

Heinz Schamp

## Sadd el-Ali, der Hochdamm von Assuan II\*

– Fakten, Ziele, Konsequenzen –

10

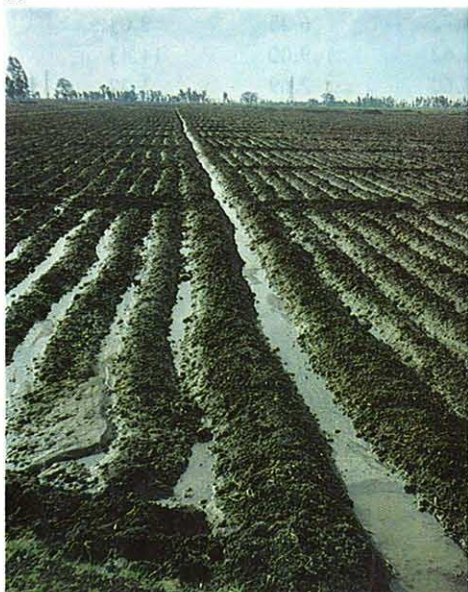


Abb. 10. Zur Frühjahrs-Bepflanzung mit Baumwolle vorbereitetes und bewässertes Feld im Nildelta. Die nach der Ernte der Winterfrucht – vor Baumwolle ist dies meist der Boden mit Stickstoff anreichernde Alexandrinische Klee oder Bersim – gepflügten und gefurchten Felder werden zunächst 5–6 Tage lang bewässert (Furchenbewässerung), bevor die Baumwolle, häufig noch mit einem Pflanzstock, ins obere Drittel der kleinen Erdwälle eingesät wird. Etwa alle drei Wochen wird während des Sommers (insgesamt in etwa 7–10 „Rotationen“, d.h. 5–6 Tage Bewässerung, 10–14 Tage keine Wasserzufuhr) die Bewässerung der heranwachsenden Pflanzen wiederholt (Photo: H. Schamp).

### 3.1 Das Nilschlamm-Problem

Für die Aufnahme der vom Nil mitgeführten Sedimente (Abbildung 2), die sich jahreszeitlich schwankend im Durchschnitt aus 27% Feinsand, 33% Lehm und 40% Schlamm zusammensetzen, sind rund 30 Mrd. m<sup>3</sup> sogenannten Totraumes im Staubecken vorgesehen. Dieser Totraum, dessen Obergrenze unter der Höhe der Tunnel-Durchlässe für das Turbinen- und Bewässerungs-Wasser bleibt, hat naturgemäß seine größte Tiefe und Ausdehnung nahe der Staumauer, während sich sein Fassungsvermögen flussaufwärts verjüngt. Bei einer durchschnittlichen Sedimentanlieferung von rund 125 Mio. Tonnen im Jahr (entsprechend etwa 60–100 Mio. m<sup>3</sup>) sollte dieser Totraum insgesamt ausreichen, die Sedimentführung des Nils über mindestens 300–500 Jahre aufzunehmen. Damit steht der Assuanhochdamm in dieser Hinsicht wesentlich besser da als manche anderen neuen Staudämme, z.B. in Nordamerika, für die die Gefahr der Sedimentauffüllung schon für dieses oder das nächste Jahrhundert besteht.

Als problematisch hat sich beim Assuan-Hochdamm jedoch gezeigt, daß die Ausfällung der Sedimentfracht nicht unmittelbar hinter dem Staudamm einsetzt und daß der Schlamm also den Totraum nicht von dort aus – sozusagen rückwärts schreitend –, wie es ideal wäre, auszufüllen beginnt, sondern daß die Ablagerung der Sedimentlast selbstverständlich in dem Augenblick schon einsetzt, in dem die Fließgeschwindigkeit des Flusses mit dem Eintritt in die Stauzone, also an deren oberem Ende, abnimmt. Somit werden die Hauptschlammmassen schon auf sudanesischem Boden bei der Einmündung des Flusses in den Nasser-See abgelagert und bilden hier ein sich selbst hinderndes Delta.

Die dabei entstandene, mit den Jahreszeiten- und Abflußhöhen-abhängigen Seespiegelschwankungen sich verändernde Flußdelta-Landschaft im saharischen Niltal läßt zudem

geomedizinisch-ökologische Fragen wach werden (siehe weiter unten).

Die Schlammarmut des Nilwassers unterhalb des Hochdamms als Folge der Vollspeicherung des Nilabflusses wurde dagegen in Kauf genommen, zumal schon seit Beginn der Umstellung von der Bassinbewässerung auf Dauerbewässerung und seit dem Bau des alten Assuan Damms immer mehr Felder sowie nicht mehr in den Genuß der Überflutung und damit der natürlichen Schlammdüngung kommen konnten. Das aus den Kanälen in die Furchen und Gräben der Felder geleitete, den alten Assuanstaudamm passierende und daher noch schlammgetriebene Bewässerungswasser hatte allerdings noch eine gewisse Düngewirkung. Andererseits wurden die Ackerböden jetzt durch die mehrmalige Bestellung im Jahr doppelt und dreifach beansprucht und ausgelaugt. Die Folge war, daß schon um die Jahrhundertwende überall die Erträge zurückgingen, sobald den Böden nicht die notwendigen Nährstoffe durch andere Düngerarten zugeführt wurden. Viehdünger fiel aber beim Fehlen einer Stallhaltung kaum an. Er wurde allenfalls gesammelt und in getrocknetem Zustand als Brennmaterial verwandt. Dagegen wurde der Kot der Tauben (weswegen überall auf dem Lande große und prächtige Taubenhäuser zu finden waren), oft vermischt mit dem Aushub der alljährlich einmal gereinigten Kanäle, zur Düngung der Gärten und Felder benutzt. Auch der ammoniakreiche Schutt verfallener Siedlungen der Antike wurde – bis dies verboten wurde – abgegraben und als Dünger auf die Felder gestreut. Im Niltal Oberägyptens gefundene Phosphate wurden seit Anfang des Jahrhunderts zu Superphosphat verarbeitet, während die an der Küste des Roten Meeres bei Safaga und Kosseir gefundenen Phosphate ausschließlich für den Export abgebaut wurden. Der trotz stickstoffsammelnder Fruchtfolge (Klee vor Baumwolle) vor allem notwendige Stickstoffdünger mußte eingeführt werden. Erst eine ausreichende Elektrizitätserzeugung am Hochdamm er-

\*Fortsetzung aus Geowissenschaften in unserer Zeit, Heft 2, 1982, Seite 51–59.

möglichte den Aufbau einer eigenen Stickstoffdüngerfabrikation (z. B. Kima bei Assuan).

Der Verbrauch an Mineräldünger war also schon seit dem Bau des (alten) Assuandammes infolge des Ausbleibens der Schlammüberdeckung und nicht erst seit dem Hochdammbau notwendig und seitdem laufend gestiegen; er beträgt heute rund 175 kg/ha im Jahr, womit Ägypten in der Spitzengruppe der Mineräldüngerverbrauchenden Länder liegt. Da Mineräldünger die notwendigen Nährsalze, heute oft auch einschließlich der erforderlichen Spurenelemente, in einer der Pflanze gut zugänglichen Form (wie sie sie auch im natürlich angereicherten Boden finden würde) enthält, sind bei richtiger Dosierung – woran es allerdings manches Mal fehlt – daraus keine grundsätzlichen Schäden zu erwarten. Die oft auf die Mineräldüngergaben zurückgeführte Versalzung der Böden hat vorwiegend andere Gründe (s. u.).

### 3.2 Die „Degradation“

Schwerer wiegt das Fehlen der Sedimentfracht im gesamten Flußbett unterhalb des Hochdammes bis hin zum Delta. War vor der Hochdampperiode die Schlamm Bilanz (also Antransport, Ablagerung, Abtragung und Abtransport) positiv (d. h. es wurde Schlamm im Flußbett abgelagert) oder wenigstens ausgeglichen (d. h. Ablagerung und Abtragung hielten sich die Waage, Tabelle 4), so nahm die Schlammfracht nach dem Bau des Hochdammes rapide ab (Abbildung 12). Diese Abnahme verlief keineswegs gleichmäßig, sondern zeigte in ihrem Verhalten längs des Flusses erhebliche Unterschiede. Messungen an Pegeln am Unterlauf des Nils zeigten merklich größere Mengen transportierten Materials als im Oberlauf. Die Schlamm Bilanz war also negativ geworden: es wurde nicht mehr wie früher Schlamm im Flußbett abgelagert, sondern im Gegenteil abgetragen und abgeführt: Sowohl Flußbett, wie Ufer und Böschungen unterliegen einer verstärkten Erosion.

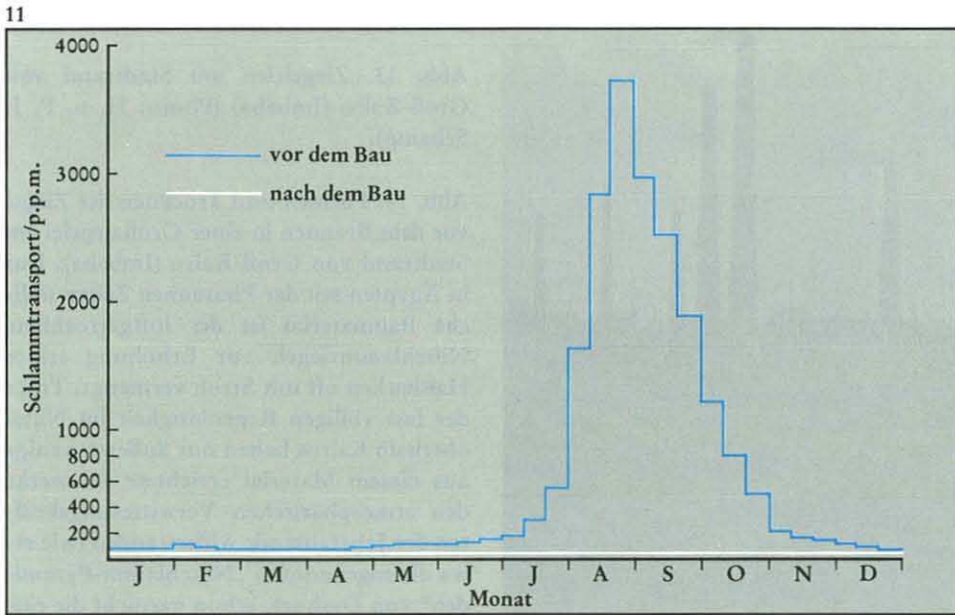
Diese „Degradation“ ist das Zeichen dafür, daß das Gleichgewicht zwischen Wasserführung, Sedimentladung, Fließgeschwindigkeit und Gefällskurve gestört ist und daß der Fluß unter seinem neuen Abflußregime sich bemüht, auch einen neuen Gleichgewichtszustand zu finden. Daraus ergeben sich vielfältige Probleme. Die zunehmende Tiefen- und Seitenerosion des Flusses gefährdet durch

**Tabelle 4a. Die die Meßstellen Gaafra, Esna, Nag Hammadi, Assiut und die Deltasperrre passierende Jahres-Schlamm last (in Mio. Tonnen).**

Jahr	Gaafra	Esna	Nag Hammadi	Assiut	Delta Wehr
1964	26.27	29.42	36.43	38.67	51.76
1965	5.68	6.71	7.33	13.83	10.46
1966	3.78	4.02	4.72	6.25	9.04
1967	3.14	4.09	6.62	9.00	14.43
1968	2.30	7.58	2.60	2.69	3.22
1969	1.91	2.30	2.69	3.23	3.15
1970	2.67	2.97	3.47	3.88	4.44
1971	2.46	2.66	3.16	3.56	4.50
1972	2.71	3.01	3.51	3.91	4.40
1973	2.78	3.20	3.65	4.20	5.06
1974	2.83	3.20	3.65	4.20	5.08
1975	1.82	2.20	2.70	3.30	4.44
1976	1.61	1.95	2.45	3.05	3.98
1977	1.61	1.95	2.45	3.10	4.02

**Tabelle 4b. Sedimentlasten, die der Nil in einzelnen Flußabschnitten aus seinem Flußbett aufnahm (in Mio. Tonnen).**

Im Jahr	Gaafra-Esna	Esna-Nag Hammadi	Nag Hammadi-Assiut	Assiut-Delta-Wehr
1964	3.20	7.00	2.20	13.10
1965	1.00	0.60	6.30	3.00
1966	0.20	0.70	1.60	2.50
1967	1.00	2.50	2.40	5.40
Summe der Abtragung aus dem Flußbett 1964–1967	5.40	9.80	12.50	33.00
1968	0.30	0.50	0.40	0.20
1969	0.40	0.40	0.50	0.10
1970	0.30	0.50	0.40	0.50
1971	0.30	0.50	0.40	0.50
1972	0.30	0.50	0.40	0.50
1973	0.40	0.45	0.55	0.80
1974	0.40	0.45	0.55	0.80
1975	0.40	0.50	0.60	1.10
1976	0.35	0.50	0.60	0.93
1977	0.35	0.50	0.65	0.90
Summe der Abtragung aus dem Flußbett 1968–1977	3.50	4.80	5.05	6.33



**Erläuterungen zu den Tabellen 4a und 4b.**

Die Schlammführung des Nils, die im Jahresdurchschnitt der Jahre 1929–1955 bei Assuan 124 Mio. Tonnen – mit geringen Konzentrationen von < 100 ppm vom Dezember bis Juni und mit einer maximalen Konzentration von > 1000 ppm (absol. Max. 3765 ppm in der letzten August-Dekade) im August und September – betrug, war vor 1964 oberhalb und unterhalb des alten Assuandammes bis auf einige ganz geringe Verschiebungen nahezu gleich und entsprach der natürlichen Schlammführung des Flusses.

Mit Schließen der Kofferdämme im Nil bei Beginn des 2. Bauabschnitts des Sadd el-Ali im Jahre 1964 änderte sich die Schlammführung des Nils unterhalb Assuan grundlegend.

Die maximalen Konzentrationen gingen am unterhalb Assuans gelegenen Pegel Gaafra auf ein Drittel, am Pegel El Ekhsas oberhalb Kairo auf die Hälfte zurück.

In den folgenden Jahren nahmen Schlammkonzentration und Schlammlast des Flusses weiter ab.

Ab 1968 (Fertigstellung des Sadd el-Ali) steht der Fluß hinsichtlich Wasser- und Schlammführung völlig unter einem neuen Regime. Die durchschnittliche Konzentration erreicht in Gaafra nur noch 41 ppm im Jahr, in El Ekhsas 116 ppm im Jahr.

Ein Vergleich der Schlammlast zeigt, daß die-

se insgesamt – mit Schwankungen – abnimmt, und zwar in den ersten Jahren rascher als nach 1968, daß jedoch diese Schlammlast an der Deltasperre stets höher liegt als unterhalb von Assuan, woraus zu schließen ist, daß der Nil sein eigenes Flußbett angreift und abträgt.

Aus diesen Zahlen läßt sich nach Shalash [24] die von dem Fluß in den einzelnen Flußabschnitten jährlich wieder aufgenommene und abgeführte Schlammlast errechnen:

Die graphische Darstellung [3] der Angaben aus Tabelle 4a zeigt

– eine offensichtlich asymptotische Annäherung der Sedimentführung nach Vollwirkung des neuen Abflußregimes an einen neuen Gleichgewichtszustand,

– aber auch, daß die an den flußabwärts gelegenen Pegeln gemessene Schlammlast stets größer ist als die an den flußaufwärts gelegenen Pegeln, daß also der Materialabtransport in dem jeweiligen Flußabschnitt zwischen zwei Pegeln größer ist als die Sedimentzuführung.

(Jüngste Beobachtungen (mündliche Mitteilung) über eine stärkere Sandführung der Delta-Arme des Nils lassen vermuten, daß die Zusammensetzung der „Rest“-Fracht sich geändert hat und daß der Fluß nach Ausspülung des feineren Materials jetzt z. T. gröberes (sandiges) Bett-Material angreift und abtransportiert.)

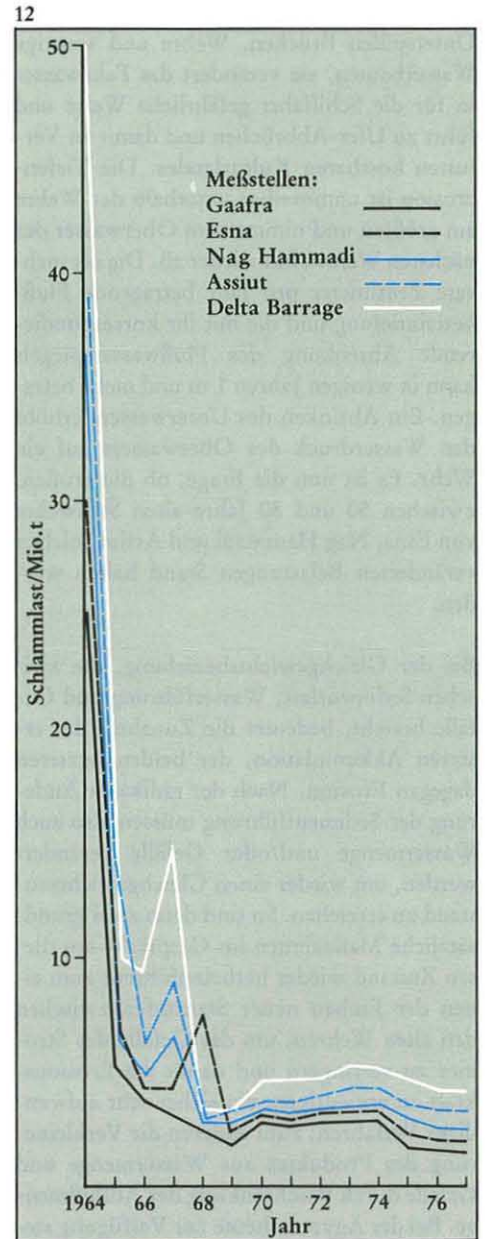


Abb. 11. Der Schlammmtransport im Nil vor und nach dem Bau des Sadd el-Ali, Meßstelle Gaafra (35 km unterhalb Assuan).

Abb. 12. Die Jahres-Schlammlast (in Mio. t) des Nils in der Bauzeit des Sadd el-Ali (z. Bauabschnitt) und seit voller Inbetriebnahme des Hochdammes (1948).

Unterspülen Brücken, Wehre und sonstige Wasserbauten, sie verändert das Fahrwasser in für die Schifffahrt gefährliche Weise und führt zu Ufer-Abbrüchen und damit zu Verlusten kostbaren Kulturlandes. Die Tiefenerosion ist unmittelbar unterhalb der Wehre am größten und nimmt zum Oberwasser des nächsten Wehres hin wieder ab. Die oft mehrere Zentimeter pro Jahr betragende Flußbetteintiefung und die mit ihr korrespondierende Absenkung des Flußwasserspiegels kann in wenigen Jahren 1 m und mehr betragen. Ein Absinken des Unterwassers erhöht den Wasserdruck des Oberwassers auf ein Wehr. Es ist nun die Frage, ob die großen, zwischen 50 und 80 Jahre alten Stauwehre von Esna, Nag Hammadi und Assiut solchen veränderten Belastungen Stand halten werden.

Bei der Gleichgewichtsbeziehung, die zwischen Sedimentlast, Wasserführung und Gefälle besteht, bedeutet die Zunahme der ersteren Akkumulation, der beiden letzteren dagegen Erosion. Nach der radikalen Änderung der Sedimentführung müssen also auch Wassermenge und/oder Gefälle verändert werden, um wieder einen Gleichgewichtszustand zu erreichen. So sind denn zwei grundsätzliche Maßnahmen im Gespräch, um diesen Zustand wieder herbeizuführen: zum einen der Einbau neuer Staustufen zwischen den alten Wehren, um das Gefälle des Stromes zu verringern und damit die Erosionskraft zu erniedrigen, ein sicher sehr aufwendiges Verfahren; zum anderen die Verkleinerung des Produktes aus Wassermenge und Gefälle durch Beschränkung der Abflußmenge. Bei der Ägypten heute zur Verfügung stehenden Gesamtjahresmenge von 55,5 Mrd.  $m^3$  beträgt der gleichmäßig über das Jahr verteilte mittlere Abfluß im Durchschnitt  $1760 m^3/sec$ . Doch können Hochwasserspitzen wesentlich höhere Abflußmengen hervorrufen, vor allem, wenn zur Zeit der neuen Hochwasserbelastung der Stauseespiegel infolge vorhergehenden überdurchschnittlichen Zuflusses noch relativ hoch steht – was seit 1964 schon mehrmals der Fall war. Die dann auftretenden Überlaufmengen können in der Zukunft sehr gefährlich werden. Die von den Sowjets am Hochdamm eingebaute Entlastungs- und Überlaufanlage ist für einen Abfluß von  $6000 m^3/sec$  ausgelegt. Solche Abflußmengen würden aber die Degradationserscheinungen außerordentlich fördern und vielleicht eine Katastrophe für das Niltal bedeuten. Zu ihrer Vermeidung baut man jetzt etwa 250 km oberhalb des Hochdammes

13



Abb. 13. Ziegeleien am Stadtrand von Groß-Kairo (Imbaba) (Photo: H. u. P. J. Schamp).

14

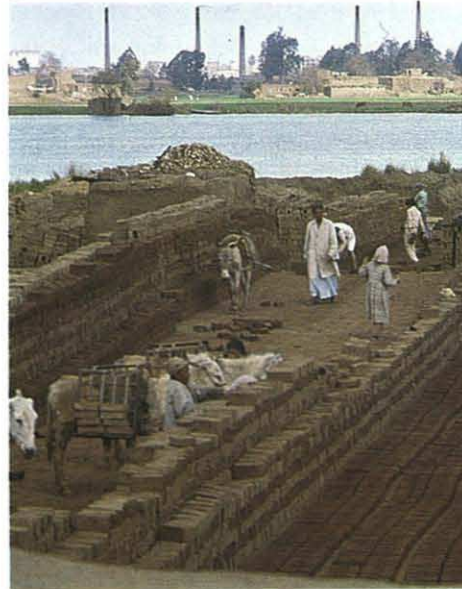


Abb. 14. Formen und Trocknen der Ziegel vor dem Brennen in einer Großziegelei am Stadtrand von Groß-Kairo (Imbaba). Das in Ägypten seit der Pharaonen Zeiten übliche Baumaterial ist der luftgetrocknete Nilschlammziegel, zur Erhöhung seiner Haltbarkeit oft mit Stroh vermengt. Trotz der fast völligen Regenlosigkeit im Niltal oberhalb Kairo haben nur äußerst wenige aus diesem Material errichtete Bauwerke den atmosphärischen Verwitterungskräften der Jahrtausende widerstanden (wie etwa die sogenannten „Nilschlamm-Pyramiden“ von Dashur), schon garnicht die einfachen Behausungen der Bevölkerung. Erst das Brennen der aus dem alljährlich sich erneuernden Nilschlamm geformten Ziegel hat die Bauten beständiger gemacht. Doch auch heute noch sind die dörflichen Häuser vielfach aus luftgetrockneten Ziegeln gebaut. Man findet aber auch allenthalben auf dem Lande die kleinen bäuerlich-handwerklichen Feldbrand-Ziegeleien wie auch große industriemäßig betriebene Ziegeleien in der Nähe der Städte. Gerade diese sind oft von einem Kranz, wegen des mit Ölrückständen vermengten Strohes als Brennmaterial dick qualmenden Ziegelei-Schornsteinen umgeben. Nachdem die neue Nilwasserwirtschaft die alljährliche Schlammzufuhr unterbunden hat, ist die Verwendung des Nilschlammes für die Ziegelherstellung Raubbau am wichtigen Produktionsfaktor Boden und daher seit einigen Jahren grundsätzlich verboten. Der anderweitig jedoch (noch) nicht zu deckende Bedarf an Baumaterial hat vielerorts Ausnahmegenehmigungen erzwungen, was in der Nähe der Städte auf sowieso zur Bebauung vorgesehenem Land vielleicht noch tragbar erscheint, ansonsten aber sicher sehr bedenklich ist (Photo: H. u. P. J. Schamp).

in einer weit nach Westen vorspringenden Bucht des Stausees eine neue Überlaufanlage, die schon bei einem Wasseranfall von mehr als  $3000 m^3/sec$  das Überschußwasser durch einen 25 km langen Kanal in die Toshka-Senke ableitet. Das ist natürlich ein Verlust an Bewässerungswasser. Inwieweit sich daraus Nutzen für die Wasserversorgung (durch oberirdische Überleitung oder unterirdische Versickerung) des 100 km nördlich der Senke beginnenden Kultivierungsprojektes „Neues Tal“ ziehen läßt, ist noch umstritten. Für den Hochdamm bedeutet das Toshka-Projekt aber die Möglichkeit der Anhebung der maximalen Stau- und damit der Fallhöhe für das Kraftwerk um ca. 4 m, was dessen Leistung um 3% zu steigern erlaubt; weiterhin wird der Nutzinhalt des Stausees erheblich vergrößert; und schließlich läßt sich die Belastbar-



Abb. 15. u. 16. Fischfang und Schilfgewinnung am Idku-See östlich von Alexandria. Der Idku-See ist einer der (vorwiegend) brackischen, durch einen Strandwall oder eine Nehrung vom offenen Meer getrennten flachen Küstenseen des Nildeltas; er liegt zwischen Abukir und der Rosette-Mündung des Nils östlich von Alexandria. Von der Verarmung des Nilwassers an Nährstoffen nicht unmittelbar betroffen (wie die Fluß- und Küstenfischerei) liefern diese Lagunen heute über ein Drittel der ägyptischen Fischfang-Erträge. Auch das Schilfrohr der stark verlandenden Seen wird für vielerlei Zwecke genutzt und daher alljährlich abgeerntet (Photo: H. u. P. J. Schamp).

keit der alten wie der eventuell neu zu errichtenden Stauwehre im Niltal unterhalb Assuans auf 3000 m<sup>3</sup>/sec (statt auf 6000 m<sup>3</sup>/sec) beschränken [4].

Jüngste Veröffentlichungen [3] halten den inzwischen (1980) weitgehend abgeschlossenen Bau des Toshka-Kanals, dessen wasserwirtschaftlicher und wasserbautechnischer Planung die von Hurst [10] veröffentlichten Abflußmengen am Pegel Assuan und die von ihm prognostizierten (monatlichen) künftigen Abflußmengen zu Grunde lagen, für überflüssig, wenn man stattdessen die auf Grund der jetzt über 100jährigen Beobachtungen simulierten und computerberechneten künftigen täglichen Zuflußmengen des Nils für die Regelung des Hochdamm-Abflusses (bei Vermeidung von die Gefahren-

grenze überschreitenden Abflüssen) zu Grunde gelegt hätte. Inwieweit dabei aber Spielraum für eventuell verstärkten Abfluß des Nils in der Zukunft (z. B. durch Realisierung des Jonglei-Projektes, durch andere wasserbauliche Maßnahmen, oder durch verstärkte Abholzung in Äthiopien) noch gegeben wäre, ist nicht ersichtlich.

### 3.3 Weitere Vielfachfolgen der Sediment- und Schwebstoff-Armut

Der Fortfall der Nilschlammzufuhr hat noch weitere unliebsame Folgen recht unterschiedlicher Art: seit Jahrtausenden war ja das Baumaterial für den Hausbau in Stadt und Land der sich alljährlich erneuernde Nilschlamm, aus dem früher luftgetrocknete, heute gebrannte Ziegel in unzähligen kleineren und

größeren Feldbrennereien und Ziegeleien hergestellt wurden. Seitdem das Land nicht mehr überflutet und der Nilschlamm nicht mehr auf den Feldern abgelagert wird, hat man vielfach den Aushub aus den verschlammten Kanälen außer zur Düngung auch zur Ziegelherstellung benutzt. Nachdem die Schwebstoff-Führung des Flusses aber ganz unterbrochen ist, bedeutet die Verwendung des Nilschlammes zur Ziegelherstellung Raubbau am so wichtigen kulturfähigen Boden! Darum ist diese Art der Ziegelherstellung seit einigen Jahren durch Gesetz verboten. Da jedoch bei dem von Bevölkerungsexplosion und Wirtschaftswachstum geförderten Bauboom die an sich recht umfangreiche Zementproduktion des Landes als Ersatz für die Ziegelherstellung nicht ausreicht und zu teuer ist – und wegen anderer Eigenschaften der Zementsteine diese für den Wohnhausbau nicht sonderlich beliebt sind –, eine Umstellung der Ziegelproduktion auf andere Rohmaterialien (was technisch z. B. mit sandhaltigen Tonen usw. möglich wäre) noch viel zu kostspielig ist, produzieren die Ziegeleien, um den Bedarf zu decken, mit Sondergenehmigungen weiter Nilschlamm-Ziegel und graben den fruchtbaren Nilschlammboden ab. Soweit dies in stadtnahen Gebieten geschieht, die sowieso baldiger Industrie- oder Wohnbebauung zum Opfer zu fallen drohen, erscheint dieses Verfahren noch akzeptabel. Andererseits wird zur gleichen Zeit an anderer Stelle mühselig und unter hohem Kostenaufwand Neuland aus Wüstenböden mit Hilfe des Hochdamm-Wassers kultiviert!

Die auch an organischen Bestandteilen reichen Schwebstoffe, die der Nil ins Meer abführt, gaben bei ihrer Ausfällung beim Zusammentreffen mit dem Salzwasser des Meeres vor der Küste des Deltas die Nahrung ab für große Fischschwärme (Sardinen), die die Grundlage einer ausgedehnten Küstenfischerei waren. Mit dem Ausbleiben des Nilschlammes wurde diesen Fischschwärmen die Nahrungsbasis entzogen und die Fischererträge gingen erheblich zurück (Tabelle 5). Die Fischerei auf den Delta-Seen bot bei weitem keinen ausreichenden Ersatz. Dagegen aber steigen jetzt im Nasser-See von Jahr zu Jahr die Erträge an Süßwasserfischen. Auf den Märkten der oberägyptischen Städte findet man ein reiches Angebot von Fischen guter Qualität aus dem Hochdamm-Stausee. Doch behindern hier noch mangelnde Ausrüstung und Ausbildung der Fischer sowie fehlendes Kapital für eine Verarbeitungsin-

dustrrie, aber auch eine noch zu geringe Nachfrage wegen anderer Ernährungsgewohnheiten den Ausbau der Binnenfischerei im Stausee.

Kaum jemand hat damit gerechnet, daß der krasse Rückgang der Schwebstoff-Führung des Nils die Qualität des ihm entnommenen Trinkwassers nicht verbessert, sondern verschlechtert, beziehungsweise seine Aufbereitung erschwert hat. Seither durch die Flußtrübe verhindert, fördert jetzt die in das klare Wasser tief eindringende Sonnenstrahlung – begünstigt auch durch eine von Düngemittleresten bedingte Eutrophierung – ein starkes Algenwachstum, dem die Wasserwerke mit zusätzlichen Aufbereitungsverfahren begegnen müssen.

Zur Diskussion steht auch die Frage, ob der Rückgang der Schlammführung zu einer Erosion der Delta-Küsten führt. Uferabbrüche bei Abukir und weggespülte Sommerhäuser bei Ras el-Barr schienen zu Beginn

der siebziger Jahre auf entsprechende Folgewirkungen des Sadd el-Ali hinzuweisen. Sicher ist das seitherige Gleichgewicht zwischen Sedimentzufuhr durch den Nil und Abtrag durch den Küstenstrom gestört. Doch unterliegt das Delta wie jedes Delta ständiger Veränderung, und die Küstenerosion ist schon ein altes Phänomen zwischen Alexandria und Port Said, in das die neue Situation nur modifizierend eingreift. Untersuchung wie Behebung eventuell festgestellter Erosionsschäden sollen daher auch Aufgabe eines allgemeinen, im Aufbau befindlichen Küstenschutzes sein [12, 20].

### 3.4 Die Versalzung als Folge der Veränderung des hydrologischen Systems

Von grundsätzlicher Bedeutung sind die völlige Veränderung des Abflußregimes des Nils unterhalb des Hochdammes und die daraus abzuleitenden Folgen im Wasserhaushalt des Niltales. Vor dem Bau des Sadd el-Ali war das hydrologische Regime des Nils durch

zwei deutlich voneinander getrennte, ungleich lange Abschnitte gekennzeichnet: einer Hochflutzeit von 2-3 Monaten und einer Niedrigwasserzeit von 7-8 Monaten. Dieses natürliche Regime, das Pegelstandsunterschiede von 8-9 m zwischen Höchststand und Tiefstand des Flusses aufwies, war auch durch die Wasserbauten des 19. und 20. Jahrhunderts, also auch durch den alten Assuandamm, nicht grundsätzlich verändert worden. Dem jahreszeitlichen Wechsel der Flußwasserstände folgte in dem Lockerboden des Niltales und Nildeltas mit gewisser Verzögerung und mit ausgeglicheneren Differenzen auch der Grundwasserstand.

Mit der Fertigstellung und Inbetriebnahme des Sadd el-Ali wurde dieser von der Natur vorgegebene zweigeteilte Rhythmus jedoch abgebrochen, der natürliche, von Hoch- und Niedrigwasser des Nils gesteuerte Abfluß unterblieb und an seine Stelle trat ein allein den Bedürfnissen der Feldbewässerung folgender kontrollierter Abfluß. Bei dem Ziel eines ganzjährigen Anbaus bleibt dieser kontrollierte Abfluß während des ganzen Jahres mit nur geringen, dem jeweiligen Bedarf angepaßten Schwankungen und einem dem höheren Sommerverbrauch entsprechenden flachen Maximum im Juni/Juli nahezu gleich (Abbildung 17). Jedenfalls überschreitet die Amplitude der Wasserstandskurve meist nicht mehr 1,5 m! Dementsprechend halten sich auch die Schwankungen des Grundwasserspiegels in engen Grenzen. Das vorherige durch große jahreszeitliche Wasserstandsschwankungen ausgezeichnete natürliche hydrologische System des ägyptischen Niltales wurde also abgelöst von einem völlig andersartigen, vom Menschen gesteuerten System, das nur noch äußerst geringen Schwankungen unterworfen ist und demzufolge einen weitgehend gleichmäßig hohen Wasserstand aufweist.

Die zu erwartende Änderung im hydrologischen Verhalten des Nilsystems war den Wissenschaftlern und Technikern (dem „Oberen Management“) durchaus bekannt; Bedeutung und Gefahr für die landwirtschaftliche Betriebsstruktur wurden jedoch wohl unterschätzt, ein „Mittleres Management“, das den Betroffenen, nämlich den Fellachen, die aus der Systemveränderung notwendigerweise folgenden betriebstechnischen Änderungen hätte verständlich machen sollen, fehlte. So wurde die technische Veränderung nicht ergänzt durch eine wasserwirtschaftlich-betriebliche Anleitung, ein

Tabelle 5. Entwicklung des Fischfangs (in 1000 t) in Ägypten seit dem Bau des Sadd el-Ali nach Fanggebieten.

Fanggebiet	1964	1966	1968	1970	1972	1974	1976	1978	1979
Mittelmeer	31.0	22.6	12.2	7.8	10.0	10.5			
Sonstige Seegebiete (Rotes Meer, Atlantik, Indik)	20.7	15.0	4.3	13.3	30.7	28.3			
Delta-Seen (Mariut, Idku, Burlus, Mansala, Port Fuad, Bardawil- Lagune)	44.2	38.5	34.8	33.1	32.2	51.3			
Nil, Karun-See (Fischteiche)	21.0	22.1	22.1	21.6	23.0	23.6			
Nasser-See	–	0.6	1.9	4.5	7.4	12.3			
Gesamt- Fischfangmenge	117.1	98.8	75.3	80.3	98.3	126.0	102.8	99.9	137.5

Quellen: CAPMAS, Cairo 1976; Feldstudie Ägypten 1976 des Statistischen Bundesamtes, Wiesbaden 1977; Länderkurzbericht Ägypten 1981 des Statistischen Bundesamtes, Wiesbaden 1982.

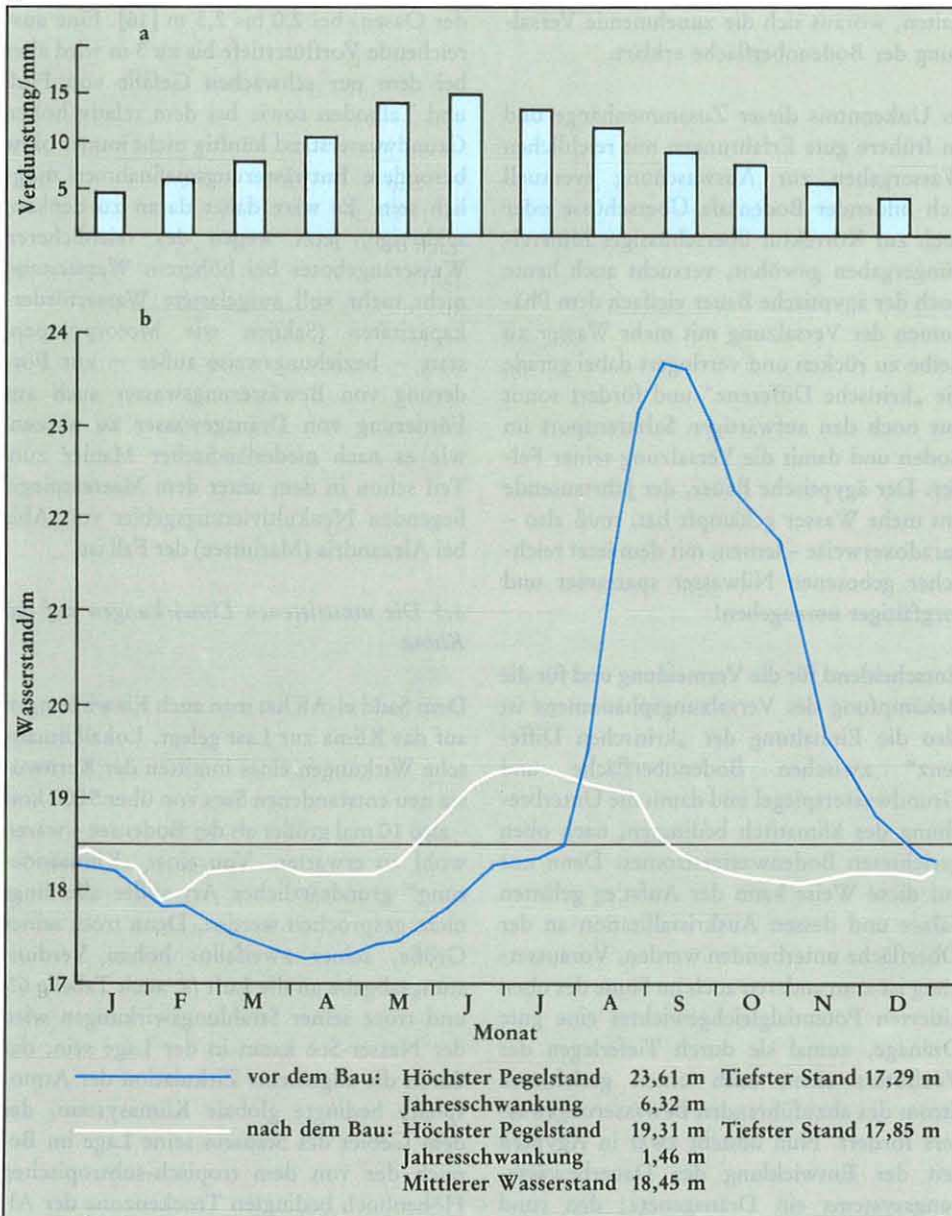


Abb. 17. Mittlere tägliche Verdunstung in mm (Minia/Mittelägypten). Zehntagesmittel der Wasserstände am Pegel El Leithy/Mittelägypten vor und nach dem Bau des Sadd el-Ali.

„system-veränderndes“ Projekt damit eigentlich nur zur Hälfte durchgeführt! Gegenüber allen oft angeprangerten technischen Unvollkommenheiten und „Fehlern“ scheint dieses Versäumnis auf die Dauer gesehen das schwerwiegendste zu sein, weil es zu seiner Beseitigung eines langwierigen Lernprozesses bei den Bauern bedarf, der zweckmäßigerweise schon vor dem ersten Spatenstich für den Hochdamm-Bau hätte begonnen werden müssen.

Welche Folgen die Mißachtung der ökologischen Konsequenzen dieser Systemveränderung und deren Unkenntnis bei den Bauern haben kann, zeigt die jetzt das Niltal und Nildelta bedrohende Versalzung der Böden. Mit einer Art „Grauschleier“ auf den Feldern deutet sich dieser Versalzungsprozeß an, der

nach und nach die Ertragsfähigkeit des Bodens bis zur Unfruchtbarkeit herabsetzt und schließlich ein mit weißen Salzkristallen überzogenes Feld hinterläßt. Früher nur im nördlichen Delta stellen- und zeitweise bekannt und als Vordringen salzigen Meerwassers im Untergrund beschrieben, nehmen jetzt von Jahr zu Jahr immer größere Flächen im Delta, im Niltal und im Fayum (übrigens auch unabhängig vom Nilwasser in den Oasen des „Neuen Tals“) ein solches Aussehen an. Dies ist ein Zeichen dafür, daß in diesen Böden das Gleichgewicht zwischen den wirkenden Kräften gestört ist.

In einem humiden Klima, in dem der Niederschlag größer ist als die Verdunstung ( $N > V$ ), dringt der nicht verdunstende und nicht oberflächlich ablaufende Teil des Regenwas-

sers in den Boden ein, sickert durch die oberen Bodenschichten hindurch und mündet schließlich ins Grundwasser ein: der Bodenwasserstrom ist also grundsätzlich von oben nach unten gerichtet. Im ariden Klima dagegen ( $V > N$ ) wird kein überschüssiges Wasser in den Boden einsickern und bis zum Grundwasser vordringen können, im Gegenteil: die große Verdunstungskraft (potentielle Evaporation) zieht alle im Boden vorhandene Feuchtigkeit nach oben. Die Bodenkunde spricht von einem Potentialgefälle, das im humiden Klima (Versickerung) nach unten, im ariden Klima (Verdunstung) nach oben gerichtet ist und entsprechende Bewegungen des Bodenwassers erzwingt. Die gelösten Salze werden im ariden Falle mit nach oben transportiert und bei der Verdunstung des Wassers an der Oberfläche auskristallisiert.

Damit ist allerdings noch keineswegs geklärt, warum dieses Phänomen gerade jetzt so stark und intensiv auftritt, während die Erscheinung früher in der Niltaloase eigentlich nur selten und nur randlich, vor allem am Nordrand des Deltas, auftrat. Die an sich im ariden Klima immer vorhandene Anfälligkeit der Böden zur Versalzung muß also jetzt durch Störung des labilen Gleichgewichts zu Veränderungen geführt haben. Den Anlaß zu dieser Störung liefert das geänderte Abflußsystem des Nils.

Die Wasserstandsschwankungen von nun nur noch weniger als 1,5 m, statt 7 bis 9 m früher, bestimmen auch das heutige Grundwasserhalten. Zur Zeit des früheren herbst-winterlichen Nilhochstandes stieg auch das Grundwasser an, während die Verdunstung in dieser „kühleren“ Jahreszeit vergleichsweise gering war; die Bodensalze wurden im reichlichen Boden- und Bewässerungswasser gelöst. Mit dem Rückgang des Nilwasserstandes sank auch der Grundwasserspiegel ab, der im Boden vorhandene Wasserüberschuß folgte dem absinkenden Grundwasserspiegel nach, verdunstete zum Teil allerdings auch bei der im Frühjahr zunehmenden Verdunstungskraft an der Oberfläche und reicherte dabei die obersten Bodenschichten mit (Nähr-)Salzen an. Bevor es jedoch zu einer gefährlichen Versalzung dieser Schichten kam, riß infolge des inzwischen stark abgesunkenen Grundwasserspiegels der aufwärts gerichtete Bodenwasserstrom ab, der Nachschub an kapillar aufsteigendem Bodenwasser und in ihm gelöster Salze wurde unterbrochen. Es kam zu keiner weiteren Verdunstung und Salzausblühung und damit auch zu keiner gefährlichen Versalzung der Bodenkrume, es sei denn, der Grundwasserspiegel hätte wie im nördlichen Delta keinen ausreichenden Oberflächenabstand mehr erreicht oder die Drainage wäre nicht mehr in Ordnung gewesen.

Ganz anders zeigt sich das Grund- und Bodenwasserhalten unter dem neuen Abflußregime des Nils. Da der Fluß selbst keine großen Wasserstandsschwankungen mehr vollführt, pendelt sich auch der Grundwasserstand auf eine mittlere, dem mittleren Flußwasserstand entsprechende Höhe ein, die in vielen Fällen so hoch ist, daß die „kritische Differenz“ zwischen Grundwasserspiegel und Bodenoberfläche, bei der der nach oben gerichtete Bodenwasserstrom abreißt, unterschritten wird. Damit bleibt der Salztransport an die Oberfläche aufrechter-

halten, woraus sich die zunehmende Versalzung der Bodenoberfläche erklärt.

In Unkenntnis dieser Zusammenhänge und an frühere gute Erfahrungen mit reichlichen Wassergaben zur Auswaschung eventuell sich bildender Bodensalz-Überschüsse oder auch zur Korrektur überschüssiger Mineraldüngergaben gewöhnt, versucht auch heute noch der ägyptische Bauer vielfach dem Phänomen der Versalzung mit mehr Wasser zu Leibe zu rücken und verringert dabei gerade die „kritische Differenz“ und fördert somit nur noch den aufwärtigen Salztransport im Boden und damit die Versalzung seiner Felder. Der ägyptische Bauer, der Jahrtausende um mehr Wasser gekämpft hat, muß also – paradoxerweise – lernen, mit dem jetzt reichlicher gebotenen Nilwasser sparsamer und sorgfältiger umzugehen!

Entscheidend für die Vermeidung und für die Bekämpfung des Versalzungsphänomens ist also die Einhaltung der „kritischen Differenz“ zwischen Bodenoberfläche und Grundwasserspiegel und damit die Unterbrechung des klimatisch bedingten, nach oben gerichteten Bodenwasserstromes. Denn nur auf diese Weise kann der Aufstieg gelösten Salzes und dessen Auskristallisation an der Oberfläche unterbunden werden. Voraussetzung ist zum anderen auch im Sinne des oben zitierten Potentialgleichgewichtes eine gute Drainage, zumal sie durch Tieferlegen des Vorfluters einen nach unten gerichteten Strom des abzuführenden Bewässerungswassers fördert. Nun besteht zwar in Ägypten seit der Entwicklung des Dauerbewässerungssystems ein Drainagenetz; den rund 24 000 km Bewässerungskanälen (Canals/arab.: rayahat; branches/arab.: tura) stehen rund 12 000 km Drainagekanäle (drains/arab.: masraf) gegenüber. Dieses System ist an manchen Stellen offensichtlich vernachlässigt und vermag den neuen Anforderungen nicht zu genügen. Dabei ist nicht die manchmal beanstandete, aber durchaus mögliche Wiederverwendung von Drainagewasser flußaufwärts gelegener Be- und Entwässerungsabschnitte zur Bewässerung weiter flußabwärts gelegener Abschnitte das Problem, sondern die notwendige Vorflutertiefe, deren Niveau ausreichen muß, den Grundwasserspiegel der zu entwässernden Fläche unterhalb der „kritischen Differenz“ zu halten. Diese liegt in Abhängigkeit von Porosität, Temperatur und Verdunstungskraft im Delta bei 0,7 bis 1,5 m, in den trockenheißen Gebieten Oberägyptens (und auch

der Oasen) bei 2,0 bis 2,5 m [16]. Eine ausreichende Vorflutertiefe bis zu 3 m wird aber bei dem nur schwachen Gefälle von Fluß und Talboden sowie bei dem relativ hohen Grundwasserstand künftig nicht immer ohne besondere Entwässerungsmaßnahmen möglich sein. Es wäre daher daran zu denken, seitherige, jetzt wegen des reichlicheren Wasserangebotes bei höherem Wasserstand nicht mehr voll ausgelastete Wasserförderkapazitäten (Sakijen wie Motorpumpen) statt – beziehungsweise außer – zur Förderung von Bewässerungswasser auch zur Förderung von Drainagewasser zu nutzen, wie es nach niederländischer Manier zum Teil schon in dem unter dem Meeresspiegel liegenden Neukultivierungsgebiet von Abis bei Alexandria (Mariutsee) der Fall ist.

### 3.5 Die umstrittenen Einwirkungen auf das Klima

Dem Sadd el-Ali hat man auch Einwirkungen auf das Klima zur Last gelegt. Lokalklimatische Wirkungen eines inmitten der Kernwüste neu entstandenen Sees von über 5 000 km<sup>2</sup> – also 10 mal größer als der Bodensee – waren wohl zu erwarten. Von einer „Klimaänderung“ grundsätzlicher Art sollte allerdings nicht gesprochen werden. Denn trotz seiner Größe, seiner zweifellos hohen Verdunstungsabgabe an die Luft (s. auch Tabelle 6!) und trotz seiner Strahlungswirkungen wird der Nasser-See kaum in der Lage sein, das durch die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre bedingte globale Klimasystem, das dem Gebiet des Stausees seine Lage im Bereich der von dem tropisch-subtropischen Höhenhoch bedingten Trockenzone der Alten Welt zuweist, grundsätzlich zu ändern. Dessen Sperrinversion (Passatinversion) zu durchbrechen, sind die energetischen Umsätze, die der Stausee liefert, doch sicher zu klein [12, 13].

Überlegungen, die in den letzten Jahren immer wieder einmal in den „regenlosen“ Wüstengebieten Oberägyptens aufgetretenen Unwetter (wie z.B. im Oktober 1976, als aus dem östlichen Wüstengebirge abkommende Wadis das Niltal erreichten und zwischen Luxor und Idfu mit ihren Wasser- und mitgeführten Schuttmassen Straße und Bahnlinie zerstörten), auf den Hochdamm-Stausee zurückzuführen, verkennen die für diese Wettererscheinungen verantwortlichen meteorologischen Zusammenhänge und Ursachen in der Hochtroposphäre. Denn gerade im Grenzraum Sahara/Vorderasien (also etwa





über dem Roten Meer) greifen – vorwiegend im Winter und in den Übergangsjahreszeiten – gerne und häufig Höhenträge der Westdrift in das subtropische Höhenhoch ein, labilisieren die normalerweise stabile Schichtung der Atmosphäre und erlauben damit mediterranen Störungen weit nach Süden, aber auch Störungen der Innertropikfront weit nach Norden vorzugreifen. Solche vielfach sehr ergiebigen Regenfälle treten zwar nicht mit großer Regelmäßigkeit auf, gehören aber doch mit den von ihnen verursachten Schichtfluten durchaus zum Gesamtbild des saharischen Wüsten-Klimas. In der Literatur sind für den oberägyptischen Raum viele Beispiele, auch aus früheren Zeiten, belegt, die zeigen, daß keineswegs erst seit dem Bestehen des Hochdamm-Stausees solche Wetterlagen auftreten. Für einen Nachweis, daß

solche episodenhaften Erscheinungen sich seit Bestehen des Hochdamms häufen, ist die Beobachtungszeit von 10 Jahren auch noch viel zu kurz.

Auch ein durch die Böen eines Sandsturmes im Frühjahr 1981 verursachtes Schiffsunfall auf dem oberägyptischen Nil hat ursächlich nichts mit dem Sadd el-Ali zu tun. Daß im Frühjahr besonders häufig auf der Vorderseite übers Mittelmeer nach Südosten ziehende Tiefdruckgebiete schon im Innern der Sahara erhitzte, sandbeladene Luftmassen, als Chamsin, Samum, Ghibli usw. bezeichnet, hervorbrechen und durch Hitze und durch sturmgepeitschtes Sandtreiben Gefahr heraufbeschwören, ist keineswegs ungewöhnlich. Überhitzung führt beim Übertritt vom Wüstenplateau ins Niltal ört-

Abb. 18. Straßenmarkt in Kena/Oberägypten. Die zum Teil mehrmals in der Woche stattfindenden Straßenmärkte in den Städten und Dörfern des Landes dienen vor allem der Versorgung der Bevölkerung mit Waren des täglichen Bedarfes, vornehmlich allerdings der Versorgung mit Gemüse, Obst, Fleisch und Fisch. Auf den Märkten Oberägyptens wird seit einigen Jahren in zunehmendem Maße Frischfisch aus dem Nasser-See angeboten. Die dort gefangenen Fische (Karpfenarten, Barben, Welse und andere) erreichen manchmal eine respektable Größe. Mangelnde Infrastruktur beim Fang und bei der Vermarktung (Boote, Netze, Kühlung, Transport) wie auch zum Teil andere Ernährungsgewohnheiten behindern noch etwas das Wachstum der Fischereiwirtschaft am Nasser-See (Photo: H. u. P. J. Schamp).

Abb. 19. Versalzten Felder westlich von Sioufis im Fayum, Ägypten. Hoch stehendes Grundwasser begünstigt die klimabedingte starke Verdunstung an der Oberfläche, wo die im Bodenwasser gelösten Salze zurückbleiben und sich in gefährlicher Weise anreichern können. Der „Grauschleier“ einer beginnenden Versalzung geht dann bald in blendend weiße Salzausblühungen und Salzkrusten über, die die Ertragsfähigkeit der Böden stark einschränken oder ganz unterbinden. Nur eine Unterbrechung des Bodenwassernachschubs durch Absenken des Grundwassers über einen von der Temperatur abhängigen „kritischen Abstand“ hinaus vermag die weitere Versalzung zu verhindern. Das jedoch setzt eine wirksame Drainage des Bodens bei ausreichender Vorflutertiefe – notfalls auch durch Pumpen – voraus (Photo: H. u. P. J. Schamp).

Tabelle 6. Die Verdunstung [Potentielle Evaporation (pE) und Potentielle Evapotranspiration (pET)] in Assuan. Vergleich einiger veröffentlichter Monats- und Jahres-Mittelwerte (in mm).

Nummer und Jahr der Quelle	gemessene oder berechnete Art der Verdunstung	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
9 (1981)	Temperatur	17	19	22	27	32	34	34	34	32	30	24	20	27
3 (1950)	Relat. Feuchtigkeit	46	42	36	31	33	31	30	31	32	35	40	45	36
9 (1981)	Niederschlag	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1 (1939)		121	123	177	246	319	372	378	344	264	217	156	115	2832
2 (1939)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3705
3 (1950)	pET	226	246	391	486	558	618	577	577	531	462	306	223	5183
4 (1959)	pE	139	182	288	378	486	525	530	515	450	276	177	124	4070
5 (1961)	pE	91	139	189	215	230	230	221	199	183	184	129	88	2078
6 (1967)	pE	210	465	492	1008	1470	1470	807	900	1014	876	561	261	9321
7 (1972)	pE	276	294	443	525	558	666	639	636	582	539	363	298	5819
8a (1981)	pE	122	138	177	224	272	296	308	304	277	250	188	138	2696
8b (1981)	pET	92	104	133	168	206	222	231	228	207	187	141	104	2023

**Quellenangabe und Erläuterungen zur Tabelle 6 „Die Verdunstung in Assuan“.**

- [1] Afrika-Handbuch. – Berlin und Leipzig 1939.
- [2] Falkner: Beiträge zur Agrargeographie der afrikanischen Trockengebiete. Stuttgart 1938 (Geographische Abhandlungen, 3. Reihe, Heft 11).
- [3] Climatological Normals. Edited by the Meteorological Department of Egypt. Cairo 1950.
- [4] W. Haude: Die Verteilung der Potentiellen Verdunstung in Ägypten. Erdkunde, 13, (1959) 214–224.
- [5] H. F. Fentzloff: Die Naturgegebenheiten des Sadd el-Ali. Hochstaudamm Assuan. Die Erde, 92, (1961) 6–17.
- [6] U. Schendel: Vegetationswasserverbrauch und -wasserbedarf. (Eine Studie aufgrund von Untersuchungen in klimatisch differenzierten Zonen.) – Kiel: Institut für Wasserwirtschaft und Meliorationswesen an der Univ. Kiel 1967.
- [7] K. H. Soliman: The Climate of the United Arab Republic. In: Climates of Africa. Edited by J. F. Griffiths. – Amsterdam, London, New York 1972 – (World Survey of Climatology, Vol. 10).
- [8] W. Lauer und P. Frankenberg: Untersuchungen zur Humidität und Aridität von Afrika. Das Konzept einer potentiellen Landschaftsverdunstung. Bonn 1981 – (Bonner Geographische Abhandlungen, 66).
- [9] W. Rudloff: World-Climates with tables of climatic data and practical suggestions. – Stuttgart 1981.
- Den Angaben der Tabelle liegen sehr verschiedene Meß- und Berechnungsmethoden zugrunde; diese sind zudem nicht in allen Fällen aus der Quellenpublikation ersichtlich. Die großen Unterschiede verdeutlichen aber die methodischen und instrumentellen Schwierigkeiten jeder Verdunstungsmessung und relativieren damit alle Spekulationen über angebliche oder tatsächliche Fehlrechnungen, Planungsversäumnisse und falsche Schlüsse. Schon oft mußte der Nil für Rechthabereien herhalten.
- Auch unter der Annahme, die von den Climatological Normals (Quelle [3]) angegebenen Verdunstungswerte kämen der wahren Potentiellen Evapo(transpi)ration am Nächsten – sie lägen nahe bei dem errechneten Mittel aller hier angeführter Werte – bliebe es dennoch problematisch, eindeutige und unmittelbar praktisch verwertbare Verdunstungsgrößen angeben zu wollen. (Lauer und Frankenberg [15] haben aus ähnlichen Erwägungen für ihre Zwecke die „Potentielle Landschaftsverdunstung“ entwickelt. Die Gesamtmenge der Verdunstung hängt übrigens außerdem noch von der Größe der verdunstenden Wasseroberfläche ab, welche wiederum mit dem Wasserstand im Stausee, seinerseits abhängig von Wasserzufluß und Wasserabgabe, schwankt. Bei geringem Zufluß, wie er z.B. 1971 wegen unterdurchschnittlicher Regenfälle in den Quellgebieten auftrat, und großem Zufluß, wie z.B. im Jahre 1976, bewegen sich die Wasserstände im Nasse-See zwischen 165 m und 185 m. Mit diesen – sehr unregelmäßigen – Niveauschwankungen verändert sich aber auch die Wasseroberfläche des Stausees – infolge der Geländekonfiguration allerdings keineswegs linear – von 3581 km<sup>2</sup> bis auf 7174 km<sup>2</sup>. Unter den oben angeführten Voraussetzungen läge die tatsächlich zu erwartende Verdunstungsmenge im einen Fall zwischen 7,4 und 10,7 Mrd. m<sup>3</sup>, im anderen Falle zwischen 14,8 und 21,3 Mrd. m<sup>3</sup>.

lich immer wieder zu besonders starken Böen, Wirbeln und Tromben, die den sehr flachbödigen Touristenschiffen mit ihren hohen und großflächigen Aufbauten zum Verhängnis werden können.

Der Binnen-Stausee kann lokal natürlich auch bei ungestörter Absinkinversion (Passatinversion) unter dem subtropischen Höhenhoch das Klima der unteren Luftschichten stark beeinflussen. Hier wirkt an erster Stelle die starke tatsächliche Verdunstung von der Wasseroberfläche. Doch bleibt die Luftfeuchte infolge der hohen Temperaturen und den gerade im Sommer recht beständigen nördlichen Winden (Passatströmung) meist weit vom Sättigungspunkt entfernt, so daß – abgesehen von nächtlicher hochnebelartiger Inversionsbewölkung – starke Quell- oder gar Regenwolkenbildung allenfalls bei sehr hoch liegender oder gar durchbrochener Inversion auftreten kann.

Nächtliche Ausstrahlung und Abkühlung in bewegungsschwacher, mit Wasserdampf angereicherter Luft dürfte künftig auch häufiger zur Tau- und Nebelbildung führen, die für die Vegetation – also auch für den Anbau – wie aus anderen Gebieten bekannt, von großer, durchaus positiver Bedeutung werden kann.

Physiologisch unangenehm ist die Zunahme der Schwüle, die als durch hohe Feuchte- und Temperatur-Werte hervorgerufenen Unbehagen definiert wird. Die hohe Verdunstung am Nasser-See (s. Tabelle 6) hat in diesem früher so trockenheißen Klimagebiet diese Wirkung hervorgerufen; aber auch im gesamten kultivierten Niltal unterhalb Assuans hat die sommerliche Schwüle durch die stärkere Verdunstung von den jetzt auch im Sommer bewässerten Feldern merklich zugenommen.

Wie stark die Verdunstung an dem Speicherwasser zehrt – 10 Mrd. m<sup>3</sup> waren zusammen mit einer (offenbar nicht allzu sehr ins Gewicht fallenden) Versickerung einkalkuliert worden –, ist immer noch nicht klar. Die verschiedensten Meß- und Berechnungsmethoden für die Verdunstung sowie die daraus erzielten recht unterschiedlichen Ergebnisse bieten reichlich Anlaß zur Diskussion (Tab. 6). Die aus den Zufluß- und Abflussmengen errechneten Verdunstungs- (und Versickerungs-) Verluste halten sich – trotz früherer Bedenken – etwa in dem geschätzten Rahmen. Sie könnten merklich steigen, wenn es

nicht gelingt, den Nasser-See von Bewuchs, insbesondere von der stark wuchernden Wasser-Hyazinthe, freizuhalten, die auf sudanesischen Stauseen schon zu großen Verdunstungsverlusten geführt hat.

Ungeklärt ist auch noch die Frage, ob die Verdunstung aus dem Nasser-See zu dessen allmählicher Versalzung führen muß, was natürlich ernste Probleme für die Wasserversorgung Ägyptens aufwerfen würde. Doch ist wohl – im Gegensatz zu abflußlosen Seen wie etwa dem Toten Meer – der Durchsatz frischen Wassers hier so groß, daß zunächst solche Befürchtungen kaum nachprüfbar erscheinen.

### 3.6 Geomedizinische Sekundärfolgen

Geomedizinische Sekundärfolgen des Staudammes infolge der vermehrten und ganzjährigen Wasserabgabe, z.B. hinsichtlich der Bilharziose (Schistosomiasis), werden ebenfalls des öfteren angeführt. Auch hierbei sind zwei Wirkungsketten zu unterscheiden: einmal ist der neu entstandene Süßwassersee hinter dem Staudamm eine potentielle Brut- und Entwicklungsstätte für die Überträger-schnecke (Bulinus), insbesondere wenn ihr oberflächennahe Wasserpflanzen (wie z.B. die oben erwähnte Wasser-Hyazinthe) günstige Lebensmöglichkeiten bieten; zum anderen erhöht die durch den Sadd el-Ali erreichte ganzjährige Bewässerung die Infektionsgefahr bei den nunmehr ständig, d.h. das ganze Jahr über, mit dem verseuchten Bewässerungswasser in Berührung kommenden Fel-lachen des Niltales. Eine chemische Bekämpfung der Überträgerschnecken, wie sie im Fayum mit Erfolg durchgeführt wurde, ist im Nasser-See nicht möglich, da das an sich so erfolgreiche deutsche Präparat auf Fische toxisch wirkt, was in den Fayum-Kanälen belanglos war (da in diesen Kanälen kaum Fischerei betrieben wurde, der salzige Endsee des Birket Karun aber von dem Mittel nicht betroffen wurde); im gerade für die Fischwirtschaft so wichtigen Nasser-See hätte die Verwendung solcher Mittel katastrophale Folgen. Aus ähnlichen Gründen wäre daher übrigens auch eine chemische Bekämpfung eventuell auftretender Wasser-Hyazinthen im Staudammsee mehr als problematisch.

Projekte, unter anderem der Weltbank in Oberägypten, versuchen, der durch den Staudamm hervorgerufenen Gefahr der Bilharziose-Verseuchung Herr zu werden.

Doch ist es nach einem alarmierenden Anstieg beim Übergang zur Dauerbewässerung zu keiner katastrophalen Entwicklung gekommen, wozu nach Meinung einer amerikanischen Untersuchung [18] die in den letzten Jahren ausgebaute Trinkwasserversorgung in Stadt und Land und die damit einhergehende Verbesserung der hygienischen Verhältnisse merklich beigetragen haben. Das Fehlen hygienischer Einrichtungen bei den zum Teil nur auf ihren Booten lebenden Fischern auf dem Nasser-See – sie stammen aus der Provinz Kena und haben keine Kontakte und keine eigenen Behausungen am Nasser-See – hat dagegen unter diesen der Bilharziose gute Verbreitungschancen gegeben.

Das um Hunderte von Kilometern nach Süden in den Sudan verlagerte, infolge der episodischen und periodischen Spiegelschwankungen des Nasser-Sees amphibische Mündungsdelta des Nils in den Stausee könnte auch, so wird befürchtet, für die in Ägypten erloschene, im Sudan noch virulente Malaria tropica, die schwerste Malariaform, eine Brücke durch die seither von ihren Überträgern nicht zu überwindende Wüstensperre liefern.

## 4. Fazit und Aspekte

Der Hochdammbau hat viele Erwartungen Ägyptens erfüllt. Für Neulandgewinnung, Anbauintensivierung, Hochwasserschutz, Schifffahrtförderung, Wasserversorgung, Energieerzeugung bestehen nun wesentlich bessere Voraussetzungen. Allerdings gibt es auch technische und finanzielle Folgelasten, die konsequent anzuerkennen seinen von der Monumentalität des Objekts beeindruckten Politikern schwer fällt.

Eine quantifizierende oder gar wertende Gegenüberstellung des Nutzens und des Schadens, den das Hochdamm-Projekt gebracht hat, gewissermaßen also ein Kontoblatt mit Soll und Haben, ist für den Gesamtkomplex zur Zeit wohl noch nicht möglich. Vorarbeiten zu Einzelaspekten liegen jedoch schon vor, so daß der Versuch einer Bilanzierung bald unternommen werden könnte. Dabei werden einmalige Investitionen und volkswirtschaftlicher Dauernutzen, der auch in allen Folgejahren immer wieder zu Buche schlägt, zu bewerten und einander gegenüberzustellen sein.

Sicher bietet der Hochdamm noch manche bislang keineswegs ausgelotete Chance auch

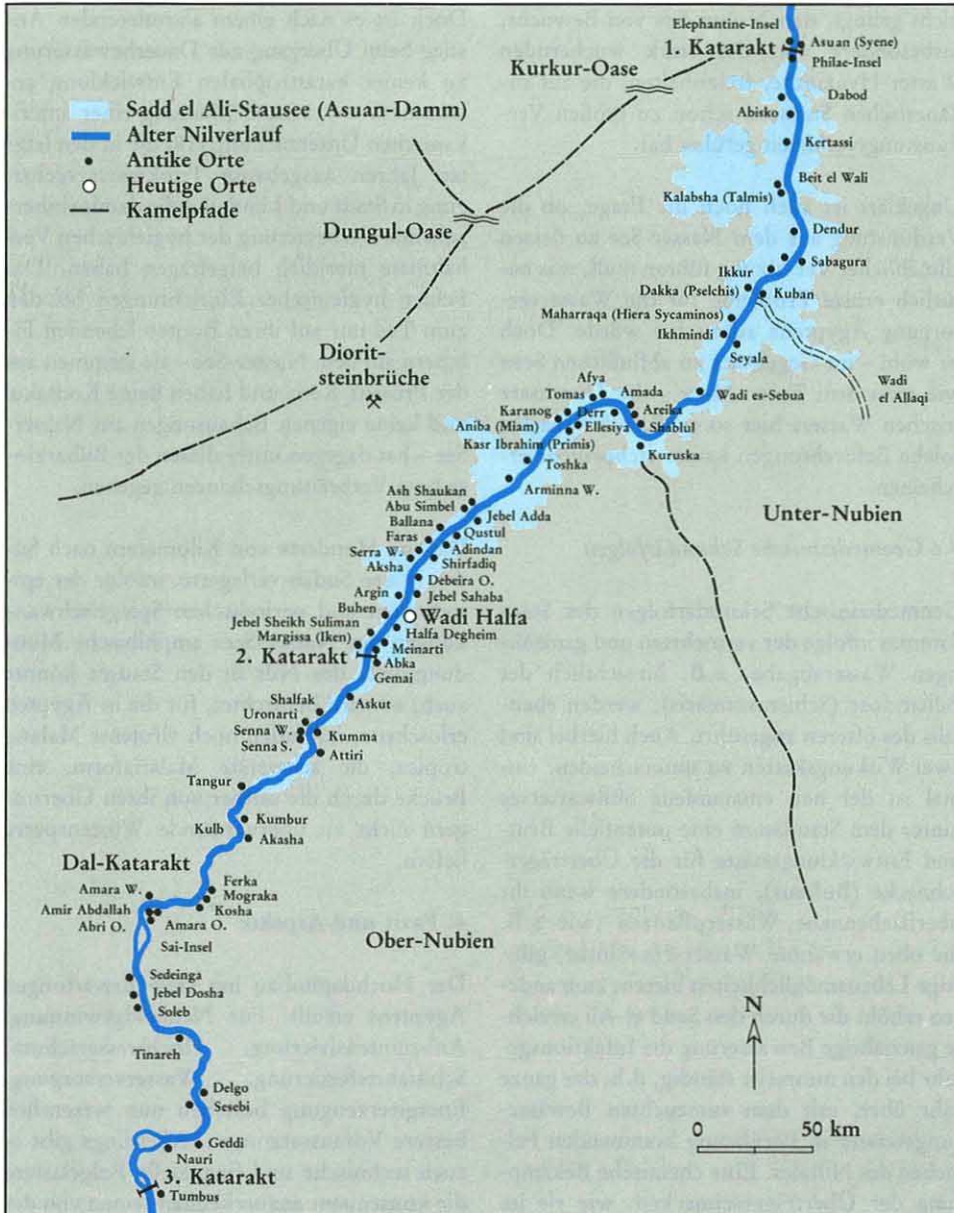


Abb. 20. Archäologische Stätten am Nil von Aswan bis zum 3. Katarakt.

zur künftigen Erweiterung des Nahrungs- und Wirtschaftsraumes einer Nation, deren Bevölkerung nach allen Erwartungen – auch wenn Familienplanung und Geburtenbeschränkung endlich merklich greifen sollten – in den nächsten Jahrzehnten noch deutlich zunehmen wird. Bei neu zu entwickelnden Fruchtfolgesystemen, neuen Bewässerungsmethoden, sorgfältiger Drainage kann das ganzjährig zur Verfügung stehende Wasser sicher noch viel zur „horizontalen“ wie „vertikalen“ Expansion (d.h. zur Landgewinnung und Intensivierung) in der Landwirtschaft beitragen. Die eventuell notwendig werden hohen Investitionskosten für ergänzende Stauwehre oder für die Erneuerung der alten Wehre mögen sich auch durch die an den Staustufen geplante Elektrizitätserzeugung erwirtschaften lassen. Die Versorgung der

geplanten neuen Satellitenstädte und Industrieanlagen mit Trink- und Brauchwasser wie auch mit elektrischer Energie wäre ohne das Wasser- und Energieangebot des Hochdammes nicht denkbar!

Trotz der derzeitigen, vom Sadd el-Ali aufgeworfenen Probleme und trotz zunächst hoher Kosten zu ihrer Lösung – Kosten, die allerdings zugleich Investitionskosten für die Zukunft sind – erscheint der langfristige (auf viele Generationen bezogene) Nutzen des Sadd el-Ali Projektes gesichert. Nicht nur mehr Geld, sondern vor allem der Einsatz fachlichen Wissens und Könnens und die Förderung des Verständnisses für die neuen hydrologischen Bedingungen bei den Betroffenen könnten die Periode der Schadensbehebung abkürzen und den volkswirtschaftli-

chen Gesamtnutzen des Projektes schneller offenbar machen.

#### Literatur

- [1] H. Besler: Der Ostjet als Ursache verstärkter Aridität in der Sahara. *Geographische Rundschau*, 35 (1981) 163–166.
- [2] H. Flohn: Warum ist die Sahara trocken? *Zeitschrift für Meteorologie*, 17 (1966) 316–320.
- [3] G. Guariso, et al.: A real-time management model for the Aswan High Dam with policy implications. *Geographical Analysis*, 13 (1981) 355–372.
- [4] F. Hartung: 75 Jahre Nilstau bei Assuan.

Entwicklung und Fehlentwicklung. München 1978, VIII, 37 S., 146 Fotos u. Abb. (Versuchsanstalt für Wasserbau der Techn. Univ. München, Oskar v. Miller Institut, Bericht Nr. 40).

[5] W. Haude: Verdunstung und Wasserbilanz im Flußgebiet des Nils. *Geografiska Annaler*, 41 (1959) 49–66.

[6] W. Haude: Die Verteilung der potentiellen Verdunstung in Ägypten. *Erdkunde*, 13 (1959) 214–224.

[7] W. Haude: Die naturgegebene Wasserspende an Ägypten und den Nil. *Die Erde*, 92 (1961) 18–42.

[8] G. Heinritz: Die Entwicklung junger Bewässerungsprojekte unter dem Einfluß gruppenspezifischer Pächterverhältnisse. Ein erster Bericht über sozialgeographische Untersuchungen im Kashm el-Girba Projektgebiet/Republik Sudan. *Geographische Zeitschrift*, 65 (1977) 188–215.

[9] G. Heinritz: Hassan el-Mangouri. Luftbild New Halfa-Projektgebiet (Republik Sudan). *Die Erde*, 112 (1981) 1–10.

[10] H. E. Hurst et al.: The Nile Basin. Vol. 9: The hydrology of the Blue Nile and Atbara and of the Main Nile to Aswan with some reference to projects. Cairo, 1959.

[11] F. Ibrahim: Der Assuan-Staudamm – eine Fehlplanung. *Die Umschau in Wissenschaft und Technik*, 80 (1980) 58–59.

[12] A. Khafagy and M. Manohar: Coastal Protection of the Nile Delta. *Nature and Resources*, 15 (1979) 7–12.

[13] D. Klaus: Das Klima (der Sahara) in H. Schiffers: Die Sahara. Hirt, Kiel 1980, S. 35–61.

[14] W. Lauer: Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehungen zu den Vegetationsgürteln. *Studien zur Klima- und Vegetationskunde der Tropen*. Bonn 1952 (Bonner Geographische Abhandlungen, 9) 15–98.

[15] W. Lauer und P. Frankenberg: Untersuchungen zur Humidität und Aridität von Afrika. Das Konzept einer Potentiellen Landschaftsverdunstung. Bonn 1981 (Bonner Geographische Abhandlungen, 66).

[16] W. Meckelein: Probleme der Oasenkolonisation in der Libyschen Wüste Ägyptens. Beiträge zur geographischen Methode und Landeskunde. Mannheim 1977 (Mannheimer Geographische Arbeiten, 1) 445–458.

[17] G. Meyer: Ziele, Realisierung und Schadfolgen großer Staudammprojekte. Der Hochdamm von Assuan und der syrische Euphratdamm; in: G. Meyer (Ed.): Geographische Aspekte der Entwicklungsländerproblematik. Schäuble Verlag, Rheinfelden 1981, S. 36–42.

[18] F. D. Wolf Miller et al.: Impacts of the Aswan High Dam on the Prevalence of Schistosomiasis in Egypt; in: Water Quality Studies on the River Nile and Lake Nasser. Michigan Univ. Ann Arbor 1978, 9 S. (Preprint).

[19] National Council for Production and Economic Affairs: The High Dam and its effects. Cairo 1975, 58 S.

[20] G. Orlova and V. Zenkovich: Erosion of the Shores of the Nile Delta. *Geoforum*, 18 (1974) 68–72.

[21] H. Schamp: Die Umsiedlung der Nubier in Oberägypten. Eine sozialgeographische Studie. Tagungsbericht und wiss. Abhandlungen d. 35. Deutschen Geographentags Bochum 1965. F. Steiner, Wiesbaden 1966; S. 283–292.

[22] H. Schamp: Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft (Ägyptens); in H. Schamp (Ed.): Ägypten. Das alte Kulturland am Nil auf dem Weg in die Zukunft. L. Erdmann, Tübingen 1977. (Ländermonographie, Band 9), S. 40–74.

[23] H. Schamp: Ägypten – ein Geschenk des Nils. *Das Parlament*, 36 (1980) 4–5.

[24] S. Shalash: Nile, Sadd el Aali and Degradation. Cairo 1978, 174 S. (Risase, B, No. 28).

[25] J. Waterbury: The Nile Stops at Aswan. Part I: The Development of the Nile River System. (Washington:) American Universities Field Staff 1977, 27 S. (Northeast Africa Series, 22, 1977).

[26] J. Waterbury: The Nile Stops at Aswan. Part II: International Hydropolitics. (Washington:) American Universities Field Staff

1977, 28 S. (Northeast Africa Series, 22, 1977).

[27] J. Waterbury: The Nile Stops at Aswan. Part III: Domestic Hydropolitics. (Washington:) American Universities Field Staff 1977, 20 S. (Northeast Africa Series, 22, 1977).

[28] C. Sterling: The Aswan disaster. *National Parks and Conservation Magazine*, 41 (1971) 10–13.

---

Dr. Heinz Schamp, Wissenschaftlicher Direktor a.D., geboren 1913 in Sigmaringen; 1932–1938 Studium der Geographie und Meteorologie an der Universität Frankfurt a. Main; 1939 Promotion; 1939–1940 Assistent am Geographischen Institut der Universität Frankfurt a. M.; 1941–1945 Meteorologe im Reichswetterdienst; 1950–1977 Wissenschaftlicher Referent, Abteilungs- und Referatsleiter in der Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung. Seit 1939 mehrere Reisen nach Ägypten; zahlreiche Publikationen über Ägypten und seine modernen Probleme.

Anschrift:

Dr. Heinz Schamp, Kopernikusstraße 15, D-5300 Bonn 2