

Zur Weiterentwicklung des ägyptischen Bewässerungssystems – Anmerkungen eines externen Beobachters

Development of Egypt's Irrigation System – Remarks of an External Observer

Prof. Dr. Peter Wolff

Einführung

Die sich weltweit vollziehenden politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Veränderungen und Umbrüche gehen an der Bewässerungswirtschaft nicht spurlos vorüber (Wolff u. Hübener, 1999). Die mit dem Bevölkerungswachstum und der Industrialisierung eingetretene zunehmende Verknappung des Pro-Kopf-Wasserdargebotes verbunden mit den Sorgen um die Erhaltung bzw. Wiederherstellung gesunder Umweltverhältnisse bringen die Bewässerungslandwirtschaft weltweit in Bedrängnis. Sie muss verstärkt mit den anderen Nutzungssektoren um die knapper werdenden Wasserressourcen konkurrieren. Und zwar mit Sektoren, wie der Industrie, dem Gewerbe und den Kommunen, die eine wesentlich höhere Wertschöpfung aufweisen und damit auch wesentlich mehr für das Wasser bezahlen können. In den ländlichen Gebieten, d.h. in ihrem unmittelbaren Umfeld, muss sich die Landwirtschaft und insbesondere die Bewässerungslandwirtschaft den Zwängen des Natur- und Umweltschutzes stellen und ihren Beitrag zu einem nachhaltigen Management der natürlichen Ressourcen leisten. Durch die Öffnung der Märkte, die Globalisierung, ist sie andererseits einem erheblichem ökonomischen Druck ausgesetzt, sie muss auf die Kräfte der freien Marktwirtschaft flexibel, schnell und kostenbewusst reagieren. Die Bewässerungslandwirte können allerdings nur umweltbewusst, nachhaltig und ökonomisch erfolgreich wirtschaften, wenn u.a. das jeweilige Wasserbereitstellungssystem eine solche Wirtschaftsweise ermöglicht. Dies ist insbesondere in den großen Bewässerungssystemen nicht immer der Fall, da diese Systeme von der Technik und dem Management her nicht die notwendige Flexibilität in der Wasserbereitstellung aufweisen. Die Systeme bedürfen einer Überprüfung und gegebenenfalls einer weitreichenden Modernisierung. Nachfolgend sollen beispielhaft die Probleme und Ansätze der Weiterentwicklung des ägyptischen Bewässerungssystems dargestellt werden.

Das Bewässerungssystem

Die ägyptische Bewässerungslandwirtschaft befriedigt ihren Wasserbedarf zum überwiegenden Teil aus dem Lake Nasser, einem Überjahresspeicher, der durch den Bau des Hochdammes von Assuan im Zeitraum 1960 –70 geschaffen wurde. Aus diesem Stausee wird das Bewässerungswasser über den Nil und den von ihm abgehenden Kanälen mittels eines weitverzweigten Zuleitungsnetzes den einzelnen Bewässerungsflächen zugeleitet. Die Ableitung aus dem Nil erfolgt mit Hilfe von Stauwehren

und Pumpsanlagen (Oberägypten). Die Stauwehre, wie auch die Primär- und Sekundärkanäle sind öffentliche Einrichtungen. Sie werden vom Ministry of Water Resources and Irrigation (MWRI) betrieben und unterhalten. Das öffentliche Kanalnetz endet im Übergangsbereich zu den sogenannten Mesquas, den unter Aufsicht des Ministeriums stehenden privaten Kanälen. Sie sind von den Anliegern bzw. Nutzern zu betreiben und zu unterhalten. Den Mesquas wird das Bewässerungswasser aus dem öffentlichen Kanalnetz über bis zu 10m lange, unterirdisch verlegte Rohrleitungen zugeleitet. Die einzelnen Bewässerungsflächen liegen im Regelfall 0,5 bis 1,0 m oberhalb des Wasserspiegels der Mesquas, so dass das Wasser stets mittels einer Wasserfördereinrichtung auf das Niveau der jeweiligen Fläche gehoben werden muss. Man bediente sich hierzu ursprünglich der manuell betriebenen „Archimedischen Schraube“ oder der tierbetriebenen Sakia. Diese Fördereinrichtungen sind in den letzten Jahrzehnten zunehmend durch dieselbetriebene Motorpumpen ersetzt worden (Wolff, 1989). Sofern die Bewässerungsflächen nicht direkt von den Mesquas mit Wasser versorgt werden können, wird es diesen über Feldzuleiter (Marwas) zugeführt. Von einer Mesqa werden im Regelfall 100 – 500 feddan⁵ Bewässerungsfläche mit Wasser versorgt. Die aus den Mesqa's gespeisten Marwa's versorgen 10 – 100 feddan mit Wasser. Die Wasserverteilung auf den einzelnen Bewässerungsflächen erfolgt mittels Oberflächenbewässerungsverfahren und zwar vorwiegend in Form des Flächenüberstaus. Die einzelnen Staubecken sind oft nicht größer als 10x10m. Zu Gemüse- und Obstkulturen aber auch zu anderen Reihenkulturen wird gelegentlich die Furchenbewässerung angewandt.

In den Neulandgebieten erfolgt die Wasserbereitstellung durch Wasserförderung aus dem Grundwasser oder durch ober- bzw. unterirdische Zuleitung aus dem Niltal oder Nildelta. Hier ist die Anwendung moderner Bewässerungsverfahren (Beregnung, Tropfbewässerung) wegen der hohen Durchlässigkeit und der geringen Wasserspeicherfähigkeit der Böden gesetzlich vorgeschrieben. Die Anwendung der traditionellen Oberflächenbewässerungsverfahren würde hier systembedingt zu hohen Wasserverlusten und damit zu einem sehr geringen Wirkungsgrad führen.

Die Hauptkanäle im Niltal und Nildelta werden nach der Verfahren der Oberstromkontrolle (upstream control) bei dauernder Wasserführung betrieben. Die Sekundär- und Tertiärkanäle werden dem gegenüber nach einem Saison angepassten Rotationsplan betrieben. D.h. im Bereich der sogenannten Altländereien erfolgt die Wasserbereitstellung über das öffentliche Zuleiternetz noch weitgehend in Form des unterbrochenen Zuflusses (Rotation). Zu diesem Zweck sind die von einem Hauptkanal zu speisenden nachgeordneten Kanäle in wenigstens 2 bis 3 Gruppen eingeteilt, mit je einem etwa gleich großen Bedarf an Bewässerungswasser. Die einzelnen Gruppen werden in einem vorgeplanten Turnus mit Bewässerungswasser versorgt. Dabei wird versucht, die aus der anstehenden Bodenart, dem jeweiligen Anbauverhältnis und der Jahreszeit resultierenden Unterschiede im Wasserbedarf auszugleichen, was aber meist nicht befriedigend gelingt. Bei dem Rotationssystem der Wasserverteilung wird in Ägypten unterschieden zwischen der Periode, in der der einzelne Verteilerkanal eine Wasserzuleitung erfährt und der Periode, in der dem jeweiligen Verteilerkanal kein Wasser zugeleitet wird. Erstere wird als „on-period“, die zweite Periode wird als „off-period“ bezeichnet. Bei vorwiegendem Reisanbau beträgt die „on“ und „off-period“ beispielsweise 4 Tage. Überwiegen andere Kulturen beträgt die „on-period“ 4 Tage und 8 – 10 Tage die „off-period“.

⁵ 1 feddan = 0,42 ha

Organisations- und Managementstruktur

Das ägyptische Bewässerungssystem ist nach einer Klassifikation von Uphoff et al. (1991) als ein „Large-Scale-System“ einzustufen. Ein solches System ist durch fünf oder mehr Organisations-/Betriebsebenen gekennzeichnet und umfasst mehr als 30.000 ha Bewässerungsfläche. Diese Charakterisierung trifft ohne Zweifel für das ägyptische Bewässerungssystem zu.

Alle Managementaufgaben oberhalb der Mesqa-Ebene werden vom Ministry of Water Resources and Irrigation wahrgenommen. Das Ministerium erschließt die Wasservorkommen, teilt das Wasser zu und verteilt es an die Wassernutzer und führt das Entwässerungswasser ab. Es plant, entwirft, baut, betreibt und unterhält das Hauptzu- und -ableitungssystem. Das Ministerium formuliert die Wasserpolitik des Landes und setzt diese um, es entscheidet alle Wassermanagementfragen, mobilisiert finanzielle Ressourcen (aus dem Staatshaushalt), kommuniziert mit dem eigenen Personal, den Wassernutzern, insbesondere den Landwirten, und der Öffentlichkeit. Es ist in wichtigen Bereichen des Konfliktmanagement tätig, insbesondere in den Bereichen Betrieb und Unterhaltung des Systems.

Das Ministerium besteht aus vier Hauptabteilungen (Irrigation, Finance, Planning, Mechanical & Electrical), vier nachgeordneten Behörden/Authorities (Drainage, High Dam, Coastal Protection und Survey), sechs öffentlichen Baufirmen und dem Water Research Center, bestehend aus 11 Forschungsinstituten. Die Baufirmen befinden sich im Prozess der Privatisierung.

In der Fläche besteht das ägyptische Bewässerungssystem aus ca. 50 Command Areas⁶ die nicht deckungsgleich mit den administrativen Einheiten sind. Administrativ ist das System gegliedert in 22 Directorates. Letztere sind die administrativen, regionalen Außenstellen der Hauptabteilung Irrigation, ihnen nachgeordnet sind 48 Inspectorates und 167 Irrigation Districts. Der leitende District-Engineer ist verantwortlich für den Betrieb des Zuleitersystems von jeweils 30.000 bis 40.000 feddan mit 20 bis 50 Zweigkanälen. Dem einzelnen District-Engineer sind ca. 10 Gate Keepers unterstellt, die jeweils für den Betrieb von 4 – 7 Gates zuständig sind. Hinzu kommen ca. 40 Arbeiter für die Ausführung von kleineren Unterhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten. District-Engineer and Gate Keeper sind faktisch die einzigen Mitarbeiter des Ministeriums die einen mehr oder weniger ständigen Kontakt zu den Wassernutzern, den Farmern haben. Mit dem Irrigation Improvement Project und der Einrichtung des Irrigation Advisory Service hat sich dies in den Projektgebieten geändert. Hier wird versucht die Nutzer in den Managementprozess mit einzubeziehen.

Neben den regionalen und örtlichen Dienststellen des MWRI spielen für die Funktion des Bewässerungssystems die auf örtlicher Ebene tätigen Mitarbeiter des MALR und die Landwirtschafts-Genossenschaften eine gewisse Rolle. Beide kontrollierten vor allem die Einhaltung des den Landwirten auferlegten Anbauzwanges. Allerdings ist zwischenzeitlich die Rolle der Landwirtschafts-Genossenschaften mit der Aufhebung des Anbauzwanges und der Liberalisierung des Agrarmarktes stark rückläufig.

Neben den staatlichen administrativen Einrichtungen gibt es einige traditionelle, informelle Institutionen die eine spezifische Rolle in der Organisation und dem Management der Bewässerungsaktivitäten auf lokaler Ebene spielen. Hierzu gehört vor allem der jeweilige Dorfbürgermeister (Omda) und die Dorfbeiräte (Sheik al-Balad), wie auch führende Persönlichkeiten entlang des jeweiligen Bewässerungskanals (Mesqa). Bis zur Einrichtung der Village Councils im Jahre 1960 war der Omda die zentrale Ver-

⁶ Command area: ein Gebiet, das von einem über der durchschnittlichen Geländehöhe liegenden Kanal(auslass) mit Bewässerungswasser versorgt wird.

bindungsstelle zwischen den Dorfbewohnern und den staatlichen Organen. Der Omda war zuständig für die Einziehung der Steuern, die Aufrechterhaltung der öffentlichen Ordnung, Überwachung der Einhaltung gesetzlicher Vorschriften, die Organisation der Hand- und Spanndienste für Betrieb und Instandhaltung des Bewässerungssystems. Eine wesentliche Funktion des Omda war das Konfliktmanagement, vor allem in Angelegenheiten des Land- und Wassermanagements. Die Rolle des Omda wurde in den letzten Jahrzehnten mehr und mehr eingeschränkt, in dem viele seiner früheren Zuständigkeiten den auf der dörflichen Ebene angesiedelten Repräsentanten zentraler staatlicher Institutionen übertragen wurden. Es sind dies im Be- und Entwässerungsbereich vor allem die örtlichen Dienststellen des MWRI und des MALR.

Auf der Mesqa- und Marwa-Ebene bestehen allerdings auch weiterhin informelle lockere Organisationsstrukturen der Wassernutzer, die für Außenstehende oft schwer erkennbar sind. Bisher besonders wirkungsvoll waren die Sakia-Gemeinschaften, die sich mit der Umstellung auf Motorpumpen aufgelöst haben (Wolff, 1989). Das Irrigation Improvement Project (IIP) hat dazu geführt, dass nunmehr die rechtlichen Grundlagen für die Bildung von Water User Associations geschaffen wurden. Letztere sind derzeit im Aufbau und haben ihre Bewährungsprobe noch zu bestehen. Mit niederländischer Hilfe werden z.Zt. Dachorganisationen, die Water Boards, der Water User Associations aufgebaut. Ob dieser top-down approach wirkungsvoll und nachhaltig sein wird, bleibt abzuwarten.

Wasserallokation

Das zur Nutzung verfügbare Wasserdargebot wird jährlich unter den verschiedenen Wassernutzungssektoren durch das Inter-Ministerial Committee on Water Planing (ICWP) aufgeteilt. Die Wassernutzungssektoren werden in diesem Committee durch das für den Sektor zuständige Ministerium vertreten. Es sind dies neben dem Ministry of Water Resorces and Irrigation folgende Ministerien: Ministry of Agriculture and Land Reclamation (MALR), Ministry of Electricity and Energy, Ministry of Housing and Public Utilities, Ministry of Industry sowie Ministry of Tourism and Civil Aviation. Die Ministerien melden dem ICWP den Bedarf des von ihnen vertretenen Sektors für das kommende Wasserwirtschaftsjahr und das ICWP entscheidet dann über die Wasserallokation für die einzelnen Nutzungsbereiche. Das MALR vertritt im ICWP die Interessen der Bewässerungslandwirtschaft und deren Wasseransprüche.

Der Bedarf der Bewässerungslandwirtschaft wird für jeden Zweigkanal bzw. Verteilerkanal separat vom MALR berechnet. Dies geschieht auf der Basis (a) der Fruchtfolge; (b) des Wasserbedarfs der einzelnen Kultur; (c) die Größe der mit Bewässerungswasser zu versorgenden Fläche; (d) dem vorherrschenden Bodentyp; und (e) die zu erwartenden Zuleitungs- und Verteilungsverluste. Wenn dem Ministerium die Größe der Anbauflächen der einzelnen Kulturarten im Bereich der jeweiligen Zweig- bzw. Verteilerkanäle bekannt sind, dann ist der Wasserbedarf problemlos zu berechnen und die Wasserbereitstellung für die kommende Saison zu planen. Dies war solange der Fall, wie die Bewässerungslandwirte strikt einer Fruchtfolge folgten und dem staatlichen Anbauzwang unterlagen. Letzterer wurde durch die Genossenschaften, die Agrarian Reform Cooperative oder die Agricultural Cooperative vor Ort kontrolliert. Mit dem Wegfall des Anbauzwanges und der Einführung der freien Marktwirtschaft müssen die Landwirte zunehmend flexibler auf den Markt reagieren und ihre Fruchtfolge u.U. kurzfristig ändern. Dies hat zur Folge, dass es zunehmend schwieriger wird,

die Wasserbereitstellung in Einklang mit dem Wasserbedarf der Bewässerungslandwirte zu bringen.

Erschwerend zu obigem Problem kommt hinzu, dass das handregulierte, auf Rotationsbasis betriebene Zuleitungssystem nicht in der Lage ist, schnell auf einen wechselnden Bedarf zu reagieren, dass es insgesamt sehr schwerfällig ist und dass die aktuelle Wasserbereitstellung zeitlich und mengenmäßig aus unterschiedlichen, meist sozialen und politischen Gründen nicht immer der Planung folgt.

Probleme

Aufgrund der in den letzten Jahren zunehmenden Diversifizierung des Anbaues, d.h. es werden in Ägypten mehr und mehr Gemüse, Obst und diverse Sonderkulturen anstelle der traditionellen Kulturen Weizen, Alexandrinerklee, Baumwolle und Reis angebaut. Hinzu kommt, dass die Landwirte auch den Anbau der traditionellen Hauptkulturen, vor allem der Marktfrüchte (Cash crops) zunehmend von den erwarteten Vermarktungsmöglichkeiten abhängig machen. So wurde z.B. im Sommer 2000 im Nildelta verhältnismäßig viel Reis und entsprechend wenig Baumwolle angebaut. Aus all diesen Gründen wird das Rotationssystem der Wasserverteilung nicht mehr den Ansprüchen der Bewässerungslandwirtschaft gerecht. Dies ist einmal auf die generell höheren Ansprüche der Intensivkulturen an die Wasserversorgung zurückzuführen und zum anderen liegt es daran, dass sich die Diversifizierung vor allem auf der einzelbetrieblichen Ebene vollzieht. Die vielfältiger werdenden und wechselnden Fruchtfolgen der Einzelbetriebe stellen an die Bewässerung und damit auch an die Wasserbereitstellung wesentlich differenziertere Anforderungen.

Hinzu kommt, dass die Wasserverteilung auf Rotationsbasis in Ägypten in zahlreichen Fällen nicht zur Zufriedenheit der Wassernutzer funktioniert. Es kommt immer wieder vor, dass ein Turnus völlig ausfällt oder während eines Turnus` nicht ausreichend Wasser zur richtigen Zeit bereitgestellt wird. Die Landwirte reagieren darauf im Regelfall mit Überbewässerung. Sie führen ihren Flächen nicht nur bei der einzelnen Bewässerung mehr Wasser zu, als im durchwurzelbaren Bodenraum gespeichert werden kann, sondern sie bewässern ihr Feld während der „on-period“ u.U. gleich zweimal, d.h. am Anfang und am Ende der Periode, wenn immer möglich. Durch ein solches Verhalten wird nicht nur der Ablauf der Wasserverteilung erheblich gestört, es kommt infolge dieser Überbewässerung zu Vernässungs- und Versalzungsproblemen und, was in Ägypten zunehmend schwerer wiegt, zu einer Verschwendung der knappen werdenden Ressource Wasser. Leidtragende dieser in Unordnung geratenen Wasserverteilung sind vor allem die sogenannten „tail-end-users“, die Landwirte die mit ihren Bewässerungsflächen am Ende der Mesqas, des Wasserverteilungssystems liegen. Sie bekommen vor allem während der Sommermonate selten ausreichend Wasser. Untersuchungen des MWRI in den Governoraten Baheira und Kafr El-Sheikh haben ergeben, dass die sogenannten „tail-end farmers“ bei den Winterkulturen um 10 – 20% niedrigere Erträge erzielen als die „upstream farmers“, d.h. als die Bewässerungslandwirte die am Anfang des Verteilsystems wirtschaften. Bei den Sommerkulturen betragen die Ertragsunterschiede gar 30 – 40 %. Die durch unbefriedigende Wasserbereitstellung in den Endbereichen des Wasserverteilungssystems bedingten geringeren Erträge sind nicht nur eine Folge des unmittelbaren Einflusses des Wassermangels auf den Ertrag, sondern auch auf durch Wassermangel bedingte Verzögerungen bei der Bestellung und Entwicklung der Bestände zurückzuführen.

Beim Verteilungssystem für Bewässerungswasser handelt es sich, wie oben bereits angedeutet, in Ägypten noch weitgehend um ein handreguliertes System mit veränderlicher Regulierung während einer Bewässerungsperiode. Die wechselnden Bewässerungspläne werden allerdings wenig flexibel gehandhabt. Es erfolgt meist nur eine vorgeplante Veränderung der Regulierung, die variierenden Bedarfssituationen nicht gerecht wird und aufgrund der unzureichenden technischen Ausstattung auch kaum gerecht werden kann. Die technischen Mängel des Verteilungssystems liegen neben der unzureichenden Ausstattung mit Mess- und Regulierorganen vor allem in der Tatsache begründet, dass die Querschnitte der Zuleiter oft nicht den hydraulischen Erfordernissen entsprechen. Eine Überdimensionierung von 25% ist bei den Zuleitern nicht selten. Hinzu kommt die oft unzureichende Qualifikation und Motivation des Personals der einzelnen Irrigation Districts. Insgesamt resultieren aus diesen Mängeln unverhältnismäßig hohe Regulierungsverluste der Verteilungssysteme. Die Regulierungsverluste weisen seit einigen Jahren steigende Tendenz auf. Bedingt ist dies durch die Tatsache, dass die Landwirte, wo und wann immer möglich, von der Nachtbewässerung Abstand nehmen. Da die Verteilssysteme in Ägypten aber auf 24-Stundenbetrieb ausgelegt sind und das Kanalnetz nur begrenzte Speichermöglichkeiten bietet, fließt während der Nachtstunden zunehmend Wasser ungenutzt direkt aus den Zuleitern in die Entwässerungsgräben. Da das Entwässerungswasser, wenn es noch eine hinreichende Qualität aufweist, spätestens am nächsten Schöpfwerk wieder dem Zuleitersystem zugeführt wird, weist das Gesamtsystem trotz der bestehenden Mängel eine relativ hohe Effizienz auf.

Neben den Regulierungsverlusten kommt es vor allem durch Versickerung im Zuleitungsbereich zu weiteren Wasserverlusten. Nach Untersuchungen, die z.B. im Rahmen des Egyptian Water Use and Management Project durchgeführt wurden, liegen die Wasserverluste im Zuleitungsbereich in Ägypten zwischen 10 und 40%. Im Vergleich zu anderen Ländern mit einer vergleichbaren technischen Ausstattung der Bewässerungsanlagen, sind diese Verluste nicht übermäßig hoch. Im Hinblick auf den steigenden Wasserbedarf Ägyptens, bei kaum wesentlich vermehrbarem Wasserdarbot, sind Verluste in dieser Größenordnung jedoch nicht zu akzeptieren.

Unbefriedigend ist in Ägypten auch das Bewässerungsmanagement auf der Ebene der Bewässerungsflächen, d.h. im Bereich der Mesqas bis hin zu den einzelnen Bewässerungsflächen. Die Probleme reichen hier von der unbefriedigenden Wasserführung in den Mesqas über die Probleme bei der Organisation der Wasserverteilung im Mesqabereich, den geringen Bewässerungswirkungsgraden, der unzureichenden Planung der Bewässerungsflächen, der fehlenden Steuerung des Bodenfeuchtegehaltes, der mangelhaften Entwässerung, der unzureichenden Unterhaltung der Be- und Entwässerungsanlagen bis hin zu den ackerbaulichen und betriebswirtschaftlichen Komponenten der Bewirtschaftung der Bewässerungsflächen.

Insbesondere die Unterhaltung der Be- und Entwässerungseinrichtungen stellt sich zunehmend als ein schwer lösbares Problem dar. Mangelhafte Unterhaltung, vor allem der Be- und Entwässerungskanäle, führt in Ägypten nur zu oft zu einer unzureichenden und nicht termingerechten Wasserbereitstellung sowie zu einer mangelhaften Abführung des Entwässerungswassers. Letzteres hat hohe Grundwasserstände, Bodenvernässung und Bodenversalzung zur Folge und beeinflusst damit die ökologischen Verhältnisse im Niltal und Nildelta negativ. Letztendlich führt eine unzureichende Gewässerunterhaltung zu erheblichen Ertragsverlusten in der Bewässerungslandwirtschaft, die sich Ägypten angesichts des starken Bevölkerungswachstums nicht leisten kann. Ägypten besitzt derzeit öffentliche, d.h. vom Staat zu unterhaltende, Be-

und Entwässerungskanäle in einer Gesamtlänge von 47.868 km plus 1.427 km Flusstrecke des Nils zwischen Assuan und dem Mittelmeer, ferner ca. 560 größere Pumpstationen und ca. 22.000 Reglerbauwerke. Hinzu kommen ca. 80.000 km durch die Wassernutzer zu unterhaltende tertiäre Kanäle und Feldkanäle (Mesqa und Marwas). Das ägyptische Gewässernetz stellt insgesamt ein äußerst komplexes, sich in vielfältiger Weise gegenseitig stark beeinflussendes System dar, von dessen lückenloser Funktionsfähigkeit in diesem Land nicht nur die Bewässerungswirtschaft abhängig ist. Nach Beobachtungen des Verfassers sind die Ursachen der unbefriedigenden Gewässerunterhaltung in Ägypten äußerst vielschichtig. Bei den anstehenden Problemen auf diesem Gebiet handelt es sich um technische, organisatorische und institutionelle Probleme.

Die Betriebsorganisation sieht vor, dass der Gatekeeper täglich alle Bereiche des von ihm zu betreuenden Kanals bzw. Kanalabschnittes aufsucht und als Anlaufstelle für die Wassernutzer dient. In der Realität besuchen die Gatekeepers nur selten die unteren Bereiche des Kanals. Die Messpunkte, die für die Steuerung des Systems wichtig sind, werden gleichfalls nicht regelmäßig aufgesucht und die Messungen dementsprechend nicht durchgeführt. Radwan (1997) berichtet, dass z.B. die Farmer entlang der Um Aisha Mesqa im al-Bagoor District in der Provinz Minoufia den für sie zuständigen Gatekeeper noch nie zu Gesicht bekommen haben. Da dort überreichlich Wasser zur Verfügung steht, sahen die Bauern in der mangelhaften Kommunikation kein Problem, da die damit zusammenhängende Wasserverschwendung für sie kein Thema ist. Im Bereich der Sibiliya Mesqa im gleichen Distrikt, wo die Wasserzuleitung über einen längeren Zeitraum geringer als der Bedarf war, beschränkt sich der Kontakt zu den örtlichen Mitarbeitern des MWRI auf Auseinandersetzungen über widerrechtliche Handlungen in Zusammenhang mit der Manipulation der Wasserzuleitung seitens der Landwirte.

Das offene Gewässernetz stellt nach wie vor die entscheidende Quelle für die Bilharzioseerkrankungen der ländlichen Bevölkerung Ägyptens dar. Fehlendes Problembewusstsein weiterer Bevölkerungskreise führt dazu, dass das Wasser infizierter Oberflächengewässer unbehandelt als Brauch- und teilweise sogar als Trinkwasser genutzt wird. Auch werden die Gewässer in den entlegenen ländlichen Gebieten noch immer als Abort genutzt, oder es werden ihnen Siedlungsabwässer unbehandelt zugeleitet. Dies hat zur Folge, dass viele Personen, die mit dem Wasser in Hautkontakt kommen, immer wieder an Bilharziose erkranken. Hinzu kommt, dass der schlechte Unterhaltungszustand der Gewässer der Vermehrung der Wirtstiere (Schnecken) Vorschub leistet.

Lösungsstrategien

In Erkenntnis der oben aufgezeigten Probleme des ägyptischen Bewässerungssystems wurde im Rahmen eines speziellen Projektes, dem Egypt Water Use and Management Project, versucht, die Probleme im Detail zu analysieren, Lösungsansätze zu erarbeiten und zu erproben. Das Projekt wurde vom Ministry of Irrigation (heute: Ministry of Water Resources and Irrigation) und dem Ministry of Agriculture and Land Reclamation (MALR) mit Unterstützung von USAID von 1976 bis 1984 durchgeführt und konzentrierte sich auf die Standorte El Mansuriya in der Nähe von Kairo, Abu Raya im nördlichen Nildelta und Abbyuha südlich von El Minia (EWUP, 1984).

Die Ergebnisse des obigen Projektes machten deutlich, dass nur durch ein Bündel von Maßnahmen eine nachhaltige Verbesserung der Leistungsfähigkeit und der damit

zusammenhängenden ackerbaulichen und sozioökonomischen Probleme der ägyptischen Bewässerungslandwirtschaft zu erreichen ist. Besonders deutlich machte das Projekt aber auch, dass diese Verbesserungen zwingend notwendig für die Nachhaltigkeit und Weiterentwicklung der ägyptischen Bewässerungslandwirtschaft wie auch für die Armutsbekämpfung in den ruralen Gebieten sind.

Auf der Grundlage der Erkenntnisse obigen Projektes wurde seitens des Ministry of Irrigation eine Strategie für die Entwicklung der Bewässerungswirtschaft in Ägypten bis zum Jahr 2000 (Strategy for Irrigation Development in Egypt up to the Year 2000) entwickelt (Übersicht 1).

Wie Übersicht 1 zu entnehmen ist, sah die Strategie zur Entwicklung bzw. zur Weiterentwicklung des ägyptischen Bewässerungssystems drei Stufen vor. Hauptziel der Stufe 1 war die Verbesserung der Effizienz des Zuleitersystems und zwar bis hin zu den Farm- bzw. Felddauslässen. In der zweiten Stufe sollte dann die Effizienz der Wassernutzung auf Farm- bzw. Feldebene erreicht werden und schließlich sollte in der dritten Stufe ein System der Erhebung von Wassergebühren eingeführt werden.

Das Ministerium war sich bewusst, dass die oben skizzierte Weiterentwicklung der Bewässerung in Ägypten nur realisiert werden kann, wenn die institutionellen und organisatorischen Voraussetzungen dafür geschaffen würden und die Bereitschaft seitens der Wassernutzer bestehen würde, diese Weiterentwicklung aktiv mitzutragen. Daher wurde gleichrangig zu den technischen Maßnahmen der Aufbau einer Beratungsinstitution für den Bereich Wassermanagement auf der Mesqa-Ebene vorgesehen. Nicht erwähnt wurde in dem Strategiepapier des Ministeriums die gleichfalls als notwendig angesehene Entwicklung einer Selbstverwaltungsorganisation der Wassernutzer vor allem auf den Gebieten Be- und Entwässerung.

Übersicht 1. Strategie zur Entwicklung des ägyptischen Bewässerungssystems bis zum Jahr 2000

1. Stufe 1: Verbesserung der Verteilung des Bewässerungswassers

1.1 Im Bereich des Hauptzuleitersystems

- Überprüfung und Verbesserung der Kanalquerschnitte und Reglerbauwerke im Hinblick auf deren hydraulische Leistung;
- Überprüfung des Rotationssystems der Wasserverteilung und evtl. Umstellung auf Verteilung durch laufenden Zufluss;
- Minimierung der Versickerungs- und Regulierungsverluste des Kanalsystems;
- Berücksichtigung der kapillaren Aufstiegsrate aus dem Grundwasser bei Bemessung der Zuleitungsmenge;
- Verbesserung der Methoden der Messwerterfassung, deren Übermittlung und Verwendung bei der Steuerung des Zuleitersystems;
- „Flurbereinigung“ des Kulturpflanzenanbaues auf der Sekundär- bzw. Tertiärkanalebene zur Erleichterung der Steuerung des Zuleitersystems.

1.2 Im Bereich der privaten Kanäle (Mesqas) und auf der Farm- bzw. Feldebewässerungsebene

- Erneuerung und Entwicklung der Entnahmebauwerke;
- Unterhaltung der Zuleiter und privaten Feldentwässerungseinrichtungen, speziell der Entwässerungsgräben;
- Generelle Einführung der Bewässerung mit künstlicher Förderung und Mechanisierung der Wasserförderung;
- Förderung der Nachtbewässerung.

2. Stufe 2: Entwicklung der Feldebewässerungssysteme

2.1 Im Bereich der Altländereien im Niltal / Nildelta

- Anwendung ordnungsgemäß geplanter Furchenbewässerungssysteme in großem Umfang;
- Einebnung der Bewässerungsflächen;
- Auskleidung von Kanalabschnitten oder die Verwendung geschlossener Zuleiter;
- Reduzierung der Anzahl der Entnahmen an den Zweigkanälen.

2.2 Im Bereich der Neulandgebiete

- Anwendung moderner Bewässerungsverfahren (Beregnung, Tropfbewässerung etc.);
- Verbesserung der Unterhaltung der Feldbewässerungssysteme.

3. Stufe 3: Erhebung von Wassergebühren

Quelle: Samaha, M.A. und Abu-Zeid, M., 1980

Umsetzung der Strategie

Zur Umsetzung obiger Strategie wurde das Regional Irrigation Improvement Project (RIIP) 1985 eingerichtet. Die Arbeit des RIIP (1985-87) bezog sich auf Verbesserungen des Hauptzuleitersystems. Das Nachfolgeprojekt, das Irrigation Improvement Project (IIP) befasst sich seit 1988 vor allem mit der Verbesserung der Technologie auf Mikroebene und deren landesweiter Implementierung. In einem „step-by-step“ Prozess wurde im Rahmen des IIP das sogenannte „Down Stream Control (DSC) package“ entwickelt. Dieses „package“ stellt nicht die technisch optimale Lösung dar, sondern wie Hvidt (1998) es formulierte:

The aim of those who developed this package was to seek the 'best' solution in contrast to the 'optimal' technical solution. The best solution takes into account the social, financial and political aspects of the environment in which the technology is to be implemented.

Ziel des „DSC technological package“ ist die Sicherstellung einer effizienten Wassernutzung und einer optimalen Pflanzenproduktion in Ägypten, in dem den Bewässerungslandwirten die notwendige Flexibilität verliehen wird, ihre Kulturpflanzenbestände zur rechten Zeit, mit der notwendigen Wassermenge in der erforderlichen zeitlichen Folge zu bewässern. Erreicht werden soll dies nicht nur durch eine Verbesserung des Zuleiter- und Bereitstellungssystems, sondern auch durch institutionelle und politische Änderungen innerhalb des Ministry of Water Resources and Irrigation. Letzteres soll nicht Gegenstand dieses Berichtes sein, hier soll nur der erstgenannte Aspekt kurz dargestellt werden.

Das „DSC package“ umfasst sowohl technische wie auch soziale Veränderungen der Bewässerungseinrichtungen die von den Landwirten betrieben werden.

Übersicht 2. Charakteristika des traditionellen und verbesserten ägyptischen Bewässerungssystems (Hvidt, 1998)

Traditional Irrigation Technology		The DSC Technological Package	
Technique:	Knowledge:	Technique:	Knowledge
Rotation system Private pumps Earthen low level mesqas Multiple point lifting	Pump operation Traditional farming knowledge	Continuous flow in branch canal Organizational pumps Improved mesqas: - Raised lined - Pipeline Single point lifting	Pump O&M Mesqa O&M Accounting practices Irrigation scheduling Organization building Scientific knowledge of agricultural practices On-farm water management
Organization:	Product:	Organization:	Product:
Ad hoc cooperation Shared ownership of e.g. pumps Shared mesqua cleaning	Low yielding crops	Permanent organizations Delegation of responsibility Dissemination of knowledge	High yielding crop varieties Change in cropping pattern

Die grundlegende Veränderung, die durch das IIP vorgenommen wird, stellt die Umstellung von der individuellen, multiplen Wasserförderung auf die gemeinschaftliche Einpunkt-Wasserförderung im Mesqabereich dar. Um dies zu ermöglichen, wird das Bewässerungssystem im Rahmen des IIP vom unterbrochenen (Rotation) auf laufenden Zufluss umgestellt, die Mesqas über Geländehöhe angehoben, die multiple durch die Einpunkt-Wasserförderung am Anfang der jeweiligen Mesqa ersetzt, und die Steuerung des Kanalnetzes von der Oberwasserregulierung auf Unterwasserregulierung umgestellt. Des weiteren werden Water-User Assoziations und ein Irrigation Advisory Service eingerichtet. Die Unterschiede zwischen traditionellen und dem verbesserten Bewässerungssystem sind in der Übersicht 2 dargestellt.

Die Projektfortschritt des IIP ist mit derzeit etwa 30.000 feddan pro Jahr relativ gering. Bisher wurden 130.000 feddan mit einer verbesserten Wasserbereitstellungsinfrastruktur ausgestattet. USAID hat kürzlich die Pilotvorhaben, die zum IIP führten und nach deren Vorbild das IIP geplant wurde, im Hinblick auf die erreichte Effektivität untersuchen lassen. Die Untersuchung ist zu dem Ergebnis gekommen:

- *to promote sustainability, cost sharing program with farmers is essential;*
- *there is a lack of staff to accomplish project goals;*
- *tripartite coordination between the farmers, Irrigation Advisory Service (IAS) and agricultural extension for improvement of water conservation and yield is lacking; and*
- *the construction program is behind schedule mainly due to late start and lack of experience of construction contractors, which require proper selection and close supervision of contracts.*

Als externer Beobachter kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, dass das IIP vor allem die betroffenen Wassernutzer überfordert. Die vorgenommenen Änderungen sind für die Wassernutzer, insbesondere die Kleinbauern sehr gravierend. Sie brauchen ganz offensichtlich mehr Zeit, um sich mit der neuen Situation, mit ihrer neuen Rolle etc. vertraut zu machen.

On-Farm Water Management

Unter On-Farm Water Management (OFWM) ist die Manipulation oder Handhabung des Wassers im Bereich der individuellen Farm zu verstehen. Räumlich versteht man darunter in Ägypten den Bereich, der dem tertiären Zuleitersystem, der Mesqa-Ebene, nachgelagert ist. Dazu gehören neben den einzelnen Bewässerungsflächen auch die Farmkanäle, die sogenannten Marwas. Entsprechend obiger Definition gehören auch die Felddrönanlagen und deren Management, bis hin zum Vorfluter dazu. In Ägypten werden die Felddrönanlagen allerdings bis hin zum letzten Sauger noch von der Egyptian Public Authority for Drainage Projects (EPADP) betrieben und unterhalten. Es ist jedoch kaum zu erwarten, dass die EPADP auf Dauer die notwendigen Haushaltsmittel zugewiesen bekommt, um den ordnungsgemäßen Betrieb der Felddrönanlagen durchzuführen. Früher oder später müssen diese Aufgaben von den Nutzern, d.h. den Bewässerungslandwirten wahrgenommen werden. Wobei die Funktionskontrolle wie auch die Instandhaltung der Felddrönanlagen in den unmittelbaren Zuständigkeitsbereich des jeweiligen Landeigentümers/Landnutzers fallen und damit zum Bereich des OFWM gehören dürfte, wie dies weltweit üblich ist.

Der Bereich in dem OFWM stattfindet beginnt in Ägypten, wie oben dargelegt im Übergangsbereich von der Mesqa zur Marwa und endet mit der Drönanlage, d.h. der Abgabe des Drönwassers an den Sammler bzw. Vorfluter. Zwischen diesen beiden Punkten hat der einzelne Landwirt unterschiedliche Möglichkeiten der Handhabung des Bewässerungswassers. Seine Möglichkeiten werden allerdings mehr oder weniger stark eingeschränkt durch die Zwänge, die sich aus der zeitlichen und mengenmäßigen Wasserbereitstellung und durch die Interessen des MWRI ergeben. Das MWRI hat vor allem ein Interesse daran, dass das System funktioniert und dass die Landwirte eine ressourcenschonende Handhabung des Wassers praktizieren. Durch die von den Landwirten geforderte ressourcenschonende Handhabung soll Wasser eingespart, qualitativ nicht abgewertet und für Bewässerungsvorhaben in den Wüstengebieten abgezweigt werden. Im Gegensatz dazu haben die einzelnen Landwirte im Regelfall ein ausschließliches Interesse daran, ihre eigenen Kulturpflanzenbestände hinreichend mit Wasser zu versorgen und damit die Erträge zu sichern, gegebenenfalls zu steigern sowie ein sicheres, möglichst hohes Einkommen zu erwirtschaften. Es interessiert sie nicht Wasser zu sparen, um dadurch die Ausweitung des ägyptischen Agrarwirtschaftsraumes zu ermöglichen. Diese Interessengegensätze sind nicht unüberbrückbar. Im Gegenteil: eine bedarfsgerechte, auf Ertrags-sicherung und –steigerung ausgerichtete Bewässerung ist im Regelfall auch durch eine relativ hohe Effizienz der Wassernutzung und damit durch Wassereinsparungen gekennzeichnet. Entscheidend für den ägyptischen Bewässerungslandwirt ist allerdings, dass sich die für die Effizienzsteigerung notwendigen Investitionen lohnen, dass sie einen deutlichen Gewinn abwerfen.

Zu den Maßnahmen die in Ägypten derzeit unter OFWM verstanden werden zählen: Förderung des Wassers aus der jeweiligen Mesqa in die Marwa, Wasserzuleitung zu den Bewässerungsflächen mittels der Feldkanäle (Marwa's), Flächenvorbereitung für die Verteilung des Wassers auf der Fläche, meliorative Maßnahmen zur Verbesserung des Bodenwasser- und -lufthaushaltes, Aufleitung und Verteilung des Wassers auf der Fläche, Ableitung des Überschusswassers. Für die Bewässerungslandwirte stellen der Betrieb und die Instandhaltung der Marwa's ein zunehmendes Problem dar, da sie sehr arbeitsaufwendig sind. Hinzu kommt, dass es verhältnismäßig lange dauert, bis die Marwa's während der „on-period“ mit Wasser gefüllt sind, d.h. bis die

eigentliche Bewässerung beginnen kann. Damit wird die „on-period“ für den einzelnen Landwirt verkürzt und kann dazu führen, dass ihm nicht genügend Zeit für die Bewässerung seiner Felder zur Verfügung steht. Bei Auskleidung oder Verrohrung der Marwa tritt dieses Problem nicht auf. Wenn der einzelne Landwirt in Kooperation mit seinen Feldnachbarn die Marwa durch Gated Pipes ersetzen kann, erlangt er zusätzlich Flexibilität in der Wasserverteilung und spart unproduktive Fläche ein. In Pilotprojekten hat sich die Verwendung von Gated Pipes in Ägypten bereits bestens bewährt.

Bei der Oberflächenbewässerung spielt die Oberflächengestalt der Bewässerungsfläche eine entscheidende Rolle für die Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung und damit für die Wasserversorgung der Pflanzen und deren Ertragsleistung. Bisher haben die ägyptischen Bewässerungslandwirte versucht dies durch Unterteilung ihrer Bewässerungsfläche in eine Vielzahl von Minibecken (etwa 10x10 m) zu erreichen. Die jeweils nach der Grundbodenbearbeitung erneut manuell herzustellenden Begrenzungsdämme dieser Minibecken erweisen sich zunehmend als ein großes Hindernis für die Mechanisierung der Pflege- und Erntearbeiten. Hinzu kommt, dass die Herstellung dieser Dämme, wie auch die manuelle Planierung sehr arbeitsaufwendig ist. Mit der Lasertechnik können heute auch unter ägyptischen Verhältnissen Planierungsarbeiten sehr exakt und kostengünstig ausgeführt werden, so dass sich die Anlage von Minibecken erübrigt und die Wasserverteilung auf der Fläche gleichmäßiger und weniger arbeitsaufwendig erfolgen kann.

Mit der Untergrundlockerung, sowie gegebenenfalls mit der Gipsdüngung und in Kombination mit der Dränung lässt sich der Bodenwasser- und -lufthaushalt vor allem im nördlichen Delta deutlich verbessern und damit ein Beitrag zur Ertragssicherung und -steigerung leisten. Auch tragen diese meliorativen Maßnahmen dazu bei, der Bodenversalzung und Bodenalkalisierung entgegen zu wirken. Gedrängt werden in Ägypten grundsätzlich alle Flächen, die einen Grundwasserstand von <1,00 m unter Flur aufweisen. Eine Anpassung des Grundwasserstandes an die Bedürfnisse der angebauten Kulturpflanzen (z.B. Reis) kann mit den installierten Dränanlagen z.Zt. nicht erfolgen.

Eine gezielte Steuerung der Bewässerung erfolgt in Ägypten z.Zt. noch nicht. Damit steht der Bodenwasserhaushalt auch selten in Einklang mit den Ansprüchen der bewässerten Kulturpflanzen. Hier dürfte noch ein erhebliches ungenutztes Ertragspotential und zugleich ein Wassereinsparungspotential vorliegen. Bei agronomischen Entscheidungen bleibt die Frage einer gezielten Wasserapplikation bisher unberücksichtigt.

Völlig unterentwickelt sind betriebswirtschaftliche, arbeitswirtschaftliche Überlegungen in Zusammenhang mit einem verbesserten On-Farm Water Management. Man hat noch nicht erkannt, dass die ägyptische Landwirtschaft in Zukunft nicht nur ihren Beitrag zur Sicherstellung der Ernährung der rapide wachsenden Bevölkerung zu leisten hat, sondern dass sie mit weniger Wasser auskommen muss und dass sie vor allem eine höhere Wertschöpfung pro eingesetzter Wassermenge erzielen muss. OFWM ist daher mehr als nur die Entwicklung technologischer Lösungsansätze.

Zur Lösung der Probleme im OFWM wurden in den vergangenen Jahren eine Reihe von Pilotvorhaben durchgeführt. Hierzu gehört u.a. das mit kanadischer Unterstützung durchgeführte National Development Project On-Farm Water and Soil Management

Project (OWSOM) und das Agriculture Policy Reform Program (gated pipes in der Zuckerrohrbewässerung) sowie das Egyptian German Cotton Sector Promotion Program (gated pipes, Beregnung, Tropf- bzw. Mikrobewässerung). Mit japanischer Unterstützung ist gerade ein weiteres Vorhaben angelaufen. Alle diese Vorhaben haben interessante Aspekte eines verbesserten OFWM erarbeitet, die einer landesweiten Einführung in der Praxis der Bewässerungslandwirtschaft harren. Die schnelle landesweite Verbreitung und Anwendung der erarbeiteten technologischen Ansätze ist trotz dieser Projekte bisher an der Skepsis der Bewässerungslandwirte gescheitert. Sie sind zwar interessiert, sehen aber noch nicht die wirtschaftlichen Vorteile, die entsprechende persönliche Investitionsentscheidungen rechtfertigen. Effizienzsteigerung in der Wassernutzung ist für sie in der Regel kein Argument.

Zusammenfassung

Das ägyptische Bewässerungssystem, das sich seit dem Bau des ersten Nil-Stauwehres und verschiedener Bewässerungskanäle im Jahre 1861 bis heute entwickelte, stößt zunehmend an seine Grenzen und bedarf dringend der Modernisierung. Dies vor allem, weil es nicht mehr in der Lage ist, allen Bewässerungslandwirten die für die Versorgung ihrer Kulturpflanzenbestände notwendige Wassermenge in der notwendigen Quantität und Qualität termingerecht bereitzustellen. Es werden die entwickelten Lösungsstrategien sowie die bis dato vorgenommene Umsetzung dieser Strategien aufgezeigt. Auf die Bedeutung des On-Farm Water Managements wird gesondert hingewiesen.

Summary

The present Egyptian irrigation system has evolved since the construction of the Nile barrages and irrigation canals in 1861. The system increasingly shows its limits and has to be urgently modernised. This is because the system is not any more able to supply all farms in time with the quantity and quality of water needed to supply the crops grown according to their needs. The paper describes the strategies developed to solve the problems of the Egyptian irrigation system and the measures undertaken so far to solve these problems. The importance of a modern on-farm water management is especially mentioned.

Literatur

Allam, A.E.I. et al., Water savings through improved irrigation in sugar cane cultivation.- Agriculture Policy Reform Program – Reform Design and Implementation Unit Report No. 71

Ellis, B., 2000: Review of Program of Gated-Pipe Irrigation on Sugarcane.- Agriculture Policy Reform Program – Reform Design and Implementation Unit Report No. 96

El-Fattal, L., 1999: Status of the Upper Egypt On-Farm Water Management Improvement Program.- Agriculture Policy Reform Program – Reform Design and Implementation Unit Report No. 86

El-Wafa, M.A., 1998: Economic analysis of sprinkler irrigation vs. Flood irrigation at Al-Mansheya.- Egyptian German Cotton Sector Promotion Program, Cairo.

El-Yazal, M.N.S. et al., 1998: Cotton crop response to sprinkler irrigation system in Egyptian old lands.- Egypt. J. Res. 76 (3), 1347 – 1361.

EWUP, 1984: Improving Egypt's Irrigation System in the Old Lands. Findings of the Egypt Water Use and Management Project. Final Report.- Selbstverlag Water Distribution and Research Institute, Water Research Center, Ministry of Irrigation, Government of Egypt, Bulaq-Cairo.

Hvidt, M., 1998: Water, Technology and Development. Upgrading Egypt's Irrigation System.- Tauris Academic Studies, London und New York.

Keith, J. et al., 1998: Egypt's sugarcane policy and strategy for water management.- Agriculture Policy Reform Program – Reform Design and Implementation Unit Report No. 33

Samaha, M. A.; Abu-Zaid, M.. 1980: Strategy for Irrigation Development in Egypt up to the Year 2000.- Water Supply & Management 4, 139 – 146

SFMP & CSPP, 1997: The impact of a developed irrigation system on cotton cultivation in old lands.- Egyptian German Cotton Sector Promotion Program, Cairo.

Uphoff, N.et al., 1991: Managing irrigation: Analyzing and improving the performance of Bureaucracies.- Sage, New Delhi.

Wolff, P., 1982: Technical aspects of mechanization in irrigation farming – a land improvement specialists view.- Applied Geography and Development Vol. 19, 7 – 21.

Wolff, P., 1988: Das ägyptische Bewässerungssystem und seine Probleme.- Der Tropenlandwirt 89, 45 – 53

Wolff, P., 1989: Werden die ägyptischen Sakia-Gemeinschaften Opfer des technischen Fortschrittes? Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft 24 (H. 2), 150 – 162.

Wolff, P. und R. Hübener, 1999: Irrigation in the world – The future will not be like the past.- Natural Resources and Development Vol. 51, 84 – 97.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Peter Wolff
Heiligenstaedter Weg 5
D-37213 Witzenhausen
Germany