt. Die Übersättigung dauert in Abhängigkeit von der Infiltrationsrate, der Wasserdurchlässigkeit des Bodenprofils, der Tiefenlage des Grundwasserstandes und der Evaporation mehr oder weniger länger an. Während dieser Zeit ist der Boden mit Maschinen und Schleppern nicht befahrbar, wenn der Boden nicht nachhaltig geschädigt werden soll. Da einer der wesentlichen Vorteile der Mechanisierung der Feldwirtschaft die zeitgerechte Durchführung der Feldarbeiten ist, kann es bei Verzögerungen der Abtrocknung zu Behinderungen des Maschineneinsatzes kommen, insbesondere, wenn die Flächen durch ungleichmäßige Wasserverteilung etc. Vernässungsnester aufweisen.

Ohne dieses Problem hier vertiefen zu können, soll darauf hingewiesen werden, daß eine Mechanisierung der Feldwirtschaft ohne ein wirkungsvolles Entwässerungssystem in vielen Fällen nicht möglich ist. Ganz abgesehen davon, daß Entwässerungseinrichtungen wegen der Versalzungsproblematik heute zwingend zu jedem Bewässerungssystem in ariden und semiariden Gebieten gehören sollten. Die mechanisierte Feldbewirtschaftung, die auf ein schnelles Abführen von Überschußwasser angewiesen ist, dürfte in vielen Fällen allerdings eine Felddränung erforderlich machen. Angesichts der meist geringen Abflußhöhen (1–4 mm/d), sind allerdings relativ große Dränabstände und damit kostengünstige Dränanlagen möglich.

4. Kosten einer schleppergerechten Flurgestaltung

Obwohl die Kosten für eine schleppergerechte Flurgestaltung von Bewässerungsgebieten in ariden und semiariden Klimazonen u.W. bisher nicht in ihrer Gesamtheit ermittelt wurde, und, obwohl diese Kosten angesichts der unterschiedlichen Verhältnisse in den einzelnen Bewässerungsgebieten recht großen Schwankungen unterworfen sein dürften, soll eine grobe Kostenschätzung gewagt werden. Dies insbesondere, um zu verdeutlichen, welche Folgekosten allein im Hinblick auf die

Flurgestaltung mit der Mechanisierung und Motorisierung der Feldwirtschaft in Bewässerungsgebieten verbunden sind.

Tabelle 7. Kostenschätzung einer schleppergerechten Flurgestaltung in Bewässerungsgebieten

Maßnahme	Kosten in DM je ha
Neugestaltung der Feldzuleiter etc.	1500
Entwässerung	1000
Planinstandsetzung	1500
Bau befestigter Wege* und Überfahrten	2000
Insgesamt:	6000

* einfache Schotterbefestigung

Die in Tabelle 7 zusammengestellten Kosten beinhalten nicht die Kosten für die Landinanspruchnahme des Wegenetzes und die Erweiterung des Zuleitersystems und die Anlage von Entwässerungsgräben. In vielen Fällen dürften die mit 6000,— DM pro ha ermittelten Kosten im unteren Bereich liegen.

5. Schlußfolgerungen

Die Mechanisierung der Feldwirtschaft in den Bewässerungsgebieten semiarider Klimazonen steht unter den Zwängen, die sich aus den verfahrensspezifischen Problemen der vorherrschenden Bewässerungsverfahren ergeben. Die für einen rationellen Maschineneinsatz erforderlichen Schlaglängen sind nicht vorhanden und auch kaum zu schaffen. Die Schaffung des erforderlichen Feldzuganges ist nur durch ein Wirtschaftswegenetz mit einer relativ großen Wegedichte zu erreichen. Um einen hinreichenden Bodenzustand für den Maschineneinsatz zu gewährleisten, dürfte in vielen Fällen eine Felddränung unumgänglich sein. Insgesamt erfordert die Mechanisierung der Feldwirtschaft in den Bewässerungsgebieten der semiariden Klimazonen hohe finanzielle Aufwendungen, um in der Feldflur die Voraussetzungen für einen wirkungsvollen Maschineneinsatz zu schaffen. Nach einer groben Schätzung muß davon ausgegangen werden, daß eine schleppergerechte Flurgestaltung in Bewässerungsgebieten mindestens Investitionen von etwa 6000,— DM je ha erfordert.

Es stellt sich hier die Frage, ob diese hohen Aufwendungen angesichts der kleinbäuerlichen Struktur vieler Bewässerungsgebiete und der zunehmenden Energieverknappung gerechtfertigt sind. Andererseits darf jedoch nicht verkannt werden, daß gerade die Mechanisierung der Landwirtschaft einen bedeutenden Beitrag zur Erhöhung der Nahrungsmittelproduktion und damit zur Sicherung der Ernährung der Menschen in den Ländern der Dritten Welt zu leisten vermag.

6. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden die Anforderungen des mechanisierten Bewässerungsbetriebes an die Flurgestaltung, den Bodenzustand und das Bewässerungssystem den Erfordernissen der Bewässerungstechnik gegenübergestellt. Aus dieser

Gegenüberstellung ergibt sich, daß die Mechanisierung der Bewässerungsbetriebe durch die vorherrschende Bewässerungstechnik deutlichen Begrenzungen unterliegt. Die Beseitigung dieser Begrenzungen ist, wie dargestellt wird, in gewissen Grenzen möglich, erfordert aber beachtliche, insbesondere finanzielle Aufwendungen. Es wird die Frage gestellt, ob diese Aufwendungen angesichts der kleinbäuerlichen Struktur vieler Bewässerungsgebiete in der Dritten Welt und der zunehmenden Energieverknappung gerechtfertigt sind.

Summary

This paper deals with the compatibility of mechanisation and irrigation mainly under conditions of third world countries. The requirements of mechanized irrigated agriculture in respect to the layout of fields, soil conditions and irrigation system are discussed in the light of the necessities of a sound irrigation engineering. It is shown that mechanisation in irrigated agriculture faces a great number of restrictions through the commonly used irrigation technics. One can overcome this restrictions to some extent, but costs for such measures are very high. The question is raised about the economics of such measures, especially if one realizes the small farm size structure of many irrigation areas in the third world and the increasing energy problem.

Literaturverzeichnis

1. BOOHER, L.J., 1974: Surface Irrigation. — FAO Agricultural Development Paper No. 95. Selbstverlag FAO, Rom
2. CLYMA, W.; ALI, A., 1977: Traditional and improved irrigation practices in Pakistan. — Proc. ASCE Irrigation and Drainage Div. Speciality Conference on Water Management for Irrigation and Drainage in Reno/Nevada. Selbstverlag American Society of Civil Engineers, New York
3. CORNISH, J.B., 1979: Flood irrigation land layout in perspective. — Vortragsmanuskript First Australian Land Layout Convention, Echuca Nov. 1979
4. Department of Agriculture Victoria u. State Rivers and Water Supply Commission, 1978: Handbook on landforming for flood irrigation. — Selbstverlag Department of Agriculture Victoria S.R. + W.S.C., Melbourne
5. KRAUSE, R., 1977: Bewässerung und angepaßte Mechanisierung. Mit einigen Beispielen aus dem nicht europäischen Mittelmeerraum. — Tagungsberichte über die Tagung der Technischen Section der Commission Internationale du Genie Rural (CIGR) in Cordoba/Spanien vom 18.4.—24.4.1977
6. LAUMEYER, W., 1972: Flurbereinigung und Neuordnung des ländlichen Raumes in Japan. — Z. f. Vermessungswesen 97 (H. 9, 10), 403—411, 456—462
7. ROSEGGER, S., 1976: Systeme und Verfahren der Beregnung. In: Herrmann, E.W., 1976: Beregnung — warum — wann — womit? DLG-Verlag, Frankfurt/Main
8. WOLFF, P., 1979: Angepaßte Technologie und Wasserförderung. — Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 13, 52—65
9. WOLFF, P., 1972: Border-strip-flooding, ein Bewässerungsverfahren für vollmechanisierte landwirtschaftliche Betriebe in Trockengebieten. — Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 13, 109—119
10. ZABEL, G., 1977: Die Erschließung landwirtschaftlicher Nutzflächen durch Bewässerungsmaßnahmen in der Sowjetunion. — Selbstverlag Universität Hohenheim, Fachgebiet Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Arbeiten und Berichte Nr. 20