

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw.

~~369~~

60

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

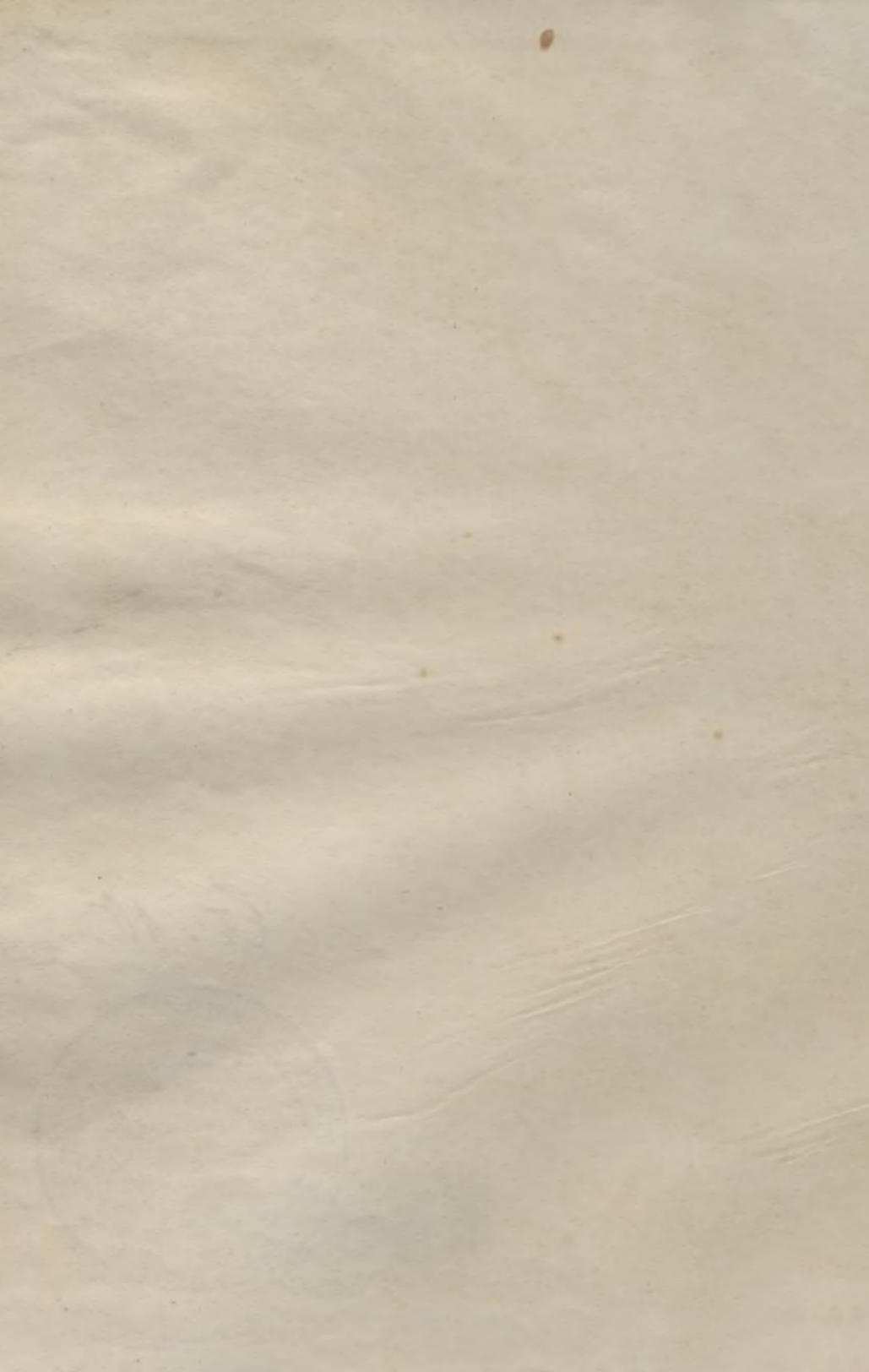


100000295884

G. 10.



177



Aus Natur und Geisteswelt

Sammlung

wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens
60. Bändchen

Bilder aus der Ingenieurtechnik

Von

Curt Merckel

Ingenieur

Mit 43 Abbildungen im Text und auf einer Doppeltafel

Ct. 10.



Druck und Verlag von B. G. Teubner in Leipzig 1904

1-301525

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

~~1369~~

3PU-B-92/2917
Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten.

Akc. Nr. _____

~~3589/49~~

Vorwort.

Wie der Inhalt des 28. Bändchens dieser Sammlung, „Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit“, so ist auch der Inhalt des vorliegenden Bändchens aus öffentlichen Vorträgen hervorgegangen, welche der Verfasser im Auftrage der hamburgischen Oberschulbehörde im Wintersemester 1903 gehalten hat.

Möchte das Bändchen die gleiche günstige Beurteilung finden, wie sie dem größeren Werke des Verfassers über die antike Ingenieurtechnik („Die Ingenieurtechnik im Altertum.“ Berlin. Julius Springer 1900) zuteil geworden ist.

Hamburg, im August 1904.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	1
I. Kapitel. Die Ingenieurbauten der Babylonier und Assyrer	5
II. Kapitel. Die Ingenieurtechnik im alten Ägypten	24
III. Kapitel. Die Ingenieurtechnik im neuen Ägypten.	44
IV. Kapitel. Die ingenieurtechnischen Leistungen der Griechen	59
V. Kapitel. Der Städtebau im Altertum.	91
VI. Kapitel. Die römischen Wasserleitungsbauten.	111
Namen und Sachregister	128
Verzeichnis der Abbildungen nebst Quellenachweis.	133

Einleitung.

Die in diesem Bändchen enthaltenen Schilderungen beschäftigen sich in der Mehrzahl mit technischen Schöpfungen des Altertums. Der größere Teil der Länder, deren einstige Ingenieurbauwerke vorgeführt werden, befindet sich heute in einem Zustande, der weit absticht gegen den Glanz früherer Tage. Nur in dem uralten Kulturland Ägypten beginnt, dank der Tatkraft der Engländer und der weitausgebildeten Ingenieurtechnik der Neuzeit ein neues Leben und es hat einen besonderen Reiz die alten und neuen Bewässerungsanlagen dieses Landes im Zusammenhang zu betrachten.

Die hervorragenden Leistungen des Altertums in der Architektur und Skulptur sind allgemein bekannt, weit weniger ist dieses hinsichtlich der Leistungen des Altertums auf dem Gebiete der Ingenieurtechnik der Fall, und doch hat, wie die moderne Altertumforschung in einem immer stärkeren Maße dartut, auch in dem Ingenieurwesen das Altertum Hervorragendes geleistet. Die Altertumskunde gehört zu denjenigen Wissenschaften, welche in den letzten Jahrzehnten eine ungewöhnliche Bereicherung erfahren haben.

Ununterbrochen wird von den Ergebnissen der Ausgrabungen an den verschiedensten Stellen der Erde berichtet. Diese Arbeiten sind das Ergebnis eines sehr erfreulichen, immer ausgedehnteren Wettstreits der gebildeten Nationen, an welchem Deutschland in hervorragender Weise beteiligt ist.

Die Ausgrabungen und die mit denselben Hand in Hand gehende Forschung haben die früher herrschend gewesene Anschauung, als ob etwa nur die Römer glanzvolle Leistungen in der Ingenieurtechnik, insbesondere in dem Bau von Wasserleitungen im Altertum hervorgebracht hätten, vollständig erschüttert. Wir wissen heute bereits, daß die Babylonier, Ägypter, die Chinesen, Inder, Sabäer, Syrer und namentlich die Griechen nicht minder bedeutende Ingenieurbauten als die Römer geschaffen haben. Dank den Ergebnissen dieser Ausgrabungen, bei welchen zahlreiche Inschriften und andere schrift-

liche Aufzeichnungen gefunden worden sind, deren Entzifferung dem menschlichen Scharfsinn gelungen ist, fällt der Blick in immer weiter zurückliegende Perioden der Vergangenheit des Menschengeschlechts. Vor Jahrtausenden sehen wir bereits das Menschengeschlecht im Kampfe mit der Natur begriffen und bestrebt, sich zur Herrschaft emporzuarbeiten; insbesondere ist es das Wasser gewesen, welches die menschliche Tatkraft geweckt und sich nach vielen Richtungen hin als wertvoll und heilbringend erwiesen hat. Das Wasser hat frühzeitig der Ingenieurtechnik Aufgaben gestellt, und zutreffend hat der große, englische Ingenieur Telford die Ingenieurtechnik als die Kunst definiert, die großen Kraftquellen der Natur dem Menschen zum Nutzen und zur Annehmlichkeit dienstbar zu machen.

Das wichtigste Erfordernis des Menschen, die Stillung seines Hungers durch Fruchtbarmachung des Landes, auf dem er verweilte, gab wohl zweifellos den Anstoß zu den ersten Ingenieurbauten. Bei der intensiven Wirkung der Sonne in den südlich gelegenen Ländern war nur durch die Ausführung einer künstlichen, gesicherten Anfeuchtung des Bodens die Möglichkeit einer Ernte gegeben.

Fast alle antiken Kulturländer weisen einen großen Reichtum an einstigen Wasserbauwerken auf. Die Irrigation, d. h. die künstliche Bodenbewässerung, gehört zu der ältesten Betätigung der Ingenieurtechnik überhaupt, und die in den frühesten Zeiten geschaffenen Werke dieser Art haben die Ingenieure ihre ersten Triumphe feiern lassen. Diese Anlagen waren von dem maßgebendsten Einfluß auf die Wohlfahrt der Menschheit und man kann kühn behaupten, daß die Ingenieurkunst zu allen Zeiten eine große, wenn auch nicht immer richtig erkannte bedeutungsvolle Rolle gespielt hat.

Die gewaltigsten und ausgedehntesten Bewässerungsanlagen besaßen Babylonien, Ägypten, China, Indien und Arabien.

Der Kulturzustand dieser Länder war in erster Linie von dem guten Funktionieren dieser Bewässerungsanlagen abhängig und eine Vernachlässigung oder gar Zerstörung dieser Werke hatte, wie die Geschichte nur zu deutlich zeigt, einen Niedergang und schließlich einen fast vollständigen Untergang aller Kultur im Gefolge.

Die Schaffung von Bewässerungsanlagen in größerem Stile konnte naturgemäß nur durch das Zusammenwirken einer großen

Anzahl von Menschen erfolgen, und dieser Umstand bewirkte in Babylonien, wie in dem nach vielen Richtungen hin ähnlichen Ägypten die frühe Ausbildung des Staatswesens, schlang doch die Gemeinsamkeit der Interessen hinsichtlich der Bewässerung, wie die zweckmäßige Verteilung der Wassermengen, ein gemeinsames Band um die in gleichen Verhältnissen befindlichen einzelnen Menschen, und dieser Umstand gab den Anstoß zu geordneten öffentlichen Einrichtungen, zu festen Rechts- und Staatsverhältnissen.

Der hohe Wert der Bewässerungsanlagen hat zu fast allen Zeiten gewaltige Anlagen dieser Art entstehen lassen. Auch unsere Zeit ist wiederum der Zeuge einer umfangreichen Tätigkeit auf diesem Gebiete. Seit Jahrzehnten sind durch die Engländer in Indien ausgedehnte Bewässerungsanlagen geschaffen worden und der Tatkraft dieses Volkes ist es zuzuschreiben, daß neben den uralten Bewässerungsanlagen Ägyptens moderne Riesenbauten in Benutzung genommen worden sind.

Mit alten und neuen Bewässerungsanlagen beschäftigen sich in der Hauptsache die drei ersten Kapitel.

Das IV. Kapitel enthält eine, allerdings sehr gedrängte Schilderung der Leistungen der antiken griechischen Ingenieure, deren Begabung und hohe Leistungsfähigkeit erst seit wenigen Jahrzehnten erkannt ist.

Einer der bedeutendsten französischen Ingenieure des 19. Jahrhunderts, Belgrand, glaubte sich noch berechtigt, in seinem Werke über die römischen Wasserleitungsbauten (M. Belgrand. Les travaux souterrains de Paris. Vol. II première partie, Les aqueducs romains. Paris 1875) zu schreiben: „Die griechischen Städte waren gewiß durch Aquädukte mit Wasser versorgt, da ihre Gymnasien den Erbauern der Thermen von Rom als Vorbild gedient haben. Aber es scheint nicht, daß diese Schöpfungen bedeutend waren.“ Zum Beweise seiner Ansicht beruft er sich auf Strabo (Buch V Kap. III § 8), der an der genannten Stelle folgendes schreibt:

„Die Städte griechischer Gründung galten dafür, daß sie ihr Aufblühen der Aufmerksamkeit zu verdanken hatten, welche ihre Gründer stets gehabt, sie an schönen und gesicherten Stellen anzulegen, in der Nachbarschaft irgend eines Hafens, in guten Ländern. Die Römer dagegen haben sich hauptsächlich mit dem beschäftigt, was die Griechen vernachlässigt hatten; ich spreche

von den gepflasterten Wegen, den Aquädukten und jenen Kanälen, durch welche alle Unreinlichkeiten der Stadt in den Tiber geführt werden.“

Heute wissen wir, daß die gleichen Anlagen, auf welche die Römer so stolz waren, auch einst viele griechische Städte besessen haben, und zwar in einer Beschaffenheit, die keineswegs hinter derjenigen der römischen Leistungen zurückstand.

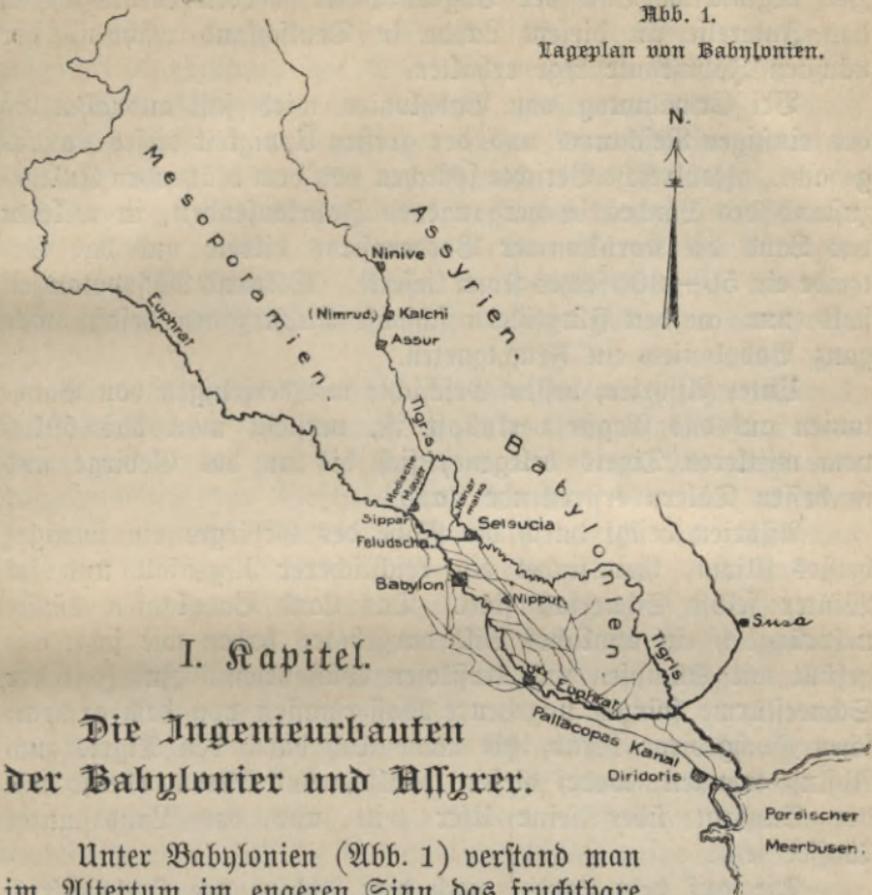
Auf zwei Gebieten der Ingenieurkunst, dem Brücken- und Straßenbau hat allerdings kein antikes Volk, und so auch nicht das griechische, die Römer zu erreichen oder gar zu überflügeln vermocht.

Die in dem V. Kapitel gegebene Beschreibung des antiken Städtebaues zeigt, welche Aufgaben es bereits auf diesem Gebiete im Altertum in technischer Beziehung zu erfüllen galt. Diese Aufgaben waren zwar keineswegs so zahlreich und mannigfaltig wie sie heute an die städtischen Ingenieure herantreten, dafür stehen jedoch auch den letzteren ganz andere Hilfsmittel zur Verfügung, zudem vermögen sie sich die Errungenschaften einer zweitausendjährigen Weiterentwicklung der Ingenieurtechnik zunutze zu machen.

Das letzte Kapitel gibt eine Beschreibung der römischen Wasserversorgungsanlagen. Auf diesem Gebiete hat das römische Volk eine so ausgedehnte Tätigkeit entwickelt, daß es innerhalb des hier gezogenen Rahmens allerdings nur möglich ist ein gedrängtes Bild zu geben. Die Entwicklung des römischen Wasserversorgungswesens erfolgte in Anlehnung an die griechischen Schöpfungen. Doch dem auf äußeren Glanz und sichtbarer Machtentfaltung gerichteten Sinn des römischen Volkes genügte auf die Dauer nicht die unsichtbare unterirdische Führung der Wasserleitungen, und an die Stelle dieser unscheinbaren Anlagen traten imposante, weithin sichtbare Aquädukte, die noch viele Jahrhunderte nach dem Untergange der Römer den Ruhm ihrer Erbauer verkündeten, dabei allerdings die Leistungen anderer Völker ungerechtfertigterweise in den Hintergrund treten ließen. Mögen die nachstehenden Zeilen dazu beitragen, Licht und Schatten gleichmäßiger zu verteilen. Die Ausführungen lehnen sich im großen und ganzen an das größere Werk des Verfassers: Die Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin, Julius Springer, 1899.

Abb. 1.

Lageplan von Babylonien.



I. Kapitel.

Die Ingenieurbauten der Babylonier und Assyrer.

Unter Babylonien (Abb. 1) verstand man im Altertum im engeren Sinn das fruchtbare Tiefland zwischen dem unteren Euphrat und Tigris, zu Babylonien im weiteren Sinn wurde auch das südliche Mesopotamien gerechnet, welcher Landstrich südlich von dem armenischen Hochgebirge lag und sich bis zu der Näherung der beiden genannten Ströme erstreckte.

Babylonien gehörte zu den vier selbständigen Heimstätten der Zivilisation der alten Welt. Diese vier Heimstätten: Babylonien, Ägypten, China und Indien, lagen sämtlich in Tiefländern und an Strömen der subtropischen Zone.

Babylonien, das Land des einstigen Paradieses, steht gegenwärtig nicht nur im Vordergrund des wissenschaftlichen, sondern auch des allgemeinen Interesses. Sowohl der Streit Bibel-Babel, insbesondere die Ergebnisse der Ausgrabungen der deutschen Orient-Gesellschaft, als auch der hoffentlich in absehbarer

Zeit beginnende Bau der Bagdad-Bahn werden voraussichtlich das Interesse an diesem Lande in Deutschland während der nächsten Jahrzehnte rege erhalten.

Bei Erwähnung von Babylonien wird fast ausnahmslos des einstigen Reichtums und der großen Üppigkeit dieses Landes gedacht. Zahlreiche Berichte sprechen von dem blühenden Kulturzustand des Landes in vergangenen Jahrtausenden, in welchen das Land die Kornkammer Vorderasiens bildete und das Getreide ein 50—300faches Korn lieferte. Während Mesopotamien stets nur an den Flußtälern schmale Kulturzonen besaß, war ganz Babylonien ein Fruchtgarten.

Unter Assyrien, dessen Geschichte mit derjenigen von Babylonien auf das Engste verknüpft ist, versteht man das östlich vom mittleren Tigris belegene, sich bis an das Gebirge und in dessen Tälern erstreckende Land.

Assyrien besitzt durch die Nähe des Gebirges ein weniger heißes Klima, hier findet ein reichlicherer Regenfall und im Winter selbst Schneefall statt. Das Land Babylonien dürfte ursprünglich ein ähnliches Bild dargeboten haben wie jetzt, angefüllt mit Sümpfen und trostlosen Wüsteneien. Zur Zeit der Schneestürme stürzen ungeheure Wassermassen von dem armenischen Hochgebirge herab, die namentlich durch den Tigris zum Abfluß kommen, wobei dieser „pfeilschnelle“ Strom ebenso wie der Euphrat über seine Ufer tritt und das Land unter Wasser setzt.

Die auf dem Lande, nach dem Ablauf des Hochwassers, zurückgebliebenen Wassermengen bildeten zahlreiche Sümpfe. Während so einzelne Striche unter einem Übermaß von Wasser zu leiden hatten, fehlte anderen das köstliche Raß vollständig, denn die Niederschläge reichen für den weitaus größeren Teil der Landflächen überhaupt nicht aus, um der Getreideaussat das Gedeihen zu ermöglichen. Die Not zwang in Zeiten der Dürre die viehreichen Beduinen die wasserarmen Steppen zu verlassen und an den Flußrändern Weideplätze zu suchen. Durch den künstlichen Anbau von Futter mußte für Nahrung während der trockenen Jahreszeit Sorge getragen werden. Es galt daher einerseits eine Ableitung des Wassers, andererseits eine Zuleitung desselben zu bewirken. Der Boden mußte mühselig dem Anbau gewonnen werden, es geschah in der Hauptsache durch Ziehung von Kanälen und Gräben. Von maßgebender

Bedeutung für die Landwirtschaft war das Vorhandensein der beiden Flüsse Euphrat und Tigris. Wie Ägypten der weitgehenden Ausbildung des Nils, so verdankte Babylonien der rationellen Benutzung der beiden genannten Flüsse seinen blühenden Zustand. Der Boden ist auf einer Fläche von etwa 700 km Länge und 300 km Breite fettes Alluvium, d. h. angeschwemmtes Land, welches bereits bei wenig Unterstützung durch Wasser infolge der vorhandenen Wärme die üppigste Vegetation hervorbringt. Diese für den Fruchtbau in ganz besonders guter Weise geeignete Landschaft hat etwa die Größe Italiens.

Eine Tätigkeit wie die Bodenkultivierung setzte voraus, daß der Mensch sich bereits in dem Übergangsstadium vom Jäger und Hirten zum Ackerbauer, d. h. in dem Übergang vom Nomadenleben zur Sesshaftigkeit befand. Die aus uralten Zeiten stammenden Nachrichten berichten bereits von zahlreichen Anlagen auf dem Gebiete der Bewässerungskunst; diese Anlagen erscheinen, wenn auch im einzelnen häufig von einfacher Beschaffenheit, in einer so zielbewußten Art und Weise angelegt, daß sie als das Ergebnis einer vorausgegangenen, langandauernden Ausbildungsperiode betrachtet werden müssen.

Die einzelnen Vorgänge dieser Entwicklungsperiode werden wohl nie derart bekannt werden, um sie aneinander gereiht in geschlossener Form vorführen zu können. Es kann nicht angenommen werden, daß die Bewässerungskanäle ursprünglich etwa in der jetzt gebräuchlichen Art nach einem vorher entworfenen, einheitlichen System zur Ausführung kamen, vielmehr dürften sie nach dem jeweiligen Bedürfnis nach und nach entstanden und allmählich in ein System eingegliedert worden sein.

Die beiden Hauptströme des Landes besitzen eine verschiedene Höhenlage zueinander. Der obere Teil des Euphrats liegt höher als der Tigris, er brach daher zu den Zeiten der Überschwemmungen häufig zu dem Tigris durch. Der Tigris besitzt im unteren Teil ein höheres Niveau als der Euphrat, so daß Abzweigungen von demselben den Euphrat zu erreichen vermögen. Es kommt hinzu, daß die Hochwasserstände in den beiden Flüssen nicht zeitlich zusammenfallen, vielmehr das Hochwasser in dem einen Fluß früher eintritt als in dem anderen. Bereits vor Jahrtausenden verstanden es die Einwohner, sich geschickt diese verschiedenen Höhenlagen der beiden Ströme zu

Nutzen zu machen. Sie benutzten die Niveaudifferenzen der beiden Flüsse und ihr periodisches Anschwellen, um das Wasser zu Bewässerungszwecken nach allen Teilen des Landes zu leiten. Um das Land gegen die jährlich wiederkehrende Gefahr des Überschwemmtwerdens zu sichern, mußte es auf weiten Strecken mit Deichen versehen werden.

Delizsch, der bekannte und in unseren Tagen viel genannte Forscher, ist der Ansicht, daß die Kanäle in Babylonien aus dem Gedanken hervorgegangen seien, durch eine Teilung der Wassermassen eine Verminderung der Überschwemmungshöhe zu bewirken. Wahrscheinlicher dürfte es sein, daß der Wunsch, das Wasser zu Bewässerungszwecken zu verteilen, den Anstoß zu der Entstehung der Kanäle gegeben hat.

Nach allen Richtungen hin wurde das Land von Kanälen durchzogen, die teils höher als das anliegende Land lagen, so daß das Wasser beim Durchstechen der Dämme auf dieses floß, teils lagen die Kanäle tiefer als das zu bewässernde Land, in welchem Falle das Wasser künstlich gehoben werden mußte.

Diese Kanäle bedurften meistens einer beständigen Nachhilfe, da das durchschnittene Erdreich zum größten Teil weich ist und außerdem der Euphrat viel Schlamm mit sich führt, welcher durch seine düngende Kraft von besonderem Wert ist. Die Wasserhaltung in den Kanälen war im allgemeinen eine sehr mühevollen; die Kanalwände mußten immer wieder von neuem befestigt werden.

Da der Tigris auf längeren Strecken von höheren Ufern eingeschlossen wird, so konnte in vielen Fällen nur durch eine künstliche Hebung des Wassers eine Bewässerung der hoch liegenden Ländereien erreicht werden.

Diese Hebung erfolgte auf zweierlei Art. Die erste Art bestand in einer Hebung des Wassers mittels Schöpfeimern und Maschinen, wie Schöpfräder und Eimerwerke, die teils durch Menschen, teils durch den Strom oder durch Tiere bewegt wurden. Unter diesen Vorrichtungen nahmen der Schaduf und die Sakieh wegen ihrer ausgedehnten Verwendung den ersten Platz ein.

Der Schaduf (Abb. 2) dient für eine Wasserhebung von 2—3 m. Derselbe besitzt eine große Ähnlichkeit mit den in vielen Gegenden noch üblichen Ziehbrunnen. An eine lange Stange,

welche über ein rechteckiges leichtes Gestell gebunden ist, ist an dem einen Ende ein kleiner Strohforb befestigt, an dem anderen ein Gegengewicht. Um mittels dieser Vorrichtung eine größere Höhe, als oben angegeben ist, zu überwinden, werden die Schadufs in mehreren Stockwerken hintereinander angeordnet. Die Leistungsfähigkeit eines Schadufs beträgt etwa 6 cbm Wasser in der Stunde und man vermag hiermit, wenn die



Abb. 2.

Der Schaduf.

Vorrichtung abwechselungsweise von drei Leuten bedient wird, bis zu $\frac{1}{5}$ ha Landfläche pro Tag zu bewässern.

Die Sakieh (Abb. 3) ist ein Paternosterwerk, welches aus einer endlosen Palmenfaser-Strickleiter gebildet ist, an welche in gewissen Abständen irdene Töpfe in geneigter Stellung festgebunden sind. Diese Kette von Töpfen läuft über ein etwa

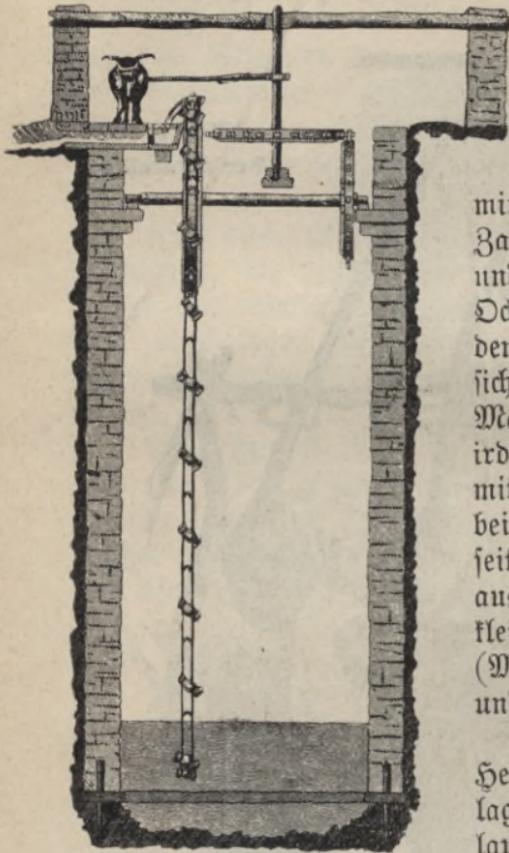


Abb. 3. Sakieh.

2 m großes hölzernes Rad, dessen zahnartig hervorstehende Zapfen die Strickleiter in Bewegung setzen. Die horizontale Welle des Rades wird von einer senkrecht stehenden Achse mittels des primitivsten hölzernen Zahngetriebes in Bewegung gesetzt und letzteres göpelartig von einem Ochsen gedreht, der mit verbundenen Augen und meist ohne Aufsicht Tag und Nacht die krächzende Maschine in Bewegung hält. Die irdenen Töpfe, die sich in der Tiefe mit Wasser füllen, entleeren sich bei ihrem Lauf über das Rad seitlich in einen hölzernen Trog, aus welchem das Wasser in einen kleinen Bewässerungskanal fließt. (Max Gyth: Das Wasser im alten und neuen Ägypten. Berlin 1891.)

Die zweite und wirkungsvollere Hebungsart bestand in der Anlage von Staudämmen im Flußlauf selbst, wodurch eine künstliche Erhebung des Flußwasserstandes herbeigeführt wurde und das Wasser

höher liegenden Ländereien zugeführt werden konnte, welche früher nicht unmittelbar zu bewässern waren. Es ist dieses das gleiche Verfahren, welches die moderne Ingenieurtechnik zur Anwendung bringt und auf welches bei Besprechung der modernen Bewässerungsanlagen in Ägypten eingehend zurückzukommen sein wird.

Diese antiken Staudämme im Flußlauf sind unter Be-

rücksichtigung der geringeren Hilfsmittel, welche den antiken Ingenieuren im Vergleich zu heute zur Verfügung standen, als ganz außerordentliche Leistungen zu bezeichnen. Sie waren, wie so viele andere Schöpfungen des Altertums, nur möglich durch die fast unbeschränkte Verwendung der Menschen selbst. Diese Dämme bedingten einen sehr großen Arbeitsaufwand, weil sie in dem weichen Erdreich, wie es in Babylonien vorherrscht, tiefe aus Quadern erbaute Fundamente erforderten. Einer der bedeutendsten Dämme befindet sich bei Nimrud, südlich von Mossul, und führt den Namen Sakr-el-Nimrud. Er besteht aus ungeheuer großen Steinen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Anlagen nur durch eine zeitweise Ableitung des ganzen Stromes, oder durch die Grabung eines neuen Flußbettes möglich waren.

Die Frage, wer die Bewässerungsarbeiten und Anlagen zuerst in Angriff genommen hat, beantwortet Hommel, der Verfasser der Geschichte Babyloniens und Assyriens, sowie Winkler, der Verfasser der Geschichte Westasiens, dahin, daß dies die Sumerer gewesen seien. Hommel bezeichnet es als eine Erinnerung an den ältesten Zustand Chaldäas, daß die sumerische Mythologie an den Anfang der Dinge das Urwasser oder Chaos setzt.

Die Sumerer gehörten der turktartarischen, also der mongolischen Rasse im weitesten Sinne an. Sie waren aller Wahrscheinlichkeit nach von Zentralasien her in das sumpfige Euphratland eingewandert. Die sumerische Kultur wurde frühzeitig durch Semiten, d. h. durch ausgewanderte Bewohner Arabiens, beeinflusst, welche allmählich die Herrschaft völlig an sich rissen.

Die neueren Forschungen gehen nunmehr auf wenigstens vier Jahrtausende v. Chr. zurück. In jenem weitentlegenen Zeitpunkte bestand schon eine hochentwickelte Kultur in Babylonien, besonders in Akkad und Sumer, so daß bereits eine lange Entwicklungsperiode vorangegangen sein muß.

Als ältestes Reich erachtet man dasjenige von Babylonien, in welchem sich bereits 3000 v. Chr. das Einzelkönigtum entwickelt hatte. Zwischen Babylonien und Assyrien spielten sich mächtige Kämpfe ab, die zu dem Übergewicht Assyriens führten. An das neuassyrische Reich (745—607 v. Chr.), das letzte Glied dieses Übergewichts, reihte sich das neubabylonische. Es folgten alsdann in der Herrschaft Perser, die ihrerseits

durch die Makedonier (Seleukiden), Parther und Römer abgelöst wurden. Später herrschten hier Araber und Türken.

Nach den amerikanischen Funden in Nippur scheint das Land Babylonien in früheren Zeiten den Namen „Kengi“ geführt zu haben, d. h. Land der Kanäle und Rohrhütten, so daß auch dieser Name als ein Zeugnis der früh entstandenen Bewässerungsanlagen anzusehen ist.

Bei der Bedeutung der Wasserwirtschaft für das Land ist es leicht erklärlich, daß die Könige das Verdienst für sich in Anspruch nahmen, bedeutende Anlagen dieser Art geschaffen zu haben. Die Bedeutung der Kanäle ist auch daraus ersichtlich, daß sie zur Bezeichnung der Jahre dienten. Neben der Bezeichnung: „Im Jahre, in welchem der und der Krieg geführt wurde,“ findet sich vielfach die Angabe: „Als der König den Kanal so und so baute.“

Bei der Aufzählung der Großtaten der einzelnen Herrscher werden die unter ihrer Regierung geschaffenen Werke der Irrigationeskunst stets besonders betont. So rühmt sich namentlich Chammuragas (1923—1868 v. Chr.), welcher mit dem Herrscher Hammurabi identisch ist, dem Lande Sumer (Südassyrien) und Akkad (das Land zwischen Kar-Dumas, dem unterchaldäischen Küstenland und der Gegend von Babylon) Wasser durch Kanäle zugeführt zu haben.

Neben den Bauten zu der Götter und seiner Verherrlichung ließ dieser große König zahlreiche Anlagen zur Wohlfahrt des Landes schaffen. Ganz Babylonien brachte er zu außerordentlicher Blüte. Als ein Beweis der unter diesem Herrscher eingetretenen Hebung des Volkswohlstandes wird mit Recht das nachweisbare Steigen der Grundstückspreise erachtet.

In einer Kontraktsschrift aus der Zeit des Königs Kudur-Mabug, des Vorgängers von Chammuragas, geschieht der Arbeiten an dem Euphrat und Tigris Erwähnung. Die Rede ist von der Regulierung des Flusses von Utib-Nun-ki (d. i. der Euphrat) und des Idigna (Tigris), „des Flusses der Götter nach dem Ufer des Meeres zu“. (Nun-ki ist der Ort der Wasserwohnung oder des Urwassers.)

Den altbabylonischen Herrschern gebührt somit das Verdienst zur Hebung des Wohlstandes ihres Volkes das ihrige beigetragen zu haben. Hierin trat auch keine wesentliche Änderung ein, als das Land gegen 1300 v. Chr. in die Hände der

Assyrer fiel, die ihre Herrschaft, welche sich ursprünglich auf die Landschaft östlich vom mittleren Tigris beschränkte, bis zum persischen Meerbusen ausdehnten und im 11. Jahrhundert bis zum oberen Euphrat vordrangen. Ihre Hauptstadt war seit dem 9. Jahrhundert Ninive.

Auch von manchem der assyrischen Könige wird rühmliches hinsichtlich der Unterhaltung und weiteren Ausgestaltung der Bewässerungskanäle berichtet. Es findet sich jedoch auch eine Angabe, die von der Unterlassung der Unterhaltungsarbeiten an den für den Bestand des Landes so hochbedeutenden Kanalanlagen berichtet. Nach derselben haben die Könige Rammanira II und Tuklati-Nindar II (911—884 v. Chr.) aus irgend welchen Gründen die Pflege und Regulierung der Wasserstraßen vernachlässigt. Sofort zeigten sich die Folgen dieses Verhaltens, indem das Wasser in den Kanälen versiegte und die ganze Anlage den Dienst versagte.

Der Nachfolger der beiden genannten Könige Assurnasirpal regierte 25 Jahre lang bis 860 v. Chr. glorreich das Land. Er erneuerte zahlreiche der von seinen Vorgängern vernachlässigten und daher in Verfall geratenen Kanäle. In einer Inschrift heißt es: „den Kanal, welchen Assur-dan, der König von Assyrien, gegraben hatte, der Anfang dieses Kanals war hin geworden, und dreißig Jahre lang waren die Wasser in ihm nicht geflossen, den Anfang des Kanals änderte ich um und grub ich (neu), Wasser leitete ich hinein, Gärten legte ich an . . .“

Derselbe Herrscher ließ einen Kanal vom oberen Zab aus graben und nannte denselben „Bâabilti-chigalli“ (d. i. Bringerin des Überflusses). An seinen Ufern ließ er Gärten anlegen und Palmen, Frucht bäume aller Art und Weinstöcke anpflanzen.

Unter den Nachfolgern Assurnasirpals ragt besonders Sammuramat, besser bekannt unter dem Namen Semiramis, hervor. Die Sage hat Semiramis mit dem Nimbus einer Weltherrscherin umkleidet und ihr die Erbauung von Schlössern und die Erbauung mächtiger Straßen- und Wasserleitungsbauten zugeschrieben, doch sind sichere Einzelheiten hierüber nicht bekannt geworden.

Wie aus Zylinderinschriften hervorgeht war auch Sargon (720—705 v. Chr.), unter dem das assyrische Reich seine

größte Blüte erreichte, bestrebt, den Boden urbar zu machen und Rohr anzupflanzen und manchen wüsten Landstrich, der unter den früheren Königen keinen Bewässerungskanal erhalten hatte, Getreide tragen zu lassen.

Von den Fürsten des Neubabylonischen, chaldäischen Reiches war es insbesondere Nebukadnezar, dessen Streben in hohem Maße auf die Hebung der Landeswohlfahrt gerichtet war. Durch seine Tatkraft entstanden zahlreiche Verbesserungen der Schifffahrtswege und der Bewässerungskanäle.

Auf die angeblich nunmehr entstandenen Bauten beziehen sich manche der oft angeführten Berichte Herodots. Man ist auf Grund der neueren Forschungen zu der Ansicht gekommen, daß diese Berichte von zahlreichen Verwechslungen nicht frei sind und daß ein großer Teil der Schöpfungen, von welchen Herodot berichtet, in Wirklichkeit einer früheren ihm unbekannt gebliebenen Zeit angehörten.

Von den Kanalbauten, welche unter den Herrschern des Neubabylonischen Reiches entstanden, ist an erster Stelle der Königskanal zu nennen, der „Nahr-malkâ“, welcher den Euphrat mit dem Tigris verband und in solchen Dimensionen angelegt war, daß er von den damaligen Kriegsschiffen befahren werden konnte, die allerdings bedeutend kleiner als die jetzigen Schiffskolosse waren. Der Kanal hat sich bis in die späte Kalifenzeit erhalten, heute ist er nicht mehr vorhanden, doch sind seine Spuren noch sichtbar. Er ging bei dem heutigen Feludscha vom Euphrat ab und erreichte den Tigris an der Stelle, an welcher sich in späteren Zeiten das gewaltige Seleukia erhob, zu dessen Blüte wesentlich seine günstige Lage an dem Fluß- und Kanallauf beigetragen hat. Von diesem wie von den übrigen drei großen Verbindungskanälen gingen unzählige kleinere Kanäle ab.

Mit dem Nahr-malkâ stand ein bei Sippira angelegtes großes Bassin von 60 km Umfang in Verbindung. Die ausgeschachtete Erde war zu Deichschüttungen benutzt worden. Nach Herodot war dieser künstliche See mit steinernen Mauern eingefaßt.

Dieses Becken dürfte ähnlich wie der Mörisee in Ägypten zur Ausspeicherung und als Ausgleichbecken gedient haben. Nach einigen Forschern scheint diese Anlage bestimmt gewesen zu sein eine Aufstauung zu bewirken, um nötigenfalls das Land ober-

halb Babylons, d. h. nördlich der medischen Mauer, in einen Sumpf zu verwandeln und einem Heere das Vordringen unmöglich zu machen. Unterhalb Babylons soll eine ähnliche Anlage bestanden haben. Diese Werke sollen bei dem Eindringen von Cyrus gute Dienste geleistet haben.

Mit dem Namen Nebukadnezars ist auch die Schaffung des Kanals Ballakopos verbunden. Dieser Kanal wurde angelegt, um die Gefahren des Euphrathochwassers im Frühling und Sommer abzuschwächen. Gleichzeitig war er dazu bestimmt, die Sumpfgebiete an der Euphratmündung zu verbessern und eine fahrbare Wasserstraße herzustellen. Die Schaffung von Seitenarmen eines Flusses, falls der Hauptstrom infolge Versandung oder Versumpfung nicht mehr schiffbar war, war im Altertum ein beliebtes Verfahren, das in gleicher Weise auch von den Griechen und Römern in Anwendung kam. Die antiken Ingenieure wagten sich, im Gegensatz zu den modernen Ingenieuren, nicht an die Regulierung der Stromläufe selbst.

Der Ballakopos mündete bei der von Nebukadnezar gegründeten Stadt Diridotis. Die Spuren des Kanals mit seinen vielen Seen, darunter der See von Nedscheff, sind noch heute zu verfolgen. Die Länge betrug etwa 400 km und mit Recht erblickt man in diesem künstlich gegrabenen Wasserwege eine glänzende Arbeitsleistung des chaldäischen Volkes. Die in jenen Zeiten allein zur Verfügung stehende Menschenkraft bedingte zur Schaffung derartiger Riesenbauten die Vereinigung vieler Tausende und erforderte die Herstellung solcher Werke einen bedeutend größeren Zeitaufwand als heute, wo die mächtigsten durch Dampf oder Elektrizität betriebenen Arbeitsmaschinen in Tätigkeit gesetzt werden können.

Wenn die Schneemassen im Gebirge weggeschmolzen waren, und der Euphrat zu fallen anfang, d. h. gegen November, mußte der Kanal geschlossen werden, da sonst eine Bewässerung der Ländereien nicht möglich gewesen wäre, indem zuviel Wasser abgelaufen wäre. Die Aufgabe des Schließens des Kanals lag dem Satrapen von Babylon ob. Diese Arbeit bedingte die Beschäftigung von 10000 Menschen während dreier Monate und diese Schließungsweise soll bis zu den Zeiten Alexander des Großen bestanden haben. Da hierbei jedesmal in dem breiten strömenden Kanallauf ein Damm herzustellen war, so kann weder die große Zahl der Menschen, noch die Arbeits-

dauer überraschen. Es wird berichtet, daß Alexander kurz vor seinem Tode von Babylon ausfuhr, um die großen Deicharbeiten am Ballakopas zu besichtigen, unterhalb der alten Kanalmündung habe er einen felsigen Untergrund gefunden und befohlen, daß hier ein neuer Kanal durchgesprengt und das alte Bett des Ballakopas hierher geleitet werde. Die frühere Mündung sei für immer zugehämmert geblieben. Alexander habe gehofft, daß künftig das Öffnen, wie das Sperren desselben im Herbst in Folge des festen Grundes ein leichtes sein würde.

Um von dem Tigris eine Ableitung von Wasser zu ermöglichen, war es an einzelnen Stellen nötig, wie schon oben angedeutet wurde, Querdämme in der Flußbette zwecks Aufstauung des Wassers anzulegen.

Diese Querdämme machten, da das Altertum Schleusen im modernen Sinne nicht kannte, eine durchgehende Schifffahrt auf dem Tigris unmöglich. Alexander der Große, der diesen Fluß schiffbar machen und von hier aus eine Eroberung Arabiens versuchen wollte, ließ viele dieser Hindernisse beseitigen. Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß die Entstehung der Flußdämme auch den Persern zugeschrieben wird. Da die Hauptstädte des persischen Reiches an großen und schiffbaren Flüssen lagen, Susa am Choaspes, der durch einen Kanal mit dem Tigris in Verbindung stand, Babylon am Euphrat, so sollen die Perser aus Furcht vor seeräuberischen Überfällen den Tigris durch Dämme für die Schifffahrt unbenutzbar gemacht haben. Die neuere Anschauung neigt mehr dazu, in diesen Dämmen Staudämme zu sehen.

Bald nach Nebukadnezars kraftvoller Regierung fiel das babylonische Reich an die Perser. Unter dieser Herrschaft blieb Babylonien die vornehmste und reichste Provinz (Satrapie). Mit Recht schließt man hieraus, daß diejenigen Werke, von welchen der blühende Zustand des Landes vollständig abhängig war, in gutem Zustand erhalten geblieben sein müssen.

Solches ist um so wahrscheinlicher, als der Übergang des neubabylonischen Reiches an den Archämeniden Cyrus sich durchaus ohne alle Gewalt vollzogen zu haben scheint.

Die Nachfolger Alexanders des Großen, die Seleukiden (307—64 v. Chr.), waren in zu viele Streitigkeiten verwickelt, um den Provinzen am Euphrat und Tigris die erforderliche Beachtung zuwenden zu können. Diese Länder fielen den Parthern

und später den Römern in die Hände. Von den römischen Kaisern war nur Trajan bemüht die römische Herrschaft voll zur Geltung zu bringen. Auch ihn hinderte, wie Alexander den Großen, der frühe Tod, alle gefaßten Pläne auszuführen.

Nach einer abermaligen Glanzperiode unter den Moslems ging ein trauriger Wechsel mit diesem einst so blühenden Lande vor sich, der größere Teil desselben befindet sich heute wieder in dem ursprünglichen Zustand. Salzrinden bedecken die Flächen der einstigen Seen, statt der üppigen Kornfelder, die zu den ertragreichsten der Erde gehörten, und der ausgedehnten und schönen Gärten früherer Zeiten, besteht heute das Land in der Hauptsache wieder aus unfruchtbaren Strecken und Sümpfen. Trockenheit ist kommen über die Wasser Babylons und sie sind versiegt. Eine durchgreifende Besserung ist erst wieder zu erwarten, wenn hier die Kulturarbeit nach dem im Altertum gegebenen Beispiel von neuem beginnt.

Die Kenntnis der Kanäle Mesopotamiens hat namentlich durch die verdienstvollen Leistungen eines Jones, Chesny, Rich, Rawlinson, Oppert, Cernik eine außerordentliche Förderung erfahren. Die Expeditionen der deutschen Orient-Gesellschaft werden voraussichtlich wohl auch auf diesem Gebiete mancherlei Ergebnisse liefern. Eine genaue Kenntnis der antiken Kanalanlagen wird man jedoch kaum erlangen können, da unter den Moslems ebenfalls zahlreiche Kanäle angelegt wurden und manche der alten Kanäle, wie die Flußläufe selbst, weitgehende Veränderungen erlitten haben.

Von den Kanälen verdient noch der Nahrawân besondere Erwähnung. Derselbe ist der Hauptkanal der Osttigrislandschaft. Der Kanal ging dem alten Tigrislauf parallel und scheint an einzelnen Stellen noch Parallelläufe besessen zu haben. Seine Breite wird bis zu 450 Fuß angegeben, seine Tiefe bis zu 30 Fuß.

Die weitgehenden Änderungen, welche die beiden Hauptströme erfahren haben, dürften am besten daraus zu erkennen sein, daß der Tigris infolge der starken Bodenanschwellung im Persischen Meere heute einen etwa 200 km längeren Lauf hat als im Altertum. Damals ergossen sich Euphrat und Tigris noch gesondert in das Meer, während sie jetzt in dem Schat el Arab eine gemeinsame Mündung besitzen.

So wichtig eine gesicherte und geregelte Bewässerung für das Land ist, so wichtig ist eine gute Wasserversorgung für die

Städte. Über die Schaffung von Wasserleitungsbauten liegen verschiedene Mittheilungen vor. Unter den amerikanischen Ausgrabungen in Niffer finden sich auch Reste der zur Zeit Ur Gurs, d. h. um 2100 v. Chr., hergestellten Wasserleitung. Bereits Layard, ein bedeutender englischer Forscher, hatte einen von mächtigen Ufermauern eingefassten Kanal aufgefunden, der seiner Ansicht nach zur Wasserversorgung dieser Stadt gedient hatte.

Im allgemeinen erfolgte die Wasserversorgung der Städte Mesopotamiens in derselben Weise, wie diejenige der Städte in anderen Tiefländern, d. h. durch Flußwasser. In der Hauptsache wurde das Trinkwasser dem Euphrat und Tigris und den von diesen abzweigenden Kanälen entnommen. Die einst von Babylon eingenommene Fläche läßt erkennen, daß sie von einer großen Anzahl Kanäle durchschnitten war, aus welchen die Bewohner ihren Wasserbedarf gedeckt haben werden. Von den Wassergräben, die einst den oft genannten berühmten hängenden Gärten Wasser zuführten, sind noch die Spuren erkennbar. Da diese Gärten, die nach den jetzigen Forschungen unter Nebukadnezar entstanden, eine reiche Bepflanzung besaßen, und selbst auf den höchsten Terrassen Bäume standen, in deren Schatten Alexander der Große Labung in seinem Fieberzustande suchte, so ist eine künstliche Bewässerung unerläßlich gewesen. Strabo berichtet, daß diese Gärten ununterbrochen durch Pumpwerke bewässert worden seien. Man nimmt an, daß zur Wasserhebung Eimerwerke benutzt worden sind. An der Stätte der einstigen hängenden Gärten sind ausgedehnte Überreste hydraulischer Werke, wie mehrere prachtvolle Brunnen und Wasserleitungen, welche mit dem Euphrat in Verbindung standen, gefunden worden.

Das Tigriswasser eignet sich nicht sehr zu Wasserversorgungszwecken, und die Sorge der alten Assyrer war darauf gerichtet, hierfür so weit wie möglich Ersatz zu schaffen, den sie in den kleineren Süßwasserbächen fanden, deren Wasser sie in geregelter Lauf ihrer Städten zuführten. Unter Senacherib (704—681 v. Chr.) wurden ausgedehnte Arbeiten zur Wasserversorgung der Hauptstadt Ninive ausgeführt. Diese Aufgabe wurde durch das Flüsschen Rhöser erleichtert. Das Wasser dieses Baches wurde gleichzeitig zum Füllen des die Stadt umgebenden Festungsgrabens benutzt.

Die Reste einer von den Assyrem geschaffenen Fernwasserleitung hat der bereits erwähnte Forscher Layard entdeckt.

Derselbe fand bei Bavian die Überreste einer Anzahl von in den Felsen gehauener Wasserbecken. Man glaubt, daß diese Anlage im Zusammenhang mit der unter Senacherib erbauten Wasserleitung von Ninive stand. In der sogenannten Inschrift von Bavian wird berichtet, daß der genannte Fürst, um Ninive mit gutem Wasser zu versehen, einen bei der Stadt Kisri beginnenden und sich bis Ninive hinziehenden Kanal graben und außerdem noch 18 Ortschaften in der Ebene nord- und ostwärts von Ninive in der Richtung nach Bavian zu durch 18 Kanäle mit Trinkwasser versorgen ließ.

Besondere Schwierigkeiten waren bei der Schaffung der Wasserversorgung der heute von den Arabern mit dem Namen Nimrud bezeichneten südlich von Mossul belegenen Stadt zu überwinden. Mittels eines 45 km langen Kanals, der an einzelnen Stellen bis 40 Fuß tief in den harten Muschelschalestein eingearbeitet ist, ist das Wasser zweier Gebirgsbäche nach der Stadt geleitet worden. Der Zuleitungskanal besitzt eine sehr gewundene Trace, die von der geschicktesten Benützung des Terrains Zeugnis ablegt.

Was die Verkehrsstraßen zwischen den einzelnen Orten anbetrifft, so sind bisher nur einzelne Spuren derselben aufgedeckt, die eine Beschreibung der alten Straßen Babyloniens oder Assyriens nicht gestatten. Die Straßen in den Städten betreffend, so wissen wir, daß bereits in frühen Zeiten eine Pflasterung mit Klinkern stattfand. Auch von einzelnen Brückenbauten haben wir Kenntnis, so von der Brücke, die Nebukadnezar oder seine Mutter erbauen ließ. Diese Brücke verband die an den beiden Ufern des Euphrats liegenden Königsburgen von Babylon miteinander. Es war eine Balkenbrücke, deren Balken auf Steinpfeilern ruhten, die 4 m voneinander entfernt waren. Auch in diesem Falle wird berichtet, daß die Gründung in der Weise bewerkstelligt worden sei, daß der Strom zeitweilig vollständig umgeleitet wurde.

Mit der Geschichte des Gewölbebaues ist der Name der Babylonier und Assyrer ebenfalls verknüpft. Für die Ingenieurtechnik ist diese Geschichte von besonderem Interesse. Das Bedürfnis nach Erbauung von Brücken hat sich zweifellos bereits in den frühesten Zeiten geltend gemacht. Die Verwendung von Seilen, Holz, Bambus usw. läßt das Bestreben, diese vergänglichen Materialien durch dauerhaftere, zu ersetzen, erklärlich

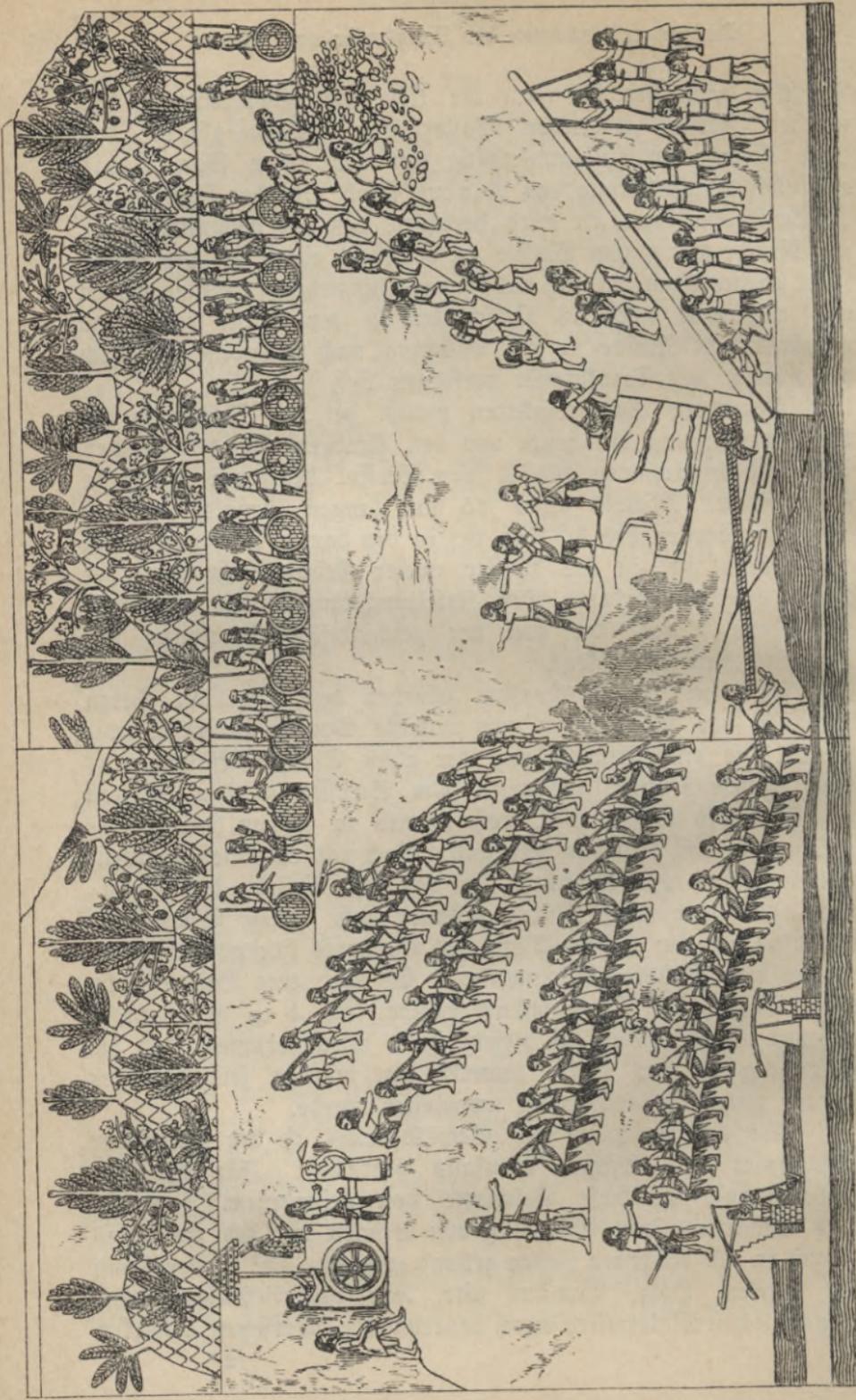


Abb. 5. Hebung einer Steinfigur.

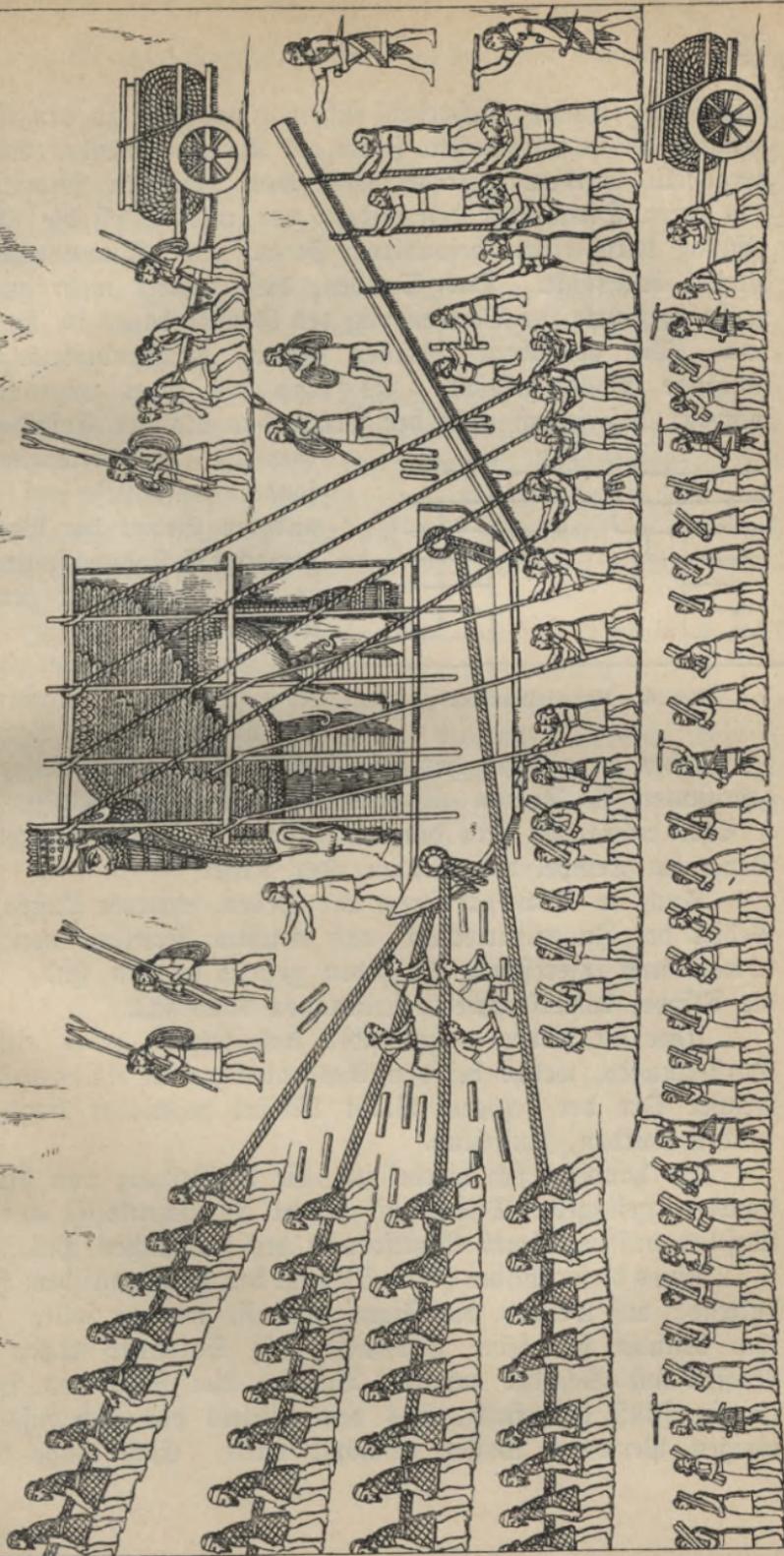


Abb. 6. Transport einer Steinfigur.

erscheinen. Dieses Bestreben führte allmählich zu den Steinbrücken, die in ihrer ersten Form als Kragsteinbrücken (Abb. 4) hergestellt wurden. Hierbei schob man von den Widerlagern aus einen Stein über den andern vor und schloß die Mittelöffnung durch einen besonderen Stein. Die Spannweite war hierbei beschränkt. Das Streben, diese immer mehr zu vergrößern, führte zur Verwendung des Gewölbebaues im Brückenbau. Die gewölbten Brücken haben jahrhundertlang die führende Rolle gespielt. Es kann als sicher angenommen werden, daß jedoch nicht der Brückenbau als der Erfinder der Gewölbe zu betrachten ist,

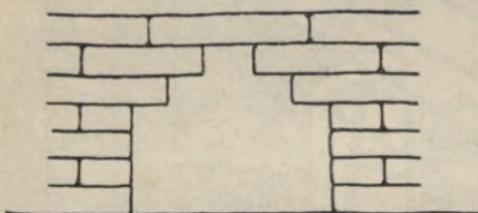


Abb. 4. Kragsteinbrücke.

sondern daß diese auf einem anderen Gebiet der Baukunst gemachte Erfindung später auch in dem Brückenbau zur Anwendung kam.

Während man früher glaubte, die ersten Gewölbekonstruktionen überhaupt den Ägyptern zuschreiben zu müssen, hat man jetzt in Babylonien Bogen aus gebrannten Backsteinen aufgefunden, welche etwa 4000 Jahre v. Chr. entstanden sein dürften. Hierzu gehört ein gewölbter Kanal im Tempel von Nippur oder Niffer.

Auch im Transportieren und Heben schwerer Lasten, ein Gebiet der Ingenieurtechnik, auf welchem derselben von jeher schwere und interessante Aufgaben gestellt worden sind, haben die Ägypter bemerkenswerte Leistungen vollbracht.

Über die hierbei angewandte Arbeitsweise geben einzelne Darstellungen, welche bei den Ausgrabungen in Kujundschiß, welcher Ort der jetzigen Stadt Mossul gegenüber liegt, gefunden wurden, Aufschluß.

Es handelte sich hierbei um die Aufstellung von Riesenfiguren (geflügelte Stiere mit einem Menschenkopf) auf den künstlich aufgeworfenen Plattformen des königlichen Palastes.

Eines dieser Bilder (Abb. 5) zeigt den König auf dem Hügel haltend, auf welchen die Figur geschafft werden sollte. Vor ihm befindet sich seine Leibwache, die Soldaten stützen ihre Waffen und Schilder auf den Boden. Am Fuße des Bildes ist ein Fluß dargestellt, aus dem mittels des Schadufs von einigen Personen Wasser geschöpft wird. Eine lange Reihe

von Arbeitern trägt Steine und mit Erde und Steinen gefüllte Körbe. Auf dem Hügel angelangt, schütten sie ihre Last auf einen Haufen und steigen alsdann in gleicher Ordnung wieder hinab, um eine neue Ladung hinaufzuschaffen. Bei jeder Kolonne befindet sich ein Aufseher, der die Arbeiter, wahrscheinlich Gefangene, da sie Ketten tragen, zur Tätigkeit antreibt.

Das Gewicht der auf solche Hügel geschafften Transportstücke dürfte bis zu 50000 kg betragen haben. Als Hilfsmittel wandten die Assyrer Walzen, Hebel und die Schleife oder Schlitten an. Auf einem anderen Bilde (Abb. 6) sind vier Arbeiterkolonnen an den Schlitten gespannt. Eine Kolonne lüftet auch auf diesem Bilde mittels eines langen Hebels die Last. Der Steinkoloß steht aufrecht auf dem Schlitten; er ist durch ein Rahmenwerk gehalten, welches von Arbeitern mittels gabelförmiger Stangen gestützt wird.

Die gleiche Transportweise fand, wie das folgende Kapitel ergeben wird, auch bei den Ägyptern Anwendung.

Die Leistungen der babylonischen und assyrischen Ingenieure sind zwar von verschiedenen antiken Völkern überboten worden, auf dem Gebiete des Bewässerungswesens hatten die Babylonier und Assyrer jedoch nur einen gleichwertigen Konkurrenten, das ägyptische Volk.

II. Kapitel.

Die Ingenieurtechnik im alten Ägypten.

Die Kenntnis des hohen Kulturzustandes der alten Ägypter kann heute als auch in weiteren Kreisen vorhanden vorausgesetzt werden. Emsig sind die Gelehrten an der Arbeit immer mehr Licht in die Geschichte dieses rätselhaften Volkes zu bringen, denn wenn es auch dem menschlichen Scharfsinn und Spürsinn gelungen ist manchen dunklen Punkt aufzuhellen, so gibt es doch noch mancherlei Fragen, welche eine vollständig sichere Beantwortung bisher nicht gefunden haben und bei welchen die Vermutungen noch eine große Rolle spielen.

Das ägyptische Volk besaß eine hervorragende Begabung für technische Schöpfungen aller Art und gleich ihren babylonischen und assyrischen Kollegen haben die ägyptischen Ingenieure auf den verschiedenen Gebieten der Ingenieurkunst zahlreiche Schöpfungen hervorgebracht.

Es lag in der Natur des Landes, daß hierbei die Leistungen in der Irrigation den größten Umfang annahmen. In Ägypten regnet es nur selten und daher gab allein die systematische Benutzung der von der Natur gelieferten Wassermengen die Möglichkeit eines gesicherten Ertrages des Anbaues.

Wie solches für Babylonien galt, so muß daher auch der blühende Kulturzustand Ägyptens im Altertum in erster Linie als eine Folge der guten Bewässerungsanlagen bezeichnet werden. Die gesamte Kultur Ägyptens hing sowohl in ihrer Entstehung, wie in ihrer späteren Entwicklung von der Wasserwirtschaft ab, die ihrerseits vollständig von dem Nil beeinflusst war.

Zum Verständnis der ägyptischen Bewässerungsanlagen ist eine kurze Angabe über den Nillauf und seine Abzweigungen erforderlich.

standen und der Nilschlamm verlieh auch allein den nicht sehr breiten Landstrichen zu beiden Seiten des Flusses ihre Fruchtbarkeit, weshalb auch mit Recht Ägypten stets als ein Geschenk des Nils bezeichnet wird. Die beiderseitigen fruchtbaren Landstriche werden von Gebirgen und Wüsten begrenzt.

Der Nilschlamm besteht aus den organischen Bestandteilen einer tropischen Vegetation und er besitzt von allen bis jetzt geprüften Erden die höchste Absorption und die größte Menge der aufgeschlossenen Silikatbasen. Ein Kubikmeter Nilwasser enthält 1,58 kg schwebender Stoffe und mit dem Nilwasser werden täglich im Durchschnitt 377000 cbm Schlamm fortgeschwemmt.

Das Nildelta dürfte durch die starken Schlammablagerungen verhältnismäßig rasch zugeschlammmt worden sein. Im Inneren Ägyptens beträgt die Höhe des Schlammbodens 11 m, im Mündungslande 14 m. Inmitten des Flußtales hat sich der Nil durch seine eigene Schlammung einen Kamm gebildet, auf dem er in einer Rinne dahinzieht. Hierauf ist es zurückzuführen, daß die von dem Strome entfernteren Teile des Tales tiefer liegen, als die benachbarten Gebiete.

Um die Sonnentwende treten im höheren Afrika, dem Quellgebiet des Nils, sehr starke periodische Regenfälle auf und diese bewirken ein starkes Anschwellen des Flusses. Das Wasser steigt etwa von Ende Juni bis zum ersten Drittel des Oktober und fällt dann allmählich wieder bis Juni.

Das Steigen in den einzelnen Jahren ist ein sehr verschiedenes. Die Fluten ergossen sich früher mit dem Steigen des Nils über das ganze Niltal und breiteten sich in der Niederung weit aus. Durch die Überschwemmung wurde das Land alljährlich mit einer papierstarken Schicht des überaus fruchtbaren Bodens überdeckt.

Der Anbau dieses Gebietes dürfte in ähnlicher Weise erfolgt sein, wie im Marschgebiet anderer Flüsse. Die ersten Ansiedler ließen sich auf den höher liegenden und durch ihre natürliche Lage geschützten Punkten nieder und drangen von hier aus allmählich gegen den breiten Flußlauf vor, in dem sich an den Stellen, an welchen die Strömung schwach war, durch Niederschlag der Sinkstoffe der Boden erhöhte und allmählich sich gleichsam kleine Inseln bildeten, die sich nach und nach mit einer Grasnarbe bedeckten. Diese Inseln bildeten

vermutlich den Ausgangspunkt für die allmähliche Gewinnung des Landes für einen regelrechten Anbau, indem diese Inseln immer mehr vergrößert und erhöht wurden und durch kleine Deiche nach und nach immer mehr Land trocken gelegt wurde. Zwischen den einzelnen so gewonnenen festen Punkten wurden Verbindungswege hergestellt, die zugleich als Schutzdeiche bei Überschwemmungen benachbarter Gebiete dienten. Durch die Durchdämmungen wurde die Aufschlickung des niedrig gelegenen mit dem Strom noch immer in unmittelbarer Verbindung stehenden Landes wesentlich befördert.

Der Zustand der ägyptischen Landwirtschaft war bereits in den ältesten Zeiten ein blühender. Besonders wurden Gerste und Weizen gebaut. Bei den günstigen Verhältnissen des zu bebauenden Bodens war eine sehr einfache Bearbeitung desselben genügend, um einen guten Ertrag zu liefern. Bei der weichen Beschaffenheit des Bodens konnte die Durchfurchung mit primitiven Hilfsmitteln leicht erfolgen.

Als man den Nutzen der Überschwemmungen erkannt hatte, begann man Kanalanlagen herzustellen, um den fruchtbaren Nilschlamm auch jenen Landstrichen zuzuführen, die von dem Flusse nicht unmittelbar berührt wurden. Um den Absatz des Schlammes zu vergrößern und den Flußlauf zu korrigieren, schritt man zur Herstellung von durchgehenden Dämmen.

Diese Unternehmungen, durch welche ein großer Teil Ägyptens, das Nildelta jedenfalls vollständig, durch Deichbauten und künstliche Be- und Entwässerung nach und nach dem Anbau gewonnen wurde, konnten naturgemäß nur durch das Zusammenwirken einer großen Anzahl von Menschen geschaffen werden; sie wurden daher, wie in Babylonien, die Ursache des so früh ausgebildeten Staatswesens.

Frühzeitig scheinen insbesondere die Priester den Anstoß zu dem Anbau des Landes gegeben zu haben. Das ägyptische Staatsgebiet war von alters her in Gaue oder Provinzen eingeteilt, die von selbständigen Fürsten regiert wurden. In späterer Zeit traten an die Stelle dieser Fürsten Gouverneure, die jedoch den alten Fürstentitel führten. Als „Vorsteher der Arbeiten“ hatten sie für die Erbauung und Instandhaltung der Wege, Deiche, Kanäle und anderer öffentlichen Bauten in ihrer Provinz Sorge zu tragen.

Von dem ägyptischen Bewässerungswesen hat ein genauer Kenner desselben, der Ingenieur Willcocks, früher General-

direktor der Bewässerungsanlagen in Ägypten, eine anschauliche Schilderung gegeben.

Das Niltal bot einst jedenfalls denselben Anblick wie das Land Babylonien und mancher anderer Schauplatz einer späteren hochentwickelten Kultur; es war angefüllt mit Sümpfen und Sanddünen. Alle acht oder zehn Jahre wurde das Tal von einem besonders mächtigen Hochwasser durchströmt. In grauen Zeiten, angeblich zur Zeit des Königs Menes, gingen die Bewohner dazu über, die Verhältnisse zu verbessern, zu regeln. Willcocks betrachtet es als eine weise Tat, daß sich die Arbeiten zunächst nur auf ein Ufer erstreckten. Nach seiner Ansicht wurde zuerst an dem linken Flußufer, parallel zum Flußlauf, ein Längsdeich aufgeworfen, von dem aus Querdeiche sich bis an die Lybischen Hügel erstreckten. Die Deiche erhielten eine solche Höhe, daß sie den höchsten Nilstand überragten. Um das Wasser in das Land einzulassen mußten die Deiche durchstochen werden. Mit dem Wachsen der anzubauenden Landflächen wurde es nötig vom Nil Kanäle abzuzweigen, durch welche das Wasser den vom Nil entfernter liegenden Flächen zugeleitet wurde. Auch diese Kanäle mußten zwecks Regulierung der Überschwemmung mit Deichen eingefast werden, die beim Einlassen des hohen Nilwassers gleichfalls durchstochen werden mußten. Nach Einlauf des Wassers wurden die Deiche wieder geschlossen. Der Abfluß des Wassers erfolgte im allgemeinen an einer andere Stellen wie der Zulauf, und es entstand allmählich ein ausgedehntes und verwickeltes System von Becken, bestehend aus größeren eingedeichten Landflächen mit den erforderlichen Zu-, Verteilungs- und Ablaufkanälen.

Aus dem Gesagten ergibt sich ohne weiteres die große Bedeutung, welche ein genügend hoher Nilwasserstand für das Land hat. Je höher der Nil steigt, je größer sind die Wassermengen, welche den Feldern zugeführt werden können. Ein ungewöhnlich niedriger Stand muß unfehlbar eine Mißernte zur Folge haben, da in diesem Falle das Wasser des Flusses nicht ohne weiteres auf die Felder fließen kann. Zwar fand in Ägypten wie in Babylonien eine künstliche Hebung des Wassers durch unzählige primitive Wasserhebungsanlagen (Schaduf, Sakieh) statt, aber die so gehobenen Wassermengen spielten im Verhältnis zu den Wassermengen einer hohen Nilchwelle keine nennenswerte Rolle.

Das Land wurde und wird auch heute noch von dem eingelassenen Nilwasser überstaut, d. h. das Wasser bleibt eine längere Zeit ruhig auf den überschwemmten Ländereien stehen, der Schlamm setzt sich in dem stillstehenden Wasser zu Boden, wodurch das Land gedüngt wird und nach Abfließen des Wassers mit dem fallenden Nil bestellt werden kann.

Die Arbeitsweise mußte sich ganz von selbst den Eigenheiten des Nils anpassen. Etwa im Oktober wurden und werden noch heute die Äcker, nachdem das Wasser zurückgetreten ist, bestellt. Bis Ende Februar reifen die Früchte, die im März geerntet werden. Die Äcker bleiben alsdann der sengenden Sonnenglut überlassen, bis die neue Überschwemmungsperiode ihren Anfang nimmt.

Die in früheren Zeiten regelmäßig eintretende völlige Arbeitspause in dem Leben der Ackerbauer ermöglichte die Heranziehung derselben zu anderweitiger Beschäftigung und dieser Umstand dürfte ohne Zweifel eine wesentliche Rolle bei der Entstehung der großen Schöpfungen gespielt haben, an welchen Ägypten so überaus reich ist.

Das Beckensystem und die Überstauung müssen, wenn die Verhältnisse hierfür von Natur günstig liegen, als sehr wirksame und rationelle Mittel der Bewässerung bezeichnet werden. Diese Bewässerungsart verdient so lange den Vorzug vor allen anderen, bis eine weitere Steigerung der Ertragsfähigkeit, etwa durch zweimalige Ernten im Jahre, angestrebt werden muß, wie solches gegenwärtig in Ägypten der Fall ist.

Nach Willcocks begannen die Arbeiten zur Ausnutzung der Ländereien auf dem rechten Ufer des Nils also erst später. Sie waren deshalb schwieriger, weil es nunmehr galt, den Flußlauf in richtiger Weise einzuschränken. Man glaubt, daß dieser bedeutsame Schritt unter den großen Pharaonen der 12. Dynastie unternommen worden ist.

Willcocks ist der Ansicht, daß hierbei in sehr vorsichtiger Weise verfahren worden sei, was schon deshalb erforderlich gewesen wäre, weil eine plötzliche Einengung des Flußlaufes große Überschwemmungen sowohl für den tiefliegenden Nomes von Memphis wie für Unterägypten im Gefolge gehabt hätte. Um den Eintritt von Katastrophen zu vermeiden, hätten die Ägypter die natürliche Rinne, die nach dem Fayûm führte, erweitert und vertieft und die hier von der Natur geschaffene

Einsenkung zur Aufspeicherung des überschüssigen Wassers benutzt. Man habe es erst wieder abfließen lassen, wenn die gefährdende Hochflut mit ihrem fruchtbaren Schlamm vorüber war und das aufgespeicherte Wasser segensreiche Verwendung finden konnte. Diese so geschaffene, in der Hauptsache natürliche Anlage, sei durch eine weitere Ausgestaltung zu jener Schöpfung des Altertums umgebildet worden, die unter dem Namen Mörisssee bekannt ist.

Zahlreich sind die Nachrichten über dieses Werk, einzelne der antiken Berichterstatter wie Herodot hatten an dem See- gestade geweilt (etwa 450 v. Chr.) und die Anlage somit mit leibhaftigen Augen gesehen. Nichtsdestoweniger konnte die Frage aufgeworfen werden, wo lag der Mörisssee, hat er überhaupt existiert und welchen Zwecken hat er gedient. Ungeheure Arbeit und Mühe ist auf die Beantwortung dieser Fragen verwandt worden.

Obwohl über diesen See seit mehr als einem Jahrhundert gestritten wird, so ist es doch bis heute nicht gelungen, diese Fragen nach allen Richtungen hin vollständig mit Sicherheit beantworten zu können.

Eine große Zahl Gelehrter, Forscher und Ingenieure aller Länder hat sich um die Lösung dieses Problems emsig bemüht. Genannt seien: Somard, Martin, Lepsius, Linant de Bellefonds, Erbkam, Brugsch, Lauth, Whitehouse, Flinders Petrie, Schweinfurth, Brown.

Von den auf uns gekommenen zahlreichen Angaben antiker Schriftsteller werden am häufigsten diejenigen von Herodot angeführt. Nach den Mitteilungen dieses Schriftstellers ist der Mörisssee als das Hauptreservoir für die Aufspeicherung des Nilwassers zu betrachten, seine Aufgabe war nach diesem Schriftsteller eine dreifache. Bei hohem Nilwasserstande strömte der Überfluß an Wasser durch den Josephskanal nach diesem See, nach dem Fallen des Nils wurde das aufgespeicherte Wasser zu Bewässerungszwecken abgegeben und außerdem soll durch den Mörisssee das Fahûm in den fruchtbarsten Teil von Ägypten umgewandelt worden sein. (Abb. 8.)

Herodot gab den Umfang des Sees zu 3600 Stadien (660 km oder auch nur 356,4 km) und die Tiefe zu 50 Klaftern (= 80 m) an.

Herodot und mit ihm eine große Anzahl späterer Schriftsteller scheint geglaubt zu haben, daß der Mörisssee unter



Abb. 8. Landschaft im Fayûm.

Amenemat III., welchen die Griechen Möris nannten (und der nach Lepsius 2221—2179 v. Chr. regierte), vollständig durch Menschenhand hergestellt worden sei.

Die moderne Zeit steht derartigen Angaben sehr nüchtern und kritisch gegenüber, sie geht Zahlenangaben auf den Grund. Nach den von Herodot gegebenen Zahlen würde die Herstellung des Sees gering veranschlagt die Bewegung von mindestens 1000 Milliarden cbm Boden bedingt haben. Wenn man auch den Ägyptern neidlos zugestehen muß, daß sie gewaltige Aufgaben lösten, so würde doch eine derartige Erdbewegung über menschliches Können hinausgehen. Im Vergleich zu den leistungsfähigen Maschinen aller Art, die dem modernen Ingenieurwesen zur Verfügung stehen, besaßen die Ägypter nur sehr primitive Mittel. Ihre Hauptkraft lag in der Verwendung einer ungezählten Menschenmenge. Nimmt man selbst an, daß die Tagesleistung eines Arbeiters in der Fortschaffung eines Kubikmeters Boden bestanden hätte, so hätten schon zur Bewältigung des genannten Erdquantums etwa zwei Millionen Menschen ein Jahrtausend lang beschäftigt werden müssen und will man gar

annehmen, daß Möris diese Arbeit während seiner 40 jährigen Regierungszeit habe ausführen lassen, so hätten während dieses Zeitraumes permanent mindestens 50 Millionen Menschen beschäftigt werden müssen. Wenn es auch fraglos ist, daß im Altertum größere Menschenmengen für bedeutende Bauten herangezogen worden sind, als heutzutage, so sind doch die vorgenannten Zahlen zu ungeheuerlich, um an sie glauben zu können.

Hiernach ist es erklärlich, daß der Glaube an die künstliche Herstellung des gesamten Mörissees in der Weise, daß

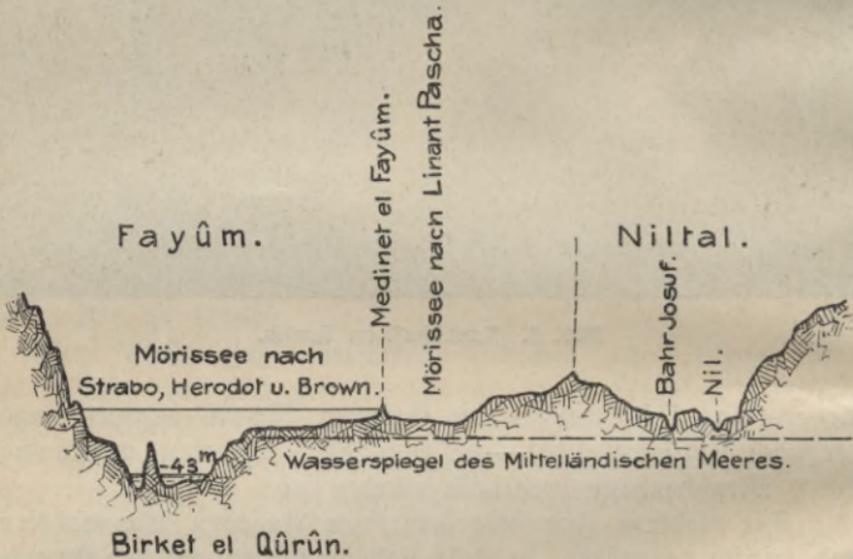


Abb. 9. Querschnitt durch das Fayûm.

derselbe etwa ausgegraben worden sei, geschwunden ist. Es ist erklärlich, daß dieses Rätsel immer wieder zur Lösung und damit zur Untersuchung der Gegend, von welcher man annahm, daß der See in ihr einst gelegen habe, anregte. Diese Untersuchungen haben dazu geführt, daß im allgemeinen Übereinstimmung darüber herrscht, daß in dem Becken des Fayûms drei Stufen in der Höhenlage des Landes unterschieden werden können. Die tiefste Stufe nimmt der Birket-el-Qûrûn ein. (Abb. 9.) Das mittlere, geneigte, höher liegende Tafelland besitzt den größten Flächenraum. Die obere Stufe wird von einer größeren Zahl von Dämmen begrenzt. Die Gelehrten der französischen Expedition, welche Bonaparte bei seinem ägyptischen Feldzug

ins Leben gerufen hatte, glaubten in dem Birket-el-Dârûn den Mörisssee wieder aufgefunden zu haben. Die einfache Tatsache, daß dieser See nach später angestellten Ermittlungen heute über 40 m unter dem Wasserspiegel des Mittelländischen Meeres liegt, hat genügt, um die Annahme von Fomard und Martin als unrichtig zu erkennen, denn bei dieser Höhenlage war es undenkbar, daß das Wasser hätte wieder zurückfließen können.

Wiederum waren es französische Ingenieure, in erster Linie Vinant de Bellefonds, einstiger Generaldirektor des Bewässerungswesens in Ägypten, welche um die Mitte des vergangenen Jahrhunderts die Frage des Mörisssees zu beantworten suchten. Vinant stellte die Behauptung auf, daß die Angaben von Herodot gewaltig übertrieben seien und daß der Mörisssee die oberste, durch Dämme gegen das tiefer liegende Land abgeschlossene Terrasse des Fayûmbeckens eingenommen habe.

Die Ansicht Vinants fand seinerzeit vielen Beifall (so auch bei Lepsius, dem großen Ägyptologen) und sie galt lange Zeit als zutreffend.

Eine neue und direkt praktische Gestalt nahm die Mörissseefrage in den letzten Jahrzehnten an, und zwar nach der Okkupation Ägyptens durch die Engländer.

Seitdem die Engländer die Verwaltung Ägyptens in die Hände genommen haben, haben sie der Bewässerungsfrage, die für Ägypten eine so ungeheure Bedeutung hat, eine sehr eingehende Beachtung zugewandt. Von Indien her besitzen die englischen Ingenieure große praktische Erfahrungen auf diesem Gebiete und sie sind daher zur Lösung derartiger Fragen besonders geeignet. Die ungenügende Ausnutzung der Nilwassermengen drängte zu einer rationelleren Verwendung; hatte der Mörisssee einst wirklich bestanden und sich bewährt, was war empfehlenswerter, als ihn alsdann von neuem entstehen zu lassen, oder eine ähnliche Anlage zu schaffen.

Englische Ingenieure haben sich daher mit dieser Frage eingehend beschäftigt. Daneben ist den Untersuchungen des Amerikaners Cope Whitehouse Erwähnung zu tun. Whitehouse ist der Ansicht, in einer südwestlich von dem Fayûm belegenen Einsenkung, dem Rayânbecken (Abb. 10), einen Teil des Mörisssees wieder aufgefunden zu haben.

Die Ansicht von Cope Whitehouse hat in neuerer Zeit ihre Wahrscheinlichkeit verloren und namentlich sind es die Ausführungen des Ingenieurs Brown gewesen, welche die Whitehousesche Hypothese in den Hintergrund gedrängt haben.

In dem Vorwort zu dem Brownschen Buche (*The Fayûm and lake Moeris*. London, Edward Stanford, 1892) konnte Scott-

Moncrieff nicht mit Unrecht sagen: „Gelehrte Deutsche und glänzende Franzosen haben bereits über das Fayûm geschrieben. Major Brown beansprucht weder die Gelehrsamkeit der einen, noch den Glanz der anderen, aber er besitzt, was weder die einen, noch die anderen besaßen, nämlich eine genaue Kenntnis der Niveaueverhältnisse des Gebiets. Diese Kenntnis ist einem Wasserbauingenieur

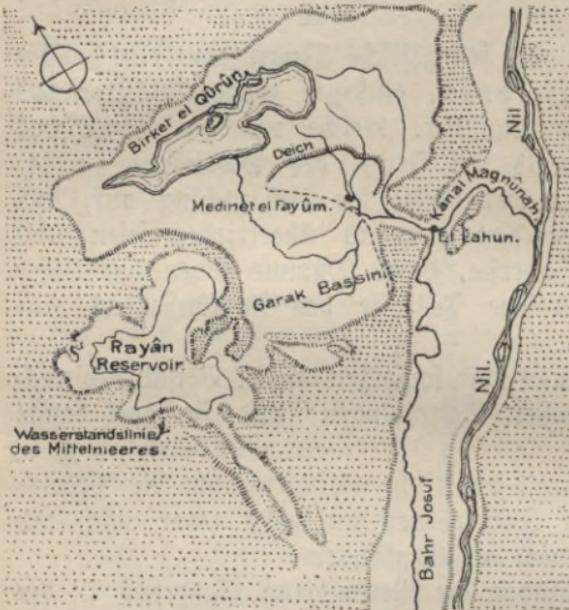


Abb. 10. Fayûm und Wady Rayân.

ganz unentbehrlich und es ist befremdend, daß der ausgezeichnete Franzose Linant de Bellefonds, der so manches Jahr der Verbesserung Ägyptens widmete, augenscheinlich ohne dieselbe gewesen ist.“ Brown war als Generalinspektor der Bewässerungsanlagen von Oberägypten in der Lage, alle erforderlichen Daten in einwandfreier Weise zu beschaffen.

Das Fayûm ist mit Ausnahme eines schmalen Streifens rings von der Libyischen Wüste umgeben. Durch diesen Streifen steht der Fayûmdistrikt mit dem Niltal in Verbindung. An dieser Stelle liegt El-Lahun. Im Fayûm fällt kein Regen, Wasser wird ihm lediglich durch den Josephskanal zugeführt, der bei Medinet el Fayûm endet. Bei Medinet el Fayûm teilt sich der Josephskanal jetzt in zahlreiche kleine Kanäle, die

allen Teilen das Wasser zuführen. Das Land ist zunächst ziemlich eben und fällt erst weiterhin stärker nach dem Birket el Nârûn ab. Dieses Wasserbecken ist der tiefste Punkt, so daß alles Wasser innerhalb des Fayûmbeckens, soweit es nicht verdunstet oder versickert, hierher zu laufen bestrebt ist. Der Birket el Nârûn ist 40 km lang und 5 km breit. Dieses Becken liegt gegenwärtig 43,3 m unter dem Meeresspiegel.

Das von Whitehouse entdeckte Rayânbecken ist eine vollständige Wüste, rings von Höhen umgeben, die nur an zwei Stellen einen Einschnitt aufweisen. Die Ansicht von Whitehouse, daß dieses Becken mit zum Fayûm gehört habe, widerlegt Brown durch den Nachweis, daß die in Frage kommenden Einsenkungen zu hoch liegen, um dem Nilwasser überhaupt Eintritt zu gestatten. Auch sind bisher in diesem Becken keinerlei Spuren von Süßwasserniederschlägen gefunden worden.

Brown hat zur Widerlegung der Ansichten Linants, daß der Mörrissee auf der obersten Stufe gelegen habe, darauf hingewiesen, daß alsdann die Dammhöhe an einzelnen Stellen bis zu 30 m betragen haben müßte, und daß dieser künstliche See somit eine sehr gefährliche Anlage für die im Inneren des Fayûms belegenen Städte gewesen wäre, um so mehr, als dieser Damm zeitweilig hätte geöffnet werden müssen, um dem Wasser den Einlaß und Auslaß zu gewähren. Auch hat Brown nachgewiesen, daß die meisten Angaben Linants mit den tatsächlichen Höhen- und Terrainverhältnissen nicht übereinstimmen.

Brown ist der Ansicht, daß der Mörrissee außerhalb der von Linant de Bellefonds aufgefundenen Dämme gelegen habe, d. h. den größeren Teil des Fayûms eingenommen, und für gewöhnlich auf dem Nilspiegel, d. h. etwa + 20 m mit seinem Wasserspiegel gelegen habe. (Abb. 11.)

Die Ansichten von Brown nähern sich somit wieder mehr den Angaben von Herodot und Diodorus.

Brown nimmt weiter an, daß der See bis zur Zeit Amenemhet III. (um 2500 v. Chr.; nach Niebuhr 1847 bis 1802 v. Chr.) in der durch die natürlichen Verhältnisse gegebenen Weise funktioniert habe, d. h. daß das Nilwasser je nach seinem Stand in und aus dem Becken geflutet sei. Erst zur Zeit der genannten Pharaonen habe man künstliche Regulierungswerke für den Ein- und Auslaß geschaffen.

Es ist bekannt, daß unter der zwölften Dynastie aus

politischen Gründen die Residenz zunächst nach Memphis und später in die „Seelandschaft“ (Fayûm) verlegt worden ist.

Daß namentlich unter Amenemhet III., dem Erbauer des großen Tempels bei Hawarah (das sogenannte Labyrinth), Arbeiten am See vorgenommen worden sind, scheint ziemlich sicher zu sein. Dieser König dürfte der Residenz Sehed-Krokodilopolis im Fayûm ein vorteilhafteres Weichbild geschaffen haben. Der Wiederhersteller des Mörissesees scheint, und zwar zunächst in

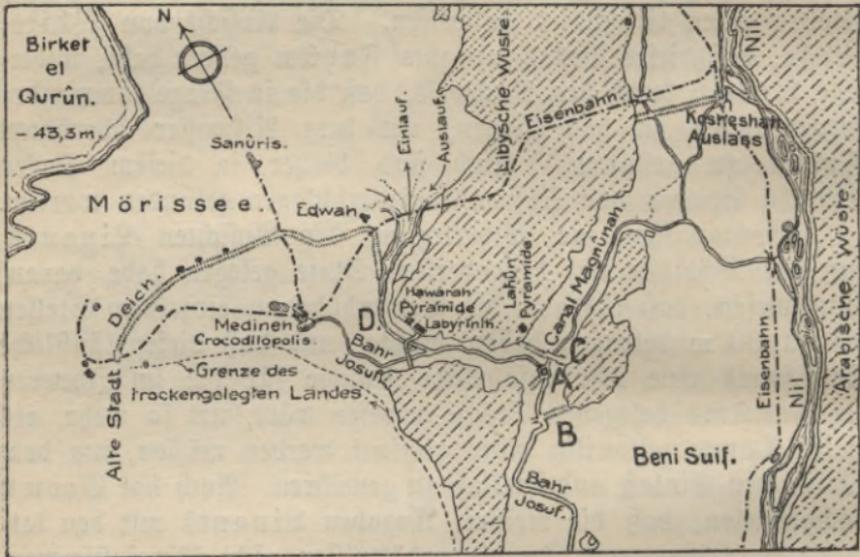


Abb. 11. Mörissesee nach Brown.

griechischen Reiseberichten, zum König „Möris“ geworden sein, von dem man glaubte, daß er das Becken überhaupt erst angelegt habe.

Brown führt aus, daß nach Ablauf der Nilschwelle eine größere mit Nilschlamm überdeckte Landfläche im Fayûm trocken laufen mußte. Da das in dem Becken gleichsam aufgespeicherte Wasser mit fallendem hohem Nil nutzlos abließ, so hätte bei einem so intelligenten und geschicktem Volke, wie die Ägypter waren, die Idee aufkommen müssen, die durch die Natur gegebenen Verhältnisse sich nutzbar zu machen, einerseits durch eine künstliche Regulierung des Abflusses, andererseits durch Gewinnung des fruchtbaren Landes zu Ackerbauzwecken.

Der Ablauf des Wassers aus dem Becken konnte erst Nutzen haben, wenn der Nil auf einen niedrigeren Stand ge-

sunken war und die Länder nicht mehr ohne weiteres bewässert werden konnten.

Ein Teil des Landes innerhalb des Fayûms blieb infolge seiner Höhenlage stets trocken liegen, ein anderer Teil lief mit dem ablaufenden Wasser trocken. Diese letzteren Landflächen waren infolge ihrer Überdeckung durch den reichlichen Milschlamm besonders fruchtbar, und gab dieser Umstand jedenfalls den Anstoß, allmählich immer etwas mehr Land durch Eindeichung zu gewinnen. Außerhalb dieser Eindeichung stand bei gefülltem Seebecken unmittelbar das Wasser.

An der Grenze des ursprünglichen Wasserspiegels hatte man wahrscheinlich die Stadt Krokodilopolis (heute Medinet el Fayûm) erbaut, die bei Niedrigwasser eine weite Strecke von dem See entfernt gelegen haben muß. Diese ungünstige Lage hat in Verbindung mit dem Wunsche, mehr Land für den Anbau zu gewinnen, aller Wahrscheinlichkeit nach zur Anlegung eines vorgeschobenen Dammes geführt. Durch Trockenlegung des hinter diesem Damme liegenden Landes ward eine weitere ausnuzhbare Fläche gewonnen, die allmählich bis auf etwa 115 qkm ausgedehnt worden sein dürfte.

Spätere Zeiten scheinen den Wert des Mörisssees als Nilwasserstandsregulator aus dem Auge verloren zu haben, und die Anwohner sind vermutlich in ihrem Bestreben zur Landgewinnung immer weiter gegangen, bis schließlich nur ein kleiner Teil, wie er sich noch jetzt in dem Birket el Dûrûn darbietet, übrig geblieben ist. Eine Trockenlegung war sehr leicht zu erzielen durch Einschränkung der Wasserzufuhr. Die Verdunstung ist eine ganz ungeheure und mußte daher die Wasserfläche bei ungenügender Zufuhr sehr schnell zusammenschrumpfen.

So viel Wahrscheinlichkeit die Anschauungen von Brown, durch welche die früher von Flinders Petrie bereits aufgestellte Hypothese erst eine feste Grundlage erhalten hat, auch haben, ein guter Kenner Ägyptens, G. Schweinfurth (Der Mörisssee nach den neuesten Forschungen. Petermanns Mitteilungen 1893, S. 181), hat darauf hingewiesen, daß auch jetzt noch nicht alle Punkte der Frage klargestellt seien.

Schweinfurth kann in erster Linie nicht an einen vorhistorischen Mörisssee glauben, weil die Nilwassermengen, die durch den Josephskanal etwa zugeführt werden konnten, nicht ausgereicht haben dürften, um das Becken bei der enormen Verdunstung voll zu erhalten.

Schweinfurth ist daher mehr geneigt zu glauben, daß das Fayûmbecken einst ein Sumpfland, die Jagdgründe der Pharaonen, gebildet hat, und daß somit die spätere Gestaltung ein Werk von Menschenhänden gewesen ist, womit er keineswegs sagen will, daß das Becken selber künstlich ausgegraben sei. Nach Schweinfurth's Ansicht haben die Menschen die vorgefundenen Verhältnisse weiter ausgebildet, hierfür sei in erster Linie eine Vergrößerung der Zuführungsfähigkeit von Nilwasser Bedingung gewesen, wie denn auch Brown einen besonderen Kanal als einst vorhanden annimmt.

Von Brown wird der Nutzen des Mörissesees für Ägypten dahin angegeben, daß durch Ablaufen der aufgestauten Wassermassen zur Sommerzeit der Nil bei Kairo verdoppelt, also sein Wasserstand erhöht werden konnte, dem Lande war also leichter das Wasser, welches für das Wachstum der Pflanzen nötig ist, zuzuführen, so daß der Mörisssee in der That von großer Bedeutung gewesen wäre.

Von anderer Seite ist dem gegenüber darauf hingewiesen worden, daß die Wasseraufstauung in dem Mörisssee ohne große Bedeutung gewesen wäre, solange man nicht über ein mächtiges Stauwerk, wie es neuerdings von den Engländern bei Roschetscha errichtet worden ist, verfügt habe, mit dessen Hilfe man also in der Lage war je nach Wunsch große Wassermengen abzugeben, wodurch nur eine Haltung des Nilwasserstandes auf einer gewünschten Höhe möglich wurde.

Schweinfurth weist auf Diodorus hin, nach welchem Schriftsteller die zum Öffnen und Schließen dienenden Schleusen mit „vieler Kunst und großen Kosten hergestellt“ gewesen waren. Der Unterhalt dieser Werke habe 50 Talente = Mk. 200 000 erfordert. Spuren solcher Anlagen sind allerdings bis jetzt nicht gefunden, so daß also noch immer nicht das letzte Wort in dieser Angelegenheit gesprochen ist.

Der Ruhm der Ägypter kann dadurch, daß nicht der gesamte Mörisssee eine künstliche Schöpfung war, keineswegs geschmälert werden; die ohne Zweifel erfolgte sinnreiche Ausnutzung vorhandener natürlicher Verhältnisse ist vielmehr als eine sehr bemerkenswerte Leistung zu bezeichnen, denn nach den neueren Forschungen kann man nicht mehr daran zweifeln, daß in der That in irgend einer Weise eine Aufspeicherung und spätere Ablassung großer Wassermassen stattgefunden hat.

Der Name der Ägypter ist mit einer zweiten großen Schöpfung des Altertums, dem Verbindungskanal zwischen dem Roten und Mittelländischen Meere verknüpft, ein Verbindungsweg, der im 19. Jahrhundert durch Lesseps in dem Suezkanal abermals geschaffen wurde.

Während tausende der in Ägypten im Altertum geschaffenen Kanäle lediglich zu Bewässerungszwecken dienten, war der genannte Kanal für die Schifffahrt bestimmt.

Im Gegensatz zu dem modernen Kanal, welcher eine unmittelbare Verbindung zwischen dem Mittelländischen und dem Roten Meere schuf, bewirkte der antike Kanal diese Verbindung aller Wahrscheinlichkeit nach unter Einschaltung des Nils.

Als Entstehungursache dieses Kanals ist der Wunsch zu betrachten, eine möglichst direkte Verbindung mit dem arabischen Kupferland, wie auch mit Indien zu schaffen. Sowohl das Streben der Pharaonen, als in späterer Zeit das eines Darius und eines Alexanders, war darauf gerichtet, die Erzeugnisse und Schätze Indiens den Völkern des Mittelmeeres nach Möglichkeit zugänglich zu machen. Die Bedeutung, welche das Streben nach Ausdehnung der Handelsbeziehungen in der Geschichte der Menschheit zu allen Zeiten befehlen hat, tritt durch die moderne Forschung immer klarer hervor.

Die bisherigen Forschungen lassen es unentschieden, wann dieser Kanal zuerst begonnen wurde. Nach einzelnen Angaben soll Seti I. im 14. Jahrhundert v. Chr. einen schon seit Menschengeburten bestandenen Kanal haben verbreitern lassen. Nach anderen Angaben sollen die Arbeiten an dem Kanal unter Necho begonnen worden sein. Ein eigentümliches Schicksal hat über diesem Werk geschwebt. Nach Herodot hat Necho die Arbeiten eingestellt, weil ein Orakelspruch gelaute habe, daß der König nur zum voraus für Barbaren arbeite.

Ähnlich war der Verlauf des Unternehmens unter der Herrschaft der Perser. Darius ließ die Arbeiten wieder aufnehmen, als er sich im Jahre 517 v. Chr. in Ägypten aufhielt. Eine Säuleninschrift verkündet, daß der König den halben Kanal wieder zerstört habe, weil es sein Wille war. Als Ursache dieses eigentümlichen Verhaltens wird der Einwand angesehen, daß das Rote Meer höher liege als Unterägypten, so daß dieses durch den Kanal überschwemmt worden wäre. Diese letztere Anschauung hat sich lange erhalten und sie erhielt im

18. Jahrhundert unserer Zeitrechnung neue Nahrung durch die Arbeiten der französischen Expedition. Napoleon Bonaparte hatte im Jahre 1798 den Chefingenieur Lepère mit einer Erforschung und Aufnahme des Terrains beauftragt, um den Entwurf eines Schiffahrtskanals zwischen den beiden Meeren aufzustellen. Diese Arbeit ward vielfach durch die feindlichen Eingeborenen gestört und hatte das seltsame Ergebnis, daß der Spiegel des Roten Meeres nach dem Nivellement 9,908 m höher liegen sollte, als derjenige des Mittelmeeres, was in Wirklichkeit natürlich nicht zutrifft.

Erst Ptolemäus Philadelphus war es vorbehalten, den Kanal tatsächlich zu vollenden.

Der Kanalansfang lag bei der Stadt Bubastis am Nil. Der Lauf des antiken Kanals ging durch die Bitterseen, woselbst ein Schleusenwerk angelegt war. Die Bitterseen, an deren einem Arsinoe als Binnenhafen angelegt wurde, standen zur Zeit Ptolemäus Philadelphus mit dem Meere in natürlicher Verbindung. In den Zeiten des Darius scheint dies nicht der Fall gewesen zu sein, da dieser Herrscher einen Kanal von den Bitterseen nach Suez graben ließ.

Da zwischen dem Nil und den Bitterseen, sowie zwischen diesen und dem Roten Meer Niveaudifferenzen vorhanden sind, so war die Einschaltung geeigneter Stauvorrichtungen erforderlich, wie denn überhaupt der Kanal nur bei hohen Nilwasserständen zu befahren gewesen sein soll.

Der in der Neuzeit geschaffene Kanal, welcher mit dem Nil nicht in Verbindung steht und daher von dessen schwankenden Wasserständen unabhängig ist, erfordert Schleusen nicht und ist er daher auch in dieser Beziehung dem antiken Kanal überlegen.

Daß in einem Lande, in dem das Wasser eine so hervorragende Rolle spielte, wie in Ägypten, sich das Bedürfnis nach Landstraßen weniger geltend machte, ist erklärlich. Nur an einigen Stellen, wie bei den Katarakten von Philae, haben sich bisher Spuren ägyptischer Kunststraßen nachweisen lassen. An verschiedenen Stellen sind aus Anlaß von Straßenbauten von den Ägyptern große Felsdurchbrüche hergestellt worden. Zu den hervorragendsten Leistungen der ägyptischen Ingenieure auf dem Gebiete des Straßenbaues gehört unstreitig der Bau der Straße an der Mündung des Nahr el-Kelb in Syrien, welches Land zeitweise unter ägyptischer Herrschaft stand. (Abb. 12.)

Die Felspartien treten hier unmittelbar bis an das Meer heran, der für die Straße erforderliche Platz mußte durch umfang-

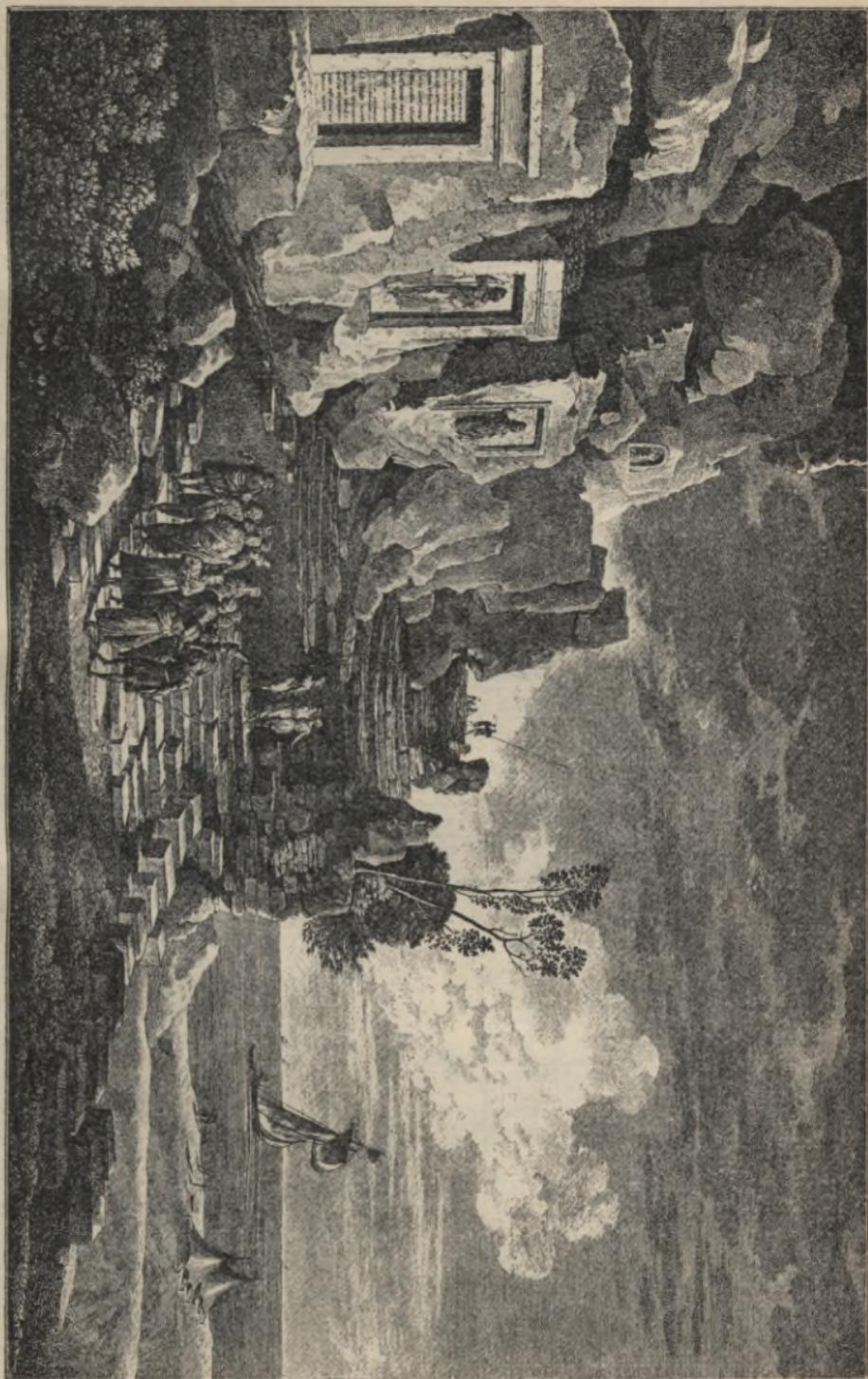


Abb. 12. Die Straße an der Mündung des Nahr el-Fels.

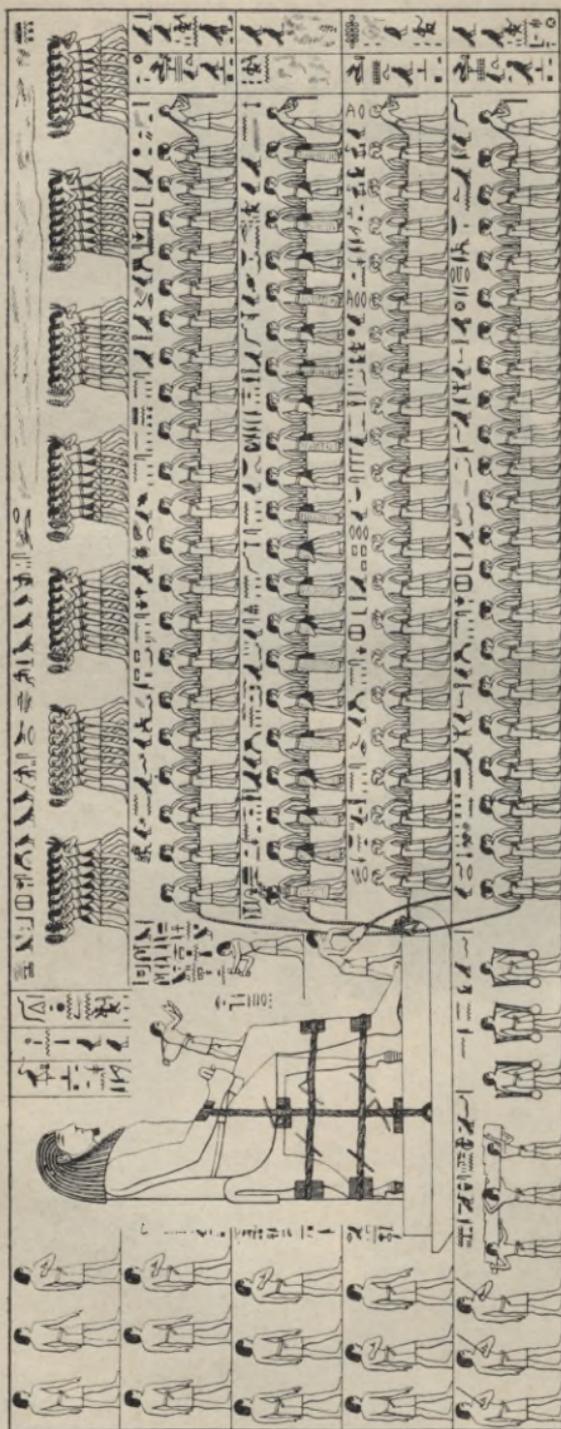


Abb. 13. Transport einer ägyptischen Steinfigur.

reiche Felsprengungen künstlich geschaffen werden.

Ramfesz II. scheint diese Straße zu einer Art via triumphalis gemacht zu haben. Drei Gedenktafeln mit Inschriften verewigen die Erinnerung an diesen Herrscher. Später folgten assyrische Fürsten diesem Beispiel und ließen sechs Denkmäler errichten. In noch späterer Zeit legten hier die Römer und zwar unterhalb der alten Straße eine neue, und zwar die via Antoniniana an.

Große Leistungen haben die Ägypter auf dem Gebiete der Ingenieurtechnik sodann bei dem Transport schwerer Lasten erzielt und sie überboten in dieser Beziehung bei weitem ihre Konkurrenten die Babylonier und Assyrer, indem die transportierten oder gehobenen Stücke ein weit größeres Ge-

wicht erreichten. So hatte ein aus einem Stück hergestellter Tempel, welcher auf einer weiten Strecke transportiert wurde, ein Gewicht von etwa $5000\text{ t} = 5000000\text{ kg}$.

Der Landtransport der großen ägyptischen Bildwerke von den Steinbrüchen zu den Aufstellungsorten erfolgte in der gleichen Weise, wie bei den Assyriern. Hierüber geben die auf uns gekommenen Abbildungen (Abb. 13) genauen Aufschluß. Weniger genau sind wir dagegen darüber unterrichtet, auf welche Weise sie die Hebung der schweren Steinblöcke bewerkstelligt haben. Die Vermutungen sind sehr zahlreich, und es hat in der Tat etwas für sich, daß bei diesen Arbeiten ein häufiger Gebrauch von schiefen Ebenen gemacht worden ist, in der Weise, wie dieses die Abb. 14



Abb. 14. Aufstellung eines Obelisken.

wiedergibt. Die schiefe Ebene ist aus Erde geschüttet, sie ist mit Bohlen belegt zu denken, auf welchen die Last, in diesem Falle ein Obelisk, auf Walzen in die Höhe geschafft wurde. Durch Abgraben des Sandes wurde der Obelisk allmählich in die vertikale Lage gebracht. Diese Arbeitsweise bedingte großen Zeit- und Arbeitsaufwand. Auch hierbei handelte es sich um sehr bedeutende Lasten. So schätzt man das Gewicht der in einem Vorhofe des großen Amontempels von Theben aufgestellten, von dem Oberbaumeister Senmut unter Thutmosis III. errichteten Obelisken auf etwa 374000 kg . Die Höhe des Obelisken ist fast 30 m , seine Gesamtmasse 138 cbm . Die gleiche Arbeitsweise, d. h. Anwendung von schiefen Ebenen, wird von vielen für die Pyramiden angenommen, andere Gelehrte, wie z. B. Lepsius, vertreten dagegen die Ansicht, daß hierbei Kräne Verwendung fanden, und sie berufen sich hierbei auf Herodot. Eine endgültige Entscheidung dieser Frage kann bis heute jedoch nicht getroffen werden; daß bereits in früherer Zeit mancherlei Hebezeuge benutzt wurden, ist jedoch zweifellos.

III. Kapitel.

Die Ingenieurtechnik im neuen Ägypten.

Die Bewässerungsanlagen Ägyptens haben im Laufe der Jahrhunderte oder Jahrtausende zweifellos manche Wandlungen durchgemacht, aber das bereits in den grauesten Vorzeiten angewandte System der Überstauung, wobei das Wasser eine Zeitlang die eingedeichten Ländereien überschwemmt, war bis vor einigen Jahrzehnten unverändert beibehalten worden.

Es muß uns mit einer gewissen Bewunderung erfüllen, wenn wir sehen, wie bereits in den frühesten Zeiten die Menschen ein großes Verständniß für die vorhandenen natürlichen Verhältnisse besaßen und daß sie es verstanden, die den gegebenen Umständen entsprechenden Ausnutzungsmittel zu wählen. Die genaue Anpassung an die vorhandenen Verhältnisse muß als das Zeichen einer guten technischen Veranlagung bezeichnet werden. Die im grauen Altertum geschaffenen Anlagen finden auch heute noch mit Recht unsere Anerkennung, in einer Zeit, die auf dem Gebiete der Ingenieurtechnik Werke hat entstehen lassen, die kühn den Vergleich mit den größten Leistungen des Altertums aufnehmen können. Ägypten selbst ist das Land, in dem durch die Tatkraft der Engländer Anlagen hergestellt sind, die selbst in unserer vermöhnten Zeit als riesenhaft bezeichnet werden müssen.

Wie im Altertum solches an vielen Stellen der Erde geschehen ist, so errichtet man heute wieder Staudämme, um das Wasser in der Zeit, in welcher dasselbe im Übermaß vorhanden ist, aufzuspeichern und es in der wasserarmen Zeit allmählich aufzubrauchen. Durch diese Aufspeicherung findet gleichzeitig eine Hebung des Niveaus des oberhalb des Staudammes befindlichen Flußlaufes statt.

In dem vorangegangenen Kapitel ist ausgesprochen, daß die erreichte Wasserhöhe des Nils maßgebend für den Ertrag

der Felder ist und daß ein ungewöhnlich niedriger Stand unfehlbar eine Mißernte zur Folge haben muß. Der Nilwasserstand erhebt sich bei hohen Fluten 10,06 m über sein Bett, bei einer mittleren 9,14 m und bei einer niedrigen Flut 7,87 m, d. h. etwa 2 m weniger als bei höherer Nilschwelle. (Abb. 15.) Die Sohle der Hauptbewässerungskanäle liegt etwa 4,77 und das kultivierte Land liegt 9,14 m über dem Flußbett, so daß dasselbe bei einer mittleren Höhe der Nilschwelle eben erreicht wird. Die Becken haben eine Größe von 800 bis 16000 ha. Die Kanäle versorgen sieben bis acht Becken, manche derselben haben solche Abmessungen, daß sie einem Flusse gleichen. Der größte Kanal hat eine Breite von 76,2 m, das

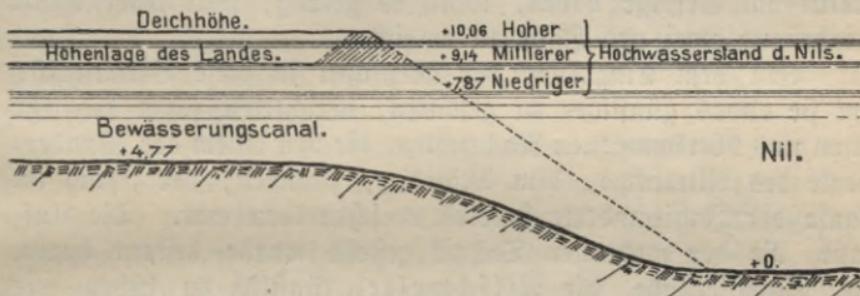


Abb. 15. Höhenlage des Landes und Nil-Wasserstände.

Durchschnittsmaß beträgt etwa 9 m. Die Überflutungsdauer ist 45—50 Tage. Während derselben lagern sich die im Nilwasser in so hohem Grade enthaltenen fruchtbaren Schlammteile auf dem überstauten Lande ab. Sobald das Wasser klar geworden ist hört seine befruchtende Wirkung auf. Zum Wachstum der Pflanzen ist jedoch auch später, d. h. in der Zeit, in welcher der Nil wieder von seinem hohen Stand herabgesunken ist, das Wasser unentbehrlich und es muß daher künstlich auf das Land gehoben werden, zu welchem Zweck Tausende von Sakiehs und Schadufs in Betrieb sind. Die Wirkung des Wassers im Sommer besteht vorwiegend in dem Ersatz der der Erde durch die Vegetation und durch die Verdunstung entzogenen Feuchtigkeit. Es ist daher erklärlich, daß in den südlichen Ländern eine wiederholte und starke Anfeuchtung erforderlich wird.

Der Nutzen der Bewässerung liegt in der Steigerung der größten Ernteergebnisse, in der Erhöhung der Durchschnittsernte

und in der Sicherstellung gleichmäßiger Ernten, wodurch die Sicherstellung der Viehhaltung erreicht wird.

Wenn man auch immer wieder mit Recht den Satz anführt, Ägypten ist ein Geschenk des Nils und wenn in der That die Natur hier sich außerordentlich günstig für die Menschen erweist, so entging denselben doch keineswegs die Tatsache, daß eine ungeheure Menge des Nilwassers mit den ungezählten Kubikmetern fruchtbaren Schlammes unausgenutzt dem Meere zugeführt wird. Statt sich gleichmäßig über das ganze Jahr zu erstrecken tritt einmal und im ganzen nur für kurze Dauer der den Aekern fruchtbringende genügend hohe Nilwasserstand ein.

Welch ungeheuren Segen mußte hier eine Nachhilfe der Natur im Gefolge haben, wenn es gelang, statt einer Ernte mindestens zwei pro Jahr zu erreichen.

Von dem Eingreifen der Menschen in diese Verhältnisse, um sie etwas günstiger zu gestalten, berichteten schon die sehr alten uns überkommenen Nachrichten, die von einem der Wunderwerke des Altertums, dem Mörisssee, sprachen, der jedoch im Laufe der Jahrhunderte spurlos verschwunden war. Die Aufgabe, die der modernen Technik gestellt wurde, bestand darin, die Nilwasserhöhe, die Nilschwelle, künstlich zu heben wie solches der Mörisssee bewirkt haben sollte, wodurch die Hebung des Wassers in kleinen Partien ein für allemal ersetzt werden sollte. Die künstliche Hebung des Wassers aus dem Nil oder aus den abzweigenden Kanälen auf das höher liegende Ackerland erschien für die Neuzeit noch nicht als genügend, trotzdem die Dampfmaschinen in der letzten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts zu diesem Zweck in größerem Umfange, namentlich auf den Besitzungen der Prinzen und Paschas, zur Anwendung gekommen waren. Das seltsame Bild, welches die Dampfmaschinenschornsteine unter den Palmen und Gummibäumen des Nilufers gewähren, ist von vielen, so auch von Stephan in seinem Buche „Das heutige Ägypten“ geschildert worden.

Durch eine gleichsam ständige beliebige künstliche Erhöhung des Nilwasserstandes sollte jedoch nicht allein eine wirksamere und rationellere Hebung des Wassers herbeigeführt werden, sondern das Ziel, welches hierdurch erreicht werden sollte, war eine vollständige Umwandlung der Bewässerungsweise herbeizuführen; an die Stelle der seit Jahrtausenden in unveränderter

Weise geübten einmaligen jährlichen Überstauung sollte eine immer wiederkehrende Bewässerung treten. Außer dem Wunsche, anstatt der einmaligen Ernte eine zweimalige zu erhalten, war besonders für die Umwandlung der früheren Verhältnisse auch der Umstand maßgebend, daß die Baumwolle und das Zuckerrohr in großem Maßstab zur Anbauung kommen sollten, Pflanzen, von denen namentlich die Baumwolle eine fortdauernde gut geregelte Bewässerung beansprucht. Zudem muß die Baumwollenstaude schon in einer Zeit gepflanzt und bewässert werden, in welcher der Nil überhaupt noch nicht steigt.

Die vollständige Lösung dieser Aufgabe ist an die Beschaffung ungeheurer Wassermassen gebunden, die man zu 3600000000 cbm jährlich berechnet hat. Diese Wassermenge müßte zur beliebigen Verfügung sein, d. h. künstlich aufgespeichert werden können, wenn das jetzt bebaute Ägypten dauernd genügend bewässert werden soll.

Der erste bedeutungsvolle Schritt des Überganges von der alten Bassinbewässerung (d. h. der Überstauung) zur perennierenden wurde bereits im Jahre 1833 unter Mohamet Ali unternommen, hatte jedoch infolge ungünstiger Zufälle zunächst nicht den erhofften Erfolg. In jenem Zeitpunkte glaubte man das Ziel nur durch eine Aufstauung des Flußlaufes selbst erreichen zu können und man faßte hauptsächlich die Möglichkeit ins Auge, hierdurch eine Erhöhung des Wasserstandes in den Kanälen des Deltas herbeizuführen. Als das erstrebenswerte Ziel wurde eine Hebung des Nilwassers um 2,75 m erachtet, so daß, da der gewöhnliche Sommerwasserspiegel im Delta 1,52 m beträgt, die Nilwasserhöhe 4,27 m erreichen sollte.

Napoleon Bonaparte gilt als erster Urheber des Planes eines Dammbaues im Nil. Er hatte während des ägyptischen Feldzuges (1798—99) die Bewässerungsverhältnisse kennen gelernt und durch die von ihm ins Leben gerufene französische Expedition auch diese nach Möglichkeit erforschen lassen. Der Plan blieb unausgeführt, da die Franzosen das Land bald wieder verlassen mußten.

Der im Jahre 1805 zur Regierung gekommene Vizekönig Mohamet Ali nahm später den Plan wieder auf. Der französische Ingenieur Vinant de Bellefonds entwarf ein Projekt und der Vizekönig soll so sehr von dem Segen dieser Sperranlage begeistert gewesen sein, daß er, wie man sagt, so-

gar nicht vor dem Gedanken zurückschreckte, zur Beschaffung des erforderlichen Steinmaterials die Pyramiden von Gizeh abbrechen zu lassen. Da Dinant-Bey den Bau eines Stauwerkes im Nile selbst mit Rücksicht auf die Untergrund- und die Stromverhältnisse für sehr schwierig und kostspielig hielt, so ging sein Plan dahin, das ganze Werk am Festlande auszuführen und dann den Nil in ein neues Bett zu leiten. Dieses Projekt bedingte große Erdarbeiten. Auch die Änderung des Nil- und Nillaufs fand wenig Beifall und so wandte man sich in den

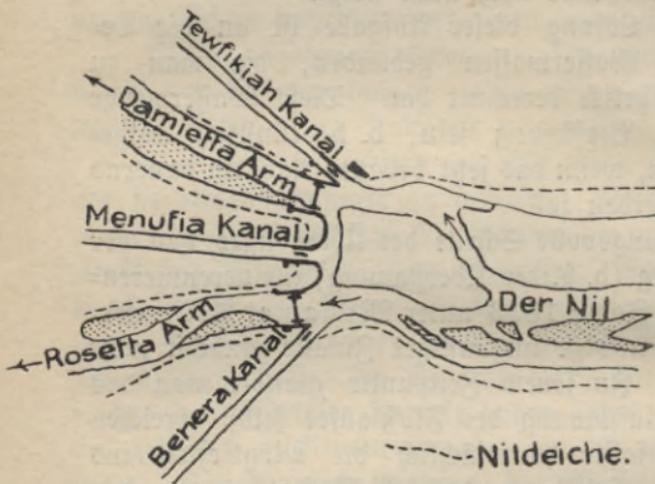


Abb. 16. Lageplan der Barrage du Nil.

maßgebenden Kreisen mehr dem von dem französischen Ingenieur M'pugel ausgearbeiteten Projekt zu, demzufolge über die zwei Nilarme am Beginn des Deltas zwei Stauewehre mit Schiffschleusen erbaut werden sollten.

Dieses Bauwerk, die Barrage du Nil (Abb. 16), ist in der Nähe von Kairo errichtet, dort wo sich der Fluß am Beginn des Deltas in die Arme von Damietta und Rosetta teilt. Diese Stelle mußte auch insofern als gut geeignet erscheinen, als hier drei Kanäle des Deltas, der Tewfikiah-Kanal, der Menafia- und der Behera-Kanal beginnen.

Der Zweck des Riesenbaues war, den Spiegel des Nils zur Zeit des niedrigsten Wasserstandes ungefähr so hoch zu heben, als es zur Überschwemmung des oberhalb des Dammes liegenden Landes erforderlich ist. Die derart gehobenen Wassermassen sollten zuerst in die größeren, dann in die kleineren Kanäle geleitet und so das ganze kulturfähige und zu berieselnde Gebiet mit genügendem Wasser versehen werden. Der Damm mußte gleichzeitig derart angeordnet werden, daß den Nilwassermengen zur Hochwasserzeit ein freier Durchfluß gestattet werden

konnte. Den beiden Hauptarmen entsprechend zerfällt das Stauwerk in zwei Hauptteile.

Das Stauwerk von Rosetta hat eine Länge von 465 m und 61 Öffnungen von 5 m Breite, dasjenige von Damietta ist 535 m lang und besitzt ebenfalls 61 Öffnungen. Die Öffnungen können durch Schützen geschlossen werden. In die beiden Sperrdämme wurden zwecks Aufrechterhaltung der Nil-schiffahrt Schiffahrtsschleusen eingebaut. Die an dieser Stelle abzweigenden Kanäle sind mit Abschlußvorrichtungen und Einlässen versehen. Die architektonische Ausbildung dieser Anlage, der gleichzeitig von ihrem Entwerfer ein fortifikatorischer Zweck zugeschrieben wurde, ist eine sehr gute. Die konstruktive Ausbildung und namentlich die Bauausführung hat dagegen viel zu wünschen übrig gelassen, die Bauausführung war keine einwandfreie. Der Bauherr Mohamet Ali erwies sich in dieser Beziehung als ein echter orientalischer Herrscher, der das gewaltige Werk gleichsam über Nacht entstehen sehen wollte und dem infolge seines ungeduldigen Drängens der größte Teil der Schuld dafür zugeschrieben werden muß, daß sich das Werk nicht standfest genug erwies. Die Anlage, welche 80 Millionen Mark gekostet hatte, konnte jahrzehntelang nicht in Benutzung genommen werden, weil man es nicht wagte, dieselbe einem größeren Wasserüberdruck auszusetzen, da schon bei einem geringen Wasserdruck Wasser durch das Fundament strömte.

Neun Millionen Mark wurden später aufgewendet, um das Werk, das in der Zwischenzeit arg verkommen war, in gebrauchsfähigen Zustand zu versehen. Englische Ingenieure, Moncrieff und Willcocks waren es, welche diese Arbeit ausführen ließen. Durch die gewaltigen Staudämme und Wasserwerksanlagen, welche in Indien in der Neuzeit geschaffen worden sind, verfügen die englischen Ingenieure, wie bereits an anderer Stelle erwähnt, über sehr große praktische Erfahrungen auf diesem Gebiete.

Der durch die Barrage bewirkte Stau ist durch die Verbesserungsarbeiten allmählich immer mehr gesteigert worden. Im Jahre 1894 wurde zum erstenmal ein Aufstau bis zu 4 m erzielt. Bereits der durch den erstmaligen größeren Aufstau (auf der Rosetta-Seite 2,2 m, auf der Damietta-Seite 0,95 m) im Jahre 1884 erreichte Erfolg ist ein sehr bedeutender gewesen. Die Baumwollenernte hatte sich in wenigen

Jahren verdoppelt, durch den erzielten Aufstau konnten der Frondienst zur Räumung der Kanäle abgeschafft und große Geld- und Arbeitsaufwendungen für die früher erforderlich gewesene künstliche Hebung des Wassers erspart werden. Um einen noch höheren Stau an der Barrage eintreten lassen zu können, sind in neuerer Zeit weitere 11 Millionen Mark verwandt worden, für welche Summe ein Entlastungswehr unterhalb der Barrage geschaffen worden ist.

Die früher in Nichtfachkreisen vielfach vorhanden gewesene Anschauung, daß die Barrage an und für sich ein verfehltes Werk sei, kann nicht geteilt werden. Lediglich dem Umstande, daß leider auch heute noch immer in technischen Angelegenheiten nicht fachverständige Personen einen weittragenden Einfluß auszuüben vermögen, muß der Mißerfolg zugeschrieben werden. Denn daß die weit fortgeschrittene moderne Ingenieurkunst die unglaublichsten Schwierigkeiten zu überwältigen vermag, davon legt dieselbe immer wieder neue Beweise ab und es braucht in dieser Beziehung nur auf den gewaltigen Kampf zwischen Natur und Mensch, der sich im Simplon-Tunnel abspielt, hingewiesen zu werden, wie denn auch die durch die Engländer neuerdings vollendeten Wasserbauwerke im Niltal selbst den glänzendsten Beweis für die Leistungsfähigkeit der Technik ablegen. Der anfängliche Mißerfolg der ersten Anlage hat die Engländer, welche dessen Ursache richtig erkannten, nicht abgeschreckt und sie sind mit kühnem Wagemut an die Errichtung weiterer ähnlicher Anlagen herantreten.

Der Umstand, daß die auf die Barrage du Nil gesetzten Hoffnungen zunächst nicht in Erfüllung gingen, hatte, wie sich leicht denken läßt, zur Folge, daß die Anhänger einer Bewässerung mittels Dampfpumpen triumphierten und daß diese künstliche Art der Wasserhebung zunächst eine starke Zunahme erfuhr.

Auf die Dauer konnte jedoch auch hier nicht das Schlechte über das Bessere den Sieg davon tragen. Es ist leicht erklärlich, daß die englischen Ingenieure, von Indien her an den Bau von Sperrdämmen gewöhnt, in solchen Werken das alleinige Heilmittel erblickten. Sie haben dieser Anschauung Geltung zu verschaffen gewußt, und heute sind die für die Regelung des Abflusses der Überschwemmungswassermengen erforderlichen Anlagen bereits fertiggestellt. Es sind die Dämme von Assiut und Assuan und der Auslaß von Roschescha.

Der Zweck, welcher durch den Sperrdamm bei Kairo für Unterägypten erreicht ist, ist für Oberägypten durch den Damm von Assiut erzielt worden. Durch diese Anlage soll zur Niedrigwasserzeit der Flußwasserspiegel bis zur Geländehöhe angestaut werden, wodurch gleichzeitig die Verteilungsfähigkeit der in Mittelägypten vorhandenen Kanäle, besonders des Ibrahimiyah- und des Josephskanals vergrößert und für eine das ganze Jahr hindurch währende regelmäßige Bewässerung Sorge getragen wird.

Zur Hochwasserzeit muß der Damm gleichwie der Sperrdamm bei Kairo den Nilwassermengen den freien unbehinderten Durchfluß gestatten.

Der Damm von Assiut (Abb. 17, s. Tafel S. 58) enthält 120 Öffnungen, durch deren Schließung ein Aufstau von 3 m bewirkt werden kann. Der Bau erfolgte in ähnlicher Weise wie der Dammbau von Assuan, welcher weiterhin eingehender besprochen wird. An den beiden Ufern wurden die Baustellen durch Schüttung von Dämmen im Nil von dem Flußlauf abgetrennt. Innerhalb dieser Abdämmungen, die durch starke Pumpen trocken gelegt wurden, wurde der Boden bis zu einer solchen Tiefe ausgegraben, daß die Spundwände gerammt werden konnten. Zwischen den Spundwänden ward dann bis zu der erforderlichen Tiefe ausgeschachtet und ein Betonbett hergestellt, auf welchem der Oberbau mit den Schützenöffnungen hergestellt wurde. Der mittlere Damnteil wurde nach Fertigstellung der der beiden Uferstrecken gebaut. Auch dieser Damm enthält eine Schiffahrtsschleuse, da durch diese Bauwerke im Nil der wichtige durchgehende Schiffsverkehr auf dem Flusse selbstverständlich nicht unmöglich gemacht werden darf.

Der Roschescha-Auslaß ist für den mittleren Teil des Landes bestimmt, in welchem ausgedehnte Besitzungen von Ismail Pascha lagen. Diese Besitzungen erstrecken sich etwa 190 km an dem Nil entlang und zwar an dessen Westufer. Vor Jahren bereits war etwa 82 km oberhalb Assiuts von dem Nil der Ibrahimiyahkanal abgezweigt worden. Dieser Kanal durchzieht das ganze Gebiet und führt, da er ein geringeres Gefälle wie der Strom hat, das Nilwasser hoch genug an die Äcker heran, um diese unmittelbar damit versorgen zu können.

Hierdurch ist jedoch die Bewässerung der hinter diesen Ländereien liegenden Flächen beeinträchtigt worden. Zur Ab-

stellung des Übelstandes sind seit 1884 auf der Strecke eine größere Zahl von Zubringerkanälen angelegt worden, die den Ibrahimiahkanal mittels Dücker kreuzen. Die hierdurch den genannten Poldern zugeführte Wassermenge beträgt in den 50 Tagen der Überschwemmung rund 2000 Millionen cbm. Ein Teil dieses Wassers fließt, nachdem sich der fruchtbare Schlamm abgelagert hat, durch den Josephskanal in das Fahûm, ein großer Teil verdunstet, der Rest fließt, nachdem er von Polder zu Polder gelaufen ist, und der Abfluß erwünscht ist, in den Nil ab.

Zu diesem Zwecke mußte der Nildamm an einer Stelle durchstochen werden, was früher in feierlicher Weise geschah. Das Wasser hat sich jedoch für die am letzten Teil liegenden Äcker als nicht mehr fruchtbar genug erwiesen und in Anlehnung an einen eingetretenen Dammbbruch, durch welchen das Wasser aus dem Nil in die Polder direkt eingetreten war, hat man den sogenannten Koscheschah-Ein- und Auslaß erbaut. Durch diesen strömen die Nilwassermengen zur Hochwasserzeit in die dahinter liegenden Polder so lange ein, bis sich die Wasserstände hinter und vor dem Auslaß ausgeglichen haben. Die Schützen werden alsdann geschlossen und erst wieder geöffnet, wenn der Abfluß ohne Schaden für die unterhalb liegenden Landflächen am Nil erfolgen kann. Der Auslaß besitzt eine doppelte Reihe von Schützen, die oberen drehen sich an ihrem unteren Ende um eine horizontale Achse, die unteren Öffnungen werden durch vertikale Schützen geschlossen.

Der Auslaß ermöglicht es die Abflußmengen ganz beliebig zu regeln, d. h. das aufgestaute Wasser in solchen Mengen abzulassen, welche dem jeweilig fallenden Nilwasserstand angepaßt sind, so daß durch die zugeführten Wassermengen eine Erhöhung des Nilwasserspiegels in dem erwünschten Maße bewirkt werden kann.

Eine Entlastung der überschwemmten Polder kann jederzeit durch diesen Auslaß herbeigeführt werden. Eine derartige Anlage muß einst am Mörisssee vorhanden gewesen sein, wenn dieser wirklich in der erforderlichen Weise gewirkt hat. Durch den Koschescha-Auslaß können in 24 Stunden dem Nil 100—150 Millionen cbm Wasser zugeführt werden, das ist die Durchschnittswassermenge des Rheins bei Köln. Die Baukosten dieses Werks betragen $1\frac{1}{4}$ Millionen Mark.

Der Dammbau von Assuan. Wie bereits oben gesagt wurde, hat der Damm von Assuan den Zweck ein großes Sammelbecken herzustellen, in welchem die für die Bewässerung erforderlichen Wassermengen zur Zeit der Hochwasserflut aufgespeichert werden, um bei Niedrigwasser nach und nach abgegeben zu werden. Der Unterstaatssekretär Garstin im Ministerium der öffentlichen Arbeiten in Ägypten hat den durch diese Anlage zu erwartenden Nutzen auf jährlich 17 000 000 Mark für den Staat berechnet, die Zunahme des Wertes der gesamten Ernten in Ägypten schätzt er auf 320 Millionen Mark für das Jahr.

Der Ingenieur Willcocks hat im Jahre 1891 dem Gedanken zur Errichtung von Stauanlagen im Nil zwecks Wasseraufspeicherung feste Gestalt verliehen. Auf zwei Wegen war die Lösung möglich, durch Errichtung eines Staudammes im Flusse selbst und durch die Anlegung von Staubecken in den Seitentälern des Nils. Für die erstere Art wurden vier Entwürfe, für die letztere ein Entwurf aufgestellt, nach welchem der von Whitehouse entdeckte Rahandistrikt benutzt werden sollte.

Von den vier ersteren Entwürfen wurde nach eingehender Prüfung der Dammbau bei Assuan als der zweckmäßigste erkannt. Die angenommenen günstigen Untergrundverhältnisse spielten hierbei eine wesentliche Rolle. Auch der Umstand, daß sich hier der Nil in mehrere Arme spaltet, muß als ganz wesentlich für die Erleichterung der Ausführung angeführt werden. Von dem Wady Rahan-Entwurf sah man ab, da die Kosten sehr hoch erschienen und die Lage des Sammelbeckens nur für Unterägypten großen Nutzen im Gefolge gehabt hätte.

Der Assuan-Damm liegt etwas unterhalb der vielgenannten Insel Philae (Abb. 18). Da die Schätze der Insel, die Tempelbauten, durch diesen Damm infolge der Wasseranstauung dem Untergang geweiht oder doch in ihrem Bestande bedroht erschienen, so hat sich erklärlicherweise ein harter Kampf um das Projekt entsponnen.

Der Kampf der Archäologen um Philae hat den Erfolg gehabt, daß man das ursprüngliche Projekt wesentlich eingeschränkt und daß man sich damit begnügt hat, nur etwa den dritten Teil der anfänglich in Aussicht genommenen Wassermenge zur Aufspeicherung zu bringen, was dadurch erreicht wurde, daß die Dammkrone eine niedrigere Höhenlage erhalten hat, als ursprünglich beabsichtigt war.

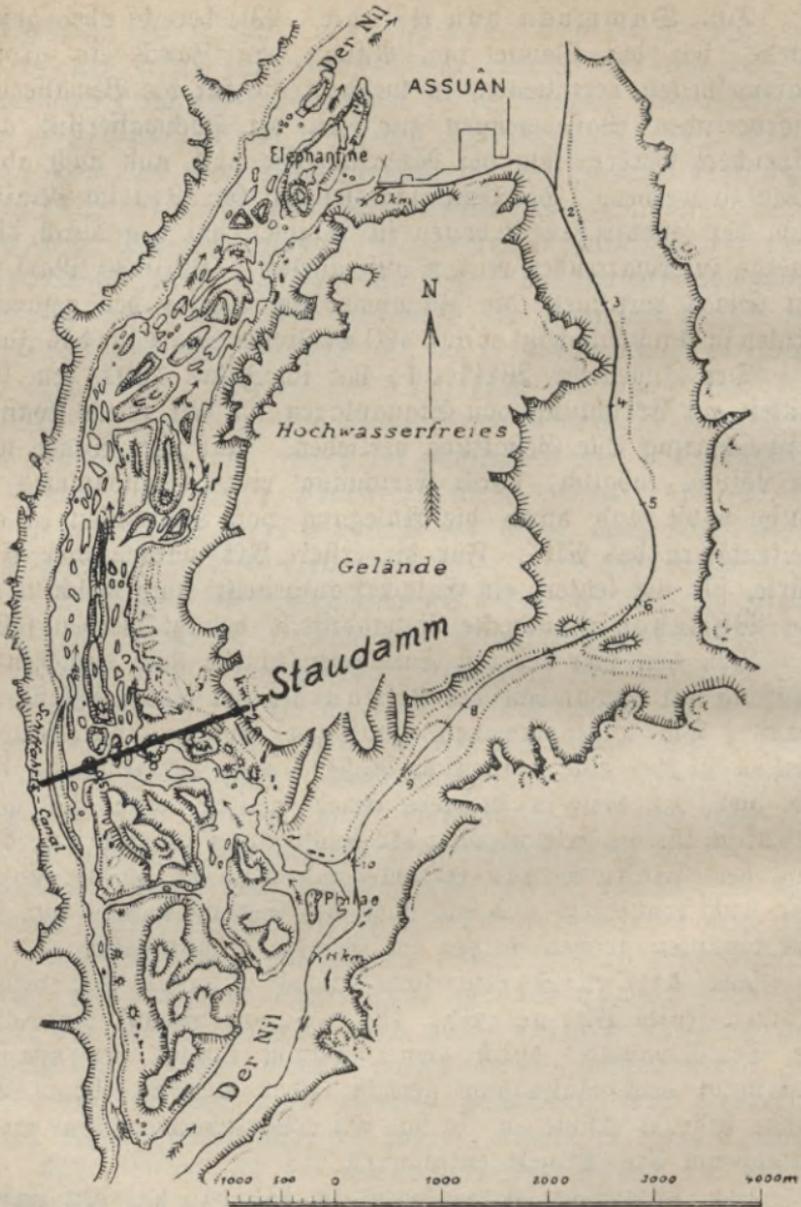


Abb. 18. Lageplan des Staudammes von Assuan.

Dieses vom volkswirtschaftlichen Standpunkte aus sehr ungünstige Resultat läßt die Befürchtung nicht schwinden, daß man eines Tages doch zu einer Erhöhung des Dammes schreiten wird, ist doch eine solche Erhöhung nach der Anord-

nung des Dammes technisch zulässig. In diesem Falle würden während sechs Monaten nur die höchsten Teile der Tempel aus dem Wasser hervorsehen.

Da bereits die jetzt jährlich eintretende Überschwemmung der unteren Tempelpartien sehr verhängnisvoll wirken wird, so hat man, um die Zeichen einer großen Vergangenheit möglichst lange zu erhalten, umfangreiche Unterfangungsarbeiten ausgeführt.

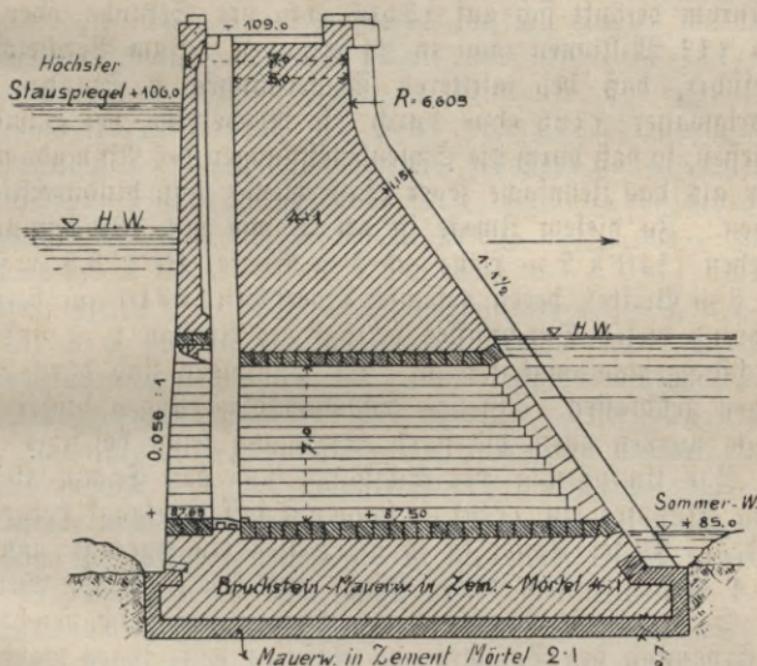


Abb. 19. Querschnitt des Staudammes von Assuan.

Der Staudamm bei Assuan durchquert in einer geraden Linie von 2 km das Nilbett. Sein Stauspiegel liegt 106 m über dem Meerespiegel (Abb. 19), die Dammoberkante auf + 109 m, die Flußsohle liegt an der tiefsten Stelle auf + 82 m, der niedrigste Nilwasserstand betrug + 85 m, der höchst bekannte Wasserstand + 99,78 m, so daß der Stauspiegel noch über 6 m über diesem höchsten Wasserstand liegt. Die Mauer ist aus Granitbruchstein in Portlandzement errichtet. Sie besitzt eine untere Stärke von 19 m, eine Kronenbreite von 7 m; in Abständen von 65 m (Abb. 20, s. Tafel S. 58) sind zur Verstärkung Strebepfeiler erbaut. Die aufgespeicherte Wassermenge beträgt

hierbei 1065 Mil. cbm und die aufgestaute Wasserfläche hat eine Länge von 230 km, die Wasserauffspeicherung beginnt im November, Mitte Januar ist der Stauspiegel erreicht. Im Mai nimmt der Abfluß des aufgestauten Wassers seinen Anfang, Mitte Juli, vor Beginn der Hochwasserstände des Nils, muß das aufgestaute Wasser vollständig abgelaufen sein.

Während der Hochflutperiode muß dem gesamten Nilwasser der Durchfluß durch den Damm ermöglicht werden. Dieses Quantum beläuft sich auf 13500 cbm pro Sekunde, oder auf etwa 117 Millionen cbm in 24 Stunden. Zum Vergleich sei angeführt, daß bei mittleren Wasserständen 2 Stunden vor Niedrigwasser 1125 cbm durch die Norderelbe bei Hamburg abfließen, so daß durch die Schleusenöffnungen des Assuandammes mehr als das Zehnfache jener Wassermenge muß hindurchfließen können. Zu diesem Zwecke ist der Damm mit 180 Öffnungen versehen (140 à 7 m Höhe und 2 m Breite, 40 à 3,5 m Höhe und 2 m Breite), deren gesamtter Querschnitt 2240 qm beträgt. Während dieses Durchflusses beträgt der Aufstau 2 m und die Durchflußgeschwindigkeit 6 m. Die Öffnungen sind durch Rollschützen geschlossen. Etwaige Schlammablagerungen hinter dem Damm werden durch die starke Strömung leicht beseitigt.

Zur Umföhrung der Schifffahrt um den Damm ist am linken Flußufer ein 1600 m langer Schifffahrtskanal hergestellt worden. Dieser Kanal ist in die Felsen eingesprengt und besitzt 4 Schleusen von 80 m Länge und 9,5 m lichter Weite.

So bedeutende Werke die alten Ägypter auch geschaffen haben, die Erbauung des Dammes von Assuan wäre ihnen wohl unmöglich gewesen, weil sie wohl über ein großes Menschenmaterial, aber nur über wenig leistungsfähige Maschinen verfügten.

An der Stelle, an welcher der Damm erbaut ist, teilt sich der Nil im Winter in fünf Arme. Durch diese Arme stürzte sich der Fluß mit großer Geschwindigkeit, beträgt doch das Gefälle 3 m auf 200 m. Einen solchen Strom zu schließen, erfordert unsägliche Mühe. Die Arbeit erfolgte nach dem Plan des Ingenieurs Baker und des Unternehmers Aird, in der Weise, daß zunächst unterhalb der Fundamente ein Steindamm hergestellt wurde (Abb. 21, s. Tafel S. 58), was in der Weise geschah, daß große Mengen schwerer Steinblöcke bis zu 4 t Gewicht, und als diese sich als noch nicht schwer genug erwiesen, daß ganze Wagen voll Steine auf einmal in den Strom geschüttet wurden.

Diese Steinmassen waren durch Drahtnetz und Seile zusammengebunden. In dem ersten Jahre wurden drei dieser Dämme geschüttet, über welche die Hochflut des Nils hinwegging. Nach dem Fallen des Flusses wurden oberhalb der Fundierungsstelle Dämme aus Sandsäcken hergestellt (Abb. 22, s. Tafel S. 58), was möglich war, weil nunmehr die Stromgeschwindigkeit durch die unteren Dämme bedeutend gemildert war. Mit Sandsäcken wurden auch die unteren Dämme gedichtet und die Aufgabe war nunmehr, diese so gebildeten Gruben leer zu pumpen, deren Sohlen 12—16 m unter dem Wasserpiegel des Nils lagen. Es kam erschwerend hinzu, daß der felsige Untergrund an dieser Stelle von vielen Rissen durchzogen war. 24 Zentrifugalpumpen von 30 cm Durchmesser wurden installiert. Die Befürchtung, daß die Risse viel Wasser zuführten, war jedoch übertrieben, denn zwei Zentrifugalpumpen waren später imstande, die Baugruben trocken zu halten.

Die Flut von 1899 gestattete auch die mittlere Stromrinne gleichzeitig zu schließen, so daß in dieser Periode der Strom ganz auf den westlichen Kanal angewiesen war. Nach erfolgter Trockenlegung begann man mit den Gründungs- und Maurerarbeiten.

Der Grund erwies sich als sehr schlecht, indem das Gestein ungesund war und 12 m tiefer als man ursprünglich angenommen hatte, entfernt werden mußte. Da die Mauerstärke in dieser Tiefe 30,5 m beträgt, so entstanden große Mehrarbeiten und Kosten.

Die im einzelnen zu leistenden Arbeiten betragen bei dem Assuan-Damm:

Ausgrabung	775 000 cbm,
Mauerwerk	544 400 „ .

An einem Tage wurden bis 3000 t Mauerwerk hergestellt und in dem der Hochflut vorangehenden Monat wurden 45 000 cbm Mauerwerk fertiggestellt.

Das Projekt verdankte seine Entstehung wie bereits oben erwähnt Willcocks, die Oberleitung lag in den Händen seiner Nachfolger Wilson und Webb.

Beratender Ingenieur war Benjamin Baker, einer der Erbauer der berühmten Brücke über den Firth of Forth.

Die ausführende Firma war Aird & Co. Der Vertrag wurde 1898 zum Gesamtbetrag von 41 $\frac{1}{2}$ Millionen abgeschlossen, welche Summe später mit Rücksicht auf die schwierige Fundierung

auf 71,3 Millionen Mark erhöht wurde. Der Dammbau wurde 1898 begonnen und 1902 vollendet. Während der Bauzeit wies der Nil niedrige Wasserstände auf, welcher Umstand für den Baufortschritt außerordentlich günstig war.

So wichtig die ausgeführten Bauten auch sind, von den Eingeweiheten werden sie nicht als die letzten Glieder, sondern als die ersten der zukünftigen Bewässerungsanlagen betrachtet. Als das zu erstrebende Ziel gilt die unmittelbare Ausnutzung der Versorgungsseen des Nils, d. h. des Victoria und Albert Nyanza, oder des Tsanasees, der Quelle des blauen Nils.

Man schätzt die Wassermengen, die hier noch gewonnen werden könnten, für den Tsanasee auf 6000000000 cbm und für die beiden andern Seen auf 12000000000 cbm. Zum Zwecke der Wassergewinnung würde nur eine Erweiterung des Abflusses des Viktoria- und Tsanasees und eine Aufstauung des Albert Nyanza um 90 cm bis 1,25 m erforderlich sein. Das Streben nach immer größeren Wassermengen erklärt sich dadurch, daß größere zur Verfügung stehende Wassermengen eine Ausdehnung der anbaufähigen Landflächen ermöglichen würden.

Um diese Wassermengen in Ägypten aber auch tatsächlich ausnutzen zu können, wird es in erster Linie notwendig werden, den Flußlauf zu regulieren und die Sümpfe in dem oberen Nillauf nach und nach verschwinden zu lassen. Dadurch würde die Beschaffenheit des Wassers eine bessere werden, da dieses jetzt vielfach in Fäulnis übergeht. Außerdem ist in diesen Sumpfsgebieten infolge der starken Verdunstung der Wasserverlust ein ganz ungeheurer, so daß von den oben angegebenen großen Mengen ohne Regulierungsarbeiten nur ein Bruchteil zur Ausnutzung gelangen würde.

Ehe diese weitgehenden Pläne ihre Verwirklichung gefunden haben werden, dürfte noch manches Jahrzehnt vergehen. Das bereits Erreichte ist zweifellos von unschätzbarem Werte und man kann durchaus den Stolz verstehen, welcher die englischen Ingenieure erfüllt, innerhalb kurzer Zeit so Bedeutendes geleistet zu haben. Die neuen Riesenwerke sind in der Tat den alten vieltausendjährigen Schöpfungen einer großen Vergangenheit, den Pyramiden und Tempelbauten, ebenbürtig, sie sind ihnen überlegen durch den Nutzen und den Segen, welche sie für Hunderttausende im Gefolge haben.



Abb. 17.
Dammbau von Assut.

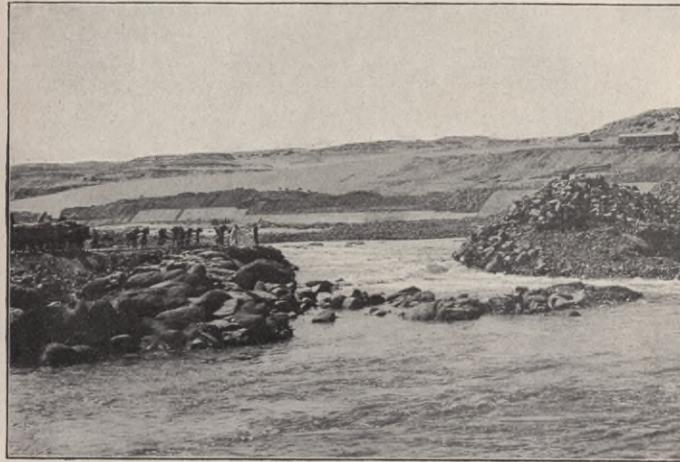


Abb. 21.
Dammbau von Assuan. Herstellung der Abschlußdämme.

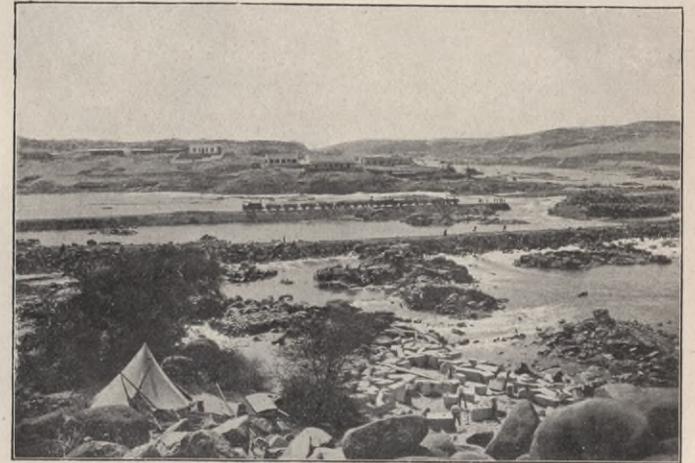


Abb. 22.
Dammbau von Assuan. Die Abschlußdämme von Habb's Island gesehen.



Abb. 20. Staudamm von Assuan. Totalansicht.

IV. Kapitel.

Die ingenieurtechnischen Leistungen der Griechen.

Die große, ausschlaggebende Bedeutung der Griechen auf dem Gebiete der Architektur, wie nicht minder auf demjenigen der Skulptur ist allgemein anerkannt. Weniger ist solches der Fall hinsichtlich der Leistungen des griechischen Volkes in der Ingenieurtechnik. Die hervorragenden Leistungen des griechischen Volkes in dieser Beziehung sind erst vor wenigen Jahrzehnten richtig erkannt worden und erst jetzt beginnt man einzusehen, gestützt vor allem auf die in immer größerer Zahl an das Tageslicht gekommenen Werke der antiken griechischen Ingenieure, daß die Griechen auch in dieser Beziehung ihren größten Rivalen, den Römern, ebenbürtig, wenn nicht gar überlegen waren.

Zu den ersten, welche die große Bedeutung der Griechen auch in anderen Zweigen der Baukunst als in der Architektur erkannt haben, gehörte Curtius, der genaue Kenner dieses Volkes. Curtius schrieb mit Recht vor etwa einem halben Jahrhundert: „Um ein allseitiges Verständniß der hellenischen Kultur zu erzielen, genügt es nicht, sie in ihren höchsten Spitzen wissenschaftlicher Erkenntnis oder künstlerischer Leistung zu erforschen, auch das praktische Leben der Hellenen, ihr Verhältnis zu den natürlichen Dingen, Landeskultur, Industrie und Handel dürfen von der Altertumswissenschaft nicht ausgeschlossen bleiben.“ Die Richtigkeit dieser Forderung ist seither mehr und mehr anerkannt worden und so macht die Erforschung der antiken griechischen Ingenieurtechnik erfreuliche Fortschritte.

In ähnlicher Weise, wie sich die Kenntnis der babylonischen und ägyptischen Kultur in immer weiter zurückliegende Jahrhunderte, ja Jahrtausende, erstreckt, so schiebt sich auch der

Anfang der griechischen Geschichte in immer entlegene Zeitperioden. Aus uralter Zeit tauchen in einer immer größeren Zahl Befestigungsanlagen, Bewässerungsanlagen, Straßenbauten auf, immer mehr wächst die Zahl der uns bekannt werdenden griechischen antiken Hafens- und Städteanlagen und der von diesem Volke geschaffenen Wasserleitungsbauten.

Es gibt kein Gebiet der antiken Ingenieurtechnik, auf welchem sich die Griechen nicht betätigt hätten.

Von asiatischen und afrikanischen Völkern, unter denen die Phöniker vielleicht an erster Stelle standen, in der Ingenieurtechnik unterrichtet, überboten die Griechen ihre Lehrmeister in der Fertigkeit, technische Anlagen aller Art zu schaffen. Die Natur hatte die Griechen zweifellos mit einer hervorragenden Befähigung für alle Zweige der Baukunst ausgestattet. Allerdings hatte das griechische Volk, als das erst spät auf die Weltbühne tretende, den großen Vorteil, die Errungenschaften seiner Vorgänger übernehmen zu können, aber ihm gebührt das Verdienst, sich nicht mit dem Überkommenen begnügt, sondern dasselbe weitergebildet zu haben. In manchen Zweigen der Ingenieurtechnik, so im Hafenbau und in der Wasserversorgung, haben ohne Frage die Griechen Leistungen geschaffen, die in technischer Beziehung die Schöpfungen aller übrigen antiken Völker, die Römer nicht ausgenommen, überragten. Auch in der Städtebaukunst darf man wohl dem griechischen Volke den ersten Platz anweisen, wenn auch anerkannt werden muß, daß ihre Überlegenheit den Römern gegenüber nicht sehr bedeutend war.

In kurzen Zügen läßt sich die Entwicklung der griechischen Ingenieurtechnik wie folgt angeben.

Die Vorgeschichte Griechenlands knüpft an die Namen Tiryns und Mykenae an.

Als die hervorragendsten Überreste dieser Kulturperiode sind die Burgen und Schatzhäuser zu nennen, insbesondere die von Tiryns und Mykenae, deren Mauern schon von den Griechen der späteren Zeit als Werke von Riesen (Kyklopen) bezeichnet wurden.

Zu diesen zurückgebliebenen Zeugen einer großen Vorzeit sind dank dem modernen Forschungsseifer die Reste der einstigen Tätigkeit der minyischen Ingenieure getreten: Be- und Entwässerungsanlagen, Deich- und Straßenbauten, sowie Brücken.

Auch in der Folgezeit werden die Ingenieure nicht ge-
feiert haben, aber es können verhältnismäßig nur wenige be-
stimmte Einzelheiten angeführt werden. In erster Linie dürfte
es dem Einbruche der Perser (500 v. Chr.) zuzuschreiben sein,
daß aus der Zeit vor der Vertreibung der Perser (449 v. Chr.)
wenig erhalten ist. Nach dieser Vertreibung begann das Wieder-
aufblühen der griechischen Staaten und damit der griechischen
Städte.

Wie die griechischen Kolonialstädte in mancher Beziehung
den Mutterstädten in ihrer Entwicklung voraneilten, so ent-
standen auch in ihnen frühzeitiger mancherlei Werke der In-
genieurtechnik.

Das Vordringen der Griechen zur See mußte notge-
drungen zur Anlegung einer großen Anzahl künstlicher Häfen
führen, von denen nicht wenige sehr bedeutende Werke der
antiken Ingenieurtechnik waren. Zu nennen sind Mytilene,
Smyrna, Samos, Milet, Rhodos, Knidos; Orte, an
welchen die Griechen allerdings zum Teil die Vorarbeiten der
Phöniker übernahmen und diese weiter führten.

Insbesondere die Zeit der Tyrannen brachte eine große
Anzahl ingenieurtechnischer Schöpfungen hervor, welche der
Allgemeinheit zugute kamen und deren Nebenzweck, durch sie
ihren Erbauern die Volksgunst zu erwerben, erklärlicherweise
in weitreichendem Maße erreicht wurde. Hierzu sind in erster
Linie die Straßenbauten und Wasserleitungen, sowie die Hafens-
bauten zu rechnen.

Genannt seien die Hafenanlagen von Samos (unter Poly-
krates 540—525 v. Chr. erbaut), die Wasserleitungen von
Samos, Athen (unter Peisistratos 600 v. Chr. erbaut),
Akragas (unter Theron 489—472 v. Chr. erbaut), Megara
(unter Theagenes erbaut), Syrakus (unter Gelon 491 bis
477 v. Chr. erbaut).

Die große Anziehungskraft, welche verschiedene berühmte
antike Tempelstätten ausübten, gaben ebenfalls Veranlassung
zur Anlegung ausgedehnter Hafenanlagen, wie z. B. auf Delos
und in Ephesos (Pilgerhafen).

Soweit die Namen der wirklichen Schöpfer dieser Ingenieur-
bauwerke der Nachwelt überliefert wurden, sind es in den meisten
Fällen die Namen von Männern, welche als die Erbauer von
Werken der Architektur bekannt und berühmt sind. Es ist dieses

darauf zurückzuführen, daß während des ganzen Altertums, ja man muß sagen auch während des Mittelalters und eigentlich bis zur Neuzeit der Ingenieur und Architekt in der Regel in einer Person vereinigt war.

Soweit griechische Baukünstler in Betracht kommen, seien genannt: Theodoros der Samier (etwa Ende des 7. Jahrhunderts v. Chr.), Hippodamos von Milet, Kallikrates, Dinokrates, Philon, Sostratos von Knidos, Hermodoros aus Salamis und Apollodoros von Damaskus.

Die Betätigung in der Architektur wurde unzweifelhaft höher bewertet wie die Überwindung technischer Schwierigkeiten, welche in der Ingenieurtechnik eine so große Rolle spielt. Immerhin wurden auch die Werke der Ingenieure gelegentlich gefeiert und als hervorragende Leistungen gepriesen. So bezeichnet Herodot (484—424 v. Chr.) die bedeutenste Schöpfung des Eupalinos von Megara, die Wasserleitung von Samos, bei welcher ein langer Tunnel zur Ausführung kam, als eines der größten Werke der Hellenen (s. Abb. 25, S. 74).

Die Doppelnatur vieler antiker Ingenieure hat ohne Zweifel dazu beigetragen, daß der Charakter der Ingenieurtechnik als eines selbständigen und sehr wichtigen Zweiges des Bauwesens und als eines auch bereits für die antike Menschheit hochbedeutsamen Teils der Technik, nicht klar in die Erscheinung trat und die ingenieurtechnischen Schöpfungen in unverdienter Weise gegen die Werke der Architektur zurücktraten. Unentschieden muß es vorläufig bleiben, ob Eupalinos sich bei seinem Plan, der für jene Zeit außerordentlich kühn war, an andere Vorbilder angelehnt hat oder ganz selbständig auf die Durchbrechung des Gebirges gekommen ist. Von den älteren ähnlichen Anlagen ist hier der Siloahkanal in Jerusalem zu nennen, dessen Entstehung man in die Zeit des Königs Hiskias (728—699 v. Chr.) verlegt. Dieser Tunnel läßt deutlich in den vielen Richtungsänderungen erkennen, wie die beiderseitig arbeitenden Steinmehzen sich gegenseitig gesucht haben. Ob Eupalinos von diesem Werk irgend eine Kenntnis gehabt hat, muß dahingestellt bleiben. Durch die Anlegung von Felsen-gräbern, die in der Mehrzahl der antiken Kulturländer sehr verbreitet waren, dürften die Techniker mit der Art und Weise der Herstellung unterirdischer Gänge vertraut geworden sein, und die Herstellung eines Tunnels mußte in manchen Fällen

so vorteilhaft erscheinen, daß alle entgegenstehenden Bedenken dadurch schwanden.

Die eigentliche Blütezeit des griechischen Bauwesens begann mit der Vertreibung der Perser, und dieser Periode verdanken auch zahlreiche, große Schöpfungen auf dem Gebiete der Ingenieurtechnik ihre Entstehung.

In dieser Blüteperiode, aus der der Name Perikles (450 — 428 v. Chr.) hell hervorleuchtet, wurden die durch Themistokles (geb. 525, gest. 461 v. Chr.) Tatkraft ins Leben gerufenen Hafenanlagen im Piräus weiter ausgebaut und entstand die Piräusstadt, mit deren Anlegung der künstlerische Städtebau der Griechen begann. Der Städtebau ist ein Gebiet, auf welchem auch noch heutzutage sowohl die Architekten wie die Ingenieure tätig sind und zwar soweit die Ausarbeitung des Bauplanes selbst in Frage kommt, während die Schaffung der rein technischen Anlagen, wie Pflasterung, Kanalisierung, Wasserversorgung, Beleuchtung usw. unbestritten Sache der Ingenieure ist.

Die Entwicklung des künstlerischen Städtebaues der Griechen ist in erster Linie verknüpft mit dem Namen des Hippodamos von Milet, eines Mannes von sophistischer Richtung, nach welchem der neue Stil der hippodamische hieß. Themistokles zog Hippodamos bei den Bauanlagen, namentlich bei der Piräusstadt zu Rate. In dem Kapitel Städtebau wird auf die Einzelheiten des antiken Städtebaues näher einzugehen sein, an dieser Stelle ist derselbe nur insoweit zu berühren als er für eine Gesamtschilderung der Leistungen der Griechen in der Ingenieurtechnik in Betracht kommt.

In Anlehnung an die Piräusstadt erhielten die griechischen Städte auch im Inneren ein prächtigeres Ansehen, noch 514 v. Chr. galt Athen für eine enge, schmutzige und unansehnliche Stadt. Der Umwandlungsprozeß vollzog sich mit außerordentlicher Schnelligkeit.

Auch in Asien, Afrika und Italien entstanden Städte nach dem Vorbilde der Piräusstadt, d. h. überall dort, wo in der Folgezeit die Griechen entweder Städte gründeten oder doch wenigstens bei der Anlegung solcher bauend mit tätig waren.

Die Kriege innerhalb der griechischen Völkerschaften und Seuchen machten dem Glanz und der Herrlichkeit ein rasches Ende und ebenso schnell wie die Blütezeit gekommen und sich entfaltet hatte, ebenso rasch schwand sie dahin

Dem Verhalten eines Alexanders war es zu danken, daß die griechischen Städteerbauer noch einmal Gelegenheit erhielten, ihre Kunst in weiten Gebieten zur Anwendung zu bringen und Proben ihrer Leistungsfähigkeit abzulegen. Alexandria galt lange als die hervorragendste Schöpfung der antiken Städtebaukunst, welcher Platz ihr allerdings durch moderne Forscher streitig gemacht wird, indem diese betonen, daß bei dem von dem Baumeister Deinokrates entworfenen Stadtplan des antiken Alexandria das Schematische bereits wieder zu sehr gegen das Künstlerische in den Vordergrund getreten war.

In Verbindung mit den neuen Stadtgründungen eines Alexanders und seiner Nachfolger entstanden gleichzeitig zahlreiche Hafenanlagen, von denen besonders diejenigen von Alexandria und des Emporinus von Antiochia, Seleukia Pieria, zu erwähnen sind, die mit Recht einen hohen Platz unter den gleichartigen Werken des Altertums beanspruchen können.

Es ist erklärlich, daß die späteren Werke der Ingenieurtechnik vielfach bedeutender und vollkommener waren als die in früheren Zeiten entstandenen. Solches gilt besonders von den Hafengebäuden. Griechenland ist von der Natur für die Betreibung der Seeschifffahrt außerordentlich günstig ausgestattet, da die Küste zahlreiche Buchten aufweist. Es dauerte lange, ehe sich die Griechen dazu entschlossen, die natürlichen vorhandenen Verhältnisse künstlich umzugestalten. In vielen Fällen genügte der Ausbau vorhandener Felsenriffe, um gute und geschützte Hafenbecken zu schaffen.

Klein und unbedeutend waren die ältesten Hafengebäuden Griechenlands, zu ihnen gehörten die Hafenmauern von Pylos und Methone. Je größer die Aufgaben wurden, die zu lösen waren, je kühner wurden die griechischen Ingenieure, und immer mehr schwand im Laufe der Zeit die den Griechen eigene Scheu vor einem gewaltsamen Eingreifen in das von der Natur Geschaffene.

Den Griechen blieb ein außerordentliches Verständnis für die natürlichen Verhältnisse eigen und mit großem Scharfsinn wußten sie das von der Natur Gebotene auszunutzen. Sie verstanden es meisterhaft, das richtige Verhältnis zwischen dem erstrebten Ziel und den aufzuwendenden Mitteln abzuwägen.

Um ein Bild von den auf den verschiedenen Gebieten der Ingenieurtechnik durch die griechischen Ingenieure geschaffenen

Werken zu geben, werden nachstehend einzelne derselben eingehend beschrieben; auf die Werke des griechischen Städtebaues wird allerdings zum Teil erst in dem folgenden Kapitel näher eingegangen werden.

Die anders gearteten natürlichen Verhältnisse des griechischen Landes machten Bewässerungsanlagen, wie sie seitens der Babylonier und Ägypter in so ausgedehntem Maße zur Ausführung gekommen sind, in Griechenland nicht erforderlich. Es ist erklärlich, daß die Ägypter diesen auf natürlichen Verhältnissen beruhenden Gegensatz nicht zu fassen vermochten, und es unbegreiflich fanden, daß das griechische Volk sich nicht ganz allgemein der Irrigation bediente.

Die ältesten Spuren von Be- und Entwässerungsanlagen sind auf griechischem Boden bisher im Becken des Kopaissees gefunden worden (Abb. 23). Dieser See liegt im böotischen Gebirge, etwa 100 m über dem Meeresspiegel, er ist vollständig von Gebirgen umgeben, und besaß von Natur aus nur unterirdische Abflüsse. In dem Seekessel lagen einst blühende Städte.

Strabo berichtet, daß durch das Steigen der Seegewässer eine Reihe von Städten, darunter Eleusis, Arne und Midea, zerstört worden seien und daß an diesem See das alte Orchomenos, die Hauptstadt des Reiches der Minyer, gelegen habe. Er gibt den Umfang des Sees auf 380 Stadien an und bemerkt, daß man einen Abfluß nirgends entdecken könne außer dem Schlunde, in welchen der Kephissos fällt und den Sümpfen. Früher sei die Fläche ausgetrocknet und von den benachbarten Orchomeniern völlig angebaut gewesen, zur Zeit Alexanders des Großen sei eine Verstopfung der Abflußkanäle eingetreten; der Chalkider Krates, ein Bergwerksingenieur, habe begonnen diese Kanäle zu reinigen, aber er habe diese Arbeit wieder eingestellt, als die Böotier sich entzweiten, obgleich, wie er in einem Briefe an Alexander sagt, bereits viel Land trocken gelegt war. Bei diesen Arbeiten ließ Krates Gräben durch den See ziehen.

Die natürlichen unterirdischen Abflüsse werden mit dem Namen Katabothren bezeichnet. Neben diesen natürlichen Abzugskanälen, die infolge ihrer Umbildungen durch Erdbeben oder Einstürze nicht zu allen Zeiten für einen ausreichenden Abfluß der in dem Seebecken sich ansammelnden Regenwassermengen

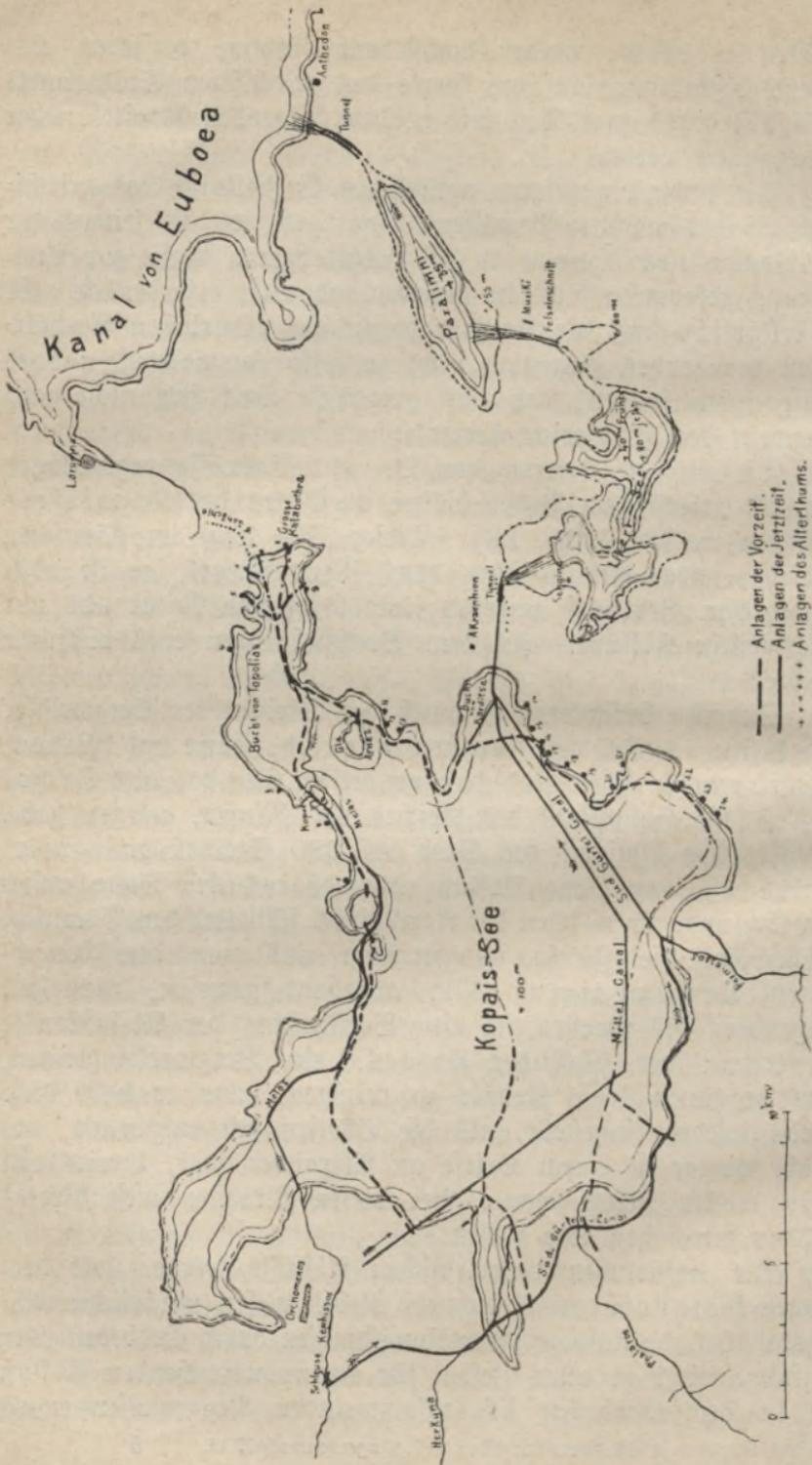


Abb. 28. Lageplan des Kopaisfeldes.

genügte, sind die Spuren von zwei Emissaren, d. h. künstlichen unterirdischen Abflußleitungen vorhanden. Der eine Abflußkanal liegt in der Verbindungslinie vom Ostende des Sees und dem alten Larymna, der andere liegt unter der Ebene von Akräphion und sollte in die Hylika (Sikirissee) einmünden. Der erstere Tunnel würde eine Länge von über 2000 m erhalten haben; zu seiner Herstellung waren 16 Schächte von einer Tiefe bis zu 36 m angelegt worden. Diese Schächte waren im Interesse der schnellen und leichteren Herstellung des Tunnels angeordnet, da durch sie die Zahl der Angriffspunkte eine starke Vermehrung erfuhr.

Von jedem Schachte wurden die Stollen nach beiden Richtungen vorgetrieben. Von dem Tunnel sind nur 500 m hergestellt, das Werk ist somit nicht vollendet. Es finden sich zwei Stollen übereinander, was man darauf zurückführt, daß der Kanal wohl anfänglich mit zu geringem Gefälle angelegt worden war und daß, nachdem der Fehler erkannt war, die Arbeit an den unrichtig angelegten Stollen aufgegeben worden ist. Wer diese Arbeiten ausgeführt hat, die alten minyschen Ingenieure oder der makedonische Ingenieur Krates, ist bisher nicht sicher festzustellen gewesen, doch scheint letzteres das Wahrscheinlichere zu sein. Während der Arbeit des Krates sollen bereits aus dem gesenkten Wasserspiegel Ruinen alter Städte aufgetaucht sein, darunter nach Ansicht der Bötier auch die von Alt-Orchomenos. In unserer Zeit ist der See durch französische Ingenieure abermals trocken gelegt worden und hierdurch sind unter anderen Resten auch die Deichbauten, welche hier unzweifelhaft minysche Ingenieure angelegt haben, wieder an das Tageslicht gekommen. Wie heute, so war es auch in der Vorzeit nur möglich gewesen, den Seeboden durch die Herstellung mächtiger künstlicher Deiche und Entwässerungskanäle zum Anbau tauglich zu machen. Diese Deiche dienten zur Abfangung und Ableitung der Gewässer, die sich in das Seebecken ergießen. Der Mittelkanal dürfte Bewässerungszwecken gedient haben. Die Deiche, welche zum Teil große Abmessungen haben, sind nach außen flach, nach innen, wo sie dem Wasserangriff ausgesetzt waren, mit Polygonmauerwerk bekleidet.

Die in alter Zeit geschaffenen Dammbauten bildeten ein bequemes Netz von Verkehrswegen von einer Uferstation zur anderen. Auf diesen breiten Deichrücken sind von den franzö-

fischen Ingenieuren bei Ausführung der neuzeitlichen Anlagen manche Überreste der Vergangenheit gefunden worden. Zur Sicherung der Entwässerungsanlagen und zum Schutze der Seeebene war eine Reihe starker Burgen angelegt, deren stärkster Punkt die Riesenburg von Gla bildete.

In späterer Zeit kam die Trockenlegung des Sees von Pheneos zur Ausführung.

Von den sonstigen durch die Griechen geschaffenen Bewässerungsanlagen nehmen diejenigen der berühmtesten Stadt der Kyrenaike, Kyrene, den ersten Platz ein. Kyrene lag auf einer 1200 Fuß über dem Meere liegenden Hochfläche an der Nordküste Afrikas. Die Stadt wurde im Jahre 631 v. Chr. durch spartanische Kolonisten gegründet und ihre Umgebung war ein vielgepriesener Lustgarten.

Die früher sehr verbreitete, besonders von Curtius vertretene Meinung, daß die ersten Straßenanlagen Griechenlands phönikischem Einfluß zuzuschreiben seien, ist durch neuere Forschungen stark ins Schwanken gekommen. In dem Zeitpunkte, in welchem vorläufig noch die Geschichte des griechischen Volkes beginnt, waren die Phöniker bereits aus dem Lande gedrängt. Aus der heroischen Zeit sind Darstellungen auf uns gekommen, in welchen die Helden ihre Kunst im Wagenlenken zeigen, und sonach muß angenommen werden, daß in jener Zeit bereits brauchbare Wege existierten. Eingeschaltet möge an dieser Stelle werden, daß es später in Griechenland eine Zeit gab, in welcher es den republikanischen Anschauungen widersprach, daß ein Bürger an dem anderen im Wagen vorbeieilte. In neuerer Zeit sind Spuren einstiger Hochstraßen in der Umgebung von Mykenai gefunden worden, die ihre Entstehung aller Wahrscheinlichkeit nach der heroischen Zeit — der Zeit eines Homers — verdanken. Als ihre Erbauer werden asiatische Einwanderer betrachtet, welche auf dem Landwege durch Makedonien gekommen, sich der alten Burg von Mykenai bemächtigt hatten und sie zu einer großartigen Offensivanlage ausbauten.

Man hat die Spuren von vier Hochstraßen in der Umgebung von Mykenai aufgefunden, von denen drei nach Korinth führten. Diese Landstraßen gestatten einen guten Einblick in den Straßenbau der heroischen Zeit. (Steffen: Karten von Mykenai mit erläuterndem Text. Berlin 1884.)

Die Hochstraßen haben hinsichtlich ihrer Herstellungsweise

Ähnlichkeit mit den Festungsmauern von Mykenai und Tiryns. Wie diese, so ist der Straßenunterbau aus großen, unbehauenen Felsblöcken hergestellt. Die bei dieser Art des Zusammenbaues entstehenden Zwischenräume sind durch das Einfügen kleinerer Steine ausgefüllt worden. Die Außenflächen der Randsteine sind durch rohes Behauen gegeneinander etwas abgeglichen. Das an Ort und Stelle gebrochene Material eignete sich sehr gut zu dem Bau; die Felsen sind meistens in verhältnismäßig dünnen Schichten gelagert, so daß das Ablösen großer, häufig würfelförmiger Blöcke sehr leicht war. Die Straßen wurden an den Felsen entlang geführt, der Boden etwas planiert und alsdann auf diesem festen Unterbau das durch das Planieren des Felsanges gewonnene Steinmaterial in Lagen aufgeschichtet. Die Wege weisen zum Teil starke Gefällsverhältnisse auf und sie sind durchgängig sehr schmal. An einer sehr gut erhaltenen Straßenstrecke beträgt die Straßenbreite nur 3,58 m. Die mykenischen Hochstraßen besitzen zahlreiche Wasserdurchlässe, die durch Übertragen der Steine mit daraufliegendem Deckstein hergestellt sind, d. h. in der Form, welche als ein Vorläufer des Gewölbbauwes zu betrachten ist (s. Abb. 4, S. 20). Eine ganz ähnliche Bauweise zeigen die Brücken. Die Straßen sind an den Felshängen entlang geführt und weisen daher viele Krümmungen und dadurch Umwege auf. Die starken Steigungen dieser Hochstraßen und die geringen Straßenbreiten lassen die Ansicht berechtigt erscheinen, daß in jener Epoche, welcher diese Straßen angehörten, der Verkehr noch vorzugsweise zu Pferde oder durch Saumtiere stattfand. Daß ein Wagenverkehr jedoch auf manchen Teilen dieser Straßen vielleicht nicht ausgeschlossen war, schließt man daraus, daß man am Nordabhange der Akropolis von Mykenai Doppelgleis Spuren gefunden hat, es ist jedoch auch möglich und sogar sehr wahrscheinlich, daß diese Wegestrecken einer späteren Zeit angehören, in welcher das Wagengleise eine große Rolle spielte.

Das Wagengleise bestand aus Spurrinnen, die in den felsigen Untergrund eingearbeitet waren und von ihm haben die griechischen Ingenieure bei der Anlegung der sogenannten heiligen Straßen eine ausgedehnte Anwendung gemacht. Nach den Orten, an welchen die gemeinsamen bedeutenden Heiligtümer der griechischen Stämme lagen, wurden große und gut hergestellte Straßen erbaut, die in erster Linie für den Trans-

port der Wagen bestimmt waren, auf welchen den Göttern die heiligen Gegenstände zugeführt wurden und auf denen sich die Priesterinnen nach den Tempeln ihrer Gottheit begaben. Um dem Transport der geschmückten, hochbeladenen Festwagen jegliche Störung fernzuhalten, stellten die Griechen in dem meist felsigen Untergrund eine genaue Bahn für die Wagenräder her. Spuren dieser ausgehauenen kleinen Rinnen sind noch heute an vielen Stellen vorhanden. Die Herstellung der Rinnen gestattete es, daß nicht der ganze Fahrdamm bearbeitet werden brauchte, sondern nur die zur Aufnahme der Räder dienenden Gleise. Die Tiefe der Rinnen beträgt 5—7 cm, ihr Abstand voneinander schwankt zwischen 90 und 160 cm. Die weitaus größeren Strecken der Wege waren einspurig gebildet; um ein Begegnen zweier sich entgegkommender Wagen zu ermöglichen, wurden in bestimmten Entfernungen Ausweichen angelegt, an welchen die Wagen aufeinander warten mußten.

Im allgemeinen pflegt man diese Spurwege gleichsam als die erste Entwicklungsstufe der modernen Schienenwege zu betrachten. Nach dem Glauben der Griechen waren auf den heiligen Straßen einst die Götter selbst gewandelt; die Schicksale der Götter, deren Tempel am Ende der heiligen Straßen standen, wurden durch Denkmäler an den Seiten der Straßen veranschaulicht. Mit der Heiligkeit der Straßen hing es zusammen, daß die Alten mit Vorliebe am Wegerande bestattet werden wollten; kam doch den Familiengräbern an dieser Stelle außer dem allgemeinen Schutz, welchen Sitte und Religion vorschrieben, noch die besondere Heiligkeit der Belegenheit zugute. Die Gräber wurden durch Mauern und Gitter von den Wegen abge sondert und mit gärtnerischem Schmuck, besonders mit hohen Baumgruppen, ausgestattet.

Die Anzahl der heiligen Straßen war eine sehr große, als die bedeutendsten sind zu nennen: Die Straßen von Delphi, Eleusis, Olympia, Miletos, Theben, Korinth, die Straße des Apollo auf Anaphe, die apollonische Straße des Battos in Kyrene, an der Nordküste von Afrika.

Diese Wege wurden möglichst anmutig ausgebildet, um die Wanderer anzulocken und sie den heiligen Orten zuzuführen. Für die Wanderer wurden Rastörter angelegt, d. h. in die Felsen wurden an anmutigen, zum Verweilen einladenden Punkten Stufen und Bänke eingehauen. Derartige Steinsetze

errichtete man auch mit besonderer Vorliebe vor den Stadtthoren, der ankommende Wanderer sollte vor seinem Eintritt in die Stadt sich abkühlen und erholen. Regelmäßige Baumreihen scheinen nur vereinzelt längs der Kunststraßen vorhanden gewesen zu sein. Hermen, d. h. Brustbilder ohne Arme auf Pfeiler oder Säulen, dienten als Wegweiser. Mit Vorliebe wurden Figuren auch über den Quellen aufgestellt, an welchen überdies schattige Ruheplätze angelegt wurden.

Die heiligen Straßen waren keineswegs ausschließlich für den Dienst der Götter bestimmt, sondern sie wurden auch dem profanen Gebrauch überlassen. Es muß darauf hingewiesen werden, daß die Spurrinnen keineswegs allein bei den griechischen heiligen Straßen Anwendung fanden, daß vielmehr auch die praktischen Römer von dieser Konstruktion vielfach in felsigen Gegenden Gebrauch gemacht haben, da hierdurch der Arbeitsaufwand eine sehr große Einschränkung erfuhr.

Im innigsten Zusammenhang mit dem Straßenbau steht der Brückenbau, der es allein ermöglicht, den Weg auf weite Strecken als ein zusammenhängendes Ganzes zur Ausführung zu bringen.

Lange Zeit wurde den Griechen die Erfindung des Gewölbes, welches in dem antiken Brückenbau eine so hervorragende Rolle spielt, zugeschrieben und zwar galt der Philosoph Demokritos von Abdera (470 v. Chr.) als der Urheber dieser bedeutungsvollen Konstruktion. Es ist längst nachgewiesen, daß diese Ansicht eine irrige ist, man weiß, daß Gewölbe bei den verschiedensten Völkern und in sehr frühen Zeiten zur Ausführung gekommen sind, jedenfalls weit älter sind als die bis jetzt bekannten ältesten griechischen Gewölbebauten. Nach den bisherigen Ergebnissen der Forschung ist nicht das griechische, sondern das etruskische Volk als dasjenige zu betrachten, dem die Benutzung des Gewölbes, das in den Grabkammern, Entwässerungskanälen und bei Hochbauten vor vielen Jahrtausenden mancherlei Verwendung gefunden hatte, auch im Brückenbau und somit die Schaffung der ältesten gewölbten Brücken zuzuschreiben ist.

Die bisher aufgefundenen Überreste der griechischen antiken Brücken sind nicht sehr zahlreich, sie lassen erkennen, daß die Überbrückung vielfach durch Übertragung oder durch Balken erfolgt ist. Derartiger Brücken ist bereits oben bei Beschreibung

der mykenäischen Hochstraßen Erwähnung getan. Von den sonstigen im eigentlichen Griechenland aufgefundenen Resten antiker Brücken sind diejenigen von Metaxadi und über den Pamisos zu nennen.

Inwieweit sich unter den zahlreichen Resten antiker Brücken in Kleinasien solche griechischer Herkunft befinden, ist bisher nur in ganz wenigen Fällen mit Sicherheit nachgewiesen. Als ein unzweifelhaftes Zeugnis griechischer Brückenbaukunst gilt die Brücke von Assos, über den Satnioeis, auf der Straße von Assos in die trojanische Ebene (Abb. 24). Man hat hier eine

lange Reihe von Pfeilern gefunden, deren Entfernung voneinander je 3 m beträgt. Die Pfeilerform ist die zweier gleichschenkliger, mit der schmalen Basis zusammenstoßender Dreiecke. Die Pfeilerlänge ist 3,6 m; die zu den Pfeilern verwandten Quadrern besitzen einen hakenförmigen Fugenschnitt, durch welche Anordnung die Lösung eines einzelnen Stückes unmöglich gemacht ist. Die Brückenbahn war durch Überdeckung von vier nebeneinander gelegten und durch Klammern miteinander verbundenen Steinbalken hergestellt. Die Richtung der Brücke ist nicht normal zur Stromachse, jedoch laufen mit dieser die Pfeiler parallel.

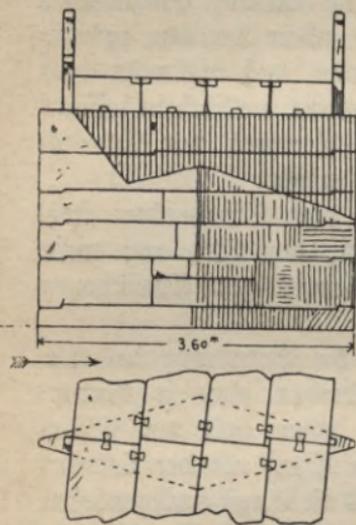


Abb. 24.

Brücke über den Satnioeis.

Mit den glänzenden und imposanten Überresten der römischen Brücken vermag das, was von den griechischen Brückenbauten übrig geblieben ist, nicht zu konkurrieren, wie denn überhaupt anerkannt werden muß, daß im Brückenbau die Römer den Griechen ohne Frage überlegen gewesen sind.

Von ihrer Kunst im Brückenbau haben die Römer auch bei ihren Wasserversorgungsanlagen den ausgiebigsten Gebrauch gemacht und diese durch ihre äußere Gestaltung in die Augen fallenden Werke haben in erster Linie den Ruhm der antiken Ingenieure in der Nachwelt begründet, sie waren diejenigen Ingenieurbauten, welchen lange Zeit allein eine genügende Aufmerksamkeit zugewendet wurde.

Die Wasserversorgung der Städte ist insbesondere dasjenige Gebiet gewesen, auf welchem die Leistungen der Griechen lange durch die Bauwerke der Römer verdunkelt worden sind. Es ist zweifellos, daß die römischen Aquädukte durch das imposante Aussehen vieler derselben einen mächtigeren Eindruck hervorzurufen geeignet sind, als viele der griechischen Schöpfungen. Nichtsdestoweniger muß gesagt werden, daß die Griechen sich auf dem Gebiete des Wasserversorgungswesens als das technisch überlegene Volk gezeigt haben, indem sie nicht selten die gleichen Zwecke mit geringeren Mitteln zu erreichen verstanden. Mit Recht erkennt man in der Jetztzeit immer mehr, daß gerade das wirtschaftliche Moment bei einem Vergleiche technischer Anlagen von erheblicher Bedeutung ist und nicht außer acht gelassen werden darf.

Von jeher brachten die Griechen dem Wasser große Verehrung dar und frühzeitig wurde es als der wichtigste Vorzug jeder städtischen Ansiedlung bezeichnet, gutes Trinkwasser in genügendem Maße zu besitzen.

Die Sicherung der Zuführung dieses zum Leben absolut erforderlichen Bedürfnisses auch in den Zeiten des Krieges mußte frühzeitig als eine Forderung aufgestellt werden, welchen die betreffenden Anlagen Rechnung zu tragen hatten. Hierauf ist es zurückzuführen, daß die Griechen, wahrscheinlich in Anlehnung an die Syrer, ihre Leitungen zum größten Teil unterirdisch führten.

Der künstlerische Sinn der Griechen konnte sich daher bei diesen Anlagen nur in der Ausbildung der Quellenhäuser und der Auslaufstellen, der Brunnen, betätigen.

Die öffentlichen städtischen Wasserentnahmestellen wurden wie etwaige natürliche Brunnen in künstlerischer Weise ausgebildet und geschmückt. Das Wasser floß aus verzierten Röhren, deren Mündungsstücke die Form von Tiermäulern und Silenzköpfen erhielten, außerdem stellte man Figuren, die einen sinnvollen Zusammenhang mit dem Wasser besaßen, neben den Brunnen auf. Die öffentlichen Plätze griechischer Städte waren in vielen Fällen mit Springbrunnen ausgestattet.

Auch bei den Griechen läßt sich, ähnlich wie bei anderen antiken Völkern, eine einflußreiche Wirkung des religiösen Moments bei der Erbauung von einzelnen Wasserwerksanlagen erkennen. In erster Linie wurden Quellenbauten dem Gottesdienste ge-

weicht und sie erfuhren eine deutliche Kennzeichnung dieses Zwecks durch die ihnen gegebene Tempelform. Derartige heilige Quellschäufel waren vielbesuchte Wallfahrtsorte.

Wie in anderen Ländern so begnügte man sich auch in Griechenland so lange als möglich mit der Wasserversorgung



Abb. 25. Lageplan des Wasserleitungsfunnels von Samos.

durch innerhalb der Städte belegene Brunnen. Im Laufe der Zeit trat auch in Griechenland mit dem Anwachsen der Städte die Notwendigkeit hervor, zur Beschaffung der notwendigen größeren Wassermengen künstliche Leitungen zu erbauen, welche das Wasser aus größerer Entfernung den Städten zuführten. Diese Leitungen bestanden aus den bereits erwähnten Gründen zum größten Teil aus unterirdisch verlegten Röhren, die mit Luftschächten versehen waren. Namentlich die Zeit der Tyrannen

ließ, wie bereits oben hervorgehoben worden ist, in Griechenland und seinen Kolonien eine große Anzahl Wasserleitungsbauten entstehen.

Die Überreste von Wasserleitungsbauten sind an zahlreichen Orten, sowohl im eigentlichen Griechenland, wie in den Kolonien gefunden worden.

Genannt seien: Athen, Korinth, Megara, Theben, Kirrha, Demetrios, Pharsalos, Samos, Kamiros, Smyrna, Ephesos, Patara, Methymna, Pergamon, Syrakus, Akragas, Kyrene, Antiochia, Alexandria.

Bei der überaus großen Zahl der bereits bekannt gewordenen Wasserleitungsbauten kann nur auf einige besonders bemerkenswerte Schöpfungen wie die von Samos, Patara, Pergamon näher eingegangen werden.

Die Wasserleitung von Samos gehört zu den ältesten griechischen Anlagen dieser Art. Die von ihrem Schöpfer Eupalinos zu lösende Aufgabe bestand darin, das Wasser einer starken Quelle, welche jenseits eines im Norden der Stadt befindlichen Berges liegt, der Stadt in einer Leitung zuzuführen (Abb. 25). Die Aufgabe konnte durch eine Umgehung des Berges oder durch seine Durchbohrung gelöst werden. Man hat den letzteren Weg gewählt, trotzdem es hierbei galt, einen 1000 m langen Tunnel herzustellen.

Der Tunnel besteht aus einem 8 Fuß hohen und ebenso breiten Stollen und einem bis zu 20 Ellen tiefen Graben (Abb. 26). In diesem letzteren floß das Wasser nicht unmittelbar, sondern in demselben waren Röhren verlegt, in welchen das Wasser geleitet wurde. Diese Anordnung hat man bei zahlreichen griechischen Wasserleitungen gefunden.

Die Form dieser Tonrohre ist derart, daß der vorspringende Rand des einen Rohres in den erweiterten Teil des folgenden Rohrstückes eingreift (Abb. 27 u. 28). Die Dichtung der Stoßstellen erfolgte mit Gips, wenigstens ist eine solche Dichtungsweise bei einer Leitung in Alexandria unzweifelhaft nachgewiesen worden. Derartige Tonrohre hat man in Pergamon, Laodicea, Smyrna, Athen und Alexandria gefunden.

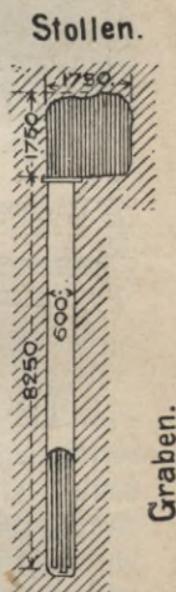


Abb. 26.
Stollen und
Graben des
Wasserleitungstunnels von
Samos.

Durch die Verlegung besonderer Leitungen innerhalb des Tunnels von Samos wurde es vermieden, daß durch die Arbeiter, welche den Tunnel zu Unterhaltungszwecken betreten mußten, eine Verschmutzung des Wassers eintrat.

Der Tunnel ist von beiden Bergseiten aus in Angriff genommen worden. Die Aufgabe der Festlegung der Längs- und Höhenrichtung der beiden Stollen vermochte man in jener Zeit noch nicht mit der erforderlichen Genauigkeit zu lösen. Man begnügte sich damit, die Stollen horizontal zu führen und man erreichte das erforderliche Gefälle dadurch, daß man von dem Stollen aus einen Graben herstellte, dessen Tiefe man leicht so bestimmen konnte, daß das nötige Gefälle erreicht wurde. Diese Herstellungsweise bedingte allerdings einen größeren Arbeitsaufwand, der jedoch zunächst unvermeidlich war.

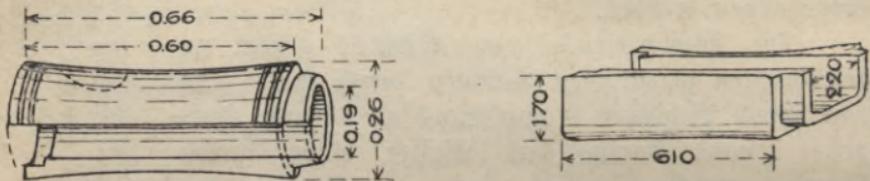


Abb. 27 u. 28. Griechische Wasserleitungsröhren.

Die antike Tunnelbaukunst, von welcher außer bei Wasserversorgungsanlagen auch bei Entwässerungsstollen und Straßebauten (Nopaissee, Fuciner See und Grotte des Posilipo bei Neapel [Römer]) Gebrauch gemacht wurde, hat aller Wahrscheinlichkeit nach trotz der zahlreichen Schöpfungen eine sehr weitgehende Ausbildung in technischer Beziehung nicht erlangt. Die Hauptschwierigkeit lag jedenfalls meistens nicht in den Hindernissen, welche aus dem zu durchbrechenden Material entsprangen, und die lediglich eine Frage von Zeit und Geld waren, sondern darin, jenen Punkt zu erreichen, der als Ziel bestimmt war. Während diese Aufgabe heute ausnahmslos in sicherster Weise gelöst wird, so daß es sich selbst bei den größten Tunnelbauten, wie Gotthard, Arlberg usw. nur um einen oder wenige Zentimeter handelt, um welche die Achsen der von beiden Mundlöchern vorgetriebenen Stollen voneinander abweichen, konnte im Altertum diese Aufgabe nur auf dem Wege des Versuches gelöst werden, indem man Stollen vortrieb, die man, wenn man sich überzeugt hatte, daß durch sie das Zu-



Abb. 29. Druckleitung von Patara.

sammentreffen nicht bewirkt werden konnte, durch andere ersetzt, die eine andere Richtung oder Höhenlage erhielten.

Stollen zur Aufnahme von Wasserleitungsröhren besaß eine große Zahl griechischer Städte, so außer Athen, Theben, Syrakus, Akragas und Alexandria. Die Verteilungskanäle der letztgenannten Stadt wurden durch den Kanal von Alexandria mit süßem frischem Trinkwasser aus dem Nil gespeist und führten das Wasser mehreren hundert von Zisternen zu.

Als die eigenartigsten Schöpfungen unter den außerordentlich zahlreichen griechischen Wasserleitungsbauten sind diejenigen zu bezeichnen, welche als Druckleitungen ausgebildet waren. Die Zahl der bekannt gewordenen Wasserleitungen dieser Art ist im Laufe der letzten Jahrzehnte stetig gewachsen. Man weiß heute, daß solche Anlagen in Patara, Methymna auf Lesbos, in Pergamon, Laodicea und Smyrna bestanden haben.

Die zuerst bekannt gewordene Anlage war diejenige von Patara in Kleinasien (Abb. 29). Es kann nicht angenommen werden, daß diese etwa die erste Anlage dieser Art überhaupt war, welche die Griechen ausführten, da sie hierfür zu bedeutend ist. Man wird wohl erst nach und nach zu der Erkenntnis ge-

langt sein, daß es möglich ist, gleichsam das Wasser wieder hochsteigen zu lassen, wenn man es in einem Rohr von geeigneter Form, welche wir jetzt mit dem Ausdruck „komunizierende Röhre“ bezeichnen, leitet und daß unter Benutzung derartiger Rohre auch bedeutende Terraineschnitte überwunden werden können. Hierbei werden allerdings die Rohre einem stärkeren Wasserdruck ausgesetzt und demgemäß müssen sie als Druckleitungen ausgebildet werden. Während eine Leitung, in welcher das Wasser lediglich durch die Schwerkraft seinem Ziele zugeführt wird, mit möglichst gleichmäßigem Gefälle und in enger Anlehnung an das Gelände geführt werden muß, gestattet die Einschaltung von Druckleitungen die direkte Überschreitung tiefer Einschnitte, ohne daß man nötig hat, hier mächtige, sichtbare Bauwerke zu errichten.

Die Druckleitungen erforderten jedoch etwas, was die antiken Ingenieure nur schwer zu erfüllen vermochten, kräftige, widerstandsfähige Rohre, damit dieselben bei dem auftretenden starken Druck nicht Schaden litten. Der Umstand, daß die Griechen in ausgedehnterem Maße Steinrohre benutzten, kam der Verwendung von Druckleitungen sehr zu statten, haben doch neuerdings von Prof. Forchheimer angestellte Versuche ergeben, daß Steinröhren einen Druck von 200 m (20 Atm.) auszuhalten vermögen.

Es ist allerdings auch möglich, daß man zur Verwendung der Steinröhren erst geschritten ist, als man bereits den Vorteil von Druckleitungen erkannt hatte.

Wenn heute ein so großer Gebrauch von Druckleitungen gemacht wird, so liegt solches daran, daß der Jetztzeit in dem Eisen ein sehr brauchbares und billiges Material für Druckleitungen zur Verfügung steht, das dem Altertum fehlte, da dasselbe weder die jetzt übliche Verarbeitung des Eisens in der Form des Schmiedeeisens noch des Gußeisens kannte.

Der Aquädukt von Patara besteht, wie die Abbildung 29 zeigt, aus einer Mauer, die aus unregelmäßigen Steinblöcken errichtet ist und zwei Durchgänge besitzt. Die Mauerlänge beträgt 231 m, die Stärke 2,95 und die Höhe 9,6 m. Die Druckleitung befindet sich in der Mauerkrone.

Die technisch interessanteste Schöpfung der hellenischen Wasserwerksingenieure ist in Pergamon zur Ausführung gekommen, ein Werk, welches als die hervorragendste technische

Leistung auf diesem Gebiete im Altertum bezeichnet werden muß. Pergamon liegt in Kleinasien, etwa drei Meilen vom Meere entfernt auf und am Fuße eines felsigen Vorsprunges. Die Stadt ist durch die Ergebnisse der Ausgrabung eines Humann besonders in den Vordergrund getreten.

Der Attalide, Eumenes II., König von Pergamon (197—159 v. Chr.), gilt als derjenige, welcher die Stadt im weitgehendsten Maße Umgestaltungen unterzog und die Ober- und Unterstadt zu einem einheitlichen Ganzen zusammenfaßte.

Die aufgeworfene Frage, ob man sich während der Herrschaft der Attaliden, als sich die befestigte Ansiedlung noch auf den Berg beschränkte und der Markt, das Theater und die

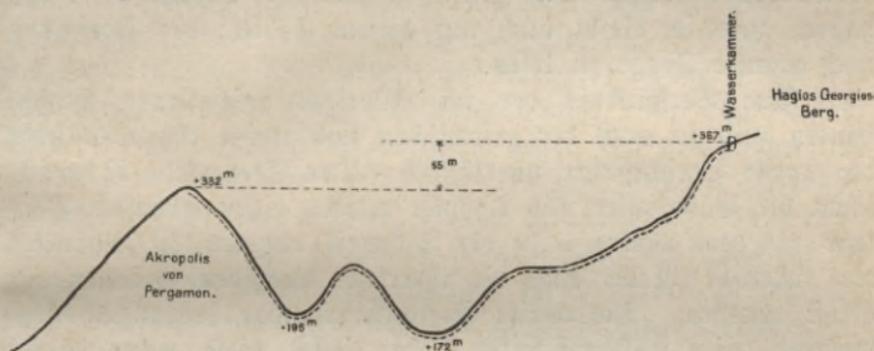


Abb. 30. Druckleitung von Pergamon.

königliche Wohnung die höchsten Teile des Stadtberges einnahmen, wohl mit der primitiven Wasserversorgung durch Zisternen oder wohl gar mit dem Herbeitragen des Wassers begnügt habe, hat zu eingehenden Untersuchungen geführt, welche interessante Ergebnisse lieferten. Nach dem gewonnenen Resultat ist mit Sicherheit anzunehmen, daß tatsächlich zur Versorgung der hoch gelegenen Teile eine Druckleitung zur Ausführung gekommen ist. Der höchst gelegene, mit Wasser zu versorgende Punkt hat eine Höhe von 332 m über dem Meeresspiegel (Abb. 30).

Um diese Höhe mit Wasser erreichen zu können, mußte eine Leitung aus weiter Ferne hergestellt werden, die an einem Punkte begann, dessen Höhenlage noch bedeutender war, als die Höhe von + 332 m. Man hat auf dem Hagios Georgios Berg in einer Höhe von + 367 m und in einer Entfernung von etwa 3,3 km von der Burg Pergamon eine

Wasserkammer aufgefunden. Dieser Wasserkammer floß das Wasser durch eine dreifache Tonrohrleitung zu, die aus einer Entfernung von 60 km kam. Bei der Höhenlage der Wasserkammer von + 367 m stand somit eine ausnuzhbare Druckhöhe von 35 m zur Verfügung. Zwischen diesem Punkt und der Burg lagen zwei Einsattlungen mit einer Höhenlage von + 172 m, resp. + 195 m. Hieraus ergibt sich, daß die Hochdruckleitung, von welcher man einzelne Punkte aufgefunden hat, einem Druck von $367 - 172 = 195$ m und $367 - 195 = 172$ m, also einem Druck von 17 — 20 Atm ausgesetzt war. Bisher hat nicht festgestellt werden können, ob die zur Druckleitung verwandten Röhren aus Stein, Blei oder Bronze bestanden haben, und so bleibt auch auf diesem Gebiete der Forschung noch manche Frage zu lösen.

Zum Verständnis der im Altertum geschaffenen Hafengebauten und so auch der griechischen sind einige Angaben über die antike Seeschifffahrt unerläßlich. Der Seeverkehr ist uralt, schon die Babylonier und Ägypter trieben einen lebhaften Verkehr auf dem Meere. In der Folgezeit nahmen die Phöniker die führende Rolle ein, die ihrerseits von den Griechen abgelöst wurden. Die antike Seeschifffahrt war bekanntlich vorwiegend eine Küstenschifffahrt, aber selbst diese ruhte häufig während der rauhen und stürmischen Zeit. Die Schiffe wurden alsdann auf das Land gezogen, was bei der Kleinheit derselben angängig war. Ein Docken der Schiffe im heutigen Sinne kannte man nicht. In den griechischen Häfen, besonders in den Kriegshäfen im Piraeus war eine große Anzahl von Schiffschuppen zur Aufnahme der Fahrzeuge vorhanden. Jeder der Schuppen nahm ein außer Dienst gestelltes Schiff auf. Die Schiffe wurden mittels Flaschenzügen und untergelegten Walzen auf das Trockene geschleppt und in die Schuppen gebracht und hierdurch gegen den Einfluß der Sonne, des Regens, des Bohrwurms und gegen das Bewachsen geschützt.

Frühzeitig schlossen einzelne Völker Handelsverträge miteinander ab und demgemäß war in einzelnen Häfen (Emporien) der Seehandel mit fremden Nationen und die Einfuhr ausländischen Handelswaren gestattet. Zur Blütezeit Athens war beispielsweise der Piraeus das Emporium von Attika und der einzige Hafen dieses Landes, in dem fremdes Getreide eingeführt werden durfte.

In ihrer ersten Entwicklung stellte die Seeschifffahrt erklärlicherweise geringe Ansprüche an die für sie am Lande zu treffenden Anlagen. Anfangs gingen dieselben kaum über diejenigen hinaus, welche heute für Schifferboote beansprucht werden. Nach und nach steigerten sich diese Ansprüche bedeutend und es entstanden Hafenanlagen von ansehnlicher Größe. Gegen die gewaltigen modernen Seehafenbauten nehmen sich allerdings selbst die größten im Altertum geschaffenen Anlagen dieser Art gleichsam wie ein Kinderspielzeug aus. Die Abmessungen der Hafenbecken konnten schon aus Rücksicht auf die bedeutend kleineren Abmessungen der Schiffe, namentlich auch hinsichtlich deren Tiefgang, klein gehalten werden. Der moderne Seeverkehr hat zudem einen Umfang angenommen, der alle früheren diesbezüglichen Verhältnisse bei weitem überflügelt hat und mit Recht konnte Bastian (Geographische und ethnologische Bilder) sagen: „Vergleicht man die Häfen des griechischen und phönizischen Altertums mit denen unserer jetzigen Handelsmetropolen, Sidon, Tyrus, Athen mit Sidney, St. Francisco, Bombay, so erscheinen sie als Puppenspielzeug für die Kindheit der Geschichte, in richtigen Proportionen zu den Dimensionen des damaligen und des gegenwärtigen Verkehrs.“

Bei der großen Bedeutung des Windes für die antike Schifffahrt ist es erklärlich, daß auf das Vorhandensein von Ein- und Ausfahrten nach verschiedenen, möglichst entgegengesetzten Richtungen in vielen Fällen großer Wert gelegt wurde und daß die in dieser Weise ausgestatteten Häfen sich bei den antiken Seefahrern eines besonders guten Rufes erfreuten.

Die von den Griechen geschaffenen Hafenanbauten müssen zum Teil als sehr bedeutende Schöpfungen bezeichnet werden, ihre Zahl ist eine sehr große. Außer den schon auf S. 61 genannten Hafenanlagen seien ferner erwähnt die Hafenanbauten von Cyzikus, Heraklea, Sinope, Trapezus, Syrakus, Apollonia (der Hafen von Kyrene), Naxos, Karystos, Thera, Eleusis, Anthedon, Eretria, Mytilene, Gressos, Antissa.

Während an zahlreichen Orten durch Benutzung von natürlichen Klippenreihen, die durch Steinblöcke eine zusammenhängende Form erhielten, leicht ein abgeschlossener und geschützter Hafen hergestellt werden konnte, galt es an anderen Orten große Schwierigkeiten zu überwinden, die in allen Fällen

vollständig zu besiegen allerdings außerhalb der Macht der antiken Ingenieure lag. In dieser Beziehung ist z. B. auf die Hafengebauten von Ephesos zu verweisen, wo sich alle Bemühungen, die alten Wasserbauten dem Verkehr zu erhalten, dem immer mehr anwachsenden Alluvium gegenüber als aussichtslos erwiesen. Eine sehr wesentliche Sache, die Fundierung der Seebauten, hat im Altertum bereits große Fortschritte gemacht. Neben den meistens zur Verwendung gekommenen Steinschüttungen kamen Betonierungen und später auch Senkkasten von verschiedenen Formen zur Verwendung.

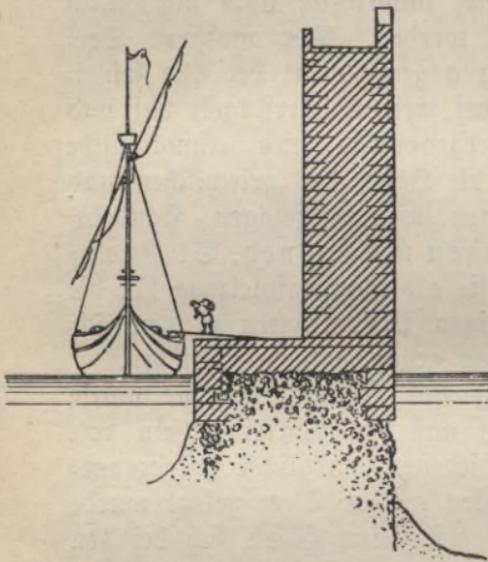


Abb. 31.

Querschnitt der Hafennole von Mithlene.

Die Konstruktion griechischer Molen hat Koldewey (Die antiken Baureste der Insel Lesbos) an den Überresten von Mithlene genauer untersucht (Abb. 31). Die Stadtmauer war auf dem Hafendamm fortgesetzt, der eine große Stärke besaß. Die Mauer stieg an der Außenseite des Dammes sehr hoch, an ihrem Fuße verblieb ein Bodest von 3,6 bis 4,7 m Breite für den Verkehr der anlegenden Schiffe. Die Dämme sind auf dem Meeresstrand aufgesetzt und bestehen in ihrem unteren Teil aus einem Gemisch von Mörtel, Sand und kleinen Steinen, d. h.

Beton. Im oberen Teil sind drei Quaderschichten vorhanden, die jetzt zum Teil unterspült sind. Die Herstellung dürfte nach Koldewey in der Weise erfolgt sein, daß der Beton innerhalb zweier aus Rammpfählen bestehender und miteinander verankerter Wände eingebracht wurde. Zur Erreichung einer Wasserbeständigkeit ist dem Mörtel, der aus reinem Kalk bestand, wahrscheinlich Öl beigemischt worden. Die im oberen Teil befindlichen Blöcke sind ohne Mörtelbettung verlegt.

Die bedeutendsten Hafennolen von allen griechischen Städten besaß Samos. Von den Hafendämmen dieser Stadt hatte

einer eine Länge von mehr als 2 Stadien (ca. 350 m) und eine Höhe von 20 Klaftern (= 35 m). Das letztere Maß ist von Herodot angegeben. Nach neueren Untersuchungen ist diese Maßangabe eher zu klein als zu groß. Diese Tiefe ist eine so große, daß sie selbst nur von wenigen der modernen Anlagen dieser Art erreicht wird.

Wie bereits oben erwähnt worden ist, kamen in den Kolonien früher als in dem Mutterlande umfangreiche Hafengebauten zur Ausführung. Neben Samos und Ephesos sind besonders Rhodos, Knidos sowie Syrakus zu nennen.

Die weltberühmten Häfen von Rhodus lagen auf der Ostseite der Insel. Der nördliche Hafen war der kleine, der südliche der große Hafen. Gegen Osten waren die Becken durch Molen geschützt, deren Reste im Mittelalter bei den Bauten der Ritter des heiligen Johannes Verwendung fanden. Die Rhodier verwandten auf die Unterhaltung ihrer Hafen- und Werftanlagen große Sorgfalt und Kosten. Rhodos hatte wie andere berühmte Seestädte, z. B. Chzikus und Massilia, besondere Baumeister, welchen die Leitung und Aufsicht über die Hafengebauten, Zeughäuser usw. übertragen war. Die Bezahlung dieser Baumeister erfolgte seitens des Staates. Wie in Karthago und einigen anderen Orten, so war auch in Rhodos das unbefugte Betreten einzelner Stellen der Hafenanlagen bei Todesstrafe untersagt.

Die oft angeführte Erzählung von dem Koloß von Rhodos, der mit gespreizten Beinen über der Hafeneinfahrt gestanden haben soll und unter welchem die Schiffe hindurchgefahren seien, muß in dieser Form in das Reich der Fabel verwiesen werden. Der Koloß stand neben der Einfahrt.

Knidos gehörte zu dem Fünfstädtebund. Die der Stadt vorgelagerte Insel wurde, in ähnlicher Weise wie solches später in Alexandria geschah, durch Bauwerke mit dem Festlande in Verbindung gesetzt. Zwischen Insel und Stadt lagen die beiden Hafenbecken. Von den Hafenanlagen sind umfangreiche Trümmer erhalten, die gleichfalls zeigen, welche mächtigen Bauten die Griechen bei der Anlage derartiger Werke geschaffen haben. Die Quadern der Mole von Amisos weisen beispielsweise eine Länge von 6 m, eine Breite von 2 m und eine Stärke von etwa $\frac{1}{2}$ m auf. In dem Trennungsdamm zwischen den Hafenbecken von Knidos sind die Spuren eines einst

vorhanden gewesenen Verbindungskanals erkennbar, der nach Texiers Ansicht geschlossen werden konnte. (Description de l'Asie Mineure, Bd. I.)

Die einzelnen Punkte der alten Hafenbauten von Syrakus haben bisher noch immer nicht mit Sicherheit festgestellt werden können, so daß man hier stark auf Vermutungen angewiesen ist.

Die Beschreibung der Hafenanlagen im Piräus gibt eine passende Gelegenheit auf einzelne weitere Punkte des antiken griechischen Hafenbaues näher einzugehen.

Bis zum 5. Jahrhundert v. Chr. war die phalerische Bucht, der Phaleron, der Schiffs-Liegeplatz von Athen (Abb. 32). Die von Themistokles in Angriff genommenen Hafenanlagen im Piräus wurden unter Perikles weiter ausgebaut, sie wurden vollständig von Befestigungsanlagen umgeben. In den Jahren 460—456 wurden die oft genannten langen Mauern erbaut, durch welche die Verbindung des Piräus mit Athen und zwischen dem Phaleron und der Stadt hergestellt wurde.

Der Piräus, ein vielfach eingeschnittenes felsiges, Gelände, besaß drei von der Natur begünstigte Buchten, die sich zur Ausbildung von Hafenbecken gut eigneten. Im Westen entstand der Haupthafen, auf der Ostseite lagen die Häfen Zea und Munychia. Durch Dämme wurde die Einfahrt des Haupthafens noch weiter eingeengt, als es durch die Halbinsel Ektioneia schon ohnehin von Natur geschah. Zwei Leuchtsäulen ermöglichten auch bei Nacht ein sicheres Einfahren.

Der Haupthafen diente in erster Linie als Handelshafen, nur ein kleiner Teil wurde als Kriegshafen benutzt. An dem Handelshafen lagen fünf Hallen, von denen eine die Warenbörse, das Deigma, enthielt. Mit Ausnahme der an der Nordseite des Hafens erbauten Hallen lagen dieselben innerhalb des zur Kontrolle der Wareneinfuhr abgegrenzten Gebiets, des Emporiums, dessen Gebiet durch viereckige Grenzsteine abgegrenzt war.

In dem Deigma stellten die Kaufleute ihre Warenproben aus, hier wurden die Börsengeschäfte und die Verträge über Darlehen, Versicherungen und Pfandbestellungen eines Schiffes abgeschlossen.

Die Zugänge der beiden Kriegshäfen waren wie die Einfahrt des Haupthafens befestigt und wurden in Kriegszeiten in der üblichen Weise durch Ketten oder starke, geteerte Taue gesperrt.

Das Gebäude war von den beiden Schmalseiten aus zugänglich. Im Inneren des mit einem Triglyphenfries geschmückte Arsenal befand sich ein Mittelschiff von 20' Breite, das zwei Reihen von je 35 ionischen Steinsäulen aufwies; neben demselben waren zwei Seitenschiffe angeordnet, die zur Aufbewahrung der Schiffsgeräte dienten. Die Seitenschiffe waren in zwei Geschosse geteilt. In dem Erdgeschoß befanden sich große Schränke, welche zur Aufnahme der Segel und anderer Gegenstände aus Zeug dienten, während im oberen Geschoß die Tauen und das Takelwerk in offenen Gestellen gelagert waren.

In dem Mynchiahafen befand sich ebenfalls Helgen an Helgen. Sie bestanden aus bearbeiteten, wahrscheinlich mit Holz bekleideten Steinblöcken. Die Neigung der Helgen war etwa 1:9, somit größer als die Neigung moderner Helgen.

Von den unter griechischem Einfluß geschaffenen Hafenanlagen sind an erster Stelle zu nennen die Häfen von Alexandria (Abb. 33) und Seleukia Pieria, das Emporium von Antiochia.

An der Stelle, an welcher Alexandria entstand, war an der Küste die Insel Pharos vorgelagert. Diese wurde durch einen Damm, dem Heptastadium, von 1300 m Länge mit dem Festlande verbunden und hierdurch entstanden zu beiden Seiten derselben der große Hafen und der Hafen Eunostus (Hafen der glücklichen Heimkehr). Zur Verbindung dieser beiden Häfen dienten zwei überbrückte Öffnungen in dem Damm. Sichere Angaben über die Beschaffenheit des Dammes und der Brücken sind nicht vorhanden, nicht einmal die genaue Lage des Dammes ist nachzuweisen. Die Schwierigkeit der Einfahrt in den großen Hafen bei ungünstigem Wind ward durch die hier vorhandenen, nicht sichtbaren Felsklippen vermehrt, und war die Ursache der Erbauung des oftgenannten Leuchtturms von Alexandria. Der Turm wurde um das Jahr 280 v. Chr. vollendet. Er war aus weißem Marmor errichtet, seine Höhe wird zu 110 m angegeben. Dieses Bauwunder stand viele Jahrhunderte, hatte jedoch durch Erdbeben stark zu leiden, namentlich dasjenige des Jahres 1303 scheint den Turm schwer geschädigt zu haben, so daß derselbe rasch seinem gänzlichen Untergang entgegenging.

Der Erbauer des Leuchtturms war der Architekt Sostratus, dem es gestattet wurde, die nachstehende Inschrift an dem Turm anzubringen: „Sostratus der Knider, Sohn des Dexiphanes, den erhaltenden Göttern, für die Seefahrer.“ Neuerdings hat Prof. Adler (Zeitschrift für Bauwesen 1901) den Versuch gemacht auf Grund des literarischen Materials usw. den Leuchtturm im Bilde aufs neue entstehen zu lassen. Die Abb. 34 gibt Adlers Darstellung wieder.

Der Hafen von Seleukia Pieria legt von dem technischen Können der griechischen Ingenieure ein besonders glänzendes Zeugnis ab. Sie verstanden es, an dieser Stelle ungünstige Naturverhältnisse in geschickter Weise umzugestalten und sich nutzbar zu machen. So verwandten sie die an und für sich verhängnisvollen Gebirgsbäche zur Spülung der Hafensassins, wie denn überhaupt sich die Griechen durch außerordentlichen Scharfsinn in der Benutzung irgend welcher von der Natur gebotener Verhältnisse auszeichneten.

Zum Schluß möge das Verwaltungswesen der Griechen, soweit es sich auf das Bauwesen bezog, kurz gestreift werden.

Für die Bauanlagen, wie Mauerbau, Straßenbau, die Werften, den Schiffsbau, waren in Griechenland besondere Behörden eingesetzt, die teils für ein Jahr, teils als Kommissionen für kürzere Zeit ernannt wurden. Diese Behörden hatten besondere, von den Schatzmeistern der Verwaltung abhängige Kassierer. Jeder einzelnen Bauunternehmung standen Epistaten vor, welchen staatliche Baumeister beigegeben waren. Im allgemeinen dürften somit die Vorsteher der Baubehörden keine Architekten oder Ingenieure gewesen, sondern anderen Kreisen entnommen worden sein. So war der berühmte Redner Demosthenes um die Zeit der Schlacht von Chaeronea (338 v. Chr.) Vorsteher des Mauerbaues. In der Regel wurde die Ausführung der Arbeit Unternehmern übertragen. Die Verdingung geschah durch die Poleten (Verpächter der Staatsgefälle) in Verbindung mit dem Vorsteher der Verwaltung und jedenfalls wohl unter Mitwirkung der Bauvorsteher. Der Staat lieferte bisweilen einen Teil der Materialien. Auch Arbeiten in Regie kamen vor, wie auch einzelne kleine Stücke an Künstler und Handwerker in Akford vergeben oder durch diese im Tagelohn hergestellt wurden. Soweit die Arbeiten durch Volksbeschluß in Akford vergeben wurden, geschah solches unter Ver-

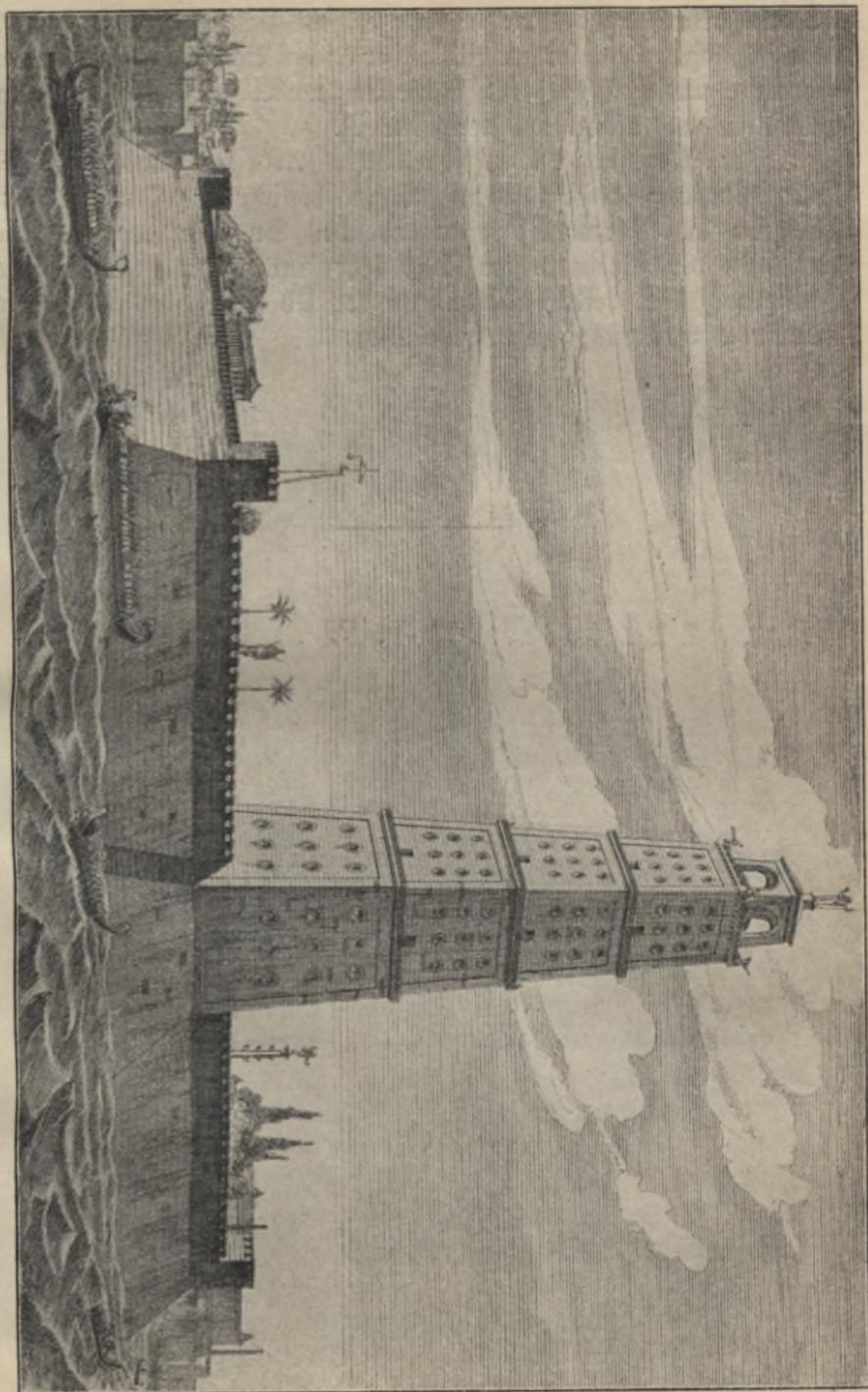


Abb. 34. Leuchtturm von Alexandria (nach Prof. Röler).

trägen, welche, ganz wie heutzutage, jede Einzelheit der Arbeit oder Anlage, Bestimmungen über die Baustoffe, über die Garantie und Zahlungsart enthielten, wobei die Vorschrift von Conventionalstrafen nicht vergessen ist.

Vor Abnahme der fertiggestellten Arbeiten fand eine genaue Prüfung durch eigens hierzu bestimmte Männer statt. Die für die Bauwerke aufzuwendenden Summen waren, wie dieses in den Verhältnissen lag, sehr unbestimmt. Wenn die Herstellung nicht eilte, dürfte nur der Überschuß der Einkünfte hierfür Verwendung gefunden haben.

V. Kapitel.

Der Städtebau im Altertum.

Bei Erwähnung der antiken Städte steigen im Geiste unwillkürlich Bilder von unermeslichem Glanz und Herrlichkeit empor, wie die mächtigen Mauern und Paläste von Babylon, die Akropolis von Athen, das Forum Trajana in Rom. Nicht diese Herrlichkeiten sind es, die in den nachstehenden Ausführungen näher beschrieben werden sollen, sondern diese Angaben beziehen sich in der Hauptsache auf die technische Ausgestaltung der Städte des Altertums.

Fast zu allen Zeiten sind die Städte für die Kultur-entwicklung von großer Bedeutung gewesen, ihre erste Entstehung, d. h. die Zusammenziehung der zerstreut Wohnenden zum Zwecke des gemeinsamen Wohnens war eine sehr bedeutungsvolle That, mit welcher die Sage die größten Namen der Vorzeit in Verbindung gebracht hat, so Theseus in Griechenland und Menes in Ägypten.

Die bis jetzt bekannten ältesten Städte lagen erklärlicherweise in Babylonien und Ägypten. Diese Städte wurden in dem ebenen Lande angelegt, ihre Anlage erfolgte in regelmäßiger Weise mit rechtwinklig sich schneidenden Straßen. Die natürlichen Verhältnisse legten weder in Babylonien noch in Ägypten der strikten Durchführung eines regelmäßigen Straßennetzes Hindernisse in den Weg. Man bezeichnet diese Städte als willkürlich geschaffene Anlagen, deren Form und Gestaltung nicht durch das von ihnen eingenommene ebene Terrain beeinflusst wurde. Ihre Entstehung war auch insofern eine willkürliche, als diese Städte auf das Geheiß mächtiger Fürsten erstanden, und die Einwohnerschaft die Städte auf Befehl bezog, wie es auch nichts Seltenes war, daß die Städte auf Befehl aufgegeben wurden. Namentlich in Ägypten baute fast jeder

neue Herrscher eine neue Stadt und verlassene Städte waren hier in großer Zahl anzutreffen, verschwanden aber bald von der Oberfläche, infolge der leichten Bauart ihrer Häuser.

Die großen Städte Asiens waren durch die Niederlassung erobernder nomadischer Völker entstanden, die in den eingenommenen Ländern ihren Wohnsitz aufschlugen und von ihrer wandernden Lebensart zu einer festeren und ruhigeren übergingen. Diese Veränderung geschah gewöhnlich in der Weise, daß das Hoflager der Anführer neben den Mauern der schon vorhandenen Hauptstädte aufgeschlagen wurde; und aus diesen Hoflagern entstanden dann neue Städte, zu deren Erbauung die besiegten Nationen gebraucht wurden und welche die alten an Umfang und Regelmäßigkeit übertrafen. Die Form des Lagers ward auf die neue Stadt übertragen, daher die viereckige Gestalt und die schnurgeraden, sich einander durchschneidenden Straßen. (Heeren, Ideen über die Politik, den Verkehr und den Handel der vornehmsten Völker der alten Welt. Erster Teil 2. Abt. S. 155. Göttingen 1824.)

Die Städte Persiens und Mediens wiesen in ihrem Aussehen zum Teil eine große Ähnlichkeit mit den mesopotamischen Städten auf.

Eine andere Bodengestaltung wie die vorstehend genannten Länder weisen sowohl Syrien wie Kleinasien auf, beide Landstriche sind reich an Bodenerhebungen, und diese bergige Beschaffenheit machte sich bei der Entstehung der Städte in einflußreicher Weise geltend. Hier entstanden die ersten Städte, bei welchen der Schutz, der bei den Städten in der Ebene durch künstliche Anlagen, Festungsmauern und Gräben hatte geschaffen werden müssen, zu einem wesentlichen Teil von der Natur selbst dargeboten wurde. Der städtische Festungsbau hat von den frühesten Zeiten an eine sehr wichtige Rolle gespielt, doch kann auf diesen interessanten Gegenstand nicht näher eingegangen werden.

Die natürliche Beschaffenheit des bergigen Terrains mußte notgedrungen eine weniger einheitliche Gestaltung des Stadtplans bewirken, die Stadtbildung war in weitreichendem Maße ein Ergebnis der Lage des Orts, die natürlichen Verhältnisse konnten nicht unbegrenzt in willkürlicher Weise umgeformt werden. Diese Städte wiesen somit einen wesentlichen Unterschied gegen die gleichsam willkürlich geschaffenen Städte Agyptens und Mesopotamiens auf.

So lange das Schutzbedürfnis im Vordergrunde stand, wurden mit Vorliebe Bergstädte angelegt. Diese Städte trugen den Forderungen des Verkehrs dagegen wenig Rechnung, und sie mußten im Laufe der Zeit, in welcher allmählich die Verkehrstüchtigkeit eines Ortes eine wichtige und bestimmende Rolle zu spielen begann, gegen die Städte der letzteren Art zurücktreten. Der Wandlungsprozeß, der sich in dieser Beziehung im Städtebau im Laufe der Jahrhunderte vollzog, läßt sich besonders gut an Griechenland verfolgen.

Professor Hirschfeld (Die Entwicklung des Städtebaues. Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 1890) unterscheidet drei Zeitabschnitte in der Entwicklung des hellenischen Städtebaues. Im ersten Zeitabschnitt war es die Notwendigkeit des Schutzes gegen feindliche Angriffe, die für die Wahl des Ortes von ausschlaggebender Bedeutung war. In der Folgezeit machte sich die Rücksicht auf die Verkehrstüchtigkeit geltend. Der dritte Zeitabschnitt umfaßt diejenige Periode, in welcher der Städtebau seine höchste Ausbildungsstufe erreichte, war doch Griechenland dasjenige Land, in dem der Städtebau im Altertum zuerst sich zu einer Kunst erhob. In dieser dritten Periode begannen die Griechen, durch die Verhältnisse veranlaßt, Städte aus einem Guß zu schaffen, eine Anlegungsweise, die im Orient bereits in den ältesten Zeiten in Übung gewesen war.

Die ältesten Städte Griechenlands, Mykenä und Tirynth, zeigen bereits das Prinzip der festen Hochstadt und der offenen Tiefstadt. Die letztere war nur zum Teil von schwachen Ringmauern umgeben und standen hier sehr einfache und schmucklose Häuser.

Auch viele Jahrhunderte später waren die griechischen Städte noch unansehnlich, zum Teil nicht zusammenhängend gebaut, wie z. B. Sparta, das nach alter hellenischer Art aus einzelnen Dorfschaften bestand und dessen Häuser roh gezimmert waren.

Erst in dem 7. Jahrhundert v. Chr. und zwar zunächst in den griechischen Kolonien machte sich das Bedürfnis nach einer besseren Ausgestaltung der Wohnstätten geltend. Auch dieser Prozeß vollzog sich langsam, ein vollständiger Umschwung trat erst nach der Vertreibung der Perser, in der Blüteperiode Griechenlands ein. Neben der Architektur und Skulptur nahm die Städtebaukunst eine achtunggebietende Stellung ein.

Die Griechen begnügten sich nicht wie die Orientalen damit, die Städte in einer regelmäßigen Form und Gestaltung, der etwas Schablonenhaftes anhing, anzulegen, sondern infolge der eigenartigen Geistesanlage der Griechen vermochten diese durch eine sinnvolle Verteilung und ein wohlberechnetes Verhältnis der einzelnen heiligen öffentlichen und privaten Bestandteile zueinander, ein einheitliches Kunstwerk in ihren Städten zu schaffen, das seinen Ausdruck in dem hippodamischen System fand.

Curtius ist allerdings der Ansicht, daß Hippodamos nicht der Erfinder des neuen Stils, sondern nur der Übermittler der Errungenschaften der östlichen Kultur nach dem Westen war.

Für die Städtebaukunst war die Zeit Alexanders und seiner Nachfolger eine sehr günstige, stellte diese doch der Städtebaukunst Aufgaben in großer Zahl. Die dem Morgenlande nachgeahmte Form des Städtebaues wurde, nachdem dieser durch die von den Griechen erhaltene Veredelung zu einer Kunst erhoben worden war, wiederum dem Orient zugebracht, woselbst in Antiochia die Städtebaukunst ihre höchsten Triumphe feierte. Bald jedoch trat in der Folgezeit wieder das monumentale Moment in den Hintergrund und es überwog wiederum die schablonenhafte regelmäßige Form der Gestaltung.

In der letzteren Form hauptsächlich wurde der Städtebau auch von den Römern ausgeübt, deren Charakter und Sinn sich ja in besonderem Maße dem Schematischen, in starre Formen Eingeschnürten zuneigte. Die römischen Ingenieure wußten mit sicherem Blicke die Orte für ihre Stadtanlagen auszusuchen. Sie wählten mit Umsicht Orte, welche die Forderungen der Verkehrstüchtigkeit, Sicherheit und einer gesunden Lage erfüllten, in einzelnen Fällen haben sie jedoch auch die künstlerischen Forderungen voll erfüllt.

Als besonders hervorragende Beispiele der griechischen Städtebaukunst gelten die Piräusstadt, d. h. der Hafenort von Athen, und das von Alexander dem Großen gegründete Alexandrien in Ägypten. Als weitere Städte, welche nach dem Hippodamischen System angelegt waren, sind zu nennen: Rhodos, Kos, Priene.

Von den Städten, welche den Römern ihre künstlerische Ausgestaltung verdanken, sind an erster Stelle Antiochia und Palmyra hervorzuheben.

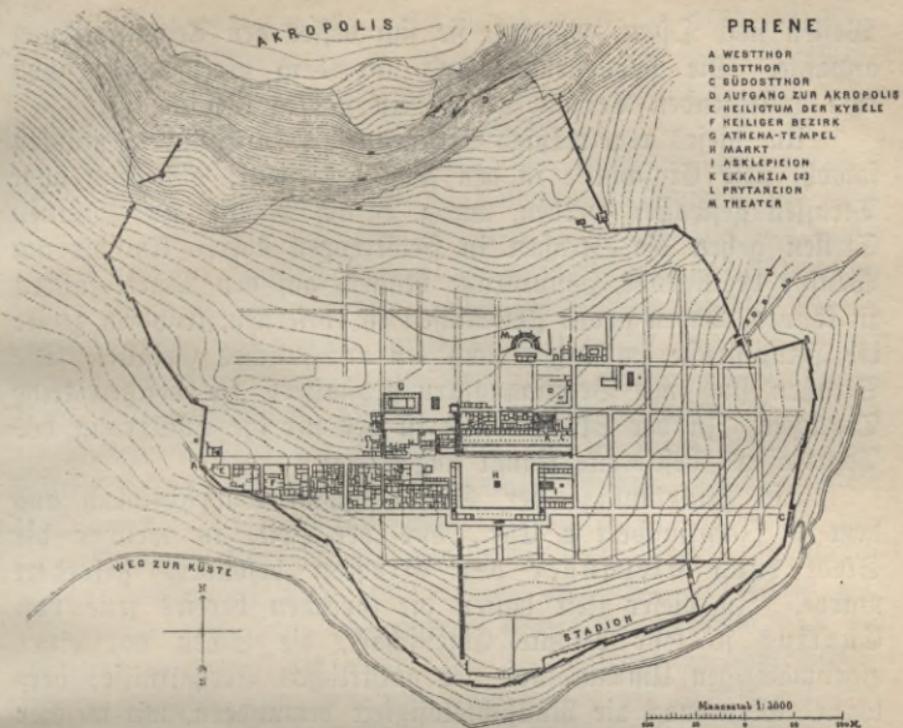


Abb. 35. Lageplan von Priene.

Bereits frühere Ausgrabungen hatten einen Einblick in das hellenische Städtebauwesen gestattet, eine Erweiterung dieser Kenntnisse ist durch die deutscherseits vorgenommene Ausgrabung der Stadt Priene in Kleinasien, in der Nähe von Samos, erfolgt. Es ist möglich gewesen, diese Stadt in ihrem Grundriß vollständig wieder aus dem Schutt entstehen zu lassen, so daß in diesem Falle den Vermutungen kein weiterer Spielraum eingeräumt zu werden braucht. Das Ergebnis dieser Ausgrabung ist der beigegefügte Stadtplan (Abb. 35). Die Stadt ist an dem Abhange eines steil ansteigenden Berges angelegt worden. Die Bergspitze trägt in der üblichen Weise die Akropolis. Die Verbindung mit der tief unter der Bergspitze liegenden Stadt war nur durch eine schwindelerregende Treppenanlage in der Felswand bewirkt worden.

Wie der Plan zeigt, besaß Priene ein System rechtwinklig sich kreuzender Straßen. Die Hauptverkehrsstraße hat eine Breite von 6 und 7 m, sie liegt in der Richtung von

Westen nach Osten, wodurch sie sich besser der Terrainbildung anpaßte. Die Nebenstraßen sind nur 4 m breit und besitzen dem ansteigenden Terrain gemäß ein starkes Gefälle.

Um dieses regelmäßige Straßennetz durchzuführen, mußten sowohl tiefe Einschnitte in den Fels hergestellt, als auch hohe Terrassen geschaffen werden, wie z. B. am Markt. An einzelnen Stellen gehen die Straßen in Felsstrecken über. Um die am Westtor beginnende Hauptstraße bequem auf den Markt führen zu können, waren große Felsmassen zu entfernen, trotzdem zeigte die Hauptstraße immerhin noch ein ansehnliches Gefälle. Die Straßen sind mit Brecciaquadern gepflastert, sie besitzen keine Trottoire. In der Straßenmitte ist der für die Abführung des Tagewassers bestimmte Kanal angeordnet.

Die Hauptanlage der Stadt stammt wahrscheinlich aus dem 3. Jahrhundert v. Chr., aus der Zeit, in welcher die Stadt durch Alexander den Großen besonders gefördert wurde. In dieser Zeit hatten die Griechen bereits jene von Curtius so sehr betonte Eigenschaft, die Scheu vor einer eigenmächtigen Umwandlung der natürlichen Verhältnisse, verloren. Man mag die Rücksichtslosigkeit bewundern, mit welcher die Griechen alle Hindernisse in Priene kühn beseitigten, welche in diesem Falle der Durchführung der Prinzipien der damaligen Städtebaukunst im Wege standen, aber man wird heute nicht mehr behaupten können, daß eine derartige Stadtanlage im hügeligen Terrain ein Kunstwerk darstellt. In dieser Beziehung dürfte die moderne Städtebaukunst, die einer wirklichen Anpassung an das Gelände das Wort redet, die höherstehende sein. Statt der unerbittlich geraden Linie würde heute bei wirklich künstlerischer Ausbildung des Stadtplanes und bei dem Vorhandensein eines Geländes, wie es in Priene vorlag, die gekrümmte, an dem Gelände ansteigende Straße als das Gegebene erachtet werden, wobei allerdings zugegeben wird, daß der Himmelsstrich, unter welchem eine Stadt liegt, eine nicht unwesentliche Rolle spielt und geeignet erscheint manches auszugleichen, was bei einem weniger bevorzugten Klima als Härte erscheint.

Der Hauptpunkt der antiken griechischen und römischen Städte war der Markt, der bei neuen Stadtanlagen nach dem von Hippodamos ausgebildeten System als Ausgangspunkt für die Festlegung des gesamten Stadtplanes, als Zentrum der

zukünftigen Stadt, diente. Der Markt hatte für jeden Griechen eine doppelte Bedeutung, er war der Platz der Volksversammlung und der Kaufplatz, er war daher das wichtigste und erste praktische Bedürfnis einer Stadtanlage.

Der Markt sollte, gleichwie das Theater, die gesamte Bürgerschaft aufnehmen können. Zehntausend Bürger galt eine Zeitlang als eine normale Zahl, deren wesentliche Überschreitung zum Ausziehen eines Teiles der Bevölkerung und zur Gründung neuer Gemeinwesen führte. Die griechischen Staaten waren Stadtstaaten und hierauf ist es zurückzuführen, daß griechische Großstädte erst später — und zwar im Orient — und erst zu einer Zeit entstanden, als die Griechen nicht mehr die Träger ihrer eigenen Geschichte, sondern nur die Überbringer und Vermittler der griechischen Kultur geworden waren. Das nationale Hellenentum hat keine Großstädte geschaffen.

Anfangs war erklärlicherweise die Einrichtung eines städtischen Marktplatzes eine sehr einfache gewesen, der Raum war abgegrenzt und zum bequemeren Gebrauche geebnet und gepflastert worden. Im Laufe der Zeit wurden an ihm Heiligtümer errichtet und nach und nach wurde der Markt ein Ort, an dem sich eine reiche Bautätigkeit entfaltete.

Der Markt wurde mit Hallen umgeben, die den Bürgern Schutz gegen Sonne und Regen gewährten, er wurde mit Statuen von Gesetzgebern und Feldherren geziert. Anstatt der unregelmäßigen Form der Märkte der älteren Städte erhielten neuere Städte, namentlich wenn hierbei Jonier beteiligt waren, eine regelmäßige rechteckige oder quadratische Form. Diese jonischen Märkte waren ringsum von Säulenhallen umgeben und diese Stätten waren häufig der Glanzpunkt der Stadt. Es braucht an dieser Stelle nur an das Forum des Kaisers Trajan in Rom erinnert zu werden.

Neben dem Markt, dem Sammelpunkt des Volks, entstanden in größeren Städten besondere Marktplätze für den Handel, die in den Seestädten, wie z. B. in der Piräusstadt und in Alexandrien in der Nähe des Hafens lagen.

Über städtische Plätze mit Grünanlagen finden sich im allgemeinen wenig bestimmte Nachrichten. Es scheint, als ob hauptsächlich berühmte Tempelstätten der Mittelpunkt großer Parkanlagen gewesen seien. Auch über den Baumschmuck der Straßen ist wenig bekannt. Früher glaubte man annehmen zu

können, daß in Alexandrien einzelne Straßen Baumreihen besaßen, doch scheint diese Annahme nach den neuesten Forschungen hinfällig zu sein.

In ausgedehnter Weise wurden im Altertum Säulen in verschiedener Form auch zur Ausschmückung der Straßen benutzt und derartige Bildsäulen- und Säulenstraßen gehörten zu den Glanzpunkten einer größeren Anzahl antiker Städte.

Von den ägyptischen Städten war es die Hauptstadt Theben, in welcher sich von dem Luxortempel ein zwei Kilometer langer Dammweg nach dem bei dem jetzigen Dorfe Karnak befindlichen Tempel erstreckte, welcher in reicher Weise durch Bildsäulen geschmückt war. Rechts und links war diese Straße, welche allerdings keinen städtischen Charakter hatte, von überlebensgroßen, granitenen Widdern eingefasst. Von der Hauptstraße zweigte nach Osten eine Allee ab, die ebenfalls mit Widdern geschmückt war und nach einem heiligen Bezirk führte.

In der auf dem anderen Ufer des Nils Karnak gegenüberliegenden Totenstadt, führte eine Sphingallee nach dem von der Königin Hatschepsowet erbauten Heiligtum.

Prachtstraßen rein städtischen Charakters wiesen sowohl griechische wie hauptsächlich römische Städte auf. An erster Stelle sind Antiochia und Palmyra zu nennen. Insbesondere waren derartige Säulenstraßen fast allen großen Städten der Syrer eigen, auch die von Herodes dem Großen gegründeten oder ausgebauten Städte: Cäsarea, Sebastije und Jericho besaßen solche Straßen, wie sie sich auch in Kleinasien in Pergamon, Soli und Ephesos fanden.

In Antiochia durchzog eine Säulenstraße die gesamte Stadt in einer Länge von etwa 1000 m. Eine zweite kürzere Säulenstraße schnitt die erstere rechtwinklig.

Die Hauptsäulenstraße Palmyras (Abb. 36) ging ebenfalls durch die Mitte der Stadt, die Säulen standen in vier Reihen (Abb. 37). Die Straße erstreckte sich durch die Ebene vom großen Sonnentempel durch die Basare der Handelsstadt bis an den Fuß der westlichen Bergeshöhe. Die Anzahl der Säulen dürfte im ganzen 7180 betragen haben und die Länge der Hauptsäulenstraße dürfte doppelt so groß gewesen sein, wie die der betreffenden Straße von Antiochia.

Wiesen auch einzelne Straßen und Plätze in der Tat eine außergewöhnliche Pracht und Herrlichkeit auf, so muß doch ge-

sagt werden, daß im allgemeinen im Altertum keineswegs die Beschaffenheit der Straßen die Vollkommenheit erreichte, wie sie vielen Straßen der modernen Großstädte eigen ist. Die Nachteile vollständig unbefestigter Straßen für den Verkehr mußten sich bei der zunehmenden Größe einer Ansiedelung ohne weiteres stark bemerkbar machen und die Menschen zu einer Abhilfe anregen. Wir wissen denn auch, daß schon in sehr alten Städten eine teilweise Befestigung der Verkehrswege durchgeführt war. So hat man in Ägypten die Spuren ehemaliger Pflasterungen u. a. in Theben und Heliopolis gefunden. Auch die Babylonier kannten bereits die Verwendung von Steinmaterial zur Befestigung der Verkehrswege. Die Pflasterung war in den antiken Städten jedoch durchgängig eine sehr mangelhafte, in vielen Straßen fehlte sie ganz. So beschränkte sich in vielen griechischen Städten die Befestigung der Straßendecke auf die Hauptstraßen, die Nebenwege waren bei schlechter Witterung, welche ja allerdings weit seltener ist wie im Norden, kaum zu passieren. In Athen, welche Stadt eigentlich zu keiner Zeit eine wirklich schöne Stadt gewesen ist, und von welcher um das Jahr 504 v. Chr. berichtet wird, daß sie eng, schmutzig und unansehnlich gewesen sei, gab es zahlreiche Straßen, die nur mit Gerölle befestigt waren. Einen vorteilhaften Ruf genoß hinsichtlich der Pflasterverhältnisse die Stadt Smyrna. Man hatte jedoch bei Herstellung der Pflasterarbeiten die Entwässerung der Straßenflächen ganz übersehen und man schließt hieraus, daß die Kenntnis der Pflastertechnik zu jener Zeit noch wenig verbreitet und ausgebildet war.

Die Scheidung zwischen Fahrstraßen und Gehwegen kannte das Altertum bereits. So haben neuere Ausgrabungen in Korinth alte Straßenanlagen an das Tageslicht gefördert, die gepflastert und an beiden Seiten mit Trottoiren versehen waren. Auch in Alexandrien bestand eine derartige Teilung. Über die einstigen Pflasterverhältnisse dieser Stadt sind wir durch die neueren Forschungen von Professor Roack genauer unterrichtet. (Ferdinand Roack, Neuere Untersuchungen in Alexandrien. Mittl. d. Kaiserl. deutschen archäologischen Instituts. Athenische Abt. 1900, Bd. XXV.)

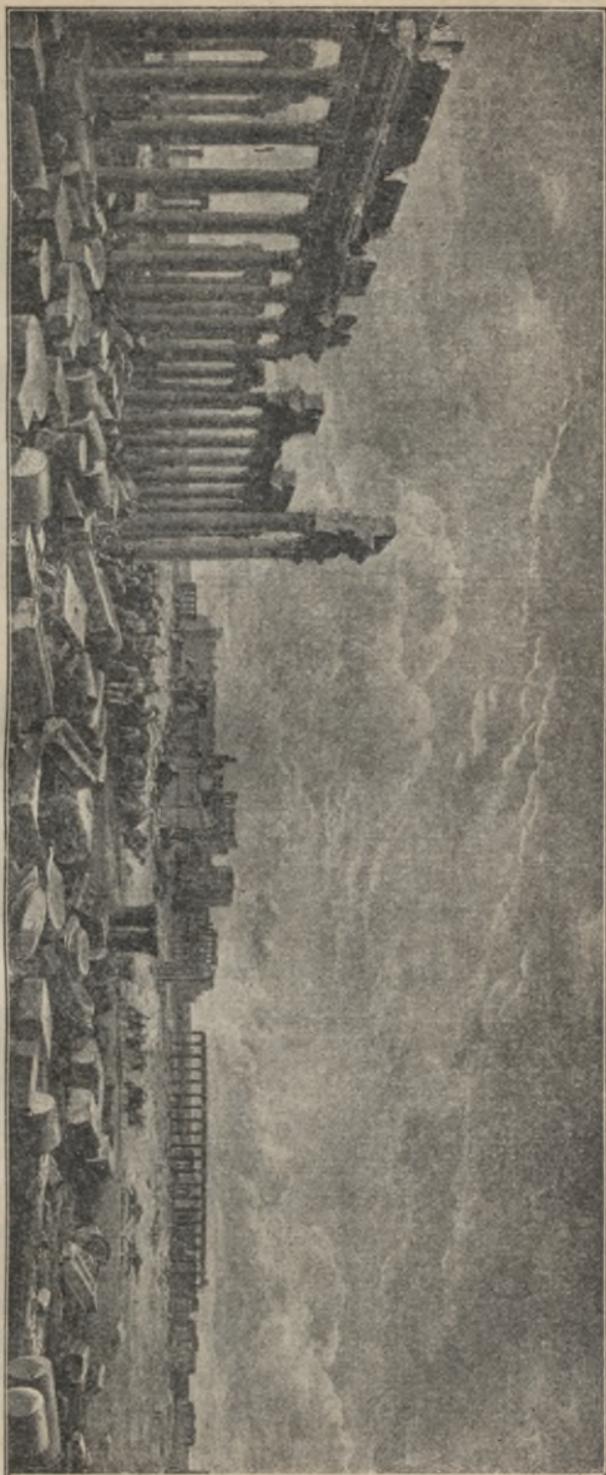
Bereits frühere Aufgrabungen, so namentlich diejenigen von Mahmud Beg, hatten in Alexandrien antike Pflasterungen aufgedeckt. Die Breite des Pflasters sollte bis zu 14 m



Abb. 86. Lageplan von Palmyra.

betragen haben und der Fahrdamm nach der Mitte hin etwas gewölbt gewesen sein. Das Pflaster bestand hiernach aus 20 cm und 30—50 cm breiten, schwärzlichen u. grauen Granitblöcken, die auf einer Unterlage aus kleinen Bruchstücken ruhten, welche durch Mörtel miteinander verbunden waren. Nach Noack's neueren Aufgrabungen darf man hierbei jedoch nicht an irgendwie regelmäßig behauene Pflastersteine, am wenigsten aber an einen regelmäßigen Plattenbelag denken. Die Blöcke sind vielmehr ganz unregelmäßig behauen, an der Oberfläche allerdings einigermaßen geglättet.

Abb. 87. Überreste der Säulenstraße von Palmyra.



Das Pflaster ist somit nicht eben und die Steine liegen nicht überall dicht nebeneinander wie bei den modernen Pflasterungen. Auch die Steinstärke variiert sehr, die Ungleichheit wurde dadurch ausgeglichen, daß das Pflaster in einer Art von Beton eingebettet war. Die Pflasterbreite betrug in Wirklichkeit im allgemeinen wohl kaum mehr als 6–7 m. Einzelne Straßen waren nur makadamisiert. Noack ist der Ansicht, daß die aufgefundenen Befestigungen der Straßenoberflächen wohl aus der römischen Zeit stammt, aus welcher wir eine große Anzahl Städte kennen, über deren Pflasterungsverhältnisse genaue Angaben vorliegen.

In Rom hatte das Pflasterwesen erst in späterer Zeit einen besonderen Aufschwung genommen und zwar erst etwa 200 v. Chr., als infolge siegreicher Feldzüge große Schätze Rom zuströmten, die den Anstoß zur Inangriffnahme umfangreicher Bauausführungen, wie Pflasterungen und Kanalbauten gaben. Nach Mommsens Ansicht war jedoch selbst um die Mitte des 1. Jahrhunderts v. Chr. die Pflasterung Roms durchaus noch nicht vollständig durchgeführt und namentlich gehörten in den Vorstädten gepflasterte Straßen noch immer zu den Ausnahmen. Pompeji (Abb. 38) gewährt wie nach so vielen Richtungen hin auch einen guten Einblick in den römischen städtischen Straßenbau. Die Pflasterung war hier fast ganz durchgeführt, zur Zeit der bekannten Katastrophe war man damit beschäftigt gewesen, die Pflasterung einer Straße auszuführen, man hatte die Arbeit von beiden Enden her begonnen. Das Pflaster besteht aus großen Lavablöcken, die sorgfältig verlegt sind. Der Fahrdamm war meistens flach gewölbt, so daß das Wasser an den Randsteinen zusammenfloß. Das Wasser floß durch Abzugsöffnungen ab, die an vielen Stellen noch erhalten sind. Von fast jedem Hause ging hier ein Abfluß auf die Straße, so daß der Fahrdamm häufig naß gewesen sein wird. Um diesen trockenen Fußes passieren zu können, waren im Pflaster erhöhte Trittschwellen angeordnet. Diese Trottoire waren mit einem 30–45 cm breiten Randstein nach dem Rinnstein hin eingefaßt. Die Trottoirflächen bestanden aus festgestampfter Erde und waren in verschiedener Art und Weise belegt und zwar mit Ziegel, Steinplatten, Asphalt, Mosaik und mit Marmorplatten. Mit weißen und anderen kostbaren Marmorplatten waren auch die Säulenstraßen von Antiochia getäfelt.



Abb. 38. Straße in Pompeji.

Die Zahl der im Straßengrund liegenden Leitungen und Bauwerke war im Altertum noch nicht eine so große, wie heutzutage, in der man bald nicht mehr wissen wird, wo man die verschiedensten Leitungsarten (Wasser- und Gasleitungen, Entwässerungskanäle, Telephonkabel, Feuerwehr- und Telegraphenkabel, Rohrpostleitungen, Licht- und Kraftkabel, hydraulische und Luftdruckleitungen, Heizröhren, Untergrundbahnen usw.) unterbringen soll.

Jene in dieser Beziehung glücklichere frühere Zeit kannte nur Wasserversorgungsleitungen und Entwässerungskanäle. Beide Leitungsarten bestanden nicht selten aus Kanälen, die in dem felsigen Untergrunde, auf welchem viele der antiken Städte ruhten, eingearbeitet waren. Die Wasserleitungskanäle nahmen häufig, vorzugsweise in griechischen Städten eine besondere Leitung, die aus Tonrohren bestand, auf. Derartige Leitungsrohre sind bereits in dem vorangegangenen Kapitel näher beschrieben worden.

Genau untersucht sind u. a. die unterirdischen Kanäle des alten Alexandrien. Dort führten zu den Kanälen Schächte hinab, die teils rund, teils viereckig waren und einen gleichmäßigen Abstand voneinander besaßen. Zum Hinabsteigen sind in den Schachtwänden Einsteigelöcher angeordnet.

Die Ableitung der Gebrauchswässer usw. mußte sich in größeren Ansiedelungen naturgemäß frühzeitig als Notwendigkeit geltend machen, und zu diesem Zwecke erriethen die Ingenieure unterirdische Kanäle, von deren Vorhandensein die Ruinen von Babylon und Ninive bereits Spuren zeigen. Man ist im allgemeinen geneigt, geblendet von den Leistungen der Römer auf dem Gebiete der Wasserversorgung, die Leistungen des Altertums auf dem Gebiete des gesamten öffentlichen Gesundheitswesens überhaupt außerordentlich hoch zu stellen und vielfach glaubt man selbst, daß wir das Altertum hierin kaum erreicht haben. So bewunderungswert und bedeutend zweifellos diese antiken Schöpfungen sind, so läßt sich doch nicht verkennen, daß in der Jetztzeit absolut genommen die antiken Leistungen weit überflügelt worden sind. Die Reinigung der Straßen scheint nur in sehr primitiver Weise bewirkt worden zu sein und dürfte sehr viel zu wünschen übrig gelassen haben. Ein besonders starker Übelstand war es auch, daß die Straßentrümmen nicht wie meistens in den modernen kanalisierten Städten mit Vorrichtungen ausgestattet waren, durch welche ein Ausströmen der Kanalgaße verhindert wurde. Die Hausabflüsse wurden dem Kanalnetz meistens nicht unterirdisch zugeleitet, sondern sie ergossen sich auf die Straße, von welcher sie durch die Abflußöffnungen in die unterirdischen Kanäle abflossen, wenn solche überhaupt vorhanden waren.

Mannigfache Spuren von Entwässerungsleitungen hat man in Athen gefunden, woselbst diese Leitungen einen großen Teil der Stadt durchziehen. Die geschlossenen Kanäle dieser Stadt haben sich nach und nach aus den ursprünglich offenen Gräben entwickelt, wenigstens ist hinsichtlich des bedeutendsten Abzugskanals Athens festgestellt, daß derselbe ursprünglich ein natürlicher Wasserlauf war. Dieser Bach floß mitten durch die Stadt; je mehr sein Bett im Laufe der Jahrhunderte unreinigt wurde und verschlammte, je mehr wurde der Bach überwölbt und somit zu einem unterirdischen Kanal umgestaltet. Es ist die gleiche Entwicklung, welche für die Cloaca maxima Roms und auch für mehrere Wasserläufe in modernen Städten nachgewiesen werden kann.

Am Westabhange der Akropolis von Athen sind in neuerer Zeit Straßen bloßgelegt worden, die ein volles Kanalsystem enthalten. Der Hauptkanal ist teils in den Felsen ein-

geschnitten, teils aus großen Tonröhren mit elliptischem Querschnitt hergestellt. In diesen Kanal mündeten zahlreiche Nebenkänäle, die aus den anstoßenden Häusern und Höfen kommen. Diese letzteren Leitungen bestehen teils aus runden und viereckigen Tonröhren, teils aus gemauerten Rinnen. Wie in anderen antiken Städten so gab es auch in den griechischen bereits öffentliche Bedürfnisanlagen.

In Athen wurden die Abwässer zu Berieselungszwecken verwandt, wenigstens ist solches für einen Teil der Stadt durch eine Inschrift festgestellt.

Den Ausgangspunkt der römischen städtischen Entwässerungsanlagen bildeten die etruskischen Schöpfungen auf diesem Gebiete. Marzabotto, die etruskische Musterstadt, hatte kanalisierte Straßen. Auch Roms älteste Entwässerungsanlagen verdankten ihre Entstehung etruskischen Ingenieuren. Die oft genannte Cloaca maxima ist jetzt sehr genau erforscht. Sie zeigt vielfache Windungen und es steht außer Frage, daß man in ihr einen im Laufe der Jahre überdeckten Bachlauf zu sehen hat, der in die Marrana, einen kleinen Nebenfluß der Tiber, mündete.

Die Cloaca maxima besteht aus Quadern von 2,5 m Länge, 0,8 m Höhe und 1 m Breite. Die Steine sind ohne Mörtel aneinander gefügt, so daß also diese Anlage nach modernen Begriffen nach dieser Richtung hin durchaus fehlerhaft ist, legt man doch heutzutage und mit Recht großen Wert auf eine möglichst große Dichtigkeit derartiger Kanäle. Die Wände bestehen aus 3—5 Quaderlagen, auf welchen das halbkreisförmige Gewölbe ruht.

In manchen Städten, zu welchen auch Rom gezählt werden werden muß, dürften die Entwässerungskanäle nur einem geringen Bruchteil der Bevölkerung voll zu Nutzen gekommen sein, denn es war in Rom ein Anschluß der Häuser an das Kanalsystem nicht vorgeschrieben und bei den in dieser Stadt herrschend gewesenen traurigen Bauspekulationsverhältnissen ist nicht anzunehmen, daß die Hauseigentümer irgend etwas mehr getan haben werden, als wozu sie gesetzlich verpflichtet waren.

Von den römischen Städten, deren Entwässerungsverhältnisse heute näher bekannt sind mögen erwähnt werden: Nicomedia, Orange (Arausio), Ostia, Paris, Köln, Straßburg.

Wenden wir uns von der Straßenausbildung dem auf der Straße sich abspielenden Verkehr zu, so ist zunächst hervorzuheben, daß ein Faktor, der in der Ausbildung der modernen Großstädte einen sehr gewichtigen und maßgebenden Einfluß ausübt, nämlich der städtische Schnellverkehr, den antiken Großstädten vollständig gefehlt zu haben scheint, wenigstens liegen über einen solchen keinerlei Angaben vor, im Gegenteil alle überkommenen Nachrichten deuten darauf hin, daß das Fahren innerhalb der Städte für die großen Kreise verboten und daß die Benutzung eines Wagens das Vorrecht von nur wenigen Personen war.

Die Frage nach der Ausdehnung der antiken Großstädte im Verhältnis zu den modernen Metropolen hat deshalb besonderes Interesse, weil die Stadtgröße naturgemäß auf die Frage der Gestaltung des städtischen Verkehrs einen ausschlaggebenden Einfluß ausübt und umgekehrt das Fehlen desselben eine einschränkende Wirkung ausüben mußte. Es würde uns schwer fallen, moderne Großstädte wie London, Newyork, Paris, Berlin oder Hamburg ohne jegliche Verkehrsmittel für die weitesten Kreise der Bevölkerung, d. h. ohne Droschken, Omnibusse, Straßenbahnen oder Stadtbahnen zu denken.

Über die Größenverhältnisse der antiken Großstädte sind vielfach sehr irrige Anschauungen verbreitet. Die angeblich auf uns gekommenen Angaben sind zum Teil ganz ungeheuerlicher Art und sie erscheinen schon deshalb wenig wahrscheinlich, weil die Verproviantierung großer Menschenmassen im Altertum eine viel schwierigere gewesen sein muß, als heutzutage, in dem Zeitalter des Verkehrs, selbst wenn zugegeben werden muß, daß die Bevölkerung der antiken Großstädte eine genügsamere gewesen ist. Eine von Arthur Schneider angefertigte Zusammenstellung der bedeutendsten Städte des Altertums im Vergleich zu zwei modernen Großstädten (Berlin und Wien) gibt ein übersichtliches und anschauliches Bild der Größenverhältnisse. (Arthur Schneider, Antike Großstädte. Geographische Zeitschrift 1895, Tafel 8.)

Die neuesten Forschungen lassen es allerdings sehr unwahrscheinlich erscheinen, daß Babylon einst tatsächlich eine solche Größe gehabt hat, wie sie von antiken Schriftstellern angegeben und dem auf dem Bilde wiedergegebenen Stadtplan nach Oppert zugrunde gelegt worden ist (Abb. 39).

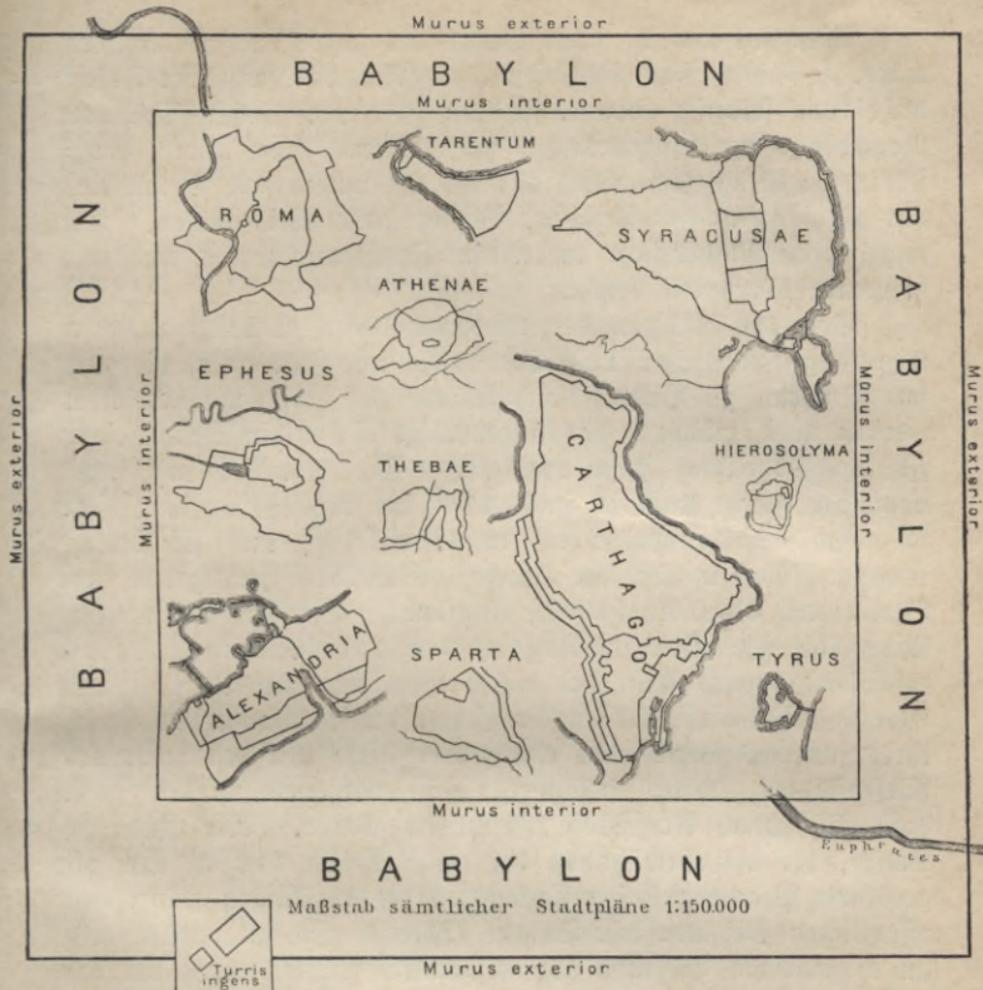


Abb. 89. Größenverhältnisse antiker Städte.

Aber selbst wenn diese Größe als zutreffend zu erachten wäre, so hätte man sich diese von Mauern umgebene Fläche nicht etwa städtisch bebaut, sondern zu einem großen Teil von Nomadenherden eingenommen zu denken. Die alten Großstädte waren vielfach nichts anderes als ummauerte Territorien mit Häusergruppen, Feldern, Wiesen und Weidesflächen. Die ungeheuren Mauerringe waren im Frondienst erbaut und nur hierdurch überhaupt denkbar.

Von den übrigen der wiedergegebenen Städten nahmen Karthago und Syrakus eine ansehnliche Fläche ein, die auch im Vergleich zu Berlin und Wien als bedeutend bezeichnet werden muß, während das allgewaltige Rom hinsichtlich seiner Flächenausdehnung klein erscheint. Die von Rom eingenommene Fläche kann zu rund 1800 ha angesehen werden, d. h. sie nahm dieselbe Größe ein wie Karlsruhe, und sie betrug etwa den vierten Teil der Fläche, welche das Stadtgebiet von Berlin mit 6350 ha (1901) einnimmt. Die übrigen antiken Großstädte wie besonders Athen, Alexandrien und Ephesos erscheinen bereits klein bei einem Vergleiche mit Berlin und Wien. Aber diese antiken Großstädte verlieren auch hinsichtlich ihres inneren Wertes bei einem Vergleiche mit den modernen Riesenstädten, wobei besonders nicht vergessen werden darf, daß alle alten Großstädte Festungen waren. Wir sind gewohnt, bei der Erwähnung der alten Städte nur an ihre oft gerühmte Pracht und Herrlichkeit, an die unzähligen glänzenden öffentlichen Gebäude wie Tempel, Theater usw. zu denken, und im allgemeinen hat man sich, namentlich früher, wenig um die sonstige Ausgestaltung der alten Städte gekümmert mit Ausnahme der Wasserversorgungsanlagen, der Aquädukte, deren Nutzen und deren Ergiebigkeit man jedoch meistens ebenfalls mit zu überschwenglichen Worten geschildert hat, wobei man ganz vergessen hat, daß zu dem menschlichen Leben noch vieles mehr gehört, als nur Wasser, mit dem allein sich nicht einmal die Abstinenzler begnügen können. In neuerer Zeit hat man der Frage der einstigen baulichen Ausgestaltung der alten Städte immer mehr Aufmerksamkeit zugewandt, und diese Forschungen haben zum Teil höchst befremdende Ergebnisse an das Tageslicht gefördert.

Es hat sich hierbei besonders ergeben, daß die für eine moderne Erscheinung gehaltene Wohnungsnot einzelnen der

antiken Großstädte in einem noch viel größerem Maße eigen gewesen ist als den neuzeitlichen Metropolen und es erscheint solches ohne weiteres erklärlich, wenn man die von der Stadt Rom einst eingenommene Fläche mit dem Berliner Weichbilde vergleicht. Es wird wohl niemals möglich sein, je die genaue Zahl der Einwohner Roms während seiner größten Blüte zu ermitteln, aber es wird der Wahrheit ziemlich nahe kommen, wenn man diese Zahl auf 800 000 bis 900 000 annimmt. Innerhalb der Stadt Rom waren ungeheure Flächen durch ausgedehnte private Gartenanlagen, durch heilige Haine, durch Zirkusbauten, Raumbathen, die Anlagen für den Fluß- und Seeverkehr (das Emporium und die *Navalia*), Bäder und Theater, durch das Marsfeld und noch andere öffentliche Bauten und Anlagen der Bebauung durch Private entzogen. Die Bevölkerung war auf engen Raum zusammengedrückt und trotz der geringen Anforderung der Südländer an ihr Heim muß gesagt werden, daß diese Wohnstätten zu einem sehr großen Teile höchst schlechte und eigentlich vollständig menschenunwürdige waren. Es kann daher auch nicht überraschen, daß der Häuserbau sehr traurige Formen annahm, und daß namentlich die Mietskaserne bereits im alten Rom eine sehr verbreitete Erscheinung war.

Die Kenntnis der einst gültig gewesenen baupolizeilichen Bestimmungen im alten Rom hat durch Professor Lanciani eine weitere Bereicherung erfahren. Diese Bestimmungen hatten wie in der Jetztzeit in erster Linie den Zweck, die zu weitgehende Ausnutzung des Baugrundes und des Luftraumes zu verhüten, oder der Gefahr des Einsturzes und der Feuergefahrlichkeit entgegenzuwirken. Ein Vergleich der Anschauungen über das notwendige Maß dieser Einschränkungsbestimmungen läßt erkennen, daß die Anforderungen im Laufe der Entwicklung stetig gesteigert worden sind. In der Jetztzeit müssen die einst gültig gewesenen Einschränkungsbestimmungen als durchaus ungenügend bezeichnet werden. Bei den Angaben über die ungewöhnliche große Höhe der antiken Häuser darf man überdies nicht vergessen, daß die Straßen durchgängig sehr schmal waren, in Rom betrug die Straßenbreite im Durchschnitt weniger als 5 m. Unter Kaiser Augustus betrug die größte Straßenbreite 6,5 m und die Breite zweier sehr belebter Straßen (*vicus Tuscus* und *vicus Ingarius*) war 4,5 und 5,5 m.

Allerdings muß hervorgehoben werden, daß man im Süden enge Straßen als bessere Schattenspender auch heute noch vielfach bevorzugt und sie für gesunder und angenehmer als breite Straßen hält. Denkt man sich jedoch an den schmalen Straßen Häuser von 60 Fuß Höhe, welches Maß als Höchstmaß unter Augustus, aber im Gegensatz zu den modernen Bestimmungen unabhängig von der Straßenbreite festgesetzt war, so muß man derartige Straßen selbst unter dem blauen Himmel Italiens als finster und ungesund bezeichnen. Für Hinterhäuser gab es überhaupt keine vorgeschriebene Höhengrenze. Man kann annehmen, daß die Stockwerkszahl an den Straßenfronten gewöhnlich 10—12 betrug und die Hinterhäuser bis zu 15 Stockwerke erreicht haben werden. Einzelne Forscher glauben so weit gehen zu können, daß sie die Höhe der Häuser an der Straßenfront bis zu 100 Fuß, die der Hinterhäuser zu 130 Fuß ansetzen.

Daß diese mißlichen Verhältnisse unangenehm empfunden wurden, ist erklärlich und man kann die Größe der Wohnungsnot am besten daraus entnehmen, daß diese Frage ein beliebtes Agitationsmittel bildete.

Als ein besonderer Mißstand der antiken Städte, namentlich im Vergleich zu den modernen, muß ferner das Fehlen einer Straßenbeleuchtung bezeichnet werden. Während heute in den Kulturländern sehr kleine Orte, ja vielfach bereits die Dörfer eine regelmäßige Straßenbeleuchtung aufweisen, kannte selbst das große Rom eine allgemeine Straßenbeleuchtung nicht. In Rom wurde lediglich vor öffentlichen Gebäuden oder auf denselben in Becken Pech oder Harz zur Erleuchtung der Umgebung verbrannt. Die an verschiedenen Stellen der Stadt vorhanden gewesenen Kandelaber wurden nur bei festlicher Gelegenheit benutzt.

Über die Gestaltung und Benutzungsweise der Wasserversorgungsanlagen enthält das nächste Kapitel nähere Angaben.

VI. Kapitel.

Die römischen Wasserleitungsbauten.

Zu den glänzendsten Leistungen des Altertums auf technischem Gebiete müssen unbedingt die römischen Wasserversorgungsanlagen gerechnet werden. Die Zahl der bereits genau bekannten römischen Wasserleitungsbauten ist eine ganz ungewöhnlich große, sie erfährt beständig durch die emsige Tätigkeit der Archäologen eine starke Vergrößerung.

In allen Teilen des ungeheuren Reiches haben die römischen Ingenieure die Spuren einer schier staunenswerten Tätigkeit zurückgelassen, und das imposante Außere, welches viele dieser Wasserwerksbauten noch in ihren Überresten aufweisen, war in der That geeignet, das Staunen und die Bewunderung der Nachwelt zu erregen.

Am häufigsten genannt und am meisten bewundert worden sind die Wasserversorgungsanlagen des antiken Roms, die jedoch nur einen kleinen Prozentsatz der gesamten durch die Römer geschaffenen Werke dieser Art darstellen.

Rom zeigt in dieser Beziehung die gleiche Entwicklung, wie alle größeren Städte. Als die kleineren Hilfsmittel, wie Anlegung von Brunnen und Zisternen, die Benutzung des Flußwassers, versagten, schaffte man hier das Wasser aus größeren Entfernungen durch Leitungen in die Stadt. Roms Lage war auch nach dieser Richtung hin eine günstige, da in der Umgebung der Stadt wasserreiche Quellen vorhanden sind.

Um genügende Wassermengen der ständig wachsenden Stadt zuzuführen, entstand im Laufe der Jahrhunderte eine immer größere Zahl von Wasserleitungen, die zur Zeit des Frontinus (74 — 104 n. Chr.), welchem Ingenieur die eingehendsten und zutreffendsten Nachrichten über die antiken Aquädukte Roms zu danken sind, neun betrug. Einzelne dieser Leitun-

gen dienten ausschließlich zur Speisung von Fontänen und Bädern, an welchen Rom besonders reich war.

Diese neun Wasserleitungen entstanden im Laufe von etwa vier Jahrhunderten und zwar zwischen dem Jahre 311 v. Chr. und etwa 100 n. Chr.

Bei der Schaffung der ersten Wasserleitung der Stadt Rom, der Aqua Appia, war fraglos griechischer Einfluß maßgebend. Wie die griechischen Wasserleitungen, so war auch der größte Teil dieser römischen Leitung unterirdisch geführt, nur auf einer Länge von 89 m ruhte die Leitung auf Bogenmägen. Die Leitung war im Jahre 311 v. Chr. unter dem Zensor Appius Claudius Crassus vollendet worden, nach welchem Zensor auch die bekannte Via Appia benannt ist. Nach römischer Auffassung stand den bauleitenden Beamten das Recht zu, den betreffenden Bauanlagen ihren Namen beizulegen. Dieses Recht ist vorzugsweise für die Zensoren in Anwendung gekommen.

Diese erste Leitung hatte eine Länge von 16,62 km. Die zweitälteste Wasserleitung, deren Speisung durch den Fluß Anio erfolgte, war 40 Jahre später in Angriff genommen worden. Auch diese Leitung weist in ihrer Anordnung und Führung noch Anklänge an griechische Wasserleitungen auf. Ihre Länge ist bereits eine bedeutend größere; sie betrug 63,7 km. Die Baukosten waren aus dem Erlös der dem König Pyrrhus abgenommenen Beute bestritten worden.

Die dritte Leitung (Marcia) führte Quellwasser und war ihr Wasser als Trinkwasser besonders geschätzt. Diese Leitung mündete in Rom so hoch ein, daß durch sie das Kapitol mit Wasser versorgt werden konnte. Auch diese Leitung zeigt in ihrem Mauerwerk den Charakter des guten griechischen Mauerbaues. Die Festigkeit beruhte auf der Schwere der verwandten Steine, die ohne Mörtel versetzt waren. Die Dichtigkeit des Gerinnes wurde durch einen inneren Überzug aus Kalk und kleinen Steinstückchen bestehend, erzielt. Die Erbauung erfolgte um das Jahr 143 v. Chr. Neunzehn Jahre später (d. h. also 124 v. Chr.) kam die vierte Leitung (Topula) zur Ausführung. Diese Leitung zeigt bemerkenswerte Unterschiede gegen die früheren hergestellten römischen Leitungen.

In der Zwischenzeit hatten nämlich die römischen Ingenieure erkannt, daß mit gutem Mörtel und kleineren Steinen

ein billigeres und fast ebenso gutes Mauerwerk hergestellt werden konnte wie mit Quadern. Im Gegensatz zu den drei älteren Leitungen ruhten bei einer Länge von 18 900 m etwa 9610 m der Tepula auf Arkaden, d. h. die oberirdische Führung trat gegen früher stark in den Vordergrund.

Im Jahre 34 v. Chr. wurde das Wasser der Quelle Julia durch den Adilen M. Agrippa (63—12 v. Chr., Ratgeber von Octavianus Augustus und später dessen Schwiegervater) in der Julia genannten Wasserleitung nach Rom geleitet. In der Nähe der Stadt vereinigte sich die Marcia mit der Tepula und Julia. Bereits die Tepula war auf einer großen Strecke über der Marcia geführt worden. Nun wurden diese Bogenstellungen auch für die Julia mit benutzt. Agrippa ließ auch — und zwar im Jahre 21 v. Chr. — die sechste Leitung, die Virgo, erbauen, wie sich derselbe überhaupt um die Unterhaltung der gesamten Aquädukte große Verdienste erworben hat, indem er die früheren, bereits wieder in Verfall geratenen Leitungen herstellen und die Stadt mit 150 Springbrunnen, 130 Wasserkastellen und 700 Brunnen ausstatten ließ.

Der erste römische Kaiser, Augustus, ließ ebenfalls der Unterhaltung und Verbesserung der Wasserleitungen große Aufmerksamkeit zuwenden. Als neue Leitung entstand unter Augusta die Alsietina (rechtes Tiberufer), die in erster Linie der Versorgung der Naumachie diente, d. h. der Anlage, in welcher die künstlichen Seegefechte aufgeführt wurden.

Unter dem Kaiser Caligula wurden die beiden Aquädukte Claudia und Anio novus, welche nach Frontinus eine Doppelleitung bildeten, begonnen; ihre Fertigstellung erfolgte jedoch erst unter Kaiser Claudius. Diese beiden Aquädukte waren die bedeutendsten Roms. Die Gesamtlänge beider Leitungen war 156 km, ihre Herstellung hatte fast 1 200 000 *M* gekostet. Auf den Strecken, an welchen Bogenstellungen erforderlich waren, liegen die Gerinne der beiden Aquädukte übereinander. Der untere Kanal ist derjenige der Claudia. Die beiden Leitungen sind oft beschrieben worden, namentlich wird immer wieder der wirkungsvolle Eindruck hervorgehoben, welchen die in der Campagna liegenden Strecken hervorrufen.

Von dem gemeinsamen Wasserschloß der Claudia und Anio novus in Rom gehen die Bogen des Neronischen Aquädукts (Abb. 40) ab, der sich bis zum Tempel des Claudius erstreckte und mittels einer Abzweigung das Nymphäum Neros speiste, d. h. ein reich ausgestattetes Quellenhaus, wie solche in alexandrinischer und römischer Zeit sehr beliebt waren.

Den Glanzpunkt erreichte das römische Bauwesen unter Kaiser Trajan. Unter ihm entstand (111 n. Chr.) die Aqua Trajana.

Einen imposanten Eindruck rief jedenfalls auch die unter Kaiser Hadrian entstandene Hadriana oder Alexandrina hervor, deren Bogen sich noch jetzt an einzelnen Stellen bis zu einer Höhe von 21 m erheben. Da es durch eine Änderung in der Trasse leicht möglich gewesen wäre, die tiefe Talstelle, welche dieser Aquädukt durchschneidet, zu umgehen, so glaubt man, daß der Wunsch, durch die äußere Gestaltung das Bauwerk besonders bemerkenswert zu machen, zu der gewählten Trasse Veranlassung gegeben hat, wie man ja überhaupt geneigt ist, die Form, in welcher sich die Aquädukte darbieten, auf die Ruhmsucht des römischen Volkes zurückzuführen, da in der Tat die technischen Erwägungen nicht immer die allein ausschlaggebenden gewesen zu sein scheinen.

Wie eine Vergleichung der Höhenlagen der verschiedenen Aquädukte an ihren Endpunkten in Rom ergibt, wurden die Wasserleitungen immer höher in Rom eingeführt; insolgedessen mußten die Aquädukte die Ebene in immer größeren Höhen durchschneiden und es wurde eine Leitung über die andere hinweggeführt. Welchen Vorteil die Einschaltung von Druckleitungen gehabt hätte, ersieht man aus einem Vergleich, den Belgrand, ein französischer Ingenieur, angestellt hat. (Les aqueducs romains.) Der Genannte hat zu diesem Zweck die Marcia, Claudia und Pia verglichen. Die letztere Wasserleitung ist unter dem Papst Pius IX. im Jahre 1870 fertiggestellt worden. Diese drei Leitungen gehen von demselben Punkt aus und endigen fast an der gleichen Stelle.

Die Längen betragen

für die Marcia	(145 v. Chr. erbaut)	91 639 m
" "	Claudia (50 n. Chr. erbaut)	68 913 m
" "	Pia (1870 erbaut)	52 000 m.



Tab. 40. Deronischer Brunnen.

Es sind somit erspart worden:

durch geschicktere Trassierung	Claudia gegen Marcia	22 726 m
durch	" "	" "
und die Einschaltung von	} Pia	" Claudia 16 913 m
		" Marcia 39 639 m
Druckleitungen		

d. h. die Verkürzung beträgt 44 %.

Von den von Frontinus beschriebenen neun Leitungen nähern sich fünf fast auf derselben Linie Rom. Die fünf Leitungen, Marcia, Tepula, Julia, Claudia und Anio novus kreuzen sich drei Meilen von Rom entfernt an einem Punkt, dem Fiscale Turm (Torre Fiscale). Die Mehrzahl der Leitungen trat in der Nähe des Tores Esquilinus (Porta Maggiore) in Rom ein.

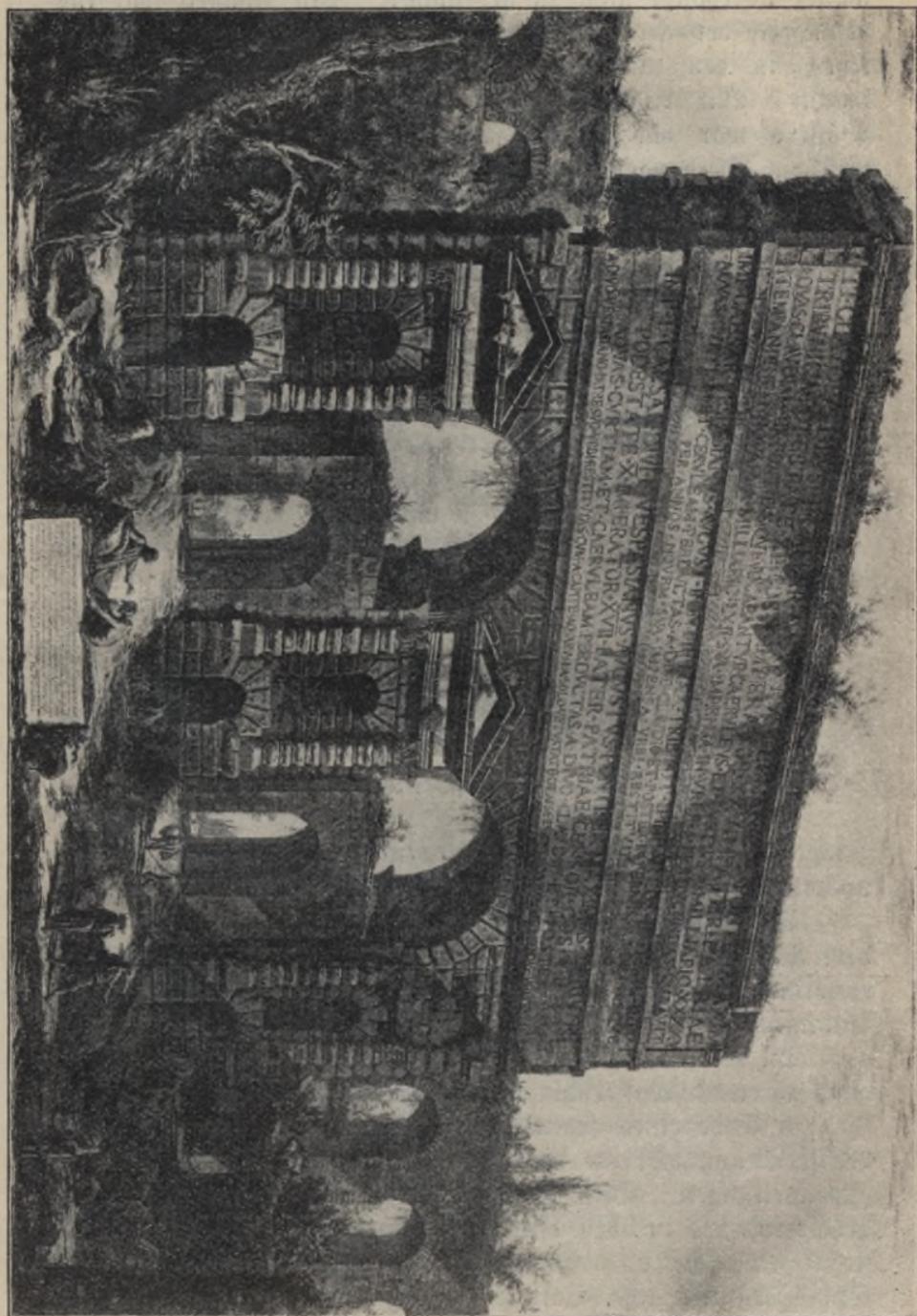
Über dieses Tor (Abb. 41) sind die neue Anioleitung und die Claudia geführt. Die obere Inschrift bezieht sich auf die Erbauung der Claudia und Anio novus, die mittlere nimmt Bezug auf die Wiederherstellung der Claudia durch Vespasian im Jahre 71 n. Chr., nachdem diese Leitung neun Jahre lang unterbrochen gewesen war, und die dritte Inschrift besagt, daß Titus auf seine Kosten durch Herstellung eines neuen Aquäduktes das Wasser der Claudia und der Anio novus der Stadt wieder zugeführt hat. Unmittelbar neben dem Tor kreuzten die drei Aquädukte Marcia, Tepula und Julia (oberer Kanal) die Stadtmauer.

Die drei letzteren Aquädukte überschreiten in ihrem weiteren Verlauf die Porta Tiburtina.

Die antiken Wasserleitungen Roms hatten eine Gesamtlänge von 436 km, d. h. eine Länge, welche der Entfernung von Hamburg bis Köln gleichkommt. Sie weisen fast durchgängig ein sehr starkes Gefälle auf, stärker als solches nötig gewesen wäre. Diese Anordnung hatte den Nachteil, daß die Wasserleitungen in Rom zum Teil sehr tief einmündeten und daß die meisten daher nur tiefer belegene Stadtteile mit Wasser versorgen konnten. Dies galt insbesondere für die Virgo, welche neben der Marcia das beste Wasser führte.

Belgrand ist der Ansicht, daß die römischen Ingenieure das starke Gefälle mit Rücksicht auf die geringe Genauigkeit ihrer Nivelliervorrichtungen gewählt haben.

Die Beschaffenheit des Wassers der verschiedenen Leitungen war eine sehr ungleiche und manches Wasser war als Trink-



Tab. 41. Porta Maggiore.

wasser überhaupt nicht zu gebrauchen. Ein Nachteil war insbesondere der große Kalkgehalt, der sich auch durch das Absetzen an den undichten Stellen des Mauerwerks bemerkbar machte. Mit Ausnahme des durch die Virgo zugeleiteten Wassers war das Wasser sämtlicher übriger Aquädukte zeitweiligen Trübungen ausgesetzt und die Aquädukte besaßen daher zur Absetzung der Unreinlichkeiten Klärbehälter. Die Größe dieser Behälter war keine sehr bedeutende, das Wasser hielt sich kaum eine Stunde in denselben auf.

Die Verteilung des in der Stadt angelangten Wassers erfolgte in einer vollständig anderen Art und Weise wie heut-

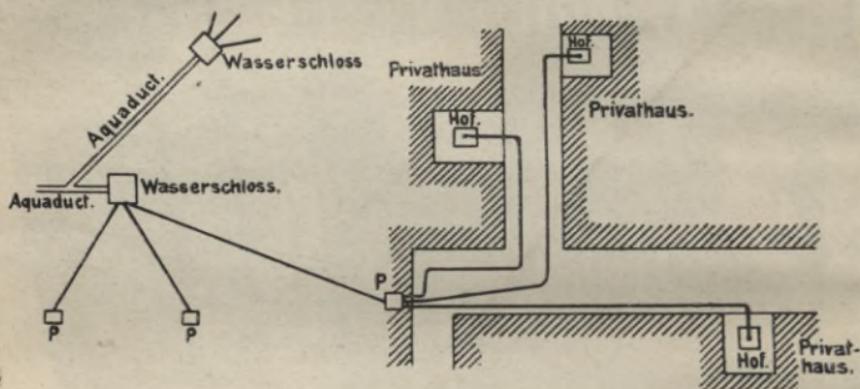


Abb. 42. Schema der römischen Wasserverteilungsweise.

zutage und ein Vergleich der antiken und modernen Wasserverteilungsweise ist nicht ohne Interesse.

Die moderne Verteilungsweise ist die einfachere, indem von dem Hauptstrang direkt die Nebenstränge abgehen, von denen entweder unmittelbar oder mittelbar die einzelnen Versorgungsleitungen der Häuser abzweigen.

Die Wasserverteilung nach dem antiken römischen System begann an einem Wasserschloß (Abb. 42). Ein solches Wasserschloß lag am Ende eines jeden Aquädukts. Gewöhnlich speiste eine Wasserleitung mehrere derartiger Wasserkastelle und zwar durch Zweigleitungen. Diese Wasserschlößer bestanden aus Wasserbehältern, aus welchen das Wasser zunächst in drei Abteilungen floß. Nach Vitruv sollten vom mittleren Behälter aus alle Springbrunnen und Bassins gespeist werden, aus dem einen Seitenkasten sollten die Bäder und aus dem anderen die

Privathäuser mit Wasser versehen werden. Das aus dem für die Privatleitungen bestimmten Wasserkasten fließende Wasser gelangte in einen Privatwasserbehälter (*P* in der Abb.), von dem die Privatleitungen abzweigten. Zur Zeit des Frontinus gab es 247 solcher Privatwasserschlöffer; die Privatwasserleitungen endigten gewöhnlich in dem Hofe der Privathäuser. Das Wasser floß hier ununterbrochen Tag und Nacht aus, so daß die größten Wassermengen unbenutzt abfloßen, und es kann daher nicht befremden, daß ungeachtet der großen Wassermengen, die Rom zuflossen, es nicht möglich war allen Anforderungen jederzeit zu genügen. Allerdings wurde das Wasser auch nach Stunden abgegeben.

Der Anschluß der Privatleitungen durfte vorgeschriebenermaßen nur an den für den Privatgebrauch bestimmten Wassererschloßern erfolgen und nur an einer vorher von der Behörde bestimmten Stelle und nur mit einem behördlicherseits gestempelten Rohrstück beschafft werden.

In der Zeit der Republik war nur ganz bevorzugten Personen die Zuleitung von Wasser nach ihren Häusern gestattet worden, im übrigen war für den Privatgebrauch nur der Überfluß aus den Bassins überlassen worden. Die Erlaubnis zur Benutzung von Wasser durch die Private wurde allmählich auch auf das Wasser ausgedehnt, welches den Rissen oder sonstigen undichten Stellen der Aquädukte entfloß. Diese Maßregel war eine sehr verkehrte, da nunmehr das Bestreben auf eine beständige Vergrößerung dieser Wassermengen durch Vermehrung oder Erweiterung der schadhaften Stellen gerichtet war. Zahlreiche Zerstörungen und unaufhörliche Reparaturen der Aquädukte war die Folge. In dieser Beziehung trat unter dem Kaiserreiche eine günstige Änderung ein, indem fortan jeder das Privilegium des Wasserbezuges erhalten konnte, doch konnte dasselbe ausschließlich durch den Kaiser erteilt werden. Zu diesem Zwecke mußte dem Kaiser ein entsprechendes Gesuch übergeben werden. Die Genehmigung bezog sich auf die Gewährung eines bestimmten Quantum und hatte nur Gültigkeit für die Lebenszeit der betreffenden Person. Kaiser Nerva gewährte eine dreißigtägige Frist bis zum Wasserabschluß. Hierdurch sollte dem Übelstand vorgebeugt werden, daß ein Grundstück nach einem Todesfall plötzlich ohne Wasserzuleitung war.

Die kleineren Leute benutzten in der Regel das Wasser der öffentlichen Brunnen, von denen aus dasselbe nach Hause getragen wurde.

Zu wiederholten Malen ist der Versuch gemacht worden, die einst Rom zugeleiteten Wassermengen rechnerisch zu bestimmen.

Die Ergebnisse dieser Vermutungsrechnungen schwanken zwischen rund 600 000 cbm und 1 500 000 cbm pro Tag. Herschel, ein amerikanischer Ingenieur, glaubt, daß infolge der vielen Undichtigkeiten der Aquädukte und der vielen ungesetzlichen Ableitungen des Wassers auf dem Weg von der Gewinnungsstelle bis zum Auslauf wohl nicht mehr als etwa 230 000 cbm innerhalb der Stadt Rom zur Verteilung gelangt seien, was auf den Kopf der Bevölkerung (diese zu rund 1 000 000 angenommen) 230 l betragen würde.

Diese Zahl erscheint selbst im Hinblick auf die große Zahl öffentlicher Springbrunnen und Bäder, die eine sehr beträchtliche Wassermenge beanspruchten, noch immer sehr hoch, um so höher, als ein sehr großer Prozentsatz der Bevölkerung lediglich auf den Wasserbezug aus den öffentlichen Brunnen angewiesen war. Die Verteilung des Wassers ging somit keineswegs so weit, wie dieses in der Neuzeit in Städten mit zentraler Wasserversorgung im allgemeinen der Fall ist, wobei das Wasser auch in die bescheidenen Stockwerke geleitet wird.

Die zum Teil sehr langen Hausanschlußleitungen in Rom bestanden aus Blei oder Ton, der Durchmesser war klein. Der Querschnitt der Bleirohre wich von der heute allgemein üblichen und richtigen kreisrunden Form ab, er war oval. Diese Form war insofern ungünstig, als sie nicht den Druckverhältnissen innerhalb einer Leitung Rechnung trägt. Man nimmt an, daß die befremdende Querschnittsform auf die Herstellungsweise zurückzuführen ist. Die Röhren wurden aus Tafeln hergestellt, wobei der Zusammenschluß in verschiedener Weise erfolgte. Der Schluß wurde meistens durch Lötten bewirkt.

Die Verwaltung der Wasserversorgungsanlagen nahm mit deren Wachsen allmählich eine bedeutende Stelle in dem Verwaltungswesen der Stadt Rom ein. In den ersten Zeiten lag dieselbe bald in den Händen von Adilen, bald von Zensoren, die sich um die geringsten Einzelheiten des Betriebs kümmerten. Für die Instandhaltung der öffentlichen Baulich-

keiten scheint während der Republik sehr wenig geschehen zu sein. Der Kreis der Verpflichtungen des Zensors nahm im Laufe der Zeit einen ganz ungewöhnlichen Umfang an und dem wachsenden Geschäftskreis gegenüber vermochten die Zensoren nicht alle ihre Verpflichtungen zu erfüllen. Trotzdem sich das Interesse der Zensoren noch am stetigsten den Wasserleitungen Roms und deren Unterhaltung und Betrieb zuwandte, kamen die größten Mißbräuche vor. Agrippa ge-
bührt das Verdienst, die Verwaltung in sehr guter Weise geregelt zu haben.

Agrippa bewirkte, daß durch die wiederhergestellten Leitungen Rom von neuem größere Wassermengen zugeführt wurden, er organisierte eine Sklavenbande, die mit der beständigen Überwachung der Anlagen beauftragt war. Eine zweite Bande wurde später unter Claudius um das Jahr 40 n. Chr. in den Dienst gestellt. Dieselbe zählte 460 Mitglieder. Unter den Mitgliedern der beiden Sklavenbanden waren die verschiedenen Handwerker, wie Maurer, Zimmerleute, Tüncher, Klempner usw. vertreten. Kaiser Augustus reorganisierte die Verwaltung abermals und schuf die Stelle eines Kurators der Wasserleitungen. Diese Stellung galt für eine sehr hohe und ehrenreiche. Die Inhaber dieser Würde wurden aus dem Kreise der angesehensten und bewährtesten Männer gewählt. Der Kurator der Wasserleitungen hatte das Recht die Toga mit purpurfarbener Kante zu tragen und auf dem kurlischen Stuhl zu sitzen. Er nahm unter den Kuratoren den höchsten Rang ein. Dem Kurator stand eine große Macht zur Verfügung, aber trotz aller Gesetze und Vorschriften machte sich dennoch nach und nach in der Verwaltung wieder eine große Nachlässigkeit geltend. Das Wasser wurde in der weitgehendsten Weise mißbräuchlich benutzt. Zu den schlechten Zuständen der Aquädukte dürfte nicht wenig der Umstand beigetragen haben, daß die römische Verwaltung im Laufe der Zeit immer mehr ihren städtischen Charakter verloren hatte, Kaiser und Senat lag die Erledigung der unbedeutendsten städtischen Vorkommnisse ob und gleichzeitig hatten dieselben sich um die Angelegenheiten fast der ganzen Erde zu kümmern. Dem um das Jahr 40 n. Chr. geborenen Ingenieur und Kurator Frontinus gelang es, das römische Wasserversorgungsweisen wieder auf eine hohe Stufe zu bringen. Derselbe war im

Jahre 96 n. Chr. Curator aquarum, d. h. kaiserlicher Verwalter der Wasserwerksanlagen der Weltstadt Rom geworden. Er hatte sich an der Landesvermessung beteiligt, hatte in Britannien ein Armeekorps befehligt und wahrscheinlich auch in Deutschland gefochten.

Frontinus verfaßte, um sich über seine neuen Obliegenheiten zu unterrichten, eine eingehende Abhandlung über die gesamten Anlagen, er ließ genaue Ermittlungen über den öffentlichen und privaten Verbrauch anstellen und er ging mit großer Strenge gegen jede Wasservergeudung und gegen jede ungesetzmäßige Benutzung vor. Die Umsicht, welche Frontinus bei der Verwaltung bekundete, und namentlich die auf eine gute Unterhaltung der Bauwerke gerichteten Bestrebungen waren von dem besten Erfolg begleitet, und so bildete die Zeit der Wirksamkeit dieses Mannes eine Glanzperiode in der Geschichte der Aquädukte Roms. Frontinus starb im Jahre 103 n. Chr.

Von Ausbesserungsarbeiten ist später wenig zu hören, es ist nur noch bekannt, daß Kaiser Caracalla (212 n. Chr.) umfangreiche Ausbesserungsarbeiten an der Marcia ausführen ließ. Bis zur Zeit Theodosius des Großen (379—395 n. Chr.) verlautet alsdann kaum etwas über Unterhaltungsarbeiten an diesen Bauwerken. Da nun selbst in der Zeit der ersten Kaiser, trotz aller Macht und allen Reichthums dieser Herrscher die Aquädukte stark vernachlässigt waren, so muß angenommen werden, daß sich die Leitungen im allgemeinen in den späteren Jahrhunderten in einem sehr schlechten Zustand befunden haben.

Der Gotenkönig Theodorich (455—526) ließ, nachdem er sich Roms bemächtigt hatte, auf seine Kosten die Aquädukte ausbessern und Procopius berichtet über diese kurze Glanzperiode, die Zahl der Aquädukte gibt er zu 14 an.

In dem Kampfe zwischen dem Gotenkönig Vitiges und dem oströmischen Feldherrn Belisar (505—568 n. Chr.) wurden die Leitungen abgeschnitten und somit zerstört. Belisar ließ dann später die Trajana und wahrscheinlich auch die Claudia wiederherstellen. Der gänzliche Verfall der Aquädukte wurde jedoch nur für kurze Zeit aufgehalten. Die letzte in Funktion gewesene Leitung, die Trajana, versiegte im Jahre 549 n. Chr. Die Unterbrechung der Wasserzuführung dauerte bis zum Jahre 776, in welchem Zeitpunkte die Wiederherstellung einzelner Leitungen durch die Päpste begann.

Wenden wir den Blick von Rom auf die übrigen unzähligen Orte des einstigen römischen Weltreiches, so muß bekannt werden, daß fast keiner dieser Orte ohne künstliche Wasserversorgungsanlagen war. Namentlich unter den Kaiserreich wurde eine ungewöhnlich starke Tätigkeit auf diesem Gebiete in allen Teilen des Weltreiches entfaltet.

Daß hierbei die römischen Ingenieure keineswegs nach der Schablone arbeiteten, zeigt die große Mannigfaltigkeit in der Gestaltung der einzelnen Leitungen. Ebenso wie ihr ausgedehntes, vollendetes Straßennetz keineswegs überall die gleiche Konstruktion aufwies, so zeigen auch die Wasserwerksanlagen eine Anpassung an die Verschiedenheit der lokalen Verhältnisse. Die römischen Ingenieure machten, je nach den Verhältnissen, von Brunnen, Zisternen, Sperrdämmen und Fernleitungen Gebrauch. Daß sie bei ihren Leitungen so verhältnismäßig wenig von Druckleitungen Anwendung machten, bleibt zu bewundern.

Von römischen Druckleitungen sind bis jetzt bekannt geworden solche in Matri (Italien), Lyon, Pergamum, Apendus, Arelatum.

Zu ihren Druckleitungen verwandten die Römer Ton- und Bleirohre. Beide erwiesen sich für ihre Aufgabe wenig geeignet, namentlich die Form der Bleirohre war eine sehr ungünstige, durch Ummauerung suchte man den Nachteil, daß bei stärkerem Druck eine Formänderung eintrat, zu beseitigen.

In der unter Augustus erbauten Wasserleitung des jetzigen Lyon ist die Heberleitung im Tale von Salvagny aus durchbohrten Steinblöcken hergestellt, d. h. also in ähnlicher Weise, wie die Heberleitungen der Griechen. Steinröhren kamen auch in Apendus zur Verwendung.

Einen Fortschritt in konstruktiver Hinsicht zeigen die römischen Druckleitungen nicht. Der Syphon der Leitung von Lyon war einem Druck bis zu 12 Atmosphären ausgesetzt, er erreichte somit nicht die Meisterschöpfung der Hellenen von Pergamon mit mindestens 16 Atmosphären. Die Römer machten von Leitungsröhren innerhalb ihrer gemauerten Gerinne einen weit geringeren Gebrauch wie die Griechen. Wenn auch zugegeben werden muß, daß die Einbauung von besonderen Röhren in die Aquädukte mit Kosten, ja bei den großen Wassermengen, welche diese Aquädukte zum Teil führten, auch mit Schwierigkeiten verbunden gewesen sein dürfte, so wäre anderer-

seits durch derartige Rohre innerhalb der gemauerten Aquädukte die Schwierigkeit beseitigt worden, welche es verursachte diese Kanäle dicht zu halten, eine Aufgabe, die den Römern nur schlecht gelungen ist.

Von den einstigen römischen Gebieten außerhalb Italiens weist einen besonders großen Reichtum an imposanten römischen Bauwerken Spanien auf. Von den Aquädukten sind an erster Stelle diejenigen von Tarragona, Segovia, Chelvez, Merida zu nennen.

Der Aquädukt von Tarragona gilt für ein Werk aus der Zeit des Beginns der Kaiserzeit. Die Gesamtlänge der Wasserleitung beträgt 55 km. Die Überbrückung eines Tals bedingte ein Bauwerk von 30 m Höhe und 211 m Länge. Trotzdem dieses Bauwerk mancherlei kleine Inkorrektheiten, wie Unregelmäßigkeiten in der Schichtenteilung und in der Ausbildung der Architekturteile zeigt, ist der Gesamteindruck ein sehr guter.

Der Aquädukt von Segovia (Abb. 43) wurde wahrscheinlich unter Trajan erbaut, doch erscheint es auch nicht ausgeschlossen, daß der Bau erst unter Hadrian entstand. Dieser Aquädukt ist das größte erhaltene römische Bauwerk in Spanien. Die Höhe beträgt 31 m, die Länge 818 m. Die Anzahl der Öffnungen ist 109. Dieser Bau ist in neuerer Zeit erneuert worden und befindet sich noch in Benutzung. Mörtel ist bei dem Bau nicht verwandt, die Steine (Granit) sind lediglich sorgfältig aufeinander versetzt worden.

Unter den römischen Überresten Frankreichs wird besonders oft der Pont du Gard genannt, ein Brückenbauwerk, das ursprünglich lediglich für die Überführung einer Wasserleitung diente. Im Jahre 1753 wurde neben dem antiken Aquädukt eine Fahrbrücke erbaut. Das Bauwerk ist dadurch bemerkenswert, daß die Gewölbe, wie bei manchen anderen römischen Brücken, aus einzelnen Ringen bestehen, die stumpf aneinander gestoßen sind.

Der Pont du Gard bildete einen Teil der Wasserleitung von Nîmes (Nemausus), welche vermutlich erbaut wurde als Agrippa Statthalter von Gallien war. Die Leitung hatte eine Länge von fast 50 km. Von den sonstigen Wasserleitungsbauten Galliens sind noch zu nennen: Arelatum, Sens Lutetia (Paris), Antibes und Vienna.

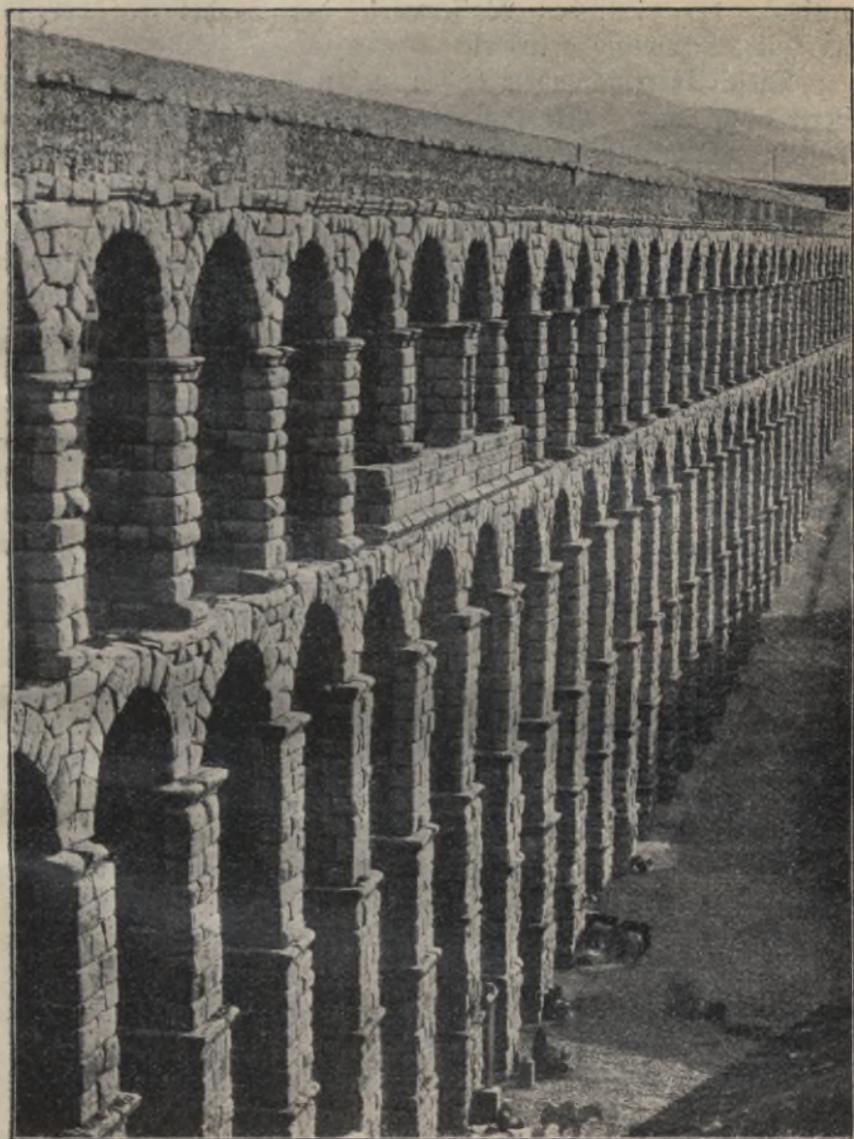


Abb. 43. Aquädukt von Segovia.

In sehr eingehender Weise werden neuerdings die römischen Wasserwerksanlagen Afrikas, besonders diejenigen in Tunis untersucht.

Diese seitens des französischen Generalresidenten von Tunesien René Millet ins Leben gerufene Enquete zur Er-

forschung der römischen Wasserwerke des Landes hat bereits sehr gute Ergebnisse geliefert.

Diese Untersuchungen haben neben dem wissenschaftlichen Werte auch einen direkt praktischen, da man feststellen will, ob der jetzt völlig kulturlose Landstrich in römischer Zeit besser bewässert und infolgedessen besser angebaut war.

Das Ergebnis ist bisher gewesen, daß auch unter römischer Herrschaft eine Bewässerung des Landes nur in seltenen Fällen erfolgt ist. Die Bewaldung war jedoch eine weit ausgedehntere wie jetzt und diesem Umstande dürfte in erster Linie der einstige blühende Kulturzustand zuzuschreiben gewesen sein.

Die Anlagen für die Versorgung der Bewohner mit Trinkwasser waren dagegen sehr zahlreich. Die in den Brunnen und Zisternen angesammelten Wassermengen fanden lediglich zu häuslichen Zwecken Verwendung. In römischer Zeit hatte im erfreulichen Gegensatz zur Jetztzeit jede Farm und jedes Haus seine Zisterne oder seinen Brunnen. In den Städten gab es öffentliche Wasserreservoirs, die zur Speisung der Bäder dienten und aus welchen auch die Privatleute Wasser gegen Entgelt entnehmen konnten. Größere Wasserleitungen waren jedoch nur ganz ausnahmsweise angelegt, derartige Anlagen waren für Karthago, Susa und Lambäsis erbaut. In Dugga waren die öffentlichen Anlagen und Plätze mit Rinnen versehen, durch welche alles Regenwasser Zisternen zugeleitet wurde.

Das zur Versorgung der Zisternen vielfach angewandte System bestand darin, daß man die Betten der Beds, d. h. der durch den Winterregen anschwellenden, im Sommer trockenen Bäche durch Kanäle mit den Reservoirs verband und diese Wassermengen somit zur Aufspeicherung brachte. An den Stellen, an welchen das Wasser durch einen Kanal seitlich abgeleitet werden sollte, war im Bachlauf ein Ableitungsdamm errichtet.

Die Zisternenform ist meist rund, der Durchmesser beträgt in einem Falle (Saltus Massipianis) 51 m. Das Fassungsvermögen dieses Behälters wird zu 16000 cbm geschätzt. Die meisten Bassins sind bedeckt und besitzen ein vorgelagertes kleines Reservoir, in dem sich der Schlamm ablagerte.

Von den in deutschen Städten erhaltenen Resten ehemaliger römischer Wasserleitungen seien die der Städte Straßburg, Metz, Mainz, Köln, Trier erwähnt.

Von den Städten Asiens, welche Überreste römischer Wasserleitungsbauten aufweisen, seien genannt: Pergamum, Apendus, Thyana, Anararbas, Selinus, Sinope, Nicomedia, Alexandria Troas, Mytilene, Ephesus, Antiochia.

Das den römischen Städten in großen Mengen zugeführte Wasser wurde bekanntlich in der ausgedehntesten Weise zu Badzwecken verwandt. Die erste Therme, welcher Name von den in den Badehäusern vorhanden gewesenen warmen Bädern herrührt, dürfte bald nach Fertigstellung der Aqua Claudia erbaut worden sein. Diese Anlagen gewährten während eines langen Zeitraumes großen Nutzen, aber im Laufe der Zeit trat eine außerordentlich ungünstige und unheilvolle Veränderung ein und nach und nach wurden die Thermen die Stätten der größten Ausschweifungen, verschwand doch allmählich die ursprünglich streng durchgeführte Trennung in der Benutzung durch die beiden Geschlechter vollkommen. Hierauf ist es zurückzuführen, daß die christlichen Autoren immer heftiger gegen die Benutzung der Thermen ihre Stimme erhoben, und daß diese glänzenden Anlagen, ebenso wie die Theater, in Acht und Bann gethan wurden und ihrer allmählichen Zerstörung entgegengingen.

Bei einer Betrachtung der Leistungen der Völker des Altertums muß man es stets von neuem bedauern, daß es immer wieder Zeiten in der Geschichte der Menschheit gegeben hat, in der die Zerstörungswut ungehemmt sich austoben konnte. Das Fehlen des Verständnisses und der Wertschätzung der hohen baulichen Leistungen des Altertums, auch in praktischer Beziehung, hat leider bis auf den heutigen Tag unzähligen antiken Schöpfungen den Untergang bereitet, so daß in der Mehrzahl nur die Trümmer einer großen Vergangenheit auf uns gekommen sind.

Es gereicht gerade unserer Zeit zum besonderen Ruhme, diesen Überresten ein Verständnis entgegen zu bringen, wie es in diesem Umfange und in dieser Verbreitung wohl in keiner Zeitperiode in stärkerem Maße bestanden haben dürfte. Die Erfolge dieser Tätigkeit sind bereits außerordentlich groß, sie spornen zu immer emsigerer Arbeit an und berechtigt erscheint erfreulicherweise die Annahme, daß auf diesem Gebiete noch reiche Früchte zu erwarten sind.

Namen- und Sachregister.

- Abzugsöffnungen der Kanäle 102.
 Adler, Professor, Leuchtturm von
 Alexandrien 88.
 Agypten, Heben schwerer Lasten 43.
 —, Mörissee 14.
 —, Priester 27.
 —, Städte 91.
 —, Transport schwerer Lasten 42.
 —, Vorsteher der Arbeiten 27.
 Agrippa 113. 121. 124.
 Aird, englischer Unternehmer 56. 57.
 Akkad 11.
 Alkräphion 67.
 Alatri, Druckleitung 123.
 Albert Nyanza 58.
 Alexander der Große, Dammbau
 am Ballakopas 16.
 —, Städtebaukunst 94.
 Alexandrien, Baum schmuck 98.
 —, Entwässerungskanäle 103.
 —, Hafengebauten 83.
 —, Kanal 77.
 —, Leuchtturm 86.
 —, Märkte 97.
 —, Pflasterverhältnisse 99.
 —, Stadtgröße 108.
 —, Stadtplan 64.
 —, Straßenbreite 99.
 Amenemat III. (Möris) 31.
 Amisos, Molen 83.
 Anio novus, römische Wasserlei-
 tung 113.
 Anio vetus, römische Wasserlei-
 tung 112.
 Antiochia, Pflaster 102.
 Antiochia, Prachtstadt 94.
 —, Säulenstraßen 98.
 Appianus Claudius Crassus, Senior
 112.
 Appolodorus von Damaskus Bau-
 künstler 62.
 Aqua Alexandrina, römische Wasser-
 leitung 114.
 Aqua Alfietina 113.
 — Anio novus 113.
 — Anio vetus 112.
 — Appia 112.
 — Claudia 113. 122. 127.
 — Hadriana 114.
 — Julia 112.
 — Marcia 112.
 — Pia 114.
 — Tepula 112.
 — Trajana 114. 122.
 — Virgo 113.
 Aquädukt s. Wasserleitung.
 Arelatum, Druckleitung 123.
 Arne 65.
 Arthur Schneider, deutscher
 Gelehrter 106.
 Aspendus, Druckleitung 123.
 Assos, Brücke 72.
 Assiut, Dammbau 51.
 —, Siut 25.
 Assuan, Dammbau 53. 55.
 —, Syene 25.
 Assurnasirpal 13.
 Assyrer, Gewölbbau 19.
 —, Ingenieurbauten 5.
 Assyrien 6.

- Athen, Beriefelung 105.
 —, Entwässerungskanäle 104. 105.
 —, Straßenbefestigung 99.
 Augustus, römischer Kaiser 110. 113.
 Aufstellen eines Obelisken 43.
 Ausdehnung der Städte 106.
 Ausgrabungen, Kujundschi 22.
 Auslaß bei Koschescha 38. 51. 52.
 Ausströmung von Kanalgasen 104.
- Bäabilti-chigalli 13.
 Babylon, Ausdehnung 106.
 —, Balkenbrücke 19.
 —, Entwässerungskanäle 104.
 —, hängende Gärten 18.
 Babylonien 5.
 —, Gewölbbau 19.
 —, Herodot 14.
 —, Städte 91.
 Bahr Jussuf, Josephskanal 25.
 Balkenbrücke bei Babylon 19.
 Baker, englischer Ingenieur 56. 57.
 Barrage du Nil 48. 50.
 Baum Schmuck der Städte 97.
 Baumwolle 47.
 Bavian, Wasserbecken 19.
 Beckensystem 29.
 Bedürfnisanlagen 105.
 Behera-Kanal 48.
 Behörden in Griechenlaud 88.
 Bekleidung der Straßen 110.
 Belisar, oströmischer Feldherr 122.
 Belgrand, französischer Ingenieur 3. 114. 116.
 Benisuif 25.
 Bergstädte 93.
 Bergwerksingenieur Krates 65. 67.
 Beriefelung 105.
 Birket el Dârân 25. 32. 35. 37.
 Bleirohre 120.
 Bodenkultivierung 7.
 Börse, Deigma 84.
 Brown, englischer Ingenieur 30.
 34. 35. 36. 37. 38.
 Brücke von Assos 72.
 — von Babylon 72.
 — „ Metaxadi 72.
 — über den Pamisos 72.
 Brugsch, deutscher Gelehrter 30.
 Bubastis am Nil 40.
- Caracalla, römischer Kaiser 122.
 Casarea 98
 Cernik, österreichischer Ingenieur 17.
 Chaldäa 11.
 Chammuragas 12.
 Chesny, englischer Forscher 17.
 Cloaca maxima 104. 105.
 Curator aquarum 122.
 Curtius, deutscher Gelehrter 59.
 68. 94. 96.
- Damietta, Stauwerk 49.
 Damm von Assiut 51.
 — von Assuan 53. 55.
 Dammbau am Pallakopas 16.
 Darius 39. 40.
 Deigma, Börse 84.
 Delizsch, deutscher Forscher 8.
 Demokritos von Abdera 71.
 Demosthenes, Vorsteher des Mauerbaues 88.
 Deutsche Orient-Gesellschaft 17.
 Dinokrates, Baukünstler 62. 64.
 Diodorus 35. 38.
 Diridotis 15.
 Druckleitungen 77. 114.
 — von Matri 123.
 — „ Arelatum 123.
 — „ Apendux 123.
 — „ Laodicea 77.
 — „ Lyon 123.
 — „ Methymna 77.
 — „ Patara 77.
 — „ Pergamum 78. 123.
 — „ Smyrna 77.
 Dugga, Wasserleitungen 126.
- Eleusis 65.
 El-Lahun 34.
 Ektionia, Halbinsel 84.
 Emporium 84.
 Entwässerungskanäle in Mexandrien 103.
 — in Athen 104.
 — in Babylon 104.
 — in Marzabotto 105.
 — in Ninive 104.
 — in Rom 105.
 Erbkam, deutscher Ingenieur 30.

- Ephesos, Hafengebauten 82.
 —, Prachtsstraße 98.
 Eumenes II., König von Pergamon 79.
 Eunostus-Hafen 86.
 Eupalinus von Megara, Baukünstler 62. 75.
 Euphrat 5. 7.
 Fayûm, Seelandschaft 25. 36.
 Flinders Petrie, englischer Gelehrter 30. 37.
 Forchheimer, Prof., deutscher Gelehrter 78.
 Forum 97.
 Frontinus, römischer Ingenieur 111. 113. 121. 122.
 Garstin, Unterstaatssekretär 53.
 Gebäudehöhe in Rom 110.
 Geflügelte Stiere 22.
 Gewölbbau 19.
 Gla, Riesenburg 68.
 Griechenland, Behörden 88.
 Griechische Ingenieurtechnik 59.
 — Kolonialstädte 61.
 Größenverhältnisse der Städte 106.
 Grünanlagen 97.
 Hadrian, römischer Kaiser 124.
 Hafen Eunostus 86.
 — Mynchia 84. 86.
 — Zea 84. 85.
 Hafengebauten von Alexandria 83.
 — von Amisos 83.
 — „ Ephesos 82.
 — „ Knidos 83.
 — „ Methone 64.
 — „ Mithylene 82.
 — im Piräus 84.
 — von Pylos 64.
 — „ Rhodus 83.
 — „ Samos 82.
 — „ von Seleukia Pieria 88.
 Hagios Georgios Berg 79.
 Hammurabi 12.
 Hängende Gärten 18.
 Hatschepsowet, Königin 98.
 Hawarah, Tempel 36.
 Heben schwerer Lasten 22. 43.
 Heberleitung 123.
 Heeren, deutscher Gelehrter 92.
 Heilige Straßen 70.
 Heptastadium 86.
 Hermodorus aus Salamis, Baukünstler 62.
 Herodes der Große 98.
 Herodot, Babylonien 14.
 —, Hafennole von Samos 83.
 —, Mörisee 30. 31. 35.
 —, Mecho 39.
 —, Pyramidenbau 43.
 —, Wasserleitung von Samos 62.
 Herschel, amerikanischer Ingenieur 120.
 Hippodamos von Milet, Baukünstler 62. 63. 94. 96.
 Hirschfeld, deutscher Gelehrter 93.
 Hiskias 62.
 Hochstraßen bei Mykenä 69.
 Hommel, deutscher Gelehrter 11.
 Humann, deutscher Ingenieur und Forscher 79.
 Hylka 65.
 Ibrahimiyahkanal 51. 52.
 Jericho 98.
 Jbigna, Tigris 12.
 Jomard, französischer Forscher 30. 33.
 Jones, englischer Forscher 17.
 Jonische Märkte 97.
 Josephskanal, Bahr Jussuf 34. 51. 52.
 Kairo 25.
 Kaiser Augustus 121.
 — Caracalla 122.
 — Hadrian 124.
 — Nerva 119.
 — Trajan 17. 124.
 Kallikrates, Baukünstler 62.
 Kanal von Alexandria 77.
 — von Behera 48.
 — „ Menufia 48.
 — „ Nahrwan 17.
 — „ Nahr-malkä 14.
 — „ Pallakopas 15.
 — „ Tewfikiah 48.
 Kanalgabe, Ausströmung 104.

- Kanäle s. Entwässerungskanäle.
 —, Abzugsöffnungen 102.
 Karnak 98.
 Karten von Mykenai 68.
 Karthago, Stadtgröße 108.
 —, Wasserleitung 126.
 Katabothren, unterirdische Abflüsse 65.
 Kengi 12.
 Klärbehälter 118.
 Knidos, Hafenanlagen 83.
 Koldewey, deutscher Forscher 82.
 Königskanal, Nahr-malkä 14.
 Kopaissee, Trockenlegung 65.
 Korinth, Straßenanlagen 99.
 Kos 94.
 Kojchecha-Auslaß 38. 51. 52.
 Kragsteinbrücken 22.
 Krates, Bergwerksingenieur 65. 67.
 Kriegshäfen im Piräus 80.
 Krokodilopolis, Medinet el Fayâm 37.
 Kudur Nabug 12.
 Kurator der Wasserleitungen 121.
 Kujundschik, Ausgrabungen 22.
 Kyrenaika 68.
 Kyrene 68.
 Labyrinth, Tempel bei Hawarah 36.
 Lanciani, italienischer Gelehrter 109.
 Larymna 67.
 Lasten, Hebung 22. 43.
 —, Transport 22. 43.
 Lauth, deutscher Gelehrter 30.
 Layard, englischer Forscher 18.
 Lepère, französischer Ingenieur 40.
 Lepsius, deutscher Gelehrter 30. 31. 33. 43.
 Lesseps, Suezkanal 39.
 Leuchtturm von Alexandria 86.
 Linant de Bellefonds, französischer Ingenieur 30. 33. 34. 35. 47.
 Luxor 25. 98.
 Lyon, Druckleitung 123.
 —, Wasserleitung 123.
 Mahmud Beg 99.
 Markt 96. 97.
 Märkte in Jonien 97.
 Marrana 105.
 Martin, französischer Forscher 30. 33.
 Marzabotto 105.
 Medinet el Fayâm, Krokodilopolis 34. 37.
 Medische Mauer 15.
 Menes, Städtegründer 28. 91.
 Menufia-Kanal 48.
 Mesopotamien 5. 6.
 Metaxadi, Brücke 72.
 Methone, Hafen 64.
 Midea 65.
 Mithylene, Molenbau 82.
 Mohamet Ali 47. 49.
 Molen von Amisos 83.
 — von Mithylene 82.
 — „ Samos 83.
 Mommsen, deutscher Gelehrter 102.
 Moncrieff, englischer Ingenieur 34. 49.
 Mörissee 14. 25. 30. 38.
 Möris, Amenemat III. 31. 32. 36.
 Mougel, französischer Ingenieur 48.
 Munychiahafen 84. 86.
 Mykenae 60. 93.
 Mykenische Hochstraßen 69.
 Nahravân, Kanal 17.
 Nahr el Kelb, Straßenbau 40.
 Nahr-malkä, Königskanal 14.
 Napoleon Bonaparte, Dammbau im Nil 47.
 —, Kanal zwischen dem Roten und Mitteländischen Meer 40.
 Nebukadnezar 14. 19.
 Necho 39.
 Nedscheff, See 15.
 Neronischer Aquädukt 114.
 Nerva, römischer Kaiser 119.
 Niffer (Nippur) 12. 18. 22.
 Nilarm von Damietta 48.
 — von Rosetta 48.
 Nildelta 26.
 Nilschlamm 26.
 Nilschwelle 46.
 Nimrud, Wasserversorgung 19.

- Nimes, Wasserleitung 124.
 Ninive 13. 104.
 Nippur (Niffer) 12. 18. 22.
 Noack, deutscher Gelehrter 99.
 101. 102.
 Nymphäum 114.
 Obelisk, Aufstellung 43.
 Oppert, deutscher Gelehrter 17.
 106.
 Orhomenos, Hauptstadt der Mi-
 nyer 65.
 Pallakopas, Kanal 15.
 Palmyra 94. 98.
 Pamiſos, Brücke 72.
 Parther 16.
 Patara, Druckleitung 77. 78.
 Pergamon, Druckleitung 78. 123.
 —, Säulenstraße 98.
 Perikles 63. 84.
 Pflasterung 99.
 Pflasterverhältnisse von Alexan-
 drien 99.
 — von Antiochia 102.
 — „ Rom 102.
 — „ Smyrna 99.
 Phaleron 84.
 Pharus, Insel 86.
 Pheneos, See 68.
 Philae 25. 53.
 Philon, Baukünstler 62. 85.
 Piräus, Hafenanlagen 84.
 —, Kriegshäfen 80.
 Piräusstadt 63. 97.
 Pompeji, Pflasterung 102.
 Pont du Gard 124.
 Porta Maggiore 116.
 — Tiburtina 116.
 Prachtstraßen 98.
 Priene 94. 95. 96.
 Priester, Ägypten 27.
 Privatleitungen 119.
 Privatwasserbehälter in Rom 119.
 Procopius 122.
 Ptolemäus Philadelphus 40.
 Pylos, Hafen 64.
 Pyramidenbau 43.
 Quellenhäuser 73. 74.
 Rammannira II 13.
 Ramses II. 42.
 Rawlinſon, englischer Forscher
 17.
 Rayânbecken 33. 35.
 René Millet, Generalresident 125.
 Reorganisation der Verwaltung
 in Rom 121.
 Rhodos 83. 94.
 Riesenburg Gla 68.
 Rich, englischer Forscher 17.
 Rom, Entwässerungskanäle 105.
 —, Gebäudehöhe 110.
 —, Pflasterwejen 102.
 —, Privatleitungen 119.
 —, Privatwasserbehälter 119.
 —, Stadtgröße 108. 109.
 —, Straßenbreiten 109.
 —, Verwaltung der Wasserleitungen
 120.
 —, Wasserleitungen 111.
 —, Wassermengen 120.
 Römische Bleirohre 120.
 Rosetta, Stauwerk 49.
 Safieh 10.
 Sakr-el-Ninrud, Staudamm 11.
 Saltus Massipianis 126.
 Salvagny, Heberleitung 123.
 Sammuramat, Semiras 13.
 Samos, Hafenanbauten 82.
 —, Wasserleitung 75.
 Sargon 13.
 Satnioeis 72.
 Schaduf 8.
 Schnellverkehr 106.
 Schweinfurth, deutscher Ge-
 lehrter 30. 37. 38.
 Sehed-Krokodilopolis, Medinet el
 Fayûm 36.
 Sebastije 98.
 Seelandschaft, Fayûm 36.
 See von Nedscheff 15.
 — von Pheneos 68.
 Segovia, Aquadukt 124.
 Seleukia Pieria, Hafen 64. 88.
 Seleukiden 16.
 Semiramis, Sammuramat 13.
 Senacherib 18.
 Seti I. 39.

- Siloahkanal 62.
 Sippira, Bassin 14.
 Siut, Assiut 25.
 Smyrna, Pflasterung 99.
 Soli 98.
 Sostratus von Knidos, Baukünstler 62. 88.
 Sparta 93
 Stadtgrößen 106. 108. 109.
 Städte in Ägypten 91.
 — in Babylonien 91.
 — „ Kleinasien 92.
 — „ Medien 92.
 — „ Persien 92.
 — „ Syrien 92.
 Städtegründer 91.
 Städte, Ausdehnung 106.
 Staudämme 10. 11. 44.
 Stauwehre am Nildelta 48.
 Stauwerk von Damietta 49.
 — von Rosetta 49.
 Steffen, deutscher Forscher 68.
 Steinröhren 123.
 Stephan 46.
 Strabo, hängende Gärten 18.
 —, Kopaissee 65.
 Straße am Nahr-el-Kelb 40.
 Straßenanlagen, Korinth 99.
 Straßenbeleuchtung 110.
 Straßenbreiten 95. 96. 99. 109.
 Suezkanal 39.
 Sulla 85.
 Sumer 11.
 Sumerer 11.
 Syene, Assuan 25.
 Syenit 25.
 Syphon 123.
 Syrakus, Stadtgröße 108.

 Tarragona, Aquädukt 124.
 Tempelbauten von Philae 53.
 Tewfikah-Kanal 48.
 Texier, französischer Forscher 84.
 Theben 98. 99.
 Themistokles 63. 84.
 Theodorich, Gotenkönig 122.
 Theodoros der Samier, Baukünstler 62.
 Theodosius der Große 122.
 Thermen 127.
 Theseus, Städtegründer 91.
 Thutmosis III. 43.
 Tigris 5. 7. 16.
 Tyrus (Tyroth) 60. 93.
 Tonrohr 75.
 Transport schwerer Lasten 22. 43.
 Trajan, römischer Kaiser 17. 124.
 Trittsteine 102.
 Trockenlegung, Kopaissee 65.
 —, See von Pheneos 68.
 Trottoire 99.
 Tjanasee 58.
 Tuskati-Mindar II. 13.
 Tunis, Wasserleitungen 125.
 Tunnel von Jerusalem 62.
 — von Samos 75.
 Tyrannen, Schöpfer von Ingenieurbauwerken 61. 74.

 Überflutungsdauer 45.
 Überstauung 29. 44. 47.
 Ulb-Kun-ki (Euphrat) 12.
 Unterirdische Abflüsse, Katabothren 65.
 Ur Gur 18.

 Verbindungskanal zwischen dem Roten und Mittelländischen Meer 39.
 Verwaltung der Wasserleitungen 120.
 via Antoniniana 42.
 Victoria Nyanza 58.
 Vitruv, römischer Schriftsteller 118.
 Vorsteher der Arbeiten in Ägypten 27.
 — des Mauerbaues 88.

 Wady Rayân 25.
 Wagengleise 69.
 Wasserbassin bei Sippira 14.
 Wasserbeden bei Bavian 19.
 Wasserleitung 103.
 —, Matri 123.
 —, Arelatum 123.
 —, Apendus 123.
 —, Dugga 126.
 —, Karthago 126.
 —, Kurator 121.

- Wasserleitung, Lyon 123.
 —, Niffer (Nimrud) 18. 19.
 —, Nimes 124.
 —, Nimrud (Niffer) 18. 19.
 —, Patara 77.
 —, Pergamon 78. 123.
 —, Rom 111.
 —, Samos 62. 75.
 —, Segovia 124.
 —, Tarragona 124.
 —, Tunis 125
 Wassermengen 120.
 Wasserichloß 118.
 Wasserverteilung 118. 120.
 Webb, englischer Ingenieur 57.
 Whitehouse, amerikanischer Ge-
 lehrter 30. 33. 34. 35. 53.
 Willcocks, englischer Ingenieur
 27. 28. 29. 49. 53. 57.
 Wilson, englischer Ingenieur 57.
 Winkler, deutscher Gelehrter 11.
 Wohnungsnot 108.
 Zeahafen 84. 85.
 Zeughaus am Zeahafen 86.
 Zisternen 126.
 Zuckerrohr 47.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
 KRAKÓW

Verzeichniss der Abbildungen nebst Quellennachweis.

		Seite
Abb.	1. Lageplan von Babylonien	5
=	2. Schaduf (Westermanns Monatshefte)	9
=	3. Sakieh (Mag. Eyth: Das Wasser im alten und neuen Ägypten. Berlin 1891)	10
=	4. Kragsteinbrücke	22
=	5. Hebung einer Steinfigur } Layard: Niniveh and	20. 21
=	6. Transport einer Steinfigur } Babylon	
=	7. Lageplan des Nils	25
=	8. Landschaft im Fayûm (Westermanns Monatshefte)	31
=	9. Querschnitt durch das Fayûm (Brown, Major R. S.: Fayûm and Lake Moeris)	32
=	10. Fayûm und Wady Rahân (desgl.)	34
=	11. Mörissjee nach Brown (desgl.)	36
=	12. Straße an der Mündung des Nahr el Kelb (Cassas: Voyage pittoresque de la Syrie, de la Phénice, de la Palaestine et de la Basse Aegypte)	41
=	13. Transport einer ägyptischen Steinfigur	42
=	14. Aufstellung eines Obelisken (Schweizerische Bauzeitg. 1898)	43
=	15. Höhenlage des Landes und Nilwasserstände	45
=	16. Lageplan der Barrage du Nil	48
=	17. Dammbau von Assiut (nach Originalphotographie des Ingenieur Benjamin Baker)	58
=	18. Lageplan des Staudammes von Assuan (The Engi- neer 1902)	54
=	19. Querschnitt des Staudammes von Assuan	55
=	20. Totalansicht des Staudammes von Assuan	58
=	21. Dammbau von Assuan (Herstellung der Abschlußdämme)	58
=	22. Dammbau von Assuan (die Abschluß- dämme von Habb's Island ge- sehen)	
=	23. Lageplan des Kopaisseebeckens (Curt Merckel: Die In- genieurtechnik im Altertum)	66
=	24. Brücke über den Satnioeis (Bohn: Die Ausgrabung zu Assos. Deutsche Bauzeitung 1883)	72
=	25. Lageplan des Wasserleitungstunnels von Samos	74

Abb. 26.	Stollen und Graben des Wasserleitungstunnels von Samos (Fabricius: Mitt. d. Kais. deutsch. archäolog. Instituts in Athen. Neunter Jahrg. 1884)	75
= 27. 28.	Griechische Wasserleitungsröhren (s. unter 26)	76
= 29.	Druckleitung von Patara (Texier: Description de l'Asie Mineure)	77
= 30.	Druckleitung von Pergamon (Gräber: Die Wasserleitungen von Pergamon. Abh. d. Akad. d. Wissenschaften zu Berlin 1887)	79
= 31.	Querschnitt der Hafenniose von Mithlene	82
= 32.	Lageplan der Hafenhauten im Piräus (Hirschfeld: Die Peiraieusstadt. Berichte der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften 1878)	85
= 33.	Lageplan von Alexandria (Ferd. Noack: Neuere Untersuchungen in Alexandrien. Mitt. d. Kais. deutschen archäolog. Inst. Athenische Abt. 1900. Bd. XXV)	87
= 34.	Leuchtturm von Alexandria (Zeitschrift für Bauwesen 1901)	89
= 35.	Lageplan von Priene (Jahrb. d. kais. deutsch. archäolog. Instituts 1897 Bd. XII)	95
= 36.	Lageplan von Palmyra	} Cassas s. oben 100
= 37.	Überreste der Säulenstraße von Palmyra	
= 38.	Straße in Pompeji	103
= 39.	Größenverhältnisse antiker Städte (Arthur Schneider: Das alte Rom)	107
= 40.	Neronischer Aquädukt (Piranesi)	115
= 41.	Porta Maggiore (Piranesi)	117
= 42.	Schema d. römischen Wasserverteilungsweise (Curt Merkel: Die Ingenieurtechnik im Altertum)	118
= 43.	Aquädukt von Segovia	125

S-96

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301525

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000295884