

BONNER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

Herausgegeben von

C. Troll - H. Hahn - W. Kuls - W. Lauer - P. Höllermann
Schriftleitung: H.-J. Ruckert

Heft 52

Cornel Braun

Teheran, Marrakesch und Madrid

Ihre Wasserversorgung mit Hilfe von Qanaten

**Eine stadtgeographische Konvergenz auf
kulturhistorischer Grundlage**

1974

In Kommission bei
Ferdinand Dümmlers Verlag - Bonn

Cornel Braun / Teheran, Marrakesch und Madrid
Ihre Wasserversorgung mit Hilfe von Qanaten
Eine stadtgeographische Konvergenz auf kulturhistorischer Grundlage

BONNER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

Herausgegeben von

C. Troll H. Hahn W. Kuls W. Lauer P. Höllermann

Schriftleitung: H.-J. Ruckert

Heft 52

Cornel Braun

Teheran, Marrakesch und Madrid

Ihre Wasserversorgung mit Hilfe von Qanaten

**Eine stadtgeographische Konvergenz auf
kulturhistorischer Grundlage**



1974

In Kommission bei
FERD. DÜMMLERS VERLAG · BONN

— Dümmlerbuch 7552 —

Teheran, Marrakesch und Madrid

Ihre Wasserversorgung mit Hilfe von Qanaten

**Eine stadtgeographische Konvergenz auf
kulturhistorischer Grundlage**


von

Cornel Braun

**Mit 9 Tabellen, 44 Abbildungen im Anhang,
3 Beilagen und einem 6-seitigen English Summary**

In Kommission bei

FERD. DÜMMLERS VERLAG . BONN

 ümmlerbuch 7552

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 3-427-75521-5

Herstellung: Ludwig Leopold KG, Bonn

VORWORT

Die vorliegende Arbeit, deren Studienobjekte in drei verschiedenen Erdteilen liegen, konnte nur mit der freundlichen Unterstützung von vielen Seiten im In- und Ausland durchgeführt werden.

An erster Stelle möchte ich meinem verehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. Dr. h. c. C. Troll danken, der diese Studie anregte, an ihrem Fortgang regen Anteil nahm und ihre Vollendung mit Rat und Tat unterstützte.

Dank gebührt auch dem Deutschen Akademischen Austauschdienst und dem Cusanuswerk, die mir durch Promotionsstipendien Geldmittel für die Reisen und die Zeit der Ausarbeitung zur Verfügung gestellt haben.

Die Hilfe, die ich in Teheran von vielen Stellen erfuhr, läßt sich nicht im einzelnen aufzählen. Hervorheben möchte ich aber die Unterstützung, die mir vom Direktor des dortigen Geographischen Instituts Herrn Dr. Mostofi, dem Dozenten Herrn Dr. Moschiri und dem Assistenten Pour-naseh zuteil wurde.

Besonders danken möchte ich an dieser Stelle auch Herrn Sarlak, der mir in großzügiger und selbstloser Weise bei der Übertragung persischer Texte geholfen hat, sowie Herrn Dr. Nadji-Esfahani für seine freundschaftlichen Hinweise. Ebenso sage ich Herrn Moulay Brahim Lagdim in Marrakesch für seine sachdienlichen Auskünfte aufrichtigen Dank.

Bei meinen Recherchen in Madrid erfuhr ich die freundliche Unterstützung von Herrn Prof. Dr. Casas Torres. In besonderem Maße bin ich Herrn Dr. Sanz García dafür verbunden, daß er mir die Türen zu den Archiven, Bibliotheken und Ämtern geöffnet hat, sowie seinem Sohne Juan José, der mir in kameradschaftlicher Weise bei der Materialbeschaffung behilflich war.

PROLOG

Die vorliegende Arbeit ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären. Sie ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären. Sie ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären.

Die vorliegende Arbeit ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären. Sie ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären. Sie ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären.

Die vorliegende Arbeit ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären. Sie ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären. Sie ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären.

Die vorliegende Arbeit ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären. Sie ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären. Sie ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären.

Die vorliegende Arbeit ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären. Sie ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären. Sie ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären.

Die vorliegende Arbeit ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären. Sie ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären. Sie ist ein Versuch, die in der vorliegenden Arbeit behandelten Fragen zu klären.

A. Übersicht über die Qanattechnik	1
I. Die Entstehung der Qanattechnik und ihre Anwendung im Altertum	1
1. Erläuterung des Begriffs „Qanat“	1
2. Etymologie des Wortes „Qanat“ („Karez“)	1
3. Entstehung der Qanattechnik	2
4. Qanate im Altertum; Verbreitung und Bedeutung	2
a) Prächämenidische Zeit	2
b) Zeit der Achämeniden	3
c) Zur Zeit der Parther und Sassaniden	4
d) Die Rolle der Qanate in der Kulturgeschichte des Hochlandes von Iran	4
e) Qanate auf der Arabischen Halbinsel, im Persischen Golf und im Levantegebiet	5
f) Die Cuniculi der Etrusker und Römer; Problematik der Übertragung	5
II. Bau, Betrieb und Funktion	6
1. Die Handschrift von Karadji	6
2. Die Moqannis, Facharbeiter des Qanatbaus	7
3. Wahl des Standorts	7
4. Vermessung des Terrains	8
5. Die Bauausführung	9
6. Bauzeit	11
7. Instandhaltung	12
8. Die Schüttmenge	12
9. Die Wasserqualität	13
10. Anwendungsbereich	14
11. Einfluß der Qanatbewässerung auf Kulturlandschaft und Sozialstruktur	15
III. Ausbreitung und Vorkommen der Qanatbewässerung	17
1. Allgemeines	17
2. Kareze auf dem Hochland von Iran	18
3. Verbreitung in Zentralasien	19
4. Vorkommen im Nordwesten und Westen Irans	20
5. Qanate auf der Arabischen Halbinsel	20
6. Qanate in Syrien, Jordanien und auf Zypern	21
7. Verbreitung in Nordafrika, auf Sizilien und den Kanarischen Inseln	22
8. Qanate auf der Iberischen Halbinsel	25
9. Qanatvorkommen in der Neuen Welt	27
10. Übertragung oder kulturgeographische Konvergenz?	27

B. Untersuchung der Qanat-Wasserversorgung der Vergleichsstädte	29
I. Teheran	29
1. Das Teheraner Qanatsystem vor dem Bau des Amir-Kabir-Staudamms; Anlage, Betrieb und Funktion	29
a) Vorbemerkung	29
b) Die Lage der Stadt	29
c) Beschreibung der Qanate	30
d) Die Schüttmenge	35
e) Die Wasserbeschaffenheit	36
f) Die Wasserverteilung	36
2. Die ökologischen Grundlagen der Teheraner Wasserversorgung	38
a) Einführung	38
b) Geomorphologischer und geologischer Aufbau der Teheraner Umgebung	38
c) Klimaökologie des Raumes Teheran	40
d) Die hydrographischen Verhältnisse	42
3. Der Ausbau des Qanatnetzes in Beziehung zur Entwicklung der Stadt	44
a) Allgemeines zur Siedlungsgeschichte des Iranischen Hochlandes	44
b) Die Stadt Rhages, die Vorläuferin Teherans	44
c) Teheran von den Anfängen bis zur Erhebung zur Hauptstadt	47
d) Die Hauptstadt der Qadjaren	49
e) Wandlung zur modernen Großstadt und Ablösung des Qanatsystems	55
II. Marrakesch	58
1. Die Khattaras von Marrakesch vor dem Bau des Cavagnac-Staudammes	58
a) Die Lage der Stadt in Beziehung zu ihrer Wasserversorgung	58
b) Verlauf des Khattaras	59
c) Weitere Quellen der Wasserversorgung	62
d) Die geförderte Wassermenge	62
e) Die Wasserverteilung	63
f) Die Beschaffenheit des Wassers	64
g) Bau und Erbauer	64
h) Eigentumsverhältnisse und Verwaltung	66
i) Einfluß der Khattaras auf die Struktur der Stadt	66

2. Die ökologischen Grundlagen	67
a) Einführung	67
b) Die geologische und geomorphologische Situation	67
c) Das Klima des Untersuchungsgebietes	68
d) Die hydrographischen Verhältnisse	69
3. Die Rolle der Khattaras im Verlauf der Stadtgeschichte	70
a) Die Wahl des Siedlungsortes und die Gründung Marrakeschs	70
b) Die Zeit der Almoraviden und Almohaden	71
c) Marrakesch unter den Meriniden und Saadiern	74
d) Die Residenz der Alouiten	75
e) Marrakesch nach 1912	77
III. Madrid	77
1. Die Qanate („Viages“) der Stadt Madrid; Anlage, Zustand, Betrieb und Funktion	77
2. Die landschaftsökologischen Grundlagen der Madrider Qanate	91
a) Einführung	91
b) Geologischer Aufbau und Oberflächengestalt des Untersuchungsgebietes	92
c) Klima und Grundwasserverhältnisse	93
3. Der Einfluß der Qanat-Wasserversorgung auf die geschichtliche Entwicklung Madrids	97
Zusammenfassung und Vergleich	112
English Summary	113
Literaturverzeichnis	119

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

- Abb. 1 Grundriß und Aufriß eines iranischen Qanatsystems
- Abb. 2 Geschlossene und offene Röhrenlibelle nach Karadji
- Abb. 3 Nivelliergerät mit Schnurlot
- Abb. 4 Geeichter Gradbogen
- Abb. 5 Verfahren zur Bestimmung der Schachttiefe
- Abb. 6 Verfahren zur Übertragung des Stollenverlaufs bei unregelmäßiger Streckenführung
- Abb. 7 Gefällsprofile ausgewählter Qanate auf der Veraminebene (Iran)
- Abb. 8 Entwicklung des Abflusses des Qanat-e Shah (Teheran)
- Abb. 9 Karezbewässerte Flur in Afghanistan
- Abb. 10 Übersichtskarte
- Abb. 11 Abflußganglinien des Qanats der britischen Botschaft
- Abb. 12 Bevölkerungsdichte in Teheran 1956
- Abb. 13 Windrichtung und Windstärke in Teheran-Mehrabad (1951—1955)
- Abb. 14 Thermoisoplethendiagramm von Teheran
- Abb. 15 Die Wasserbilanz bei Teheran
- Abb. 16 Abflußgang des Djadjerud
- Abb. 17 Etagenförmige Anordnung der Qanatsysteme auf der südlichen Teheranebene
- Abb. 18 Teheran um 1850
- Abb. 19 Bevölkerungsentwicklung Teherans
- Abb. 20 Die Medina von Marrakesch
- Abb. 21 Das Wasserverteilungsnetz in Marrakesch
- Abb. 22 Karte der Khattaras von Marrakesch
- Abb. 23 Abflußgang ausgewählter Khattarasysteme auf dem Haouz
- Abb. 24 Wasserverteilungsbecken
- Abb. 25 Vorrichtung zur Erhaltung des Leitungsdrucks
- Abb. 26 Mittlere monatliche Niederschläge und Temperaturen in Marrakesch
- Abb. 27 Meseta von Madrid und Sierra Guadarrama
- Abb. 28 Querschnitt eines unbefestigten Stollens
- Abb. 29 Querschnitt eines befestigten Stollens
- Abb. 30 Verlauf der Qanate Alcubilla und Castellana
- Abb. 31 Verlauf der Qanate Abroñigal Alto und Abroñigal Bajo
- Abb. 32 Durchlaufmeßgerät
- Abb. 33 Verteilungsbecken
- Abb. 34 Verteilungsbecken
- Abb. 35 Monatsmitteltemperaturen und mittlere Extreme in Madrid/Retiro
- Abb. 36 Thermoisoplethendiagramm für Madrid

- Abb. 37 Mittlere Monatsniederschläge in Madrid
- Abb. 38 Häufigkeit der Niederschlagswerte in Madrid
- Abb. 39 Klimadiagramm von Madrid
- Abb. 40 Alte Qanatanlagen in Madrid
- Abb. 41 Schüttmenge der vier ertragsstärksten Qanate
- Abb. 42 Die Bevölkerungsentwicklung Madrids
- Abb. 43 Wasserversorgungsanlage eines iranischen Hauses (aus Schellenberg)
- Abb. 44 Vergleichende Lageskizze der drei Städte

VERZEICHNIS DER TABELLEN UND KARTENBEILAGEN

- Tab. 1 Vortriebsgeschwindigkeit beim Qanatbau
- Tab. 2 Salzgehalt von Fluß-, Qanat- und Brunnenwasser
- Tab. 3 Wasseranalyse ausgewählter Qanate in Teheran
- Tab. 4 Klimadaten von Teheran/Mehrabad
- Tab. 5 Wandel der Klimaelemente mit der Höhe (Teheran)
- Tab. 6 Vergleichende Analysen von Khattara-, Brunnen- und Seguiwasser
- Tab. 7 Die mittleren monatlichen Abflußmengen der Qued Nfis, Reraya und Ourika
- Tab. 8 Vergleichende Analysen von Fluß- und Qanatwasser (Madrid)
- Tab. 9 Wandel der Klimaelemente mit der Höhe (Madrid)

Kartenbeilage 1: Die Qanate der Stadt Teheran

Kartenbeilage 2: Karte der Khattaras auf dem Haouz von Marrakesch

Kartenbeilage 3: Das Qanatsystem von Madrid um 1750

Abb. 27	Veränderung der Zellgröße im Alter
Abb. 28	Veränderung der Zellgröße im Alter
Abb. 29	Veränderung der Zellgröße im Alter
Abb. 30	Veränderung der Zellgröße im Alter
Abb. 31	Veränderung der Zellgröße im Alter
Abb. 32	Veränderung der Zellgröße im Alter
Abb. 33	Veränderung der Zellgröße im Alter
Abb. 34	Veränderung der Zellgröße im Alter
Abb. 35	Veränderung der Zellgröße im Alter

VERÄNDERUNG DER ZELLEN IM ALTER

Tab. 1	Veränderung der Zellgröße im Alter
Tab. 2	Veränderung der Zellgröße im Alter
Tab. 3	Veränderung der Zellgröße im Alter
Tab. 4	Veränderung der Zellgröße im Alter
Tab. 5	Veränderung der Zellgröße im Alter
Tab. 6	Veränderung der Zellgröße im Alter
Tab. 7	Veränderung der Zellgröße im Alter
Tab. 8	Veränderung der Zellgröße im Alter
Tab. 9	Veränderung der Zellgröße im Alter

Veränderung der Zellgröße im Alter
 Veränderung der Zellgröße im Alter
 Veränderung der Zellgröße im Alter

A. ÜBERSICHT ÜBER DIE QANATTECHNIK

I. Die Entstehung der Qanattechnik und ihre Anwendung im Altertum

Viele Trockengebiete der Erde werden von Gebirgen gesäumt. In der Alten Welt begleiten sie den großen afro-asiatischen Trockengürtel vom Atlassystem bis hin zu den Gebirgsketten Zentralasiens. Sie erhalten verhältnismäßig hohe Niederschläge und sind z. T. bis in den Sommer hinein schneebedeckt. Sie bilden so klimatisch einen bemerkenswerten Gegensatz zu den angrenzenden Steppen und Wüsten.

In diesen Gebirgen nehmen zahlreiche Gewässer ihren Anfang, von denen einige wasserreich genug sind, um noch in großer Entfernung von ihrem Quellgebiet Bewässerungskulturen zu ermöglichen (O. Sus, Tigris, Murgab, Tarim u. v. a.). Ein Großteil der Niederschläge, die auf den Gebirgen niedergehen, versickert jedoch schon in den Schuttschleppen an ihrem Fuß und speist dort bedeutende, aber tief liegende Grundwasserlager, die der direkten Nutzung zunächst entzogen sind.

Der Mensch hat es aber schon im Altertum verstanden, sich mit einem genialen Verfahren Zugang zu diesen Lagerstätten zu verschaffen: mit Hilfe unterirdischer Kanäle, der Kareze oder Qanate. Solche Qanate sind gegenwärtig v. a. im pas-satisch-kontinentalen Trockengürtel der Alten Welt zu finden; außerdem in einigen trockenen Regionen Nord- und Südamerikas. Ihr Hauptverbreitungsgebiet ist jedoch das Hochland von Iran (s. S. 17 f.).

1. Erläuterung des Begriffs „Qanat“

Qanate sind unterirdische Bewässerungskanäle, die das Grundwasser anzapfen und es unter Ausnutzung des natürlichen Gefälles an die Oberfläche leiten. Dazu muß die Oberfläche ein größeres Gefälle aufweisen als die Qanatsohle, so daß das Wasser nach einer bestimmten Laufstrecke zutage gefördert werden kann. Die Anlage von Qanaten setzt Grundwasservorkommen und abschüssiges Terrain voraus.

Im oberen Teil eines Qanats, im Grundwasserbereich (s. Abb. 1 Abschnitt A—B), wird Wasser gesammelt, während der untere Abschnitt (B—C) der Weiterleitung dient. Die Verbindung des unterirdischen Kanals mit der Außenwelt wird durch senkrechte Schächte, die in bestimmten Abständen gegraben werden, hergestellt. Sie dienen beim Bau des Stollens der Beseitigung des Aushubs und der Luftzufuhr, nach seiner Fertigstellung der Überwachung und Instandhaltung.

2. Etymologie des Wortes „Qanat“ („Karez“)

Das Wort „Qanat“ (Plur. Qanawat; Quni, Aqniya) ist arabisch und entstammt dem Altsemitischen, wahrscheinlich dem Akkadischen. Es kommt von der Wurzel „Qanu“ (= Rohr), auf die auch das griechische *qanna*, das lateinische *cana*, außerdem *canal*, *Kenndel*, *channel* u. a. zurückgehen. Es gelangte über das Aramäische ins Arabische (*Minorsky*, 1927).

Nach einer anderen Deutung leitet sich „Qanat“ vom belutschischen „Qahn“ (= Brunnen) ab, dessen Plural „Qahnha“ unter arabischem Einfluß zu „Qa(h)-nat“ wurde.

Die persische Bezeichnung ist „Karez“. Sie hängt mit dem iranischen Verb „rihtan“ (= gießen) zusammen und kommt wie „Qanat“ in vielen Orts- und Flurnamen als Prae- oder Suffix (z. B. Kahrizak) vor ¹⁾. „Karez“ wird mehr im östlichen Teil des Iranischen Hochlands gebraucht, während man im westlichen eher von „Qanat“ spricht. *Goblot* (1965) hält „Qanat“ für die ursprüngliche Bezeichnung, da zur Entstehungszeit der Qanattechnik die akkadische Sprache im Ursprungsraum (s. u.) weit verbreitet war und viel gesprochen wurde.

3. Entstehung der Qanattechnik

Es läßt sich daraus entnehmen, daß die Kunst des Qanatbaus bereits im Altertum entwickelt worden ist. Eine exakte Zeitangabe ist allerdings noch nicht möglich. Die ältesten Hinweise finden sich in Armenien. Sie stammen aus der Zeit der Urartu, einem indo-iranischen Volk, das für die Geschichte und Kultur Irans große Bedeutung hat (*Wiessner*, 1966, S. 524). Die Urartäer bildeten von 900—600 v. Chr. ein Reich, das in seiner Blütezeit bis in den westlichen Iran reichte und dessen Hochkultur bedeutende technische Leistungen hervorgebracht hat. Sie war ein Zentrum für Metallbearbeitung und Bergbau, was in diesem Zusammenhang von besonderer Bedeutung ist.

Nach Ansicht mancher Autoren gibt es nämlich gute Gründe, die eine Beziehung zwischen dem Untertagebau von Erzen in jener Zeit und der Entwicklung der Qanattechnik nahelegen: Die Erze wurden schon damals in vertikalen Schächten gewonnen, die man nach dem Erreichen der fündigen Schicht miteinander verband (*Forbes*, 1955). Grub man die vertikalen Schächte in den für die dortige Landesnatur typischen Schuttschleppen der Gebirge, so stieß man auf Grundwasser, das den Fortgang der Arbeiten behinderte. Dabei ist es den Bergleuten — bewußt oder durch Zufall — gelungen, in einem steil abfallenden Schwemmfächer den horizontalen Verbindungsschacht bis an die Oberfläche durchzuziehen, so daß das Grundwasser abfließen konnte (*Goblot*, 1965). Das war die Geburtsstunde der Qanattechnik.

4. Qanate im Altertum, Verbreitung und Bedeutung

a) Prä-Achämenidische Zeit

Erstaunlicherweise gibt es heute noch in Funktion befindliche Qanate aus der Zeit der Urartu, und zwar in dem ariden, intramontanen Becken des Vansees und im Quellgebiet des Tigris in der Südosttürkei (nach *Hartman* aus *Humlum*, 1965). Außer den Karezen sind noch eine Staumauer und der Menuaskanal ²⁾ aus jener Zeit erhalten (*Lehman-Haupt*, 1910—28), eindrucksvolle Zeugen der hochstehenden Bewässerungskunst dieses Volkes.

Den ältesten Hinweis auf die Versorgung einer städtischen Siedlung durch Qanate und zugleich ihren ersten schriftlichen Nachweis überhaupt gibt eine assyrische Keilschrift aus der Zeit Sargons II. (722—705 v. Chr.):

¹⁾ Die Silbe „Qah“ in Ortsnamen wie Qah-Jaristan, Qah-Davijan leitet sich nach *Wulff* ebenfalls von „Kariz“ ab (1968, S. 250).

²⁾ Menuas, König der Urartäer, um 800 v. Chr.

Während eines Feldzugs gegen das im Norden angrenzende Urartu belagerte nämlich König Sargon die Stadt Ulhu in der Nähe des Rezaiyeh-Sees (Urmia-See), zerstörte sie und verwüstete ihr Bewässerungssystem. Seine Beschreibung in der Keilschrift legt nahe, daß es sich dabei um ein Qanatssystem gehandelt hat (*Lassøe*, 1951). Reste davon fand *E. Wright* beim heutigen Ula im Nordwesten des Rezaiyeh-Sees (1943).

Sargon II. brachte die bewunderte Technik mit nach Assyrien, wo sie daraufhin an mehreren Stellen eingesetzt wurde. Sein Sohn Sennacherib (705—681 v. Chr.) legte Qanate bei Niniveh und Arbela, dem heutigen Erbil, an. Diese Stadt wird gegenwärtig von einem 20 km langen, alle 45 m mit einem Schacht versehenen Stollen versorgt, der noch aus assyrischer Zeit stammt und eine Inschrift Sennacheribs trägt (*Mac Fadyen*, 1942, S. 195—6). Die Vermutung liegt nahe, daß auch bei anderen assyrischen Städten Qanate gebaut worden sind, da das Wasser des Tigris sich als Trinkwasser schlecht eignet (*Bromehead*, 1942; *Singer, Holmyard, Hall*, 1954).

Auch den Medern, den Überwindern des assyrischen Reiches, war die Kunst des Qanatbaus bekannt. Ihre städtischen Zentren Ecbatana, heute Hamadan, und Rhagai, das jetzige Rei südlich Teheran, nutzten die Grundwasservorräte mit Hilfe der Kareze. Von Ecbatana wird berichtet, daß es i. J. 626 v. Chr. durch die Blockierung seiner Kareze zur Übergabe gezwungen wurde (*Goblot*, 1963). Über die Situation von Rhagai wird im Zusammenhang mit Teheran (s. S. 44 f) noch ausführlich gesprochen.

b) Die Zeit der Achämeniden

Unter den achämenidischen Königen war die Qanatbewässerung auf dem Hochland von Iran, dem Kernland der Dynastie, bereits allgemein in Gebrauch. Viele Siedlungsneugründungen erfolgten auf der Basis dieser Technik (*Goblot*, 1963). Wie *Merliček* (1941) versichert, war auch die Palaststadt Persepolis von Anfang an auf Qanatversorgung angelegt. Vieles spricht sogar dafür, daß den Qanaten in jener Zeit eine wichtige wirtschaftliche Rolle zukommt und daß sie eine wesentliche, von den Historikern kaum beachtete Voraussetzung für die Macht des persischen Weltreiches (550—330 v. Chr.) darstellen (*Troll*, 1963, 1967).

Mit Ausdehnung des Reiches wurden Qanate auch in den eroberten Ländern bekannt. In Nordwestindien (pers. 550—330 v. Chr.) waren sie nach dem griechischen Historiker *Megasthenes* (ca. 300 v. Chr.) so häufig, daß offizielle Angestellte notwendig waren, um für die gerechte Wasserverteilung zu sorgen (XXXIV, 1).

Unter Darius I. drang die Kareztechnik nach Ägypten, das seit 525 persische Satrapie war. Auf seine Anordnung hin legte der griechische Techniker Scylax Qanate in der Oase Kharga an, Anlagen, die bis heute überdauert haben (*Beadnell*, 1909; *Schamp*, 1967). Die Literatur berichtet von weiteren Fundstellen alter Qanate in Ägypten: so in den Oasen Farafra und Bahariya in der Libysch-ägyptischen Wüste (*Awad*, 1958). Nach *Murray* (1955) erhielt die alte Klostersiedlung Abu Mina (St. Menas), die bei Alexandria lag und um 100 n. Chr. aufgegeben wurde, ihre Wasserversorgung ebenfalls durch eine Qanatanlage.

Ein weiteres Vorkommen wurde im Jahre 1931 westlich von Marsa Matruh entdeckt. Man vermutet, daß dieser Qanat die Truppen Cäsars bei der Belagerung

Alexandrias (48 v. Chr.) mit Trinkwasser versorgt hat (*Walpole*, 1933). Ob diese Anlage oder die eine oder andere der vorher genannten römischen Ursprungs sind oder schon unter persischer Besetzung gebaut wurden, ist noch ungeklärt.

c) Zur Zeit der Parther und Sassaniden

Von dem griechisch-römischen Historiker *Polybios* (200—120 v. Chr.) wissen wir, daß die wirtschaftliche Rolle der Qanatbewässerung auf dem iranischen Hochland auch unter den Parthern bedeutend war. Unter den Arsakiden, der 3. Dynastie des Partherreiches, so berichtet er, gaben sich die am Südrand des Elbursgebirges lebenden Menschen alle Mühe, mit Hilfe unterirdischer Kanäle Wasser aus großer Entfernung heranzuführen.

Die parthische Hauptstadt Hekatompylos versorgten stabil ausgemauerte Kareze, von denen *Schindler* in der Nähe von Damaghan noch Reste gesehen hat (1877). *Polybios* schreibt, daß der Herrscher Arsakes beim Heranrücken Antiochus des Großen diese Anlagen zerstören ließ.

Auch der heutige Ort Nishapur bei Meshed, eine prächtige Stadt unter den Sassaniden (226—651) und noch Jahrhunderte später von *Ibn Battuta* (1304 bis 1377) als „Klein-Damaskus“ bezeichnet, war auf ein weitläufiges Karezsystem gegründet, zu dessen Stollennetz man von den Häusern aus über großzügige Treppenanlagen hinabsteigen konnte³⁾ (z. T. nach *Mez*, 1922).

d) Die Rolle der Qanate in der Kulturgeschichte des Hochlandes von Iran

Das deutet schon an, daß die Qanatechnik auch im Mittelalter nicht an Bedeutung verloren hat. Schilderungen arabischer und persischer Geographen beweisen das eindeutig (s. Abschnitt Teheran). Es gibt auch Berichte europäischer Reisender jener Zeit, die sie gesehen haben, darunter Marco Polo, der auf seiner Reise nach China die Wüsten Innerirans durchquert hat (1271) (zitiert nach *Charignon*, 1924, Vol. I, S. 68—69). Er schreibt: „Nach diesen drei Wüstentagen trifft man auf einen Fluß frischen Wassers, der unterirdisch fließt, längs dessen da und dort Öffnungen angebracht sind, . . . durch welche man ihn sehen kann . . .“ Zweifellos ist dieser „unterirdische Fluß“ ein Qanat gewesen.

Unbekannt war bisher, daß sein Landsmann *Barbaro*, der Persien 150 Jahre später bereist hat, die unterirdischen Kanäle ausführlich beschreibt und sogar etwas über ihre Bauweise sagt (zitiert nach der mittenglischen Übersetzung von Thomas und Roy): „ . . . sie pflegen ihr Wasser 4 und 5 Tagereisen weit unterirdisch von den Flüssen, von wo sie es herholen, wegzuleiten, und das auf folgende Weise. Nahe beim Fluß graben sie einen Schacht wie für einen Brunnen, von dort graben sie unter Verwendung von Wasserwaagen⁴⁾ auf die Stelle zu, zu der sie es leiten wollen; so daß die Anlage nach Art eines Kanals immer mehr verlängert wird: Dieser Kanal ist tiefer als die Sohle des vorher genannten Schachts, und wenn sie etwa 20 Schritte von diesem Kanal gegraben haben, dann graben sie einen weiteren Schacht ähnlich wie den ersten, und so leiten sie das Wasser von Schacht zu Schacht durch den Kanal, wohin sie es haben wollen.“

³⁾ Nach *Sykes* tragen viele der alten Kareze bei Nishapur den Namen der Tahiri Dynastie, die Khorassan im 9. Jahrhundert beherrschte.

⁴⁾ Hiermit wird der Gebrauch von Nivelliergeräten bestätigt, wie er von *Karadji* beschrieben wurde (s. u.).

Es kann kein Zweifel bestehen, daß Bewässerung mittels Qanaten für die Kultur auf dem iranischen Hochland eine ähnlich bedeutende Rolle gespielt hat wie die Nutzung des Flußwassers für die Geschichte Ägyptens und der mesopotamischen Hochkulturen. Sie gewährleistete innerhalb einer wüstenhaften Umwelt nicht nur die lebensnotwendige Wasserversorgung von Mensch und Vieh und die Inwert-Setzung der anbaufähigen Böden, sondern hatte zweifellos auch soziale Auswirkungen: sie zwang zur Zusammenarbeit, förderte Arbeitsteilung und Organisation und lenkte, wie noch zu zeigen sein wird, den Blick auf Wissenschaft und Technik (vgl. *Troll*, 1967, S. 4 f.).

e) Qanate auf der Arabischen Halbinsel, im Persischen Golf und im Levantegebiet

Schon lange vor Christus muß die Qanatechnik auf die Arabische Halbinsel übertragen worden sein. Schon die von chaldäischen Flüchtlingen gegründete, im Altertum bedeutende Hafenstadt Gerrha beim heutigen Qatif bezog das Trinkwasser nachweislich aus einem Qanatsystem⁵⁾. Auch das biblische Dedan an der alten Weihrauchstraße bei Al Ula in Hidschas hatte mehrere Kareze, wie *Doughty* (1888) und später *Jaussen* und *Savagnac* (1920, II., S. 32) feststellten. Interessant, daß man auch den Karezen in Oman ein hohes Alter zuschreibt (s. S. 20/21).

Wann und durch wen die Technik nach Arabien gebracht wurde, ob durch die Perser oder schon früher durch seefahrende Chaldäer, läßt sich noch nicht entscheiden.

Aus alter Zeit stammen auch die Qanatanlagen auf den Inseln Al-Kais (*Stiffe*, 1896, I., S. 645) und Khargh (*Melamid*, 1970, S. 179) im Persischen Golf.

Hierhin gehören auch die Qanate der in der Antike hochberühmten Oase Palmyra in der Syrischen Wüste, von denen *Huntington* (1935) berichtet. Man weiß nichts Genaues über ihr Alter. Möglicherweise wurden sie unter persischem Einfluß erbaut. *Huntington* zufolge haben die Qanatbauten wesentlich zum Wohlstand und zur Macht Palmyras beigetragen, bevor die Stadtoase im Jahre 272 n. Chr. zerstört wurde und ihre Kareze zerfielen.

Auch die Vorkommen bei Moufaggar, Amsareddi und Qadeym (Syrien) gehen wohl noch auf persische Zeit zurück (*Mouterde; Boidebard*, 1945).

Viele der Qanate in Syrien sind schon in römischer Zeit erbaut worden, so bei Mennbidj, und Selemiye (*Wirth*, 1971, S. 384 f.). Mit Sicherheit vorarabisch, vielleicht ebenfalls noch aus römischer Zeit, sind die Kareze, die man im Tal des Wadi Arava bei Ein Zureib, Ein Dafieh und Ein Ghadain in der Negev-Wüste entdeckt hat (*Evenari, Shanan, Tadmor, Aharoni*, 1961).

f) Die Cuniculi der Etrusker und Römer; Problematik der Übertragung

Wie diese Funde zeigen, kannten auch die Römer diese Wasserbautechnik (vgl. auch *Vitruvius: De Architectura*, VIII. Buch, 6, 3; *Polybios*, *Historiae*, X, 28). Sogar die Etrusker haben schon unterirdische Kanäle gebaut, die den Qanaten in Bau und Funktion voll entsprechen, die sog. „cuniculi“. Sie befinden sich in den Albaner und Sabatiner Bergen bei Rom und stammen aus dem 5. vorchristlichen Jahrhundert oder aus noch älterer Zeit (*Ward-Perkins*, 1962; *Judson*, 1963; aus *Troll*, 1963).

⁵⁾ Briefl. Mitteilung von *Wissmann* an *Troll*.

Es stellt sich die Frage, auf welche Weise die Qanattechnik ins vorrömische Mittelitalien gelangt ist, ob es sich um Kulturübertragung oder um eine selbständige Erfindung der Etrusker handelt. Wenn auch eine endgültige Antwort noch nicht gegeben werden kann, spricht doch vieles für die Übertragung. Es fehlen die natürlichen Anreize, v. a. große Aridität, um so schwer anzulegende Bauten (s. zweiter Teil) zu erfinden und zu vervollkommen. Dieses Argument gilt um so mehr, da die Etrusker ihre Cuniculi fast nur zur Drainage eingesetzt haben.

In diesem Zusammenhang ist es bemerkenswert, daß die These einer orientalischen Herkunft der Etrusker immer größere Wahrscheinlichkeit gewinnt (Bloch, 1971). Es gibt viele auffällige Parallelen zwischen ihrer Kultur und der der Völker des Orients. Besondere Beachtung verdienen hier die kulturellen Beziehungen, die zwischen Etrurien und Urartu bestanden. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Übertragung als glaubhaft dar, wenn auch eine selbständige Erfindung nicht ausgeschlossen werden kann⁶⁾.

Die Römer haben das Verfahren übernommen, gemessen an den Aquädukten allerdings nur selten angewandt. Neben den genannten sind noch die folgenden Standorte römischer Qanate bekannt: bei Arles (Südfrankreich) (Houston, 1964, S. 593), bei Merida (span. Estremadura) (Morales, 1575) und in Nordafrika in der Nähe der Ruinen von Karthago (Solignac, 1936) sowie bei Al Djem (Südtunesien)⁷⁾.

Wenn auch die eine oder andere Qanatanlage im mediterranen Raum auf römische Zeit zurückgeht, so verdanken doch die Qanate ihre eigentliche Verbreitung in Nordafrika und auf der Iberischen Halbinsel späteren Zeitabschnitten nach der arabischen Expansion.

II. Bau, Betrieb und Funktion

Der Bau eines Qanats erfordert neben handwerklich-technischem Können genaue Kenntnisse des Untergrunds und seiner Wasserverhältnisse. Außerdem sind Kenntnisse im Nivellieren und Vermessen und großes vermessungstechnisches Feingefühl notwendig. Ohne Vermessung überließe man nämlich die erfolgreiche Baudurchführung dem Zufall; besonders wenn sich der Stollen über viele Kilometer erstrecken soll und flaches oder stark reliefiertes Gelände bei Schätzungen zu großen Fehlern führen würde. Aus diesen Gründen muß man annehmen, daß schon vor langer Zeit eigene Geräte und Verfahren entwickelt worden sind, die im alten Persien mit seinen z. T. mehr als 20 Kilometer langen Karezen eine Arbeitsleistung ermöglicht haben, die dem Pyramidenbau durchaus vergleichbar ist.

1. Die Handschrift von Karadji

Die Vermutung bestätigte sich mit der Entdeckung einer ca. tausend Jahre alten Handschrift, die detaillierte Anleitungen zum Bau von Qanaten gibt. Der Autor,

⁶⁾ F. M. Heichelheim hält die Cuniculi dagegen für eine einheimisch-italische Erfindung (frdl. briefl. Mitt.).

⁷⁾ Zweifellos sind auch einige der im Neuwieder Becken und in anderen Teilen des römischen Rheinlandes entdeckten unterirdischen und mit Schächten versehenen Trinkwasserkanäle (s. Haberey, 1971, S. 142 ff.) echte Qanate.

ein aus dem Ort Karadj bei Teheran gebürtiger Mathematiker namens *Mohammad-e-Karadji*, schrieb sein Werk „Erschließung verborgener Wässer“ in der ersten Hälfte des 11. Jahrhunderts. Es enthält die Beschreibung von Instrumenten zur Längen- und Vertikalmessung und zum Horizontallegen von Geraden, von einfachen Libellen bis zu einem theodolitähnlichen Gerät. Alle werden im Hinblick auf den Qanatbau erläutert.

Im folgenden wird diese Handschrift — soweit dem Verfasser bekannt ist — erstmalig außerhalb Irans wissenschaftlich ausgewertet.

2. Die Moqannis, Facharbeiter des Qanatbaus

Karadji wendet sich in erster Linie an die Qanatbauer, die Moqannis, die sich im Iran ebenso wie in anderen Ländern mit ausgedehnter Qanatbewässerung schon früh als eigene Zunft zusammengeschlossen hatten. Nach *English* (1966, S. 136) waren es zuerst die Sklaven der achämenidischen und sassanidischen Könige, die Karez bauten und unterhielten. Später ging diese Aufgabe auf persische Fachleute, die Karez-kan oder Moqannis⁸⁾ über. Diese Leute sprechen ihre eigene Fachsprache und vererben ihren Beruf schon seit Generationen innerhalb ihrer Familie. Von Ort zu Ort wandernd legen sie neue Qanate an, bessern alte aus, reinigen oder verlängern sie. Nach *Humlum* rechnete man in Iran noch um 1960 damit, daß 10 bis 15 % der arbeitsfähigen männlichen Bevölkerung diesem Beruf nachgingen (1965, S. 83). In den letzten Jahren ist ihre Zahl aber wegen des Bedeutungsschwundes der Karez zurückgegangen (s. S. 18).

Auch in anderen Gegenden mit Karezbewässerung hat eine solche Berufsspezialisierung stattgefunden, z. B. in Oman oder in der Sahara (s. S. 23). In Marakesch haben Spezialisten aus dem Draa- und Toudratal das Monopol im Qanatbau (s. dritter Teil).

3. Wahl des Standorts

Bevor der Moqanni mit dem Bau beginnt, sucht er einen passenden Standort. Dieser entscheidet über Qanatlänge, Tiefe der Schächte und über die Wirtschaftlichkeit. Damit wird häufig auch die Lage der Siedlung festgelegt. Dazu sagt *Sven Hedin*: „Gewöhnlich geht es wohl so zu, daß ein neuangelegter Kanat Veranlassung zur Entstehung eines Dorfes gibt, nicht umgekehrt“ (1910). Viele Siedlungen auf dem Hochland von Iran und in anderen Gebieten mit Qanatbewässerung sind auf diese Weise entstanden, viele beim Verfall des Qanats auch wieder untergegangen.

Wie auf Seite 1 erwähnt, eignet sich nur das Gelände zum Qanatbau, das außer einem ergiebigen Grundwasserspeicher über weite Strecken durchgehendes Gefälle aufweist. Zudem muß der Untergrund so locker sein, daß Arbeiten mit einfachen Werkzeugen möglich sind, andererseits aber noch standfest genug, daß auf Verschalung der Stollen und Schächte verzichtet werden kann.

Vergesellschaftet findet man diese Bedingungen in den Trockengebieten auf den Schwemmhalden am Fuß der Gebirge. Sie sind schon lange als ideale Standorte der Qanate bekannt: „Wenn man einen Qanat bauen will“, sagt *Karadji*, „muß

⁸⁾ Nach *Lambton* in Ostiran auch „chahkhu“ (1969, S. 283); nach *Wulff* (1968, S. 251) auch „kahkin“.

man wissen, daß die beste Stelle am Fuß der feuchten Gebirge ist, auf denen immer Schnee liegt . . .“ „der Hinweis auf die Schneebedeckung zeigt, daß erfahrene Moqannis auch das Gebirgsklima in Rechnung stellten und dessen Einfluß auf das Grundwasserregime der Schwemmhalden kannten.

Standorte mit anderen morphologischen Voraussetzungen, etwa an Schichtstufen (z. B. in der Nordwestsahara) oder in der Uferregion perennierender Flüsse, trifft man weniger oft an; häufig dagegen sind Qanate in den Tälern von Wadis (z. B. im Wadi Adjal, Nordsahara, s. S. 22) zu finden.

Der Moqanni hat auch ein Auge auf lokale Eigentümlichkeiten des Geländes: Dunkelfärbung des Bodens, Spuren, die von fließendem Wasser herrühren, Tau oder Nebel an isolierter Stelle u. s. f. (*Karadji*, a.a.O.). Er achtet auch auf die Vegetation, auf ihre Höhe, den Zustand der Pflanzen und ihre Artzusammensetzung (s. auch *Takeo Oda*, 1964). *Karadji* nennt als wasseranzeigende Leitpflanzen u. a. *Pistacia terebinthus*, *Alhagi maurorum*, *Lycium vulgare*, *Oxydendrum*, *Lamium*, *Glycyrrhiza glabra*, *Solanum dulcamara* und *Vitex agnus castus*⁹⁾.

Die letzte Entscheidung trifft der Moqanni-bashi, der Moqanni-Meister. Er bestimmt den Ort, wo der Stollen (pusteh, küreh) die Oberfläche erreichen soll, den „mazhar¹⁰⁾-e-qanat“ (s. Abb. 1, C), dabei achtet er darauf, daß Qanatmündung, geplante oder schon bestehende Siedlung möglichst nahe beieinander liegen, um Sicker- und Verdunstungsverluste auf ein Minimum zu beschränken. Wo er Grundwasser vermutet, läßt er einen Probebrunnen (pers. gamâneh čah) graben. Bei positivem Ergebnis werden hangabwärts noch zwei weitere Schächte in 200 bis 500 m Abstand angelegt, um die Neigung des Grundwasserspiegels zu erkunden und den Punkt festzulegen, wo der geplante Stollen den Grundwasserbereich verläßt (*Kuros*, 1943).

4. Die Vermessung des Terrains

Sodann wird der Höhenunterschied zwischen dem Schachtmund des obersten Versuchsbrunnens, dem späteren „Mutterbrunnen“ (pers. madar čah) (s. Abb. 1, A) und dem Mazhar vermessen. Dabei geht man vom Mazhar aus. Nach *Karadji* stellt man dazu zwei Nivellierlatten mit Hilfe eines Schnurlots senkrecht auf, eine an der für die Qanatmündung bestimmten Stelle, die andere in Richtung Versuchsbrunnen. Zwischen beiden hängen die Moqannis mit Hilfe einer Seiden- oder Hanfschnur eine Röhrenlibelle auf, schieben dann an der hangwärts stehenden Latte die Schnur soweit hinunter, bis die Libelle die Waagerechte anzeigt und der Höhenunterschied an der Nivellierlatte ablesbar ist. Die Messung wird in gleicher Weise bis zum Madar čah fortgeführt.

Im Mittelalter verwendete man die beiderseits offene Libelle aus Holz oder Glas. Durch eine Öffnung in der Mitte wurde Wasser eingeträufelt; erschien es an beiden Seiten gleichzeitig, befanden sich Libelle und Schnur in der Horizontalen. Später benutzte man die geschlossene Libelle, die man aber auch zur Zeit *Karadjis* schon kannte (s. Abb. 2)¹¹⁾. *Karadji* beschreibt außerdem ein dreieckiges Gerät

⁹⁾ Übertragen nach *Zahedi, E.*: Botanical Dictionary, pers., engl., franz., deutsch, lat., arab., Teheran.

¹⁰⁾ Arab. Äußeres, Erscheinung; nach *Wulff* auch Darkand (1969, S. 251).

¹¹⁾ Nach *Takeo Oda* (1962) bedient man sich auch eines in Schnurmitte einpendelnden Wassertropfens, um die Horizontale zu ermitteln.

aus Holz oder Metall, das die Waagerechte durch ein Lot ermitteln half (s. Abb. 3). Weiter empfiehlt er für den Qanatbau ein Instrument mit einer Skala in geeichten Gradbogen. Es war leichter zu handhaben, da man den Niveauunterschied unmittelbar am Ausschlag des Schnurlots ablesen konnte; ferner ein fernrohrartiges Vermessungsgerät mit einem schwenkbaren Messingrohr, mit dessen Hilfe man weit entfernte Punkte anpeilen konnte, deren Abstand und Höhendifferenz an der in Tangens geeichten Skala abzulesen waren, ein Vorläufer moderner Theodolite (Kuros, 1969, 1973).

5. Die Bauausführung

Erweist sich bei der Vermessung, daß der Grundwasserspiegel im Versuchsbrunnen und die vorgesehene Mündungsstelle des Qanats in der Höhe zueinander passen, beginnen die Grabungen mit dem Ausheben der Schächte auf der Verbindungslinie Madar-čah-Mazhar. Der Abstand beträgt ungefähr 20 bis 40 m, mit wachsender Schachttiefe bis 100 m, überschreitet aber der Ventilation wegen selten 150 m¹²⁾. Die Schächte haben einen Durchmesser von 0,7 bis 1,0 m. Ihre Maximaltiefe erreichen sie im Madar-čah; sie beträgt bei den Qanaten auf der Teheran-Ebene im Mittel 40 m (s. u.), in Gesamtiran 30 m (*Overseas Consultants Inc.*, 1949); es gibt aber auch Qanate von 200 m, 250 m, ja sogar 380 m Tiefe (Gonabad, Ostiran) (vgl. *Beaumont*, 1971, S. 46).

Die Schächte werden im Bereich der grundwasserführenden Schichten nur bis zum Grundwasserspiegel abgeteuft, außerhalb desselben graben die Moqannis jedoch bis zur der Neigung des künftigen Stollens entsprechenden Tiefe. Das Problem ist, diese jeweils zu ermitteln. Die Qanatbauer haben dazu folgendes Verfahren entwickelt: Sie hängen ein Schnurlot, in das eine Schleife gebunden wurde, über einem Schacht auf. Ein Stab spreizt die Schleife so, daß die Form eines Rhombusses entsteht und der Stab seine Diagonale bildet. Längs des waagerechten Stabes peilt der Moqanni ein Lot an, das an einem Dreifuß über dem nächsten Schacht befestigt wurde. Die angepeilte Stelle der Schnur wird durch einen Knoten markiert, ebenso die Höhe, in der sich der Peilstab über dem Boden befindet. Der Moqanni ist so in der Lage, den Niveauunterschied beim Abteufen der Schächte einzukalkulieren (s. Abb. 5) (*Noel*, 1944 und *Takeo Oda*, 1962, S. 11 f.).

Nach Fertigstellung der Schachtbrunnen beginnen die Arbeiten am Stollen, und zwar im trockenen Teil des Karez (pers. Khoshk-e kar). Er wird vom Mazhar und von den Schächten aus vorgetrieben, Erfahrene Moqannis beginnen da, wo der Stollen in die wasserführende Schicht eintritt (s. Abb. 1, B), da das in kleine Mengen eindringende Wasser die Austrocknung des Gesteins und die Verminderung seiner Standfestigkeit verhindert (*Bémont*, 1961).

Häufig arbeiten mehrere Baugruppen gleichzeitig an einem Qanat. Jede besteht gewöhnlich aus drei ungelerten Arbeitern und einem ausgebildeten Moqanni, der die Arbeiten verrichtet, die Genauigkeit und Erfahrung erfordern. Mit kurzstielliger Hacke (pers. kolang, kaland) und einer Schaufel (pers. bil-e kar) treibt er den Stollen vor, während ein zweiter Arbeiter den anfallenden Schutt in einem Ledersack (pers. čarm-e gav, dul) sammelt und zum Schacht befördert. Dort wird

¹²⁾ Nach *Becket* (1953) ist das Maximum 150 Yards, nach *Noel* (1944) 150 m. *Hummum* (1964) nennt eine Spanne von 1—500 m.

der Beutel an einem Hanfseil mit Hilfe einer Tretwinde (pers. čarh) von einem oder zwei Mann hochgezogen und der Inhalt um den Schachtmund (pers. sar-e čah) angehäuft. Dadurch entstehen an der Oberfläche ringförmige Hügel (pers. Karvar čah), die den Schacht vor Überschwemmungen schützen. Sie machen den Verlauf des Qanats an der Oberfläche sichtbar und sind da, wo Qanate gehäuft auftreten (Teheran-Ebene; Haouz von Marrakesch), ein charakteristisches Merkmal der Landschaft.

Naturgemäß ist es sehr schwierig, tief unter der Erde den engen, nur von einer Öllampe erleuchteten Stollen so voranzutreiben, daß der nächste, oft mehr als 100 m entfernte Schacht nicht verfehlt wird. Dazu benutzen die Moqannis entweder den Kompaß (*Kuros*, 1973, S. 155) oder sie spannen an der Oberfläche eine Schnur zwischen die beiden Schächte, die durch den Stollen verbunden werden sollen, und zwar so, daß sie die Schachtöffnungen in gleiche Hälften teilt. Man hängt an dieser Schnur zwei Lote in den Ausgangsschacht, die unten im Schacht anvisiert werden können. Dazu verwendet man ein kurzes Messingrohr, das man an zwei gleichlangen Schnüren an der Stollendecke aufhängt (*Karadji*). Nach einigen Metern Vortrieb ersetzt man die Lote durch eine Lampe, die dann vom Stollen aus anvisiert wird.

Des öfteren zwingen große Felsblöcke, den Stollen unregelmäßig zu führen. Wenn auf solchen Strecken (pers. kungurt, begal-bur) Luftmangel den Bau eines Schachtes nötig macht, muß man den Stollenverlauf an die Oberfläche übertragen, um eine treffsichere Abteufung zu ermöglichen. Nach *Karadji* spannt dann der Moqanni eine Schnur von der Mitte des Ausgangsschachts in den Stollen hinein und befestigt sie da, wo sich der Stollen krümmt, an der Wand. Das wird so oft wiederholt, bis die Stelle erreicht ist, wo der Schacht angelegt werden soll. Die Längen der einzelnen Schnurabschnitte sowie die Winkel zwischen ihnen werden gemessen. Auf diese Weise kann der Stollenverlauf über Tage nachgezogen und die Stelle, an der der Schacht zu graben ist, genau bestimmt werden (s. Abb. 6).

Zur Bestimmung der Stollenneigung bedient sich der Moqanni der Setzwaage, oder er gebraucht die Wasserwaage. *Karadji* gibt außerdem das schon erwähnte Peilrohr an. Damit visierte der Moqanni eine im Schacht hängende kleine Kugel an und konnte so die Lage von Decke und Sohle einer neuen Grabstrecke überprüfen. Nicht zufällig sind mit diesem Gerät nur sehr geringe Neigungswinkel meßbar. Denn viele Kareze verlaufen fast waagrecht, da bei größerem Gefälle Erosionsschäden eintreten würden. Im Iran beträgt die Neigung der Qanate 0,5—1 ‰¹⁸⁾. Bei guter Arbeit ist sie gleichmäßig. Es kommt jedoch vor, daß sie stellenweise unregelmäßig, sogar gegenläufig ist (s. Abb. 7). Die Folge ist ungleichmäßiger Wasserstand, streckenweise zu große Fließgeschwindigkeit und dadurch herabgesetzte Lebensdauer des Qanats.

Nach Fertigstellung des Stollens im Khoshke-kar-Bereich beginnt der gefährlichste Bauabschnitt, wenn der Stollen in den Grundwasserhorizont vorgetrieben wird. Der Moqanni arbeitet dann bei schlechter Lüftung tief im Wasser. Die Einsturzgefahr ist groß. Um dem Erstickungstod zu entgehen, tragen die Arbeiter im Stollen eine Öllampe (pers. čerag-e rougani) — *Karadji* empfiehlt raucharmes Schaf- oder Rinderfett und Wachs als Lichtquelle —, die bei Sauerstoffmangel er-

¹⁸⁾ Nach *Karadji* soll die Neigung des Stollens zwischen Grundwasserspiegel und Mazhar ein Sar (80 cm) auf ein Farsakh (6 km) sein.

licht. In tiefen Karezen ist die Luftversorgung sehr schlecht. Man baut daher Zwillingschächte oder pumpt mit Blasebalg und Lederschlauch Luft in den Stollen. Auch entfacht man am Grunde eines Schachtes ein Feuer, so daß durch andere Schächte zum Druckausgleich Frischluft nachströmt.

Der wassersammelnde Stollenabschnitt (pers. ab-deh) wird immer von unten nach oben gegraben, damit das Wasser durch den Khoshke-kar abfließen kann. Wie erwähnt, werden die Schächte hier nur bis zum Grundwasserspiegel abgeteuft. Die endgültige Verbindung zum Stollen erfolgt von unten. Dieser Arbeitsgang ist zweifellos der gefährlichste des ganzen Qanatbaus, da die Gefahr eines plötzlichen Gesteins- und Wasserbruchs groß ist.

Viele Moqannis haben bei der Ausübung ihres Berufs den Tod gefunden, nach Noel (1944) ein Siebtel der arbeitsfähigen männlichen Bevölkerung von Yazd, Kerman und Kashan, woher viele Moqannis stammen.

Der Durchschnittstollen ist 1,5 m hoch und 0,9 m breit. Die Wassertiefe beträgt 0,3—0,5 m. Die Stollenlänge ist sehr variabel. Es gibt Kareze von weniger als 100 m und solche von mehr als 40 km Länge wie bei Yazd (*Goblot*, 1963), bei Kerman (*English*, 1966, S. 35) und Bam (*Cambridge History*, 1968, S. 100). Die mittlere Länge liegt in Iran bei 4,2 km (*Wahidi*, 1963). Die Stollen sämtlicher Kareze Persiens aneinandergereiht ergeben einen Tunnel von mehr als 200 000 km Länge; eine wahrhaft gigantische Leistung iranischer Wasserbauer.

Wenn das Gestein nicht standfest genug ist, verwendet man zur Stützung ovale Rohrstücke (pers. nar)¹⁴ aus einer Mischung aus Ton und Häcksel oder Pferde- dung, die drei Tage an der Luft getrocknet und anschließend 24 Stunden gebrannt werden. Sie werden mit Muffen und einer Dichtungsmasse so verbunden, daß das Wasser nicht versickern kann (*Karadji*). Unterfahren Kareze Siedlungen, werden die Schächte abgedeckt und der Stollen verschalt, um eine Verunreinigung des Wassers zu verhindern. Nach *Overseas Consultants Inc.* (1949) ist der iranische Durchschnittsqanat auf 2 km Länge verschalt.

Ist der Qanat fertig, und die Schüttmenge reicht nicht aus oder läßt nach einigen Jahren nach, wird der Stollen in die wasserführende Schicht hinein verlängert, vertieft, oder es werden Seitenstollen (pers. qanat nah) angelegt. Diese haben ihre eigenen Schachtsysteme und münden meist unterhalb des Madar čah in einem mehr oder weniger spitzen Winkel in den Hauptstollen. Oft haben Kareze einen oder zwei Nebenstollen, noch mehr, wenn sie Städte mit steigender Einwohnerzahl versorgen. So weisen zwei der großen Qanate, die die spanische Hauptstadt mit Trinkwasser versahen, der „viage de Alcubilla“ und „de la Castellana“, mehr als 20 Seitenstollen auf, die man im Laufe mehrerer Jahrhunderte gegraben hatte (s. vierter Teil).

6. Die Bauzeit

Zwei Mann benötigen etwa sechs Minuten, um den durchschnittlich 60 Pfund schweren Schuttbehälter mit der Winde aus einem 80 m tiefen Schacht heraufzuziehen. Das entspricht bei acht Arbeitsstunden — Moqannis arbeiten in Schichten von 1—4 Stunden (*Nesbitt; Bawa*, 1960) — ungefähr zwei Tonnen Aushub oder einem Vortrieb von 1 m. Die Arbeitsleistung hängt, abgesehen von der Ge-

¹⁴ Auch kabal, kaval, kavul, kul, nai, gom, gum, nav-kariz, dos genannt (*Wulff*, 1968, S. 154).

steinsbeschaffenheit, den Wasserverhältnissen usw., von der Tiefe ab, in der sich der Stollen befindet. Dazu folgende Tabelle (aus *Noel*):

Tab. 1: Vortriebsgeschwindigkeit beim Qanatbau

Tiefe	Zahl der Beschäftigten	Tagesfortschritt
10 m	3	4 m
20 m	4	4 m
40 m	4	2 m
80 m	4	1,3 m

Bei Tiefen unter 10 m nimmt die Schichtleistung weiter zu, überschreitet aber kaum 5 m am Tag, v. a. dann nicht, wenn der Stollen verkleidet werden muß, was viel Zeit in Anspruch nimmt. Grob gerechnet benötigt eine Karezbaugruppe ein Jahr für einen Kilometer Stollenlänge (*Humlum*, 1964). Selbst wenn mehrere Teams zusammenarbeiten, dauert es Jahre, bis ein großer Karez fertiggestellt ist. An den 30—40 km langen Qanaten haben Generationen gearbeitet. Welche Schuttmassen beim Qanatbau per Hand bewältigt werden müssen, zeigt folgende Rechnung: Nimmt man die Qanatschnittfläche von Stollen und Schächten mit 1 m² an, fallen beim Bau eines 200 m langen Qanats mit einem 15 m tiefen Mutterschacht und 10 weiteren Schächten 275 m³ Material an. Bei einem 29 km langen und 96 m tiefen Qanat mit 966 Schächten sind es schon ca. 75 000 m³ (*Beaumont*, 1971, S. 47).

7. Instandhaltung

Qanate müssen im allgemeinen alle zwei Monate inspiziert und jährlich gereinigt werden, um vorzeitigen Verfall zu verhüten. Die iranischen Kareze werden in der Regel nach dem persischen Neujahr (21. März) gesäubert (*Lambton*, 1953), in der Zentralsahara ist der Herbst als Zeit des geringsten Wasserbedarfs, vor der Aussaat des Getreides, der geeignete Termin. Ablagerungen auf der Stollensohle, die nicht regelmäßig beseitigt werden, können auf die Dauer große Schäden zur Folge haben. Schäden können auch durch starke Niederschläge entstehen, die Deckenstürze (pers. *gusain*) verursachen; ebenso durch Erdbeben, die besonders auf dem Iranischen Hochland immer wieder zu Verlusten führen. So wurde nach *Sternberg-Sarel* ein großer Teil der Qanate auf der Ebene von Qazwin durch das Erdbeben vom Herbst 1962 zerstört.

8. Die Schüttmenge

Die Wasserförderung ist von Qanat zu Qanat sehr verschieden. Sie hängt in erster Linie von der Ergiebigkeit und Beständigkeit des Grundwassers und damit von den klimatischen Gegebenheiten im Einzugsbereich des Karez und von den geologischen Verhältnissen des Untergrunds ab. Ferner sind Länge, Querschnitt, Gefälle und Eintauchtiefe des wassersammelnden Abschnitts maßgebend. Er umfaßt im allgemeinen 20—40 % der Gesamtlänge und taucht gewöhnlich nur so tief unter den Grundwasserspiegel, daß auch bei starkem Fallen des Wasserstandes die Förderung nicht aufhört. Auf diese Weise geht man — ganz im Gegensatz zu den modernen Tiefbrunnen — haushälterisch mit dem Wasservorrat um. Die größte

Wassermenge pro Flächeneinheit dringt in den am weitesten in den Grundwasserhorizont eintauchenden Madar-čah-Bereich ein. Die Förderung nimmt bis zu dem Punkt zu, an dem der Stollen die grundwasserführende Schicht verläßt (s. Abb. 8).

Die Ertragsmenge beträgt nach *Humlum* (1964) gewöhnlich 10 l/s—100 l/s. Es gibt aber auch Qanate mit weit über 100 l/s, z. B. der „Qanat-e Shah“ in Teheran mit 212 l/s (vor 1960) (unveröffentlichte Unterlagen des Ministeriums für Wasser und Energie). In der algerischen Sahara gilt der Qanat El Beida in Aoulef mit 56 l/s als der wasserreichste. Im Mittel liegt die Schüttung der persischen Qanate bei 16 l/s—17 l/s (Ministerium für Wasser und Energie, 1968; aus *Nadji-Esfahani*, 1971). Rechnet man mit 20 000 noch tätigen Karezen in Iran, dann beläuft sich der Gesamtertrag auf 340 m³/s oder 10 Milliarden m³ im Jahr. Damit übertrifft er den Inhalt des Sefid-rud-Stausees, der größten Talsperre Irans, um das Fünffache (z. T. nach *Wahidi*, 1963).

Qanate zeichnen sich durch konstante Schüttung aus, wenn sie ein beständiges Grundwasserreservoir anzapfen; so die Kareze, die auf einer Schwemmhalde in größerem Abstand vom Gebirgsfuß beginnen. Ihr Schüttungsmaximum wird übrigens durch die Laufzeit des Grundwassers in die Trockenzeit hinein verschoben, z. B. der Qanate bei Marrakesch (s. S. 70).

Im anderen Fall lassen sich der Jahresgang der Niederschläge und ihre interannuellen Schwankungen an der Förderung ablesen (s. Fig. 5 bei *Beaumont*, 1971). Die Abhängigkeit wird besonders deutlich, wenn die Förderung nur zur Zeit des Niederschlagsmaximums einsetzt, der Stollen sonst aber trocken liegt, wie es bei den Witterungsqanaten, den sogenannten „bahar-ab-Qanaten“ (bahar ab, pers. = Frühlingswasser) der Fall ist (*Christiansen-Weniger*, 1961—62).

9. Die Wasserqualität

Die Eigenschaften des Karezwassers werden in erster Linie von den geologischen Verhältnissen im Einzugsbereich des Karez bestimmt; ferner vom Klima, von anthropogenen Einflüssen, von der Filtergeschwindigkeit und der unterirdischen Laufstrecke des Wassers. Im allgemeinen ist Qanatwasser von gleichbleibend kühler Temperatur, dazu relativ keimarm; es enthält nur wenig gelöste Gase, aber relativ viele Salze.

Tab. 2: Salzgehalt (in Millival/l)

Ionen	Fluß	Qanat	Brunnen
Na	0,75	1,15	15,8
K	0,05	0,05	0,39
Mg	0,95	1,24	5,94
Ca	0,55	0,76	7,66
pH	7,23	8,34	8,42

Tabelle 2 läßt erkennen, daß Wasser aus Qanaten höhere Leitfähigkeit besitzt als Oberflächenwasser (vgl. *Beckett*, 1957—58). Es ist ihm geschmacklich überlegen. Ortschaften, die am Rande von Salzsteppen liegen, können ihren Wasser-

bedarf aus Qanaten decken, wohingegen die ortständigen Brunnen stark salzhaltiges Wasser liefern.

10. Anwendungsbereich

Qanate liefern an erster Stelle Trinkwasser. In Iran wurden noch in jüngster Zeit 18 000 Siedlungen von Karezen mit Trinkwasser versorgt (*Feylsouffi*, 1958), darunter die Städte Teheran (s. u.), Shiraz, Kerman, Jazd, Qazwin u. a. Die Wasserversorgung vieler Orte in anderen Teilen der Welt stützt oder stützte sich in der Vergangenheit auf Kareze (s. III. Kap.), hervorragende Beispiele sind die Großstädte Madrid und Marrakesch, über deren Qanate noch ausführlich berichtet wird.

Es ist in der Regel so, daß der Karez, der einer Ortschaft Trinkwasser zuführt, auch die Gärten und Felder bewässert. Gewöhnlich wird dann zuerst die Siedlung versorgt und danach das Wasser auf die Fluren geleitet. Das hat den Vorteil, daß es als Trinkwasser relativ kühl und hygienisch einwandfrei beim Verbraucher ankommt und sich, bevor es auf die Felder gelangt, erwärmen kann. *Wahidi* (1963, S. 7) zufolge bewässert ein Qanat mit 25 l/s in Iran durchschnittlich eine Fläche von 35 ha, nach anderen Angaben sogar 50 ha.

Die Größe der Bewässerungsfläche richtet sich vor allem nach dem Wasseranspruch der Kulturpflanzen. Während ein Karez mit 25 l/s mehr als 50 ha mit reinem Getreidebau versorgen kann, wird eine Parzelle mit mehr wasserfordern den Kulturen wie Baumwolle, Luzerne oder Fruchtbäumen viel kleiner sein (*Hummum*, 1964). Es ist nicht gleichgültig, welchen Standort der Qanat und die bewässerte Fläche etwa auf einer Schwemmalde einnehmen, da die Bodengüte, die die Wirksamkeit stark beeinflusst, mit der Entfernung vom Gebirge bis zu einem gewissen Optimum zu- und die Durchlässigkeit des Bodens immer mehr abnimmt, so daß sich die Effektivität der Bewässerung trotz größerer Verdunstung erhöht.

Nachteilig wirkt sich der Umstand aus, daß Qanate ununterbrochen, im Sommer wie im Winter, Wasser liefern. Dadurch fließt in der anbaufreien Zeit viel ungenutzt ab. Vom Jahresertrag sind daher trotz der dem Karez eigenen geringen Verdunstungsverluste nur 60 % effektiv verwertbar (*Wahidi*, 1968, S. 12)¹⁵. Um das nutzlos abfließende Wasser aufzufangen, wurden bei vielen Karezen Sammelbecken angelegt. Meist sind es kleine Bassins mit wenigen m³ Fassungsvermögen wie die sogenannten „majènes“ in der Nordwestsahara (Volumen 30 m³) (*Kobori*, 1969) — zuweilen sind sie auch unterirdisch angelegt wie bei Djeroud in Syrien (*Weulersse*, 1946) —, es gibt aber auch so riesige Staubecken wie die „sahriy“ in Marrakesch mit einer Seitenlänge von 200 m x 150 m und einer Tiefe von 4—5 m (s. dritter Teil). Da nur im Sommerhalbjahr ununterbrochene Bewässerung stattfindet, hat man Gelegenheit, Wasser in den Becken zu sammeln und es bei Spitzenbedarf zusätzlich auf die Felder zu leiten.

In der Regel wird das Wasser eines Karez an viele Nutznießer verteilt. Erfolgt die Aufteilung kontinuierlich, so wird der Bezieher mit dem ihm zustehenden Anteil ohne Unterbrechung beliefert (vgl. die Wasserverteilung in Madrid, s. S. 84 ff.).

Bei der Verteilung in einem Rotationssystem wandert die Zuteilung dagegen in einem bestimmten zeitlichen Rhythmus — meist in 5—17 Tagen und Nächten —

¹⁵ Zum Vergleich: Der Nutzungsfaktor beträgt bei Brunnenbewässerung 80 %, bei Flußbewässerung 35 % (*Wahidi*).

von einem Abnehmer zum nächsten (vgl. die Wasserverteilung in Teheran, S. 36 f.). Die Verteilung erfolgt durch einen speziellen Funktionär. Auf dem iranischen Hochland, im angrenzenden Turan und sogar in Ostturkestan trägt er die persische Bezeichnung „mirab“, in der Nordwestsahara ist es der „kial al ma“ (Lo, 1953), auf dem Haouz von Marrakesch der „mul al kaits“ (Joleaud, 1933) (s. u.). Der Beruf des Mirab ist uralte, schon *Polybius* hat Wasserverteiler beobachtet (s. o.). Im Mittelalter hatten sie in Persien, schreibt *Lambton*, besonders in Merv, Isfahan und Shiraz eine bedeutende gesellschaftliche Stellung (1953). Heute wird er auf dem Dorf in Persien entweder vom Landherrn bestimmt (*Cambridge History*, 1968, S. 479) oder von den Bauern — v. a. nach der Landreform — erwählt. Die Aufteilung nimmt er nach der Uhr vor. In der Zentralsahara richtet er sich noch heute nach dem Sonnenstand und des nachts nach den Sternen. (*Suter aus Schiffers*, Bd. II, S. 133.) Es sind aber noch verschiedene herkömmliche Methoden im Gebrauch, z. B. mißt man in vielen nordafrikanischen Oasen nach der Zeit, die ein am Boden durchbohrtes Gefäß („tanast“) braucht, um im Wasser zu versinken. (Mehr über die Wasserverteilung s. S. 36 f., 84 ff.)

Neben der Lieferung von Trinkwasser und der Bewässerung erfüllen Kareze auch die Funktion der Dränage. Schon seit langem haben sich die Moqannis die Fähigkeit der Sickerstollen, zugleich zu bewässern und zu dränieren, zunutze gemacht. Sie legten da, wo es die Geländebeziehungen zuließen, die Qanate etagenweise untereinander, und zwar so, daß die tieferen unter den Bewässerungsfeldern der oberen ihren Anfang nehmen (vgl. die Anordnung der Qanate auf der Teheran-Ebene, Abb. 17). Auf diese Weise wird das von den Pflanzen nicht genutzte Wasser wieder aufgefangen. Gleichzeitig wirkt man der in den Trockengebieten immer vorhandenen Gefahr der Bodenversalzung entgegen. Die wertvollen Kulturböden unterlagen daher nicht wie im benachbarten Irak der Versalzung, obwohl sie bereits seit Jahrhunderten bewässert werden. Man konnte sogar die Anbauflächen gegen die Salzsteppen verschieben (vgl. *Bobek*, 1962, S. 21).

Am Endpunkt vieler Qanate nutzt man das Wasser zum Antrieb von — z. T. unterirdisch gelegenen Mühlen (meist mit einem horizontal angebrachten Wasserrad und darüber, über eine vertikale Achse angetriebenen Mühlsteinen (pers. asiyab-e pari, asiyab-e tandureh) (*Wulff*, 1968, S. 280 ff.). Bei Teheran und Marrakesch trieben wasserreiche Qanate sogar mehrere hintereinander liegende Mühlen an (s. u.).

11. Einfluß der Qanatbewässerung auf Kulturlandschaft und Sozialstruktur

„Gewöhnlich geht es wohl so zu, daß ein neu angelegter Qanat Veranlassung zur Entstehung eines Dorfes gibt, nicht umgekehrt.“

Der bereits zitierte Satz *Sven Hedins* gilt für die meisten Siedlungen, deren Wasserversorgung ausschließlich auf Qanaten beruhte oder noch beruht. Wie eng Wachstum und Entwicklung einer Siedlung von der Wasserversorgung abhängt, erläutert *English* an Beispielen aus der Umgebung von Kerman: „... the greater the amount of water that can be brought to the surface (by qanats) . . ., the greater the amount of land that can be irrigated around it, and thus the greater its population“ (1966, S. 30). *Cambridge History* (1968, S. 477) zufolge zeichnen sich mit Qanaten bewässerte Ortschaften durch Geschlossenheit aus. Die Häuser liegen unterhalb des Mazhar und ziehen sich in Reihen an dem offenen Wasser-

graben (pers. haranj) entlang. Wird das Wasser in mehrere Gräben aufgeteilt oder der Ort von mehreren Qanaten versorgt, so liegen entsprechend viele Hausreihen nebeneinander (*English*, 1969, S. 53). Innerhalb der Siedlung ist i. a. eine soziale Gliederung erkennbar, die mit der Wasserversorgung zusammenhängt. „The prosperous households of landlords, merchants, and religious leaders are in the upper section of the village where water is clean and plentiful, the poorer households of sharecroppers and labourers are downstream where the volume of water is less and it has been polluted by use“ (*English*, 1966, S. 50) vgl. *Schellenberg* (1955, S. 16).

Von der Wasserrotation hängt die Anzahl und Größe der Areale ab, in die die Wirtschaftsfläche aufgeteilt ist (*Lambton*, 1953). Da der Wasserverbrauch scharf kalkuliert wird, werden die Kulturpflanzen nach ihrem Wasseranspruch angebaut und der Anbaukalender dem permanenten Wasserangebot angepaßt. Einheitlichkeit des Kulturpflanzenbestandes ist die Folge (*Jentsch*, 1965). Mischung der Kulturen in der Feldflur tritt selten auf, vielmehr überwiegt zelgenähnlicher Anbau. I. a. liegen stark bewässerte Kulturen dem Mazhar näher als weniger intensiv bewässerte. Das bewirkt eine räumliche Aufteilung. „Orchards and vineyards“ — schreibt *Verstappen* — „requiring water during the larger part of the year, are always located in the direct vicinity of the karez. Wheat fields which need water only in spring are found at a larger distance“ (1966, S. 6) (vgl. auch *Töpfer*, 1972, S. 74, 96).

Charakteristisch für das Karezbewässerungsgebiet ist die Streifenflur, so in den Foggaraoasen am Rande der Sebchas der Zentralsahara (*Suter* in *Schiffers*, 1971 bis 1973, Bd. II, S. 140, 150 f.). Die Streifen verlaufen parallel zueinander in Gefällrichtung. Sie erleichtern die Verteilung und die rationelle Nutzung des Wassers. Ihre Länge richtet sich vor allem nach dem Wasseranteil, der dem Besitzer zusteht (*Kobori*, 1969, S. 8, Fig. 4) (s. Abb. 9). Darüber hinaus wird der Einfluß der Qanate auf das Siedlungsgebiet durch Gesetze verstärkt. Schon im 11. Jahrhundert berichtet Gardizi in dem Buch *Zayn-ul-Akhbar*, daß der Herrscher von Khorassan *Abdullah-b-Tahir*¹⁶⁾ (828—844) zahlreiche Rechtsgelehrte zusammengerufen habe, um die Angelegenheiten der Qanatbewässerung gesetzlich zu regeln. Diese wurden in dem — inzwischen verloren gegangenen — Buch *Kitab-e-Qani*¹⁷⁾ (Buch der Qanate) niedergelegt (zitiert bei *Lambton*, 1953, S. 217). Darunter ist das sogenannte „harim“-Recht von besonderer Bedeutung. Es legt für jeden Qanat einen seitlichen Sperrbereich fest. Dieser hängt nach *Karadji* vom Standort und von der Bodenart ab und beträgt bis 500 Sar. Da man im Sperrbereich keine neuen Qanate und Brunnen anlegen durfte, war die Möglichkeit zur Errichtung neuer Siedlungen beschränkt. Gleichzeitig wurde damit das bestehende Siedlungsbild stabilisiert.

Im Hinblick auf die Sozialstruktur stellt sich die Frage nach den Kosten. Der Bau eines Karez von 4,0 km Länge kostete nach den Angaben von *Overseas Consultants* (1949) 1 Mill. Rial¹⁸⁾, seine Instandhaltung 26 000 Rial/Jahr. *English* (1968, S. 140) rechnet mit einem Kilometerpreis von 10 000—11 000 Dollar, *Lambton* (1969, S. 283) spricht von 2 Mill. Rial für einen 3—5 Meilen langen und

¹⁶⁾ Vgl. Fußnote 3.

¹⁷⁾ Nach *Spuler* (1952, S. 386) „Kitab-al-qunijj“.

¹⁸⁾ Der Wechselkurs beträgt 1 DM ca. 23 Rial.

100 Fuß tiefen Qanat. Einem einzelnen Bauern ist es nicht möglich, eine solche Summe aufzubringen. Erst der Zusammenschluß vieler Kleinbesitzer oder die Initiative eines wohlhabenden Einzelnen ermöglichen den Bau. In Persien waren es meist kapitalkräftige Privatpersonen¹⁹⁾, die nach dem islamischen Recht durch die Erschließung von Wasserquellen in den Besitz des bis dahin wertlosen Landes kamen. Die Pächter (rayat, pers. = Untertan), auf der Basis der Ernteteilung arbeitend, gerieten leicht in Abhängigkeit, da die Landherren außer Wasser und Boden nicht selten einen weiteren der fünf Produktionsfaktoren (Wasser, Boden, Saatgut, Zuggespann, menschliche Arbeitsleistung) in den Vertrag einbrachten. Diese erhielten dadurch $\frac{3}{5}$ der Ernte oder mehr, so daß die Pächter bei den ohnehin schwachen Erträgen in dauernde Verschuldung kamen.

Auf diese Weise hat die Wasserarmut Zentralirans und die Möglichkeit, das Land mit Hilfe der Qanate zu kultivieren, das Entstehen der rentenkapitalistischen Betriebsform gefördert und zu ihrer Konservierung beigetragen²⁰⁾.

III. Ausbreitung und Vorkommen des Qanatbewässerung

1. Allgemeines

Wie im Vorhergehenden dargelegt, ist das eigentliche Verbreitungsgebiet der Qanatbewässerung der große passatisch-kontinentale Trockengürtel der Alten Welt. Es erstreckt sich über 10 000 km von 17° westl. bis 93° östl. Länge, von Nordwestafrika über Vorderasien bis weit nach Zentralasien hinein.

Ungefähr im Zentrum, dort, wo der eurasiatische Gebirgsgürtel auffächernd das Hochland von Iran in zahlreichen Einzelzügen durchdringt, es abschirmt und gleichzeitig mit Wasser versorgt, findet die Qanatbewässerung wegen der innigen Verflechtung gegensätzlicher Gebirgs- und Beckenlandschaften ihre idealen Voraussetzungen. Es ist daher verständlich, daß das Kerngebiet dieser Bewässerungstechnik der iranische Raum ist.

Im vorigen Abschnitt wurde ausgeführt, daß die Kareztechnik in geschichtlicher früher Zeit im westlichen Teil des iranischen Hochlandes entstanden ist. Da diese Technik zur Nutzbarmachung der Grundwasservorräte der Schwemmhalden konzipiert und allen anderen Verfahren in ihrem Anwendungsbereich überlegen war, stand ihrer Ausbreitung in den Trockengebieten nichts im Wege, deren Naturgegebenheiten denen Irans gleichen.

Sie spielte sich in einem langen Zeitraum ab und ging im wesentlichen in drei Phasen vor sich. Die erste präachämenidische Phase ging von Urartu (s. o.) aus, erfaßte das Iranische Hochland und das angrenzende assyrische Mesopotamien. Die zweite Phase lag in der Zeit des Achämenidenreiches. Damals wurde die Technik weit über das iranische Kernland hinaus bekannt. Sie gelangte nach Norden in

¹⁹⁾ *English* (1968, S. 178): „Most qanats were built by powerful political rulers and in countries like Iran each leader was evaluated on the basis of the number of qanats constructed during his reign.“

²⁰⁾ In den Bodenreformgesetzen (1962—64) wird ausdrücklich bestimmt, daß der zu dem Land gehörende Anteil an Qanatwasser ebenfalls abzugeben ist (*Lambton*, 1969, S. 275).

die Kaukasusländer und nach Transkaspien, nach Osten in die Gebiete westlich des Indus. Sie wurde auf die Arabische Halbinsel übertragen, kam an die Ufer des Mittelmeeres und wurde sporadisch sogar in Ägypten angewendet. Die dritte Phase ging mit dem Siegeszug des Islam und den arabischen Eroberungen parallel. Sie brachte Qanate nach Zypern, in die Sahara, den Maghreb, nach Sizilien, auf die Kanarischen Inseln und nach Spanien.

2. Kareze auf dem Hochland von Iran

In der Tat hat Iran auch heute noch mehr Kareze als irgendein anderes Land. Wenn *Humlum* (1964) die Gesamtzahl auf über 50 000 schätzt, die etwa 20 000 bis 30 000 km² bewässern und Nahrung für 5—10 Mill. Menschen schaffen, so liegt davon die große Mehrzahl in Iran. Nach statistischen Angaben von 1961 waren in Persien von mehr als 40 000 Qanaten noch ca. 20 000 in Betrieb und versorgten etwa 85 000 ha, das ist ungefähr ein Drittel des bewässerten Landes (*Wahidi*, 1963).

In jüngster Zeit beobachtet man allerdings einen starken Rückgang der Kareze, der durch moderne Verfahren, vor allem durch motorgetriebene Tiefbrunnen, verursacht wird. Diese sind nicht nur Konkurrenten der Qanate, sondern vermindern auch deren Leistung, weil sie den Grundwasserspiegel absenken²¹⁾.

Nach der iranischen Bodenreform hat das Problem noch an Aktualität gewonnen, da viele Grundbesitzer, die nach der Reform im Besitz eines Qanats geblieben sind, entgegen den gesetzlichen Bestimmungen ihre Investitionen vermindern oder einstellen (*Lambton*, 1969, S. 283 f.). Um dieser Entwicklung zu begegnen, hat die iranische Regierung in den Siebenjahresplänen hohe Summen für die Erhaltung der Qanate bereitgestellt. Im dritten Siebenjahresplan (1962—68) wurden zu diesem Zweck Kredite von nicht weniger als 1300 Mill. Rial (17,5 Mill. Dollar) in Anspruch genommen. Das sind 5 % aller zur Förderung der Landwirtschaft zur Verfügung gestellten Kredite²²⁾.

Im persischen Teil des Hochlands findet sich Qanatbewässerung vor allem im Umkreis der Städte Qazwin, Teheran, Veramin, Semnan, Damaghan, Sharud, Sabzewar, Gonabad, Hamadan, Kermanshah, Kashan, Isfahan, Shiraz, Yasd, Zarand, Kerman²³⁾ und Meshed. Im Jahre 1960 wurden nach Angaben der FAO am Südfuß des Elburs noch 80 % des Bewässerungslandes von Karezen versorgt (*Wahidi*, 1963).

Im afghanischen Teil spielen Kareze ebenfalls eine wichtige Rolle. Sie versorgen noch immer — obwohl auch hier in jüngster Zeit ein Rückgang zu verzeichnen ist — nahezu 20 % des afghanischen Bewässerungslandes (*Jentsch*, 1970, S. 120). Das Verbreitungsgebiet verläuft in einem Halbkreis um das Hindukushsystem. Nach Karten von *Humlum* (1959) und *Jentsch* (1970) beginnt es im Nordwesten des Landes im Raum Herat und reicht in einem Bogen über Farah,

²¹⁾ Vgl. *Nadji* (1972), S. 209 f.; *Beaumont*, 1971. Nach *Bharier* (1971, S. 145) wurden in Iran Ende der sechziger Jahre mehr als 2000 Tiefbrunnenpumpen im Jahr importiert.

²²⁾ Zum Vergleich: 11 % aller Kredite wurden für den Bau von Tiefbrunnen aufgenommen.

²³⁾ Die Kareze von Kerman werden schon von *Muqaddasi* (10. Jh.) erwähnt: „Das Wasser empfangen die Bewohner meist durch unterirdische Leitungen“ (aus *Schwarz*, 1932, S. 270).

Girishk, Kandahar bis in die Gegend von Kabul. Ein Gebiet ausschließlicher Karezbewässerung liegt im Osten des Landes bei Ghazni und Katawaz, in der Umgebung von Mukur, um Shinkai und bei Kalat. Dagegen fehlen Kareze nahezu völlig in den trockenen Ebenen nördlich des Hindukush, mit Ausnahme in der Landschaft Gulran nördlich der Stadt Herat. *Jentsch* (1970, S. 119) sieht den Grund dafür nicht so sehr in ungünstigen Grundwasserverhältnissen (*Humlum*, 1959), sondern vor allem darin, daß die baktrische Ebene nur dünn von iranischer Bevölkerung, dem Träger der Karezbewässerung auf dem Hochland, durchsiedelt ist.

Auf pakistanischem Gebiet trifft man auf Kareze im Raum Peshawar sowie in den Tälern und Senken des Suleimangebirges (*Humlum*, 1964); ferner in Belutschistan, besonders zahlreich im Raum Charman, Quetta, Kalat, Dalbandin und bei Mastung, dort allein auf 300 (*Scholz*, 1970, S. 62). In den fünfziger Jahren wurden nach *Carlston* (1953, S. 160) $\frac{2}{3}$ des Trinkwasserbedarfs der Stadt Quetta durch Qanate gedeckt. Im Distrikt Quetta-Pishin haben sie nach *Cressey* (1958) 66 % des Bewässerungslandes versorgt. Noch 1964/65 wurden in diesem Gebiet 46 Kareze, die durch Erdbeben beschädigt und durch Grundwasserabsenkung z. T. trockengefallen waren, mit einem Kostenaufwand von 260 000 DM repariert und ausgebaut (*Scholz*, 1970, S. 66, Karte S. 64).

3. Verbreitung in Zentralasien

Durch politische Beziehungen und wirtschaftlichen Austausch über die Seidenstraße wurde die Übertragung der Qanatechnik aus dem persischen Kernraum in die Trockengebiete im Nordosten gefördert. Auf der Nordseite des Kopet-Dagh-Gebirges geht sie bereits auf die Zeit der alten Perser zurück. Dort benutzt man Kareze vorzugsweise im trockenen westlichen Teil der Achal-Oasengruppe. Sie versorgten die Stadt Aschchabad mit Trink- und Brauchwasser. Bei der Eroberung Achals durch die Tekke-Turkmenen im 18. Jahrhundert waren die alten Kareze zum großen Teil verfallen. Sie wurden später durch kriegsgefangene Perser wiederhergestellt oder neu angelegt (*König*, 1962). Nach *Gilsenbach* (1961) gibt es in Turkmenistan insgesamt etwa 700 Kareze. Nach Angaben von *Humlum* (1964) finden sie sich auch weiter östlich am Fuße des westlichen Tienshan-Systems.

Nach China soll die Kenntnis des Qanatbaus schon unter der Han-Dynastie (206 v. Chr.—220 n. Chr.) gedungen sein. Historischen Quellen zufolge kannte man sie damals im Becken des Weiho in der Provinz Shensi (*Kovda*, 1961, S. 208). *Humlum* (1964) berichtet von Qanaten in Nordwestchina in den Provinzen Shensi und Kansu. Ferner sollen sie im Tarim-Becken bei den Städten Kashgar, Yarkand und Khotan vorkommen. Diese Standorte werden neuerdings bei *Gentelle* (1965) bestätigt, scheinen aber, falls sie weiter verifiziert werden, jüngeren Datums zu sein²⁴). Von besonderer Bedeutung sind Kareze in der Turfansenke am Fuß des östlichen Tienshan. Bei einer Anzahl von vielen Hunderten erreichen sie eine Gesamtlänge von über 2000 km und bewässern ca. 160 000 mu (*Cheng Ping*, 1963, S. 25). Die Qanate wurden dort im 18. Jahrhundert aus Persien eingeführt und tragen die persische Bezeichnung „Karez“ (*Huntington*, 1907). Am Fuß des winterschneebedeckten Tienshan findet die Karezbewässerung bei sehr trockenem

²⁴) *Huntington* (1907) verneint allerdings Vorkommen in chinesisches Turkestan.

Beckenklima und z. T. guten Böden ebenso ideale Voraussetzungen wie in Iran; mit ein Grund dafür, daß die Qanatechnik in dieser Region ständig an Bedeutung gewonnen hat und auch weiter im Osten im Raum Hami eingeführt worden ist (*Gentelle*, 1965). *Goblot* (1965) teilt mit, daß ein chinesischer Ingenieur kürzlich zum Ausdruck gebracht habe, daß die 2500 km Gesamtlänge der Turfanqareze die Chinesische Mauer an Arbeitsaufwand übertreffen ²⁵⁾.

4. Vorkommen im Nordwesten und Westen Irans

Die Übertragung aus dem Ursprungsland in den kaukasischen Raum ging in alter Zeit vonstatten (*Kovda*, 1961). In sowjetisch Azarbaijan werden heute noch ca. 800 Qanate gezählt. Als einziger Autor führt *Gilsenbach* (1961) Qanatvorkommen auf der Krim an, die vermutlich von Azarbaijan hierhin gelangt sind.

Im Irak kennt man Qanate auf der Ebene von Erbil (s. S. 13), bei Kirkuk und Suleimaniye am Fuß der kurdischen Berge. In der Zeit der Abbassiden (750 bis 1258 ²⁶⁾) soll es bei Erbil 300—400 Kareze gegeben haben (*Mason*, 1946, S. 442). In den fünfziger Jahren unseres Jahrhunderts waren noch etwa 60 im Gebrauch (*Cressy*, 1958). Westlich des Tigris kommen sie am Fuß des Djebel Sinjar vor, darunter einige aufgelassene Systeme von 25 Meilen Länge. Das Verbreitungsgebiet läßt sich auf der Karte von Nordirak bis in die südöstliche Türkei verfolgen, wo sie auf der britischen Quarter-Inch-Karte für das Vanseebecken (s. o.) und noch einige andere Stellen in türkisch Kurdistan angegeben werden (*Humlum*, 1964). In der mittleren Türkei gibt es ein Vorkommen bei Kayseri. Wie *Furon* berichtet, stammt es noch aus dem 10. Jahrhundert, aus der Zeit der Seldschuken. Die Stadt wurde im Jahre 1952 ausschließlich durch dieses alte Stollensystem mit 150 l/s versorgt (1963, S. 84).

5. Qanate auf der Arabischen Halbinsel

Neuere Forschungen beweisen, daß Qanatanlagen auf der Arabischen Halbinsel schon im Altertum eine bedeutungsvolle Rolle gespielt haben (s. o.). In Nadj, in Zentralarabien, waren die unterirdischen Bewässerungskanäle — sie heißen dort „faladj“ (Plur. afladj), nach *Philby* (1920) auch „kharaz“ oder „saqi“ — vor allem in der Landschaft Al-Afladj, die bei den arabischen Geographen des Mittelalters auch Faladj-al-Afladj genannt wird ²⁷⁾, so charakteristisch, daß man diesen Landstrich nach ihnen benannte. Sie existieren auf der zentralen Hochebene außerdem in der Landschaft Kasim in der Kleinen Najd, sowie in Al-Kharg am Fuß des Djebel Tuweiq, wo sie von persischen Kolonisten angelegt worden sind (*Philby*, 1920, S. 161). Nach *Sanger* hatte auch die einst blühende, heute aber verfallene Oase Yabrin im Norden des Leeren Viertels Qanatversorgung (1954, S. 130). Ferner fand *Philby* (1957, S. 186), verfallene Kareze im Wadi Zaita, bei dem Ort Quraiya im Nordwesten Saudiarabiens.

Größere siedlungsgeographische Bedeutung kommt ihnen in Oman zu. Auch hier wurden sie schon früh eingeführt. *Wilkinson* zufolge geschah das fast mit

²⁵⁾ Nach *Kovda* (1961, S. 208) gibt es im Turfangebiet ca. 1500 Kareze, die 20 000 ha bewässern.

²⁶⁾ Aus dieser Zeit stammen auch die Qanate bei Samarra am Tigris. Sie dienten der Versorgung der Stadt und der Paläste. Ihr Verlauf ist noch auf Luftbildern erkennbar (*Beazeley*, 1920, S. 109).

²⁷⁾ Brfl. Mitt. v. v. *Wissmann* an *Troll*.

Sicherheit in der präislamischen Epoche. Nach dem Glauben der Einheimischen stammen sie sogar aus der Zeit des biblischen Königs Salomon (1964, S. 337). Im gebirgigen Teil Omans sind oder waren sie besonders im Westen und Südwesten des Hadjargebirges ähnlich häufig wie auf dem Hochland von Iran. Nach *Miles* (1901, S. 465) gab es um die Jahrhundertwende nur „few villages without at least one of these feledjes“. Davon zeugen viele Ortsnamen, die mit dem Wort „feledj“ zusammengesetzt sind, z. B. Al Feledj, Feledj-al-Dhuwaikar, Bait-al-Feledj usw.

Nach *Stevens* (1970, 1972, S. 321) hat die Bewässerung durch Afladj auch in Trucial Oman, und zwar im Ostteil des Staatenbundes, wirtschaftliche Bedeutung. So werden in der Buraimi-Oasengruppe in Abu Dhabi die Dattelpalmenhaine fast ausschließlich von Qanaten, die vom Djabal Hafit und den Vorbergen des Hadjargebirges kommen, bewässert. Erst gegen Ende der sechziger Jahre wurden sie durch Motorpumpen zurückgedrängt, liefern aber immer noch etwa die Hälfte des Bewässerungswassers. Ferner finden sich Qanate bei Al-Khatt im Scheichtum Ras al-Khaimah (*Cardi*, 1971, S. 227, 253 ff.).

Für Hadramaut liegen in der Literatur nur Angaben über ein Vorkommen bei Ghail-Ba-Wazir nordöstlich Makalla vor, wo qanatähnliche Anlagen zur Weiterleitung heißer Karstquellen dienen (*Bent*, 1894, S. 317).

Im Jemen trifft man diese Bewässerungstechnik vor allem in den Bergen westlich Sanaa (*Scott*, 1960, S. 146 f.). Nach *Glaser* kennt man sie unter dem Namen „mejjel“ (*Höfner, Wissmann*, 1952), man findet aber auch die Bezeichnung „sariq“.

Archäologische Untersuchungen haben auch in Hidschas antike Qanate nachgewiesen (s. o.). Im Mittelalter wurden sie, folgt man dem arabischen Lexographen Abu *Ubaida* (gest. 825), häufig verwendet (nach *Colin*, 1932, aus *Troll*, 1963).

Heute noch versorgt sich Mekka aus Qanaten, die Grundwasser aus den alluvialen Sedimenten der umliegenden Wadis heranleiten. Sie werden hier „Ain“ genannt. Die älteste Anlage, die Ain Zubaydah, stammt bereits aus dem 9. Jahrhundert und wurde von Harun al-Rashid ca. 26 km südöstlich von Mekka im Wadi Naman angelegt. Die benachbarte Stadt Taif erhält ihr Trinkwasser mit Hilfe der Ain Shobra, Faisalia und Mathnah aus dem Wadi Waiy. Auch die Wasserversorgung der Hafenstadt Djidda basiert auf horizontalen Sickerleitungen. Die Ain Sultana, 12 km lang, schüttet 24 l/s, die Ain Kalas (8 km) 28 l/s (*Vinck*, 1971, S. 542 f.). In Medina sollen nach *British Admiralty* (1946) einige Viertel ebenfalls Wasser aus Qanaten (?) erhalten, die bei Ain Zarqa im S der Stadt Quellwasser (!) aufnehmen (aus *English*, 1968).

Zahlreiche Qanate finden sich im Raum Yanbu — Medina und zwischen Mekka und dem Wadi Fatimah. Sie sind in der Regel sehr kurz und erinnern in ihrer Bauweise an die nordafrikanischen Chegga (*Dequin*, 1961)²⁸⁾.

6. Qanate in Syrien, Jordanien und auf Zypern

In Syrien trifft man auf Qanate — sie werden hier „qanayat“ (vom aramäischen „qanaya“) oder „sariq“ genannt, nach *Minorsky* (1927) auch „sarid“ vom

²⁸⁾ „Bei der Anlage wird je nach der Tiefe des Grundwasserspiegels ein 5—30 m tiefer, v-förmiger Einschnitt vorgenommen und der im Querschnitt rechteckige, unterhalb des Grundwasserspiegels befindliche Kanal mit 1,5 m langen und 40—80 cm breiten Natursteinplatten abgedeckt und der Einschnitt sodann wieder mit Erde aufgefüllt. Alle 50 bis 100 m legen die Kanalbauer einen Einstieg an . . .“ (*Dequin*).

persischen „kahrez“ — in den Steppengebieten nordöstlich Aleppo²⁹⁾, außerdem bei Hama und auf der Ebene von Selemenije. Die meisten Stollen bei Selemenije stammen noch aus dem 6. bis 2. vorchristlichen Jahrhundert. Sie wurden von der römischen Verwaltung und später von den Abbassiden erhalten. Im 14. Jahrhundert rühmen arabische Geographen die Versorgung der Stadt mit 39 Qanaten. Nach einer Zeit des Verfalls wurden sie in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts von den eingewanderten Ismailiten³⁰⁾ wiederaufgebaut (nach *Lewis* (1949) aus *Furon*, 1963, S. 84). Weitere Vorkommen finden sich im Süden bei Homs und Damaskus, im Raum Tadmur (Palmyra, s. S. 5) und zwischen Damaskus und dem Djebel ed-Drus (*Humlum*, 1964)³¹⁾. Nach *Wirth* (1971) wurden antike Qanate bei Mannbidj und Selemenije in den letzten Jahren zur Erschließung von Neuland wieder in Betrieb genommen.

In Jordanien gibt es einige Anlagen bei Shunat Nimrum am Grenzfluß Yarmuk, die etwa 30 ha Land bewässern.

Es wurde schon erwähnt, daß auch auf Zypern Qanatbewässerung Anwendung findet. Nach einer Karte bei *Humlum* kommen die „laoumi“ genannten Wasserstellen auf der Hochfläche im Innern, sowie bei Morphou und Persisterona vor. Auch die Städte Nikosia und Larnaka erhielten einen Teil ihres Trinkwassers aus Qanaten (*Raeburn*, 1945).

7. Verbreitung in Nordafrika, auf Sizilien und den Kanarischen Inseln

Wie oben ausgeführt, wurden unterirdische Wasserkanäle in Ägypten schon in achämenidischer Zeit vereinzelt angelegt, während sie weiter im Westen erst mit der Ausbreitung des Islam in allgemeinen Gebrauch kamen, wenn auch hier und da Qanatanlagen aus früherer Zeit nachgewiesen werden konnten.

In der libyschen Sahara gibt es Qanatbewässerung in den Kufra-Oasen, ferner bei Ghadames und Ghat (*Jones*, 1960) und im Fezzan, vor allem bei Murzuk. Nach Luftbildauswertungen sind allein im Wadi Adjal 600 alte Qanate mit einer Gesamtlänge von ca. 4500 km festgestellt worden. Sie wurden schon von dem arabischen Geographen *Idrisi* (12. Jh.) gesehen und stellen „die bei weitem größte Leistung des Menschen in diesem Raum“ dar (*Ergenzinger*, 1969, S. 72 ff.). In *Schiffers* (1971—73, Bd. III., S. 300) wird hingegen für den Fezzan eine Gesamtzahl von nur 210 Foggaras angegeben.

In Nordafrika hat man für die Qanate wieder andere Bezeichnungen: meist „foggara“ (fegagir) (Algerien, Tunesien, Libyen) aber auch „rhattara“ (rhattar), „khattara“ (Khatatir) (Marokko). (Über die Etymologie des Wortes „foggara“ s. *Peres* in *Bull. des Etudes Arabes*, 1948, S. 209.)

In Tunesien wurden die Foggaras vor allem von *Marcel Solignac* untersucht. Nach ihm sind die unterirdischen Kanäle bei Bir-al-Adin zur Wasserversorgung der Stadt Kairuan im 7.—9. Jahrhundert angelegt worden (1952) und mit ihren Schachtbrunnen zweifellos echte Qanate. In einer älteren Arbeit schildert er die Foggaras zur Versorgung der Stadt Tunis und der Paläste und Gärten von Le

²⁹⁾ Aleppo wurde noch 1930 von einem Qanat versorgt (*Mazloun*, 1936).

³⁰⁾ Anhänger der gleichnamigen extrem schiitischen Sekte.

³¹⁾ *Humlum* zitiert weitere Vorkommen bei Hassetche, Qamichlije-Sinjar, Qaratçok-Darh, Drieir.

Bardo, die vom Kalifen Abu-amr-Utman im 15. Jahrhundert erbaut worden sind. Die Systeme beginnen bei Kum-al-Uta und bei Gassa am Fuß des Djebel-al-Ahmar. Es ist bemerkenswert, daß ihr Wasser teilweise über wieder instand gesetzte römische Aquädukte zu seinem Bestimmungsort geleitet wurde (*Solignac*, 1936). Kleinere Vorkommen befinden sich außerdem bei Dougga und Al Djem (s. o.). (*Despois*, 1961).

Nördlich des Schotts Al-Djerid verlaufen Foggaras bei Kebili und Al-Guettar (*Bursaux*, 1910), südlich des Schotts bewässern sie die Oase Menchia im Distrikt Nefzaoua, wo sie in den Grundwasserhorizonten des Djebel Tebaga angelegt wurden (*Suter*, 1962). Ihre Lokalbezeichnung lautet „nkoula“ (bei Gafsa) oder „khariga“ (Plur. khariga) (*Lo*, 1953).

Als Zeugen der arabischen Herrschaft im Mittelalter (827—1091) überdauerten Qanatanlagen auf der Insel Sizilien bis in die heutige Zeit. Nach *Hirth* (1928) und *Desio* (1959) sollen die als „pozzi a ripiano“ bezeichneten unterirdischen Kanäle in der Conca d'Oro bei Palermo und bei Messina in Gebrauch sein und den Foggaras auf dem afrikanischen Festland in Bau und Funktion voll entsprechen.

Die oben genannten Vorkommen bei Ghat gehören zu einem Verbreitungsgebiet, das sich am Fuße des Tassili der Adjer weit in die algerische Sahara hinein erstreckt. In den Trockentälern des Ahaggar-Gebirges und am Fuß desselben versorgten Foggaras — hier „efeli“ (Plur. ifelân) genannt — vor allem die Oasen Abelessa, Tamarrasset (13 Foggaras) und Fort Motylinski. Sie sind meist verhältnismäßig kurz und ihre Schächte von geringer Tiefe. Sie haben daher eine vom Niederschlag unmittelbar abhängige Wasserführung und können in Trockenperioden lange Zeit ohne Wasser sein (*Nicolaisen*, 1954). Im ganzen gibt es noch ca. 180 Foggaras im Ahaggar (*Suter* in *Schiffers*, 1971—73, Bd. II, S. 134).

Bisweilen bestehen diese Anlagen nur aus einem offenen, einige Meter tiefen Graben, in dem sich Grundwasser sammelt. Diese „embryonalen“ Foggaras werden von der Bevölkerung „chegga“ (Plur. cheggag) genannt. Sie ersetzen die eigentlichen Qanate in Nordafrika an vielen Stellen (*Schönith*, 1911).

Bemerkenswerterweise bezeichnen die Tuareg die Foggaras als persische Bauten (*Goblot*, 1963). In der Tat waren Perser auch hier an der Übertragung der Kareztechnik direkt beteiligt. Die Barmaka, in der Oase El Mansoura bei Sali lebende und noch heute tätige Spezialisten für den Qanatbau (*Suter* in *Schiffers*, 1971 bis 1973, Bd. II, S. 133), sind Nachfahren des persischen Geschlechts der Barmakiden. Die Barmakiden stammen ursprünglich aus Khorassan in Nordostpersien. Mitglieder ihres Geschlechts bekleideten unter Harun-al-Raschid hohe Staatsämter, fielen aber Anfang des 9. Jahrhunderts (803) in Ungnade und wanderten 1280 nach Nordafrika aus (*Martin*, 1903; *Bowvat*, 1912, aus *Troll*, 1963).

Juden oder jüdische Berber haben allerdings schon Jahrhunderte vor der arabischen Invasion diese Wasserbaukunst im Touatdistrikt angewendet. Sie hatten sie in Palästina kennengelernt, waren nach der Vertreibung unter Titus in der Cyrenaika ansässig geworden und von dort während einer Verfolgung unter Kaiser Trajan im Jahre 118 in das Tademaït-Gebiet geflohen. Auf sie geht die Gründung der Stadt Tamantit in Touat zurück (*Briggs*, 1960, aus *English*, 1968), aus dieser Zeit (9. Jahrhundert) stammen auch ihre ältesten, unter dem Ksar hindurchziehenden Foggaras.

Heute noch befindet sich im Vorland des Tademait-Plateaus ein Zentrum der Qanatbewässerung in der Sahara. Über die aktuellen Verhältnisse berichten *Kobori* (1969) und *Suter* (1972) ausführlich: Im Tidikeldistrikt im Süden des Plateaus sind noch 81 Foggaras in Tätigkeit, 36 in der westlichen Oasengruppe bei Aoulef, 45 in der östlichen bei In Salah. Während im Osten artesische Brunnen an die Stelle der Qanate traten, sind sie im Westen aus geologischen Gründen nicht möglich und die Foggaras deshalb die wichtigste Wasserquelle geblieben. Der Rückgang, dem die Qanate aber auch hier unterliegen, erklärt sich vor allem aus den hohen Instandhaltungskosten und aus dem Mangel an billigen Arbeitskräften. Auch in den benachbarten Oasengruppen des Touat und Gourara im westlichen und nordwestlichen Vorland des Tademaitplateaus zeigt sich der Rückgang seit einigen Jahren. Um die Jahrhundertwende zählte *Nieger* allein im Touat noch 372 Foggaras mit einer Gesamtlänge von mehr als 2000 km (*Gautier*, 1906, S. 243). Um 1950 hatte das Stollennetz noch eine Länge von 1520 km (*Capot Rey*, 1953). Heute liegen viele Foggaras trocken. Dennoch hat die Foggarabewässerung immer noch wirtschaftliche Bedeutung, namentlich zwischen Adrar und Timimum. *Suter* gibt folgende Zahlen für das Tademaitgebiet an: 90 noch Wasser führende Foggaras im Tidikelt, 358 im Touat, 214 im Gourara (aus *Schiffers*, 1971—73, Bd. II, S. 131).

Die Foggaras der Sahara wurden mit Hilfe von Negerklaven aus dem Sudan erbaut. *Awad* sieht sogar einen ursächlichen Zusammenhang zwischen der Qanatbewässerung und dem hohen schwarzen Bevölkerungsanteil der Oasen: „... lien étroit entre l'irrigation par foggara et la présence des noirs“³²). Ihr Anteil beträgt in den Oasen von Tidikelt mehr als 50 % (*Kobori*, 1969). Nach Aufhebung der Sklaverei wurden nur noch wenige Foggaras angelegt, während das alte Netz weiter in Gang gehalten wurde.

Im Norden des Plateaus von Tademait findet man einzelne Sammelstollen in der Oase Al Goléa (*Brunhes*, 1902), verbreitet im Ghardaia-Distrikt, so in den Ouargla-Oasen südwestlich Tuggurt. In dem zwischen Tuggurt und Biskra verlaufenden Wadi Rhir soll es nach *Furon* insgesamt 1800 (?) Foggaras geben (1963, S. 205).

Im Süden von Quargla stieß man in den fünfziger Jahren bei Ausgrabungen auf die Überreste der Stadt Sadrata (*Berchem*, 1952, S. 21 ff.). Die im 10. und 11. Jahrhundert blühende Oase wurde im 13. Jahrhundert von Dünen begraben und aufgegeben. Wie die Untersuchungen ergaben, hat schon ihre Wasserversorgung auf einem großzügig angelegten Qanatnetz basiert (*Oliver Asin*, 1959, S. 85 ff.).

Auch im Wadi Saoura an der Straße der Palmen trifft man auf Foggaras, z. B. bei Beni Abbes. Ferner werden Vorkommen bei Colomb Béchar und bei Tabelbala genannt (*Humlum*, 1964). Dort sind sie nachweislich seit dem 11. Jahrhundert bekannt (Lokalname bongbini, Plur. bongbinu). Nach Perioden des Verfalls und Wiederaufbaus gab es 1961 dort noch 20 tätige Qanate (*Champault*, 1961, Karte, S. 9).

Am Rande der Hammada des Draa sind Tindouf und Tinfoùchi Oasen, deren Stollen in der Mehrzahl aber bereits aufgegeben wurden. Die Qanate zapften den Wasservorrat der miozänen und pliozänen Schichten unter der Hammada an.

³²) 1958, S. 205.

Wie im Süden des tunesischen und algerischen Saharaatlas erhalten auch die Oasen in der marokkanischen Sahara ihr Wasser mittelbar von den Gebirgsketten des Atlassystems. Auf diese Weise werden die Qanatsiedlungen Figuig am Fuße des Saharaatlas, Tazarine südl. des Hohen-, Foum Zguid und Goulimine am Südfuß des AntiAtlas bzw. des Djebel Bani mit Wasser versorgt. In den sogenannten Foum-Oasen auf der Südseite des Djebel Bani sind Khattaras allgemein üblich (*Mensching*, 1957, S. 223).

Das Zentrum der Foggara-Bewässerung im Süden des marokkanischen Atlas ist der Tafilalet-Distrikt mit den Oasen Tadrach, Ferkla, Jorf und Ziffa. Wie *Margat* (1958) berichtet, gibt es in diesem Raum 273 Qanate, die mit mehr als 1000 l/s etwa 850 ha Palmen bewässern. Zahlreiche Qanatstollen liegen im Wadi Todra und Wadi Ziz. Besonders im Todratat hat diese Bewässerungsart eine lange Tradition. Seit Jahrhunderten kommen von hier die Spezialisten des Qanatbaus bis nach Marrakesch (s. dritter Teil).

Außerdem kann man nach *Humlum* (1964) Qanate im Wadi Sous östl. Agadir beobachten, nach *Dresch* (1941, S. 120) auch im oberen Soustal, vor allem im Raum Oued ber Rehil-Igoudar, wo die Vorkommen an das Auftreten von sandigen Mergeln gebunden sind, und endlich auch auf dem ehemals spanischen Territorium Ifni an der Westküste, und zwar auf der Ebene von Tiliwin (*Oliver Asin*, 1959, S. 364).

In einer noch unbekanntem Zeit wurde die Kareztechnik auf den Kanarischen Inseln bekannt. Nach *Sosa* (1848) sahen schon die ersten Konquistadoren Bewässerungstollen bei den einheimischen Guanchen (*Oliver Asin*, 1959, S. 89). Außer auf Gran Canaria findet man sie heute in großer Zahl auf Teneriffa³³). Man kennt sie dort unter der spanischen Bezeichnung „galerias filtrantes“. Geologische Voraussetzung ist der Grundwasserspeicher, der sich in den porösen vulkanischen Schichten befindet. Im Gegensatz zu den Bauverfahren auf dem Festland werden die Galerías hier mit modernen technischen Mitteln erstellt und heute noch ständig erweitert (*Humlum*, 1964, mit Karte).

Am Nordfuß des Hohen Atlas liegt neben kleineren Vorkommen bei Mzouda³⁴) und im oberen Moulouyatal³⁵) die größte Qanatoase Afrikas: Marrakesch. Im Gegensatz zu manchen Foggara-Oasen in der Sahara, die sich im Vorland von Schichtstufen befinden, besitzt die alte marokkanische Hauptstadt den typischen Qanatstandort. Auf Marrakesch soll in einem eigenen Abschnitt eingegangen werden.

8. Qanate auf der Iberischen Halbinsel

Es steht heute fest, daß die islamischen Eroberer der Iberischen Halbinsel (711) sich bei der Kultivierung des Landes der Qanatbewässerung zur Versorgung ihrer Siedlungen und Pflanzungen bedient haben. Das wird durch neue Fundstellen immer wieder bewiesen.

Bemerkenswert, wie eng die Ausbreitung der Qanatbewässerung mit der Verbreitung des Islam verbunden war! Die Tatsache, daß sich der Islam vorzugsweise

³³) Die Karte bei *Humlum* (S. 107) zeigt auf Teneriffa 305 Qanate (1960).

³⁴) *Brives* (1909, S. 120).

³⁵) *Mensching*, *Wirth* (1973, S. 72).

in den Trockengebieten ausgedehnt hat, wo Wasserbeschaffung eine Existenzfrage ist, spielt dabei sicher eine große Rolle. Darüber hinaus kommt dem Wasser im islamischen Glauben auch eine besondere religiöse Bedeutung zu. Nach dem Koran ist jeder Moslem vor seinen fünf täglichen Gebeten zur Waschung verpflichtet (Sure 5, Vers 6)³⁶). Die islamischen Eroberer waren daher bestrebt, durch Errichten von Wasserversorgungsanlagen dem Korangebote Genüge zu leisten. Dabei kam ihnen die Eigenschaft der Qanate, fließendes Wasser zu fördern, sehr zustatten.

Qanate wurden von den Arabern auf der Südseite der S^a. de Guadarrama angelegt. Sie hatten die größte Bedeutung für die Versorgung der späteren spanischen Hauptstadt, worüber der vierte Teil der vorliegenden Arbeit ausführlich berichtet. *Oliver Asin* (1963) fand heraus, daß auch die Stadt Guadalajara — wie Madrid auf der Meseta am Südfuß der S^a. de Guadarrama gelegen — „en siglos pasados . . . una importante red de mayras“ gehabt hat, das ebenfalls auf maurische Zeit zurückgeht.

Studiert man spanische geologische und hydrogeologische Abhandlungen, zeigt sich, daß unterirdische Kanäle zur Wasserversorgung und Bewässerung auf der neukastilischen Meseta zumindest in der Provinz Madrid weit verbreitet sind. Um Angaben über ihr Entstehungsalter machen zu können, bedarf es weiterer Untersuchungen. Offenbar existieren sie auch in anderen Teilen des sommertrockenen Spanien, denn sie werden in den in jüngster Zeit neu aufgelegten Gesetzestexten des spanischen Wasserrechts von 1879 eigens erwähnt (*Ley de Aguas*, 1965, L. 22 bis 27, Ap. 2, S. 120, Ap. 13, S. 228, Ap. 14, S. 235, 238, 242)³⁷). Zahlreich scheinen sie auch in Südspanien zu sein, wo sich an verschiedenen Stellen maurische Qanate nachweisen lassen, z. B. bei Granada. Ein Stich von G. Hofnagel aus dem Jahre 1563 zeigt im Süden der Alhambra geradlinig angeordnete, von einem Erdwall umgebene Brunnenschächte, bei denen es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um die Schachtmündungen eines Qanats handelt.

Reste von Sammelstollen weist auch die Vega von Granada auf, und zwar bei der Maurengründung Elvira östlich von Granada (*Herrenbrücke*, 1932, S. 36) und im Westen bei Atarfe (*Oliver Hurtado; Gomez Moreno*, 1870, S. 18). Nach *Kress* (1968, S. 123) soll sich auch bei Cartaya in der Provinz Huelva ein aus maurischer Zeit stammendes Qanatsystem befinden, ebenso am Südhang der S^a. de los Filabres nahe bei Velefique in der Provinz Almeria (*Gibert*, 1963). Ferner berichtet *Kleipenning* (1965) von einer vermutlich in islamischer Zeit fertiggestellten Qanatanlage in der Umgebung von Cuevas del Almanzora. Auch bei Puerto Lumbreras südlich von Lorca existiert ein aus alter Zeit stammender Qanat (*Kress*, 1968, S. 125). *Madoz* (1848) beschreibt ein Stollensystem bei Jaen (Bd. 9, S. 539), bei Osuna (S. 554) und erläutert die Versorgung der Hafenstadt Huelva durch Qanate: „... galerias subterráneas, que forman etre si un laberinto . . ., cuyas filtraciones de agua potables . . . abastieron los moradores de este pueblo y buques que arribaban en tiempos antiguos . . .“ (S. 274).

³⁶) Mohammed soll auf die Frage nach der verdienstvollsten Tat geantwortet haben: „Dem Menschen Wasser zu geben“; bei einer anderen Gelegenheit: „Sauberkeit und Reinlichkeit sind wichtige Teile des Glaubens.“

³⁷) „... minados antiguos (en busca de aguas) . . . (alumar aguas subterráneas por medio de) galerias, socavones . . .“

9. Qanatvorkommen in der Neuen Welt

Erstaunlicherweise hat man auch in Mittel- und Südamerika Qanate gefunden. Schon seit dem 19. Jahrhundert kennt die wissenschaftliche Literatur ein isoliertes Stollensystem bei dem Oasenort Pica am Fuße der Kordillere und am Ost- rand der Pampa de Tamarugal³⁸⁾ in Nordchile (*Billinghurst*, 1893, aus *Troll*, 1967, S. 15). Es handelt sich hier um mindestens 15 unterirdische Kanäle mit einer Gesamtlänge von 13 km. Sie sind mit ihren in regelmäßigen Abständen angebrachten Luftschächten („lumbreras“) echte Qanate. Von den Einheimischen werden sie „socavones“ genannt. Sie liefern das Trink- und Bewässerungswasser für die Oase Pica. Außerdem belieferten sie die Hafenstadt Iquique über eine hundert Kilometer lange Rohrleitung (*Simon*, 1907).

Ein zweites Einzelvorkommen liegt am Fuß der peruanischen Küstenkordillere bei dem Ort Nasca. Über 20 Qanate („puquios“) zapfen hier das Grundwasser in den Trockentälern des Rio Nasca und seiner Zuflüsse an (Kartenskizze bei *Humlum*, 1964, S. 109). Sie sind gleicherweise mit Luftschächten, sog. „ojos“ versehen und liefern das Wasser für 12 km² Bewässerungsfläche (*Humlum*, 1964, S. 112). Von Bau und Funktion her sind sie ebenfalls echte Qanate.

In den Trockengebieten Mexikos, tausende Kilometer von den südamerikanischen Vorkommen entfernt, kennt man Qanate im Süden der Provinz Coahuila. Auf ihnen beruht die Trink- und Brauchwasserversorgung des Ortes Parras, eine der ältesten Ortschaften der Konquistadorenzeit, gegründet 1598 (*Humlum*, 1964, S. 112, Karte). Ihre größte Verbreitung in der Neuen Welt haben die Qanate in der Provinz Puebla im Süden Zentralmexikos. Diese Vorkommen sind in der geographischen Literatur erst seit 1954 durch *Troll* bekannt. Das Verbreitungsgebiet befindet sich bei Tehuacan und Tecamachalco, wo ca. 200 bzw. 150 Sammelstollen gezählt werden (*Humlum*, 1964, S. 112 f.). Die Anlagen befinden sich im Besitz mehrerer Familien, die sich zu einer „sociedad de aguas“ zusammengeschlossen haben und denen ein Präsident vorsteht (*Troll*, 1963, S. 323; *Seele*, 1969, S. 3). Zahlreiche Dörfer erhalten oder erhielten Trink- und Bewässerungswasser aus ihren eigenen Qanaten.

10. Übertragung oder kulturgeographische Konvergenz?

Wie schon vorher in anderem Zusammenhang entsteht auch hier die Frage: „Wurde die Qanattechnik in die Neue Welt übertragen oder handelt es sich um eine selbständige Erfindung?“ Zweifellos haben die indianischen Hochkulturen den elementaren Gedanken der künstlichen Bewässerung schon früh — lange vor Kolumbus — in die Tat umgesetzt. Dafür gibt es viele Zeugnisse, sowohl im Kulturbereich des heutigen Mexiko wie auch bei den alten andinen Kulturen. Ob aber die von den Völkern des Iranischen Hochlandes auf die dortigen Naturbedingungen hin in Jahrtausenden entwickelte Technik des Qanatbaus bereits vor Kolumbus in Amerika bekannt war und angewendet wurde, das ist fraglich. Zwar sind manche Autoren (*Gonzales*, 1934; *Kinzl*, 1944; *Humlum*, 1964) der Ansicht, daß die Qanate der Neuen Welt wenigstens zum Teil vor der Eroberung durch die Spanier angelegt worden sind; vor allem die in Nasca, die schon in der Chronik

³⁸⁾ Wüste Atacama.

von *Cieza de León* (1553) beschrieben werden (*Kinzl*, 1963, S. 337). Es muß aber noch auf die Tatsache hingewiesen werden, daß die sog. „canchones“, große Gruben, auf deren grundwassernahem Boden Pflanzen angebaut werden, und die sowohl in Pica wie in Nasca in Nutzung sind, ebenfalls in Spanien vorkommen (*Kärger*, 1901, S. 40), ein Umstand, der mehr für Übertragung als für örtliche Entwicklung dieser speziellen Agrikulturtechniken spricht. Auch die großen Entfernungen der Qanatstandorte untereinander deuten darauf hin, daß spanische Kolonisten als Erbauer anzunehmen sind. Diese Annahme wird besonders durch die oben nachgewiesenen Qanatvorkommen in Spanien untermauert.

B. UNTERSUCHUNG DER QANAT-WASSERVERSORGUNG DER VERGLEICHSTÄDTE

I. Teheran

1. Das Teheraner Qanatsystem vor dem Bau des Amir-Kabir-Staudamms (1961)

Anlage, Betrieb und Funktion

a) Vorbemerkung

In der Einführung wurde die Qanattechnik unter allgemeinen Gesichtspunkten beschrieben. Das Ziel war, die physisch-geographischen Zusammenhänge der folgenden Fallstudien verständlich zu machen und den charakteristischen Einfluß der Qanate auf die Kulturlandschaft aufzuzeigen. Überdies galt es, die historischen Beziehungen zu erarbeiten, die die Vergleichsstädte über ihre Wasserversorgung verbinden. Im folgenden wird nun die Bedeutung der Qanattechnik für die Versorgung von Teheran, Marrakesch und Madrid erläutert und ihr Einfluß auf die Wahl der Ortslage, die Entwicklung und Struktur am konkreten Beispiel gezeigt.

Die persische Hauptstadt war bis vor wenigen Jahren noch die größte Qanat-oase der Erde. Ihre Wasserversorgung basierte jahrhundertlang ausschließlich auf Qanaten. An ihrem Beispiel lassen sich daher charakteristische Merkmale am besten herausstellen:

b) Die Lage der Stadt

Teheran liegt unter $35^{\circ} 41'$ Nord und $51^{\circ} 19'$ Ost an der nördlichen Peripherie des Staatsgebiets im Norden der Zentralprovinz (s. Abb. 10). Der Stadtkern liegt etwa 1200 m hoch, dicht südlich der dem Hochland zugewandten Innenflanke des Elbursgebirges, auf einer Schwemmebene (Dasht), die sich zwischen Elburs und der nahen Salzwüste Masileh-Kewir erstreckt und das Gebirge in seiner gesamten Länge begleitet.

Trotz der Nähe des Kaspischen Meeres, abgeschirmt von den über 4000 m hohen Elbursketten, unterliegt die Stadt den extrem kontinentalen und ariden Klimabedingungen der inneriranischen Wüsten. Eindrucksvoll zeigt sich das Trockenklima an der Wüstenhaftigkeit der Teheraner Umgebung, die der Stadt den Charakter einer Oase verleiht.

Wie den meisten Siedlungen auf dem Hochland fehlt auch Teheran der perennierende Fluß. Der Karadj, der beim gleichnamigen Ort das Gebirge verläßt, fließt der Kewir zu, ohne das Siedlungsgebiet zu berühren. Das gilt auch für den Djadjerud, der die Ebene von Veramin im Südosten Teherans bewässert. Die Bäche, die in unmittelbarer Nähe die Ebene betreten, versiegen schon nach kurzer Laufstrecke auf dem Schwemmfächer.

Die Ortslage ist die einer typischen iranischen Qanatoase, zu der der enge Kontakt zu einem Gebirge gehört. Der Elburs ragt nur wenige Kilometer vom Stadtgebiet entfernt bis 3955 m auf. Er umgibt die Stadt von zwei Seiten, da der Gebirgsrand bajonettförmig gestaltet ist und abschnittsweise nach Westen untertaucht. Teheran kommt so in eine buchtartige Erweiterung zu liegen. Im Osten bricht der sogenannte Antielburs ab. Die Touchalkette nördlich Teheran endet bei Karadj, wo der dahinterliegende Talakanzug die Gebirgsflanke fortsetzt. Nach Westen ist der Siedlungsraum offen, während der Horizont im Süden gegen die Salzwüste durch die Doutouyeh- und Nazarabadberge eingeeignet wird.

Der Grund für die enge Nachbarschaft der Stadt zum Elburs liegt im ökologischen Bereich, nämlich in ihrer Abhängigkeit von den dort fallenden Niederschlägen. An dieser Abhängigkeit hat sich bis heute nichts geändert. Geändert hat sich nur die Technik, mit der man das vom Gebirge herabkommende Wasser aufnimmt und der städtischen Versorgung zuführt. Heute dienen dazu moderne technische Anlagen, darunter drei Talsperren, Kläranlagen, Speicherbecken und ein Druckleitungsnetz; Einrichtungen, die in der Hauptsache der Flußwasserversorgung dienen.

Vor dem Bau dieser Anlagen wurde der Wasserbedarf ausschließlich aus dem Grundwasservorrat der Schwemmebene gedeckt, der ebenfalls vom Elburs her gespeist wird (s. u.). Die Versorgung hing fast ganz von Qanaten ab. Mehr als dreißig Qanate endeten allein in Teheran; Hunderte in der Umgebung. Heute noch haben viele Dörfer auf der Teheranebene mindestens einen Karez. Bis Ende 1968 zählte man insgesamt noch über 400 funktionierende Qanate (vgl. Abb. 17). In der Hauptstadt selbst wurden bis zum Jahre 1961 noch mehrere Stadtviertel von Qanaten versorgt; im sozial benachteiligten Süden behielten sie ihre Bedeutung noch länger.

Die Frage, warum sich die Qanate in Teheran so lange gehalten haben, findet ihre Beantwortung wohl am ehesten in den hohen Kosten, die die Umstellung auf ein modernes System mit sich bringt. Angesichts der unsicheren politischen Verhältnisse in der Kriegs- und Nachkriegszeit und wegen seiner geringen Finanzkraft war der Staat nicht in der Lage sie aufzubringen. Zudem hatte sich eben das traditionelle Versorgungssystem wie auch die Art der Wasserverteilung (s. u.) in Jahrhunderten eingespielt und bewährt. Aus diesen Gründen blieb die Hauptstadt, die sich von allen persischen Städten am weitesten vom Herkömmlichen gelöst hatte, bis in die jüngste Vergangenheit mit dem antiken Wasserversorgungssystem verbunden.

c) Beschreibung der Qanate

In den fünfziger Jahren waren noch 23 Kareze in Betrieb. Die meisten stammten aus dem vorigen Jahrhundert, einige waren noch älter. Da ihre Bauzeit schon lange zurückliegt und keine verlässlichen Aufzeichnungen existieren, ist es heute schwer, ihren Verlauf exakt wiederzugeben. Der Verfasser stützte sich bei der Anfertigung der beiliegenden Karte, die erstmalig die Streckenführung der Teheraner Qanate zeigt, auf einen Bericht der in Teheran arbeitenden Ingenieurfirma Gibb & Part. (1958), auf einen Aufsatz in der persischen Zeitschrift „Ab“ (1955), sowie auf Luftbilder und andere Unterlagen. Als Grundlage diente eine topographische Karte von Gibb, die weitgehend auf Luftbildaufnahmen vom Jahre 1956/57 basiert. Die folgende Beschreibung lehnt sich eng an diese Karte an.

Der Neigung der Ebene entsprechend kommen die meisten Qanate von Norden aus dem Shemiraner Gebiet, einige aus der Gegend zwischen Yusefabad und Vanak, andere von der Ebene nordwestlich Tarasht, einer sogar aus dem mehr als 20 km entfernten Ismailabad bei Karadj.

Dieser nach seinem Erbauer „Amin ul-Mulk“³⁹⁾ genannte Qanat fing Grundwasser unter dem Schwemmfächer des Karadj auf (Kartenbeilage 1). Er folgte auf seinem Weg nach Teheran der Qazwinchausee und erreichte die Stadt im Südwesten. Über die Koutcheh⁴⁰⁾ Zurkhaneh und Khiyaban⁴¹⁾ Eatemad kam er zum Maidan⁴²⁾ Berianak. Dort teilte er sich in zwei Arme. Der eine begleitete die Kh. Mohamadi und kam südlich der Kh. Qazwin an die Oberfläche. Der andere wendete sich nach Osten, lief mit den Kh. Berianak, Qazwin und Owrang zur Kh. Simetri, querte diese und die folgende Kh. Amirieh und verlief längs der Kh. Shari-var bis zur K. Bulur-Sazi. Dort bog der Stollen nach Süden ab und begleitete diese und die K. Saadat bis zur Kh. Mowlawi, wo sich der Mazhar befand. Der Qanat-e Amin ul-Mulk versorgte das Stadtgebiet südlich der beiden Austrittsstellen.

Auch der Qanat-e Akbarabad kam nach Südwestteheran. Er gehörte früher zu einem Dorf gleichen Namens im Südwesten des großen Schahgartens (Bagh-e Shah). Der Madar Tshah lag auf dem Schwemmfächer des Farahzadbaches, in der Nähe des neuen Stadtviertels Shahr-Ara. Der Stollen verlief zuerst nach Süden, passierte den amerikanischen Friedhof im Westen und kam nach 0,5 Farsang⁴³⁾ (*Keihan*, 1931) in der K. Golzar ans Tageslicht.

Mehrere Teheraner Qanate haben ihren Ursprung nordwestlich von Tarasht. Einer davon, der Qanat-e Nadjafabad, passierte nach anfangs südlichem, dann südwestlichem Verlauf die Kh. Khosh, Sharokh, Nawab, Sina und Salar und gelangte zum Maidan Qazwin (s. Kartenbeilage 1, Nr. II). Hier teilte er sich in zwei Arme. Der eine verlief der Kh. Simetrie parallel und kam an der Kh. Sarab (pers. = Quelle) an die Oberfläche. Der andere traf auf die Kh. Qalamestan, folgte ihr und der Kh. Moez-Sultan und erreichte den Mazhar über die Kh. Shapur und Mowlawi. Das Wasser wurde auf das Gebiet südlich der Austrittsstellen verteilt.

Der Qanat-e Waziri begann ebenfalls in der Nähe von Tarasht (s. Kartenbeilage 1, Nr. III). Er verlief anfangs in südlicher Richtung, dann in einem Bogen auf den Südrand des Bagh-e Shah zu und kam zwischen der Kh. Babataher und Moez-Sultan (früher Kh. Sarab-e Wazir = Wazirquelle) an die Oberfläche. Er versorgte das an den Mazhar nach Süden anschließende Gebiet bis zur Kh. Shoosh.

Ein eigener Qanat bewässerte den ehemaligen Schahgarten im Westen der Stadt. Der Madar-Tshah lag südwestlich von Kan. In südöstlicher Richtung verlaufend traf der über 10 km lange Stollen (*Kuros*, 1943) auf die Kh. Bustan-e Saadi und kam an der Nordwestecke des Gartens ans Tageslicht.

³⁹⁾ Viele der Qanate sind nach ihrem Erbauer benannt. Über Erbauer und Entstehungszeit wird im 3. Kap. mehr gesagt.

⁴⁰⁾ Pers. = Gasse.

⁴¹⁾ Pers. = Straße.

⁴²⁾ Pers. = Platz.

⁴³⁾ Farsang ist ein neupersisches Längenmaß; es entspricht dem alten Farsakh. Ein Farsang = ca. 6 km (*Encyclopedia of Islam*, 1965).

Einer der bedeutendsten, heute noch in Funktion befindlichen Kareze ist der Qanat-e-Shah (s. Kartenbeilage 1, Nr. IV). Er versorgte das ehemalige Palastviertel mit dem Golestanpalast (s. u.) sowie den Westen des Basars. Sein etwa einen Farsang langer Stollen führt südlich an Tarasht vorbei, folgt dann der Kh. Shekufeh, unterfährt den Bagh-e-Shah und die Kh. Simetri und verläuft parallel zu den Kh. Pasteur, Jami und Sevom-Esfand. Am Verteidigungsministerium biegt er nach Südosten um und erreicht die Kh. Rolin. Hier befanden sich zahlreiche Wasserhähne zum Füllen der Trinkwasserwagen (s. u.). Der Qanat quert noch die Kh. Sepah und kommt endgültig vor dem innerhalb des alten Palastbezirks gelegenen Justizministerium ans Tageslicht.

Der Qanat-e-Farman-Farma ist ebenfalls heute noch in Betrieb (s. Kartenbeilage 1, Nr. V). Er fängt das Grundwasser des Kanbaches auf. Der etwa zwei Farsang lange Stollen bleibt anfangs in Bachnähe, biegt dann nach Südosten um, passiert Tarasht und erreicht die Stadt an der Kh. Azarbaiyan. Zunächst folgt er dieser Straße, dann der Kh. Shapur-Ali-Reza, wendet sich nach Süden und tritt an der Kreuzung Kh. Pasteur/Kh. Onsoni aus. Das Wasser wurde auf das im Süden anschließende Viertel verteilt.

Auch der Qanat-e-Karimabad begann auf der Schwemmebene im Nordwesten Teherans (s. Kartenbeilage 1, Nr. VI). Er kam ebenfalls an der Kh. Azarbaiyan ins Stadtgebiet, begleitete sie bis zur Kh. Nawab, bog in die Kh. Neshat ein und verlief dann unter dem Wohngebiet bis zur Kh. Pasteur. Dort wechselte er über die Kh. Onsoni zur Kh. Sepah und kam auf dem Gelände der Offiziersakademie an die Oberfläche. Er versorgte die Akademie und das südlich anschließende Wohngebiet (Länge 1,5 Farsang).

Der Qanat-e-Berianak, einer der ältesten Qanate, begann in der Nähe des Pahlavihospitals (s. Kartenbeilage 1, Nr. VII). Er bewässerte früher die ehemals selbständige Gemeinde gleichen Namens. Der ca. 0,5 Farsang lange Stollen verlief quer unter dem Wohngebiet hindurch und trat in der K. Berianak ans Tageslicht, wo sich sein relativ großes Versorgungsgebiet nach Süden anschloß.

Der Qanat-e-Djalalie bewässert heute noch das Gelände der ersten Teheraner Universität (s. Kartenbeilage 1, Nr. VIII). Er beginnt etwa zwei Kilometer östlich Pounak und setzt sich nach Südsüdosten bis zur ehemaligen Pferderennbahn Djalalieh, dem heutigen Farahpark, fort, wendet sich dann nach Süden und erreicht an der Nordwestecke des Universitätsgeländes die Oberfläche.

Eng mit der Geschichte Altteherans verbunden war der Qanat-e-Sangladj. Er deckte den Bedarf des gleichnamigen Viertels in der Altstadt (s. Kartenbeilage 1, Nr. IX). Sein Madar-Tshah befand sich in der Nähe des heutigen Wasseramts. Der einen Farsang lange Stollen führte mit der Kh. Pahlavi zur Kh. Shah-Reza, bog hier nach Südosten und verlief sodann quer unter der Stadtmitte hindurch. Der Mazhar befand sich am Stadtpark, der an der Stelle eines durch Brand zerstörten Bezirks des Viertels Sangeladj steht.

Der Qanat-e-Makhsus versorgte die von Reza Shah (1925—1941) erbauten Paläste auf der Kh. Pasteur (s. Kartenbeilage 1, Nr. X). Sein Ursprung lag in Shemiran, östlich von Tarasht. Er folgte auf seinem Weg nach Süden dem Bett des Darbandbaches. Nahe der Radiostation wendete er sich nach Südwesten, querte

die Kh. Pahlavi südlich der Kh. Shaghghi und erreichte den Bestimmungsort über die Kh. Kakh.

Der Qanat-e-Mehr-Gerd ist der älteste Teheraner Qanat und trotz seines Alters heute noch in Betrieb (s. Kartenbeilage 1, Nr. XI). Er beginnt nördlich des Boulevards Elisabeth II. mit zwei Armen. Der Madar çah des einen liegt nahe der neuen Straße nach Shemiran, der des anderen südlich Behdjatabad. Diese Stollen stoßen westlich der Kh. Shiraz aufeinander. Der Karez läuft quer unter der Innenstadt hindurch bis zum Maidan Sepah und tritt dort in den alten Palastbezirk ein. Hier teilt er sich unter dem Sportplatz der Dar ol-Funun-Schule in zwei Arme. Der eine tritt im Hof des Finanzministeriums zutage, fließt aber bis zum Golestanpalast weiter. Er bewässerte einen Teil der an Teichen, Kanälen und Wasserspielen reichen Gärten der kaiserlichen Residenz. Der zweite tritt auf der Kh. Nasser Khosrow an der K. Marwi zutage. Er versorgte vor allem den Ostteil des Basars.

Die britische Botschaft in Teheran verfügt heute noch über einen eigenen, etwa einen Farsang langen Qanat (s. Kartenbeilage 1, Nr. XII). Er kommt aus der Umgebung von Amirabad, verläuft anfangs in südöstlicher Richtung, quert die Kh. Pahlavi oberhalb des Boulevards Elisabeth II., begleitet dann die Kh. Pahlavi ca. einen Kilometer nach Süden und setzt seinen Weg in südöstlicher Richtung fort, um im Norden des Botschaftsgeländes zutage zu treten.

Auch die benachbarte sowjetische Botschaft besaß für ihre eigene Versorgung einen — inzwischen trockengefallenen — Qanat (s. Kartenbeilage 1, Nr. XIII). Der Madar çah lag bei Yussefabad. Der Stollen war ebenfalls etwa einen Farsang lang. Er kreuzte die Kh. Pahlavi nördlich der Kh. Takhte-Tavus, dann die Kh. Takht-Djamshid und Shah-Reza und kam an der Nordwestecke des Botschaftsgeländes an die Oberfläche.

Als dritte ausländische Vertretung verfügte die Botschaft der Vereinigten Staaten über einen privaten Qanat (s. Kartenbeilage 1, Nr. XIV). Er kam aus der nordöstlichen Umgebung von Teheran-Pars und führte in westsüdwestlicher Richtung bis zur „Alten Shemiranstraße“. Hier wendete er sich nach Südwesten und lief auf das Amydiehstadion zu. Vorher teilte er sich. Der eine Strang versorgte das Armeekrankenhaus an der Kh. Bahar, während der andere das Wasser zur Botschaft brachte.

In Yussefabad endete der Qanat gleichen Namens, dessen Wasser früher über eine Leitung nach Teheran gebracht wurde (s. Kartenbeilage 1, Nr. XV). Er ist so wasserreich, daß er einstmals mehrere Mühlen trieb (s. u.). Nach Angaben von *Gibb* (1958) hat er drei Mutterschächte, einen im Tal des Darakehbaches, die anderen auf der Ebene südlich Vanak.

Der Qanat-e-Bahar ul-Mulk zählt zu den Karezen, die Adelssitze und -gärten im Norden und Nordosten der Stadt bewässerten. Er gehörte zu einem gleichnamigen, heute überbauten Garten zwischen den Kh. Shah-Reza, Ferdowsi und Lalezar. Sein Madar çah lag bei Daroos. Wie er im oberen Teil verlief, ist dem Verfasser nicht bekannt. Die Stadt erreichte er an der Kh. Malekoshoara, passierte die Kh. Takht Djamshid und Roosevelt, traf auf die Kh. Shah-Reza und folgte ihr bis hinter die Einmündung der Kh. Lalezar-No. Hier wendete er sich nach Süden und trat im Bahar ul-Mulk-Garten aus.

Durch den Qanat Ala ed-Dawleh wurde gleichfalls ein Garten bewässert. Über

seinen Oberlauf war ebenso wenig in Erfahrung zu bringen wie beim Qanat-e-Bahar ul-Mulk. Nahe der Stadt nahm er folgenden Weg: Parallel zur Kh. Bahar, unter dem Amdjadiestadion hindurch, längs der Kh. Malekoshora; dann kreuzte er die Kh. Roosevelt, wendete sich nach Südwesten und querte die Kh. Shah-Reza, um zwischen den Kh. Lalezar und Saadi nach Süden zu laufen und bei der K.; Khandan ans Tageslicht zu treten.

Der Qanat-e-Hadji Muhammad Ali bewässerte das Viertel Oudeladjan in der Altstadt, und zwar den Bereich zwischen den Straßen Siroos, Amir-Kabir und Nasser Khosrow (s. Kartenbeilage 1, Nr. XVI). Der Stollen maß etwa 0,75 Farsang und begann bei Abbassabad. Er führte gefällsparallel nach Süden, kreuzte die alte Landstraße nach Shemiran, später die Kh. Shah-Reza und verlief längs der Kh. Safi Ali Shah zum Maidan Baharestan und weiter zur Kh. Amir-Kabir. Er trat bei der sowjetischen Handelsmission auf der Kh. Pamenar zutage ⁴⁴⁾.

Im Ostteil des Stadtviertels Oudeladjan fließt heute noch der Qanat-e-Hadji Ali Reza (s. Kartenbeilage 1, Nr. XVII), und zwar vom sog. Maidan Sar-Tsheshmeh ⁴⁵⁾ ab. Nach *Gibb* (1958) befindet sich sein Ursprungsschacht nahe der Radiostation an der alten Landstraße nach Shemiran. Von dort führt der Stollen nach Eshratabad, begleitet sodann die Kh. Sepah, K. Ibnessina und schließlich die Kh. Modarres bis zum Sar-Tsheshmehplatz.

Zu einem Adelssitz aus der Qadjarenzeit (s. u.) gehörte der Qanat-e-Amin ad-Dawleh. Er bewässerte den heute zum großen Teil überbauten Amin ad-Dawleh-Park im Nordosten des engeren Stadtgebiets und die umliegenden Wohnhäuser. Nur über seinen Unterlauf im Bereich der Stadt kann Genaueres gesagt werden: nämlich daß er längs den Kh. Nezam ul-Mulk und Gorgan in die Innenstadt kam, die Kh. Shah-Reza, Mehran, und endlich die Kh. Pakrabad passierte und im Nordwesten des genannten Parks endete.

Aus der Qadjarenzeit stammte auch der Qanat-e-Baharestan, der den gleichnamigen Garten mit dem Parlament ⁴⁶⁾ und die Sepahsalaromoschee versorgte (s. Kartenbeilage 1, Nr. XVIII). Sein Madar čah befindet sich bei Sultanabad. Die Gesamtlänge war eineinhalb Farsang. Er lief durch das in den fünfziger Jahren noch weitgehend unbebaute Terrain zwischen Teheran und Shemiran in süd-südwestlicher Richtung und erreichte über die Kh. Nezam ul-Mulk, Kh. Gorgan und die Kh. Ibnessina die Nordwestecke des Baharestangartens.

Ganz in der Nähe, nämlich im Süden des Baharestanplatzes trat der Qanat-e-Nezamieh zutage (s. Kartenbeilage 1, Nr. XIX). Er kam von Hussainabad. Sein Stollen — eineinhalb Farsang lang — verlief dem des vorigen Qanats ungefähr parallel. Er erreichte die Stadt ebenfalls im Nordosten, lief dann, ohne sich an den Straßen zu orientieren, quer unter dem Wohngebiet hindurch und kam über die Kh. Ibnessina zum Baharestanplatz. Er versorgte vorwiegend das Viertel zwischen den Kh. Siroos, Ikbatan und Mellat.

An letzter Stelle soll der Verlauf des Qanat-e-Sardar beschrieben werden, der in Ostteheran die Wohnviertel südlich der Kh. Yaleh und Kh. Farahabad belieferte.

⁴⁴⁾ Nach *Gibb* lag der Mazhar auf der Kh. Mellat.

⁴⁵⁾ Sar-e-Tsheshmeh (pers.) = Kopf der Quelle.

⁴⁶⁾ Nach *Tshahkoutabi* verbrauchte das Parlament mehr als die Hälfte des Wassers (1955).

Von seinem ersten Schacht bei Daroo führte er in südlicher Richtung zur Kh. Narmak, folgte ihr und der anschließenden Kh. Nezamabad, querte die Kh. Shah-Reza, die Kh. Mehran und lief bis zur Kh. Zarin. Dort teilte er sich in zwei Arme: der eine setzte sich in südwestlicher Richtung fort bis zur Kh. Iran/Ecke Kh. Yaleh und trat dort zutage. Der andere führte entlang der Kh. Zarin nach Südosten, kreuzte die Kh. Kashmar und Shabaz und kam im Süden der Kh. Farahabad an die Oberfläche (s. Kartenbeilage 1, Nr. XX).

Außer diesen 25 beschriebenen Qanaten gab es noch andere, für die Versorgung der Stadt weniger wichtige. So führen *Keihan* (1931) und die Zeitschrift „Ab“ die Qanate Mokhlesabad, Mobarakabad, Sadagieh, Schahak, Rahmatabad, Safarabad, Schahab al-Mulk und noch weitere an, deren Wasser ursprünglich zur Bewässerung von Gärten außerhalb der Stadt diente, dann aber z. T. über Rohrleitungen in die Stadt gebracht worden war. Über ihren Verlauf und über Standort von Madar čah und Mazhar hat der Verfasser nichts Sicheres erfahren können. Wenn hier im Zusammenhang mit Qanaten von Rohrleitungen gesprochen wird, hat das folgende Bewandtnis: Manche Qanate, vor allem die aus jüngerer Zeit, endeten bereits vor der Stadt. Von da ab wurde das Wasser durch Röhren zum Bestimmungsort geleitet. Solche Qanate sind auf der Karte an der Streckenführung zu erkennen: im Stadtgebiet laufen sie den Straßen weitgehend parallel.

d) Die Schüttmenge

Da sie sowohl vom Alter der Qanate als auch von der Jahreszeit abhängt, gibt es darüber sehr unterschiedliche Angaben. In früheren Jahren sollen Teherans Qanate 1086 l/s geliefert haben (*Gibb*, 1946, S. 14). *Keihan* gibt eine Gesamtförderung von 122 Sang⁴⁷⁾ an (1931, S. 322/23). Die Zeitschrift „Ab“ (1955) berichtet von 60—70 Sang (S. 44), während nach *Gibb* (1958) die Schüttung zwischen 73—118 Sang schwankte (S. 175).

Abgesehen von der mit 40 Sang wohl zu hoch angenommenen Förderung des Qanat-e-Yussefabad (*Keihan*, a.a.O.) liegt der Qanat-e-Shah mit 10—18 Sang an der Spitze (*Gibb*, 1958, S. 175). Die Abflussschwankung ist jahreszeitlicher wie interannueller Natur. Das zeigt Abb. 11 am Qanat der britischen Botschaft. Seine Schüttung steigt im April/Mai an und erreicht das Maximum (12 l/s) zwischen April bis Juni. Dann folgt ein Nachlassen der Förderung und schließlich das Minimum Ende Dezember (6,5 l/s).

Der Gang der Schüttung im Jahre 1946 ist außergewöhnlich, mit einem ersten Maximum im Mai (34 l/s) und einem zweiten im September (66 l/s). Das geht vermutlich auf die schweren Schneefälle im Winter 1945/46 zurück (*Gibb*, 1946, S. 13) und zeigen die Abhängigkeit der Qanatschüttung von den Witterungsverhältnissen. Sie macht sich um so weniger bemerkbar, je größer der Abstand zwischen Madar čah und Gebirgsrand und damit die „Pufferzone“ ist. So verlaufen die Abflusganglinien der Qanate Akbarabad (5 Sang), Berianak (9 Sang), Sang-

⁴⁷⁾ „Sang“ ist ein persisches Wassermass. Man unterscheidet „sang-e divan“, gebräuchlich in den Nord- und Zentralprovinzen, im Bergland = 15,6 l/s, im Flachland = 13,7 l pro Sekunde, und das in der Provinz Fars gebräuchliche „sang asiab“, das die Menge Wasser angibt, die zum Drehen einer Mühle notwendig ist. Die Maßeinheit wurde sehr unterschiedlich gebraucht und ist heute auf 16 l/s festgesetzt (z. T. nach *Malek*, 1966, S. 328).

ladj (5 Sang) und Mehr Gerd (6—7 Sang), die ziemlich tief auf der Schwemmebene beginnen, das Jahr hindurch ohne bzw. fast ohne Schwankungen.

e) Die Wasserbeschaffenheit

Die Eigenschaften des Teheraner Qanatwassers wurden mehrfach untersucht. Die folgenden Werte sind dem Bericht von *Gibb* (1946) entnommen und werden mit den von *Höll* (1958) aufgestellten Richtwerten verglichen.

Tab. 3⁴⁸⁾: Wasseranalyse ausgewählter Qanate in Teheran

	Qanat der brit. Botschaft	Qanat-e-Amirabad	Qanat-e-Shah	zuläss. Höchstwert
pH-Wert	8,05	7,36	8,00	8,0
Gesamthärte	118	128	115	10,0° dH
Calcium	40	52	47	—
Magnesium	6	3	2	100,0 mg MgO/l
Sulfate	41	4	26	50
Chloride	14	7	7	30
Abdampfdruckstand	305	187	213	1000

Aus der Tabelle geht hervor, daß das Qanatwasser beim Eintritt in die Stadt in bezug auf seinen Salzgehalt auch den heutigen Anforderungen genügte (vgl. *Engalenc*, 1968, S. 284). Es verlor dann allerdings durch die Art seiner Verteilung an Qualität.

f) Die Wasserverteilung

Für die Städte Innerirans ist die Art der Wasserverteilung ebenso typisch wie die Qanatversorgung selbst. Sie stellt eine Anpassung an das durchgehende Gefälle der Schuttschleppen dar. Unter Berücksichtigung der Stetigkeit der Qanatschüttung wird das Wasser ähnlich wie bei der Feldbewässerung im Rotationsverfahren verteilt.

Vor der Installierung des Druckwasserleitungsnetzes wurde auch in Teheran das Wasser durch ein zusammenhängendes Netz meist offener Gräben (Djub) geleitet. Sie sind z. T. heute noch in Funktion, wenn auch nur zur Bewässerung der Straßenbäume und zur Beseitigung des Niederschlagswassers. Lediglich in der Altstadt, z. B. in den Bezirken Udeladjan und Sangeladj, wird jetzt noch auf die althergebrachte Weise Brauchwasser für die Haushaltungen geliefert. Die Djub sind Gräben von 20—70 cm Breite und 20—40 cm Tiefe. Die größeren Straßen haben zwei, je einen auf jeder Seite, Nebenstraßen einen auf einer Seite und die Gassen einen in der Mitte. Wegen des Versickerungsverlustes wurden die Gräben ab 1930 auszementiert; nur in den Straßen, die mit Alleebäumen bestanden sind (Platanen, Pappeln), wie die Kh. Pahlavi und Kakh, sind sie unbefestigt.

Die Djub sind so miteinander verbunden, daß das Wasser eines Qanats jeden Punkt seines Versorgungsgebietes im freien Gefälle erreichen kann. Die Häuser

⁴⁸⁾ Angaben in mg/l.

sind durch Rohrleitungen (pers. *tambusheh*) angeschlossen. Diese führten früher zu einem oder mehreren abgedeckten Wasserbecken, den sog. *Ab-anbar*, die sich in den Kellerräumen befanden und der Aufbewahrung des Trinkwassers dienten. Das Brauchwasser wurde in einem offenen Becken im Innenhof gespeichert (s. Abb. 43). Wie angedeutet, erfolgte die Zuteilung turnusmäßig. Der Turnus hing von der Schüttmenge des *Qanats*, diese wiederum von der Jahreszeit ab. In der niederschlagsreicheren Zeit des Winterhalbjahres floß das Wasser in kurzen Abständen, in der trockenen Zeit betrug die Intervalle dagegen bis 16, ja 20 Tage. Zum Termin passierte das Wasser eine bestimmte Straße oder Gasse an zwei Tagen hintereinander, so daß, nachdem der *Djub* vom Staub usw. gereinigt war, alle Wasserspeicher aufgefüllt werden konnten. Dieser Vorgang stand unter der Aufsicht eines *Mirab*, von denen Hunderte von der Stadt angestellt waren.

Außerdem gab es öffentliche *Ab-anbar*, meist religiöse Stiftungen (*vaqf*, plur. *auqaf*), zu denen man von der Straße aus 20—40 Stufen hinabstieg (*Tshahkourtahi*, 1955, S. 78). Die Entwässerung der privaten und öffentlichen Wasserbehälter, ebenso wie die Beseitigung der Haushaltsabwässer vollzog sich ebenfalls über die *Djubanlagen*.

Selbstverständlich genügte das auf diese Art und Weise verteilte Wasser nicht mehr modernen Ansprüchen der Hygiene. Hier sei der französische Reisende *Anet* zitiert, der den Gebrauch des Wassers in Teheran anschaulich schildert: „Au moment ou (le ruisseau souterrain) sort de terre, son eau est abondante et fraîche. C'est un clair ruisseau auquel il va arriver des aventurés dans sa traversée de la ville. Au matin des domestiques y amènt des chevaux qu'ils installent au milieu de son lit pour les nettoyer. On rapporte aussi des tapis . . . On les couche dans les ruisseau . . . Cependant, un peu plus bas, des Persans graves arrivent, s'accroupissent et commencent leurs ablutions; ils se lavent le cou, les bras, se rincent la bouche, se frottent les dents . . . En aval d'autres les imitent, tandis qu'en amont les laveurs de tapis continuent leur besogne“ (1924).

Dreißig Jahre später machte der Journalist *Roll* noch dieselben Erfahrungen. Er schreibt recht drastisch: „Als ich in meinem Teheraner Hotel die Dusche benutzte, mußte ich feststellen, daß das Wasser abscheulich stank . . . Dieses Wasser kam aus den Rinnsalen, die in Teheran entlang aller Straßen laufen und durch Kanäle in die Häuser geleitet werden . . . Im Norden der Stadt ist das Wasser noch einigermaßen sauber, während es im Süden der Stadt eine einzige stinkende Kloake ist . . . Die Mehrzahl der Personen benutzt dieses Wasser . . . im Haus für alle Zwecke, zum Trinken, zum Waschen, zum Kochen und zum Baden“ (1953).

Diejenigen, die in der Nähe einer *Qanatmündung* wohnten, waren vor ihren weiter unten lebenden Mitbürgern im Vorteil. Da die meisten *Qanate* die Stadt im Norden erreichen, suchten sich die Wohlhabenden dort anzusiedeln. Der Süden dagegen erlebte im Laufe der Zeit eine Anhäufung der armen Bevölkerung, die sich durch Zuwanderung aus den Provinzen ständig vermehrte. Abb. 12 zeigt die große Bevölkerungsdichte im Süden Teherans, vor allem in den Vierteln südlich der *Kh. Mowlawi*.

Dort waren übertragbare Krankheiten besonders häufig. Nach Schätzungen des städtischen Hygieneausschusses sollen in den vergangenen fünfzig Jahren etwa 30 000 Menschen epidemischen Krankheiten zum Opfer gefallen sein, die ihre Ur-

sache in der Wasserversorgung hatten (*Kianpur*, 1956). Die ehemals relativ hohe Erkrankungszahl an Malaria hing mit der Art der Wasseraufbewahrung zusammen, da sich die Anophelesmücke in den tausenden Wassertanks entwickeln und fortpflanzen konnte (*Neligan*, 1926, S. 692).

Wer das durch die Djub verteilte Trinkwasser verschmähte und über die nötigen Mittel verfügte, konnte sich sein Trinkwasser direkt von der Qanatmündung ins Haus bringen lassen. Dieses Wasser wurde amtlich kontrolliert und am Qanat, in erster Linie am Qanat e-Shah, in Fässer abgefüllt und dem Kunden gegen Entgelt zugestellt. Ausländer, darunter die Angehörigen der diplomatischen Vertretungen, mieden die offizielle Versorgung und deckten ihren Bedarf aus dem Qanat der britischen Botschaft.

Passanten können ihren Durst auch an den sogenannten Sagha Khaneh löschen, das sind kleine Wasserbehälter vor Moscheen, Imamzadehs und anderen religiösen Gebäuden, oder sie trinken Eiswasser bei einem der zahllosen Wasserverkäufer, die im Sommer zum Straßenbild gehören. Das Eis dazu wurde in Teheran auf originelle Weise in Anpassung an das Klima hergestellt: Man leitete Qanatwasser in flache Becken, die gegen die Sonneneinstrahlung im Süden durch hohe Lehm-mauern, durch niedrigere Mauern im Osten und Westen auch gegen die Morgen- und Abendsonne geschützt waren. Hier gefror es im Winter zu dünnen Eisplatten und wurde des nachts so lange berieselt, bis es die Stärke von mehreren Dezimetern erreichte und in Eiskellern bis zum Sommer aufbewahrt werden konnte (*Wilkinson*, 1943).

Solche Yaxčal genannten Eisflächen erreichten in Teheran eine Ausdehnung bis zu 30 m x 90 m und beanspruchten einen großen Teil des Stadtareals. Auf einem Stadtplan von 1892 sind 27 Yaxčal mit einer Gesamtfläche von mehr als 200 000 Quadratmeter eingezeichnet. Sie wurden im Laufe der Zeit überbaut, sind aber z. T. in ihrer ost-westlichen Anordnung am Verlauf einzelner Straßen und Gassen im Grundriß wiederzuerkennen.

2. Die ökologischen Grundlagen der Teheraner Wasserversorgung

a) Einführung

Die Wasserversorgung Teherans basiert heute wie auch zur Zeit der Qanate auf dem Wasserhaushalt der näheren Umgebung. Ganz allgemein wird dieser von klimatischen und meteorologischen Faktoren aufgestellt und von anderen Geofaktoren (Relief, Untergrund, Vegetation, u. a.) in komplexer Weise beeinflusst. Für die Versorgung Teherans sind die Verhältnisse zwischen dem Elburshauptkamm und der Masileh-Kewir maßgebend. Dieser Bereich bildet im Hinblick auf die Qanatbewässerung eine Einheit. Er weist die Eignungsfaktoren auf, die für ihre Anlage und Funktion Voraussetzung sind:

b) Geomorphologischer und geologischer Aufbau der Teheraner Umgebung

Der Zentralteil des Elburs, der Elburs im eigentlichen Sinne, erstreckt sich zwischen dem Sefidrudtal und dem Vulkan Kuh-e-Demawend. Er besteht aus

einzelnen West-Ost streichenden, durch Querjoche verbundenen Zügen, die mit der Takht-e-Sulaiman-, Kulumbastak- und Touchalgruppe diesem Gebirgsteil die größte Massenerhebung verleihen, die in dem mächtigen Vulkankegel des Demawend 5670 m erreicht. Diese Hochregionen haben z. T. unmittelbaren Einfluß auf die Teheraner Wasserversorgung (s. u.).

Der Elburs baut sich hauptsächlich aus Jura- und Kreidesedimenten, miozänen Ablagerungen und auch paläozoischen Sedimenten auf, die von Granitplutonen und neogenen-quartären Vulkanen intrudiert bzw. durchbrochen werden. Der südliche Zentralelbus einschließlich der Gebirgszüge unmittelbar im Norden Teherans besteht überwiegend aus den sogenannten Grünen Schichten (Green Beds) des Obereozäns, submarinen, chloridreichen Vulkantuffen, Lavaergüssen und eingelagerten Kalksedimenten. Die Touchalkette setzt sich vollständig aus dieser Formation zusammen, die hier mehr als 4000 m mächtig ist.

Der durch eine Synklinale vom Hauptgebirge getrennte sogenannte Antielbus, der die Teheranebene nach Osten abschließt, besteht hauptsächlich aus mesozoischen und tertiären kalkreichen Sedimentgesteinen, aus Granodiorit und frühtertiären Andesitlaven (Gibb, 1958, S. 138). Die die Ebene im Süden begrenzenden Antiklinalen der Doutouyeh- und Nazarabadberge setzen sich aus vulkanischen Tuffen zusammen (Rieben, 1960, S. 9).

Die Teheranebene liegt geologisch gesehen in einer Vortiefe. In ihr wurden die Schuttmassen des Elburs abgelagert, die auch die Teheraner Alluvialebene aufbauen und Träger des Grundwassers sind.

Zuunterst liegen die sogenannten Farsablagerungen, miozäne salz- und gipsreiche Mergel und Sande. Dann folgen mächtige Alluvialmassen, die Rieben (1955) in vier Abteilungen untergliedert: Die älteste ist die sogenannte „A“- oder Hezardarehformation: Grau-grün gefärbte, gut geschichtete, bis 1000 m mächtige Ablagerungen aus tonreichem Feinsand mit Schottern unterschiedlicher Größe, vermutlich aus dem Pliozän oder Villafranca (Gibbs, 1958, S. 138 ff.). Sie wurden später einer Faltung unterworfen und bilden die Oberfläche der nördlich des engeren Stadtgebiets gelegenen Antiklinorien.

Dann folgt die „B“- oder Kahrizakformation: Sehr heterogene, horizontal geschichtete, bis 100 m mächtige Sedimente von roter Grundfarbe; Geröll von unterschiedlicher Größe, vermischt mit Feinsand und Tonen, pleistozänen Alters. Noch jünger sind die Ablagerungen der „C“-Formation (Teheran-Alluvium), die weithin die Oberfläche der Dasht bildet: Schlecht geschichtetes, wenig verfestigtes Geröllmaterial, das nach Süden zu in siltige und tonige Sedimente übergeht (Tongruben südlich Teheran). Als letzte sind die „D“-Alluvionen zu nennen. Sie bauen die rezenten Schuttfächer auf. Den beiden oberen Formationen entstammt das Wasser der Teheraner Qanate (s. u.).

Wie schon angedeutet, wird das parabelförmige Gefälle der Teheraner Alluvialfläche durch Bruchtektonik, ost-west, süd-südost-nordnordwest verlaufende Verwerfungen sowie durch eine Anzahl Syn- und Antiklinorien beeinträchtigt. Die Auffaltungen bestehen aus „A“- und „B“-Alluvionen, sind also zeitlich ins Quartär zu stellen. Sie bilden die Hügelketten von Armanieh, Elalieh, Abbasabad, Qasr Qadjar im Norden des engeren Stadtgebiets (s. Karte), die wegen ihrer Beeinflussung des Grundwasserstroms auch die Lage der Qanate mitbestimmt haben (s. u.).

Die Oberfläche der Teheraner Dashtfläche ist in übereinanderliegende Terrassen zerlegt (*Dresch*, 1959), die durch Geländestufen gegeneinander abgegrenzt werden (s. Abb. 17) (s. u.).

c) Klimaökologie des Raumes Teheran

Hervorragender Zug des Teheraner Klimas ist die fast vollständige Trockenheit während des langen heißen Sommers. Er wird durch die Lage innerhalb des von hohen Randgebirgen geschützten, unter dem Einfluß des passatisch-kontinentalen Trockengürtels stehenden Hochlandes bedingt (s. o.). Der Gebirgskranz verhindert die Einflußnahme der umliegenden Meere weitgehend. Er bewirkt, daß in Teheran, obwohl nur ca. 110 km vom Kaspischen Meer entfernt, der kontinentale Charakter des Hochlandklimas unabgeschwächt zum Ausdruck kommt und auch die Breiten- und Höhenlage der Stadt die Trockenheit nicht mäßigen. Zum Beispiel fallen in Bandar Pahlavi am Kaspischen Meer mehr als 1800 mm Niederschlag, in Teheran dagegen nur 202 mm (1943—65).

Im Sommer wird das Wettergeschehen durch das große stationäre Tiefdruckzentrum über dem Persischen Golf gelenkt. Diesem Tief fließen aus dem Norden bis Nordwesten Luftmassen zu, die beim Überqueren des Hochlandes ihre Feuchtigkeit an den Gebirgen abgeben und gleichzeitig durch Föhnwirkung die Aridität im Innern verstärken.

Im Herbst steigt der Luftdruck über dem Hochland an; mehr und mehr wird ein Ausläufer des zentralasiatischen Hochs wetterwirksam. Im Winter kann es empfindlich kalt werden, wenn aus Zentralasien Kaltluft heranzieht. Gelegentlich sinkt dann die Temperatur auch in Teheran auf unter -10°C . Vorübergehend werden im Winterhalbjahr Tiefdruckgebilde bestimmend, die auf einem Ast des Polarfrontstrahlstroms heranziehen. Sie bringen den größten Teil der Jahresniederschläge; in Teheran wie im gesamten Nordteil des Hochlandes auch in Form von Schnee.

Im Frühjahr erwärmen sich die Luftmassen sehr schnell. Infolge atmosphärischer Instabilität treten dann im Elburs Konvektionsniederschläge auf. Endgültig im Mai stellen sich die sommerlichen Druckverhältnisse wieder ein, die den heißen Sommer mit seiner Wolkenarmut, großen Einstrahlung und seiner Trockenheit einleiten (*Ganji*, 1955, 1968).

Die großräumige Druckverteilung lenkt die allgemeine Windzirkulation (Abb. Nr. 13). Wichtiger für Teheran ist jedoch der lokale Berg-/Talwind, der nachts und frühmorgens vom Elburs herunterweht und tagsüber in die entgegengesetzte Richtung umschwenkt. Er hat beträchtlichen Einfluß auf die Struktur der Stadt (s. u.).

Die Jahresmitteltemperatur beträgt in Teheran $16,6^{\circ}\text{C}$ (1943—65). Sie liegt damit über dem dieser Breiten- und Höhenlage entsprechenden Durchschnittswert, was sich einerseits durch den Schutz des Elburs gegen Klimaeinflüsse aus Innerasien, andererseits durch die Südexponiertheit der Teheranebene erklärt (*Bobek*, 1958). Nicht maritimen Einflüssen ausgesetzt, hat der Jahresgang der Temperatur einen nahezu symmetrischen Verlauf. Das Maximum von $29,5^{\circ}\text{C}$ liegt im Juli, das Minimum von $3,2^{\circ}\text{C}$ (1943—65) im Januar (Tab. 4).

Tab. 4: Klimadaten von Teheran-Mehrabad (1943—65)

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Mitteltemp. °C	3,2	5,5	9,8	15,3	21,6	26,4
Mittl. Min. °C	-1,7	0,2	4,1	9,3	15,1	19,6
Mittl. Max. °C	8,1	10,8	15,5	21,3	28,1	33,2
Niedersch. mm	38,2	27,0	32,3	25,4	13,6	2,0
Sonnenschein in Stunden	186	185	222	310	209	349
Tage mit Frost	19	14	5	0,2	—	—
Tage mit Schneefall	3	1,5	0,3	—	—	—
	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Mitteltemp. °C	29,5	28,5	24,9	18,3	10,7	5,1
Mittl. Min. °C	22,6	21,8	18,6	12,0	5,3	0,5
Mittl. Max. °C	36,4	35,2	31,2	24,6	16,1	9,7
Niedersch. mm	0,6	1,7	1,5	5,6	27,0	27,4
Sonnenschein in Stunden	356	340	309	270	209	191
Tage mit Frost	—	—	—	—	2	10
Tage mit Schneefall	—	—	—	—	0,1	1,5

Die Kontinentalität zeigt sich auch in den mittleren Jahres- und Tagesschwankungen der Temperatur (s. Abb. 14) — 26,3° C bzw. 12° C —, wie auch in der Amplitude zwischen der mittleren absoluten Maximaltemperatur im Juli (42,5° C) und dem mittleren absoluten Minimum im Januar (— 16,1° C).

Gegensinnig zur Temperaturkurve verläuft der Jahresgang der Niederschläge (s. Tabelle 4). Mehr als 65 % des Gesamtniederschlags fallen im Winterhalbjahr, nur ca. 3 % in der Trockenperiode von Juni bis September.

Wie bereits erwähnt, erhält die Hauptstadt nur 202 mm Niederschlag im Jahr (1943—65), und zwar an 35 Tagen. Dazu kommt eine beträchtliche interannuelle Veränderlichkeit. So wurden 1904 nur 91 mm gemessen, 1957 dagegen 371 mm. Ferner fallen die Niederschläge oft in Form von Schlagregen, was ihren Nutzen für Landwirtschaft und Wasserversorgung weiter mindert. An durchschnittlich 6,4 Tagen im Jahr, von November bis März, wurde in der Beobachtungsperiode 1943—65 Schneefall beobachtet, davon an drei Tagen im Januar (s. Tab. 4).

Hohe Temperaturen, starke Einstrahlung, die Windverhältnisse und die geringe Luftfeuchte von durchschnittlich 30 % (9^h) verursachen starke Verdunstung. Sie liegt nach *Engalenc* zwischen 1180 mm—1360 mm (1965, S. 202). Besonders in den Sommermonaten ist sie eine schwere Belastung für den Wasserhaushalt.

Nach der Klimaklassifikation von Walter hat Teheran eine Humidperiode von nur vier Monaten (Mitte November bis Mitte April). Wendet man die Methode von Thornthwaite an, entsteht ein ähnliches Bild: die Trockenzeit beherrscht den größten Teil des Jahres (s. Abb. 15).

Regenfeldbau ist unter diesen Bedingungen nicht möglich; nur mit Hilfe künstlicher Bewässerung kann man Landbau betreiben. Das gilt für die gesamte Teheranebene mit Ausnahme der hochliegenden, feuchteren Randzone.

Unnötig zu betonen, daß die Wasserversorgung der zahlreichen Dörfer auf der Teheranebene, erst recht der Bedarf der Hauptstadt, durch die an Ort und Stelle fallenden Niederschläge nicht gedeckt werden können. Es ist deshalb für das Leben auf der Ebene entscheidend, daß die Niederschläge im Elburs, auch in dem diesseits der Wasserscheide gelegenen Bereich, sehr viel ergiebiger sind.

Wenn es auch keine Messungen in der Gipfelregion gibt, läßt sich über das Klima des zur Teheranebene entwässernden Gebirgstells doch folgendes sagen: Der Jahresgang des Niederschlags hat einen ähnlichen Rhythmus wie im südlichen Vorland. Die Niederschläge fallen ebenfalls vorwiegend im Winterhalbjahr, jedoch verschiebt sich das Maximum durch Konvektionsniederschläge (s. o.) auf das Frühjahr. Die sommerliche Trockenperiode ist weniger ausgedehnt und nicht so ausgeprägt wie im Vorland.

Die Niederschlagsmenge ist bedeutend größer. Wie Tab. 5 zeigt, steigt sie von der Station Kahrizak (1006 m) im Süden Teherans bis zur Gebirgsstation Pulur (2400 m) um mehr als das Vierfache an. Darüber liegende Höhen erhalten noch mehr (*Gibb*, 1958), wenn auch nicht anzunehmen ist, daß das Maximum in der Gipfelregion fällt, da die Elburssüdflanke unter dem Einfluß einer trockenen Südströmung liegt (*Bobek*, 1955).

Ein großer Teil der Niederschläge fällt als Schnee. Die Elburssüdflanke ist von November bis April schneebedeckt. In den oberen Teilen des Gebirges bleibt er sogar bis in den Frühsommer und länger liegen. Die auf Tab. 5 wiedergegebene Abnahme der Temperatur mit der Höhe läßt erwarten, daß am Nordhang des Touchal (3955 m) die Schneegrenze erreicht wird⁴⁹⁾. Dafür spricht auch die Existenz eines fast perennierenden Schneefeldes auf der Nordseite des Touchalgipfels (*Bobek*, 1937). Diese Tatsache ist für die Wasserversorgung der Hauptstadt von größter Wichtigkeit.

Tab. 5: Wandel der Klimaelemente mit der Höhe
Beobachtungsperiode 1960—1967

Station	Kahrizak	Mehrabad	Geoph. Inst.	Kakh-Saadabad	Pulur
Meereshöhe in m	1006	1191	1367	1700	2400
Niederschlag in mm	94	173	179	262	417
Jahresmittel- temperatur in °C	16,6	16,9	16,0	12,7	7,3

d) Die hydrographischen Verhältnisse

Die Niederschläge der Gebirgszüge im Norden Teherans sammeln sich überwiegend in den Flüssen Karadj und Djadjerud⁵⁰⁾. Beide entspringen nahe der Kulumbastagruppe, durchfließen das Gebirge in einem Quertal und ergießen sich

⁴⁹⁾ *Bout*, *Peguy*, *Dresch* rechnen mit einem Höhengradienten von 0°95/100 m (1961, S. 17).

⁵⁰⁾ Zum Teil auch im Larfluß, der zum Kaspischen Meer entwässert.

nach Passieren des Dasht in die Masileh-Kewir. Beide haben ein hochliegendes — durchschnittlich 2682 m bzw. 2560 m hohes — Einzugsgebiet mit Niederschlägen von jeweils über 700 mm (*Gibb*, 1958, S. 162, 164, Tab. 33).

Sie haben ganzjährige Wasserführung. Das Abflußregime ist pluvionival mit einem primären Maximum im Frühjahr und einem sekundären im Herbst. Das Frühjahrshochwasser wird in erster Linie durch die Schneeschmelze hervorgerufen, deren Einfluß auf den Abfluß bis in den August hinein andauert (s. Abb. 16).

Die nördlich Teheran auf die Schwemmebene austretenden Bäche Kan, Hesarak, Farahzah, Darakeh, Darband, Shahabad u. a. (s. Kartenbeilage 1) haben unmittelbaren Einfluß auf die Wasserführung der Qanate, da sie den Grundwasserspeicher in der Umgebung der Stadt speisen.

Ihr Einzugsgebiet umfaßt insgesamt etwa 350 km². Der größte Teil davon liegt über 2100 m (*Gibb*, 1958, S. 163). Die größeren haben perennierende Wasserführung, ebenfalls mit Frühjahrsmaximum.

Mit Ausnahme des Kanbaches, der eine gewisse Strecke auf dem Dasht zurücklegt, fließen sie nur bei Hochwasser auf die Schwemmebene hinaus. Sonst versickern sie schon oben auf den Schwemmfächern, in dem dort sehr grobkörnigen Schuttmaterial.

Die Schuttalluvionen sind exzellente Grundwasserspeicher, vor allem die Geröll- und Sandschichten; grundwasserstauend wirken zwischengeschaltete Tonlagen.

Das bedeutendste Grundwasserreservoir enthält die Hezardarehformation in Gestalt zahlreicher linsenförmiger Grundwasserkörper. Wegen ihrer Tiefe wird sie nur dort von Qanaten angezapft, wo sie antiklinal an die Oberfläche kommt. Ihr Wasser zeichnet sich durch erhöhten Salzgehalt aus (*Rieben*, 1960, S. 35). Die jüngeren Schichten der „B“- , „C“- und „D“-Formation sind ebenfalls gute Grundwasserspeicher. Die Mehrzahl der Qanate wurde in diesen Schichten angelegt, bevorzugt da, wo sie die Schwemmkegel der Gebirgsbäche oder die Synklinale im Norden Teherans bilden, in denen sich das Grundwasser staut. Geschart verlaufen die Qanate in den Durchlässen der Bäche zwischen den Hügeln, da sich dort das Grundwasser einen Weg nach unten bahnt. Einige Kareze wurden dicht am Fuß des Gebirges angelegt, um das in den „Grünen Schichten“ herabsickernde Wasser aufzufangen (*Rieben*, 1960, S. 37).

Ihre Tiefe ist je nach Standort verschieden. Am Gebirgsrand befindet sich das Grundwasser etwa 10 m unter Flur, sinkt dann auf ca. 100 m im Norden des engeren Stadtgebiets und nähert sich nach Süden allmählich wieder der Oberfläche. Sehr tief liegt es im unteren Bereich der Schwemmfächer, 100 m unter dem Kan-schwemmfächer, 110 m unter Flur östlich des Maidan Fouzieh (*Engalenc*, 1968, S. 236). Dementsprechend tief reichen hier die Qanate hinab, die Madar čah des Qanat-e-Shah 81 m, des Qanat-e-Nadjafabad mehr als 100 m und des Qanat-e-Karimabad 115 m (*Gibb*, unveröffentlichte Unterlagen).

Wie erwähnt, fangen mehrere hundert Qanate das Grundwasser auf dem Weg zur Kewir auf⁵¹⁾. Aus Gründen der rationellen Wassernutzung wurden sie nach

⁵¹⁾ Ihre Zahl nimmt durch den steigenden Einsatz von Tiefbrunnen und das damit verbundene Absinken des Grundwasserspiegels laufend ab. Gegen Ende des Jahres 1968 waren es noch 429 mit einer Gesamtförderung von 270 Mill. m³/Jahr (Ministerium für Wasser und Energie, 1348).

einem bestimmten Schema angelegt, mehr oder weniger parallel und aus wasserrechtlichen Gründen in einem bestimmten Abstand voneinander (s. o.). Mehrere übereinanderliegende und dem Grundwasserstrom parallel verlaufende Systeme lassen sich unterscheiden (s. Abb. 19). Sie orientieren sich an den Geländestufen. Das jeweils tiefer liegende beginnt unter den Bewässerungsfeldern des nächst höheren und fängt auf diese Weise das überschüssige Bewässerungswasser wieder auf, um es aufs neue zu verwerten (*Engalenc*, S. 291).

3. Der Ausbau des Qanatnetzes in Beziehung zur Entwicklung der Stadt

a) Allgemeines zur Siedlungsgeschichte des Iranischen Hochlandes

Es wurde bereits gesagt, daß die Hauptstadt ihre topographische Lage mit den meisten Siedlungen im Innern Irans gemeinsam hat. Die Lage auf einem Schwemmfächer stellt ein siedlungsgeographisches Charakteristikum des Hochlandes dar⁵²⁾.

Vor der indoiranischen Einwanderung im zweiten Jahrtausend und noch jahrhundertlang danach wurden die Schwemmkegel von den Siedlern gemieden. Ihre Siedlungen waren an leicht erreichbare Wasservorkommen gebunden. Zudem spielte bei der Ortslagewahl das Schuttmotiv eine große Rolle; Bedingungen, die auf einem Schwemmfächer nicht gegeben sind. Bevorzugte Standorte waren daher Täler von Flüssen oder Wadis, im Gebirge oder beim Austritt auf die Ebenen, aber auch Standorte in offenem Gelände unterhalb der Schuttschleppen der Gebirge, wo man sich durch hohe Mauern (Qalehsiedlungen) oder durch künstliche Hügel (Tepe) vor den Überfällen berittener Nomaden schützte (*English*, 1966, S. 18 f.).

Das siedlungsgeographische Bild änderte sich erst, als die aus dem Tiefland von Turan eingewanderten indoiranischen Stämme auf dem Hochland sesshaft wurden; spätestens mit dem Eintreffen der arischen Meder und Perser 1000—700 v. Chr. Mit Hilfe der neuartigen, genialen Qanattechnik, die allem Anschein nach von den in Armenien siedelnden Urartu entwickelt worden ist (s. o.), wurden die für Inneriran so charakteristischen Schwemmfächer für Besiedlung und Anbau erschlossen. In dem Maße, in dem sich die neue Technik verbreitete, wurde die Lage auf den Piedmont-Glacis zur bevorzugten Ortslage (*English*, 1966, S. 18).

b) Die Stadt Rhages, die Vorläuferin Teherans

Mit dem Aufschwung der Bewässerungstechnik steht auch die Besiedlung der Schwemmebene der Elburssüdflanke in Zusammenhang. Auf der Teheranebene datieren die Anfänge städtischer Besiedlung aus dieser Zeit⁵³⁾. Zwar ist die jetzige persische Hauptstadt nicht alt, weder als Stadt noch als dörfliche Siedlung. Sie besitzt jedoch eine Vorläuferin in der Stadt Rhages, deren Ruinen nur wenige Kilometer weiter südlich liegen⁵⁴⁾. Diese Stadt wird schon in dem Eroberungsbericht des assyrischen Herrschers Tiglat Piliser III. erwähnt, der in den Jahren 744 und 735 Feldzüge gegen das Reich der Meder unternahm und in seinem Er-

⁵²⁾ „The sites of towns are among the most important of the truly autochthonous features of Iran“ (*Cambridge History*, Bd. I, S. 435).

⁵³⁾ Vorgeschichtliche Siedlungsreste in der Nähe von Rey gehen bis auf 5000 v. Chr. zurück (*Brown*, 1965).

⁵⁴⁾ Luftaufnahmen der Ruinen von Rhages bei *E. F. Schmidt* (1940, Taf. 31—34).

oberungsbericht den Ort Rhagina am Berge Bikni (der heutige Demavend) zitiert. Rhages war damals Mittelpunkt im Osten Mediens und wurde später eines der Zentren des Perserreiches. Dieselbe Stadt wird auch im Avesta (Widewdad, I, 15), dem heiligen Buch der Parsen ⁵⁵⁾, genannt, und zwar als der zwölfte der von der obersten Gottheit geschaffenen heiligen Orte (*Minorsky*, 1934). Alexander der Große machte hier Station, als er den letzten Achämeniden, Darius III., verfolgte.

Seleukes Nikator (312—280) soll sie zu einer hellenistischen Stadt ausgebaut und in „Europos“ umbenannt haben (nach *Strabon*, XI, 9, I; XI, 13, 6; aus *Minorsky*, 1934, S. 1194). Der Name wurde zur Zeit der parthischen Arsakiden (256 v. Chr.—224 n. Chr.) in „Arsakia“ geändert. In dieser Zeit war sie Frühlingsresidenz der Partherkönige, die in der kalten Jahreszeit nach Babylon gingen, während sie in der übrigen Zeit des Jahres von Hekatompylon aus regierten (*Ritter*, 1838). Rhages war damals religiöses Zentrum der zoroastrischen Reformation (*von der Osten*, 1956, S. 115). Während der über 400 Jahre dauernden Herrschaft der Sassaniden (226—651) wurde Rhages — jetzt „Raiy“ — für eine Zeitlang auch christlicher Bischofssitz (*Gabriel*, 1952).

Bei der Eroberung Irans durch die islamischen Heere der Araber (633—651) wurde Raiy zerstört, aber bald vergrößert wieder aufgebaut. Es erlebte dann nach den Berichten arabischer und persischer Geographen eine neue Blütezeit und galt neben Damaskus und Bagdad als die schönste Stadt des Orients. Zur Zeit von *Istakhari* ⁵⁶⁾ nahm sie ein Areal von 1,5 Farsang ² ein, besaß eine mächtige Umwallung mit fünf mächtigen Toren, zahlreiche Moscheen und beherbergte als wichtiges Handelszentrum (*Minorsky*, 1934) acht große Basare und den Sitz eines Statthalters.

Sein Entstehen und seinen Aufstieg verdankt Raiy denselben geographischen Faktoren, die später auch für Teheran wirksam wurden. Dazu zählt seine verkehrsgünstige Lage. Seit alters her verläuft der Verkehr zwischen Ost- und Westiran auf dem schmalen Band zwischen dem Elburs und der Kewir, da er den direkten Weg durch die unwegsame Salzwüste und die Dasht-e-Lut nicht nehmen konnte; ein Umstand, der auch für die Entwicklung Teherans von entscheidendem Vorteil war.

Zum zweiten geht man sicher nicht fehl in der Annahme, daß bei der Gründung der Stadt Raiy die Wasserversorgung eine wesentliche Rolle gespielt hat. Das primäre Lagemotiv war wohl die sehr wasserreiche Aliquelle (Tsheshmeh Ali), die im Nordosten vom heutigen Rey am Fuß des westlichen Ausläufers der Bibisharbanu-Berge in einem Quelltopf zutage tritt ⁵⁷⁾. Das alte Ray wurde an den Ufern dieses Quellbaches erbaut, der bei den arabischen Geographen den vermutlich aus der Sassanidenzeit stammenden Namen „Nahr-e-Surin“ hat. Das nach Süden abfließende Wasser nahm seinen Weg durch die Stadt: „(Der Bach) entspringt oberhalb der Stadt aus einer Art Sprudel“, schreibt der Geograph *Mukaddasi*, „dann teilt er sich in mehrere Arme und fließt zur Stadt hernieder“ (*Schwarz*, 1925, Seite 765).

⁵⁵⁾ Rhages (Ragai) wird auch im Buch Tobias (1, 14; 4, 1. 20.; 5, 5.; 6, 13.; 9, 2.), einem der apokryphischen Bücher des Alten Testaments, erwähnt.

⁵⁶⁾ Arabischer Geograph aus der zweiten Hälfte des zehnten Jahrhunderts.

⁵⁷⁾ Die Quelle ist an eine Verwerfung gebunden, die südlich des aus steil gestellten kretazischen Kalk-Dolomitschichten bestehenden Felsens verläuft (*Engalenc*, 1965).

Es ist aber mit Blick auf die Themenstellung wichtig zu sagen, daß sich das Wasser dieser Quelle kaum als Trinkwasser eignet. Nach einer Analyse von *Engalenc* (1965, S. 271) ist das Wasser stark chlor- und schwefelhaltig. *Rieben* (1953, S. 19) gibt seine Härte mit 32° fr. H. und seine elektrische Leitfähigkeit mit 0,01690 mho an. Schon *Kotschy* (1861—62) berichtet, daß das Wasser wegen seines Schwefelgehaltes nicht als Trinkwasser verwendet wurde. Heute dient die Quelle der Teppichwäscherei.

Es ist anzunehmen, daß das Wasser auch im alten Raiy nicht als Trinkwasser benutzt wurde. Dafür spricht auch, daß „die Einwohner von Raiy“, wie der Kosmograph *Kazwini* (1203—1283) berichtet, „(den Quellbach) verabscheuen, ihn als unglückbringend ansehen und ihm nicht zu nahe kommen“⁵⁸⁾.

Man muß daraus folgern, daß die Trinkwasserversorgung der Stadt schon früh auf Qanaten beruhte, die sich bei Raiy mit viel geringerem Aufwand anlegen ließen als bei Teheran, da der Grundwasserspiegel weniger tief liegt und die bei Raiy gelegene Geländestufe das Zutagetreten der Kareze erleichtert. Leider liegen aus früherer Zeit keine Berichte über die Wasserversorgung vor. Angaben finden sich erst bei den arabischen Geographen: Bei *Istakhri* liest man von einem „Karez-e-Shahi“, der seinen Weg durch den Basar-e-Sarebanan genommen habe und bei einem gewissen Dezrashkan-Platz im Norden von Raiy an die Oberfläche gekommen sei. Er beschreibt ferner einen Qanat-e-Nasrabat, der von Norden kommend seinen Weg durch den gleichnamigen Basar in der Stadtmitte fortgesetzt habe. Er erwähnt in seinem Werk „Al-Masalek“ außerdem den Qanat-e-Qorashi, der das Viertel Feylasan im Nordwesten der Stadt versorgte. Möglicherweise ist dieser mit dem Qanat identisch, der beim heutigen Imamzadeh Javanmard-e-Qassab ans Tageslicht tritt.

Die Qualität der Qanate von Raiy war außerordentlich gut, und die Geschicklichkeit seiner Moqannis über die Grenzen der Stadt hinaus bekannt. Nach einer zeitgenössischen Quelle wurden sie sogar bis nach Mesopotamien geholt, um Kareze anzulegen: „(Die Einwohner von Raiy) possess the craft of digging underground in which no one else equals them. Some of them work underground galleries under such streams as the Tigris and other great rivers. The Raiy tunnels are proverbial . . .“ (*Ibn Mubalil*, zweite Hälfte des X. Jahrhunderts, engl. Übersetzung, S. 53).

Dank ihrer soliden Bauweise haben die Qanate von Raiy Jahrhunderte überdauert. Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts traf man nach *Polak* im Gebiet von Raiy „noch überall auf Spuren alter ausgemauerter Wasserleitungen“ (1877, S. 221). Dieselbe Beobachtung machte der Österreicher *Brugsch* und schrieb: „. . . vor Rey . . . begegneten wir . . . alten Cisternen. Die letzteren sind sehr tief nach Art der Kenat angelegt und stehen miteinander in Verbindung. Das nahegelegene Dorf Abdulazim⁵⁹⁾ erhält sein Wasser aus diesen alten Kanalanlagen“ (1862, S. 231).

Das Wasser der Qanate, das über den Trinkwasserbedarf hinausging, wurde zur Bewässerung der Felder verteilt (*Istakhri*). Über den Ertragsreichtum des Be-

⁵⁸⁾ *Istakhri* zufolge wurde das Wasser dagegen auch als Trinkwasser genutzt (*Schwarz*, 1925, S. 764).

⁵⁹⁾ Das heutige Rei.

wässerungsfeldbaus existieren viele zeitgenössische Berichte. Der berühmte Kalif Harun al-Rashid, der in Raiy geboren wurde, schildert in einem Gedicht den Reichtum der Stadt an vegetations- und wasserreichen Gärten (*Schwarz*, 1925, S. 758). Auch die arabischen Geographen versäumen nicht, die Fruchtbarkeit der Felder und Gärten in der Stadt und in der Umgebung hervorzuheben. *Kazwini* spricht von reichen Ernten an Getreide und Früchten. Man habe Feigen, Pflirsische und Weintrauben geerntet. Letztere seien so dick wie halbreife Dattelpflaumen, und manche Trauben erreichten ein Gewicht von fast hundert Pfund.

Diese Erfolge ließen sich nur durch intensive Bewässerung erzielen, woran Qanate unzweifelhaft entscheidenden Anteil hatten.

Die letzten Jahrhunderte der Stadt sind von lokalen Machtkämpfen, Belagerungen und Plünderungen gekennzeichnet. Im Jahre 1042 fiel sie in die Hand der Seldjuken, wurde eine ihrer Hauptstädte und durch die Beisetzung des Sohnes des siebten Imams, Shah Abdul Azim, zu einem bedeutenden Wallfahrtsort der Schiiten. Im Jahre 1221 wurde sie von den Mongolen unter Dschingis-Khan geplündert und ein großer Teil der Bevölkerung verschleppt. Von diesem und einem Eroberungszug im Jahre 1224 scheint sich die Stadt trotz der verkehrsgünstigen Lage und des ausgezeichneten Bewässerungssystems nicht mehr erholen zu haben. Die Bewohner zogen in das benachbarte Veramin, das Zentrum der neuen mongolischen Verwaltung, oder in die nur wenige Kilometer entfernte, damals noch sehr kleine Ortschaft Teheran.

c) Teheran von den Anfängen bis zur Erhebung zur Hauptstadt

Gemäß den Überlieferungen des Geographen *Yakut* (1179—1229) hatte jener kleine Ort „Tihran“ wegen seiner gesunden Luft, seiner intensiven Bewässerung und seiner Gärten den Bewohnern von Raiy als Sommeraufenthalt gedient (*Brugsch*, 1863, S. 228). Wenn auch über die Wasserversorgung nichts Näheres überliefert wurde, so kann doch kein Zweifel bestehen, daß es sich um eine echt grundwasserständige Siedlung handelt, die von Anfang an auf der Basis der Qanatechnik gegründet und aufrecht erhalten wurde und die Tradition Raiys fortsetzte. Das ergibt sich zwingend aus den hydrographischen Verhältnissen auf der Teheranebene, dem Fehlen perennierender Gewässer und der großen Tiefe des Grundwassers (vgl. *Cambridge History*, 1968, S. 451).

Interessanterweise versäumen die Geographen dieser Zeit nicht, den intensiven Gartenbau in Tihiran hervorzuheben und so indirekt die Bewässerung der Oase zu würdigen: So ist in der ersten sicheren Quelle für Teheran, dem vor 1116 geschriebenen anonymen Werk *Fars-Nameh* von vortrefflichen Früchten, insbesondere prächtigen Granatäpfeln, die Rede (*Minorsky*, 1934). Nach *Kazwini* war Teheran ein großes Dorf mit vielen Bäumen und herrlichen Früchten (aus *Schwarz*, 1925, S. 806) und seine Lage derjenigen von Raiy weit vorzuziehen (aus *Ritter*, 1838, S. 604 ff.). Um 1340 stellte Teheran nach *Mustoufi* bereits einen großen volkreichen Ort dar, dessen Klima und dessen Wasserversorgung besser seien als in Raiy.

Unterdessen setzte sich in Raiy der Niedergang fort. Die Gründe für den immer stärkeren Verfall der alten Stadt, die im Laufe ihrer Geschichte viele Katastrophen durch Erdbeben und Eroberungen überdauert hatte, sind rätselhaft. Mög-

licherweise haben die in den Zitaten angesprochenen Vorteile Teherans bezüglich Klima und Wasserversorgung die Bewohner von Raiy zum endgültigen Umzug in die höher gelegene Oase bewogen, da sich hier in den heißen Sommermonaten der kühlende Bergwind vorteilhaft auswirkt und das Wasser wegen geringeren Mineralgehalts frischer ist.

Im Grunde genommen handelt es sich dabei nur um eine Verschiebung des alten Raiy um wenige Kilometer nach Norden auf höher gelegene Teile der Schwemmebene. Das zeigt sich nach Ansicht des österreichischen Reisenden *Polak* (1865) in der Tatsache, daß sich auf Urkunden des Teheraner Grundbesitzes der Vermerk findet „Teheran chak-e Rey“ (= Teheran auf dem Boden von Raiy) (S. 72)⁶⁰).

Als im Jahre 1404 der erste Europäer Don Ruy De *Clavijo* (s. auch Abschnitt Madrid), der spanischer Gesandter am Hof des Mongolenherrschers Tamerlan war, durch diese Gegend kam, sah er zwar in Raiy noch Reste von Moscheen und Türmen, fand aber im übrigen die Stadt völlig verlassen vor („*agora deshabitada*“). Teheran dagegen sei eine große, nicht ummauerte Siedlung, die alles habe, was man zum Leben brauche.

Wenn man der Überlieferung Glauben schenken darf, war um diese Zeit bereits der älteste der Teheraner Qanate, der Qanat-e-Mehr Gerd, in Tätigkeit. Er soll im 14. Jahrhundert von einer Anhängerin des Zarathustra gestiftet worden sein (nach Angaben von Moqanni des Teheraner Edareh-Ab).

Unter den ersten Vertretern der Safawidendynastie (1499—1736) hatte die ehemalige Raiyprovinz kaum noch Bedeutung. Das änderte sich erst, als Tahmasp I. (1524—1576) Teheran zu einem Regionalzentrum ausbaute, im Jahre 1553 die erste Teheraner Stadtmauer errichtete, einen Basar und eine Zitadelle anlegte. Das Baumaterial wurde aus Lehm- bzw. Tongruben gewonnen, die sich zum Teil innerhalb des umfriedeten Stadtgebiets befanden. Die Gruben (pers. = Tshal) wurden später bebaut und haben den Stadtvierteln Tshal-e-Maidan und Tshal-e-Hisar ihren Namen gegeben (*Minorsky*, 1934).

Unter Abbas I. (1587—1629) entstand im Nordteil der Stadt der Palast Tshahar-Bagh, dessen Platz später von der Burg eingenommen wurde. Möglicherweise wurde die Lage des Palastes außer durch klimatische Einflüsse durch den Mazhar des Mehr Gerd-Qanats mitbestimmt, der an dieser Stelle das alte Stadtgebiet betritt.

Im Jahre 1618 besuchte der italienische Patrizier *Della Valle* Teheran. Er fand es größer als Kashan, aber weniger bevölkert, was dafür spricht, daß ein großer Teil des ummauerten Stadtareals von Gärten eingenommen wurde (*Bobek*, 1958). In allen Straßen sah er fließende Bäche und so viele Platanen, daß er die Stadt „Citta dei Platani“ nannte. Er schreibt: „Alle Straßen werden von einer Anzahl Rinnsalen durchflossen, die sich durch die Gärten schlängeln und nicht wenig zu ihrer Fruchtbarkeit beitragen. Darüber hinaus werden die Straßen von schönen Platanen beschattet. Einige von ihnen sind so umfangreich, daß sie nur von zwei bis drei Mann umfaßt werden können“ (aus *Curzon*, 1892, I., S. 301).

Fraglos waren neben dem Mehr Gerd-Qanat noch weitere Kareze vorhanden. Das geht auch aus der Überlieferung Teheraner Moqanni hervor. Danach exi-

⁶⁰) Die Mongolen sollen Raiy nach *Quatremères* (1836) in ihrer Eroberungsgeschichte immer „Teheran-Raiy“ genannt haben (aus *Ritter*, Bd. 6, 1. Abt., 3. Buch, S. 601).

stierte zur damaligen Zeit bereits der Qanat-e-Sangladj und versorgte das gleichnamige Viertel im Westen der Altstadt. Er soll von einer Tochter des Shah Tamasp I. gestiftet worden sein.

Von den alten Platanenbeständen sind nur noch kleine Reste in der Altstadt vorhanden: Außer im Bereich der ehemaligen Burg und in der Imamzadeh Zeid im Basar und an einigen wenigen Stellen in der Altstadt stehen noch im Hof der Imamzadeh Jahja bzw. auf der angrenzenden Gasse gleichen Namens im Osten Altteherans drei mächtige Platanen von hohem Alter. Ihre Existenz an dieser Stelle spricht dafür, daß schon vor dem Bau des Qanats Hadji Ali Reza, der im neunzehnten Jahrhundert angelegt wurde (s. S. 51), die Viertel Oudjladjan und Tshal Maidan von einem älteren Karez bewässert worden sein müssen. Es waren demnach damals mindestens drei Qanate in Teheran: der Qanat-e-Sangeladj im Westen, der Qanat-e-Mehr Gerd im Arkbereich und im Bazar und ein unbekannter Qanat im Osten ⁶¹⁾.

Daß mehrere Qanate die Stadt versorgten, läßt sich auch an der Zahl der Einwohner ablesen, die *Della Valle* 1664 auf 15 000 schätzte. Der englische Reisende *Herbert*, der im Jahre 1627 drei Tage in Teheran verbrachte, taxierte die Anzahl der Gebäude auf 3000, womit die Angaben *Della Valles* bestätigt werden.

Für die Versorgung durch mehrere von Norden kommende Qanate spricht auch der Grundriß der Stadt, der seine größte Ausdehnung in gefällsparalleler Richtung hat.

Unter Nadir Shah Afshar (1688—1747), der in Meshed residierte, war Teheran der Gouverneurssitz seines ältesten Sohnes Rida Kuli Mirza. Nach der Ermordung Nadirs übernahm die Dynastie der Zand (1750—1779) die Herrschaft. Ihr Begründer, Karim Khan Zand, trug sich zeitweilig mit dem Gedanken, Teheran zum Regierungssitz auszubauen. Der Plan wurde aber aufgegeben und Shiraz zur Residenz bestimmt. Teheran blieb weiterhin der Sitz eines Gouverneurs (*Brown*, 1965).

Nach dem Tod Karim Khans trat in der Geschichte Teherans eine hochbedeutende Wendung ein, da der Qadjarenfürst Agha Mohammed Khan, Begründer der Qadjarendynastie (1785—1926), die Stadt als militärische Basis für den Kampf um die Staatsmacht erwählte und diese relativ bescheidene Oase im Jahre 1785/86 zur vorläufigen Hauptstadt erklärte.

d) Die Hauptstadt der Qadjaren

Über das Für und Wider dieses Schrittes ist schon viel geschrieben worden. Er muß wohl zuerst aus der Sicht der Qadjaren verstanden werden, die ja in Teheran in der Nähe ihrer kaspischen Stammlände blieben. Auch lag die Stadt günstig im Hinblick auf die Bedrohung der Nordgrenzen durch die Turkmenen und besonders durch das vordringende russische Reich.

Zudem liegt Teheran als Nachfolgerin des antiken Raiy, wie erwähnt, in günstiger verkehrsgeographischer Lage, nämlich im Ostteil des antiken Medien, einem

⁶¹⁾ *Herbert* schreibt allerdings: „A rivulet in two branches streams through the town, serving . . . both groves and gardens (aus *Lockhart*, 1960, S. 4).“

Gebiet, das die Araber Al-Djibal, später Iraq Adjemi (pers. Iraq) nannten und das nach *Bobek* gute Voraussetzungen für die Beherrschung Persiens bietet. Diese geopolitischen Vorteile leiten sich offenbar aus der Tatsache ab, daß diese Region an der Nahtstelle liegt, wo die an die Innenflanken der beiden Randgebirge Zagros und Elburs anliegenden bandartigen Kulturlandstreifen aufeinandertreffen und sich die beiden Hauptverkehrswege des Landes, darunter die altberühmte Seidenstraße, begegnen (*Bobek*, 1968).

Die Vorteile einer solchen Lage waren sicherlich das Hauptmotiv, Teheran zur Residenz zu erheben. Zudem war es in Persien seit jeher üblich, daß der Begründer einer neuen Dynastie eine neue Hauptstadt wählte, um unbeeinflusst von den Freunden der alten Dynastie eine loyale Anhängerschaft um sich zu versammeln (*Polak*, 1865).

Hinsichtlich der Naturgegebenheiten bietet die Stadt im allgemeinen dasselbe Bild wie die meisten Städte Innerirans. Dank ihrer Lage inmitten der Ebene sind der räumlichen Entwicklung keine engen Grenzen gesetzt. Es ist auch heute noch, nachdem sich das bebaute Areal auf über 60 km² ausgedehnt hat (*Brown*, 1965), genug Platz für vielfache Erweiterung vorhanden. Um 1960 gab es nach *Vieille* (1961) noch genügend Bauland, um ein Wachstum der Einwohnerzahl bis auf sechs Millionen zu bewältigen (aus *Cambridge History*, 1968, S. 459).

Baumaterial konnte man in unmittelbarer Nähe in den Ziegeleigruben am Südrand der Stadt gewinnen. Das Material läßt sich hier in offenen Gruben abbauen. Luftgetrocknete oder an Ort und Stelle gebrannte Ziegel sind in Teheran das traditionelle Baumaterial. Auch heute wird fast ausschließlich mit Ziegeln gebaut ⁶²⁾.

Die Versorgung der Stadtbevölkerung mit Lebensmitteln konnte aus der nahen und fernerer Umgebung (Veramin, Demavend, Qazwin) mit Getreide, Gemüse und Obst, Fleisch- und Milchprodukten, außerdem aus den kaspischen Provinzen mit Fisch, Reis und Früchten ohne allzu große Schwierigkeiten sichergestellt werden (*Polak*, 1865; 1877, S. 224).

Auf die Möglichkeit der Qanatwasserversorgung braucht hier nicht noch einmal hingewiesen zu werden.

Die Vorteile der Lage ⁶³⁾ werden auch den Entschluß des zweiten Qadjarenschahs Fath Ali (1797—1831) bestimmt haben, Teheran endgültig zur Residenz zu machen und den noch sehr kümmerlichen Eindruck des Ortes in Kauf zu nehmen ⁶⁴⁾.

Sein Vorgänger hatte schon mit der Umgestaltung der Stadt begonnen, indem er den Basar vergrößerte, Karawansereien baute und im Ark an Stelle des kleinen Schlosses Karim Khan Zands am Mazhar eines Qanats seine Residenz errichtete. Ferner hatte er den Ark mit hohen Mauern und einem Graben umgeben. Er selbst erbaute im Basarviertel die Shahmoschee, das wohl bedeutendste Bauwerk Tehe-

⁶²⁾ Große Bedeutung hat dieser Baustein auch in den Vergleichsstädten Marrakesch und Madrid, die ebenfalls infolge ihrer Lage auf einer Schwemmebene abbauwürdige Tongruben in der Nähe haben.

⁶³⁾ Hier muß auch das unweit Teheran gelegene Jagdgebiet, heute Jagdrevier des Schahs, Erwähnung finden.

⁶⁴⁾ „There is no city in Persia... that makes so poor an appearance as Teheran... There is not a dome or minaret of any size to mark;... All that meets the traveller's eye is a line of rude walls and bastions, in the middle of a gravelly plain“ (*Fraser*, 1838, V. I., S. 416).

rans, und verschönte den Ark durch neue Gartenanlagen und Paläste (Golestanpalast). Mehrere Paläste entstanden vor den Mauern, z. B. der gartenumgebene Negaristanpalast, nördlich des jetzigen Maidan-e-Baherestan; dazu das Schloß Qasr Qadjar, an das heute nur noch ein Flurname in der Nähe der Rundfunkstation erinnert. Für die Versorgung der Paläste sowie zur Bewässerung der Gärten war jedesmal mindestens ein Qanat notwendig.

Durch die Erhebung zur Hauptstadt stieg auch die Einwohnerzahl an. Europäische Reisende schätzten sie im Jahre 1807 auf 45 000—50 000. Sie hat sich damals binnen kurzer Zeit verdrei- oder vervierfacht. Der dadurch erhöhte Wasserverbrauch erforderte den Bau neuer Qanatanlagen für die Stadt selbst. Um das Jahr 1834 stiftete Hadji Ali Reza, Sohn des ersten Ministers Agha Mohammads, für die Versorgung der östlichen Stadtteile den nach ihm benannten Qanat. Unter Mohammad Shah (1831—1848), dem dritten Shah der Dynastie, entstanden auf Betreiben seines Ministers Hadji Mirza Aghasi die Kareze Berianak, Nadjafabad und Akbarabad. Sie bewässerten allerdings Dörfer am Süd- und Westrand Teherans, die dem Minister gehörten und erst später eingemeindet wurden⁶⁵). Derselbe Minister legte 1839 zwei Kanäle an, die Wasser vom Karadjfluß in die Nähe von Teheran leiteten. Der eine führte nach Abbasabad, einem heute eingemeindeten Dorf im Norden des engeren Stadtgebietes. Er verfiel wieder nach der Absetzung des Ministers. Der andere bringt heute noch Wasser auf die Felder des Dorfes Yaftabad im Südwesten Teherans (s. Karte) (*Djawaharkalam; Ghazwini*, 1947).

Durch den Bevölkerungszug verdichtete sich die Bebauungsfläche innerhalb der Mauern auf Kosten der Gärten. Nach *Olivier* (1808) war am Ende des 18. Jahrhunderts noch weniger als die Hälfte des Areals bebaut. Auf der Karte von *Krziz* (s. Abb. 18), die 1857/58 angefertigt wurde, sind dagegen nur noch wenige Gärten eingetragen.

Der Grundriß der Stadt hat sich dagegen seit dem Mauerbau von 1553 kaum geändert. Mohammad Khan hatte die alte Schutzmauer erneuert, ohne ihren Verlauf zu ändern. Er ist auf einem modernen Stadtplan noch gut zu erkennen, da er bei der Stadterweiterung die Straßenführung beeinflußt hat. Diese älteste Mauer läßt sich im Osten und Nordosten an Hand der Kh. Rey und Kh. Amir Kabir nachzeichnen. Im Süden folgt ihr die Kh. Mowlawi in ihrem Ostteil, deren Vorläufer bezeichnenderweise Grabenstraße hieß (*Pakravan*, 1962, Plan II), und die K. Abbasabad (*Planhol*, 1964, Fig. XX). Im Westen wurde die Kh. Shapur danach festgelegt. Einige der alten Stadttore sind durch Torsterne im modernen Grundriß wiederzuerkennen. Das ehemalige Qazwintor lag an der Kreuzung Bazarcheh-e-Qawamdoleh-Kh. Shapur-Kh. Sharivar. Das Shah-Abdul-Azim-Tor befand sich da, wo der Hauptbasar auf die K. Abbasabad trifft und sich jenseits Kh. Mowlawi im Bazar Dabbagha fortsetzt. Das Shemrantor lag an der Stelle, wo heute die Kh. Pamenar dicht neben dem Grundstück der ehemaligen russischen Gesandtschaft — jetzt sowjetische Handelsmission — in die Kh. Amir Kabir einmündet.

⁶⁵) Dieser Minister hatte eine Vorliebe für Qanate wie folgendes Gedicht zum Ausdruck bringt:

„Na-g' zash't dar mulk-i-Shah Haji dirami; / Kard kharj-e-kanat u tup har bish u kami.“

(Der Hadji ließ nicht eine einzige Dirham in den Domänen des Königs; / Alles, klein oder groß, gab er aus für Qanate . . .) (aus *Browne*, 1927, S. 127).

Gut hebt sich auf der Karte der Arkbereich ab. Die Arkmauer bestimmte den Verlauf der heutigen Kh. Khayyam, Bozaryomehri und Nasser Khosrow.

Die Straßenführung in Altteheran scheint sich von der anderer orientalischer Städte nicht zu unterscheiden. Sie bildet ein unübersichtliches, richtungstabiles Netz von Straßen und zahllosen, wegen ihrer geringen Breite nur für Menschen und Lasttiere passierbaren Gassen und Sackgassen, die nur von einzelnen platzartigen Erweiterungen unterbrochen werden (s. Abb. 18).

Bei näherem Hinsehen fällt allerdings auf, daß das Verkehrsnetz überwiegend nach Nordnordost-Südsüdwest, Westnordwest-Ostsüdost ausgerichtet ist. *Vieille* sieht den Grund für diese Regelmäßigkeit in erster Linie in klimatischen Faktoren (1961, S. 63 f.). Die Teheraner bevorzugten in der Tat damals wie heute Wohnhäuser, die mit ihrer Längsseite annähernd Ost-West orientiert sind. Sie bieten so im Sommer den kühlen Bergwinden (s. o.) die größte Angriffsfläche, während im Winter die wärmende Sonne die nach Süden gerichtete Hauptfront des Hauses trifft. Im Sommer wird die Einstrahlung meist durch einen südlich des Wohntracks liegenden, baumbestandenen Garten abgemildert (vgl. *Planhol*, 1964). Der Mietwert einer Parzelle wird nach *Vieille* (1961) heutzutage stark vermindert, wenn sie nicht in dieser Weise ausgerichtet ist.

Da der ökonomischen Raumausnutzung wegen meist rechtwinklig gebaut wurde, entstand das für eine orientalische Stadt doch recht regelmäßige Straßennetz⁶⁶⁾. Das gilt selbstverständlich erst recht für die Straßenführung in den später entstandenen Stadtteilen, von denen noch die Rede sein wird.

Auch die Verteilung des Qanatwassers hatte zweifellos Einfluß auf die Struktur des Verkehrsnetzes: Da die Verteilung in offenen Kanälen erfolgte, mußte das Wegenetz entsprechend angelegt werden, um die Stadt rationell versorgen zu können. Dem kamen die mehr oder weniger gefällsparallel, also ungefähr Nord-Süd verlaufenden Straßen entgegen, von denen aus die rechtwinklig ansetzenden Gassen ohne Schwierigkeiten mit Wasser versorgt werden konnten. Wasserverteilungsbedingt sind auch die spitzwinklig einmündenden Gassen, die an einigen Stellen in der Altstadt zu beobachten sind.

In der langen Regierungszeit des vierten Qadjaren Nasser ed-Din (1848—1897) erlebte die Hauptstadt große Veränderungen. Die alte Stadtmauer wurde niedergelegt und das Areal zwischen 1869—1874 auf etwas über 19 km² erweitert, hauptsächlich in nördliche Richtung. Die neue Befestigungsanlage, eine hohe Lehm-mauer und ein breiter, tiefer Graben von 18 km Länge wurden unter Leitung des französischen Generals Buler in Form eines unregelmäßigen Oktogons nach dem Vorbild der Festungsanlage von Paris angelegt. Sie erhielt zwölf repräsentative, mit Fayenzen verzierte Stadttore.

Auch diese zweite Mauer hatte Einfluß bei der Herausbildung des aktuellen Straßengrundrisses. Ihr folgen heute die Kh. Shah Reza, Shabaz, Shoosh und Sime-tri. Ausgeprägte Torsterne bildeten sich beim alten Shemirantor im Nordosten und beim Shah-Abdulazimtor im Südwesten.

⁶⁶⁾ Die Ausrichtung nach Mekka (Qibleh) hatte keinen Einfluß darauf. Nach Südwesten, auf Mekka, sind nur Moscheen und andere religiöse Gebäude ausgerichtet (*Vieille*, 1961).

Das Erweiterungsgebiet wurde im Norden bevorzugt von persischem Adel und hohen Beamten besiedelt; bald folgten auch ausländische Gesandtschaften, die aus der Altstadt hierhin umzogen oder nach ihrer Akkreditierung ein Grundstück erwarben. Fast alle diese Besitztümer wurden mit mehr oder weniger großen Gärten umgeben, . . . „beautifully kept, with fountains and running water in abundance, . . .“ (*Le Mesurier*, 1889, S. 240).

Am Anfang dieser Entwicklung stand wiederum der Bau neuer Qanate, für den sich der Schah persönlich einsetzte. An erster Stelle ist der Qanat-e-Shah zu nennen. Er wurde im Jahre 1853 erbaut (*Tshahkoutahi*, 1855, S. 67) und diente der Versorgung der kaiserlichen Residenz und des Bazars (s. o.). Für die Adelsitze wurden folgende Qanate in der Regierungszeit Nasser ed-Dins gebaut: Qanat-e-Amin ad-Dawleh, der zu dem gleichnamigen Park im Nordosten des Erweiterungsgebietes gehörte (*Etamad-Saltaneh*, 1887), Sitz eines gewissen Mirza Ali Khan Amin ad-Dawleh, Minister und Adjutant Nasser ed-Dins; für die von dem Ministerpräsidenten und Oberbefehlshaber der Streitkräfte gebaute Sepahsalar-moschee⁶⁷⁾ und den Baharestanpalast⁶⁸⁾ wurde der Qanat-e-Baharestan angelegt⁶⁹⁾. Möglicherweise existierte hier schon ein älterer Qanat. Eine von Yusefabad herkommende Zuleitung zeigt nämlich die von *Krziz* gezeichnete Karte der Umgebung von Teheran, die in einer Zeit angefertigt wurde, als der Garten noch Eigentum von Mirza Nabi Mehmed Kazim Khan Sardar war. Unter Nasser ed-Din wurde auch der Qanat-e-Nezamieh geschaffen. Er bewässerte den mit einem großen Wasserbecken versehenen Nezam ul-Mulk-Garten im Süden des Baharestanplatzes. In der gleichen Zeit entstanden ferner die Qanate Bahar ul-Mulk, Sahir ed-Dawleh und Ala ed-Dawleh, die Gärten zwischen den heutigen Kh. Ferdowsi und Kh. Saadi bewässerten (s. o.).

Ein Abbild der Verhältnisse im erweiterten Teheran, Größe und Struktur des Stadtgebietes mit der Flächennutzung vermittelt ein genauer Stadtplan von 1891 (vgl. *Abrens*, 1966, S. 46). Darauf sind Hauptrichtung und Bebauungsschwerpunkte innerhalb des Erweiterungsgebietes gut zu sehen: Der Norden, vor allem der Nordosten wird bevorzugt, während in die anderen Himmelsrichtungen kaum Ausdehnung erfolgt.

Die Tendenz, nach Norden, auf das Gebirge zuzuwachsen, ist in Teheran schon sehr alt. Sie hat mit dem Verfall Raiys und dem Emporkommen Teherans begonnen und setzte sich auch innerhalb der Umwallung von 1553 fort. Im Jahre 1934 waren noch große Teile im Süden und Südosten unverbaut, während sich im Norden schon neue Vorstädte gebildet hatten. In jüngster Zeit setzte sich diese Entwicklung verstärkt fort. Heute haben die nördlichen Vororte bereits das Shemiran-gebiet erreicht; dagegen erweiterte sich die Stadt nach Süden nur verhältnismäßig wenig, hauptsächlich im Umkreis der Bahnanlagen und längs der Ausfallstraßen.

Nach *Vielle* war allerdings die Expansion nicht kontinuierlich nach Norden gerichtet. Vor 1786 lag der Schwerpunkt zum Teil wegen der von Süden kommenden Karawanenwege im unteren Bereich der Stadt. Nach der Erhebung zur Hauptstadt wurde der Wohnkomfort zum dominierenden Faktor, der die Teheraner zu-

⁶⁷⁾ Nach der Shahmoschee die zweite Großmoschee in Teheran.

⁶⁸⁾ Tagungsort des iranischen Parlaments.

⁶⁹⁾ Um 1879 (*Tshahkoutahi*, 1955, S. 68).

nehmend höher gelegenes Baugelände erschließen ließ. Niedrige Temperaturen im Sommer und fühlbare Abkühlung durch den vom Elburs herabkommenden Wind sind hierfür wichtige Gründe ⁷⁰⁾.

Ausschlaggebend war aber bis zur Installierung des Druckwasserleitungsnetzes der Wunsch nach hygienischem, kühlem Wasser. Denn im Norden erreichten die meisten Qanate die Oberfläche. Nur in ihrer Nähe kam man in den Genuß reinen Wassers (vgl. *Planhol*, 1968, S. 453 ff.).

Bevorzugt wurde der Nordosten beim Ausbau des Erweiterungsgebietes, weil die meisten Qanate von dorthier kamen, während sie weiter im Westen durch die nördlich Teheran liegenden Antiklinen behindert wurden (s. o.).

Unter den ersten, die das Gelände westlich der Kh. Ferdowsi bebauten, war die britische Botschaft. Eine britische Vertretung gab es seit 1810, sie befand sich vorher im Bagh-e-Elchi, im Armenierviertel des Basars. Der heutige Botschaftssitz wurde 1870 gekauft und ein eigener Qanat angelegt ⁷¹⁾, der nicht nur hervorragendes Trinkwasser lieferte (s. o.), sondern auch das Terrain in verhältnismäßig kurzer Zeit in einen Park mit schattenspendenden Platanen, künstlichen Bächen und Teichen verwandelte.

Die russische Gesandtschaft, ebenfalls seit 1810 in Teheran, lag bis zum Jahre 1829 an der Kh. Pamenar. Wegen eines Massakers, bei dem 45 Gesandtschaftsmitglieder umkamen, wurde sie in den Ark verlegt. Im Jahre 1915 zog sie in den Atabakpark, der sich dicht nordwestlich der britischen Botschaft befindet. Der Park war vorher Eigentum des Großwezirs Mirza Ali Asgar Khan, Amin as-Sultan, Atabag A'zam (1854—1907) ⁷²⁾ und wurde schon von dem späteren Botschaftsqanat bewässert. Der Park umfaßte „... several artificial lakes and water-courses ...“ (*Shuster*, 1912, S. 55, Abb. S. 282), die alle von dem Qanat gespeist wurden.

Der Qanat-e Farman Farma stammt aus den Jahren 1883—1910. Der Bau wurde von Prinz Firouz Mirza Farman Farma begonnen und von seinem Sohn Prinz Abdul Hussain Mirza zu Ende geführt. Er diente zur Versorgung der Gebäude und der ca. 100 ha großen Grundstücke im Nordwesten der Stadt ⁷³⁾.

Neben diesen Qanaten wurden in der Zeit Nasser ed-Dins noch folgende für den Nordwest- und Westteil des Erweiterungsgebietes gebaut: Qanat-e Mustoufi al-Mamalek, der den Garten gleichen Namens bewässerte; Qanat-e Mirza Issa Wazir und Qanat-e Amin al-Mulk für Anwesen im Westen (*Etemad-Saltaneh*, 1883, S. 90) ⁷⁴⁾.

Das Straßennetz im Erweiterungsgebiet wurde nach europäischem Vorbild regelmäßig gestaltet und hält unter dem Einfluß der vorgenannten Faktoren die Nordnordost-Südsüdwestrichtung bei. Form und Wegenetz der Gartengrundstücke — wegen optimaler Ausnutzung des Bewässerungswassers meist gradlinig angelegt — sind noch im heutigen Straßenbild zu sehen.

⁷⁰⁾ „C'est aujourd'hui la principale raison avouée de l'intérêt de l'extension au Nord et des prix plus élevés dans cette région“ (*Vieille*, 1961, S. 39).

⁷¹⁾ Frdl. briefl. Mitt. der brit. Botschaft in Teheran vom 3. 11. 70.

⁷²⁾ Premierminister unter Nasser ed-Din und Musaffer ed-Din.

⁷³⁾ Frdl. briefl. Mitt. von Herrn Firouz vom 27. 9. 1970.

⁷⁴⁾ Der Stadtplan von 1891 zeigt noch einige weitere Kareze, gibt aber leider keine Namen an.

Mit der Verbesserung der Wasserversorgung, der Arealerweiterung, dem Zuzug von Adel, Kaufleuten, ausländischen Botschaften usw. ging eine verstärkte Anziehungskraft für Zuwanderer einher. Die Einwohnerzahl, die am Anfang der Regierungszeit Nasser ed-Dins noch 80 000 betrug (*Sheil*, 1856), erreichte um die Jahrhundertwende bereits 250 000 (*Stahl*, 1900) (s. Abb. 19). Daß den Qanaten bei dem Aufschwung eine tragende Rolle zukommt, zeigt die Tatsache, daß Versuche unter dem Minister Mirza Issa Wazir, sie teilweise durch Kanäle und Tiefbrunnen zu ersetzen, fehlgeschlagen waren und die Stadt weiterhin vollständig von ihnen abhing („... the entire needs of the population (are dependent) upon Kanats“. *Curzon*, 1892, Vol. I, S. 335). Diese Abhängigkeit wurde den Reisenden besonders deutlich, die die Stadt inmitten ihrer wüstenhaften Umgebung vor Augen hatten. „A wide, stony plain“, schreibt *Mac Gregor*, „with mud villages here and there, and without lake or stream or forest, but studded with long lines of circular pits, the shafts to the great subterranean watercourses, on which, in this region, the life of animal and herb is altogether dependent . . .“ (1871).

Nach der Ermordung Nasser ed-Dins (1897) kam die Aufwärtsentwicklung Teherans infolge innen- und außenpolitischer Unsicherheit zum Stillstand. Es blieb daher bis in die zwanziger Jahre die Stadt Nasser ed-Din Shahs: Eine persisch-orientalische Stadt mit einigen europäisch beeinflussten Zügen.

Eine Welt für sich war der Ark mit seinen Palästen, Ziergärten und Wasserspielen. „This great garden“, berichtet der englische Staatsmann *Curzon*, „is divided by paved avenues and gravel paths into flower beds, tanks, and extensive lakes. Magnificent pines and cypresses, as well as the more familiar plane and poplar, line its alleys and create a pleasant shade. It is called Gulistan or Rose-Garden. Little iron bridges cross the numerous channels often lined with blue tiles, down which the water runs in perpetual motion, . . .“ (1892), Vol. I, S. 323).

e) Wandlung zur modernen Großstadt, Ablösung des Qanatsystems

Völlig abhängig von der traditionellen Wasserversorgung blieb Teheran auch noch Jahre nach dem Regierungsantritt Reza Pahlawis (Schah: 1925—1941), dem Gründer der heute herrschenden Pahlawi-Dynastie, mit dem eine neue Phase in der städtischen Entwicklung begann. Vor dem Hintergrund außenpolitischer Erfolge und als Folge einer starken Zentralisierung setzte in der Hauptstadt nach der Stillstandsphase wieder ein Anstieg der Einwohnerzahl ein; zu Beginn wegen der begrenzten Wasserversorgung allerdings nur zögernd (s. Abb. 19).

Die Wasserförderung ließ sich wegen der Auslastung der durch Qanate erreichbaren Grundwasservorräte nur noch unter unverhältnismäßig großem Aufwand steigern. Zwei neue Kareze wurden noch gebaut: Der Qanat-e-Mehdiabad für die amerikanische Botschaft, die sich Anfang der zwanziger Jahre nördlich der Mauer niedergelassen hatte, und der Qanat-e-Makhsus, der zur Versorgung der Paläste diente, die der Schah in den dreißiger Jahren an der Kreuzung Kh. Kakh—Kh.-Pasteur errichten ließ.

Die Stadtverwaltung entschloß sich dann, einen lange gefaßten Plan zu verwirklichen und einen Kanal vom Karadj nach Teheran zu führen. Dieser Kanal wurde zwischen 1927—1931 gebaut. Er beginnt bei Bileqan am Karadj, folgt dem Gebirgsfuß oberhalb der Landstraße nach Qazwin und erreicht Teheran im Nord-

westen. Der städtischen Wasserversorgung wurden durch ihn durchschnittlich 1,3 m³ zusätzlich zugeführt und an den Verbraucher über das herkömmliche Djubssystem verteilt (*Tshakoutabi*, 1955).

Damit war wieder Spielraum für Bevölkerungswachstum gewonnen. Wie Abb. 19 zeigt, stieg die Zahl der Einwohner nach Fertigstellung des Kanals rapide an. War sie von 1900—1923 nur um 5 % gewachsen, zählte die Hauptstadt im Jahre 1932/33 schon 310 000 und 1939/40 bereits 540 000 Einwohner (*Vieille*, 1961, S. 194). „The opening of the new water resources“, schreibt *Rieben*, „is mainly responsible for the rapid development of the capital“ (1954). Der Einfluß der Wasserversorgung auf die Entwicklung zeigt sich auch daran, daß der von den Qanaten vernachlässigte Nordwesten nun bevorzugtes Siedlungsgebiet wurde und dort die Bodenpreise stark anstiegen (*Cambridge History*, 1968, S. 194).

Anfang der dreißiger Jahre begann man, das Stadtgebiet zu sanieren. Zuerst wurden die militärisch wertlosen Außenbefestigungen niedergelegt, im Jahre 1934 auch die zwölf Stadttore. Die Umwallung des Ark war schon vorher gefallen. Der alte Palastbezirk wurde durch Straßen aufgeschlossen und größtenteils durch Ministerien bebaut. Nur wenige Gebäude der Qadjarenzeit, wie der Gulestanpalast und das Shams al-Imarat, sind heute noch erhalten. Die Gärten im Norden und Westen teilte man auf und bebaute sie ebenfalls. Privatqanate wurden von der Stadt übernommen und versorgten die an Ort erstellten Neusiedlungen.

In der Altstadt wurden große Durchbrüche geschaffen. An ihrer Stelle entstanden breite, moderne Straßen, die Kreuzungen erhielten die für diese Zeit typischen Rundplätze. Auf beiden Straßenseiten wurden Djub angelegt, zur Wasserverteilung und zur Bewässerung der neu angepflanzten Chausseebäume, meist Platanen. Mehr und mehr wurden zweietagige Häuser gebaut, auch schon drei- und mehretagige Reihenmietfhäuser (*Bobek*, 1958); höher zu bauen, war wegen der fehlenden Druckwasserleitungen noch nicht opportun.

Trotz der Verbesserung genügte die Wasserversorgung nicht für die Ansiedlung von Industrien. Die Regierung war daher gezwungen, sie an andere Standorte zu verlegen (*Planhol*, 1964). Obwohl die Hauptstadt 1937 durch den Bau der Transiranischen Eisenbahn (1928—1938) an die Häfen am Persischen Golf und Kaspischen Meer angeschlossen war, spielte und spielt die Industrie nur eine untergeordnete Rolle. Erst in den letzten Jahren ist ihre Bedeutung gewachsen⁷⁵⁾.

Tragend war und ist das Einkommen aus Grundbesitz, flüssigem oder kurzfristig investiertem Kapital, aus Gehältern und Nebeneinnahmen der Bürokratie (*Bobek*, 1962). Das gleiche Bild zeigt auch die Erwerbsstruktur der Teheraner Bevölkerung: Nach einer Erhebung vom Jahre 1956 waren 73 % der arbeitenden Bevölkerung auf dem tertiären Sektor beschäftigt, darunter 29,3 % Hausangestellte, 12,6 % im öffentlichen Dienst und Verwaltung, 14,5 % in privaten Diensten und 11,3 % im Handel, bei Banken und Versicherungen (*Abrens*, 1966, S. 33).

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde es immer dringender, von der traditionellen Qanatwasserversorgung und dem zugehörigen Verteilungssystem abzugehen

⁷⁵⁾ Neben Ziegeleien Konsumgüterindustrie, kleinere Textilfabriken, Möbelindustrie, Montagewerke, Rüstungswerkstätten (s. *Bemont*, 1968, S. 123 ff.). — Folgende Zahlen sollen den Wasserbedarf einiger Industriezweige vermitteln: Zur Herstellung einer Tonne Zucker benötigt man 100 m³ Wasser, für eine Tonne Stahl 150 m³, für eine Tonne Papier 250 m³ (*Furon*, 1963, S. 103 f.).

und eine Flußwasser- und Talsperrenwasserversorgung aufzubauen. 1946 begannen erste Vorarbeiten für ein Entnahmewerk am Karadj und für ein modernes Druckleitungsnetz. Das Versorgungsnetz wurde 1955 in Betrieb genommen.

Das Wasser fließt durch eine 32 km lange Rohrleitung in eine Reinigungsanlage bei Teheran, von da gelangt es in sechs Versorgungsreservoirs (259 000 m³), von denen jedes genügend Wasser faßt, um den Bedarf seines Versorgungsbereichs 24 Stunden zu decken. Von hier aus kommt es über das Verteilernetz zum Verbraucher. Zwei Reservoirs wurden zur Versorgung der Hochzone in 1315 m Höhe angelegt. Sie ermöglichten die Erweiterung der Stadt bis Yussefabad, Abbasabad und Heshmatieh. 1959 wurde zwischen dem Pumpwerk am Karadj und der Aufbereitungsanlage eine zweite Leitung verlegt, so daß durchschnittlich 150 000 m³ am Tag an den Verbraucher abgegeben werden konnten (Scott, 1965).

Ferner wurden Tiefbrunnen erbohrt; 35 an der Zahl zwischen 1950—1954 mit 1,4 m³ Gesamtförderung (Tshakoutahi, 1955).

Trotz der Erschließung neuer Quellen blieb die Versorgung hinter dem explosionsartigen Bevölkerungswachstum zurück. Das relative Wasserdargebot pro Kopf nahm sogar im Vergleich mit ausschließlicher Qanatwasserversorgung ab. Das wurde besonders im Süden der Stadt fühlbar, wo sich die Mehrzahl der Zuwanderer ansiedelten (s. o.). Während der Norden schon über Leitungen an die Aufbereitungsanlage angeschlossen war, versorgten sich hier noch viele Menschen aus Qanaten. Dieser Umstand hat das Sozialgefälle zwischen den nördlichen und südlichen Stadtteilen verstärkt und mit dazu beigetragen, die bilaterale Sozialstruktur Teherans zu vertiefen (Planhol, 1964).

Die endgültige Ablösung wurde erst mit dem Bau eines Staudamms im Karadjtal eingeleitet. Dieses nach dreijähriger Bauzeit im Jahre 1961 fertiggestellte Stauwerk faßt 205 Mill. Kubikmeter und führt Teheran 184 Mill. Kubikmeter Wasser und 75 000 Kilowatt Strom zu. Am Karadj entstanden neue Pumpanlagen, die über eine Leitung mit einem zweiten Aufbereitungswerk, neun neuen Reservoirs und dem inzwischen erweiterten Verteilernetz verbunden wurde (Scott, 1965). Ein zweiter Staudamm wurde im Djadjerudtal errichtet. Er speichert 95 Mill. Kubikmeter. Davon gibt er 80 Mill. im Jahr an das Teheraner Leitungsnetz ab und ermöglicht die Erzeugung von 22 000 Kilowatt Strom (Wahidi, 1968, S. 32, 68 f.).

Eine dritte Talsperre wird im Tal des zum Kaspischen Meer entwässernden Larflusses gebaut. Das Wasser soll mit einem 20 km langen Tunnel durch das Gebirge geleitet werden und zur Wasser- und Stromversorgung Teherans beitragen (F.A.Z. 14. 8. 1974, S. 13).

Die drei Stauwerke sind in der Lage, den Bedarf der Stadt zu decken, auch wenn sie im Jahre 1980 fünf Millionen Einwohner zählen wird⁷⁶). Aber auch dann wird die Existenz Teherans wie vorher in den Jahrhunderten der Qanatwasserversorgung von den Klimaverhältnissen des nahen Hochgebirges abhängen.

⁷⁶) Nach einer Schätzung betrug die Einwohnerzahl 1970 3 378 000 (aus Amani 1973, S. 143).

II. Marrakesch

1. Die Khattaras von Marrakesch vor dem Bau des Cavagnacstaudammes (1935)

a) Die Lage der Stadt im Hinblick auf ihre Wasserversorgung

Marrakesch, die alte marokkanische Hauptstadt, bietet geradezu ein Spiegelbild der Teheraner Verhältnisse, was die Landschaft, die Lage und die Bewässerungstechnik angeht (*Troll*, 1963, S. 320).

Die Stadt liegt 465 m hoch inmitten des Hochbeckens des Haouz⁷⁷⁾, auf der weiten, sanft nach Nordnordwest abfallenden Schwemmebene des Hohen Atlas. Seine monatelang schneebedeckten Ketten steigen 30 km weiter südlich auf. Nach Norden wird die Ebene durch das etwa 20 km entfernte Mittelgebirge des Djebilet (bis 1061 m) begrenzt, während sie sich nach Osten und Westen bis zum Horizont weitet.

Die Umgebung der Stadt hat Halbwüstencharakter: Eine weite, von der Sonne ausgedörrte, nur von Steppenvegetation bestandene Fläche, in der die Oase Marrakesch mit ihren endlosen roten Lehmmauern, mit ihren üppigen Gärten und Palmenhainen an die Oasen der Sahara gemahnt.

Man vermißt hier aber ebenso wie bei Teheran die unmittelbare Nähe eines perennierenden Flusses. Zwar fließt der ganzjährig wasserführende Oued Tensift, der zwischen Safi und Essaouira (Mogador) in den Atlantik mündet, 4 km nördlich an der Stadt vorbei, wird aber zu ihrer Wasserversorgung nicht genutzt. Auch seine aus dem Atlas herabkommenden Zuflüsse Oued Nfis, Reraya und Ourika berühren das Stadtgebiet nicht. Nur der unbedeutende Oued Issil verläuft unmittelbar östlich und perenniert dank einiger Quellen, die sich im Bachbett befinden.

Marrakesch hat sich von seiner Gründung an nicht am Oued Tensift orientiert. Die topographische Lage bot andere Möglichkeiten zur Wasserversorgung. Sie wurden mit derselben Technik genutzt, die man auch auf der Teheranebene angewendet hat: Man baute Stollen und zapfte damit die reichen Grundwasserlager an, die durch die aus dem Atlas herabkommenden Schmelzwässer auch in der Trockenperiode fündig bleiben (s. u.). Anders als in Teheran gibt es daneben auf dem Haouz seit alters her auch zahlreiche oberirdische Kanäle (Seguia, Plur. Souagui), die der Stadt Wasser zuführen.

Das in Marrakesch sehr traditionsreiche Qanatverfahren kennt man hier unter der Bezeichnung „Khattara“ (Plur. Khatatir)⁷⁸⁾. Schon in der Gründungszeit beruhte die Versorgung darauf. In der Blütezeit Marrakeschs unter den Almohaden wurde dann ein imponierendes Leitungsnetz ausgebaut, das die Jahrhunderte trotz Zeiten der Vernachlässigung und des Zerfalls überdauerte (s. u.). Heute noch beliefern die Khattaras Brunnen, Bäder und Gärten in der Altstadt mit 9 Mill. Kubikmeter im Jahr (O.R.M.V.A.H., S. 35). Außerdem haben sie große Bedeu-

⁷⁷⁾ Haouz (arab. hawz) = Umgebung, Umland, Bannmeile (der Stadt Marrakesch) (*Deverdun*, 1957, S. 1).

⁷⁸⁾ In korrekter Umschrift Hattāra, Hatātir.

tung für den Bewässerungsfeldbau in der näheren Umgebung der Stadt, insbesondere im Osten und Südosten auf den Schwemmfächern von Oued Reraya und Oued Ourika (s. Kartenbeilage 2). Nach behördlicher Auskunft gab es Anfang der sechziger Jahre auf dem Haouz ca. 650 Khattaras, wovon noch Hunderte in Betrieb waren. Nach Schätzung betrug ihre Gesamtförderung je nach Niederschlagstätigkeit 3,6—6,1 m³/s. Zusammen bewässern sie 15 000—20 000 ha (*Pilleboue*, 1968, S. 189 f.).

Im Jahre 1930 wurde die Stadt von 33 Khattaras versorgt. Die wasserreichen standen über ein eigenes Röhrennetz mit einzelnen Vierteln der Medina in Verbindung. Einige dienten der Bewässerung der riesigen Sultansgärten, die sich im äußersten Süden der Stadt befinden. Einer versorgte das Judenviertel, die Mellah, andere die Kasbah, wieder andere die Europäerstadt Guéliz (s. Stadtplan).

b) Verlauf der Khattaras

Die folgende Beschreibung stützt sich auf die Untersuchungen französischer Sanitätsoffiziere, in erster Linie auf die Arbeiten von *Gueytat* (1914), *Parroche* (1925) und *Raynaud* (1926), die den Verlauf, das Leitungsnetz und die Wasserverteilung der wichtigsten Khattaras untersucht und die Wasserqualität einer Analyse unterzogen haben. Einen umfassenden Überblick über das dichte Khattaranetz in der Umgebung Marrakeschs gibt die Karte XXXI aus dem *Atlas Monographique Marocain* (1951) (s. Kartenbeilage 2).

Wie man auf der Karte sieht, weist die Umgebung von Marrakesch eine sehr unterschiedliche Dichte von Khattaras auf. Im Westen und im Bereich des nicht mehr auf der Karte abgebildeten Oued Nfis sind sie relativ selten, obwohl die physischen Voraussetzungen vorhanden wären. Nach *Pilleboue* (1968, S. 188) liegt der Grund dafür darin, daß es sich dort um Domänenland handelt, auf dem es sich von privater Seite nicht lohnte, viel zu investieren.

Dicht an dicht liegen sie dagegen auf den Schwemmfächern des Oued Ourika-Al-Hadjar, des Oued Zat und des Oued Reraya, sowie bei Tameslouth und an der „Piste de Frouga“ im Südwesten der Stadt; außerdem in ihrer unmittelbaren Umgebung. Meist handelt es sich dabei um Privatland (Milk), das sich zusätzlich durch günstige hydrographische und morphologische Verhältnisse für den Khattarabau auszeichnete.

Auffallend ist, daß die überwiegende Mehrzahl der Khattaras in nord-nordwestlicher Richtung verläuft, eine Anpassung an die Geländeneigung und den in gleicher Richtung fließenden Grundwasserstrom. Die einzelnen Khattaragruppen weisen unterschiedliche Länge auf. Im Palmenhain im Norden Marrakeschs sind sie kurz, bedingt durch den geringen Flurabstand des Grundwassers sowie durch die Terrassenstufen des Oued Tensift. Auch die Khattaras am Oued Ourika-Al-Hadjar verdanken ihren kurzen Verlauf wie die Qanate im gebirgsnahen Bereich der Nähe des Grundwassers und der Tatsache, daß man sie aus Kostengründen nicht so tief gegraben hat wie die, die der Stadt Wasser zuführen.

So taucht der Madar Tshah des Ain Mouassine ⁷⁹⁾, des wasserreichsten der alten Marrakescher Khattaras noch einige Meter in den bereits 27 m tiefen Grundwasser-

⁷⁹⁾ Ain (arab.) = Quelle.

horizont ein. Dieser Qanat beginnt 800 m südlich des Aguedalgartens in etwa 515 m Höhe, und zwar mit zwei Armen (s. Abb. 22, Nr. VI). Er quert den Garten im Südwesten, folgt dann seiner Westmauer und erreicht die Oberfläche beim Friedhof der Sklaven des Sultans. Von dort wird das Wasser in einer Seguia zu einem Wasserverteilungsbecken am Bab ⁸⁰⁾ Robb geführt (s. Abb. 21). Kurz zuvor zweigte eine Leitung zur Kasbahmoschee und zu dem nahegelegenen Laufbrunnen ab. Nach *Parroche* (1926) gingen von dem genannten Verteilungsbecken drei Hauptleitungen aus. Eine versorgte das Viertel Sidi Mimoun im Südwesten der Medina. Eine weitere führte längs der Nordmauer der Kasbah zur Mellah und speiste dazu noch die Viertel Riad az-Zitoun Djedid und Riad az-Zitoun Khadim. Eine dritte führte zur Moschee Bab Doukhala im Westen, speiste dort den großen Laufbrunnen und setzte sich bis ins gleichnamige Viertel fort. Weiter oben schon zweigte von ihr eine Leitung nach rechts ab, die zu den Brunnen der Viertel Ksour und Drebt Ezzoukarine und des Suq der Stoffhändler (Qaysariya) führte. Eine zweite Abzweigung ging ein paar hundert Meter vor Erreichen der Moschee zu den Vierteln Mouassine, Riad al-Arous, Sidi ben Sliman und zur Zawiya ⁸¹⁾ Sidi bel Abbes. Insgesamt versorgte diese Khattara 40 Brunnen im Westen der Medina, der Mellah und der Kasbah.

Sehr tief und wasserreich ist die im Süden des Aguedal beginnende Khattara Ain al-Dar (Nr. XI). Sie passiert den königlichen Garten in nördlicher Richtung, um am Dar Baida (arab. = weißes Haus) ⁸²⁾ aufzutauchen. Von hier wird das Wasser über zwei Rohrleitungen zum Dar Makhzen (Regierungspalast und Residenz) geleitet.

Zur Versorgung des Regierungsviertels war auch die Khattara Ain Zamzania (Nr. X), bestimmt, die etwa 3 km im Süden des Aguedal beginnt und beim Al-Hanabecken an die Oberfläche kommt. Von dort wird ihr Wasser in einer gemauerten Seguia weitergeleitet.

Zu den bedeutenden alten Khattaras gehört die Ain al-Barraka (Nr. XII). Sie beginnt 1200 m südlich des Aguedal, verläuft östlich des Gartens und kommt etwa 500 m südlich des Bab Ahmar an die Oberfläche. Von dort gelangt das Wasser durch eine Seguia zu einem Verteilungsbecken an der Südmauer der Medina. Hier nehmen zwei Hauptleitungen ihren Anfang. Die westliche führt zum Dar Si Said, einem Wohnpalast aus dem späten 19. Jahrhundert, die östliche führt mit weiteren Verästelungen in die Viertel Sidi Ayub, Bab Aylen, Maukif, Assoura, Assoul und zu den Stoffhändlern. Insgesamt waren dieser Khattara 25 Laufbrunnen in der Ostmedina angeschlossen.

Zur Versorgung des Bahiapalastes im Süden der Medina, der gegen Ende des 19. Jahrhunderts entstand, dient die Khattara Ain Sidi Mussa. Sie beginnt etwa 4 km südlich des Aguedal, kommt nach ca. 5000 m ans Tageslicht und wird mit einer Seguia bis zu einem Becken in der Nähe des Bab Ahmar geführt. Von hier aus gelangt das Wasser über mehrere Rohrleitungen in den Palast.

Zur Nordstadt, insbesondere zu dem Viertel Sidi bel Abbes führt die wasserreiche Ain Kobba (V). Sie beginnt an der Westseite des Aguedal, verläuft anfangs

⁸⁰⁾ Bab (arab.) = Tor.

⁸¹⁾ (Plur. Zouaoui) Sitz einer rel. Bruderschaft, Kapelle.

⁸²⁾ Wohnpalais des frühen 19. Jahrhunderts, heute Krankenhaus.

parallel dazu, biegt dann ab und kommt in der Nähe des Pl. de la Liberté an die Oberfläche. Die Seguia folgt sodann der Stadtmauer und teilt sich schließlich in drei Hauptleitungen, die alle in das genannte Viertel hineinlaufen.

Die Khattara Ain Mussa (Nr. VII) beginnt im Südwesten des Aguedal. Nach der Karte von *Gueytat*⁸³⁾ folgte sie seiner Westmauer in etwa 600 m Abstand nach Norden und trat nach gut 2000 m zutage. Nach den neueren Karten aus dem *Atlas Monographique Marocain* (1951) und der *Carte Phreatique du Haouz* (1 : 20 000, 1957) biegt er nach Nordosten in den oberen Aguedalgarten ab.

Am Bab Robb, dem Südwesttor der Medina, erreichen vier Khattaras das Stadtgebiet: Die eine ist die Khattara Talkadite (Nr. I), die zweite die Ain al-Hamra (Nr. II), die dritte die Ain Mamunia (Nr. III) und die vierte die Ain Mzudia (Nr. IV), die alle im Südwesten des Aguedal beginnen.

Der 3 km lange und 1,2 km—1,5 km breite Aguedalgarten mit seinen prächtigen Baumkulturen wird von den Qanaten Ain Barda Medida (Nr. VIII), Ain Barda Khadima (Nr. IX) und Ain Miludi⁸⁴⁾ bewässert. Allerdings kommt die Hauptmenge des notwendigen Wassers durch Seguias in seine zahlreichen Staubecken (Sahriy), von denen das Dar al-Hana-Becken etwa 200 m, das Al Gharsiyabecken etwa 120 m Seitenlänge hat.

Auch der aus alter Zeit stammende Sultansgarten Menara mit seinem 1200 m mal 800 m großen Areal und dem 200 m x 150 m großen Staubecken wird von mehreren Khattaras bewässert. Sie haben ihren Ursprung einige Kilometer weiter südlich.

Außer den Khattaras, deren Verlauf bereits beschrieben wurde, gibt bzw. gab es, wie die Karten zeigen, sowohl im Osten als auch im Westen der Medina noch viele andere. Da sie aber in ihrer Bedeutung hinter den genannten Qanaten zurückstehen, kann hier auf ihre Beschreibung verzichtet werden.

Die Europäerstadt Guéliz wurde anfänglich auch von Khattaras versorgt, die in erster Linie zur Bewässerung der neu angepflanzten Gärten und Chausseebäume genutzt wurden. Da ihr Wasser den hygienischen Ansprüchen der europäischen Zuwanderer nicht genügte (Analyse s. u.), bauten französische Ingenieure eigene Anlagen für die Neustadt und das nahegelegene Militärlager Mangin. Interessanterweise übernahmen sie dabei die Qanatechnik, arbeiteten allerdings mit modernen Hilfsmitteln und nach einem etwas abgewandelten Verfahren. Ihre Sammelstollen bestehen aus Betonröhren, die oben und seitlich mit einer Kiespackung umgeben und durch eine Tonschicht gegen Verunreinigungen geschützt wurden. Die Schächte wurden gemauert und überdeckt. In dieser Bauweise wurde die Khattara Bu Zugar im Jahre 1927 fertiggestellt. Sie beginnt auf dem Schwemmfächer des Oued Reraya unterhalb Tahanaout, folgt dann mehrere Kilometer dem Flußbett, um schließlich in eine schnurgerade Leitung überzugehen, die zuerst in ein Absetzbecken und nach Aufbereitung des Wassers in ein Speicherbecken (1500 m³) nahe dem Aguedal führt.

Im Jahre 1935 kam die Khattara Aguedal I hinzu (s. Karte). Sie beginnt etwa 11 km südlich der Stadt mit zwei 4 km bzw. 5 km langen Armen. Ihr Wasser

⁸³⁾ 1 : 40 000, 1914.

⁸⁴⁾ Lalla Chesia (*Atlas Monographique Marocain*).

wird ebenfalls aufbereitet und über ein Druckleitungsnetz in der Europäerstadt verteilt. Beide Khattaras werden heute auch zur Trinkwasserversorgung der Altstadt herangezogen.

c) Weitere Quellen der Wasserversorgung

Schon die Almohaden haben Seguias gebaut, um ihrer Hauptstadt Wasser zuzuführen, und seit frühester Zeit auch bei der Feldbewässerung eingesetzt. Im Einzugsbereich des Oued Tensift bewässern Seguias heute 180 000 ha (*Töndury*, 1963). Diese meist mit einfachen technischen Mitteln angelegten Kanäle fangen das aus dem Atlas kommende Wasser mit Hilfe primitiver Dämme (Ougoug) möglichst hoch am Gebirgsfuß auf und leiten es auf die Felder.

In neuerer Zeit wurde das System oberirdischer Kanäle durch moderne, z. T. betonierete Kanalbauten erweitert, um neues Kulturland zu erschließen. Dazu zählen die Seguias Targa, Askejour und Saada, die vom Oued Nfis ausgehen und für die Ansiedlung französischer Kolonisten im Westen von Marrakesch damals gebaut worden sind.

Älter sind die Seguias Tasultant und Al-Bachia. Der eine bewässert den Aguedalgarten, der andere bewässert Kulturen vor der Stadt.

Auch Brunnen spielen auf dem Haouz eine Rolle. Zahlreich sind sie dort, wo der Flurabstand des Grundwassers 8—10 m nicht übersteigt, vor allem in der Nähe des Oued Tensift. Ihre Gesamtzahl wird heute auf über 2000 geschätzt (O.R.M.V. A.H., S. 35). Darunter sind sowohl Brunnen traditioneller Bauart, wie einfache Schachtbrunnen, Norias und Schadufs⁸⁵) als auch motorgetriebene Rohrbrunnen.

In der Stadt selbst sind Brunnen seit Jahrhunderten in Gebrauch. Es wurde ihnen überwiegend Nutzwasser entnommen, da das Grundwasser durch Abwässer verunreinigt ist (s. u.).

d) Die geförderte Wassermenge

Leider sind die Angaben über die Schüttmengen der Marrakescher Khattaras nicht übereinstimmend, wohl deshalb, weil die Messungen zu verschiedenen Jahreszeiten gemacht worden sind und um Jahre auseinanderliegen. Es ist auch zu berücksichtigen, daß durch den Bau der neuen Khattaras Aguedal I, Bu Zugar u. a. die Förderung der alten Qanate zurückging, einige sogar trockenfielen (*Pilleboue*, 1965, S. 234).

Folgt man *Perigny*, dann förderten die sechs wichtigsten Khattaras pro Einwohner und Tag ca. 50 Liter (1918). Nach *Raynaud* gingen davon am Tag je 10 bis 20 m³ an die 82 Moscheen und Heiligtümer der Stadt, je 1 m³ an die 554 Räume für rituelle Waschungen und WCs und je 40 m³ an 24 öffentliche Bäder (Hammam, Plur. Hammamat).

Von dieser Wassermenge schütteten die 98 öffentlichen Laufbrunnen 15 l pro Muslim und 30 l pro Jude. Vier Karawansereien (Fondouq), ebenso viele Wäschereien und drei Gefängnisse erhielten ihre Zuteilung, außerdem wurden noch zehn Gärten bewässert und 70 Privathäuser versorgt. Die Gesamtförderung der sechs wichtigsten Khattaras betrug über 100 l/s. Die wasserreichste ist die Khattara Ain Mouassine mit 33,5 l/s, es folgen die Ain Dar mit 30 l/s, Sidi Mamoun mit 25 l/s

⁸⁵) Brunnen mit Zugtieren, die auf einer schiefen Ebene arbeiten.

und schließlich die Ain Barraka mit 15,5 l/s, Ain Kobba und Ain Zamania mit je 15 l/s.

Die Marrakescher Khattaras zeigen im Gang ihrer Schüttung nur geringe Schwankungen. Abb. 23 zeigt den Jahresertrag der im Südosten der Stadt beginnenden Qanate (untere Linie) über einen Zeitraum von mehreren Jahren. Dabei kommt die Gleichmäßigkeit ihrer Schüttung gut zum Ausdruck, während die auf dem Schwemmfächer des Oued Ourika liegenden Qanate deutliche Ertragsschwankungen aufweisen. Der Grund dafür liegt in folgendem: Sämtliche Stadtqanate liegen so weit vom Gebirgsrand entfernt, daß die durch Abflussschwankungen der Atlasflüsse verursachten Änderungen des Grundwasserspiegels nur abgeschwächt und zeitlich verzögert in Erscheinung treten. Damit hängt auch zusammen, daß das Schüttungsmaximum in die Zeit des größten Wasserbedarfs zwischen Juli und Oktober fällt (s. u.) (O.R.M.V.A.H., S. 35).

e) Die Wasserverteilung

Anders als in Teheran wurde das Wasser über ein Rohrleitungsnetz und dazwischengeschaltete Verteilungsbecken zum Verbraucher gebracht. Dieses Verteilungsprinzip ist von den Römern entwickelt und sowohl in Stadtrum als auch in den Provinzen angewendet worden. Durch Ausgrabungen hat man es ebenfalls in römischen Siedlungen in Iberien und Nordafrika nachgewiesen (*Toutain*, 1886, S. 50 ff.)⁸⁶⁾ (s. auch Abschnitt Madrid). Es ist anzunehmen, daß die Muslims dieses System übernommen haben, um das kostbare Wasser möglichst rationell zu verteilen.

In Marrakesch kennt man eine geregelte Wasserverteilung schon seit den Almora-viden (s. u.). Die Trinkwasser führenden Khattaras beschicken über gemauerte Kanäle die vor der Stadtmauer oder im Stadtgebiet verstreuten Verteilungsbecken (*madda*). Das sind aus Ziegeln erbaute Bassins, von denen die einzelnen Quartierleitungen abgehen. Dem einlaufenden Wasser gegenüber befinden sich mehrere in gleicher Höhe angebrachte runde Öffnungen, an denen Tonrohre (*qaddous*) ansetzen. Die Verteilung erfolgt automatisch. Andere Verteilungsbecken enthalten eine Plattform, in die mehrere kerbförmige Rinnen von gleicher Form eingelassen sind, die mit je einer Leitung in Verbindung stehen (s. Abb. 24). Hierbei kann der Zufluß reguliert werden. Das besorgt der *Mul al-Kaits* (*Joleaud*, 1933). Er verengt oder versperert die Rinnen durch einen Gegenstand und ist so in der Lage, den Durchfluß relativ genau zu bestimmen. Je nachdem fließt das Wasser in den Rinnen einen viertel, einen halben, einen, zwei oder drei Finger hoch (*Gueytat*, 1914). Die Zeiteinheiten sind ebenfalls festgelegt. Die Stimme des Muezzins, der Schatten eines Stabes oder der ausbleibende Tropfen eines Tropfgefäßes veranlaßt den Wärter, diese oder jene Zuleitung zu öffnen oder zu sperren.

Die Tonrohre sind ineinandergefügt und mit ölhaltigem Gips verkittet und bilden ein weitverzweigtes Netz durch die Altstadt. Zur Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit sind darin vertikal geführte Strecken eingebaut. Um den hydrostatischen Druck hochzuhalten, liegen die Entnahmestellen möglichst weit vom Verteiler entfernt.

⁸⁶⁾ Vgl. *Vitruvius*, de architectura, VIII, 7 de conductionibus aquarum.

Die meisten Entnahmestellen sind öffentliche Laufbrunnen. Sie bestehen aus einem schmucklosen Becken, das aus einem oder mehreren Rohren gespeist wird. Marrakesch hat aber auch kunsthistorisch wertvolle und prächtig ausgestattete Brunnen; z. B. den Brunnen „Echrob ou Chouf“ (Trink und schau) im Zentrum der Medina, den Mouassine-Brunnen bei der gleichnamigen Moschee und den monumentalen Sidi Al-Hassan ou Ali-Brunnen an der Doukhalamoschee, die alle drei aus der Saadierzeit stammen.

Wie in Madrid versorgte sich die Masse der Bevölkerung an den Brunnen oder ließ sich das Wasser von dort durch Wasserträger (gerrab, Plur. gerraba) ins Haus bringen. Diese stammen meist aus dem Draatal und üben in Marrakesch ein jahrhundertaltes Gewerbe aus. Heute noch fallen die Wasserverkäufer durch ihre malerische Tracht auf, wenn sie ihre Schläuche aus Ziegenhaut an den Brunnen füllen und das Wasser den Vorübergehenden feilbieten.

f) Die Beschaffenheit des Wassers

Eine Beurteilung und Analyse des Trink- und Brauchwassers wurde von den Pharmazeuten *Raynaud* (1925) und *Parroche* (1926) durchgeführt. Auf ihre Untersuchungen geht die Tabelle 6 zurück.

Die physikalischen Eigenschaften entsprechen denen guten Trinkwassers. Von dem hohen Chlorgehalt und dem Härtegrad abgesehen, gilt das auch für die chemischen Eigenschaften. Verglichen mit den Brunnen und Seguias läßt die Tabelle die Vorteile des Khattarawassers erkennen. Allerdings fällt der bakteriologische Befund auch für die Khattaras ungünstig aus, was durch die Besiedlung des Einzugsgebietes und durch Fehler im Leitungsnetz verursacht wird.

g) Bau und Erbauer

Das Monopol für den Bau und die Instandhaltung der Khattaras liegt in den Händen von Facharbeitern, den Khatariya. Ihr Handwerk reicht in das 12. Jahrhundert zurück und stand früher in hohem Ansehen (*Joleaud*, 1933). Diese Spezialisten haben schon unter den Dynastien der Almohaden, der Saadier und z. Z. der ersten Alouiten Qanate angelegt und im Laufe der Jahrhunderte den Haouz mit einem Netz von mehr als tausend Kilometern durchzogen. Wie erwähnt, stammt die Mehrzahl von ihnen aus den Tälern des Draa und Todraa in Südmarokko. Sie bewohnen das alte Marrakescher Viertel Dcher Todraa (*Deverdun*, 1957, S. 87).

Heute sind sie nicht mehr in einer Zunft zusammengeschlossen, sondern Angestellte der Wasser- oder Grundbesitzer⁸⁷⁾.

Beim Bau der Qanate gehen die Khatatriya in ähnlicher Weise vor wie die persischen Moqanni. Zuerst suchen sie ein geeignetes Grundwasserreservoir. Sodann wird der Verlauf des zukünftigen Stollens festgelegt und danach an mehreren Stellen gleichzeitig mit dem Ausheben der Schächte (Khtatar) begonnen. Nach deren Fertigstellung wird der Bau des Stollens in Angriff genommen, und zwar von den tiefer gelegenen Teilen zu den höheren fortschreitend. Man arbeitet in Gruppen und nach den Anweisungen eines Meisters. Ein oder zwei Arbeiter bedie-

⁸⁷⁾ Frdl. briefl. Mitt. von Moulay Brahim Lagdim.

Tab. 6:

	Ain Mouassine	Ain Kobba	Barda Khadima	Brunnen (Medina)	Seguia Bachia	zuläss. Höchstwert (Höll)
Aussehen	klar	klar	klar	leicht trüb	rötl. trüb	—
Geruch	o. B.	o. B.	o. B.	fäkalisch	o. B.	—
Geschmack	o. B.	o. B.	o. B.	brackisch	o. B.	—
NH ₄	0,09	0,2	0,06	0,18	0,2	0,2
NO ₂	0	0	0	0	0	0,5
NO ₃	0,4	0,8	0,3	0,9	1,1	30,0
Cl	142	181	146	248	210	30,0
Fe + Al	3	4	3	3	2	—
Gesamthärte frz. H. °	22	26	23	48	19	10 (d. H.)
Ca	92	108	96	158	72	100
Mg	32	58	27	59	23	100
Abdampfrückst.	524	610	565	1160	556	1000
Bakterien/Lit.	500	>2000	100	>2000	>2000	—

nen eine Tretwinde und häufen das ausgehobene Material um die Schachtmündung ringförmig auf, während der Stollen vom Meister und Lehrling mit Minierstange, Hacke und Schaufel vorgetrieben wird. Da der Untergrund relativ standfest ist, erfordert er keine Verschalung von Schächten und Stollen; ein Umstand, der aber für die Instandhaltung erhöhte Aufmerksamkeit verlangt (*Parroche*, 1926, S. 38 f., *Fénelon*, 1941, S. 66).

Für das Frischwassernetz und die Abwasserleitungen innerhalb der Stadt sorgen die Qawadsiya. Die Rohre werden von ortsansässigen Töpfern hergestellt und von den Qawadsiya verlegt.

h) Eigentumsverhältnisse und Verwaltung

Die Eigentumsverhältnisse an den Khattaras auf dem Haouz gleichen denen auf der Teheranebene. Um 1920 waren von den 300 in der engeren Umgebung der Stadt befindlichen Qanate 45 Eigentum der cherifischen Regierung (Makhzen), 80 waren ganz oder teilweise in der Hand von religiösen Stiftungen (Habous), die anderen gehörten Privatleuten, Genossenschaften oder Dorfgemeinschaften (*Trousseau*, 1919). Die cherifischen Qanate sind auf Anordnung der Sultane erbaut worden. Sie bewässern das Domänenland auf dem Bled, die königlichen Gärten und versorgen die Sultanspaläste. In diese Kategorie gehören die Marrakescher Qanate Ain Zamzania, Ain Dar und Ain Sidi Mimoun. Stiftungsqanate sind im Stadtgebiet die Khattaras Ain Mouassine, Ain Baraka und Ain Kobba, deren Verwaltung seit 1916 von der Stadt durchgeführt wird.

Die Rechtsprechung bei Streitigkeiten über die Wasserverteilung obliegt der „Djemaa al-Maa, der Wasserversammlung. Sie urteilt nach Gewohnheitsrechten und nach dem königlichen Erlaß von 1925, der sowohl die Nutzung des Grund- wie des Oberflächenwassers regelt.

i) Einfluß der Khattaras auf die Struktur der Stadt

Ebenso wie ein Zusammenhang zwischen der topographischen Lage und der Wasserversorgung von Marrakesch erkennbar ist, kann auch ein Einfluß der Khattaras auf die Struktur der Stadt beobachtet werden.

Aus der Anfangszeit hat sich noch der almoravidische Bauplan der Stadt erhalten (*Deverdun*, 1957, S. 605), dessen hervorragendes Merkmal, die 9800 m lange und in ihrem Verlauf nur wenig veränderte Stadtmauer, ein riesiges Areal umfaßt, das heute noch weite Freiflächen, Gärten, Parkanlagen und Märkte einschließt. Diese mit Obst- und Gemüsekulturen bestandenen Flächen waren für den Fall einer Belagerung als Ernährungsbasis vorgesehen, was aus der militärischen Situation zur Zeit des Mauerbaus (s. u.) einleuchtet. Das impliziert auch die Sicherstellung ihrer Bewässerung. Dies konnte nur durch unterirdische Kanäle geschehen, die von den Belagerern nicht zu zerstören waren.

Innerhalb der Befestigung bildete der bebaute Teil noch um 1930 einen relativ schmalen, etwa Nord-Süd gerichteten Streifen, der sich von der Zawiya Sidi bel Abbes im Norden bis zur Kasbah im Süden erstreckte. Der gleiche langgestreckte und Nord-Süd verlaufende Grundriß ist auch dem Aguedalpark eigen. Er orientiert sich an dem natürlichen Gefälle der Ebene und der Fließrichtung des Wassers und erlaubt, die Wasserverteilung so rationell wie möglich durchzuführen.

Die Medina besitzt ein baumartig verzweigtes Geflecht von Knick- und Sackgassen, dem aber mehr Regelmäßigkeit innewohnt als es bei anderen orientalischen Städten üblich ist. Durchgehende Straßen und gitterartige, sich rechtwinklig schneidende Gassensysteme sind für eine orientalische Stadt ungewöhnlich. Nach *Wiche* (1957) hat sich die zentrale Lage des Hauptmarktes im Verkehrsnetz niedergeschlagen. Sicher hat aber auch das Wasserverteilungsnetz eine geradlinige Straßenführung begünstigt. Heute noch folgen die Wasserleitungen den Straßen und Gassen. Diese Parallelführung wird durch die Notwendigkeit der Überwachung des Leitungsnetzes (Rohrbrüche, Wasserdiebstähle) bedingt. Sie erfordert ihrerseits die Beachtung der Geländeneigung und des Wasserdrucks.

2. Die ökologischen Grundlagen

a) Einführung

Zu untersuchen ist der Zentralteil der Haouzebene mit dem angrenzenden Atlas von Marrakesch und zwar das Gebiet zwischen der Wasserscheide im Hohen Atlas und dem Oued Tensift als Erosionsbasis. Hier liegen die schon mehrfach erwähnten geomorphologischen und klimatologischen Grundlagen für die Anlage von Qanaten, und die Wasserversorgung der Stadt basiert unmittelbar auf den hydrographischen Verhältnissen in diesem Gebiet.

b) Die geologische und geomorphologische Situation

Der Atlas von Marrakesch mit seinen hoch aufragenden Gipfeln und Graten gehört zum westlichen Teil der etwa 700 km langen und ca. 60 km breiten Kette des Hohen Atlas. Er erreicht im Djebel Toubkal mit 4165 m die größte Höhe des gesamten Atlassystems und erhält dadurch eine majestätische Wirkung, die noch verstärkt wird durch die dunkle Färbung der Gesteine des Grundgebirges, das hier zutage tritt. Es wird in seinem Ostteil vornehmlich von Granodioriten, Graniten, Andesiten und Rhyoliten aufgebaut, im Westen aus Kalken, Schiefen und Sandsteinen des Paläozoikums (ausführlich bei *Dresch*, 1941). Nach Norden auf die Haouz zu stehen Konglomerate, Sandsteine, Mergel und Tone des Permotrias an, ferner kretazische Sand- und Kalksteine, daneben auch Kalke, Mergel, Sandsteine und Konglomerate des Tertiärs.

Nach älteren Faltungen und Wiedereinebnungen begann die eigentliche Gebirgsbildung an der Wende Kreide/Eozän und setzte sich, unterbrochen von Phasen relativer Ruhe, bis ins Quartär fort. Zeugen der Ruhphasen sind die in verschiedenen Höhen gehobenen Altflächenreste, die allerdings wegen des stark aufgelösten Reliefs landschaftlich kaum zur Geltung kommen. Kare und Nivationsnischen, Schuttströme, Soliflukationsdecken und Flußterrassen sind Spuren pluvialzeitlicher Vereisung, als die Schneegrenze bis auf 3400 m herabreichte.

Die Ebene des Haouz liegt in einer nördlich des Hohen Atlas verlaufenden Synklinalzone, deren Entstehung mit der Atlasfaltung in Zusammenhang steht. Das Substratum, das im Djebel Guéliz (524 m), im Djebel Koudiat al-Abid (482 m) und im Djebilet wiederauftaucht, setzt sich bei Marrakesch aus paläozoischen Gesteinen zusammen, vorherrschend aus undurchlässigen Schiefen, in Gebirgsnähe sowie im Osten und Westen des Haouz auch aus kalkig-mergelig-sandigen Forma-

tionen des Mesozoikums und Eozäns. Im Tertiär begann die Auffüllung der tektonischen Mulde vom entstehenden Atlas her; im Oligo-Miozän mit undurchlässigem kalkig-mergeligem Material, im Quartär, als in den Pluvialzeiten der Atlas von Marrakesch vergletschert war und die Solifluktionsgrenze tief hinabreichte, mit Solifluktionsschutt und Konglomeraten (*Ambroggi, Thuille*, 1952, S. 226).

Diese Schuttmassen formen am Gebirgsrand mächtige Schwemmfächer, die mit zunehmender Entfernung ineinander übergehen und eine zusammenhängende schiefe Ebene bilden. Sie bestehen aus wenig verfestigtem, durchlässigem Material, in welches undurchlässige Ton- und Mergelschichten eingeschaltet sind. Die Quartärschichten sind die eigentlichen Grundwasserleiter und von eminenter Bedeutung für die örtliche Qanatbewässerung.

Wie erwähnt, weist die Alluvialebene im Nord-Süd-Profil bei Marrakesch eine regelmäßige parabelförmige Gestalt auf. Sie fällt am Gebirgsrand mit einem Gefälle bis zu 15 % steil ab und verringert ihre Neigung bis an die Terrassen des Tensift auf ca. 5 %. Störungen im Gefälle gibt es nur in Form dieser Terrassen und einer Flexur an der sogenannten Piste de Frouga. Beide haben die Verteilung der Khattaras in der Umgebung Marrakeschs beeinflusst.

c) Das Klima des Untersuchungsgebietes

Bedingt durch seine Lage — 31° 37' 35" nördlicher Breite, 7° 59' 42" westlicher Länge — und dem damit verbundenen Einfluß subtropischer Hochdruckzellen, hat Marrakesch ein ausgesprochenes Trockenklima. Da die Stadt aber nördlich der Gebirgsmauer gelegen ist, wird die ektropische Zirkulation im Winterhalbjahr noch wetterwirksam. Die relative Nähe des Atlantiks erklärt die maritimen Züge des Klimas, während die Beckenlage ihm einige kontinentale Elemente bewahrt.

Marrakesch weist mit 19,4° C (1943—1965)⁸⁸⁾ die höchste Jahresdurchschnittstemperatur der Vergleichsstädte auf, was auch mit der verhältnismäßig geringen Höhe zusammenhängt. Durch die mäßige Wirkung des Atlantiks erreicht aber die Mitteltemperatur des Sommerhalbjahres mit 24° C nicht den Teheraner Wert. Aus demselben Grund ist auch nicht der Juli (27,7°), sondern der August (28,1°) der wärmste Monat (s. Abb. 26). In dieser Zeit können sehr hohe Temperaturen auftreten, besonders wenn aus der Sahara der Chergui und der Sirocco einfallen. Als absolutes Maximum wurden im Juli 1943 48,1° C gemessen.

Der kälteste Monat ist der Januar mit 11,2° C im Durchschnitt und einem mittleren Minimum von 5° C. Frost tritt selten auf. In 25 Jahren fiel die Quecksilbersäule nur dreißigmal unter den Gefrierpunkt. Das absolute Minimum wurde im Februar 1935 mit minus 3° C erreicht.

Die Haouzebene liegt innerhalb einer ausgeprägten Trockeninsel, die, obwohl nördlich des Atlas gelegen, beinahe Saharaverhältnisse aufweist. Im Mittel fallen in Marrakesch 244 mm Niederschlag (1943—1965), und zwar an 42 Tagen im Jahr (1925—1949). Dabei wirkt sich die Tatsache, daß der Niederschlag oft in Form von Schlagregen und unregelmäßig fällt⁸⁹⁾, ungünstig auf die Bewässerung

⁸⁸⁾ Wenn keine andere Quelle angegeben, sind die Klimadaten der Zeitschrift *Annales de Service de Physique du Globe et de la Météorologie* entnommen.

⁸⁹⁾ Die Variabilität beträgt 29 %. Nach *Cote und Legras* (1966) kommt auf einen Zeitraum von vier Jahren ein Jahr extremer Trockenheit.

und Wasserversorgung aus. Die Hauptniederschlagszeit liegt zwischen November und April mit den Spitzen im Dezember und April.

Nach der Formel von Thornthwaite ist das Klima der Ebene als arid zu bezeichnen (Joly, 1958). Damit stimmt die natürliche Vegetation in der Umgebung der Stadt überein. Ihre Charakterpflanzen sind *Stipa tortilis*, *Ziziphus lotus*, *Acacia gummifera*, ferner *Suaeda fruticosa*, *Artiplex halimus*, *Lycium intricatum*, *Salsola vermiculata* und andere Halophyten⁹⁰⁾.

Unter diesen klimatischen Bedingungen ist Pflanzenanbau nur mit Hilfe künstlicher Bewässerung möglich. Regenfeldbau (Faid, Bour) wird nur in der Gebirgsrandzone (Dir) betrieben. Selbstverständlich kann auch der Wasserbedarf der Stadt nicht durch die in der Ebene fallenden Niederschläge gedeckt werden; zumal die hohe Verdunstung von 2300 mm (O.R.M.V.A.H., S. 7) die Effektivität der Realniederschläge noch weiter herabsetzen.

Bemerkenswerterweise erhält der Atlas von Marrakesch, dicht südlich des trockensten Gebietes Zentralmarokkos gelegen, die höchsten Niederschläge des gesamten Atlassystems (Mensching, 1957, S. 194). Wegen der großen Höhe wirkt sich hier der Einfluß des Meeres noch intensiv aus. An den Meßdaten der folgenden Stationen läßt sich mit zunehmender Höhe ein deutlicher Anstieg der Niederschläge ablesen. So empfangen Ait Ourir (660 m) 350 mm, Tahanaoute (925 m) 465 mm und Agaiouar (1805 m) 658 mm (O.R.M.V.A.H., S. 7).

Der Jahresgang des Niederschlags ist im Gebirge ähnlich wie auf dem Haouz. Jedoch fällt die Trockenperiode viel kürzer aus und ist auch dank der im August und September fast täglich auftretenden Gewitterschauer (Mensching, 1957, S. 194) weniger ausgeprägt.

Im Winterhalbjahr fällt ein großer Teil der Niederschläge bis 800 m hinab als Schnee. Er kann sich in den höheren Lagen bis in den Juli hinein halten; vor allem im Gebiet des Toubkal, wo die bei 4200 m liegende 0°-Jahresisotherme fast erreicht wird (Mensching, 1957, S. 25)⁹¹⁾.

d) Die hydrographischen Verhältnisse

Ein großer Teil der Niederschläge des Gebirges fließt nach Norden in die Haouzebene ab. Für die Wasserversorgung Marrakeschs sind die südlich der Stadt auf die Ebene austretenden Wasserläufe Oued Nfis, Reraya, Ourika und Rdate von Bedeutung. Ihr Einzugsgebiet umfaßt 324—1703 km² und liegt im Mittel 1120 bis 2100 m, maximal 3573—4165 m hoch (O.R.M.V.A.H., S. 9).

Ihre mittleren jährlichen Abflussmengen erreichen 51 Mill. Kubikmeter (Reraya) bis 156 Mill. Kubikmeter (Ourika)⁹²⁾. Das Abflußregime ist pluvionival, gekennzeichnet durch den starken Schmelzwasserabfluß im Frühjahr, dessen Einfluß sich noch im Mai/Juni bemerkbar macht.

⁹⁰⁾ Ausführliches über die Vegetation bei *Raub* (1952, S. 29—32) und *Peltier* (1970).

⁹¹⁾ Oberhalb 2000 m kann Schneefall von Ende September bis Ende Mai auftreten (*Noir*, 1961).

⁹²⁾ Atlas monographique marocain (1951).

Tab. 7: Die mittleren monatlichen Abflußmengen der Oued Nfis, Reraya und Ourika ⁹³⁾

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März
Oued Nfis	7,1	20,8	11,9	9,2	10,3	18,0
Oued Reraya	3,6	5,4	2,5	1,9	2,8	4,5
Oued Ourika	11,8	12,5	6,8	8,4	13,0	23,7
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.
Oued Nfis	19,1	12,9	5,6	2,2	1,4	5,1
Oued Reraya	9,4	9,0	5,7	2,2	1,0	2,6
Oued Ourika	33,0	28,8	9,7	3,5	1,4	4,0

So erhält der Haouz zu Beginn der Trockenperiode große Mengen Wasser, welches am Gebirgsrand in zahllosen Seguias aufgefangen und zu den Bewässerungsfeldern und -gärten weitergeleitet wird. Zum Schaden der Bewässerungswirtschaft ist diese Förderung den Abflußschwankungen der Flüsse unterworfen, abgesehen vom Oued Nfis, der heutzutage durch ein Stauwerk reguliert wird. Bei Hochwasser ist das Flußwasser zudem stark verschmutzt und daher zu Trinkzwecken schlecht geeignet.

Der größere Teil des Wassers versickert jedoch in dem Schottermaterial der Schwemmfächer und sammelt sich über den schiefrig-mergeligen Schichten des Oligo-Miozäns. Diese Wassermengen sind praktisch die einzige Quelle für das Grundwasserreservoir und damit von einzigartiger Bedeutung für das Khattarasystem auf dem Haouz. Denn der auf die Ebene niedergehende Regen kann wegen der stark tonhaltigen Böden (Tirs) kaum in den Untergrund eindringen (*Ambroggi, Thuille, 1952, S. 228*).

Vor Marrakesch, wo die stadteigenen Khattaras beginnen, liegt das Grundwasser etwa 30 m tief. In diesem Bereich ist eine Grundwasserwanne ausgebildet, die durch Antiklinen im Substratum hervorgerufen wird (*Russo, 1928, S. 74, 76*).

Im Frühjahr führt das Hochwasser der Atlasflüsse zu einem Ansteigen des Grundwassers. Dieses setzt sich mit dem Grundwasserstrom und einer Geschwindigkeit von 200 m pro Tag ⁹⁴⁾ in nordwestlicher bis nördlicher Richtung in Form einer Welle fort (vague phréatique) (*Thuille, 1951*). Sie erreicht die Stollen der Marrakescher Khattaras viele Wochen später. Dadurch haben diese ihr Maximum im Juli/August (s. o.), wenn die Niederschläge auf dem Haouz fast völlig ausbleiben und auch die Gebirgsflüsse Minimalförderung aufweisen.

3. Die Rolle der Khattaras im Verlaufe der Stadtgeschichte

a) Die Gründung Marrakeschs

Den historischen Hintergrund für die Gründung Marrakeschs bildet die Eroberung des Magreb durch die Almoraviden ⁹⁵⁾ im 11. Jahrhundert. Diese Berber

⁹³⁾ Atlas monographique marocain (1951).

⁹⁴⁾ *Ambroggi, Thuille, 1952, S. 229.*

⁹⁵⁾ Vom arabischen Al-Murabitun = Kämpfer für das Ribat (Wehrkloster).

aus dem Stamm der mit den Tuareg verwandten Sanhadja waren in der Süd-sahara aufgebrochen und in der Mitte des Jahrhunderts unter ihrem Führer Abu Bakr über den Atlas in den Haouz eingedrungen. Sie hatten die Masmoudaberber des Atlas besiegt und im Jahre 1058/59 die Stadt Aghmat eingenommen. Diese Stadt wurde eine Zeitlang ihre Basis für die Eroberung der cisatlasischen Gebiete.

Es zeigte sich aber, daß ihnen, die bisher nur das Nomadenleben kannten, die feste Wohnweise nicht zusagte. Überdies war Aghmat übervölkert und bot nicht genügend Platz für ihre Zelte und Herden. Außerdem wollte man über eine eigene unabhängige Niederlassung verfügen.

Aus diesen Gründen beschloß Abu Bakr, Aghmat zu verlassen und eine Zeltstadt zu errichten, die den Anforderungen des Volkes eher entsprach. Seine Entscheidung wurde im Jahre 1070 in die Tat umgesetzt. Die Übersiedlung in das neue Lager erfolgte wahrscheinlich im Mai desselben Jahres (*Deverdun*, 1957, S. 63). Das war die Geburtsstunde Marrakeschs.

Als Standpunkt hatte man eine Stelle im unteren Bereich der Schwemmebene des Atlas von Marrakesch erwählt, dicht westlich des Oued Issil, wo sich heute die Medina befindet. Diese Stelle lag im Grenzgebiet der masmoudischen Stämme der Raylana und Razmira und besaß daher nach ungeschriebenen Gesetzen der Berber neutralen Charakter. Ferner war man hier 30 km vom Atlas entfernt und daher vor einem Überraschungsangriff der Atlasstämme sicher. Überdies war die Stelle nur einen Tagesmarsch von der fruchtbaren Doukhalaebene entfernt und dadurch die Versorgung mit Lebensmitteln gesichert (*Deverdun*, 1957, S. 52). Schließlich bot diese Lage die Möglichkeit, als Zwischenstation zwischen den Stammländern der Almoraviden in der Sahara und den Neueroberungen nördlich des Atlas zu dienen (*Cenival*, 1936).

Nach zeitgenössischen Berichten bot sich den Siedlern eine kahle Ebene, nur bedeckt von dürftigem Gestrüpp. Sie genügte aber den Ansprüchen, die die Saharanimaden an einen Lagerplatz stellten: Erstens gab es genügend Brennmaterial, vor allem *Ziziphus lotus*; zweitens fand das Vieh genügend Weidegründe in der Umgebung.

Drittens und vor allem aber wurde die Platzwahl durch die günstige Möglichkeit der Wasserversorgung bestimmt. Die Nomaden hatten sich selbstverständlich vorher vergewissert, daß man mit Brunnen sehr bald auf reichhaltige Grundwasservorkommen stieß (*Deverdun*, 1957, S. 54). Es ist aber unwahrscheinlich, daß die Siedler zu diesem frühen Zeitpunkt neben den Brunnen schon aufwendige wasserbautechnische Einrichtungen besaßen.

b) Die Zeit der Almoraviden und Almohaden

Das Lager bestand im Anfang nur aus Zelten. Das erste feste Gebäude entstand 1071 mit dem Bau des heute zum Teil freigelegten, sehr umfangreichen Qasr al-Hayar (arab. = Schloß aus Stein). Im Schutz dieser uneinnehmbaren Qasbah begann Yussuf ben Tasfin sehr energisch, das Reich zu erweitern. Mit dem Fall von Ceuta (1083) war er Herr über ein Gebiet von Algier bis zum Atlantik. Auf die Hilferufe der islamischen Fürsten auf der Iberischen Halbinsel, die von den Christen hart bedrängt wurden, und auf die Kunde vom Fall Toledos (vgl. Abschnitt Madrid), entschloß sich der Sultan 1085, auf die Halbinsel überzusetzen.

Nach dem Sieg bei Al-Zallaka (heute Sagrajas bei Badajoz) über Alfons VI. (1086) war er auch Herr über das maurische Iberien, wodurch Marrakesch die Basis eines großen Reiches wurde.

Jedoch profitierte die Stadt wenig von diesen Erfolgen — der Herrscher residierte die meiste Zeit in Fez —, vergrößerte sich aber nach und nach durch Zuzug aus der Umgebung, insbesondere aus Aghmat. Sie war aber nach dem Tode Yussufs kaum mehr als ein halbnomadischer Sammelpunkt, der außer der Qasbah nur wenige ansehnliche Gebäude aufwies. Auch für diese Zeit geben die Quellen keine Hinweise auf die Art der Wasserversorgung.

Erst Yussufs Sohn und Nachfolger Ali gab Marrakesch einen städtischen Charakter. Er erbaute ein neues Palais, errichtete eine Moschee im Zentrum der Stadt, sorgte für Handel und Gewerbe und umgab die Stadt gegen die andrängenden Masmouda aus dem Atlas im Jahre 1126 mit einer 6—8 m hohen und ca. 9 km langen Mauer, die, wenn auch teilweise erneuert, heute noch steht.

In erster Linie aber verdankt ihm die Stadt die Einführung der Khattaras und auf dieser Grundlage den Aufbau eines großzügigen Wasserversorgungssystems. Vermutlich hat er schon im Anfang seiner Regierungszeit dieses Werk in Angriff genommen, da anders der schnelle Aufschwung Marrakeschs nicht zu verstehen ist. Das gilt sowohl für den Anstieg der Bevölkerung — wenn auch die bei *Céni-val* zitierte Zahl von mehr als 100 000 Feuerstellen übertrieben erscheint — als auch für die Entwicklung des Handwerks, besonders der Töpfer und Gerber, die beide im Fabrikationsprozeß viel Wasser verbrauchen. Die Gerber wohnten schon damals in ihrem Viertel am Bab Debbagh (arab. = Gerbertor), dicht bei dem der Töpfer und Ziegelbrenner.

Mit den Khattaras war man in der Lage, sowohl den Wohnkomfort entscheidend zu verbessern, weil sie fließendes Trink- und Brauchwasser anlieferten und die Gärten bewässerten, als auch dem Korangebot der rituellen Waschungen — für den strenggläubigen Herrscher von besonderer Wichtigkeit — besser Genüge zu leisten als man es mit den bestehenden Brunnen konnte.

Nach dem arabischen Geographen *Idrisi* (Übersetzung von *Jaubert*, S. 215) dachten die Ingenieure zuerst daran, das Wasser der Atlasflüsse, speziell des Oued Ourika, mit Hilfe von Seguias nach Marrakesch zu führen. Diese Arbeiten wurden aber durch die feindlichen Atlasberber verhindert. So entschied man sich endgültig für das wegen seiner unterirdischen Anlage schwer zu zerstörende Qanat-system.

Idrisi zufolge wurde diese Technik von Abd Allah ben Yunus al-Muhandis in Marrakesch eingeführt, und zwar in der Regierungszeit Ali ben Tasfins. *Colin* glaubt, daß es sich um einen Ingenieur (Muhandis) handelt, wahrscheinlich um einen Konvertiten, da der Name Abd Allah bei Konvertiten häufig sei. Yunus, das ist Jonas, der Name des Vaters, zeige an, daß die Vorfahren Juden oder Christen waren (1932, S. 38). „... lorsque Abd Allah vint à Maroc ⁹⁸⁾“, schreibt *Idrisi* (zitiert nach der Übersetzung von *Dozy* und *de Goeje*), „peu de temps après la fondation de cette ville, il n’y existait qu’un seul jardin . . . Le mécanicien se dirigea vers la partie supérieure du terrain attenant à ce jardin, il y creusa un puits

⁹⁸⁾ Marrakesch.

carré de larges dimensions, d'où il fit partir une tranchée dirigée immédiatement vers la surface du sol; il continua son creusement par degrés du haut en bas, en menageant la pente... , que, parvinne au jardin, l'eau... se répandit sur le sol.“ Und er fährt fort: „Les habitants de la ville, voyant le procédé réussir, s'empressèrent de creuser la terre et d'amener les eaux dans les jardins; dès lors les habitations et les jardins commencèrent à se multiplier, et la ville de Maroc prit un aspect brillant.“

Oliver Asin (1959, S. 86 ff.) glaubt, daß Abd Allah ben Yunus aus Spanien stammt, wo man die Khattaratechnik schon seit Jahrhunderten kannte. *Colin* (1932) meint dagegen, die Technik sei von ihm aus den Oasen von Gourara und Touat importiert worden. Auch *Deverdun* vermutet eine Übertragung aus der Sahara, da die Spezialisten für den Qanatbau schon sehr früh aus den Tälern jenseits des Atlas nach Marrakesch gekommen seien, wo ihr Patron Sidi Ahmad ben Kamil schon im 12. Jahrhundert gelebt habe und 1196 begraben worden sei (1957, S. 87). Im Augenblick kann Endgültiges über den Ausgangspunkt der Übertragung noch nicht gesagt werden.

Aus almoravidischer Zeit sind noch Reste von Wasserbauten vorhanden: Auf dem Gelände des ehemaligen Palais fand man zwei 32 m lange, 3,80 m breite und bis 3 m tiefe, nebeneinander liegende und von einem Dach überwölbte Zisternen, die von einer kleinen Seguia gespeist wurden, die ihrerseits eine Abzweigung einer Khattara war. Ferner fand man Teile eines großen Laufbrunnens gegenüber der ehemaligen Alimoschee und an verschiedenen anderen Stellen Wasserbecken für rituelle Waschungen, Teile von Bädern, ein 70 m x 44 m großes Schwimmbassin für Kinder und weitere Einrichtungen, die alle eine ständige Wasserversorgung voraussetzen. Dasselbe gilt für die vielen Bäder und Gärten im Stadtgebiet.

Eine interessante Stelle bei *Al-Umari*⁹⁷⁾ wirft Licht auf die Wasserverteilung zur damaligen Zeit (zitiert nach der Übersetzung von *Gaudefroy-Demombynes*, 1927, S. 187): „Puis une porte par où coule le second cours d'eau qui pénètre dans Marrakesch, et c'est à cette porte que l'eau en est partagée suivant des quantités fixes entre les palais des habitants. Le déchet de l'eau se déverse dans un cours d'eau qui, à travers la ville, passe d'un autre côté au milieu des souks et du quartier au-delà; il y a là des bassins que l'eau remplit.“

Mit der Eroberung durch die Almohaden⁹⁸⁾ (1218—1269) begann für Marrakesch eine neue Zeit des Aufstiegs. Denn Abd al-Muhmin (1128—1163) machte es zur Hauptstadt seines Reiches, das bald vom Golf von Gabes bis zum Atlantik reichte und auch das mohammedanische Spanien einschloß. Marrakesch gewann in dieser Zeit hauptstädtischen Charakter durch die Errichtung bedeutender Großbauten, den Bau von Schulen, Moscheen, Bibliotheken und eines Krankenhauses. Es war zeitweilig das Zentrum der arabischen Philosophie und hatte mit Muhammad ibn Rušd (Averroes) und Ibn Tufayl (Abu Baker) zwei der berühmtesten Gelehrten ihrer Zeit in seinen Mauern.

Die Almohaden widmeten der Wasserbeschaffung besondere Aufmerksamkeit. Erstmals waren die Verhältnisse im Atlas und Atlasvorland so stabil, daß die Zerstörung der Wasserbauten nicht zu befürchten war. Infolgedessen konnte man

⁹⁷⁾ Arabischer Autor; lebte von 1301—1349.

⁹⁸⁾ Der Name leitet sich vom arabischen „Al-Muwahhidun“ (= unteilbarer Gott) ab. Er bezeichnet eine von dem Berber Ibn Tumart ins Leben gerufene religiöse Bewegung.

darangehen, auch oberirdische Zuleitungen zu bauen: Abd al-Muhmin leitete der Chronik Al Hulal zufolge einen Teil des Aghmatflusses mit Hilfe einer Seguia in seinen Garten. Auch sein Nachfolger Yakub al-Mansur ließ lange offene Kanäle anlegen, die Wasser der Atlasorrenten aufnahmen. Das Hauptaugenmerk war aber auch unter den Almohaden auf den Ausbau und Neubau von Khattaras gerichtet⁹⁹). Nach einer von dem portugiesischen Reisenden *Puerto* wiedergegebenen Überlieferung hat der Sultan nach der Schlacht von Al-Arcos Tausende gefangene Christen — 20 000 nach *Marmol* (1573) — beim Bau neuer Khattaras eingesetzt (aus *Gueytat*, 1914).

Zeugen vom hohen Stand der Wasserbautechnik in jener Zeit sind zwei große Staubecken, die der Bewässerung der Obst- und Gemüsekulturen in einem 1157 im Westen der Stadt angelegten Garten dienen sollten. *Deverdun* hält es für möglich, daß es sich dabei um die heutigen Staubecken Menara und Sahriy al-Bgar handelt. Unter dem zweiten Almohadensultan Abu Yakub Yussuf (1163—1184) entstanden weitere Gärten, die nach der Chronik Kitab al-Istibsar zwei noch umfangreichere Wasserbassins enthielten. Das größere ist mit Bestimmtheit mit dem Dar al-Hana-Becken im Aguedalgarten identisch, während das andere nicht sicher lokalisiert werden kann. Auch die Qasbah Yakub al-Mansurs — erbaut 1185 bis 1190 — enthielt viele Gärten mit Laufbrunnen und Bädern.

Der Reichtum an Zier- und Nutzgärten, die natürlich alle bewässert werden mußten, wurde im 12. Jahrhundert zum charakteristischen Merkmal Marrakeschs. Gegen Ende des Jahrhunderts schreibt der unbekannt Autor des Kitab al-Istibsar (zitiert nach der Übersetzung von *Fagnan*, 1899, S. 182): „Marrakech est la ville du Maghreb ou l'on trouve le plus de jardins et de vergers où l'on trouve le plus de raisins, de fruits et d'arbres fruitiers de toutes sortes . . .“

Der Überlieferung nach war auch die Umgebung der Stadt so dicht mit Wein- und Obstgärten bestanden, daß ein Hahn vom Oued Nfis bis zum Bab Doukhala (s. Stadtplan Abb. 20) von Zweig zu Zweig springen konnte (*Deverdun*, 1957, S. 195).

c) Marrakesch unter den Meriniden und Saadiern

Marrakesch büßte seine führende Stellung ein, als es 1269 von den Meriniden¹⁰⁰) erobert, aber an seiner Stelle Fez zur Hauptstadt erhoben wurde. Obwohl die Stadt Sitz eines Gouverneurs blieb, setzten Verfallserscheinungen ein. Der berühmte Reisende *Ibn Battuta*, der Marrakesch um 1350 besuchte, bezeichnete es als eine der schönsten Städte, aber „... malheureusement cette (ville) est en grande partie ruinée . . .“ (zitiert nach der Übersetzung von *Defremery* und *Sanguinetti*, 1853, 1859, IV, S. 374/75). Hundertfünfzig Jahre später fand *Leo Africanus* zwei Drittel der Stadt unbewohnt und in Ruinen. Er schildert die unterirdischen Leitungen recht ausführlich und dokumentiert damit ihre Existenz. Über ihren Zustand macht er jedoch keine Angaben. Man kann aber annehmen, daß auch die Wasserversorgung daniederlag. Denn wie am Anfang einer Phase des Aufstiegs zuerst der Bau neuer Khattaras stand, so wurden diese trotz ihrer Wartungsbedürftigkeit in einer Periode des Niedergangs bald vernachlässigt.

⁹⁹) „... perforó muchas manantiales“, berichtet die Chronik Al-Hulal (span. Übersetzung, S. 174) von dem Khalifen Abd al-Mumin.

¹⁰⁰) Mitte des 13. bis Mitte des 15. Jahrhunderts.

In der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts, als die Saadier an die Macht kamen und Marrakesch wieder Hauptstadt wurde, begann ein neuer Aufschwung, der vor allem der Eroberung des Sudan zu verdanken war. Dadurch kamen große Mengen Gold und Tausende von Sklaven ins Land. Die Menschen wurden als Arbeitskräfte eingesetzt und das Gold zur Finanzierung prächtiger Bauten verwendet (Erneuerung der Qasbah, Bau der heutigen Mellah, der Moscheen Mouassine, Bab Doukhala, Sidi bel Abbas, des Badipalastes usw.).

Den großen Bedarf an Wasser deckte man durch den Bau neuer Khattaras. Ihre Schächte wurden zur Tarnung verschlossen, um bei einer Belagerung nicht von der Quelle abgeschnitten zu werden. Das geht aus dem Reisebericht des Spaniers *Marmol Carvajal* (1573) hervor (zitiert nach der Übersetzung von *Perrot d'Abancourt*, 1667, S. 60 ff.): „... il entre dans la ville quatre cens canaux ou aqueducts qui viennent tous du Midy & qui sont fort profonds dans terre. Quelques-uns disent, que cette eau venoit de six lieues loin, ... le Chérif qui rène aujourd'huy a fait faire depuis peu de grands puits de ce costé-là, à deux ou trois lieues de la ville, où la terre commence à se hausser, & recueillant tout l'eau dans un reservoir la conduit par un aqueduc dans la ville, puis a fait boucher tous les puits & les regards si bien qu'on ne sait plus d'où vient l'eau, ni où est l'aqueduc; ce qui fait croire que tous les autres ont esté faits de la mesme sorte, afin que dans un siege on ne püst oster l'eau entierement aux assiegez ...“

Heute noch zeugen zahlreiche Laufbrunnen aus saadischer Zeit von der Bedeutung, die die Sultane der Wasserversorgung zugemessen haben. Von ihrer Verbesserung profitierte auch das Handwerk, vor allem die wasserverbrauchenden Gewerbebetriebe. Die Marrakescher Gerberindustrie erlangte damals einen Ruf, der weit über die Grenzen des Landes drang. Häute und Felle aus Marrakesch wurden bis nach Europa, speziell nach Frankreich exportiert. Auch den Färbern kam das Wasser zugute. Heute noch benutzen sie von ihrem Suq in der Nähe der Mouassinemoschee aus das Wasser des vom gleichnamigen Qanat gespeisten saadischen Mouassinebrunnens. Auch andere Handwerkszweige, z. B. die Weber und Fleischer, machen heute noch vom Wasser der Khattaras Gebrauch ¹⁰¹).

d) Die Residenz der Alouiten

Im Jahre 1669 errang die aus dem Tafilalt stammende, noch regierende Dynastie der Alouiten die Macht. Sehr zum Schaden von Marrakesch residierten ihre ersten Sultane in Fez und Meknes. Überdies wurde die Stadt am 1. November 1755 von einem Erdbeben getroffen, demselben, das Lissabon zerstörte. Dadurch, so heißt es in der Literatur, versiegten sämtliche Quellen ¹⁰²) auf einen Schlag (*Roux aus Deverdun*, 1959, S. 599).

Der französische Konsul *Chénier*, der Marrakesch in den sechziger Jahren besuchte, fand Stadt und Umgebung noch sehr mitgenommen, viele Landgüter verwüstet und die Bewässerungsanlagen größtenteils zerstört. „... les maisons de campagne . . ., & leurs plantations, étaient arrosées par plus de six mille sources, qui, . . ., venaient rafraîchir & féconder cette plaine . . . il n'en reste plus que les

¹⁰¹) Frdl. briefl. Mitt. von Moulay Brahim Lagdim.

¹⁰²) Gemeint sind die Khattaras, die in der Literatur oft als Quellen (arab. 'Ain) bezeichnet werden.

ruines, & à peine, en 1768, avait-on rétabli le cours de mille deux cents sources qu'on voit serpenter dans cette fertile campagne (1787, S. 49).

Als Marrakesch unter Sidi Muhamad Abd Allah (1757—1790) von neuem Hauptstadt wurde, besserten sich die Verhältnisse wiederum. Dieser Sultan war ein Liebhaber von Gärten. Er legte neue im Süden der Stadt an und sorgte für die Pflege der alten, auf deren Wasserbecken der Hofstaat „... venaient . . . se promener sur l'eau dans les gondoles. J'ai mémoire d'un jardin féérique“, erinnert sich der Duc de Cars, „où d'immenses palmiers balançaient doucement leurs plumeaux verts dans la lumière, paradis terrestre orné d'oliviers, de cognassiers, de grenadiers, d'orangiers, d'abricotiers etc“ (1890, I, 46—49).

Auch die Sultane des 19. Jahrhunderts haben sich bemüht, Marrakeschs Glanz aus saadischer Zeit wiederherzustellen. Die großen Gärten — heutzutage Touristenattraktionen — verdanken diesen Herrschern ihre jetzige Form. Am Anfang der Restaurationsarbeiten standen wieder umfangreiche und sehr kostspielige Wasserbauten. So reparierte Abd ar-Rahman (1822—1859) die Seguia Tasultant zur Bewässerung des Aguedalgartens und baute dort das Al-Gharsiyabecken. Sodann ließ er Gärtner aus anderen Städten seines Reiches nach Marrakesch kommen, um dort große Flächen mit Bäumen aller Art zu bepflanzen (*An-Nasiri*, 1894, T. II, S. 117 ff.). Sein Sohn Sidi Muhamad (1859—1873), damals noch Khalif von Marrakesch, nahm sich des alten Menaragartens an, ließ die Becken von Schlamm befreien und die dazugehörigen Qanate wieder in Gang setzen (*An-Nasiri*, a.a.O., S. 275).

Neue Qanate entstanden mit dem Bau neuer Paläste, die besonders gegen Ende des Jahrhunderts errichtet wurden. So ließ der Großwezir Sidi Muhamadas Si Mussa für seine Residenz den Si Mussaqanat anlegen, der neben dem Bahiapalast auch den zugehörigen Park mit seinem Staubecken (80 m Seitenlänge) belieferte.

In der Medina wurden neue Laufbrunnen installiert: z. B. der auf der Rue de la Bahia im Jahre 1838/39 oder der große Sidi bel Abbesbrunnen im gleichnamigen Viertel im Jahre 1870/71 (*Deverdun*, 1956, Nr. 202, 203), ferner wurde der Mouassinebrunnen restauriert (*Lambert*, 1868, S. 443).

„Marocco¹⁰³ ist von unzähligen, künstlichen Wasserläufen und kleinen Kanälen durchschnitten“, schreibt der Reisende *von Conring* (1884, S. 125), „die theilweise zutage liegen, theilweise überdeckt sind, und an vielen Stellen eine Art offener Bassins bilden, die, . . . den Menschen und Thieren das unentbehrliche Element darbieten.“ Die Häuser der gehobenen Klasse weisen im Innenhof fast alle einen Laufbrunnen auf „dont l'eau ne sert que pour le nettoyage et le lavage du linge. Pour boire et pour la cuisine, on va chercher l'eau dans les réservoirs publics“ (*Lambert*, 1868, S. 432). Wo die Leitungen zutage liegen, sieht man Frauen beim Waschen ihrer Wäsche und Gerber beim Bearbeiten ihrer Häute (*Marcet*, 1886, S. 102).

Alle europäischen Reisenden des 19. und des beginnenden 20. Jahrhunderts äußern ihre Bewunderung über den Wasserreichtum Marrakeschs, über die weiten Wasserflächen der Stauseen, auf denen das Dampfboot des Sultans umherfuhr (*Meakin*, 1901, S. 298), über die vielen Wasserzapfstellen, die 21 städtischen Bä-

¹⁰³) Gemeint ist Marrakesch.

der (*Leared*, 1876, S. 165), die verschwenderische Wasserzufuhr in den Leitungssystemen („l'eau circule en abondance à Merrakech“ (*Bardon*, 1912, S. 136) und die überraschende Fülle der Vegetation inmitten der ausgedörrten, trostlosen Umgebung.

Das alles war offensichtlich zurückzuführen auf jene „subterranean aqueducts which intersect the whole plain between the town and the mountains... which must have cost an infinity of labour“ (*Beauclerk*, 1828, S. 197). Die in diesen Stollen steckende Arbeitsleistung erschien als Zeugnis vergangener Größe Marrakeschs, als „evident signs of a numerous population, and for greater cultivation of the arts“ (*Washington*, 1838, S. 138). Im Jahre 1895 stellt der Afrikaforscher Oskar Lenz fest: „Die prachtvollen Moscheen, die Paläste von einst reichen und mächtigen Sultanen, die im Inneren so kunstvoll ausgeschmückten Wohnhäuser arabischer Kaufherrn oder berühmter Gelehrter — alles ist jetzt im Verfall!“

e) Marrakesch nach 1912

Nach der französischen Besetzung (1912) wurde erstmals eine städtische Verwaltung geschaffen, die die bis dahin in der Hand der Stiftungsorganisationen liegenden Aufgaben und Dienstleistungen übernahm. Vordringlich restaurierte man das System der Wasserversorgung, setzte trockengefallene Khattaras wieder in Gang (*Troussu*, 1919), renovierte Laufbrunnen und Zuleitungen und ließ Wasseranalysen durchführen (s. o.). Wie oben ausführlich dargelegt, wurden bis gegen 1930 — damals zählte Marrakesch etwa 190 000 Einwohner — nicht nur die Medina, sondern auch die Europäerstadt Guéliz ausschließlich durch Khattaras versorgt (*Poupart*, 1949).

Wenn auch heute noch Laufbrunnen und Wasserträger zum Straßenbild gehören, so ist doch das in Marrakesch fast 900 Jahre alte Khattarasystem mehr und mehr zugunsten moderner Methoden der Wasserfassung und -leitung zurückgetreten. An seine Stelle traten Pumpwerke, Aufbereitungs- und Speicherbehälter und ein Rohrleitungsnetz, während die Bewässerung des Haouz durch den Bau des Cavagnacdamms intensiviert wurde, dessen Wasserkraftwerk Marrakesch außerdem mit Strom versorgt.

Aber wie sich auch die Methode der Wasserbeschaffung geändert hat, die Abhängigkeit der Stadt von den Niederschlägen im Atlas besteht nach wie vor.

III. Madrid

1. Die Qanate („Viages“) der Stadt Madrid; Anlage, Zustand, Betrieb und Funktion

Die dritte Vergleichsstadt Madrid hat eine ähnliche topographische Lage wie die beiden anderen.

Sie liegt auf der Neukastilischen Meseta Zentralspaniens inmitten des oberen Tajobeckens, auf der sich leicht zum Tajo neigenden Schwemmebene am Fuß der Sierra de Guadarrama (s. Übersichtskarte Abb. 27). Die Stadt befindet sich etwa 25 km südlich der Sierra unter 40° 24' nördlicher Breite und 3° 41' westlicher

Länge und damit wie die Vergleichsstädte Teheran und Marrakesch im Einflußbereich des altweltlichen Trockengürtels.

Dieser Einfluß wird durch die Nähe des Hochgebirges abgeschwächt. Ähnlich wie das Elbursgebirge auf die Ebene von Teheran und der Hohe Atlas auf die Haouz von Marrakesch einwirken, beeinflusst auch die Sierra de Guadarrama ihr Vorland. Das wird ursächlich durch den großen Höhen- und Klimaunterschied zwischen Sierra und Meseta bedingt und gilt in physisch-geographischer und mittelbar auch in kulturgeographischer Hinsicht.

Das nördlich Madrid in der Peñalara-Gruppe bis 2430 m aufsteigende Gebirge erhält im Gegensatz zur Meseta reiche Niederschläge und ist bis in den Frühsommer hinein verschneit. Im Vorland erneuern sich durch die abfließenden Niederschläge und Schmelzwässer die Grundwasservorräte; außerdem werden auf diese Weise zahlreiche Flüsse gespeist, die nach Süden dem Tajo zufließen, z. B. der Jarama, Alberche, Guadarrama, Manzanares, u. v. a. (s. u.).

Die Flüsse sind heute für die Bewässerung der Meseta, besonders aber für die Wasserversorgung der spanischen Hauptstadt von großer Bedeutung. Neun Stauseen der Sierraflüsse deckten im Jahre 1960 ihren Wasserbedarf von 400 000 Kubikmeter pro Tag (*Bolsenkötter*, 1960). In den letzten Jahren wurde das Tal-sperrennetz noch einmal erweitert, um dem steigenden Bedarf der ca. 3 Mill. Einwohner zählenden Weltstadt gerecht zu werden. Allein am Rio Lozoya, einem rechten Nebenfluß des Jarama, gibt es heute fünf Stauseen mit 631 Mill. m³ Stauraum zur Versorgung Madrids, dessen Wasserverbrauch 1969 376,1 Mill. m³ erreichte.

Erstaunlicherweise ist die Stadt selbst an dem nur sehr abflußschwachen Manzanares gelegen. Bis in die zweite Hälfte des vorigen Jahrhunderts endete das Stadtgebiet sogar gut 400 m östlich des Manzanares und lag ca. 60 m über der Talsohle auf der Meseta. Die relativ breite Talaue war unbebaut. Die Versorgung der Hauptstadt war demnach auch nicht auf Flußwasser gegründet.

Das Rätsel der Wasserversorgung wurde erst 1954 durch die Forschungen des spanischen Arabisten *Oliver Asin* aufgeklärt (1959): Bevor das Wasser durch moderne Großwasserleitungen aus der Sierra herangeführt werden konnte, bezog die spanische Hauptstadt — wie Teheran und Marrakesch — das Trinkwasser ausschließlich aus echten Qanaten. *Oliver Asin* entdeckte in den Archiven der Stadt Dokumente, die beweisen, daß ein ausgedehntes Netz von Sammelstollen im Norden und Nordosten der Stadt das Grundwasser auf der Meseta anzapfte, um es über ein weit verzweigtes Zubringer- und Verteilungssystem in das Stadtgebiet zu leiten. Er fand noch gut erhaltene Reste von Stollen und Schachtbrunnen in der Umgebung.

Der Verfasser selbst stieß in den städtischen Bibliotheken und Archiven auf bislang unbekanntes, aufschlußreiches Kartenmaterial und auf weitere unveröffentlichte Dokumente, meist Handschriften, die die Ergebnisse *Olivers* bestätigen und von der damaligen Situation ein genaues Bild ergeben.

Wie noch ausführlich darzulegen ist, wurde die Qanattechnik zur Zeit der Mauren an den Fuß der Sierra de Guadarrama gebracht. Madrids Versorgung basierte auf Qanaten, als die Stadt islamische Festung gegen die Christen war (s. u.). Nach der Reconquista wurden dann die Qanate von den Christen übernommen, ge-

pfllegt und weiter ausgebaut. Sie blieben die einzige Trinkwasserquelle der Stadt bis ins 19. Jahrhundert.

Auch die Etymologie des Namens „Madrid“ gibt Hinweise auf die Rolle, die die Qanate in der Geschichte der Stadt gespielt haben. Das legt *Oliver Asin* in seinem Buch „Historia del Nombre Madrid“ (1959) und überarbeitet in einem späteren Vortrag (1963) überzeugend dar¹⁰⁴⁾. Eine Beziehung hatte man schon früher gesehen. So leitete der Arabist *Miguel Casiri* im 18. Jahrhundert den Namen der spanischen Hauptstadt vom maurischen „Magerit“ (s. u.) her. Er schreibt: „Magerit autem vox africana, meatum aquaeductum et curriculum denotat.“ Er deutet „Magerit“ als zusammengesetzt aus „ma“ (arabisch = Wasser) und „gierit“ (floß) (vgl. auch *Pellicer*, 1791).

Der bekannte Schriftsteller und Bürgermeister von Madrid, *Mesonero Romanos* (1803—1882), macht in einer Fußnote seines Werkes „El Antiquo Madrid“ (1861) eine Bemerkung zur Etymologie des Namens „Madrid“, die den Ergebnissen *Oliver Asins* sehr nahekommt: „El nombre de Magerit . . . quieren algunos suponer que significa en el árabe antiguo *venas ó conductos de agua*, con alusión a la abundancia que hubo de ellas en esta región.“ Wie erklärt sich der hochinteressante sprachliche Zusammenhang? Noch im 13. Jahrhundert benannten die Einwohner von Madrid und Toledo oberirdische wie auch unterirdische Kanäle mit dem arabischen und mozarabischen¹⁰⁵⁾ Wort „mayrá“. In einem um 1500 erschienenen Lexikon der spanischen und arabischen Sprache von *P. de Alcalá* erscheint „mayrá“ (plur. may(a)rit als „raudal o venaje de agua“. Als „mayrás“ wurden damals auch die Luftschächte bezeichnet, die in der Landschaft um Madrid ähnlich wie in der Umgebung der Siedlungen auf dem Iranischen Hochland und in Nordafrika in ihrer perlschnurartigen Anordnung eine auffallende Erscheinung waren.

Nach den charakteristischen „Mayrás“ benannte man den Ort „Mayrit“, in Texten u. a. auch „Magerit“¹⁰⁶⁾, „Macherito“ oder latinisiert „Mageritum“ und mit weiteren lateinischen Deklinationsformen von Magerit (*Oliver Asin*, 1959, S. 177 ff.). Das Stammelement des Wortes bildet das arabische und mozarabische „Mayrá“, während seine Endung auf das Suffix „it“, abgeleitet vom lateinischen „etum“, zurückgeht und in vielen Orts- und Flurnamen der Iberischen Halbinsel vorkommt. Es wurde zur Bezeichnung der Menge gebraucht.

Madrid war also bei den Arabern und Mozarabern der Ort der vielen Mayrás. „Mayrit“ wandelte sich nach der Reconquista über „Maarid“, Maiedrit“ und, um aus einer Fülle weiterer Übergangsformen ein paar Beispiele herauszugreifen, in „Madrit“ und schließlich in „Madrid“.

Auf dem Höhepunkt der Entwicklung der Qanat-Wasserversorgung um 1855 gab es sechs große Qanate oder „Viages de agua“, wie man sie nannte. Außerdem existierten noch viele kleinere zur Trinkwasserversorgung einzelner Paläste oder Klöster dienende Sammelstollen und solche zur Bewässerung von Huertas und Parkanlagen. Nach *Gil Clemente* (1916) hatte das gesamte Netz eine Länge

¹⁰⁴⁾ Bestätigt durch den bekannten Romanisten *Roblfs*, 1959.

¹⁰⁵⁾ Als Mozaraber werden die von 711 bis 1492 unter arabischer Herrschaft stehenden spanischen Christen bezeichnet.

¹⁰⁶⁾ Chronik des Sampiro, Anfang des 11. Jahrhunderts. „In Civitatem quae dicitur Magerit“ (*Florez: España Sagrada*, Bd. XIV, S. 466).

von 124 km. Die bedeutendsten Viages maßen vom Stadtzentrum (Pl. Puerta del Sol) aus gerechnet 7—12 km. In Übereinstimmung mit den Qanaten in Asien und Afrika waren die Stollen in bestimmten Intervallen durch senkrechte Einstiegsschächte (Pozo de registro, lumbreira) zugänglich und im allgemeinen 0,70—0,90 m breit und übermannshoch. Ihre Tiefe schwankte je nach der Tiefe des Grundwasserhorizontes und je nach Terrain zwischen 5—50 m und mehr.

Wo die Galerien nur der Weiterleitung des Wassers dienten, hatte man sie mit Ziegeln ausgekleidet; das Wasser wurde in Röhren geführt. Dagegen waren sie in der oberen wassersammelnden Partie nur da verkleidet, wo das Gestein den Erbauern nicht standfest genug erschien (s. Abb. 29).

Die „Pozos de registro“ entsprachen in Bau und Funktion völlig den „čahs“ der persischen Qanate. Aus Sicherheitsgründen hat man sie vor Jahrhunderten mit schweren Granitblöcken (capirotes) bedeckt. Einige dieser Blöcke kann man noch heute im Stadtrandgebiet (z. B. bei Cuatro Caminos) mehr oder weniger verschüttet beobachten.

Bau und Erhaltung der Viages waren Sache der seit 1621 bestehenden Junta de Fuentes (Bibl. Nac. MSS 7478). Die Arbeiten führten Facharbeiter, sogenannte Fontaneros, aus, die mit zahlreichen Hilfskräften unter Leitung eines Fontanero Mayor tätig waren. Die Verhältnisse entsprechen denen im Iran, wo auch Spezialarbeiter, „Moqanni“, unter der Leitung eines „Moqanni Bashi“ die unterirdischen Kanäle erstellen.

Auch beim Bau ging man in auffallend ähnlicher Weise vor. Zunächst bohrte man einen Versuchsbrunnen, stellte den zu erwartenden Ertrag fest und wog die Baukosten dagegen auf. Bei lohnendem Grundwasserreservoir begann man mit der Ausführung. „Die Brunnenleiter“, schreibt der englische Reisende J. T. Dillon (1780; in deutscher Übersetzung von 1782, S. 298), „graben einen Schacht von drei Fuß im Durchmesser, bis sie eine Quelle¹⁰⁷⁾ antreffen. Sie ziehen sodann eine waagerechte Linie aus dem Mittelpunkt (des Schachtes) und brechen einen Strecken durch von 25 Fuß lang, wo sie eine andere waagerechte Linie bis zu einem zweyten Schacht ziehen, in welchem sie eben die Operation wie in dem ersten vornehmen. Sie machen einen Strecken in gerader Linie, ebenfalls 25 Fuß lang, an deren Ende sie wiederum einen Schacht graben, der dem ersten völlig gleich ist. Auf diese Art leiten sie das Wasser von einem Schacht zum anderen und von einem Strecken zum anderen, zu dem Brunnen, wo es hervorkommen soll.“

Zur Hebung von Brauchwasser hatte man neben speziell dazu bestimmten Qanaten auch Brunnen und vor allem die Brunnenschöpfräder, Norias, die ebenfalls von den Arabern eingeführt worden waren (Lautensach, 1960). In Madrid dienten sie schon seit maurischer Zeit der Wasserbeschaffung der Bäder (*Oliver Asin*, 1958), ferner zur Bewässerung der Gärten und Parkanlagen und zur Versorgung der Alleebäume, von denen es in Madrid nach *Madoz* (1848) 36 000 gab, die alle bewässert werden mußten. Weitere Bäder, in Form von Badehäuschen, gab es auch unten am Manzanares. Dort arbeiteten auch die Lohnwäscherinnen, bei denen ganz Madrid die Wäsche zur Reinigung abgab (*Fischer, C. A.*, 1802). Denn das Wasser des Manzanares hat wie das aller Sierra-Flüsse einen geringen Härtegrad und ist deshalb für den Waschvorgang besonders geeignet (s. u.) (vgl. *de*

¹⁰⁷⁾ Gemeint ist der Grundwasserhorizont.

Bei der Bedeutung der Qanate ist es erstaunlich, daß ihr genauer Verlauf bis heute so gut wie unbekannt blieb. Vor 1858 war er nur den Fontaneros bekannt. Nach der Eröffnung der Trinkwasserleitung aus der Sierra (1858) geriet die Kenntnis um die Viages immer mehr in Vergessenheit, wenn diese auch jahrelang noch weiter funktionierten. Erst ihre durch den bedeutenden Stadtarchitekten *Nuñez Granés* 1910 vollendete und hier erstmals veröffentlichte kartographische Aufnahme (s. Abb. 30 und Abb. 31) zeigt den genauen Verlauf in der heute größtenteils überbauten Umgebung Alt-Madrids. Die Streckenführung innerhalb der Stadtmauern gibt eine andere Karte wieder, die vom Verfasser im Archiv des königlichen Palastes gefunden wurde. Sie war für die Ausstellung „El Antiguo Madrid“ im Jahre 1926 gefertigt worden und von einem gewissen Pedro de Rivera unterzeichnet ¹⁰⁸⁾.

Die Karte stellt die Situation von 1750 dar: Die Stadt liegt über dem Manzanares, vom Fluß abgekehrt, zur Ebene hingewendet. Sie zeigt eine große bauliche Geschlossenheit.

„Will man die Ansicht von Madrid mit ein paar Worten beschreiben“, berichtet der Reisende *C. A. Fischer* um 1800, „kann man sagen: Es liegt wie eine Insel im Ozean . . . Keine Landhäuser! Keine Vorstädte! Man verläßt die Chaussee und steht in den Straßen der Residenz.“

Diese Residenz war auf ihre Qanate ausgerichtet, die mit einer Ausnahme alle auf der Meseta lagen. Sie kamen, dem Gefälle folgend, von Norden aus dem Gebiet um Fuencarral, von Nordosten aus der Gegend um Chamartin, Canillas und Canillejas. Ihr Ursprungsgebiet lag bis 60 m über dem Niveau der Stadt (s. u.).

Im Gegensatz zu Teheran und Marrakesch verfügte Madrid nur über wenige große Qanate. Die Madrider Viages hatten dafür aber weit mehr Seitenkanäle, durch die eine größere Förderleistung pro Qanat erbracht wurde. Im Jahre 1856 förderten die sechs großen Viages über 2000 m³ täglich. Der wasserreichste, der „Viage de Bajo Abroñigal“, lieferte davon allein über 1000 m³/Tag (s. Abb. 41).

Dieser Viage begann im Südwesten von Canillejas, einem heute eingemeindeten Ort im E Madrids. Sein Name leitet sich von dem Bach Arroyo de Abroñigal her, der im Süden der Stadt in den Manzanares mündet. Wie die anderen Bäche auf der Meseta, die nicht aus der Sierra kommen, führte ¹⁰⁹⁾ dieser Arroyo nur bei starken Niederschlägen Wasser. Aber in den langen Trockenmonaten befinden sich unter seiner Talsohle ergiebige Grundwasservorräte. Das Tal war deshalb ein bevorzugter Standort für Qanate (s. Kartenbeilage 3).

¹⁰⁸⁾ Die Karte ist im Original 1,12 x 1,18 m groß und offensichtlich in ihren Grundrissen eine Nachzeichnung des Stadtplans von *Fosman* und *Ambrona* (1683). Sie zeigt als einzige, wenn auch etwas schematisch, sowohl den Verlauf der Viages in der Umgebung als auch das Verteilungsnetz mit Sammelbecken und Brunnen. Sie wurde vom Verfasser mit Hilfe einer Karte von 1750 und der Pläne von *Villamor* (1836) — sämtliche Karten sind unveröffentlichte Spezialkarten der Madrider Wasserversorgung — und unter Hinzuziehung der genauen Beschreibung des Qanatnetzes von *Aznar de Polanco* (1727) und der Handschrift 7478 (a.a.O.) und weiterer Quellen überprüft und ergänzt.

¹⁰⁹⁾ Sein Tal wurde in jüngster Zeit überbaut.

Der Madar-čah des Viage de Bajo Abroñigal lag östlich der Ciudad Lineal und nördlich der Carretera de Aragón. Auf dem Weg nach Westen unterfuhr der Qanat die C. de Arturo Soria und folgte dem Tal des Arroyo Calero, passierte dann das Abroñigaltal bei Ventas und verlief von da unter der C. de Fr. Navacerrada bis zur C. de Fr. Silvela. Hier bog der Stollen nach Südwesten ab und lief quer unter dem Viertel von Buenavista hindurch bis zur Kreuzung C. de Goya-C. de Serrano. Im 18. Jh. erreichte er von dort die P.^{ta} de los Recoletos nahe bei dem heutigen Pl. de Colón und setzte sich westl. des Paseo de la Castellana bis zur C. de Alcalá fort. Später hat man den Lauf unter die C. de Serrano verlegt. Hier begann das Verteilungsnetz; es war insgesamt etwa 11 km lang. Davon abgesehen hatten Haupt- und Nebenstollen eine Gesamtlänge von 13 km (*Bonnet y Galea*, 1935, s. Abb. 31).

Im Abroñigal-Gebiet gab es oberhalb des Viage de Bajo Abroñigal einen weiteren Qanat, den Viago de Alto Abroñigal (s. Kartenbeilage 3). Er begann bei Canillas, einer ehemals selbständigen Gemeinde im Nordosten Madrids, und zwar mit zwei Armen, dem Ramal de Pepe la Hermosa, der das Tälchen des Arroyo de los Chopos herunterkam, und dem Ramal de la Boticaria, der in dem gleichnamigen Tälchen verlief. Beide trafen im Abroñigal-Tal aufeinander. Von dort verlief der Qanat zur heutigen C. de Martínez Izquiero, folgte dieser bis zur C. de Fr. Silvela. Sodann verlief er unter dem jetzigen Viertel Buenavista und erreichte den Paseo de la Castellana bei der C. del Marqués de Villamagna. Der Stollen verlief dann unter der heutigen C. de Fernando el Santo, bog in die C. Almagro ein und betrat das alte Stadtgebiet am Pl. de Santa Barbara, wo sich vor 1860 das Stadttor gleichen Namens befand. Innerhalb der alten Stadtmauer folgte der Qanat der C. de Hortaleza. Bei der Einmündung der C. de las Infantas begann sein Verteilungsnetz. Es war ca. 5 km lang. Haupt- und Nebenstollen maßen zusammen mehr als 10 km (*Bonnet y Galea*, 1935) (s. Kartenbeilage 3). Wo heute die Madrider Prachtstraßen Paseo de la Castellana und Av. del Gen. Franco verlaufen, floß vor der Überbauung der Arroyo de la Castellana. Das Grundwasser dieses Tales zapfte der dritte große Sammelstollen an, der Viage de la Castellana¹¹⁰⁾ (s. Abb. 30). Er begann nordwestlich von Chamartín im Norden Madrids. Viele Seitenstollen vergrößerten das Netz, einer reichte sogar bis ins obere Abroñigal-Tal. Der Hauptstollen folgte dem Castellana-Tal, bog unterhalb des Museo de Ciencias Naturales ab und verlief dann unter der C. de Almagro. Das Areal von Alt-Madrid betrat er wie der Viage de Alto Abroñigal unter dem Pl. de Santa Barbara. Wie dieser folgte er der C. de Hortaleza. Am Anfang der Straße begann sein Verteilungsnetz. Die Länge des Hauptstollens betrug nach der Karte von *Villamor* (1836) rund 6 km.

Der mit 22 km längste Qanat war der Viage de la Alcubilla. Er hatte der *Villamorschen* Karte zufolge 17 Nebenarme (s. Abb. 30). Der Madar čah, 18 m tief, befand sich noch nördlich des Convento de Valverde im Norden von Fuencarral nahe der Wasserscheide zwischen Manzanares und Jarama. Westlich Fuencarral verlief er über Tetuan, Cuatro Caminos und die Glorieta del Pintor Sorolla, teilte sich dort in zwei Arme und kam über die Puerta de les Pozos, heute G. de Bilbao,

¹¹⁰⁾ Der bekannteste Brunnen dieses Viage, die Fuente de la Castellana, gab dem Paseo seinen Namen. Er befand sich in der Nähe der heutigen Plaza de E. Castelar.

und die Puerta de Fuencarral, heute die G. de Ruiz Jimenez, in das Stadttinnere und gelangte dann zum Anschluß an das Verteilungsnetz.

Der Qanat, der den königlichen Palast versorgte, war der Viage de Amaniel. Wie die beiden vorhergehenden kam auch er aus der nördlichen Umgebung der Stadt, aus dem Tal von Valdezarza, und passierte, da er von allen Viages auf der Meseta am weitesten im Westen lag, zahlreiche dem Manzanares zufließende Arroyos. Bei der Puerta de Fuencarral kam er in die Stadt und führte über die C. de S. Bernardo, wie auf der Karte (Beilage) ersichtlich, zum Palast (*Arch. Mun., Mss.* 1^a-200-27, 1765).

Der Viage de la Fuente de la Reina zapfte als einziger das Grundwasser im Manzanares-Tal an. Er wurde erst im Jahre 1855 in Betrieb genommen und mit seinem Vorgänger, dem bereits jahrhundertealten Viage de la Fuente de la Salud, verbunden, der einige Trinkwasserbrunnen auf dem Paseo de la Florida und dem Campo de la Tela versorgte (s. Kartenbeilage 3). Dieser Qanat begann am Unterlauf des Arroyo del Fresno und führte parallel zum Manzanares über die Puerta de Hierro zum Paseo del Rey am heutigen Madrider Nordbahnhof. Von dort wurde das Wasser mit Hilfe von zwei Dampfmaschinen auf das Niveau der Stadt gehoben. Die Länge des Hauptstollens betrug nach *Bonet y Galea* (1935) mehr als 6 km.

Neben diesen großen Viages gab es noch andere, weniger bedeutende. Hier werden nur die wichtigsten herausgegriffen. Die ältesten verliefen völlig, auch mit dem wassersammelnden Teil, innerhalb des Stadtgebietes. Sie sind noch in einer Zeit gebaut worden, als das Stadtareal weit weniger Ausdehnung hatte und wurden später überbaut. Dazu gehörte der Viage de la Calle de Segovia (Viage de los Caños Viejos) (s. Kartenbeilage 3). Er begann unterhalb von San Pedro, nahm einen Nebenarm auf, der unterhalb des ehemaligen Stadtgefängnisses anfang und die C. del Rollo herunterkam, und verlief unter der C. de Segovia der Puente de Segovia entgegen (*Bil. Nac., Mss.* 7478).

Aus derselben Zeit stammt auch der Viage de los Caños del Peral, der unter der gleichnamigen Straße im Stadtzentrum verlief ¹¹¹⁾ (s. u.).

Jünger war der im späten Mittelalter wegen seiner Wasserqualität berühmte Viage de los Caños de Leganitos (s. Kartenbeilage 3). Er begann am Anfang der gleichnamigen Straße, deren oberer Teil durch den Bau der C. de la Princesa und den Pl. de España verschwunden ist und bog in den Camino del Rio, den modernen Paseo de Onesimo Redondo ein. Ein anderer Qanat führte von der C. de la Puebla (heute C. de Fomento) über Calle und Camino del Rio zur Puerta de S. Vicente (s. Kartenbeilage 3) (*Arch. Mun. Mss.* 1^a — 107 — 3, 1761; 1 — 223 — 19, 1831).

Der Qanat, der den Garten des königlichen Casinos auf der C. de los Embajadores bewässerte, wurde erst im 19. Jahrhundert gebaut. Er begann beim Pl. de Tirso de Molina, verlief unter den C.^{es} de la Espada, de la Esgrima, de Jesús y Maria, del Calvario, Ancha de Lavapiés und erreichte das Casino über die C. de Tribulete (*Madoz*, 1848).

Außerdem befanden sich auf dem Stadtgebiet noch mehrere Viages unter dem Prado Viejo (heute Paseo de la Castellana). Zwei davon begannen oberhalb des Pl.

¹¹¹⁾ Über den Verlauf dieses Qanats gibt es nur wenige und unsichere Angaben. Es ist auch möglich, daß er anders verlief, z. B. unter der C. del Arenal.

de Cibeles in den den Prado auf beiden Seiten begleitenden Gärten. Sie speisten die Springbrunnen des Prado.

Ferner existierte unter dem Prado ein Qanat, der den Konvent N. S. de Atocha im Südosten der Stadt versorgte (s. Kartenbeilage 3) sowie ein weiterer, der die vier Brunnen an der Puerta de Atocha und die Bäder und Wäschereien des Hospital General (bedeutendstes Madrider Krankenhaus) mit Wasser belieferte (*Miñano*, 1828, S. 313 f.).

Das Wasser dieser Qanate, deren wassersammelnder Teil sich innerhalb des bewohnten Areals befand, galt als verunreinigt und nicht trinkbar. Es wurde zur Reinigung, zur Viehtränke, zu industriellen Zwecken und vor allem zur Bewässerung genutzt (s. oben). Es gab allerdings auch Qanate, deren „Madar čah“ zwar in der Umgebung lagen, die aber dennoch kein Trinkwasser lieferten. Hierfür waren geologische Gründe maßgebend. So galt das Wasser der Viages del Conde de Salinas und Pajaritos, das aus der nördlichen und nordöstlichen Umgebung herangeführt wurde, wegen seines hohen Kalk- und Gipsgehalts als hart (agua gorda) und wurde daher nur zur Reinigung und Bewässerung verwendet.

In der nördlichen und östlichen Umgebung gab es um 1860 noch zahlreiche fürstliche Besitzungen (Quinta de los Duques de Arcos, Jardines de los Duques de Pastrana, Alameda de Osuña, Quinta del Marqués de Perales usw.) (Fernandez Quintanilla, E. 1929). Viele davon hatten einen oder mehrere Privatqanate. In den Gärten von Moncloa, berichtet *Madoz* (1848), befanden sich allein 16 Viages zur Bewässerung. Der bekannte königliche Retiropark hatte für seinen riesigen Baumbestand, seine Rasenflächen und zahlreichen Brunnen zwei große Qanate, die von Chamartín herabkommenden Viages del Alto und Bajo Retiro, die außerdem noch den Retiropalast mit Wasser versorgten.

Da das Wasser der Qanate dem freien Gefälle folgt, bestimmte die Süd- und Südwest-Neigung der Ebene von Madrid naturgemäß den Ausgangspunkt für die Wasserverteilung im Norden und Nordosten der Stadt. Höhenunterschiede innerhalb der Mauern machten die oberflächliche Rotationsverteilung, wie sie in vielen Städten mit Qanatversorgung in Asien üblich ist, unmöglich. Man überwand die Unebenheiten des Terrains durch ein System von Verteilungsbecken (arca cambija) (s. Abb. 33 und 34), durch die das Wasser auf Nebenleitungen, von da auf noch feinere Leitungen nach Art eines sich immer stärker verzweigenden Astwerks den über die ganze Stadt verteilten Brunnen zugeführt wurde.

Vermögende oder verdienstvolle Bürger der Stadt ebenso wie öffentliche und religiöse Anstalten hatten einen Privatanschluß. Viele Madrider, die keinen eigenen Brunnen besaßen, ließen sich das Wasser durch einen Wasserverkäufer (Agua-dor) ins Haus bringen. Die Mehrzahl der Verbraucher allerdings holte sich das Wasser selbst an einem der öffentlichen Brunnen ab.

Bevor das Wasser eines jeden Qanats zur Verteilung gelangte, floß es in ein Registrierungsbecken (Arca de Medida Mayor). Dieses lag unterirdisch und für solche Viages, die Wasser aus der weiteren Umgebung zuführten, außerhalb der Stadtmauer: z. B. das des Viage de Abroñigal Bajo vor der Puerta de Recoletos. Diese Becken dienten der Kontrolle und Messung der Wasserförderung, die wegen ihrer lebenswichtigen Bedeutung immer überwacht wurde. Im Frühjahr und Herbst fand sich hier eine Abordnung der Stadtverwaltung ein und informierte sich in An-

wesenheit des Oberbrunnenmeisters (Maestro Fontanero Mayor) über den Stand der Schüttung (*Arch. Mun., Mss. 1^a — 113 — 8, u. a.*).

Um die geförderte Wassermenge zu messen, bediente man sich feststehender Meßeinheiten und eines Meßverfahrens, das dem in Nordafrika gebräuchlichen auffallend ähnlich war (vgl. *Suter, 1952; Lo, 1953; Kobori, 1969*).

Das in das Becken einströmende Wasser wurde dazu in einen viereckigen, oben offenen metallenen Behälter geleitet. An seiner Rückwand waren in gleicher Höhe Durchlässe von unterschiedlicher Größe angebracht (s. Abb. 33). Diese Durchlässe waren ihrer Größe nach geeicht und ließen eine bekannte Menge Wasser hindurchfließen. Aus der Anzahl und dem Durchmesser der Löcher, die man öffnen mußte, um den Wasserspiegel im Meßgefäß konstant zu halten, konnte man die durchlaufende Wassermenge errechnen (*Aznar de Polanco, 1727, S. 231 ff.*).

Grundeinheit des Wassermaßes war ein „Real fontanero de Agua“, das ist die Wassermenge, die in 24 Stunden durch eine Öffnung von der Größe der Münze „Real de Plata“¹¹²⁾ fließt (*Cambronero, 1909*). Das entspricht 3,245 m³/Tag. Außerdem gab es einen halben Real (Medio Real), einen viertel Real (Cuartillo), einen achtel Real (Medio Cuartillo) und als kleinste Einheit einen sechzehntel Real (Paja)¹¹³⁾.

Aus den Arcas de Medida gelangte das Wasser in die ersten Verteilungsbecken. Ähnlich den Becken zur Registrierung lagen auch sie unterirdisch; es gab aber auch welche an der Oberfläche. Der Stadtplan von *Teixeira (1656)* zeigt einige von ihnen, z. B. die Arca de Aona auf der C. de S. Bernardo. Sie waren meist rechteckig (Abb. 33), seltener rund (Abb. 34) und hatten eine massive Außenwand aus Ziegeln. Innen befand sich ein Zentralbassin, das durch eine Spundwand von mehreren kleinen Becken abgetrennt war. Das Wasser kam aus dem Viage in das Hauptbassin und floß über exakt in gleicher Höhe angebrachte Rohre in die Nebenbecken. Die Auslaßrohre der Nebenbecken waren ebenfalls in gleicher Höhe angebracht, besaßen aber unterschiedliche Durchmesser. Je nach dem Anteil, der dem Bezieher zustand, entsprach die lichte Weite des Rohres etwa einem Real, ein anderes einem Cuartillo usf.

Befand sich die Arca am Ende eines Leitungsabschnitts, dann wurde der gesamte Zufluß aufgeteilt (Abb. 34), im anderen Fall nur ein Teil des Wassers, und eine Abflußleitung gab den Rest des Wassers an andere, tiefer liegende Arcas weiter (Abb. 33). Von den Verteilungsbecken gelangte das Wasser durch Ton-, später auch durch Metallrohre zu den tiefer liegenden Entnahmestellen.

Da Madrid ebenso wie andere mit Qanaten versorgte Städte keine großen Speicherbecken¹¹⁴⁾ für die Zeit des Spitzenbedarfs besaß, floß das Wasser Tag und Nacht in gleicher Menge ab. Entsprechend erfolgten die Zuteilungen kontinuierlich. Um Verluste zu vermeiden, hatten die Besitzer der privaten Brunnen eigene kleine Speicherbecken, ähnlich den Ab-Ambar in Teheran, um das Wasser nachts oder am Tage, wenn es nicht gebraucht wurde, zu sammeln.

¹¹²⁾ Real de Plata = bis 1870 gültige spanische Silbermünze.

¹¹³⁾ Wie die Maße rechnerisch bestimmt werden, wird bei *Ardemans (1724)* und *Aznar de Polanco (1727)* ausführlich beschrieben.

¹¹⁴⁾ Solche wurden erst nach 1854 mit der Anlegung des Lozoya-Kanals nördlich der C.^{es} Cea Bermudes und General Sanjuro erbaut.

Wie die Privatabnehmer hatten auch die öffentlichen Brunnen (Fuentes Publicas) eine genau festgelegte Zuteilung. So hatte z. B. die „Fuente Publica de la Red de San Luis“ (s. Kartenbeilage 3) um 1850 eine feste Schüttung von 22 Reales. An den Endpunkten der Hauptstränge jedoch befanden sich öffentliche Brunnen ohne feste Zuteilung (sin dotación fija). Sie verhinderten ein Überfluten des Systems, wenn der Abfluß bei starken Niederschlägen oder Schneeschmelze anstieg. Den Wasserüberschuß (sobrante) gaben sie an Privatabnehmer, zur Reinigung der Abwasserkanäle oder an Teiche zur Bewässerung ab (*Loza y Collado*, 1903).

Auf diese Weise war man auf die jahreszeitlichen und interannuellen Abflussschwankungen der Qanate eingestellt, konnte die Überschüsse ableiten, und die Wasserknappheit ging zu Lasten aller öffentlichen und privaten Abnehmer.

Jeder Qanat hatte sein eigenes Verteilernetz und versorgte seiner Fördermenge entsprechend eine bestimmte Anzahl öffentlicher und privater Brunnen. So belieferte der wasserreichste Qanat, der Viage de Abroñigal Bajo, im Jahre 1850 22 öffentliche und 115 private Brunnen, der weniger ertragsstarke Alto Abroñigal 7 öffentliche und 85 private (*Madoz*, 1848).

An dieser Stelle ist ein kulturgeschichtlicher Hinweis angebracht. Das Madrider System der Wasserverteilung zeigt auffallende Ähnlichkeiten mit der von den Römern angewandten Verteilertechnik. Auch die römischen Wassertechniker leiteten das Wasser zuerst in ein hoch gelegenes Durchlaufbecken. Von dort wurde es auf kleinere über die Stadt verstreute Becken verteilt. Wie in Madrid gingen erst von hier aus unter Druck stehende Rohrleitungen ab, die zu den öffentlichen Laufbrunnen und zu privaten Stellen führten.

Auf diese Weise konnten die Hauptstrecken drucklose Freileitungen bleiben. Zudem waren die verhältnismäßig kurzen Rohrleitungen bei Rohrbruch voneinander unabhängig.

Die Araber haben diese Art der Wasserverteilung auf ehemaligem Kulturboden Roms vorgefunden und wie so manches andere übernommen.

In Madrid waren die Eigentumsverhältnisse an den Qanaten, ähnlich wie in Teheran und Marrakesch, sehr verschiedenartig. Die vier größten Trinkwasserqanate Abroñigal Alto und Bajo, Castellana und Alcubilla waren Eigentum der Stadt; ein fünfter, de la Reina, kam 1855 hinzu. Außerdem waren noch einige Sammelstollen, die Brauchwasser lieferten, in öffentlicher Hand.

Der Viage de Amaniel gehörte zum Palast, lieferte aber auch eine bestimmte Menge an die Fuentes Publicas de Matalobos und del Cura (s. Kartenbeilage 3), die er auf seinem Weg von der Puerta de Fuencarral zum Palast passierte. Palasteigentum war auch der kleine, außerhalb der Stadt liegende Berro-Qanat, der lange Zeit das beste Trinkwasser lieferte und seit Philipp IV. (1621—65) über eine Leitung mit dem Retiropalast verbunden war (*Memoria*, 1954, S. 20). Ferner gehörten noch einige kleinere Viages zum Palast, die zur Bewässerung der königlichen Gärten dienten (*Arch. Pal. Nac. Leg. 7*).

Neben vermögenden Bürgern hatten auch einige Klöster ihren privaten Qanat. Das Kloster der Descalzas Reales besaß schon im 16. Jahrhundert einen solchen. Ebenso waren die Klöster der Salesas Reales im Nordosten, das Dominikanerinnen-Kloster im Zentrum und das von Atocha im Südwesten des damaligen Stadtgebietes durch einen Privatqanat unabhängig.

Die Verwaltung der stadteigenen Viages lag in den Händen einer Junta de Fuentes (Wasserrat), der ein Juez de las Aguas (Wasserrichter) vorstand; dieser Rat erinnert an den Diwan-al-ma und den Mirab im Iran, oder an die Djemaa mit dem Kial-el-ma in der Zentralsahara.

Bau und Betrieb von Qanaten und Brunnen wurden von ihr angeordnet und kontrolliert. Sie bestimmte die Wasserverteilung und bei Vergehen gegen das Wasserrecht oblag ihr die Rechtsprechung.

Die Arcas wurden von ihr streng überwacht und mehrfach verschlossen, um Manipulationen an dem Verteilersystem und Wasserdiebstahl vorzubeugen. Für überraschende Kontrollen besaß jeder der in der Junta sitzenden Herren einen Passe-Partout-Schlüssel für alle Arcas innerhalb und außerhalb Madrids (*Bibl. Nac., Mss. 7478, Fol. 177*). Trotzdem kamen Bestechungsfälle und Wasserdiebstahl häufig vor. Oft gruben sich Anlieger von ihrem Keller einen Gang zum Qanat, um ihn anzuzapfen. Verunreinigung des Wassers wurde schon 1202 im Fuero de Madrid (s. u.) ausdrücklich untersagt, und bei Wasserdiebstahl mußte man mit schwerer Strafe rechnen (*Oliver Asin, 1959, S. 105*).

Die Zuteilung an Privatbrunnen wurde von der Junta in offiziellen Sitzungen beschlossen und in den „Libros de Concesiones de la Junta de Fuentes“¹¹⁵⁾ aufgezeichnet. Die frühesten Eintragungen datieren aus dem Jahre 1619; sie wurden bis ins 19. Jahrhundert noch lange nach der Erbauung des Lozoyakanals (*Arch. Mun., Mss. 4 — 300 — 1, 4 — 300 — 2, 4 — 300 — 3*) fortgeführt.

Die Zuteilungen konnten a priori bar bezahlt werden (por venta) oder waren durch jährliche Teilzahlungen zu begleichen (a censo). Es kam auch öfters vor, daß jemand, der sich um Staat und Stadt verdient gemacht hatte, eine bestimmte Menge Wassers gratis erhielt (de gracia). Diese Zuwendungen galten lebenslänglich und waren an die Person gebunden. Bei ihrem Tod wurde die Konzession aber oft nicht mehr entzogen und mit der Zeit an das Grundstück gebunden. Dessen Wert stieg dadurch beträchtlich an (*Arch. Mun. Mss. 13 — 105 — 33*).

Als Beispiel seien vier Konzessionen aufgeführt, deren Verteilung durch die Arca an der Kreuzung C. del Desengaño — C. del Baño erfolgte (nach *Bibl. Nac., Mss. 7478, Fol. 135*):

1. C. del Desengaño, Convento de S. Basilio, manzana 356, 2 cuartillos; das eine gratis, nach Beschluß vom 10. 12. 1629, das andere durch Abtretung einer Privatperson, nach Beschluß vom 3. 10. 1744.
2. Fuente Publica auf der C. de Valverde; ohne feste Zuteilung.
3. C. de Valverde, Nr. 17, manz. 345, 1 cuartillo durch Kauf, nach Beschluß vom 4. 8. 1766.
4. C. de tres Cruces, Nr. 27, manz. 343, 1 cuartillo in Pacht nach Beschluß vom 18. 9. 1731.

Für Verdienste um die Krone gewährte der König eine Versorgung aus seinem eigenen Qanat. Wohnte der Betreffende nicht in der Nähe des Qanats, bekam er aus einem städtischen Qanat sein Wasser. Dafür erhielt die Stadt aus dem Viage de Amaniel eine entsprechende Menge.

¹¹⁵⁾ Sie befinden sich im Archivo Municipal.

Bei Wasserknappheit mußte zuerst die Versorgung der öffentlichen Brunnen sichergestellt werden, da sich dort die Masse der Madrider Bevölkerung versorgte. Zu dem Zweck wurden zuerst die Gratzuteilungen, dann die Zuteilungen „a censo“ und schließlich die „a venta“ unterbrochen (nach Art. 48 d. Reglamento de Fontaneria, 1842, aus *Domingo Palacio*, 1875, S. 126 f.).

Die Junta de Fuentes verfügte über ein eigenes Budget. Haupteinnahme war eine 1611 eingeführte Sondersteuer: die „Rastro de Fuentes“ (s. u.). Sie bestand aus einem Real de Plata (s. o.) für jeden im Schlachthof (span. Rastro) geschlachteten Hammel. Jährlich ergab das ca. 20 000 Dukaten. Bedeutende Einkünfte flossen der Junta außerdem durch die Zahlungen der privaten Wasserbezieher zu. Das Geld wurde für den Bau und die Erhaltung der Anlagen, die zur Wasserversorgung dienten, verwendet. Aber nicht nur für diesen Zweck. So leistete die Junta beispielsweise einen jährlichen Beitrag von 3000 Dukaten zur Instandhaltung des Paseo del Prado oder ließ dem Staat für Sonderausgaben Geld; z. B. stellte sie eine bestimmte Summe zum Bau der spanischen Armada zur Verfügung (*Bibl. Nac., Mss. 7478, Fol. 172 ff.*).

Wie die Khattaras in Marrakesch versorgten die Madrider Viages Hunderte von Brunnen in der Stadt. Die Privatbrunnen standen in den Innenhöfen von Palästen, Klöstern oder vornehmen Privathäusern. Die öffentlichen befanden sich inmitten eines Beckens, in das aus einer oder mehreren Röhren ständig Wasser einströmte, oder sie bestanden aus einem kleinen an einer Hausfassade angebrachten Becken und waren auf Knopfdruck zu betätigen. Es gab auch unterirdische Brunnen, vor allem in der Umgebung von Madrid, wo sich die Qanate naturgemäß noch tief unter der Oberfläche befanden, aber auch unter den Hügeln innerhalb der Stadt. Man erreichte sie von der Straße aus über eine Treppe (z. T. nach *Oliver Asin*, 1959, S. 96).

Nach *Madoz* (1848, Bd. X, S. 705) gab es im Jahre 1847 480 Brunnen, 59 öffentliche und 421 private. Davon versorgten der

	öffentliche	private
Viage de Bajo Abroñigal	22	115
Viage de Alto Abroñigal	7	85
Viage de la Alcubilla	11	85
Viage de la Castellana	11	118
Viage de Amaniel	3	15
Viage de Pajaritos	1	3
Viage de Berro	1	—

Die Brunnen waren beliebte Treffpunkte der Madrider Gesellschaft. Hier trafen sich auch die gewerblichen Wasserträger, vorwiegend Leute aus den Provinzen Galizien und Asturien. Sie versorgten die Häuser ohne Anschluß. Gegen monatliche Bezahlung brachten sie das Wasser in hölzernen Zubern (cuba) täglich ins Haus. Diese Aguadores bildeten in Madrid ein altes zunftartiges Gewerbe, das bereits im 16. Jahrhundert erwähnt wird (*Cock*, 1584), aber sicher schon im maurischen Madrid existierte (s. u.). Um 1850 gab es etwa 950 Aguadores (*Memoria*, 1954, S. 19). Rechnet man die Familienmitglieder hinzu, dann lebten mehrere tausend

Menschen vom Wasserhandel. Die Wasserträger waren an einen bestimmten Brunnen gebunden, jeder bediente eine feste Kundschaft, etwa 10—12 Häuser in der Nähe dieses Brunnens ¹¹⁶⁾ (*Fischer*, 1802).

Daneben gab es zahlreiche Wasserverkäufer, die Trinkwasser und Eiswasser auf den Straßen anboten.

Das Eis wurde bemerkenswerterweise nach derselben Methode hergestellt, die man auch im Orient anwendet (vgl. S. 38): Man ließ das Wasser der Viages in flache Gruben (pozos de la nieve) laufen, die durch hohe Mauern gegen die Sonne abgeschirmt wurden. Solche pozos de la nieve — mit den Teheraner „Yaxçal“ in Bau und Funktion identisch — waren eine sinnreiche Anpassung an die Klimaverhältnisse ¹¹⁷⁾. Die winterlichen Nachtfroste ließen das Qanatwasser in den Gruben zu Eistafeln gefrieren (s. Thermoisoplethendiagramm von Madrid, Abb. 36). Sie wurden täglich von neuem mit Wasser überschüttet, bis starke Eisblöcke entstanden, die man in Kellern für die heiße Zeit verwahrte und zur Frischhaltung von Lebensmitteln und Kühlung verwendete. Nach *Aznar de Polanco* (1727) befanden sich die Pozos de la Nieve vor dem gleichnamigen Tor (s. Kartenbeilage 3) an der heutigen Pl. de Bilbao. Um 1850 gab es mindestens neun solcher Gruben zur Eisgewinnung (*Mesonero Romanos*, 1861). Die Madrider waren eifrige Wassertrinker. „In keinem Land Europas gibt es so viele Wassertrinker als in Spanien“, schreibt *Dillon* (1782, S. 288), „und besonders gibt es in Madrid mehr als im ganzen Reich, wegen der Güte des Wassers.“

Über die Qualität des Qanatwassers liegen hydrochemische Untersuchungen vor. Seine Eigenschaften heben sich deutlich heraus, wenn sie mit dem damaligen Wasser des Lozoya verglichen werden, der ja seit dem Jahre 1858 die Qanatversorgung immer mehr ersetzte (s. Tabelle 8).

Die chemischen und physikalischen Daten der Tabelle (nach *Hauser*, 1902 und *Loza y Collado*, 1903) zeigen, daß das Wasser der Viages dem Grundwasser entstammte und als Trinkwasser höher einzuschätzen war als das der Sierraflüsse, deren Wasser in Kanälen nach Madrid gebracht (s. o.) und noch nicht so aufbereitet wurde wie es heute geschieht.

Das Lozoyawasser hat als Oberflächenwasser naturgemäß eine höhere Durchschnittstemperatur und ist außerdem — das kommt in der Tabelle nicht zum Ausdruck — den jahreszeitlichen Temperaturschwankungen viel stärker unterworfen, als das Grundwasser der Qanate (Durchschnittstemperatur 10,8° C). Weiter hatte das Wasser des Lozoya nur einen sehr geringen Gehalt an gelösten Calcium- und Magnesium-Salzen, dagegen enthielt das Wasser der Qanate relativ viel Ca und Mg, was sich geschmacklich positiv bemerkbar machte. Dasselbe gilt für den hohen Gehalt an Na und anderen Mineralen. Die Rubrik „Organische Verbindungen“ zeigt, daß das Wasser der Viages weniger verunreinigt wurde als das des Rio Lozoya, das damals noch durch die Abwässer anliegender Siedlungen gefährdet war. Das bestätigt auch eine bakteriologische Analyse. Danach hatte das Qanatwasser im

¹¹⁶⁾ Den Aguadores fiel im Brandfall die Funktion der Feuerwehr zu. Nahm das Feuer katastrophale Ausmaße an, waren sämtliche Aguadoren der Stadt zur Hilfe verpflichtet (*Reglamento . . .*, 1874).

¹¹⁷⁾ Das System der Eisgewinnung soll 1607 von dem Katalanen P. Jarquies eingeführt worden sein (*Herrero Garcia*, 1950, S. 151).

Tab. 8:

Jahresdurchschnittstemperatur in °C	Gesamthärte	perman. Härte	gelöste Gase (in g)	O ₂	N ₂	CO ₂	Organ. Verb.	
Rio Lozoya	17,7	3,5	2,5	26,6	7,7	16,8	2,1	0,00098
Alto Abroñigal	10,6	28,0	17,0	25,1	7,0	16,2	1,9	0,00027
Bajo Abroñigal	11,0	32,0	21,0	19,8	5,5	13,1	1,2	0,00042
Amaniel	10,2	20,0	11,0	24,8	5,8	17,2	1,8	0,00030
Reina	10,7	20,0	10,0	25,4	6,8	15,9	2,7	0,00031
Retiro	11,4	24,0	16,0	20,5	5,6	13,8	1,1	0,00037
Alcubilla	11,1	22,0	12,0	20,2	5,4	13,0	1,8	0,00040
Castellana	10,2	30,0	16,0	22,8	6,6	13,7	2,5	0,00035
Berro	11,1	42,0	22,0	32,2	—	—	—	—

Abdampfrückst. bei	110 °C	H ₂ SiO ₃	H ₂ SO ₄	Cl—	Ca++	Mg++	K+	Na+	Al+++	Fe++
Rio Lozoya	0,054	0,008	0,008	0,007	0,012	0,003	0,002	0,013	0,0013	0,0002
Alto Abroñigal	0,451	0,027	0,105	0,013	0,084	0,045	0,004	0,042	0,0120	0,0002
Bajo Abroñigal	0,472	0,041	0,095	0,018	0,121	0,019	0,012	0,048	0,0120	0,0001
Amaniel	0,412	0,027	0,098	0,021	0,088	0,016	0,004	0,059	0,0210	0,0003
Reina	0,338	0,030	0,066	0,020	0,082	0,034	—	0,049	0,0120	—
Retiro	0,138	0,034	0,102	0,026	0,091	0,032	0,005	0,054	0,0280	0,0006
Alcubilla	0,351	0,031	0,054	0,018	0,083	0,026	—	0,038	0,0160	—
Castellana	0,429	0,038	0,082	0,020	0,008	0,036	—	0,042	0,0070	—
Berro	0,738	0,068	0,187	0,036	0,206	0,066	0,004	0,038	0,0170	—

Mittel ca. 1200 Bakterien pro cm^3 , das Flußwasser dagegen etwa doppelt soviel, bisweilen aber weit mehr (Hauser, 1902). Dafür enthält das Wasser der Qanate etwas weniger gelöste Gase. Die Analyse zeigt, daß die Viages die Fernwasserleitung in qualitativer Hinsicht noch um 1900 übertroffen haben. Das gleiche gilt auch beim Vergleich mit dem Wasser aus den städtischen Brunnen oder Norias. Das Brunnenwasser, das im Südteil der Stadt gefördert wird und mit den dort anstehenden lakustrischen oligozänen Sedimenten (s. u.) in Berührung kommt, ist nicht trinkbar (Mallada, 1906). Brunnen oder Norias im Zentrum und Norden der Stadt fördern trinkbares Wasser nur aus pliozänen Sedimenten; stammt das Wasser aus Miozänschichten, dann handelt es sich nur mit Einschränkungen um Trinkwasser (Royo Gomez, J.; Menéndez Puget, L.; Abad, M., 1929, S. 107 ff).

Die Hochwertigkeit des Qanatwassers trug zur jahrhundertelangen Bedeutung der Madrider Viages bei. Das spanische Königshaus versorgte sich aus dem berühmten Viage de la Fuente del Berro, dessen Wasser sich durch besonders guten Geschmack auszeichnete (vgl. Analyse). Besonders Karl III. (1759—88) schätzte das Tafelwasser des Berroqanats. Weilte der König nicht in Madrid, sondern in einem seiner Schlösser in El Pardo, San Ildefonso, El Escorial oder in Aranjuez, wurde ihm das Wasser aus seinem Qanat zugeschickt. Der Bruder Philipps IV. (1621—65) ließ es sogar bis in seine Residenz in Flandern nachsenden (Memoria, 1954, S. 20).

Heute, mehr als 100 Jahre nach dem Bau der Fernleitung, gibt es nur noch wenige funktionierende Viages; sie verdanken ihre Erhaltung vor allem der guten Wasserqualität. Der letzte Brunnen im Stadttinnern, der von einem Qanat versorgt wird, befindet sich auf der C. de Alcalá, unmittelbar vor der Hauptpost. Er gehört zum Viage Bajo de Abroñigal. Weiter fließen noch zwei Brunnen des Berroqanats in der sog. Quinta de la Fuente del Berro am Ostrande der Stadt. Obwohl die Einzugsgebiete der Qanate überbaut wurden und die Stollen kaum Pflege erhalten, wird das Wasser von vielen Bürgern getrunken. Sie holen es in Kannen und Flaschen und betrachten es als Mineralwasser und Heilmittel bei Magenleiden, wie dem Verfasser an Ort und Stelle versichert wurde.

3. Die landschaftsökologischen Grundlagen der Madrider Qanate

a) Einführung

Ihre Naturvoraussetzungen fanden die Madrider Qanate in Verhältnissen, die denen bei Teheran und Marrakesch sehr ähnlich sind. Der große Höhenunterschied und die großen Temperatur- und Niederschlagsgegensätze zwischen der Madrider Meseta und der nahen Sierra de Guadarrama zeigen denselben starken Kontrast, der auch die Landschaften der Vergleichsstädte auszeichnet und dort die Voraussetzung für den Qanatbau bildet.

Angesichts der analogen Verhältnisse bietet es sich an, das Gebiet zwischen der südlichen Umgebung der Hauptstadt und der Hauptwasserscheide der Guadarrama im Sinne der Themenstellung als funktionale Einheit zu betrachten und es ebenfalls hinsichtlich seiner Eignungsfaktoren, von den geologisch-morphologischen über den klimatologischen bis hin zu den hydrographischen, zu untersuchen.

b) Geologischer Aufbau und Oberflächengestalt des Untersuchungsgebietes ¹¹⁸⁾

α) Sierra de Guadarrama

Das Madrider Hausgebirge, die Sierra de Guadarrama, ist ein Teil des etwa 360 km langen, maximal 50 km breiten, in Ostnordost-Richtung streichenden Hauptscheidegebirges. Es trennt die iberische Meseta in einen nördlichen und einen südlichen Teil und gliedert sich in die vier einzelnen Gebirgszüge S^a. da Estrela, S^a. de Gata, S^a. de Gredos, S^a. de Guadarrama i. w. S.

Das eigentliche Interesse gilt der S^a. de Guadarrama i. e. S., die die Provinz Madrid im Norden begleitet. Sie weist, abgesehen von der S^a. de Gredos, die höchsten — unmittelbar nördlich Madrid gelegenen — Auftragungen des gesamten Scheidegebirges auf. Das Gebirge besteht aus zwei parallellaufenden Ketten, den Montes Carpetanos und der Cuerda Larga, die durch das breite Lozoya-Tal geschieden werden und sich im Gebirgsknoten des Peñalara vereinigen. Von den Ketten scheren zahlreiche Ausläufer ab, so von der Südkette die S^a. de la Maliciosa (2227 m) und die S^a. de la Pedriza del Manzanares (1715 m), die mit ihren hohen Gipfeln zum Einzugsgebiet des Manzanares gehören.

Das Scheidegebirge ist vorwiegend aus magmatischen und metamorphen Gesteinen aufgebaut, in der Guadarrama sind in der Hauptsache Granit und Gneis am Aufbau beteiligt. Der Gneis besteht aus regional-metamorph veränderten Paläozoikum und findet sich vorwiegend im Osten, der eingedrungene Granit ist vor allem im Westteil der Guadarrama freigelegt. Innerhalb des 15 km langen und 4 km breiten Lozoya-Tales lagern über dem kristallinen Sockel kretazische Kalke, dazu paläogene Mergel- und Kalkschichten. Diese Ablagerungen findet man in geringer Ausdehnung auch an den Außenflanken des Gebirges.

Auf der Nord- wie auf der Südseite sind der Sierra ausgeprägte Pedimente („Rampas“) vorgelagert, weiter nach außen folgen Verwerfungen, an denen während der Orogenese die Tiefschollen — d. i. südlich des Guadarrama das Tajo-Becken — mit ihren tertiären Beckenfüllungen absanken.

Klimagenetische Verebnungen spielen im Erscheinungsbild der Sierra eine bedeutende Rolle. Ihr oberstes Niveau bildet die sogenannte Dachfläche (*Schwenzner*, 1936) zwischen 1700—2200 m. Sie bildet den Kamm der Montes Carpetanos und Cuerda Larga und wird nur noch von den höchsten Gipfeln (Peñalara, 2469 m; Cabezas de Hierro, 2365 m, 2383 m; Maliciosa, 2227 m u. a.) überragt.

Orographisch weist die Sierra im Querprofil eine deutliche Asymmetrie auf. Der Nordrand ist weniger ausgeprägt als der Abfall zur Neukastilischen Meseta; bedeutsam für die Wasserversorgung der Südmeseta, da infolge des tief eingesunkenen Tajo-Grabens der Großteil des Gebirges nach Süden entwässert.

β) Die Meseta von Madrid

Die geologische Situation der Hochfläche von Madrid läßt sich am besten am Werdegang des Tajobeckens aufzeigen: Während des Paläogen und im Miozän

¹¹⁸⁾ Für diesen Abschnitt wurden außer der im Text genannten folgende Literatur herangezogen: *De Prado* (1864) Com. del Mapa Geol. de Esp. (1906); *Estudios hidrológicos. Cuenca del Tajo* (Provincia de Madrid, Madrid; *Fernandez Navarro* (1908), *Los Pozos Artesianos En Madrid, Madrid*; *Sociedad Espanola De Mecánica Del Suelo y Cimentaciones* (1963). *Datos Geotectónicos Sobre El Subsuelo De Madrid, Madrid*.

wurden im Beckenzentrum unter einem endorheischen Regime lakustrische Sedimente abgelagert, während in den Randbereichen die Ablagerung mächtiger Schuttmassen von den angrenzenden Hochschollen erfolgte. Bei Madrid bestehen sie aus den Granit- und Gneisablagerungen der Guadarrama (*Riba*, 1957, S. 5). Die tertiären Schuttmassen erreichen hier eine Mächtigkeit von 1300—1800 m. Darunter befindet sich Kreide, noch tiefer liegt der Sockel, der bis unter NN abgesunken ist. Die Abschiebung erfolgte längs der Verwerfung südlich des Pediments. Die Ablagerungen beginnen hier sehr grobkörnig in Form von Anhäufungen kubikmetergroßer Blöcke und werden gegen das Beckeninnere feiner und feiner (*Penck*, 1894).

Das Madrider Stadtgebiet liegt am Südrand der detritischen Sedimente des Pliozäns, die südlichen Viertel liegen bereits auf den erwähnten lakustrischen Sedimenten. Erstere bestehen aus sandig-tonigem Material, in einigen Lagen überwiegt der Ton-, in anderen der Sandgehalt. Es gibt auch Schichten, die nur aus Lockersanden mit Quarz, Feldspat und Glimmer bestehen, aber auch aus kompakten Tonlinsen. Unter diesen Ablagerungen liegen Miozänschichten aus Tonen und Mergeln. Darunter befinden sich Gips- und Mergelsedimente des Oligozän. Ton- und Mergelschichten bilden den Untergrund südlich einer Linie Paseo Imperial — C. de Atocha. Sie bilden im Stadtbereich auch das Liegende im Manzanares-Tal wie auch im Tal des Arroyo Abroñigal und Castellana. Darüber befinden sich quartäre Ablagerungen, die aber nur einige Meter mächtig sind. Die Ton- und Mergelsedimente gehen mit Annäherung an die Sierra faziell in Sande über, was für die Grundwasserversorgung der Stadt entscheidend war.

c) Klima und Grundwasserverhältnisse

Madrid liegt nahe dem geographischen Mittelpunkt der Iberischen Halbinsel, die während des Sommerhalbjahres unter dem Einfluß der trockenen Passate steht, im Winterhalbjahr aber Anteil an der außertropischen Zirkulation hat. Einige maritime Züge im Klimabild erklären sich aus der Tatsache, daß die Iberische Halbinsel zum großen Teil von Meer umgeben ist und sich im äußersten Südwesten der eurasischen Landmasse befindet (*Lautensach*, 1951, S. 148). Die kontinentalen Charakteristiken haben ihre Ursache in der zentralen und von Gebirgen geschützten Lage der Stadt inmitten des Tajobeckens. Unmittelbaren Einfluß auf das Klimageschehen haben selbstverständlich auch die Höhenlage von 640 m und die Nähe des Hochgebirges.

Das Wettergeschehen im Madrider Raum wird im Verlauf des Jahres durch folgende Großwetterlagen beherrscht: Im Sommer bestimmt das Azorenhoch sehr regelmäßig von Juni bis August mit Wolkenarmut, Niederschlagslosigkeit, starken Einstrahlung und hohen Tagstemperaturen die Witterung in Zentraliberien.

Gegen den Herbst hin wird die Schönwetterlage des Madrider Sommers in zunehmendem Maße von Niederschlag bringenden Wetterlagen unterbrochen, entweder durch Zyklonen, die die Halbinsel im Norden oder Süden passieren, oder durch stationäre Tiefdrucklagen im Westen und über den Balearen. Sie sorgen für zunehmende Bewölkung und für das herbstliche Niederschlagsmaximum. Die Niederschlagsperiode wird im Hochwinter (Januar, Februar) durch das zentraliberische Hoch unterbrochen, das sich über dem abkühlenden Festland regelmäßig aufbaut und mit Wolkenarmut, starker Ausstrahlung und niedrigen Temperaturen einhergeht.

Das Frühjahr bringt Madrid — wiederum unter dem Einfluß des Balearentiefs, zuweilen auch durch lokale kurzlebige Teiltiefs — das sekundäre Niederschlagsmaximum. Die Temperaturen beginnen mit zunehmender Einstrahlung zu steigen. Im Juni gewinnt das Azorenhoch wieder an Wetterwirksamkeit und leitet den trockenen und heißen iberischen Sommer ein (Müller, 1933; Lautenbach, 1951, 1964).

Der Jahresgang der Monatsmitteltemperaturen (s. Abb. 35) zeigt ein deutliches Maximum im Juli und August, während das Minimum auf den Januar fällt, sekundäre Maxima oder Minima treten nicht auf. Der die Temperatur senkende Faktor der Meereshöhe kommt im sommerlichen Temperaturbild kaum zur Geltung. Die zentrale, kontinentale Beckenlage der Hauptstadt wirkt sich sowohl auf eine Erhöhung der Sommertemperaturen (Julimittel 24,2° C) als auch auf die Erniedrigung der Wintertemperaturen (Januarmittel 4,9° C) aus.

Die mittlere Jahresschwankung von 19,3° C, die mittlere Extremamplitude (29,7°) und der Abstand zwischen dem am 4. 7. 1949 gemessenen absoluten Maximum (39,1° C) und dem absoluten Minimum vom 16. 1. 1945 (— 10,1° C) zeigen den kontinentalen Zug im Klimabild Madrids. Das unterstreichen auch die mittleren Tagesamplituden, die sich besonders im Sommer (Juli 13,4° C) im Tagesablauf bemerkbar machen.

Frosttemperaturen können von Oktober bis April eintreten; in vielen Jahren sind sie in den Monaten Dezember, Januar und Februar die Regel.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Monatsmitteltemp. 1931—1960	4,9	6,5	10,0	12,7	15,8	20,6
Mittl. Min.	1,4	2,1	5,1	7,1	10,2	14,4
Mittl. Max.	8,5	11,0	14,8	18,3	21,4	26,8
	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Monatsmitteltemp. 1931—1960	24,2	23,7	19,8	14,0	8,9	5,6
Mittl. Min.	17,5	17,2	14,2	9,5	5,2	2,3
Mittl. Max.	30,9	30,1	25,4	18,6	12,7	9,0

Wie im gesamten mediterranen Raum fällt der Niederschlag auch bei Madrid vorwiegend im Winterhalbjahr. Typisch für eine zentraliberische Station ist das erwähnte sekundäre Minimum, das die Regenperiode in ein primäres Herbst- und ein sekundäres Frühjahrsmaximum teilt. Das primäre Minimum, das sich mit großer Regelmäßigkeit im Hochsommer einstellt, verhält sich sehr konstant. Es liegt meist in den Monaten Juli und August, seltener im Juni. Das Jahresmittel beträgt, gemessen an dem Teherans und Marrakeschs, immerhin 435 mm. Meist liegt das jährliche Niederschlagsquantum zwischen 350 und 400 mm (s. Abb. 38). Aber die Variabilität ist wie bei den Vergleichsstädten mit 22 % recht groß. Erklärlich, da alle

drei einer klimatischen Übergangszone angehören, die in einem Jahr mehr an der tropischen, im anderen mehr an der außertropischen Zirkulation Anteil hat.

Die Wirksamkeit der 435 mm Niederschlag für den Wasserhaushalt vermindert sich zudem durch die Tatsache, daß der Regen oft in dichten Güssen fällt. So kommt das Wasser nur zum geringen Teil dem Grundwasser zugute, sondern fließt größtenteils ab.

An 3,5 Tagen im Mittel der Beobachtungsreihe 1931—60 fiel Schnee, meist im Januar (1,4 Tage), gefolgt vom Februar (0,9) und Dezember (0,7). Das Vorkommen von Schneefalltagen ist jedoch sehr unregelmäßig. So war der Januar in 14 Jahren ohne Schnee, im Jahre 1952 hatte er aber fünf, 1941 sogar sechs Tage mit Schneefall.

Es ist im Rahmen der Themenstellung erforderlich, den Grad der Trockenheit des Madrider Klimas und die Zuordnung von Temperatur- und Niederschlagsjahresgang zu verfolgen, der ja ein Anhaltspunkt für den Wasserbedarf der Stadt ist. Bezeichnet man mit *Lautensach* einen Monat mit 30 mm und weniger Niederschlag als trocken, so hat Madrid drei Trockenmonate, Juni, Juli und August, die z. T. weit unter dem Grenzwert liegen, während der September knapp darüber bleibt (Abb. 38). Verwendet man die Beziehungsgleichung von *Walter* ($T: N = 1:2$), fällt auch der größte Teil des Septembers noch in die Trockenperiode (Abb. 39). Den Wasserbedarf der Stadt während dieser Trockenperiode zu decken, reichen die Niederschläge auf der Meseta schon wegen ihrer Variabilität nicht aus. Es ist und war daher notwendig, andere Quellen zu nutzen.

Wie erwähnt, kommt die Sierra de Guadarrama in den Genuß viel höherer Niederschläge als die Meseta. Das bestätigt die Gegenüberstellung mehrerer Klimastationen unterschiedlicher Höhe (s. Abb. 27). Dabei kommt die Zunahme des Niederschlags mit wachsender Höhe gut zum Ausdruck (s. Tab. 9). Man kann annehmen, daß in 2000 m Höhe, also auf Teilen der Dachfläche, ca. 2000 mm Niederschlag fallen (vgl. *Lautensach*, 1951, S. 150). Die Station Navacerrada weist nur noch zwei Trockenmonate auf. In noch größerer Höhe ist einzig der Juli arid (vgl. Tafel 8 bei *Lautensach*, 1964).

Auch den zu erwartenden Wandel der mittleren Jahrestemperatur gibt die Tabelle wieder. Rascafria und Navacerrada weisen Monate mit Durchschnittstemperaturen unter 0° C auf. Bei der Station Navacerrada liegen die Temperaturen im Dezember, Januar und Februar unter Null, im November und März nur knapp darüber. Mit Sicherheit weisen die Höhen über 2000 m vier und mehr Frostmonate auf.

Auch die Zahl der Tage mit Schneefall und die mittlere Schneedeckenhöhe nehmen selbstverständlich mit der Meereshöhe zu. Man kann annehmen, daß auf der Dachfläche in etwa 2000 m Höhe mehr als 88 Tage mit Schneefall (Navacerrada) und etwa 200 Schneedeckentage vorkommen (s. *Prill*, 1955).

Daraus folgt, daß die hohen Niederschläge im Gebirge teilweise bis in den Frühsommer festgehalten werden. Ein großer Teil davon — im Gebirge erreichen die Verdunstungswerte nicht die der Ebene (*Lautensach*, 1964, S. 62) — wird nach und nach über die Flüsse an die Meseta abgegeben.

Tab. 9: Wandel der Klimaelemente mit der Höhe
Beobachtungsperiode 1965—1969

	Toledo	Mocejón	Yuncos	Getafe
Meereshöhe m	450	480	500	616
Niederschlag mm	383	404	455	471
Temperatur °C	14,9	—	—	14,2
Schneefalltage	1,9	1,4	0,6	1,6
Schneedeckentage	0,8	0,6	0,0	0,6
	Madrid	Hoyo de Manz.	Rascafría	Navacerrada
Meereshöhe m	667	1001	1163	1894
Niederschlag mm	477	785	1092	1570
Temperatur °C	14,0	—	9,9	5,9
Schneefalltage	—	5,6	27	88
Schneedeckentage	—	1,6	16	154

Die aus der Guadarrama kommenden Flüsse haben ein nivopluviales bis pluvionivales Abflußregime (*Pardé*, 1949). Beim Abfluß macht sich also neben dem Niederschlagsgang — je nach Einzugsgebiet mehr oder weniger — auch die Schneeschmelze bemerkbar. So hat der Manzanares umgekehrt zum Gang des Niederschlags sein primäres Maximum im Frühjahr.

Beim Austritt auf die Ebenen des Vorlandes und beim Durchfließen derselben geht viel Wasser durch Verdunstung und Versickerung verloren. Besonders groß ist die Versickerung unmittelbar südlich der Hauptverwerfung, da hier der Untergrund von sehr grobkörnigen Rañaschuttmassen gebildet wird (s. o.). Dieses Wasser kommt dem Grundwasser zugute.

Die Viages zapften das Wasser an, das sich in Grundwasserhorizonten des Pliozäns befindet. Diese Schichten bestehen aus Sanden mit Tongehalt, die von mittlerer Durchlässigkeit sind. Sie enthalten aber Lagen aus reinen, sehr viel durchlässigeren Sanden, in denen sich linsenförmige Grundwasserkörper befinden. Solche existieren auch über dünnen Ton- oder Kalklagen („Gredones“), die in die pliozänen Schichten eingeschaltet sind.

Weitere Grundwasserlager befinden sich in den Tälern der Madrider Arroyos, die mit quartären Sedimenten angefüllt sind und bevorzugte Standorte für Quaternate waren.

Schließlich befinden sich tiefere Grundwasserlager über den Miozänschichten (Sarmat), die von einzelnen, über 50 m tief liegenden Viages erreicht wurden.

Die Grundwasserspeicher werden von den Niederschlägen gespeist, die an Ort und Stelle fallen. Wie oben dargelegt, reicht aber die Regenmenge nicht aus, um die im Verhältnis zu ihrem oberflächlichen Einzugsbereich starke Schüttung der Qanate zu erklären. Nach *Ramon Adan de Yarza* werden den ca. 400 mm Niederschlag 280 mm durch Verdunstung und 60 mm durch Abfluß entzogen, folglich bleiben für die Versickerung 60 mm/Jahr oder 600 m³/ha. Dabei ist zu bedenken, daß nur ein Bruchteil des im Einzugsgebiet eines Qanats versickerten Wassers vom Qanat aufgefangen wird. Außerdem müssen Jahresgang, Variabilität des Niederschlags und die Verdunstung u. a. in Betracht gezogen werden. Folglich muß man annehmen, daß mindestens ein Teil des Wassers aus der Sierra kommt ¹¹⁹⁾.

3. Der Einfluß der Qanatwasserversorgung auf die geschichtliche Entwicklung Madriids

Wahrscheinlich liegt die Entstehung Madriids bereits vor der maurischen Eroberung der Iberischen Halbinsel. Es gab vermutlich zur Zeit des Westgotenreiches dort, wo die Calle de Segovia das Tälchen betritt, das zwischen dem Vistillas- und dem Alcazarhügel zum Manzanares hinabführt, bereits eine kleine und unbedeutende Siedlung.

Die damals am Manzanares lebende friedliche Jäger- und Hirtenbevölkerung achtete bei der Anlage ihrer Siedlungen nicht auf Schutzlage, sondern wählte offene Standorte mit guter Wasserversorgung; Standorte, wie sie viele Siedlungen am Manzanares aufweisen, z. B. in der Nachbarschaft Madriids Vallecas, Carabanchel, Villaverde, Fuencarral und Chamartin (*Oliver Asin*, 1954—1963, S. 49).

In ähnlicher Lage wie diese Siedlungen befand sich auch jene kleine Ortschaft in der Ursprungsmulde eines dem Manzanares zufließenden Baches.

Bedeutung erlangte der Ort erst anderthalb Jahrhunderte nach der Eroberung der Iberischen Halbinsel durch die Arabo-Berber (Mauren). Diesen war es im Jahre 711 gelungen, die Westgoten in der Schlacht an der Laguna de la Janda zu besiegen und ihr Reich in einem schnellen Siegeszug zu unterwerfen. Es gelang den Eroberern allerdings nicht, auch den schwer zugänglichen Nordwesten der Halbinsel unter ihre Kontrolle zu bringen. Hier formierte sich der Widerstand, und hier leitete auch der christliche König Pelayo mit Resten der Westgoten mit seinem Sieg bei Covadonga (718) die Reconquista ein, in der dann Asturien, später das Königreich León, die Führung übernahm. Den asturischen Königen gelang es mit der Zeit, den Mauren ein Gebiet nach dem anderen zu entreißen. Als Alfons II. (793 bis 842) sogar bis zum Tajo vorstieß, geriet auch die islamische Hochburg Toledo in Gefahr.

Wie aus einem vor wenigen Jahren in der Al-Qarawiyin Bibliothek in Fez aufgefundenen Manuskript hervorgeht, ließ der Emir von Córdoba, Muhammed I. (852—86), daraufhin zur Absicherung des Tajobeckens mehrere Festungen bauen. Er errichtete zwischen 852 und 871 neben den Festungen Esteras, Talamanca und Peñahora bei einer kleinen Ortschaft an der Stelle des heute königlichen Palastes von Madrid einen Alcázar (*Oliver Asin*, 1963). Diese Stelle liegt etwa 60 m über

¹¹⁹⁾ Fr. Hernandez Pacheco meint dagegen: „Todas las aguas de los „viejos viajes“ son de origen pluvial“ (frdl. briefl. Mitt. vom 20. 2. 1971).

dem Manzanares und gestattet einen guten Überblick über Tal und Ebene bis zur Sierra. So konnte man die Pässe kontrollieren und Einfälle der Christen rechtzeitig melden. Das geschah über eine Kette von befestigten Signalstationen (Atalayas), tagsüber mit Hilfe von Rauchsignalen, nachts mit Feuerzeichen.

Zum besseren Verständnis der städtischen Entwicklung sei das maurische Madrid vorgestellt.

Nach *Oliver Asin* war die Festung von einer zweifachen Mauer umgeben. Die innere umschloß den eigentlichen Festungsbereich (Alcazaba). Sie verlief längs der Westfassade des heutigen Königspalastes, bog da, wo sich jetzt das Palastarchiv befindet, nach Südsüdosten ab und erreichte bei der heutigen Cuesta de la Vega die Puerta de la Vega. Darauf wandte sie sich nach Südosten — von diesem Abschnitt sind die Fundamente noch sichtbar —, sodann nach Ostnordosten, um unter der Capitanía General nach Nordosten abzubiegen. An der Einmündung der C. del Sacramento in die C. Mayor lag die Puerta de la Almudena, die als inneres Stadttor die Verbindung zwischen der Alcazaba und der eigentlichen Stadt (Medina) herstellte. Die Stelle ist noch im Straßenbild sichtbar. Nördlich davon zeichnet die C. del Factor den Verlauf der Festungsmauer nach, die sich über die jetzige C. de Rebeque und den Pl. de Oriente fortsetzte, um an der Ostmauer des Alcázars zu enden.

Der Festungsbereich umfaßte ca. 9 ha. Die Medina war ebenfalls von einer Mauer umgeben, so daß Madrid ähnlich wie Almería, Granada, Málaga usw. in ein militärisches und ziviles Stadtgebiet mit innerer und äußerer Mauer unterteilt war. Die der Medina ging von der Festungsmauer unterhalb der Cuesta de la Vega aus, durchquerte die Schlucht, in der die C. de Segovia verläuft, und lief in einem Bogen zu der späteren Puerta de Moros¹²⁰⁾ auf dem heutigen Platz gleichen Namens. Dieses Tor ist durch einen sechsstrahligen Torstern noch heute zu erkennen. Die Mauer folgte dann der C. de Cava Baja, die beim Auffüllen des Festungsgrabens angelegt worden ist — von diesem Stück existieren noch einige Reste — und erreichte das Bab al-Hanas (*Oliver Asin*, 1959, S. 294), das man nach der Reconquista Puerta Cerrada nannte (am jetzigen Platz gleichen Namens). Der weitere Verlauf läßt sich an den C^{es}. de los Cuchilleros und de la Cava de S. Miguel verfolgen, die ebenfalls über dem ehemaligen Festungsgraben angelegt worden sind. An der Einmündung der Cava de S. Miguel in die C. Mayor wurde die Mauer von der Puerta de Guadalajara unterbrochen. Sie war das Haupttor der Medina. Hier erreichten die Straßen von Toledo, Guadalajara und Zaragoza die Stadt. Längs der C. de Mesón de Paños und der anschließenden C. de la Escalinata setzte sich die Mauer bis zur heutigen Pl. de Isabel fort. Diese Partie ist in ihren Fundamenten weitgehend erhalten. Die Häuser wurden z. T. auf den Fundamenten der Mauer erbaut, so daß diese mit ihren Turmvorsprüngen gut sichtbar nachgebildet ist. Von da bis zum Alcázar ist der Verlauf der Mauer mit der Puerta de Balnadú noch unsicher.

Nach *Torres Balbas* (aus *Oliver Asin*, 1959, S. 330) hatte die Medina ein Areal von 26 ha. Mit ihren engen und unregelmäßigen Straßen und Gassen hebt sie sich noch heute deutlich von den später entstandenen Vierteln ab.

¹²⁰⁾ Nach *Gomez Iglesias* (1966) wurde dieses Tor erst nach der Reconquista für das Maurenviertel (Moreria) errichtet.

Im ehemaligen Al Andalus zeugen neben der Physiognomie vieler Siedlungen, neben den Resten maurischer Architektur, anthropologischen Merkmalen und sprachlichen Relikten vor allem die großen Intensivkulturen um die ehemals maurischen Städte von der jahrhundertlangen Anwesenheit der Muselmanen. Auch in und um Madrid sind sie auf dem Gebiet des Landbaus aktiv gewesen. Vor der Reconquista und auch noch in den ersten Jahrhunderten danach lag die Stadt inmitten einer landwirtschaftlichen Umgebung, deren Reichtum an verschiedenartigen Kulturen sich heute nur schwer vorstellen läßt. Arabische Zeugnisse darüber gibt es nicht. Jedoch lassen christliche Quellen den Zustand vor der Reconquista gut rekonstruieren; so ein Beschluß des Madrider Stadtrates vom Jahre 1379, in dem die angebauten Kulturpflanzen aufgeführt werden. Danach gab es in der Stadt und in ihrer Umgebung Weinberge und Felder mit Futter- und Brotgetreide, Nußbaumhaine und Beete mit Erbsen, Safran¹²¹) (arab. az-za'farān) und Melonen¹²¹). In den Gärten erntete man Äpfel, Granatäpfel¹²¹), Birnen, Kirschen und Pflaumen, zog Aprikosen¹²¹) (arab. al-barquq), Feigen, Mandeln, Pfirsiche und Quitten und züchtete Himbeersträucher und Rosenstöcke (*Perez Chocas, Millares, Varelas Hervias*, 1932). Um das Jahr 1500 gab es in der Gemarkung Madrid, deren Patron St. Isidor, der heilige Bauer, ist, noch zahlreiche Weinberge, Getreidefelder, Olivenhaine und Gärten mit verschiedenartigen Früchten. Das bestätigen Reisende jener Zeit. So schildert der böhmische Baron *Rozmihal* 1466 die Stadt von vortrefflichen Äckern umgeben (*Letts*, 1957), die der italienische Humanist *Marineo Siculo* (1530) als sehr fruchtbar ansieht.

Es kann somit kein Zweifel bestehen, daß die islamischen Siedler in und um Madrid einen Gürtel intensiver Bodenkultur angelegt haben, wo sowohl Trockenfeld- als auch Bewässerungsfeldbau und vor allem Bewässerungsgartenbau betrieben wurde. Es kann aber auch kein Zweifel bestehen, daß vor Gründung von Festung und Stadt die Frage der Wasserversorgung geklärt werden mußte.

Der Manzanares konnte, wie schon angedeutet, nur zur Bewässerung der in der Flußau liegenden Gärten dienen, zu denen man durch die Puerta de la Vega (!) hinunterstieg. Für die Versorgung der Alcazaba und Medina kamen sie, zumal in Krisenzeiten, nicht in Frage, ebenso wenig die auf der Meseta befindlichen Gärten und Felder. Durch Fernleitungen Oberflächenwasser heranzuführen, hätte sich aus militärischen Gründen nicht empfohlen, wäre aber auch aus technischen Gründen außerordentlich schwierig gewesen und ist erst tausend Jahre später gelungen (s. o.). Zudem pflegen die Araber Aqädukte nur selten zu bauen (*Oliver Asin*, 1959). Daher mußte man beim Ausbau von Festung und Stadt auf das reichlich vorhandene Grundwasser zurückgreifen.

Es sind also sowohl die damaligen politischen und militärischen Verhältnisse als auch die Lagegunst und vor allem die Fähigkeit der Mauren, das Grundwasser auf rationelle Weise zu heben, entscheidende Voraussetzungen für den Aufstieg Madrids.

Sicherlich wurden damals auch die heute noch auf der Iberischen Halbinsel weit verbreiteten Norias (arab. Na 'ura) (*Lautensach*, 1960) eingesetzt. Die Norias konnten allerdings den Wasserbedarf nicht allein decken. Sie kamen aber auch für

¹²¹) Diese Pflanzen wurden von den Arabern auf der Iberischen Halbinsel eingeführt (*Lautensach*, 1960).

die Trinkwasserversorgung kaum in Betracht. Einmal sprachen hygienische Gründe gegen ihre Anwendung innerhalb der Stadt. Zum anderen aber — wie im geologischen Teil dargelegt — kommt das Grundwasser unter dem größten Teil des damaligen Stadtareals mit kalk- und gipsreichen Schichten in Kontakt und ist daher zum Trinken schlecht geeignet.

Deshalb zapfte man die Grundwasserlager in den Sandschichten im Norden und Nordosten der Stadt mit Hilfe der Qanattechnik an. So konnten die linsenförmigen Wasserspeicher in den oberflächennahen Schichten, die pluvialer Herkunft sind, als auch das Wasser, das aus tieferen Schichten kommt und dem Regen- und Schmelzwasser der Sierra entstammt, gefördert werden (s. o.). Dadurch war man von dem unberechenbaren Abflußregime, das für die Flüsse im sommertrockenen Mittelmeerklima der spanischen Meseta charakteristisch ist, unabhängig.

Zu welchem Zeitpunkt die Technik des Qanatbaus auf der Halbinsel eingeführt und wann sie dort zum ersten Male angewandt wurde, läßt sich nicht genau bestimmen. Fest steht lediglich ihre Herkunft aus dem islamischen Kulturbereich, mit dem Al Andalus auf kulturellem und wirtschaftlichem Gebiet in lebhafter Beziehung stand (ausführlich bei *Mahmud Ali Makki*, 1968). Viele Ideen und Erfindungen sind aus dem orientalischen Raum auf die Halbinsel übertragen worden. Besonders der Landbau hat auf diesem Wege viele Neuerungen erfahren (*Lautensach*, 1960); das gilt auch für die Bewässerungstechnik.

Im benachbarten Nordafrika, woher der überwiegende Teil der maurischen Einwanderer stammte, war die Qanattechnik im Touat- und Tidikeldistrikt in der Zentralsahara schon mehrere Jahrhunderte vor der arabischen Invasion bekannt. Juden oder jüdische Berber, die sie in Palästina durch die Perser kennengelernt hatten, hatten sie dorthin gebracht (*Briggs*, 1960). Ihre eigentliche Bedeutung erlangte sie nach der arabischen Eroberung, als man sich ihrer in großem Umfang in den Wüsten Nordafrikas bediente.

Die Übertragung erfolgte wahrscheinlich von dort aus, und zwar in der Frühphase der maurischen Kolonisation. Dafür spricht, daß die Stadt Guadalajara (arab. Wadi al-Hiyara), ca. 50 km nordöstlich Madrids gelegen, ein Qanatsystem hatte, das nach *Oliver Asin* (1963) älter ist als das von Madrid.

Die Qanate hatten in Al Andalus eine größere Verbreitung als die Funde zunächst erkennen ließen. Nachdem ihr Vorhandensein für Madrid nachgewiesen war, wurden immer neue entdeckt oder dokumentarisch belegt. So fand *Oliver Asin* (1965) nördlich Aranjuez bei Ciempozuelos alte Qanate. Der Verfasser stieß auf Dokumente, die für die Stadt Granada¹²²⁾ und ihre Vega maurische Qanate¹²³⁾ nachweisen (vgl. auch *Kress*, 1968, S. 120 ff.). Dazu werden alte Qanate bei Jaen¹²⁴⁾ und Huelva¹²⁵⁾ beschrieben, die vermutlich ebenfalls auf die maurische Zeit zurückgehen¹²⁶⁾. Ferner wurden alte Qanatsysteme bei Cuevas del Al-

¹²²⁾ *Braunii Civitates Orbis. Liber Quintus*, S. 14: *Amoeniss Castri Granatensis*.

¹²³⁾ *Oliver Hurtado, M., Gomez Moreno, M.* (1870), *Herrenbrücke, A.* (1932), S. 36 bis Seite 37.

¹²⁴⁾ *Madoz* (1948, Bd. 9, S. 539).

¹²⁵⁾ *Madoz* (1948, Bd. 9, S. 274).

¹²⁶⁾ Sammelstellen (mina, galeria, viaje) werden oft in geologischen Abhandlungen erwähnt. So sind auch im *Boletín De La Com. Del Mapa Geol. De Esp. — 2ª Serie VIII, 1906* — zahlreiche Vorkommen in der Provinz Madrid aufgeführt. Um Angaben über ihr Alter usw. machen zu können, bedarf es genauerer Untersuchungen.

manzora, bei Cartaya, in der Umgebung von Velefique (Prov. Almería) und bei Puerto Lumbreras entdeckt. Auch scheinen Ortsnamen noch bestehender oder schon verfallener Siedlungen wie Al-Qanatir, Qanat Amir, sowie Alcantarilla, Alcanadre u. a. auf ehemalige Versorgung durch Qanate zu deuten (vgl. *Kress*, 1968, S. 123 ff.).

Leider gibt es über die frühen Qanate keine Berichte, auch die arabischen Geographen erwähnen sie nicht. Deshalb ist auch nichts Authentisches über die Madrider Qanate bekannt, über ihre Anzahl, ihren Verlauf und die geförderte Wassermenge. Nahe liegt es anzunehmen, daß sie ähnlich den späteren Qanatgenerationen in den Tälchen der dem Manzanares zustrebenden intermittierenden Bäche angelegt worden sind. So haben die Viages de los Caños Viejos und de los Caños del Peral (s. Kartenbeilage 3), die nach Ansicht mehrerer Autoren (z. B. *Barra*, 1828) schon von den Mauren erbaut worden sind, beide diesen Standort: der eine in dem Tälchen der C. de Segovia, der andere in dem von der C. del Arenal überbauten Tal. Für die Annahme ihrer maurischen Herkunft spricht ihre Lage. Der erste befand sich vollständig innerhalb des maurischen Stadtgebiets, der zweite unmittelbar vor der Stadtmauer.

Verfallene Stücke alter arabischer Qanate fand man in der Umgebung des ehemaligen Alcazars in der Nähe des Königspalastes (*Paz Maroto*, 1948). Sehr eindrucksvolle Reste wurden freigelegt, als man um die Jahrhundertwende im Norden der Stadt den dritten Wasserspeicher für den Lozoyakanal anlegte. Man entdeckte auf dem 200 m x 400 m großen Baugelände mehr als 40 Qanatschächte. Sie lagen sehr dicht hintereinander, waren 23 m — 25 m tief und am Grunde noch durch Stollen verbunden (*Hauser*, 1902), (s. Abb. 40).

Die maurischen Bürger der Stadt kannten die Qanate unter der Bezeichnung „Qana“ und nannten ihre Erbauer danach „Qanawiyin“. Geläufiger war ihnen allerdings die Bezeichnung „Mayrá“, die große etymologische Bedeutung erlangen sollte (s. o.).

Die reiche Wasserversorgung ermöglichte nicht nur die oben skizzierte intensive Garten- und Landwirtschaft, sondern war auch die Grundlage für andere Gewerbezweige.

Bau und Instandhaltung des Stollennetzes erforderten den ständigen Einsatz der Qanawijin, die wegen der unruhigen Geländeverhältnisse in Madrid eine besonders schwierige Aufgabe hatten. Aus dieser Berufsgruppe entwickelte sich nach der Reconquista die Madrider Zunft der Fontaneros (Brunnenmeister). Auch die Töpferei profitierte von dem Bau der Mayrás, denn zur Leitung des Wassers auf der Stollensohle verwandte man kilometerlange Rohrleitungen. Zur Herstellung der Tonrohre war der Madrider Ton besonders geeignet, der wegen seiner Reinheit und Haltbarkeit bekannt war. Das fließende Wasser war vor allem für das ortsansässige Gerberhandwerk entscheidend. Die Gerber siedelten sich in Hanglage am Ausgang der Mayrás an, wo der Bedarf an Frischwasser zum Reinigen der Häute und für den Gerbvorgang gedeckt werden konnte (*Oliver Asin*, 1963). Später wurde die C. de la Ribera de Curtidores (= Gerber) im Süden der Stadt am Abroñigal-Bajo-Qanat der bevorzugte Standort der Gerberei.

Zum besseren Verständnis der Entwicklung der Stadt sei im folgenden kurz auf die geschichtlichen Ereignisse auf der Pyrenäenhalbinsel eingegangen: Seit dem Jahre 756 wurde das islamische Reich auf der Halbinsel von Khalifen aus dem Ge-

schlecht der Omaisaden in Córdoba regiert. Unter den Omaisaden erlebte Al Andalus eine kulturelle Blütezeit und erlitt in einem wechselvollen Kampf mit den Christenstaaten nur relativ geringfügige Einbußen. Als aber der letzte Omaisade Hisham III. im Jahre 1031 abdankte und das Reich daraufhin in zahlreiche selbständige Emirate zerfiel, gelang es den Christen, die Grenzen über das Kastilische Scheidegebirge nach Süden zu verschieben.

Im Jahre 1085 nahm Alfons VI. von Kastilien die Festung Madrid, kurz darauf auch Toledo. In der Folgezeit blieb das neugewonnene Gebiet den Mauren entzogen, wenn sie auch, durch die Almoraviden und Almohaden aus Nordafrika unterstützt, mehrere Versuche zur Rückeroberung machten. Daran erinnert in Madrid das sogenannte „Campo del Moro“, wo die Angreifer gelagert haben sollen (*Gomez Iglesias, 1954*).

Um im Innern Ordnung zu schaffen, begünstigten die Könige von Kastilien vor allem in den neugewonnenen Gebieten die städtische Entwicklung durch Verleihung von Stadtrechten, den sog. Fueros, die den Städten besondere Privilegien zusprachen. Madrid erhielt in den ersten Jahrhunderten nach der Reconquista mehrere derartige königliche Privilegien. Hervorgehoben zu werden verdient der Fuero von 1202¹²⁷⁾, da sich in ihm zum ersten Mal ein Hinweis auf die Qanatbewässerung findet. In seinem Artikel 83 wie auch im Fuero Alfons X. (1252—84) vom Jahre 1263 geht es um die Nutzungsrechte des Qanates de los Caños Viejos in der C. de Segovia (*Domingo Palacio, 1875*).

Als nach der Reconquista die Klöster N. S. de Atocha und San Martin, Santo Domingo und San Francisco in unmittelbarer Nähe der Stadt gegründet wurden, und sich Madrid durch Vorstädte nach Osten ausdehnte (*Guinard et Monbeig, 1938*), mußte das Qanatnetz erweitert und ergänzt werden.

Die maurischen Fachleute waren nach der Reconquista geblieben und lebten im Maurenviertel, der sog. Moreria Vieja (s. o.), das sich im Südwesten des damaligen Stadtgebietes in der Nähe der heutigen San Andrés-Kirche befand. Auch die Juden, die übrigens ebenfalls viele Bewässerungsspezialisten stellten (*Oliver Asin, 1959, S. 139; 1954—63, S. 16*), wohnten in einem von einer starken Mauer umgebenen Viertel zusammen (*Juderia*), dessen genaue Lage man allerdings nicht kennt (*Gomez Iglesias, 1966*).

Als Folge der Eroberung änderten sich mit der Zeit die Bezeichnungen des Qanatsystems. Die arabischen Namen „Mayrá“, „Qana“ gerieten in Vergessenheit. Es bürgerten sich neue mozarabische Bezeichnungen ein. Im 13. Jahrhundert nannte man die unterirdischen Kanäle „Alcantarillas“, später „Manaderos“ oder „Encañados“, bis sich im 16. Jahrhundert „Viage“ durchsetzte. Das Wort „Viage“ wurde mit der Zeit in Madrid allgemein üblich. Älteren Einwohnern der Hauptstadt ist es in Erinnerung an die alte Wasserversorgung heute noch geläufig. Es handelt sich dabei um eine mozarabische Umformung des lateinischen „Via Aquae“, eine Wortschöpfung, die nur in Madrid vorkommt (*Oliver Asin, 1959, S. 127*)¹²⁸⁾.

¹²⁷⁾ Er wurde zwischen 1158—1202 unter Alfons VIII. von Kastilien verliehen (*Gomez Iglesias, 1954*).

¹²⁸⁾ Verf. zieht aus diesen Gründen die Schreibweise „Viage“, die schon in alten Quellen, z. B. bei *Aznar de Polanco (1927)* verwandt wird, der Schreibweise „Viaje“ vor, die man in modernen Quellen findet und die zu Verwechslungen Anlaß gibt.

Die Könige Kastiliens weilten gerne in Madrid und besuchten es oft. Im Jahre 1301 berief Ferdinand IV. zum ersten Male die Ständeversammlung von Kastilien und León, die Cortes, in Madrid ein. Insgesamt tagten die Cortes bis zur Krönung Karl V. (1519) siebenmal in Madrid ¹²⁹⁾.

Durch die Gunst der Könige gewann die Stadt an politischer Bedeutung. Für diese Vorliebe lassen sich mehrere Gründe anführen: Das Klima galt zur damaligen Zeit — ganz im Gegensatz zu heute — als gesund und angenehm, die Luft war erfrischend, die Umgebung waldreich (*Llanos*, 1825). Schon Edrisi lobte Anfang des 12. Jahrhunderts das Madrider Klima. Viele Reisende, die Madrid nach ihm besuchten, äußerten sich bis ins späte Mittelalter im gleichen Sinne („Corren por Madrid los ayres muy delegados, por los quales siempre vive la gente sana“ . . . „clima templado“ . . . „ciudad rodeada de bosques“).

Große Anziehungskraft auf die Fürsten und ihren Hofstaat übte das wilde Jagdgebiet beim nahen El Pardo aus, wo man der Hoch- und Niederjagd nachgehen konnten. Die Stadt lag mit ihrem wohnlichen Alcázar und seiner Bevölkerung, die sich gegen die Könige Kastiliens immer loyal verhalten hatte ¹³⁰⁾, dem berühmten Jagdrevier, das besonders wegen seiner zahlreichen Bären ¹³¹⁾ bekannt war, so nahe, daß die Könige gern hier Quartier bezogen (*Tormo*, 1929).

Was Madrid den meisten anderen Städten voraus hatte, und was den Ruf der Stadt mitbegründete, war seine aus der Maurenzeit überkommene hervorragende Wasserversorgung. Der Ruf war schon im Mittelalter weit verbreitet. Um 1400 berichtete der spanische Gesandte am Hof des Mongolen-Khans Timur Ruy Gonzales de Clavijo, der aus Madrid stammte, dem Herrscher, daß seine Heimatstadt „über Wasser erbaut sei“ (*Tormo y Monzo*, 1929). Auf diese Legende bezieht sich auch Juan Hurtado de Mendoza in einem vor 1500 erschienenen Gedicht:

„De fuego ser cercada, te dixeron antiguos siglos, y sobre agua armada;
tus venas de agua y sierras luz de prestan.“

Bemerkenswerterweise findet sich auf dem ersten Madrider Stadtwappen eine Wellensignatur mit der Inschrift:

„Fui sobre agua edificada.
Mis muros de fuego son.
Esta es mi insignia y blasón.“

Dazu schreibt der Chronist *Fernandez de Oviedo* aus der Zeit der Katholischen Könige: „Dentro de la población y de fuera, cerca de los muros, hay fuentes . . . e algunas dellas de muy singular agua para el . . . continuo servicio de los vecinos . . . Asi con razon se movieron a decir los antiguos que aquella villa esta armada . . . sobre agua, porque tiene tanta, que dentro del ambito del muro se riegan muchas huertas, e con la que sobra e sale fuera de la circunferencia se riegan otras muchas huertas y heredades . . .“

Zweifellos hat die Legende ihre Grundlage in den unterirdischen Wasserkanälen und den zahlreichen Brunnen in der Stadt. Auch die Madrider selbst waren sich

¹²⁹⁾ Bei 174 Cortesversammlungen im gleichen Zeitraum.

¹³⁰⁾ Im Gegensatz zu der Toledo, die sich später im Guerra de las Comunidades an die Spitze der Aufständischen stellte.

¹³¹⁾ Madrider Wappentier.

dieses Vorzugs bewußt; dazu *Cervantes* (1547—1616)¹³²⁾ in „Viaje del Parnaso“: „... adiós Madrid, adiós tu, prado y fuentes que manan néctar, llueven ambrosia...“

Die Stadtverwaltung faßte am 9. 5. 1434 den weitsichtigen Beschluß, die städtischen Qanate für alle Zukunft für unveräußerlich zu erklären (*Domingo Palacio*, 1885). Die Nutzungsrechte wurden gesetzlich geregelt und Wasserdiebstahl unter strenge Strafe gestellt. Wie aus einem Dokument von 1481 hervorgeht, wurde die Wasserverteilung in der Stadt festgelegt. In technischer Hinsicht waren dazu in Form von Wasserverteilungsbecken, Rohrleitungen, öffentlichen und privaten Brunnen die nötigen Einrichtungen vorhanden. Schon seit langem gab es Wasserträger, die ihren Kunden das Wasser ins Haus brachten. Der Wasserhandel ebenso wie Bau und Verwaltung des Qanatsystems lagen um diese Zeit vorwiegend in den Händen von Mauren und Juden, die gewöhnlich auch den Stadtbaumeister stellten (*Millares; Artilles*, 1932).

Im Spätmittelalter hat sich das Stadtgebiet in Etappen hauptsächlich nach Osten erweitert. Unter Einschuß der Vorstände (Arrabales) erreichte sie zur Zeit der Katholischen Könige im Osten die Pl^a. Benavente und Puerta del Sol, im Norden den Pl. de Santo Domingo. Die Straßen Concepción Geronima, Carretas und das Straßenpaar Preciados-Carmen zeigen mit den Torsternen auf den beiden letztgenannten Plätzen den Verlauf der Mauer und die Lage wichtiger Tore jener Zeit an.

Um 1550 hatte sich die Stadt bis zur P. Antón Martín und der C. de Alcalá ausgedehnt. Der Verlauf dieser Mauer ist wie der der vorigen durch Texte belegt (ausführlich bei *Molina Campuzano*, 1960, S. 61 ff.).

Mit der Vergrößerung der Fläche stieg auch die Bevölkerungszahl an. Um 1560 — ein Jahr, bevor Philipp II. Madrid zur Hauptstadt machte — war die Bevölkerungszahl von einigen Tausend im Anfang des Jahrhunderts auf 20 000 bis 25 000 angewachsen. Dabei ist zu bedenken, daß zwischen 1500 und 1550 durch Auswanderung in die Neue Welt ein starker allgemeiner Bevölkerungsrückgang eingetreten war.

Dem wachsenden Wasserbedarf trug man durch Ausbau alter Qanate und durch Anlegen neuer Stollen Rechnung. In der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts wurde u. a. der Viage del Berro am Abroñigal-Tal gebaut.

Zum ersten Male wurde Spanien von Madrid aus regiert, als der Kardinal Jiménez de Cisneros für den minderjährigen Karl V. als Regent vom Jahre 1516 bis zu seinem Tod im Jahre 1518 in Madrid residierte. Später hatte Karl V. häufig seinen Sitz in Madrid. Er ließ den Alcázar ausbauen, verlieh der Stadt neue Privilegien und Marktfreiheiten und erlaubte ihr, eine Krone über ihrem Wappen anzubringen. Hier erhielt er die Nachricht vom Sieg bei Pavia (1525) und der Gefangennahme des französischen Königs Franz I. Er ließ ihn nach Madrid bringen und schloß mit ihm im folgenden Jahr den „Vertrag von Madrid“, ein Ereignis, das den Namen „Madrid“ in ganz Europa bekannt machte (*Kohl*, 1874, S. 92).

¹³²⁾ *Cervantes* war lange Zeit Madrider Bürger. Daher kannte er die Brunnen aus eigener Anschauung, die er in „Don Quixote“ (II, 22) erwähnt hat: „... las fuentes de Leganitos y Lavapiés en Madrid; no olvidándome de la del Piojo, de la del Caño Dorado y de la Priora“ (aus *Herrero García*, 1929, S. 197).

So war die Stadt gewissermaßen vorbereitet, als Philipp II. überraschend die Kanzlei von Toledo, wo er sich im Frühjahr 1561 mit seinem Hof aufhielt, nach Madrid hinüberschaffen ließ.

Über diesen Schritt liegt nichts Authentisches vor. Sicher haben ihn politische Gründe herbeigeführt. Einmal ließ sich von einer zentral gelegenen Hauptstadt wie Madrid den in Spanien auch heute noch starken zentrifugalen politischen Kräften besser entgegenarbeiten als von einer peripher gelegenen Stelle (*Courtenay*, 1959, S. 98). Zum anderen vermied die Wahl einer relativ unbedeutenden Stadt Rivalitäten zwischen den alten Zentren (Burgos, Toledo, Sevilla usw.). Zudem hat Madrid den Vorzug, auf der weiträumigen Meseta zu liegen. Seine Lage hinderte nicht wie die des engen, auf einer Mäanderschlinge angelegten Toledo zukünftige Entwicklung, sondern bot für repräsentativen Ausbau genügend Raum.

Die Entscheidung wird noch verständlicher, bezieht man die Persönlichkeit Philipp II. mit in die Überlegung ein. Aus seinem Hang zur Einsamkeit heraus empfand dieser König eine Abneigung gegen laute Betriebsamkeit. Das kleine Madrid inmitten der weiten Mesetalandschaft entsprach seinem Wesen viel eher als Toledo mit seinen gesellschaftlichen Verpflichtungen. Vor allem war er hier seinem Lieblingssitz, dem einsam am Fuß der Sierra de Guadarrama gelegenen Escorial nahe und konnte nach der Fertigstellung (1584) von dort aus seine Beamten im nahen Madrid unter Kontrolle halten (*Sainz de Robles*, 1961).

So wichtig jedes einzelne dieser Motive auch gewesen sein mag, Voraussetzung für die Entscheidung war die Wasserversorgung. Philipp hätte seinen Hof mit dem Gefolge, zu dem auch ausländische Gesandte gehörten, sicher nicht nach Madrid verlegen können, wenn nicht die in dem trockenen Klima Kastiliens äußerst wichtige Wasserfrage befriedigend geregelt gewesen wäre (vgl. *Tormo y Monzo*, 1929; *Oliver Asin*, 1959, 1963).

Welchen Eindruck die Wasserversorgung in den für die Geschichte der Stadt so entscheidenden Jahren auf den Besucher machte, zeigt ein zeitgenössischer Bericht: „ . . . aguas dulces y muy saludables, que assi en el pueblo como por do quiera que salgan ay tanta frescura con la frecuencia de las fuentes, . . . de todos los jardines particulares son tantas las fuentes, que es cosa de admiración ver . . . (*Lopez de Hoyos*, 1569; vgl. auch *Herrero Garcia*, 1929, 1930).

Daß sich Philipp um das fundamentale Wasserproblem kümmerte, zeigt seine Sorge um den Erhalt und den Ausbau der Qanatsysteme¹³³⁾. Als sich nach 1561 die Stadt schnell ausdehnte und die Zahl der Einwohner anstieg¹³⁴⁾, ließ er das Stollennetz ausbauen (*Bibl. Nac., Mss.* 20065, *Fol.* 29). So wurden Partien des Viage de Abroñigal Bajo unter seiner Regierung angelegt (*Gil Clemente*, 1926). Das Wasser dieses Qanats war das Tafelwasser des Königs (*Aznar de Polanco*, 1727 b).

Es ist zu vermuten, daß damals auch bereits am Viage de Abroñigal Alto gearbeitet wurde. Beide Qanate stammen teilweise aus noch älterer Zeit. Dafür spricht einmal, daß sie bis in das ehemals maurische Stadtgebiet reichen. Zum anderen

¹³³⁾ So wurden z. B. in seinem Auftrag Häuser eingerissen, die das Wasser des Viage de los Caños de Legitanos verunreinigten (*Arch. Mun.*, 1^a—1^o—76, 1590).

¹³⁴⁾ I. J. 1598 hatte Madrid schon 57 000 Einwohner.

werden einzelne ihrer Brunnen wie die Fuente de la Mariblanca schon in älteren Texten erwähnt (*Herrero García*, 1965, S. 130).

Das Descalzaskloster, das im Jahre 1559 von Johanna, der Schwester Philipps II. gegründet worden war, erhielt einen bedeutenden eigenen Qanat. Möglicherweise hatte auch er einen Vorläufer, da sich auf dem Grundstück vor dem Bau des Klosters der Palast Karls V. befunden hatte.

Die Stadt Madrid war nicht in der Lage, diese kostspieligen Bauten und die zahlreichen anderen Aufgaben einer Hauptstadt finanziell zu bewältigen. Der König führte daher im Jahre 1582 Sondersteuern (Sisas Ordinarias) ein. Die hohen Kosten für die Erweiterung und den Ausbau der Wasserversorgung bezahlte man z. B. mit Hilfe einer Weinsteuer (*Gomez Iglesias*, 1958, S. 31). Wie hoch die Summen waren, die für den Bau der Viages aufgebracht werden mußten, wird am Beispiel des einige Jahrzehnte später in Betrieb genommenen Viage de Amaniel sichtbar, dessen Bau mehr als 80 000 Dukaten verschlag (*Bibl. Nac., Mss. 7478, Fol 178*).

Im ganzen gesehen hat sich Philipp trotz dieser Maßnahmen nur wenig um Madrid gekümmert. Viel zu sehr war er mit dem Bau des Escorial beschäftigt, um sich mit dem planvollen und repräsentativen Ausbau der Hauptstadt zu befassen. Während in der Neuen Welt Buenos Aires, Mexiko und Lima von Spaniern gegründet und planmäßig angelegt wurden, wucherte die spanische Hauptstadt ziemlich regellos und unansehnlich aus. Dazu trug eine wohnungspolitische Maßnahme des Königs bei. Er hatte sich nämlich, um Wohnraum für den Hof zu beschaffen, bei jedem Neubau eines Wohnhauses das Verfügungsrecht über das zweite und alle weiteren Stockwerke vorbehalten. Daraufhin entstanden in der Folge unansehnliche, einstöckige Gebäude, sogenannte „Casas de Malicia“¹³⁵). Die Stadt dehnte sich dadurch schnell aus, erreichte um 1590 im Osten die Gärten am Castellana-Tal, kam im Norden bis an die C.^{es} de los Reyes, del Pez und Farmacia, im Süden bis in die Nähe der Ringstraßen (Rondas) und vergrößerte ihre Fläche um das Doppelte (*Molina Campuzano*, 1960, S. 61 ff.). Ein starker Zustrom von Adeligen mit ihrem Gesinde, von Beamten, Ordensleuten, Handwerkern usf. vermehrte die Zahl der Einwohner um die Jahrhundertwende auf ca. 60 000¹³⁶). Im Zuge dieser Zuwanderung ergab sich ein Mangel an öffentlichen Einrichtungen, auch auf dem Sektor der Wasserversorgung, zumal infolge der Mauren- und Judenpolitik der Regierung viele fähige Facharbeiter abgewandert waren¹³⁷). Außerdem hatten Landschaft und Klima an Reiz verloren, da Philipp II. zur Deckung seiner Schulden einen Großteil der Wälder in der Umgebung der Stadt hatte abholzen lassen.

Sicher haben die ungünstigen Verhältnisse Philipp III. (1598—1621) mit dazu veranlaßt, die Hauptstadt im Jahre 1601 nach dem alten Zentrum Valladolid zu verlegen. Doch erwies es sich bald, daß sich die Zentralstellung Madrids inner-

¹³⁵) „Hawen kleine Häusslein“, schreibt ein Reisender, „dass man zu Ross mit der Hand an die Dächer reichen kann“ (*Pfandl*, 1924).

¹³⁶) Madrid wuchs auf Kosten der Nachbarsiedlungen; so fiel die Einwohnerzahl Toledos von 100 000 auf 20 000 und die von Alcalá von 60 000 auf 10 000 (*Kohl*, 1874 S. 96).

¹³⁷) Die Juden wurden i. J. 1492, die Mauren (*Moriscos*) i. J. 1609 endgültig ausgewiesen. Im folgenden Jahr mußten 389 Moriscos Madrid verlassen. In Toledo 4128, in Alcalá 1206 (*Janer*, 1857).

halb der 40 Jahre so gefestigt hatte, daß König und Hof nach fünfjährigem Aufenthalt in Valladolid wieder nach Madrid zurückkehrten. Wieder setzte ein großer Bevölkerungszustrom ein. Wiederum wurde die Wasserversorgung den Erfordernissen angeglichen (*Bibl. Nac. Mss. 7478*).

Im Frühjahr 1614 begann man mit dem Bau des Viage de Amaniel. Mit ihm sollte der Palast über einen eigenen großen Qanat verfügen, der den Hof und die dazu gehörenden Institutionen in der Versorgung unabhängig machte.

Man kann als sicher annehmen, daß der Palast, der bis zum Brand im Jahre 1734 und dem Wiederaufbau in seiner heutigen Form (1737—1807) noch in Teilen aus dem Alcazar bestand, bereits vor dem Bau des Amanielqanats einen oder mehrere noch aus der Mauren- oder Nachmaurenzeit stammende Viages besaß. Sie reichten aber nicht mehr aus, den umfangreichen Hofstaat zu versorgen und die königlichen Gärten zu bewässern.

Der Bau dauerte drei Jahre. Auch hierbei konnte man auf schon bestehende ältere Stollen zurückgreifen. So wurde der Viage, der seit langem die Fuente del Cura versorgte, miteinbezogen ¹³⁸⁾. Ausmaße und Eindruck, den der neue Qanat auf die Bürger machte, sind in einem zeitgenössischen Gedicht wiedergegeben (*Bibl. Nac. Mss. 2100, Fol. 297, 1617*):

„Jamás Italia vió Conducto . . .
de tal profundidad, . . .
La oculta calidad de este edificio
a tus ojos la fabrica retira
que descubre el efecto al Beneficio.
Tu, si por dicha lo exterior te admira,
y para lo interior formas indizio
imagina lo mas, lo menos mira.“

Auf den erfolgreichen Bau des Palastqanats hin beschloß der Rat der Stadt, einen Qanat im oberen Teil des Castellana-Tals anzulegen; der Bau wurde um 1620 vollendet. Bis 1620 waren auch die beiden Qanate, die das Grundwasser im oberen und mittleren Abroñigal-Tal anzapften, nämlich die Viages de Abroñigal Alto und Abroñigal Bajo, so erweitert und ausgebaut, daß sie einen Großteil der Madrider Versorgung übernahmen. Der Abroñigal Bajo-Qanat versorgte die unteren Stadtteile (Barrios Bajos), für die oberen Viertel lag er zu tief. Diese versorgte neben anderen der Abroñigal-Alto-Qanat. Sein Wasser war doppelt so teuer wie das des Viage de Bajo Abroñigal (*Bibl. Nac., Mss. 20065, Fol. 29*).

Der unterschiedliche Preis wirft ein Licht auf das soziale Gefälle, das zwischen den höher gelegenen Stadtteilen und den „Barrios Bajos“ südlich der C. de Atocha schon damals deutlich ausgeprägt war.

Wie aus den im Stadtarchiv aufbewahrten Wasserbezieherlisten aus den Jahren 1632 (1^a — 200 — 13) und 1634 (1^a — 92 — 9) hervorgeht, wohnten die Mitglieder der oberen Gesellschaftsschichten schon in jener Zeit vorzugsweise in den nördlichen Vierteln. Als feststand, daß Madrid Hauptstadt bleiben würde, hatten

¹³⁸⁾ Die Fuente del Cura (s. Karte) ist mit dem Stollen schon i. J. 1469 bezeugt. Sie befand sich in Privatbesitz und wurde unter Philipp II. von der Stadt gekauft (*Capmani y Montpalau, 1863, S. 214*).

viele Adelsfamilien, in dem Streben, dem Throne nahe zu sein, in der neuen Zentrale einen Wohnsitz erworben. Ebenso hatten fast alle katholischen Orden eine oder mehrere Niederlassungen in Madrid, alle waren mit Privatan schlüssen versorgt. Aus den Listen ist ersichtlich, daß sie einen Großteil des Wassers für sich in Anspruch nahmen.

Das Wasser wurde daher auf die Bevölkerungsschichten sehr ungleichmäßig verteilt. Ein Beispiel:

Aus dem Manuskript 1^a — 200 — 13 geht hervor, daß im Jahre 1632 die drei großen Qanate ca. 73 000 Einwohner mit zusammen 175 Reales versorgten. Davon lieferte der Viage de la Castellana allein 30 Reales. Weit mehr als $\frac{2}{3}$ dieser Menge gingen an private Abnehmer. Den Aguadores und der Masse der Bürger blieben davon nur acht Reales.

Als der Herzog von Olivares, Günstling Phillips IV. (1621—65), den riesigen, heute noch in großen Teilen bestehenden Retiropark anlegte und den gleichnamigen Palast schuf (s. Kartenbeilage 3), baute er eigens zur Bewässerung des Parks und zur Versorgung des neuen Schlosses die bereits erwähnten Retiroqanate.

Die Finanzkraft der reichen Oberschicht wirkte sich für die Stadt günstig aus. So nahm die Stadt durch den Verkauf des Wassers der beiden Abroñigalqanate, deren Bau 150 000 Dukaten gekostet hatte, 220 000 Dukaten ein, erzielte also einen Gewinn von 70 000 Dukaten (*Bibl. Nac. Mss.* 20065, *Fol.* 29).

Im Jahre 1625 wurde das inzwischen stark gewachsene Stadtareal mit etwa 10 000 Häusern von einer Zollmauer (Cerca) umgeben. Diese letzte Mauer Madrids besaß weder Befestigungen, noch einen Graben. Sie hatte nur den Zweck, das Eindringen der Konterbande zu verhindern und eine gesundheits- und bevölkerungspolitische Kontrolle zu ermöglichen. Im Süden läßt sich ihr Verlauf heute noch an der Führung der Ringstraßen, der Rondas de Segovia, Toledo und Valencia und des Paseo de P. de Rivera gut verfolgen. Sie umfaßte den Retiropark und verlief im Norden von der Pl. de Colón längs der C^{es.} de Genova, Sagasta, Caranza und Alberto Aguilera. Bis zum Jahre 1868 bildete sie die städtische Verwaltungsgrenze. Beim Studium der Stadtpläne von 1635—1860, von den Plänen *de Wits* (1683), *Chalmandier* (1761), *de la Torre* (1800) und *Coello* (1860)¹³⁹⁾ ersieht man, daß sich das Stadtareal in dieser Zeit nicht vergrößert hat.

Zweifellos wurde das Beharren auf einem relativ engen Raum 250 Jahre hindurch von der Versorgung durch Qanate begünstigt. Bei dieser Art der Wasserversorgung, die ja das Wasser in freiem Gefälle heranzuführt und verteilt, waren dem Flächenwachstum verhältnismäßig enge Grenzen gesetzt. Es hätte sich auch in hygienischer Hinsicht unvorteilhaft ausgewirkt, wenn bei einer Ausdehnung des städtischen Areals ein Teil des Einzugsgebietes der Viages besiedelt worden wäre. Dazu kommt, daß die Viages nur eine begrenzte Schüttung hatten, die auch durch ständige Erweiterung des Stollennetzes nicht wesentlich vermehrt werden konnte. Folglich konnte auch nur eine begrenzte Anzahl von Menschen versorgt werden. Das erklärt die Stagnation in der Entwicklung bis zum Jahre 1858 (s. u.).

Mittlerweile beschränkte man sich darauf, die innerhalb der Mauern gelegenen Freiflächen zu bebauen und die Häuser aufzustocken, um dem im Vergleich zu dem

¹³⁹⁾ Diese Pläne und viele weitere sind in dem Werk von *Molina Campuzano* (1960) enthalten: *Planos de Madrid de los Siglos XVII y XVIII.*

Anstieg nach 1561 zwar verhältnismäßig langsamen, aber doch beständigen Bevölkerungswachstum gerecht zu werden (s. Abb. 42).

Über die Entstehungszeit des vierten Großqanats, des Viage de Alcubilla, gibt es unterschiedliche Angaben. *Aznar de Polanco* nennt ihn 1727 „neu erbaut“. Er wird aber schon 44 Jahre vorher in einer Handschrift des Stadtarchivs erwähnt (4 — 169 — 56). Nach *Gil Clemente* (1916) soll er sogar in seinen Anfängen im Jahre 1399 angelegt worden sein.

Er war mit seinem langen Hauptstollen und zahlreichen Nebenarmen der arbeitsaufwendigste aller Madrider Qanate. Sehr wahrscheinlich setzte man hierbei wie auch beim Bau der anderen Qanate zu den schweren und wegen Einsturzgefahr gefährlichen Erdarbeiten Sklaven ein; ähnlich wie in Nordafrika, nur waren es hier neben Negern auch gefangene Mauren und Türken. Sie sind in Madrid bis 1750 bezeugt (*Larquié*, 1970).

Der Name „Alcubilla“ leitet sich nach *Oliver Asin* (1959, S. 126) von der mozarabischen Bezeichnung „Al Qubba“ ab, in arabischer und nacharabischer Zeit der Name für die Verteilungsbecken. Tatsächlich fand man im Ursprungsgebiet dieses Viage ein solches Becken zusammen mit Stollen- und Schachtresten eines alten Qanates.

Mit dem Alcubillaqanat wurden die noch brach liegenden Grundwasserreserven im Raum Fuencarral angegriffen. Danach ließ sich der Ertrag durch Bau neuer Viages auf der Hochfläche nicht mehr wesentlich steigern. Es fehlte der Raum, um einen weiteren Qanat auf der Ebene anzulegen. Den Anstieg, den die Gesamtförderung zwischen 1722 und 1848 zeigt (s. Abb. 42), konnte man nur durch Schaffung immer neuer Nebenarme erreichen. Es ließ sich der Zeitpunkt absehen, an dem die Reserven erschöpft und Erweiterungen nicht mehr möglich sein würden. Die Wasserversorgung wurde nun zur Hauptsorge der Stadtverwaltung. Abb. 41¹⁴⁰⁾ zeigt, wie wechselnd die Schüttung war. Die kurzfristigen Schwankungen sind auf die Niederschlagsverhältnisse des betreffenden und des vorausgegangenen Jahres zurückzuführen. Die großen zyklischen Schwankungen sind dagegen nicht klimabedingt, sondern erklären sich aus der Beschaffenheit des Untergrundes.

Wie erwähnt, befinden sich inmitten der tertiären Ablagerungen der Madrider Ebene linsenförmige Grundwasserlager. Wenn beim Ausbau eines Qanats ein solches Grundwasserkissen angezapft wurde, erhöhte sich seine Schüttung sprunghaft. Nach wenigen Jahren aber, wenn der Grundwasservorrat soweit abgelaufen war, daß die Schüttung dem zufließenden Wasser entsprach, sank diese wieder merklich ab. Die Viages wurden dann wiederum durch Nebenarme erweitert, so daß mit der Zeit ein sehr verzweigtes Stollensystem entstand (s. Abb. 30; 31).

Nach *Barra* (1828, S. 37) konnte man schon im Anfang des 19. Jahrhunderts unter Beachtung des erforderlichen Abstands vom Nachbarqanat keine Erweiterungen mehr vornehmen, da die gesamte Hochfläche im Norden und Osten Madrids bereits von Viages durchzogen war („Todo el terreno en los alrededores esta taladrado con minas, de modo que ya no hay donde abrir otras“).

¹⁴⁰⁾ Die Darstellung beruht auf Angaben der Schüttung der vier ertragsstärksten Qanate aus *Barra* (1828), Mss. 1^a—112—7 des Arch. Mun., *Ardemans* (1724), *Aznar de Polanco* (1727), *Madoz* (1848), *Domingo Palacio* (1875) u. a.

Auf Vorschlag des Ingenieurs *Ferraz* (1856) wurde daraufhin im Manzanarrestal der letzte Madrider Qanat gebaut (Viage de la Fuente de la Reina). Dabei nutzte man den alten Viage de la Fuente de la Salud, der aus der Zeit Phillips V. (1701—46) stammte (s. o.).

Trotz dieser Anstrengungen wurde die Lage von Jahr zu Jahr schwieriger. Handwerks- und Industriebetriebe konnten sich nicht ansiedeln oder wurden in ihrer Entwicklung gehemmt (vgl. *Mesonero Romanos*, 1861). Bei einer Einwohnerzahl von 223 000 entfielen im Jahre 1850 auf den Kopf der Bevölkerung nur zehn Liter pro Tag. Bedenklich wurde die Situation im Sommer: Die Brunnen wurden Tag und Nacht belagert. Stundenlange Wartezeiten mußten in Kauf genommen werden. Der Wasserpreis stieg bei den Aguadores um das 12fache (*Espina y Capo*, II, 1926, S. 21/22). Man dachte sogar daran, die Hauptstadt zu verlegen (*Tormo*, 1929; *Memoria*, 1954; *Oliver Asin*, 1959).

In dieser Situation gelang es den Ingenieuren Rafo und Ribera in siebenjähriger Bauzeit (1851—58), das Wasser des Rio Lozoya aufzufangen und über einen Kanal nach Madrid zu leiten. Damit hatten sie einen Plan verwirklicht, der schon in den vorangegangenen Jahrhunderten mehrmals in Angriff genommen worden war, der aber jedesmal u. a. an den geländetechnischen Schwierigkeiten gescheitert war. (*Tormo y Monzo*, 1929, S. 452). Der Lozoya wurde in dem Stausee Pontón de la Oliva aufgefangen und über den 77 km langen und durch zahlreiche Tunnel und Aqädukte geführten Canal de Isabel II. mit Madrid verbunden. Bald darauf folgte die zweite (*Parra*), 1882 die dritte Talsperre (El Villar). Zusammen enthielten diese drei Stauseen mehr als 25 Mill. m³. Damit war die Hauptstadt praktisch unabhängig von der Versorgung durch ihre alten Qanate.

Nachdem die Fernversorgung installiert war, setzte ein stürmisches Wachstum ein, in kurzer Zeit verdoppelten sich das Stadtareal und die Einwohnerzahl. Betrachtet man die geschichtliche Entwicklung Madrids, gibt es keinen Zweifel, daß zwischen ihr und der Wasserversorgung ein enger Zusammenhang besteht. Das zeigt Abb. 16 sehr deutlich. Die Bevölkerungskurve weist an zwei Stellen einen Anstieg auf, einen leichten nach 1561 als Folge der Erhebung zur Hauptstadt, einen sehr starken und konstanten nach Eröffnung der Sierraleitungen. Danach stieg die Einwohnerzahl von 257 000 im Jahre 1855 über 331 000 (1870), 449 000 (1880) auf 539 000 im Jahre 1900.

Genauso vehement vergrößerte sich das Stadtgebiet. Im Jahre 1868 wurde die Cerca niedergelegt und die von dem Ingenieur *Castro* (1860) entworfene und „Ensanche“ genannte Erweiterung bis zu den heutigen C^{es}. Villaverde, Joaquín Costa, Fr. Silvela, Doctor Esquerdo und den Paseos de la Chopera, Yeserias und Imperial in Angriff genommen (näheres bei *Teran*, 1961). Die Ensanche gewann besonders im Norden und Nordosten des alten Stadtgebiets Raum, da, wo vor 1858 wegen der Viages nicht gesiedelt werden konnte, da man ihr Einzugsgebiet nicht überbauen wollte. Zudem lagen diese Gebiete für die Qanatversorgung zu hoch.

Im Norden und Nordosten entstanden vornehme Wohnviertel — wie das Viertel von Salamanca — mit schachbrettartigen Grundrißformen und, um die Hauptwindrichtungen (Nordosten, Südwesten) zu meiden, mit Nord-Süd, Ost-West orientierten Straßen (*Miner Otamendi*, 1968, S. 81). Dabei nahm man auf den Verlauf der Viages im allgemeinen keine Rücksicht, so daß z. B. die beiden Abroñigal-Qanate quer unter dem Viertel von Salamanca (Buenavista, s. o.) hin-

durchlaufen. Im Norden folgten die Viages den Ausfallstraßen (heute = Ces. Bravo Murillo, Garcia Morato, Luchana, Almagro u. a.), hatten also beim Ausbau des Stadtgebiets schon aus diesem Grund kaum Einfluß auf die Straßenführung.

Vor 1858 galt der Grundsatz, daß Qanate unter den öffentlichen Verkehrswegen liegen mußten, weil sie dort besser vor dem Zugriff der Anwohner durch unerlaubte Grabungen (s. o.) und vor Baumwurzeln geschützt wären als unter Privatgelände (*Ardemans*, 1824). Außerdem waren sie unter den Straßen vor Verunreinigung durch Senkgruben und dergleichen sicher. Dieser Grundsatz wurde generell befolgt, das zeigt die Kartenbeilage eindeutig. Es ist daher anzunehmen, daß alte Qanate beim Ausbau des Stadtzentrums vor der Errichtung der Cerca den Verlauf von Straßen bestimmt haben.

Aus dieser Parallelführung von Qanat- und Straßennetz ergeben sich heute große Probleme. Wie oben erwähnt, sind noch viele alte Qanatstollen, die z. T. noch Frisch- oder Abwasserleitungen bergen, im Stadtgebiet erhalten geblieben. Vor Jahrhunderten erbaut, sind sie aber dem modernen Verkehr nicht gewachsen. So ereignen sich immer wieder Straßeneinstürze¹⁴¹⁾, die wegen ihres Ausmaßes und ihrer Häufigkeit eine ernste Angelegenheit darstellen. „Straßeneinstürze sind seit Jahren“, schreibt die Frankfurter Allgemeine Zeitung am 6. 10. 1967, „eines der ernstesten Probleme, denen sich die spanische Hauptstadt gegenüber sieht.“ Den Hintergrund dieses Artikels bildete folgendes Ereignis: „In den Stunden des stärksten Nachmittagsverkehrs (des 5. 10.) begann sich die Avenida Almagro, einer der größten Boulevards Madrids, plötzlich auf einer Strecke von fast 100 m Länge und einer Breite von 20 m zu senken, und Autos und Lastwagen versanken in (der) Tiefe . . .“ Diese Einbrüche — von der Madrider Zeitung A B C am 5. 10. 1967 als „Problema Capital de Madrid“ angesehen — verursachen vor allem in der Innenstadt immer wieder große Schäden, da hier das Netz der Viages, wie die Karte zeigt, sehr engmaschig war. Der geschilderte Unfall ereignet sich auf der genannten Avenida zwischen der Pl. de Alonso Martinez und der C. de Fernando Santo. Dort stößt der Viage de Abroñigal Alto auf den Viage de la Castellana. Beide verlaufen von da ab nebeneinander (s. o.). So erklärt sich das große Ausmaß des Schadens.

Abschließend soll noch einmal auf die Wachstumstendenz der Stadt hingewiesen werden. Bis zur Fertigstellung des Kanals vergrößerte sie sich ausschließlich auf der Meseta, obwohl sich nach der Beseitigung der Maurengefahr auch die Besiedlung der Flußaue angeboten hätte. Wie beschrieben, erfolgte aber das Wachstum in entgegengesetzter Richtung, im wesentlichen nach Norden und Osten. Wenn es auch verfehlt wäre, den einzigen Grund dafür in der Qanatwasserversorgung zu suchen, kann doch ihr Einfluß nicht übersehen werden. Denn ohne Qanate wäre die ausschließliche Besiedlung der Hochfläche auf die Dauer nicht möglich gewesen. Auch war es aus Gründen der Wasserverteilung geboten, den aus Norden und Osten kommenden Viages bis zu einer gewissen Grenze entgegenzubauen. Zum dritten spielte die Tradition eine Rolle, die die Madrider bewog, bei der bewährten Wasserversorgung auf der Hochfläche zu bleiben. Die Tatsache, daß die Aue so lange von Bebauung frei blieb, findet hierin ihre Erklärung.

¹⁴¹⁾ Straßeneinstürze sind in Madrid ein sehr altes Problem. So schreibt *Ardemans* (1724): „En dos maneras se experimentan ordinariamente los hundimientos en las calles: la una, es por aver el vezino penetrado el terreno; la otra, porgue aviendo mina antigua de Madrid hecha en tiempo que le ocuparon los Moros, . . .“

Zusammenfassung und Vergleich

Die Technik der Qanatbewässerung entstand im Iranisch-Armenischen Hochland und erlangte großen Einfluß auf die Siedlungsgeschichte des Perserreiches. Von Iran ausgehend gewann sie schon im Altertum u. a. auf der Arabischen Halbinsel und im Mittelmeerraum erste Bedeutung. Für das Mittelalter wird der Entwicklungsstand in der Handschrift von *Karadji* aufgezeigt und der von ihr ausgehende Impuls auf das Vermessungswesen wahrscheinlich gemacht. Das Bauverfahren hat sich seit dieser Zeit hinsichtlich der eingesetzten technischen Geräte und in der Art und Weise der Ausführung kaum geändert.

Mit der arabischen Expansion hat sich die Kunst des Qanatbaus in Nordafrika verbreitet und auf der Iberischen Halbinsel Eingang gefunden. In diesen Gebieten entstanden in ähnlicher geographischer und topographischer Lage neue Siedlungen auf der Basis von Qanaten. Ihr Einfluß auf den Ortsgrundriß und die Sozialstruktur ist nicht zu übersehen.

Überraschenderweise bestehen derartige Übereinstimmungen in besonderem Maße zwischen den Hauptstädten Teheran und Madrid und der ehemaligen marokkanischen Hauptstadt Marrakesch. Diese Übereinstimmungen erscheinen nicht zufällig, wenn man die Übertragung und Anwendung der Qanatechnik in diesen Ländern in Betracht zieht.

Nachweislich haben Teheran und seine antike Vorläuferin Raiy, die alte Kapitale Marrakesch und Madrid in seiner islamischen Zeit und besonders seit seiner Erhebung zur Hauptstadt jahrhundertlang ihre Wasserversorgung ausschließlich oder überwiegend auf diese Weise sichergestellt. Jede dieser drei Städte befindet sich in der klassischen „Qanatlage“, d. h. auf der Schuttschlepe eines Gebirges, dessen Hochlagen bis in den Frühsommer hinein Schnee tragen und ihre Wasserreserven bei der Schmelze an die Grundwasserlager in ihrer Peripherie abgeben (s. Abb. 44).

Gemeinsam ist ihnen die Lage unterhalb besonders hoher und sogar der höchsten Gipfel ihrer Gebirge, und sie erfahren, weil sie in einem gewissen Abstand vom Gebirgsfuß gelegen sind, noch eine zusätzliche Verzögerung der maximalen Grundwasserförderung in den Sommer hinein. In ihrer Funktion als Regenfänger und Vorratshalter gleichen die Gebirge die Trockenheit des subtropischen Klimas auf den Hochebenen in etwa aus.

Abgesehen von modernen Wasserbautechniken waren die Qanate in optimaler Weise geeignet, sich in die ökologische Kausalkette einzuschalten. Verständlich daher, daß die Vergleichsstädte — jedenfalls zur Zeit ihrer Qanat-Wasserversorgung — keine räumliche Beziehung zu einem Fluß aufweisen und erst in neuerer Zeit mit dem Bau von Talsperren die Gebirgsflüsse einbeziehen.

Konvergenzerscheinungen, die auf die Wasserversorgung und -verteilung zurückgehen, lassen sich in der Struktur und Entwicklungstendenz der drei Städte feststellen: Straßenverlauf in der Gefällsrichtung; Vergrößerung der Stadtgebiete vorzugsweise auf die Grundwasserreservoirs zu; Verteilung der Sozialgruppen nach Menge und Güte des Wassers. In ihrer historischen Entwicklung sind die drei Städte durch ihr Qanatsystem begünstigt worden. Andererseits jedoch blieben sie trotz der guten Wasserqualität in bezug auf die Quantität am Existenzminimum, wodurch weder ein starker Anstieg der Einwohnerzahl noch die Ansiedlung größe-

rer Industrien möglich waren. Erst mit der Erschließung neuer Wasserreserven durch Staudämme wurde der Spielraum erweitert und einer z. T. stürmischen Entwicklung die Grundlage gegeben.

English Summary

The art to create artificial springs by water tunnels originated in the first half of the first Pre-Christian millenium on the Iranian and Armenian Highlands. The irrigation by these subterranean aqueducts or qanats gained already economical importance in Iran during the reign of the Achaemenid dynasty and were introduced to the Persian satrapies. The importance of the qanat-irrigation in Persia itself persisted also during the reign of the Parthians and Sasanids. As Arabian and Persian Geographers and early European travellers such as *Marco Polo* and *Barbaro* report this also applies to the Middle Ages. Even until recently qanat-irrigation was one of the foundations of the Persian agriculture.

The construction of the old, partly more than 20 km long, Persian qanats necessitated great technical skill and geological knowledge and presupposed exact survey. Already long before this there must have existed in Persia special instruments to survey qanats. This supposition was confirmed by the discovery of an old manuscript, the author of which gives guidance for the construction of qanats and describes special survey instruments for this purpose. He addresses himself to the expert workers for qanat construction, the moqanny, who even today form an important trade group. Thousands of villages in Iran and in other parts of the world are supplied with drinking-water by qanats. Generally the gardens and fields are then also irrigated by qanats.

Certain influences over the cultivated land and social structure are attributed to qanat-irrigation. Most of the Iranian settlements owe their existence to qanats. Their site on the alluvial fans at the foot of high altitude mountains and often their structure can be ascribed to the supply by qanats. The social structure results from the fact that the prosperous dwell near the outlet, where water is fresh and clear, whereas the poorer live lower down, where water is already warm and contaminated. As the construction of a qanat costs about 10 000 dollars per kilometre, only wealthy people owned a qanat and with it the land in Persia. In this way qanat-irrigation has furthered landlordism and promoted its conservation until the Persian landreform. Typical for regions with qanat-irrigation is strip cultivation. The size of strips is subject to the share of water that is due to the owner. The crops are cultivated according to their water demand. Intensively watered crops grow nearer to the opening of the qanat than less intensively irrigated ones. Mixture of crops in the fields seldom occurs, much more zelgen-like cultivation predominates.

Today qanats are found predominantly in the north-hemispherical dry-belt of the Old World. The centre is the Iranian plateau. From here they were spread to East Turkestan and the arid regions of the Indian subcontinent. This art was known on the Arabian Peninsula, North Africa and on the Iberian Peninsula. Spaniards brought this technique to the New World.

Until quite recently the Persian capital Teheran was the greatest qanat-oasis in the world. Situated on the alluvial fan some distance from the southern Alburz

range, but between the two rivers of the region, Karadj and Djadjerud, it has the continental and arid climate of the highland. This site is that of a typical Iranian qanat-oasis, which characterizes the proximity to mountains. The cause for the vicinity between city and mountains lies in the ecological sphere, and that is in its dependence on the mountains precipitation. This dependence has not changed even today, though the water supply is converted to barrages. Before the opening of these constructions about 1955—1961 the supply of Teheran depended nearly entirely on qanats, which tapped the ground-water fed by the Alburz rains. Even today hundreds of qanats exist on the Teheran plain. Most of the city-qanats came, according to the slope of the plain, from the Shemiran-region, some from the region between Yussefabad and Vanak, some from the plain northwest of Tarasht, one from the more than 20 km distant Ismailabad near Karadj. Their total discharge was more than 1000 l/s. This water was distributed over a coherent net of open ditches. The houses were connected with the ditches by conduits. Each qanat had its own supply district, over which the water was distributed in a certain rotation. This distribution was connected with the social structure of the city. The upper classes resided in the north of Teheran near the openings of the qanats, whereas the poorer inhabitants tended to congregate more and more in the southern part of the city, where the water pollution continued to rise as the quantity supplied continued to fall. The distribution of the population shows the pattern of the illnesses caused by water pollution.

The qanats of the Teheran plain have in the orographic-hydrogeological-climatological contrast of the landscape their ecological reason.

The mountains which arise immediately north of Teheran up to 3955 m consist of volcanic tuffs, effusions of lava and limestone sediments. The alluvial plain at the southern Alburz flank is composed of coarse boulder and pebble detritus; its lower parts consist of finer material ranging from gravel to silt and clay sediments and pass over the Masileh Kavir. With a rainfall of about 200 mm — only 3% in the summer months — the climate of Teheran has an arid character. High temperatures in summer, great insolation and air dryness cause high evaporation, which together with the variability of the precipitation further diminish the utilization of rain for agriculture and water supply. The consequence is that the water demand of the capital cannot be furnished by local precipitation. Therefore it is vital for life on the plain that the rains in the Alburz are much more productive, although they fall chiefly in the winter half-year, the summer dry-period is not so extensive as on the Teheran plain. It is most important that a great deal of the precipitation falls as snow and remains until early summer. Rain and melted snow are collected by the rivers Karadj and Djadjerud and by the numerous rivulets which reach the plain north of Teheran. Most of them are perennial with a marked maximum in spring. Only the two rivers east and west of Teheran reach the Masileh Kawir. The greatest part of water seeps away in the coarse detritus of the fans. The alluvium is an excellent reservoir of ground-water. The subterranean resources are about 10 m deep at the foot of the mountains, beneath the northern part of the city about 100 m and towards the south they again approach the surface. According to their position the qanats have a different depth. Those, which tap the ground-water beneath the lower part of the fans have a depth of about 100 m and more. Many qanats start above the hillocks above the city, where

ground-water is blocked. Collected they run into the gaps between the hillocks, where ground-water flows off. As the underground reservoirs are fed by melted snow even in early summer, the water tunnels supplied the city even in the dry season.

At the foot of the southern flank of Alburz, qanats are already documented by the antique historian Polybius. Teheran itself is not old, but has an antique precursor, the city of Rhagae, the ruins of which lie 10 km further downwards. It is true that we know nothing about its water supply in the antiquity. But there are reports of Arabian geographers of the Middle Ages, which testify its water supply by qanats. After its decay in the 13th century, the at that time very small settlement began to flourish. Even if nothing is transmitted about its water supply, there is no doubt that it was a ground-water settlement, which was founded from the outset on the basis of qanats. That is the consequence of its site, the climatological conditions, the lack of perennial streams and the great depth of groundwater. The few Arabian and European travellers who visited Teheran in the following centuries, consistently stressed its richness of water, saw numerous flowing rivulets in the lanes, innumerable road trees and fertile gardens, indicating a good water supply. One can assume that at that time Teheran was supplied by the qanats Sangeladj, Mehr Gerd and a third, which supplied the eastern part of the village. When Teheran became capital under the Qajars in 1786, the number of qanats increased quickly. Members of the Shah family and high officials built palaces in the city, surrounded by a park which had to include a qanat. The qanats have influenced the structure of the streets by the water distribution. Because the distribution was maintained in open ditches by means of gravity, the network of lanes and streets had to be established accordingly, in order to supply the town rationally. The consequence was the orientation of the main streets parallel to the slope from which the secondary streets or lanes branch off rectangularly. The upslope migration of Teheran was encouraged by the desire for purer water supply, as in the north most of the qanats emerged into the light of day. Since 1930 the privileged north was supplied by the Karadj canal and since 1956 by a modern long distance conduit the social incline increased between north and south. The definite detachment of the qanat system came 1961 with the construction of the great dam in the Karadj valley, which has a capacity of 184 000 000 m³. Since then the city had an enormous development. But today and in the future, the existence of the capital will depend on the climatic conditions in the Alburz mountains.

The city of Marrakesh offers a reflected image of the Teheran situation, concerning landscape, site and conditions of irrigation. The town lies in the midst of the basin of Haouz on an alluvial fan at a distance from the foot of the High Atlas, the ranges of which for months snow covered rise to 4165 m 30 km further in the south. In spite of the semiarid character of the surroundings the town has also not orientated at a river. The site offers another possibility of water supply, namely as at Teheran, by qanats, here called khattaras. Even today they feed the fountains and gardens of the medina. Hundreds irrigate the fields in the neighbourhood. In 1930 the town was supplied by 33 khattaras, some of which are still in operation. In contrast to Teheran the water was brought to the consumer by water mains with interposed water basins. Most of the water supply bases were public fountains.

The khattaras have influenced the plan of the town. This applied to the Almoravidian plan which with its still preserved town wall encloses vast areas that even today contain large open grounds. In the case of a besiege these were planned from the outset as basis of alimentation, which presupposes undestroyable irrigation canals. Within the enclosure, the medina formed even in 1930 a relative slim north-south directed strip; the Aguedalpark in the south of the town has the same longish ground-plan. It is orientated at the slope of the plain, and in this way renders possible the rational water distribution. The latter has also favoured relative straight-lined planning of the streets, unusual for Islamic town plans as the water mains follow the streets and lanes because of the easier accessibility and control.

This sort of water-supply bases on the natural conditions between the watershed of the High Atlas and the Oued Tensift, which pass the town a few kilometres to the north. The special feature of this is the orographical-climatological contrast between the mountains and the plain. The Atlas of Marrakesh is composed in the east predominantly of granodiorites, granites, andesites and rhyolites in the west of limestones, schists and sandstones of paleozoicum. The adjacent plain of Haouz consists chiefly of quaternaries detritus masses, the main ground-water reservoir. With its parabolike profile this alluvial plain forms a gradient. It lies in a distinct island of dryness. With 2300 mm evaporation Marrakesh gets 244 mm rainfall, which predominantly falls in the winter half-year. Under these conditions cultivation is only possible by irrigation. Of course the water requirement of the town cannot be covered by the local precipitation. Although situated in the south of the driest region of central Morocco the High Atlas of Marrakesh receives the richest precipitation of the whole Atlas system. In winter a great deal of it falls as snow as low as 800 m, it remains in the heights until July. A great part of these precipitations flows downwards to the north into the Haouz, namely with the watercourse Oued Nfis, Reraya, Ourika and Rdate. Their flowing off is pluvionival with a great maximum in spring. So the plain receives important quantities of water at the beginning of the drought period, the greater part of which seeps away into the pebbles of the alluvial fans. This water reaches the Marrakesh khattaras some weeks later. In this way they have their maximum in July-August, when the rain stops nearly completely and the rivers and watercourses have their minimum.

This advantage of the khattara irrigation has been recognized already early in the history of the town. Marrakesh was founded in 1070 by the Almoravides. According to the geographer *Idrisi* the khattaras were introduced about 1100. Then they were extended by the Almohads and after a period of decline the Saadian continued to maintain them. Also under the following dynasty of the Alouites they remained the vital water supply system, which again and again excites the admiration of the travellers. Still in 1930 not only the medina, but also the European town Gueliz were supplied by khattaras. Even though today water carriers and fountains belong to the image of Marrakesh, the khattara system is put into the background by modern waterworks: pumping-works, storage basins and a network of pipe lines. But though the method of water supply has changed, the ecological dependence of Marrakesh on the precipitations in the Atlas mountains also continue to exist.

A very similar situation is that of Madrid, which also lies on an alluvial plain at the foot of high altitude mountains, the Sierra de Guadarrama. The river Manzanares did not play a part in the development of Madrid. Before leading the water through long distance pipe lines from the S^a. de Guadarrama in the 19th century, the Spanish capital got its drinking water exclusively by water tunnels, here called viages de agua. The etymology of the name „Madrid“ gives an indication of the part, which the qanats or viages played in the history of Madrid. The name derives from the Mozarabic word for qanat „mayrá“. The suffix „it“ comes from the Latin „etum“ and was used to signify quantities. Consequently, Madrid was for the Arabs and Mozarabs the „settlement of qanats“. On the climax of development about 1855 there were six long and many smaller viages. A map of their course was found by the author in the archives of the palace. They came from the north following the slope of the meseta from the region of Fuencarral, from the northeast from the vicinity of Chamartín, Canillas and Canillejas. The water came through water mains to the consumer, who drew it by private or public fountains.

The natural conditions of the viages essentially correspond to those at Teheran and Marrakesh: i. e. the geomorphological and hydrogeological circumstances on the meseta, the subtropical climate, the orographical and climatological contrast between the high altitude mountains and the plain. The Sierra de Guadarrama is composed predominantly of granites and gneiss. The meseta at Madrid consists in the northern part of detritus sediments of the sierra, in the southern part of lacustric layers. Concerning the climate the meseta belongs to summer-dry Mediterranean climate with humid winters. Though with 435 mm Madrid receives much more rain than the two other towns, this quantity was not enough to supply the capital because of its variability of 22 %, the frequency of pouring rains, the high evaporation and the unfavorable distribution in the year. The deficiency is equalled by the precipitations of the mountains that keep part of it as snow until May-June. The flowing off of the sierra rivers, which have their main maximum in spring, proves this. In this way the viages of Madrid provided water also when the stocks of local rainfall were consumed.

This advantage of the qanats was used by the Moors against the Christians, when Madrid was a Moorish fort. When it fell in 1085, the qanats were taken over by the Christians who continued to maintain them. They were the basis of an intensive horticulture in the town and in its environments and have made its water supply well known. They were a prerequisite for Philip's decision to raise Madrid to a capital and have influenced its development considerably: The growth of population and area depended mainly on the possibility of water supply by qanats. About the middle of the last century the critical point was reached when a modern water supply had to be installed, if the capital was not to be moved. From this time on successive, considerable growth of Madrid — which had scarcely grown between 1635 and 1860 — can be observed.

If we undertake a general survey of the three towns, the following common traits come to light: Concerning their site the three towns are extraordinarily similar. All three lie in the subtropical zone of dry summer climate on the middle or inferior part of the alluvial fan of mountains, the heights of which receive richer

rains, are snow-covered until spring and give up these reserves of water during the melt to reservoirs of groundwater in the alluvial fans.

Further, by the same utilization of these ecological conditions for the water supply by qanats, and for the distribution of ground-water within the slightly rising urban area by a coherent net of water mains, the three towns can also be looked upon as convergent in a hydrotechnical way.

In their historical development the three towns are favored by their water supply by qanats, for instance it was a prerequisite for Madrid's elevation to a capital. But on the other hand this water supply never disposed of great reserves therefore neither a great increase of population nor settlement of industries were possible. Only with the opening of new water reserves by the construction of dams in the mountains the space for action was widened and has to a great extent given the basis for a sudden development.

LITERATURVERZEICHNIS

- ADAN DE YARZA, R., 1906: Estudios Hidro-Geologicos. Provincia de Madrid. Zona entre Madrid, San Martín de Valdeiglesias y el Ferrocarril de Madrid a Alicante. Bol. de la Com. del Mapa Geol. de Esp.-2ª Ser. VIII. Madrid.
- AHRENS, P. G., 1966: Die Entwicklung der Stadt Teheran. Eine städtebauliche Untersuchung ihrer zukünftigen Gestaltung. Opladen.
- ALCALÁ, P. DE, um 1500: Arte para ligeramente saber la lengua arábiga.
- ALIA MEDINA, M., J. MENENDEZ AMOR, C. VIDAL BOX 1957: Livret-Guide de l'excursion C₃ et C₄: Guadarrama, Massif de Peñalara et variation El Escorial, Manzanares El Real. Inqua, 5. Congès. Intern. Madrid—Barcelona.
- ALY BEY EL ABBASSI, 1814: Voyages en Afrique et en Asie pendant les années 1803—1807. 3 Bde. Paris.
- AMANI, M., 1973: Vue d'ensemble sur la Situation démographique de l'Iran. Rev. Géogr. Lyon, V. 48, No. 2.
- AMBROGGI, R., G. THUILLE, 1952: Haouz de Marrakech. Extrait du Hydrogéologie du Maroc. Rabat.
- ANET, CL., 1924: Feuilles Persanes. Paris.
- ARCHIVO MUNICIPAL, MADRID.
 1590: Mss. 1^a—1^o—76
 1730: Mss. 4—300—1
 1730: Mss. 4—300—2
 1730: Mss. 4—300—3
 1765: Mss. 1^a—200—27
 1818: Mss. 1^a—112—7
 1820: Mss. 1^a—113—8
 1869: Mss. 13—105—33
- ARCHIVO DEL PALACIO NACIONAL, Madrid. Legajo 7.
- ARDEMANS, T., 1724: Fluenzias de la Tierra y Curso Subterraneo de las Aguas. Madrid.
- ATLAS MONOGRAPHIQUE MAROCAIN. 1951: La Plaine du Haouz. Direction de l'Agriculture du Commerce et des Forêts, Service de la Mise en Valeur et du Génie Rural. Rabat.
- AWAD, H., 1958: L'eau et la géographie humaine dans la zone aride. Bull. Soc. Géogr. Egypte. Vol. XXXI.
- AZNAR DE POLANCO, J. C., 1727 (a): Arithmetica inferior y Geometría práctica y especulativa; origen de los nacimientos de las aguas dulces y gordas de esta coronada Villa de Madrid, sus viajes subterráneos con la noticia de las fuentes públicas y secretas de las casas de los señores y particulares, y cantidad que tiene cada uno. Madrid.
 — 1727(b): Origen de los tres biages de agua que abastecen a Madrid. Handschrift der Biblioteca Municipal Madrid, M 510/17.
- BARBARO, J., A. CONTARINI: Travels to Tana and Persia. Translated from the Italian by W. Thomas, Clerk of the Council to Edward VI, and by S. A. Roy, Esq., Hakluyt Soc. 1873, London.

- BARDON, H., 1912: Fez et Merrakech; les deux capitales du Maroc. Bull. Soc. Géogr. et d'Études Coloniales de Marseille. V. 36.
- BARRA, F. J., 1828: Observaciones sobre el abastecimiento de aguas a Madrid y el modo de aumentarlas. Madrid.
- BEADNELL, H. J. L., 1909: An Egyptian Oasis. An Account of the Oasis of Charga in the Lybian Desert, with special reference to its history, physical geography, and water-supply. London.
- BEAUCLERK, G., 1828: A journey to Marocco in 1826. London.
- BEAUMONT, P., 1971: Qanats in Iran. Bull. Assoc. int. Hydrol. scient. t. XVI, nº 1.
- BEAUSSIER, M., 1887: Dictionnaire pratique arabe-français. Algier.
- BEAZLEY, G. A., 1920: Surveys in Mesopotamia during the war. Geogr. Journ. 55.
- BECKETT, P. H. T., 1953: Qanats around Kirman. Journ. Roy. Central Asian Soc. Vol. 40. London.
- 1957: The soils of Kerman, South Persia. Journ. of Soil Science. Vol. 9.
- BÉMONT, F., 1961: L'irrigation en Iran. Annales de Géogr. T. 70, Nr. 377.
- 1969: Les villes d'Iran. Dès cités d'autrefois à l'urbanisme contemporain. Paris.
- BENT, TH., 1894: Expédition to the Hadramat. Geogr. Journ.
- BERCHEM, M. v., 1952: A la recherche de Sedrata. Archaeologica Orientalia in memoriam Ernst Herzfeld. New York.
- BIBLIOTECA NACIONAL MADRID.
 1617: Mss. 2100, Fol. 297.
 1830/31: Mss. 7478.
 o. J.: Mss. 20065, Fol. 29.
- BILLINGHURST, G. E., 1893: L'irrigation de Tarapacá. Santiago.
- BIROT, P., L. SOLÉ SABARIS, 1954: Investigaciones sobre la morfología de la Cordillera Central Española. C. S. I. C. Inst. J. S. Elcano. Madrid.
- BOBEK, H., 1937: Die Rolle der Eiszeit in Nordwestiran. Ztschr. f. Gletscherkunde. 25.
- 1955: Klima und Landschaft Irans in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. Geogr. Jahrbuch. aus Osterr. XXV. Bd. 1953/54.
- 1958: Teheran. Festschrift Hans Kinzl. Schlern-Schriften Bd. 190. Innsbruck.
- 1962: Iran. Themen zur Geographie und Gemeinschaftskunde. Hrsg. v. W. W. Puls. Frankfurt—Berlin—Bonn.
- BOLSENKÖTTER, H., 1960: Die Wasserversorgung von Madrid. Gas und Wasser. 101. Jahrgang, H. 48.
- BONET Y GALEA, C., 1935: El problema del agua en Madrid. Madrid.
- BOUVAT, L., 1912: Les Barmécides. Paris.
- BREDDIN, H., 1969: Der Elburs im Iran, ein Schuppengebirge. Geol. Mitt. Bd. 10, H. 1. Aachen.
- BRIGGS, L. C., 1960: Tribes of the Sahara. Cambridge Mass.

- BRITISH ADMIRALTY, 1946: *Western Arabia and the Red Sea*. Geogr. Handbook Series, 527. London.
- BRIVES, A., 1909: *Voyage en Maroc 1901—1907*. Alger.
- BROWN, J. A., 1965: *A geographical study of the evolution of the cities of Teheran and Isfahan*. Ph. D. Thesis of Univ. of Durham.
- BROWNE, E. G., 1927: *A year amongst the Persians. Impressions as to the life, character and thought of the people of Persia*. Cambridge.
- BRUGSCH, H., 1863: *Reise der königlich preußischen Gesandtschaft nach Persien 1860/61*. Leipzig.
- BRUNHES, J., 1902: *Les Oasis du Souf et du M'zab*. La géographie Bull. Soc. Géogr. T. V.
- BRUNOT, L., 1920: *Notes lexicologiques sur le vocabulaire maritime de Rabat et Salé*. Paris.
- BURSAUX, W., 1910: *L'oasis d'El Guettar, ses ressources, sa décadence*. Revue Tunisienne, No. 83.
- CAMBRIDGE HISTORY OF IRAN, 1968: Bd. I. *The Land of Iran*. Cambridge.
- CAMBRONERO, C., 1909: *El abastecimiento de aguas en Madrid. Apuntes históricos. Nuestro Tiempo*. Abril. Madrid.
- CAPMANI Y MONTPALAU, A., 1863: *Origen histórico y etimológico de las calles de Madrid*. Madrid.
- CAPOT-REY, R., 1953: *L'irrigation au Sahara français. Mélanges géogr.* IV.
- CARDI, DE B., 1971: *Archaeological Survey in the northern Trucial States*. East and West, Sept.—Dec.
- CASTRO, C. M., 1860: *Memoria descriptiva del anteproyecto de ensanche de Madrid*. Madrid.
- CLAVIGO, R. G. DE, 1859: *Clavigos Reisebeschreibungen*. Hrg. von C. R. Markham, London. Neu bearbeitet von G. Le Strange, *The Broadway Travellers*, London, 1928.
- CÉNIVAL, P. DE, 1936: *Marrakesch. Enzyklopädie des Islam*. Bd. III. Leiden.
- CHAMPAULT, D., 1969: *Un oasis du Sahara Nord-Occidental*. Tabelbala. Etudes et documentations de l'institut d'ethnologie. Paris.
- CHARIGNON, A. J. H., 1924: *Le Livre de Marco Polo*. 3 Vols. Peking.
- CHÉNIER, M. DE, 1787: *Recherches historiques sur les Maures et histoire de l'empire de Maroc*. 3 Vols. Paris.
- CHRISTIANSEN-WENIGER, F., 1961: *Alte Methoden der Wassergewinnung für Bewässerungszwecke im Nahen und Mittleren Osten unter besonderer Berücksichtigung der Kanäle. Wasser und Nahrung*. H. 1—2.
- COCK, H., o. J. (1584) *Mantua Carpetana heroice descriptiva*. Hrsg. von Morel-Fatio und A. Rodriguez-Villa in *Revista de Archivos, Bibliotecas y Museos*, 1883. Madrid.

- COLIN, G. S., 1932: La noria marocaine et les machines hydrauliques dans le monde arabe. *Hespéris*, XIV.
- COTE, M., J. LEGRAS, 1966: La variabilité pluviométrique interannuelle au Maroc. *Rev. géogr. de Maroc*. No. 10.
- COURTENAY, P. P., 1959: Madrid. The circumstances of its growth. *Geography*, No. 44, Jan.
- CRESSEY, G. G., 1958: Qanats, Karez, and Foggaras. *Geogr. Rev.* Vol. 48. New York.
- CURZON, G. N., 1892: *Persia and the Persian Question*. 2 vol. London.
- DELANNOY, H., 1971: Aspects du climat de Marrakech et de sa région. *Rev. Géogr. du Maroc*, 20.
- DEQUIN, H., 1961: Die Landwirtschaft Saudisch-Arabiens und ihre Entwicklungsmöglichkeiten. Diss. Berlin.
- DESIO, A., 1959: *Geologia applicata all'Ingeneria*. Milano.
- DESPOIS, J., 1961: Development of Land Use in Northern Africa. *Arid Zone Research*. XVII, A History of Land Use in Arid Regions. Unesco.
- DEVERDUN, G., 1956: *Inscriptions arabes de Marrakech (dès origines à 1912)* Rabat.
— 1959: *Marrakech dès origines à 1912*. Rabat.
- DILLON, J. T., 1780: *Travels through Spain*. London.
- DJAWAHAKALAM, A., M. GHAZWINI, 1947: *Tarikh-e-Tehran*. Tehran.
- DOMINGO PALACIO, T., 1875: *Manual del empleado en el archivo general de Madrid, con una reseña histórica del municipio*. Madrid.
- DOUGHTY, CH., 1888: *Travels in Arabia*.
- DRESCH, J., 1941: *Recherches sur l'évolution du relief dans la Massif Central du Grand Atlas. Le Haouz et le Sous*. Tours.
- DRESCH, J., 1959: Le piémont de Téhéran. *Bull. de l'Assoc. de Géogr. Franc.*, Nos. 284—85, Mai-Juin.
- DUC DES CARS, 1890: *Mémoires du duc des Cars*, Paris. 2 vols.
- ENGALENC, M., 1968: Contribution à la géologie, géomorphologie, hydrogéologie de la région de Téhéran (Iran). C.E.R.H. Diss. Montpellier.
- ENGLISH, P. W., 1966: *City and village in Iran. Settlement and economy in the Kirman Basin*. Madison (Milwaukee), London.
— 1968: The origin and spread of qanats in the Old World. *Proc. Amerc. Phil. Soc.* Vol. 112, No. 3.
- ERGENZINGER, P., 1969: Die Siedlungen des mittleren Fezzan (Lybien). Ein Beitrag zur Siedlungsgeographie der Wüste. *Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti*. Berliner Geogr. Abh. H. 8.
- ESPINA Y CAPO, A., 1926: *Notas del viaje de mi vida*. Madrid.
- ETAMAD-SALTANEH, M. H. KH., 1306 (H): *Moasser wa assar*. Tehran.

- EVENARI, M., L. SHANAN, N. TADMOR, Y. AHARONI, 1961: Ancient Agriculture in the Negev. *Science*, vol. 133, No. 3457, March 31.
- FÉNELON, M., 1941: L'irrigation dans le Haouz de Marrakech. *Bull. de Assoc. des Géogr. Français*. Mai—Juin.
- FERNANDEZ QUINTANILLA, E., 1929: Madrid. Información sobre la ciudad. *Memoria. Madrid*.
- FERRAZ, V., 1856: Memoria de los trabajos ejecutados para obtener la elevación y repartimiento de las aguas llamadas de la Fuente de la Reina. *Madrid*.
- FEYLSOUFFI, E., 1958: Underground water, kanats, and deep wells. *Independent Irrigation Administration. Tehran*.
- FISCHER, C. A., 1802: *Gemaelde von Madrid*. Berlin.
- FORBES, R. J., 1955: *Studies in ancient technology*. Leiden.
- FRASER, J. B., 1838: *A winter's journey*. London.
- FURON, R., 1963: Le problème de l'eau dans le monde. Importance biologique de l'eau. *Paris*.
- GABRIEL, A., 1952: *Die Erforschung Persiens*. Wien.
- GANJI, M. H., 1955: The climats of Iran. *Bull. de la Soc. de Géogr. d'Egypte*.
- GAUTIER, E. F., 1906: *Les Oasis Sahariennes*. Alger.
- GENTELLE, P., 1965: L'irrigation en Chine aride depuis 1949. *Etude géogr. d'après les sources chinoises*. Thèse 3^e cycle, Paris.
- GIL CLEMENTE, J., 1916: Informe de remisión de los proyectos de reforma, reparación y saneamiento de los viajes antiguos de agua de la Villa de Madrid. *Madrid*.
- GIBB, A. & PARTNERS, 1948: Tehran water supply and irrigation. *Official report to the Planorganisation of Iran. Tehran*.
- 1958: Water resources survey Tehran Region. *Official Report to the Planorganisation of Iran*. London, Tehran.
- GILSENBACH, R., 1961: *Die Erde dürrtet*. Leipzig, Jena, Berlin.
- GOBLOT, H., 1963: Dans l'ancien Iran, les techniques de l'eau et la grande histoire. *Annales E.S.C.* Mai—Juin.
- 1965: Note sur l'interaction des techniques dans leur genèse. *Rev. Philosoph.* 90.
- GOMEZ IGLESIAS, A., 1954: Madrid, Villa Medieval. *Rev. de la Biblioteca, Archivo y Museo*, XIII. No. 68. Julio.
- 1966: El Madrid Medieval. *Inst. de Est. Madril. Aula de Cultura. Curso sobre Historia de Madrid*. Madrid.
- 1968: La Transformación de Madrid durante el reinado de Felipe II y la creación de las primeras juntas de urbanismo. *Villa de Madrid*, V. 22—23. Madrid.
- GUEYTAT, 1914: Les adductions d'eau de la ville de Marrakech. *Arch. de Méd. et de Phar. Militaires*, 63. Mai.
- GUINARD, P., P. MONBEIG, 1938: Madrid. *Ann. de Géogr.* XLI.

- HABEREY, W., 1971: Die Römischen Wasserleitungen nach Köln. Die Technik der Wasserversorgung einer antiken Stadt. Düsseldorf.
- HAUSER y KOBLER, F., 1902: Madrid bajo el punto de vista médico-social. Madrid.
- HEDIN, S., 1910: Zu Land nach Indien. Leipzig.
- HERBERT, TH., 1663: Relation du voyage de Perse. trad. du Flamand P., J. Van Vliet. Paris.
- HERNANDEZ PACHECO, F., 1941: Características fisiograficas del territorio de Madrid. C.S.I.C. "Anales de Ciencias Naturales", Inst. J. de Acosta. Madrid.
- HERRENBRÜCK, W., 1932: Die Vega von Granada. Diss. Wuppertal-Elberfeld.
- HERRERO GARCIA, M., 1929: Las Fuentes de Madrid. Rev. de la Biblioteca, Arch. y Museo, VI. abril, No. 22. Madrid.
- 1930: Las Fuentes de Madrid. Reformas de Felipe III. Rev. de la Biblioteca, Arch. y Museo, VII. oct., No. 28.
- 1950: El conflicto del agua. Los aguadores de Madrid. Rev. de la Biblioteca, Arch. y Museo, XIX. No. 59—60.
- HÖFNER, M., H. VON WISSMANN, 1925: Beiträge zur historischen Geographie des vor-islamischen Arabiens. Abh. Akd. Wiss. und Lit., Mainz, Geistes- und sozialwiss. Kl., No. 4.
- HÖLL, K., 1958: Wasser. Untersuchung, Beurteilung, Aufbewahrung, Berlin.
- HUMLUM, J., 1965: Underjordiske Vandingskanaler: Kareze, Qanat, Foggaras. Kulturgeografi. 16. Jahrgg. Dez.
- HUNTINGTON, E., 1907: The Depression of Turfan, in Central Asia. Geogr. Journ. II.
- 1935: Climatic Pulsations. Sven Hedin Festschrift. Stockholm.
- Al-Hulal al-mawšiya fi dikr al-ahbār al-murrākīšiya. Anonyme Chronik der almohadischen und almoravidischen Dynastien. Ins Spanische übersetzt von Huici Miranda. 1951, Tetuan.
- IBN BATTUTA: Travels in Asia and Afrika. Transl. by Sir Hamilton Gibb. 1929, New York.
- IBN MUHALIL: Travels in Iran. (Arabischer Text mit englischer Übersetzung von V. Minorsky. Cairo, 1955.
- AL-IDRISI: Nuzhat al-Müstāq. Description de l'Afrique et de l'Espagne. Edit. et trad. par R. Dozy et J. de Goeje. 1866, Leyde.
- Al-Istibsār fi 'aya 'ib al-amsār siehe Kitab al-Istibsār.
- JANER, J., 1887: Condición social de los moriscos de España. Madrid.
- JAUBERT, P. A., 1821: Voyage en Armenie et en Perse. Paris.
- JAUSSEN, A., R. SAVIGNAC, 1920: Mission Archéologique en Arabie. Paris.
- JENTSCH, CH., 1965: Typen der Agrarlandschaft im zentralen und östlichen Afghanistan. Arb. aus dem Geogr. Inst. d. Univ. d. Saarlandes. Bd. 10.
- 1970: Die Kareze in Afghanistan. Erdkunde. Bd. XXIV.

- JOLEAUD, L., 1933: Traditions corporatives des constructeurs de cours d'eaux souterrains (rhettaris) et des maîtres de l'heure (moule el keits) de Marrakech. Rev. Scientifique, 23. Dec., No. 24,71^e année. Paris.
- JOLY, F. 1958: Etude des indices de Thornthwaite pour quelques stations du Maroc. Ann. de Service du Physique du Globe et de la Météorologie. T. XVIII.
- JONES, J. R., 1960: Brief resumé of ground water conditions in Libya. Benghazi.
- JUDSON, S., A. KAHANE, 1963: Underground drainageways in Southern Etruria and Northern Latium. Papers of the British School at Rome. Vol. 31, N. Ser. Vol. 18. Rome.
- KAERGER, K., 1893: Die künstliche Bewässerung in den wärmeren Erdstrichen und ihre Anwendbarkeit in Deutsch-Ostafrika. Berlin.
- KARADJI, M.: Estekhradje aabhaye penhani (=Erschließung verborgener Wasser). Neuaufgabe Teheran, 1966. Aus dem Arabischen ins Persische übersetzt von H. Khadiv-Djam.
- KAZWINI: El Cazwini, Kosmographie. Hrg. Wüstenfeld. Göttingen. 1848—49.
- KEIHAN, M., 1931: Djoghrafia-e moffassal-e Iran, 3 Bde. Teheran.
- KIANPUR, J., 1956: Hygienische Probleme der Wasserversorgung Teheran. Diss. Med. Fak. Hamburg.
- KINZL, H., 1944: Die künstliche Bewässerung in Peru. Ztschr. f. Erdk. Jg. 12.
— 1963: Die altindianischen Bewässerungskulturen in Peru nach der Chronik von Cieza de León (1553). Bobeck-Festschrift. Mitt.Öster.Geogr.Ges. 105.
- Kitāb al-Istibsār fī 'ayā 'ib al Amsār. Anonyme Chronik des 13. Jh., Übersetzt von E. Fagnan. 1899.Constantine.
- KLAUBERT, H., 1966: Kanate in Selb/Bayern und Umgebung. Wasser und Boden, Mai.
- KOBORI, I., 1969: Le system d'irrigation dans le Sahara Central — Tidikelt. Bull. Dep. Geography, Univ. of Tokiyo. No. 1.
- KÖNIG, W., 1962: Die Achal Teke. Zur Wirtschaft und Gesellschaft einer Turkmenengruppe im 19. Jahrhundert. Veröff. des Mus. f. Völkerk. zu Leipzig. H. 12. Berlin.
- KOTSCHY, TH., 1861—62: Der westliche Albus bei Teheran. Mitt. Geogr. Ges. Wien. Bd. 5—6.
- KOVDA, V. A., 1961: Land Use Development in the Arid Regions of the Russian Plains, the Caucasus, and Central Asia. Arid Zone Research XVII. A History of Land Use in Arid Regions. UNESCO.
- KRENKOW, F., 1951: The construction of subterranean water supplies during the Abbaside Caliphate. Transact. of the Glasgow Univ. Oriental Soc., Vol. 13.
- KRESS, H. J. 1968: Die islamische Kulturepoche auf der iberischen Halbinsel. Eine historisch-kulturgeographische Studie. Marburger Geogr. Schr. H. 43. Marburg.
- KRZIZ, A., 1877: Karte von Teheran, veröff. von G. E. Polak in Mitt. Geogr. Ges. Wien.

- KUROS, GH. R., 1943: *Irans Kampf um Wasser*. Berlin.
- 1968: *Altiranische Wasserbaukunst im Lichte neuerer Forschung*. Verf. Manusk. eines Vortrages. Teheran.
- , E. REZA, M. A. EMAMSHOSTERI, A. A. ENTESAMI, o. J. (1973): *Ab wa fanne abyari dar irane bastan*. Tehran.
- LAMBERT, P., 1868: *Notice sur la ville de Maroc*. Bull. Soc. Géogr. No. 107. Paris.
- LAMBTON, A. K. S., 1953: *Landlord and Peasant in Persia*. London.
- 1969: *The Persian Landreform 1962—66*. Oxford.
- LARQUIÉ, K., 1970: *Les esclaves de Madrid à l'époque de la décadence 1650—1750*. Rev. Historique, 94^e Année, 244.
- LASSOE, J., 1951: *The irrigation systems at Ulhu (8th cent. B. C.)*. Journ. Cuneiform Studies. T. 5, No. 1.
- LAUTENSACH, H., 1951: *Die Niederschlagshöhen auf der Iberischen Halbinsel*. Pet. Geogr. Mitt. 3. Gotha.
- 1960: *Maurische Züge im geographischen Bild der Iberischen Halbinsel*. Bonner Geogr. Abh. H. 28.
- 1960: *Die Temperaturverhältnisse der Iberischen Halbinsel*. Die Erde. 2.
- E. MAYER, 1960: *Humidität und Aridität insbesondere auf der Iberischen Halbinsel*. Pet. Geogr. Mitt. 4. Gotha.
- 1964: *Die Iberische Halbinsel*. München.
- LEARED, A., 1876: *Morocco and the Moors*. London.
- LEHMANN-HAUPT, K. F., 1926: *Armenien einst und jetzt*. Berlin und Leipzig.
- LE MESURIER, A., 1889: *From London to Bochara and a ride to Persia*. London.
- LENZ, O., 1895: *Wanderungen in Afrika*. Studien und Erlebnisse. Wien.
- LEO AFRICANUS: *Description de l'Afrique tierce partie du monde*. Trad. de J. Temporal, nouvelle édit. annotée par Ch. Schefer. Paris. 1896—98.
- LETTS, M., 1957: *The travels of Leo of Rozmithal*. London.
- LEWIS, N. N., 1949: *Malaria, irrigation, and soil erosion in Central Syria*. Geogr. Rev.
- LLANOS, B., 1825: *Memoria sobre los medios de mejorar el clima de Madrid restablecer su salubridad y fertilidad*. Madrid.
- LO, CAP., 1953: *Les foggaras du Tidikelt*. Trav. de l'Inst. de Rech. Sahariennes. T. X. 1953, T. XI, 1954.
- LOCKHART, L., 1960: *Persian Cities*. London.
- LOPEZ DE HOYOS, J., 1569: *Hystoria y relacion verdadera de la enfermedad felicissimo tránsito y sumtuosas exequias fúnebres de la Serenisima Reina de España Doña Isabel de Valois nuestra Señora*. Madrid.
- LOZA Y COLLADA, E., 1903: *El servicio del agua en Madrid, estudiado en su aspecto higiénico-administrativo*. Madrid.

- MAC FADYEN, W. H., 1942: The early history of water supply. Discussions. Geogr. Journ. 99.
- MAC GREGOR, C. M., 1871: A contribution towards the better knowledge of the topography, ethnology, resources, and history of Persia. Central Asia. Part IV. Calcutta.
- MADOZ, P., 1848: Dicionario Geografico Estadistico Historico. Madrid.
- MAHMUD-ALI-MAKKI. 1968: Ensayo sobre las aportaciones orientales en la España musulmana y su influencia en la formación de la cultura hispano-árabe. Madrid.
- MALEK, H., 1966: Les unités de mesure agricoles en Iran. Bull. Sec. Géogr. T. LXXVIII, 1965. Paris. Ministère de l'éducation nationale; Comité des Travaux historiques et scientifiques.
- MALLADA, L., 1906: Aguas y pozos de los barrios bajos de Madrid. Bol. Com. Mapa Geol. de España. T. 28. Madrid.
- MARCET, A., 1886: Le Maroc. Paris.
- MARGAT, J., 1958: Les recherches hydrogéologiques et l'exploitation des eaux souterraines au Tafilat. Mines et géologie, 4, Rabat.
- MARINEO SICULO, L., 1530: De Rebus Hispaniae Memorabilibus. Alcalá de Henares.
- MARMOL CARVAJAL, L. DE, 1573: Descripción general de Affrica. 3 vol. Granada. Trad. par Nicolas Perrot d' Ablancourt 3 vol. 1667, Paris.
- MARTIN, A. G. P., 1903: Les Oasis Sahariennes. Gourara, Tidikelt, Touat. Paris.
- MARTINIÈRE, H. DE LA, 1919: Souvenirs du Maroc. Paris.
- MAZLOUM, S., 1936: L'ancienne canalisation d'eau d'Allepe. Document d'Etudes Orientales de l'Institut. franc. de Damas. Vol. 5.
- MELAMID, A., 1970: Khargh Island. The Geographical Rev., July.
- MEMORIA. Canal de Isabel II. 1946—1950. 1954. Ministerio de Obras Publicas. Madrid.
- MENSCHING, H., 1957: Marokko. Die Landschaften im Maghreb. Heidelberg.
— WIRTH, 1973: Nordafrika—Vorderasien (in Fischer-Länderkunde).
- MERLICEK, E., 1941: Aus Irans Kulturvergangenheit. Wasserwirtschaft und Kultur in ihren Zusammenhängen und gegenseitigen Beziehungen. Deutsche Wasserwirtschaft, Bd. 36.
- MESONERO ROMANOS, R., 1861: El Antiguo Madrid, paseos históricos anecdóticos por las calles y casas de esta Villa. Madrid.
- MEYKADEH, G. A., R. FITT, L. BODDINGTON, 1958: Teheran Water Supply raw water collection and distribution system. Proc. Inst. Civil. Engin.
- MEZ, A., 1922: Die Renaissance des Islam. Heidelberg.
- MILES, S. B., 1901: Across the Green Mountains of Oman. Geogr. Journ. Nov.
- MILLARES CARLO, A., J. ARTILES RODRIGUEZ, 1932: Libros de Acuerdos del Consejo Madrileño (1464—1600). Madrid.
- MINANO, 1826: Diccionario Geográfico-Estadistico de España y Portugal. Madrid.

- MINER OTAMENDI, J. M., O. J. (1968): El Plan de Ensanche de 1860. Villa de Madrid, V., No. 22—23.
- MINISTERIUM FÜR WASSER UND ENERGIE IN TEHERAN, 1348 (H.): Hydrogeologischer Atlas des Südeiburs. 1. Bd. Qazwin, Karadj, Tehran, Varamin, Eywankey, Garmsar. Tehran.
- MINORSKY, V., 1927: „Kanat“. Enzyklopädie des Islam. Leiden, Leipzig.
— 1934: „Teheran“. Enzyklopädie des Islam. Leiden, Leipzig.
- MOCQUET, J., 1617: Voyages en Afrique, Asie, Indes orientales et occidentales. Paris. Ins Holländische übers. von S. van Hoogstraaten. 1656.
- MOLINA CAMPUZANO, M., 1960: Planos de Madrid de los siglos XVII y XVIII. Madrid.
- MOUTERDE, R., A. POIDEBARD, 1945: Le Limes de Chalcis. Bibl. archeol. et hist., 38. Paris.
- MÜLLER, K., 1933: Das Klima Neukastiliens auf Grund der span. Wetterbeobachtungen der Jahre 1906—25. Diss. Gießen.
- MURRAY, J., 1955: Water from the Desert: Some Egyptian Achievements. Geogr. Journ. 121.
- NADJI-ESFAHANI, M., 1971: Geologie und Hydrogeologie des Gebietes von Kashan/Iran. Diss. Aachen.
— 1972: Luftbild, Kanate in der Ebene von Kashan, Iran. Die Erde, Ztschr. Ges. Erdk. Berlin, 102. Jg., H. 314.
- AN-NASIRI, A. B. KH., 1894: Kitab al-Istiqsa li-ahbar duwal al-Magrib al-aqsa. Kairo. Quatrième Partie. Chronique de la Dynastie Aloiue du Maroc. T. II. Trad. par E. Fumey. Arch. Maroc. 1907, V. Paris.
- NELIGAN, A. R., M. D. LOND., M.R.C.S., D.T.M., H. CAMB, 1926: Public Health in Persia 1914—24. The Lancet, March.
- NESBIT, A. P., BAWA, K. S., 1960: Ghanat Water Collection System. The Military Engineer. No. 350. Nov.—Dec.
- NICOLAISEN, 1954: Some aspects of the problem of normandic cattle breeding among the Tuaregh of the Central Sahara. Geogr. Tidsschrift, No. 53.
- NOEL, E., 1944: Qanats. Journ. Royl. Cent. Asian Soc., London. Vol. 31.
- NOIN, D., 1961: La neige au Maroc. Notes Marocaines. Rev. Soc. Géogr. Maroc. No. 15.
- NUNEZ GRANÉS, P., 1910: Conducción de aguas. Plano grafico de situación de los viajes antiguos. Madrid.
- ODA, T., 1962: Irrigation in Iran, especially on Kanat. Heibonsha. Tokyo. (japanisch)
- OEHME, R., 1955: Die Rañas. Eine spanische Schuttlandschaft. Ztschr. f. Geomorph. Bd. IX. Berlin.
- OLIVER ASIN, J., 1954: El nombre de Madrid. Arbor. XXVIII, No. 103—104. Madrid.
— 1959: Historia del nombre „Madrid“. C.S.I.C. Inst. Miguel Asin. Madrid.
— 1954—63: Sumario de la historia del nombre „Madrid“. Catedra de Madrid. Curso seg. Madrid.
— 1963: Notas para la historia de la industria madrileña, desde la fundación de la Villa hasta 1400. Madrid.
— 1965: Una y mil veces. Al Andalus, Fasc. I. Madrid.

- OLIVER HURTADO, M., M. GOMEZ MORENO, 1870: Informe sobre varias antigüedades descubiertas en la vega de esta ciudad. Granada.
- OLIVIER, G. A., 1801, 1807: Voyage dans l'empire Othomane, l'Egypte et la Perse. Paris.
- O.R.M.V.A.H. (Off. Rég. Mise en Valeur Agric. Haouz): 1970: Les ressources naturelles et la mise en valeur actuelle de la plaine du Haouz. R. Géogr. Maroc, n° 17.
- OSTEN, H. VON DER, 1956: Die Welt der Perser. Stuttgart.
- OVERSEAS CONSULT. INC., 1949: Report on the Seven Year Development Plan for the Planorganisation of the Empirical Government of Iran. 3 vol. New York.
- PAKRAVAN, E., 1962: Vieux Téhéran. Téhéran.
- PARDÉ, M., 1949: Régime des Cours d'Eaux Iberiques. Pirineos, 11—14.
- PARROCHE, A. P., 1925: Contribution à la connaissance des eaux de la région de Marrakech. Diss. Bordeaux.
- PAZ MAROTO, J., 1948: Urbanismo. Madrid.
- PELLICER Y SAFORCADA, J. A., 1791: Discurso sobre varias antigüedades de Madrid. Madrid.
- 1803: Disertación histórico-geográfica sobre el origen, nombre y población de Madrid. Asi en tiempo de moros como de cristianos. Madrid.
- PELTIER, J. P., 1970: Contribution à la flore du Haouz oriental (Bul. Soc. Scien. Nat. et Phys. de Maroc, T. 50, 1—2 Sem.).
- PENCK, A., 1894: Studien über das Klima Spaniens während des jüngeren Tertiär und der Diluvialperiode. Ztschr. Ges. Erdk. Berlin.
- PEREZ CHOZAS, A., A. MILLARES CARLO, E. VARELA HERVIAS, 1932: Documentos del Archivo General de la Villa de Madrid. Seg. Serie. T. 1°.
- PFANDL, L., 1924: Spanische Kultur des 16. und 17. Jahrhunderts. Kempten.
- PHILBY, H. ST. J., 1920: Southern Najd. Geogr. Journ. Bd. 55.
- The Land of Midian. 1957. London.
- PING, CHENG, 1963: The snow feeds Sinkiang. Peking Rev. Vol. VI, No. 12. March. 22.
- PLANHOL, H. DE, 1964: Recherches sur la Géographie Humaine de l'Iran septentrional. Mémoires et Documents du, C.R.N.S. Paris.
- POLAK, J. E., 1865: Persien und seine Bewohner. Leipzig.
- 1878: Topographische Bemerkungen zur Karte der Umgebung und zum Plane von Teheran. Mitt. K. K. Geogr. Ges. XX. 1877. Wien.
- POLYBIUS: Weltgeschichte — Geschichte des hellenistischen Ostens von 221—114 v. C., ersch. in der Langenscheidtschen Bibliothek griech. und röm. Klassiker.
- POUPART, J.-M., 1949: Les Problèmes de l'Eau à Marrakech. Les Cahiers d'Outre-Mèr. T. II.
- PRADO, C. DEL, 1862: Descripción Física y Geológica de la Provincia de Madrid. Madrid.
- PRILL, F., 1955: Schneefall und Schneedecke auf der Ibrischen Halbinsel. Diss. Stuttgart.

- PUJOS, A., R. RAYNAL, 1959: La géomorphologie appliquée en Maroc. *Rev. géomorph. dyn.* 10.
- QUATREMÈRES, R. E., 1836: *Histoire de Mongols en Perse*. Trad. par Quatremères. Paris.
- RAEBURN, C., 1945: *Water Supply in Cyprus*. Nicosia.
- RAUH, W., 1952: *Vegetationsstudien im Hohen Atlas und dessen Vorland*. Sitz. Ber. Heidelb. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Kl., 1. Abt.
- RAYNAUD, H., 1925: *Contribution à l'étude hydro-géologique du Haut-Atlas occidental et de la plaine du Haouz. Les eaux de Marrakech*. Diss. Lyon.
- Reglamento organico para la matricula, servicio y tarifas de los "aguadores de numero" de las fuentes de la Villa de Madrid. 1874. Madrid.
- REGODON, J. P., 1970: *Guia geologica, hidrogeologica y minera de la provincia de Madrid*. Memoria del Instituto Geologico y Minero de España. T. 76.
- RIBA, O., 1957: *Livret Guide de l'excursion C₂. Terrasses du Manzanares et du Jarama aux environs de Madrid*. Inqua, V., *Congres intern. Madrid—Barcelona*.
- RIBBEN, H., 1953: *Note préliminaire sur les terrains alluviaux de Téhéran et particulièrement de Shemiran*. Univ. Lausanne. Lab. géol. Bull. 105.
- 1953: *Les ressources en eaux souterraines de la plaine alluviale de Téhéran*. FAO-Rapport, No. 168. Rome.
- 1955: *The geologie of the Teheran Plain*. *Am. Journ. of Sciences*. Vol. 253.
- 1960: *Les terrains alluviaux de la région de Téhéran*. *Arid Zone Research Centre. Univ. of Tehran. Publ. No. 4, Tehran*.
- RITTER, C., 1838: *Die Erdkunde von Asien*. Bd. 6, 1. Abt. 3. Buch. *Westasien/Iranische Welt*. Berlin.
- ROHLFS, G., 1959: *Tre nomi geografici*. In: *Iohanni Dominico Serra ex Munere Laeto Inferiae*. Università degli Studi di Napoli, Inst. di Glottologia. Napoli.
- ROLDAN FERNANDEZ, A., 1964: *Las precipitaciones atmosfericas en Madrid desde el año 1859—1963*. *Bol. mens. clim. Febr.* 3. Madrid.
- ROLL, CH., 1953: *Die Wasserleitungen der persischen Hauptstadt*. *Kölnische Rundschau*. Aug.
- ROUHOLAMINI, M., 1971: *Systèmes d'irigation traditionels dans la région de Kerman. Objets et mondes*, XI, I, Paris.
- ROYO GOMEZ, J., 1929: *Memoria explicativa de la hoja núm. 559*. Madrid. *Del mapa geol. de España 1 : 50 000*. Madrid.
- SAINZ DE ROBLES, F. C., 1940: *Por qué es Madrid capital de España*. Madrid.
- SANGER, R. H., 1954: *The Arabian Peninsula*. London.
- SCHAMP, H., 1967: *Kharga. Von der Oasis Magna zum Neuen Tal*. *Die Erde*. 98. Jg., H. 3. Berlin.
- SHELLENBERG, H., 1955: *L'Alimentation en eau potable des villes iraniennes, Tehran*, United Nations.

- SCHIFFERS, H., 1971—73: Die Sahara und ihre Randgebiete, 3 Bde., München.
- SCHMIDT, E. F., 1940: Flights over ancient cities of Iran. Spec. Publ. Oriental Inst. Univ. Chicago. Chicago.
- SCHÖNITH, G. W., 1911: Die Oasenbewässerung im Becken des Schott Melrir. Diss. Freiburg.
- SCHOLZ, F., 1970: Beobachtungen über künstliche Bewässerung und Nomadismus in Belutschistan. Geograph. Ztschr., Beihefte.
- SCHWARZ, P., 1926: Iran im Mittelalter nach arabischen Geographen. Leipzig.
- SCHWENZNER, J. E., 1936: Zur Morphologie des Zentralspanischen Hochlandes. Diss. Bonn.
- SCOTT, H., 1960: In the High Jemen. London.
- SCOTT, R. F., 1960: Leitungswasser für Teheran und Umgebung. Wasser und Boden, 17.
- SEELE, E., 1969: Galerías filtrantes en el área de Acatzingo-Tepeaca, Estado de Puebla. Bol. 35, Inst. Nac. de Antropología e Historia. Mexico.
- SHEIL, LADY, 1856: Glimpses of life and manners in Persia. London.
- SHUSTER, M., 1912: The strangling of Persia. London.
- SIMON, 1907: Oasenkultur in der chilenischen Wüste Atacama. Tropenpflanzer. Bd. XI.
- SINGER, CH., E. J. HOLMYARD, A. R. HALL, 1954: A History of Technology. Oxford.
- SOLIGNAC, M., 1936: Travaux hydrauliques hafsides de Tunisie. II^e congrès de 1. fédération des sociétés savantes de l'Afrique du Nord. Rev. Africaine.
- 1952: Recherches sur les installations hydrauliques de Kairouan et les steppes tunisiennes du VII^e au XI^e siècle. Ann. Inst. Etud. Orient. T. X.
- SOSA, F. J. DE, 1848: Topografía de la isla afortunada de la Gran Canaria. Santa Cruz de Tenerife.
- SPULER, B., 1952: Iran in frühislamischer Zeit. Wiesbaden.
- STAHL, A. F., 1900: Teheran und Umgebung (1890—1894). Pet. Geogr. Mitt. Gotha.
- STERNBERG-SAREL, B., 1966: Tradition et developpement en Iran. Les villages de la plaine de Ghazwin. Etud. Rur. Juin-Dec.
- STEVENS, C. S., 1963: Community water supply development in Iran. Journ. Am. Water Works Assoc., No. 9.
- STEVENS, J. H., 1972: Oasis agriculture in the central and eastern Arabien Peninsula, Geography, 57.
- STIFFE, H. W., 1896: Ancient trading centres of the Persian Gulf. Geogr. Journ. I.
- STRABON: in Geografika, ed. Casaub. Übers. in der Langenscheidtschen Bibliothek griech. und röm. Klassiker.
- SUTER, K., 1952: Timimum. Zur Anthropogeographie einer Oase der algerischen Sahara. Mitt. Geogr. Ges. Wien. Bd. 94.
- 1962: Über Quelltöpfe, Quellhügel und Wasserstollen des Nefzaoua (Südtunesien). Vierteljahreshefte d. Naturforsch. Ges. Zürich. Jg. 107, H. 2.

- SYKES, P. M., 1911: Sixth journey in Persia. Geogr. Journ. Vol. I.
- TERÁN ALVAREZ, M., 1961: El desarrollo espacial de Madrid à partir de 1868. Est. Geogr. Madrid.
- THUILLE, G., 1951: Crues et nappe phréatique dans le Haouz de Marrakech. Un. Géodés. et Géophys. Intern. Ass. Intern. d'hydrol. scient. Publ. No. 35. Ass. général de Bruxelles T. IV.
- TÖNDURY, G. A., 1963: Wasser in Marokko. Wasser- und Energiewirtschaft. 55. Jg. No. 1/3. Zürich.
- TOEFFER, H., 1972: Wirtschafts- und sozialgeographische Fallstudien in ländlichen Gebieten Afghanistans. Bonner Geogr. Abh.
- TORMO Y MONZO, E., 1929: La capitalidad. Como Madrid es Corte. Rev. de la Bibl., Arch., Museo, VI, No. 24, Madrid.
- TORRÉS, D. DE, 1667: Histoire des chérifs, et des royaumes de Maroc, de Fez, de Tarudant & autres provinces. Trad. M. Le Duc d'Angoulême, le Père. Paris.
- TORRES BALBÁS, L., 1950: Contornos de las ciudades hispano-musulmanas. Al Andalus, XV. Madrid.
- TOUTAIN, J., 1896: Cités romaines de la Tunisie. Bibl. des Ecoles franc. d'Athènes et de Rome. Fasc. 12.
- TROLL, C., 1954: Forschungen in Zentralmexiko. Dt. Geographentag Hamburg, 1955. Tagungsbericht und wiss. Abh., Wiesbaden 1957.
- 1963: Qanatbewässerung in der Alten und Neuen Welt. Mitt. Österr. Geogr. Ges. Bd. 105. H. 3. Wien.
- 1967: Techniques agricoles, milieu naturel et histoire de l'humanité. Bull. de la Soc. Géogr. de Liège. Ann. 3, No. 3. Dec.
- TSHAHKOUTAHI, 1955: Le problème de l'eau à Téhéran. Diss. Paris.
- AL-UMARI, I.F.A.: Masalik al-absār fi mamalik al ansar. Trad. part. par. Gaudefroy-Demombynes, I. L'Afrique moins Egypte. Bibliothèque des Géogr. arab., T. II. 1927, Paris.
- VALLE P. DELLA, La Persia. ed. Venetia, 1661, 8—10, Lett. 4. 1843. Brighton.
- VERSTAPPEN, H. TH., 1966: Landforms, water and land use west of the Indus plain. Nature and ressources. Bull. Int. Hydrol. Decade, UNESCO, Vol. II, No. 3. Sept. Paris.
- VIEILLE, P., 1961: Tehran. Les prix, le marché des terrains de la société urbaine. Sect. de Soc. Urbaine. Inst. d'études et de recherches sociales. Univ. Tehran.
- VILLAMOR, B. DE, 1836: Plano del viaje del Bajo Abroñigal, firmado por B. de Villamor. Arch. Municipal. Madrid.
- 1843: Planos de los 4 viajes de agua de esta capital, Abroñigal Alto, Bajo, Castellana y Alcubilla por Villamor. Arch. Municipal. Madrid.
- VINCK, F., 1971: Gesichtspunkte für den Ausbau der zentralen Wasserversorgung einiger arabischer Großstädte. gwf—Wasser—Abwasser, 112 Jg. Nov.
- VITRUVIUS, POLLIO: De architectura. Ausg. von F. Kron. 1912.

- WAHIDI, M., 1963: The qanats of Iran. Teheran.
 — 1968: Water and irrigation in Iran. Teheran.
- WALPOLE, G. F., 1933: Ancient Aqueduct near Matruh, Egypt. *Geogr. Journ.*, Vol. 82.
- WARD-PERKINS, J., 1962: Etruscan towns, Roman roads and medieval villages. The historical geography of southern Etruria. *Geogr. Journ.* 128.
- WASHINGTON, R. N., 1831: Geographical notes of the empire of Marocco. *Journ. of the Royal Geogr. Soc.* London.
- WEULERSSE, J., 1946: *Paysans de Syrie et du Proche Orient*. Paris.
- WICHE, K., 1957: Funktionelle Stadttypen in Marokko. *Festschr. zur Hundertjahrfeier der Geogr. Ges. Wien*.
- WILKINSON, J. C., 1943: Water, ice and glass. *Bull. Metrop. Mus. Art. N. S.* 1.
 — 1964: A sketch of the historical geography of the Trucial Oman down to the beginning of the 16th cent.. *Geogr. Journ.* Sept.
- WIRTH, E., 1971: *Syrien. Eine geographische Länderkunde. Wiss. Länderkunde. Bd. 4—5, Darmstadt.*
- WRIGHT, E. M., 1943: The eighth campaign of Sargon II of Assyria (714 B. C.). *Journ. of Near Eastern Studies*.
- WULFF, H. E., 1968: *The traditional crafts of Persia. Cambridge (Mass.), London.*

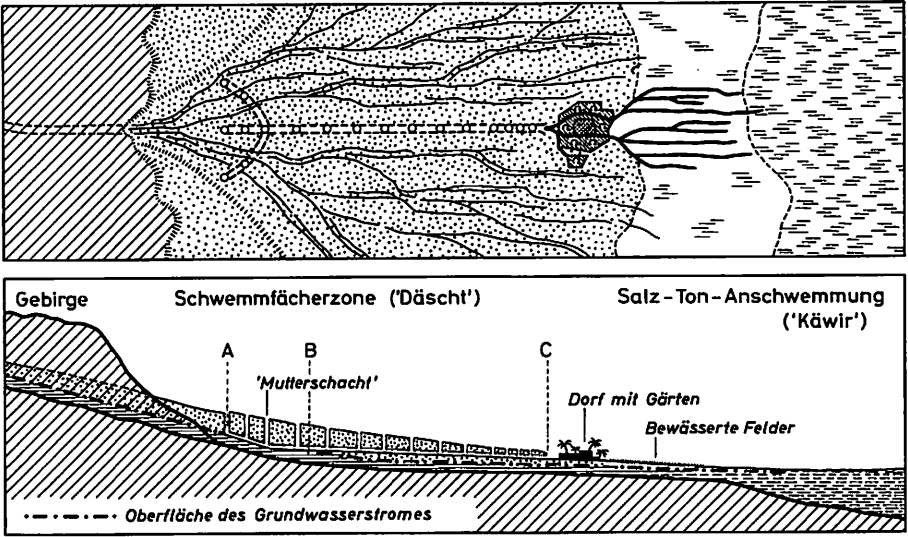


Abb. 1 Grundriß und Aufriß eines iranischen Qanatsystems

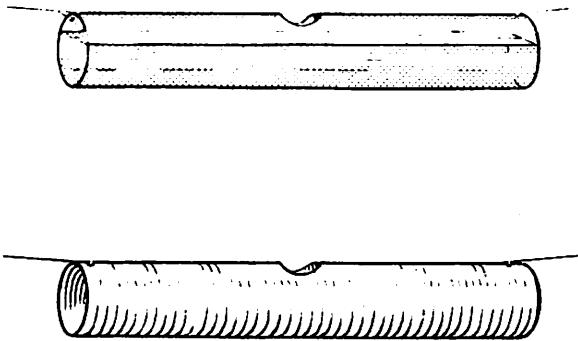


Abb. 2 Geschlossene und offene Röhrenlibelle nach Karadji

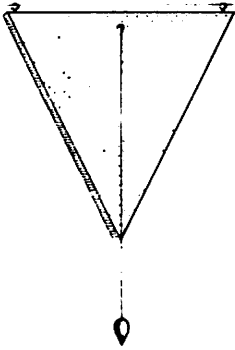


Abb. 3 Nivelliergerät mit Schnurlot

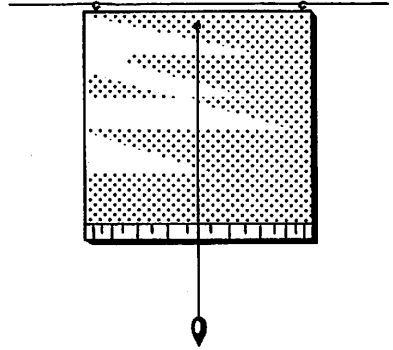


Abb. 4 Geeichter Gradbogen

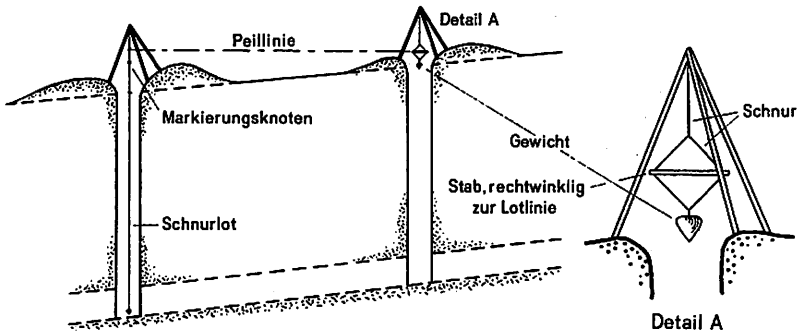


Abb. 5 Verfahren zur Bestimmung der Schachttiefe

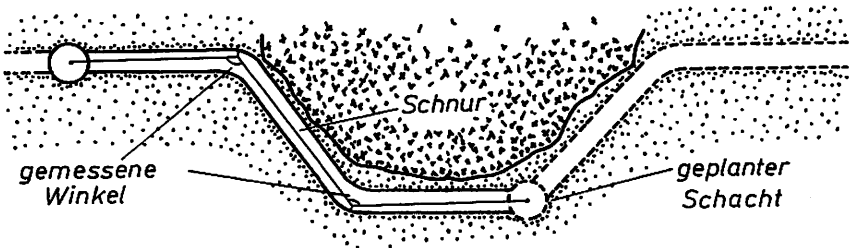


Abb. 6 Verfahren zur Übertragung des Stollenverlaufs bei unregelmäßiger Streckenführung

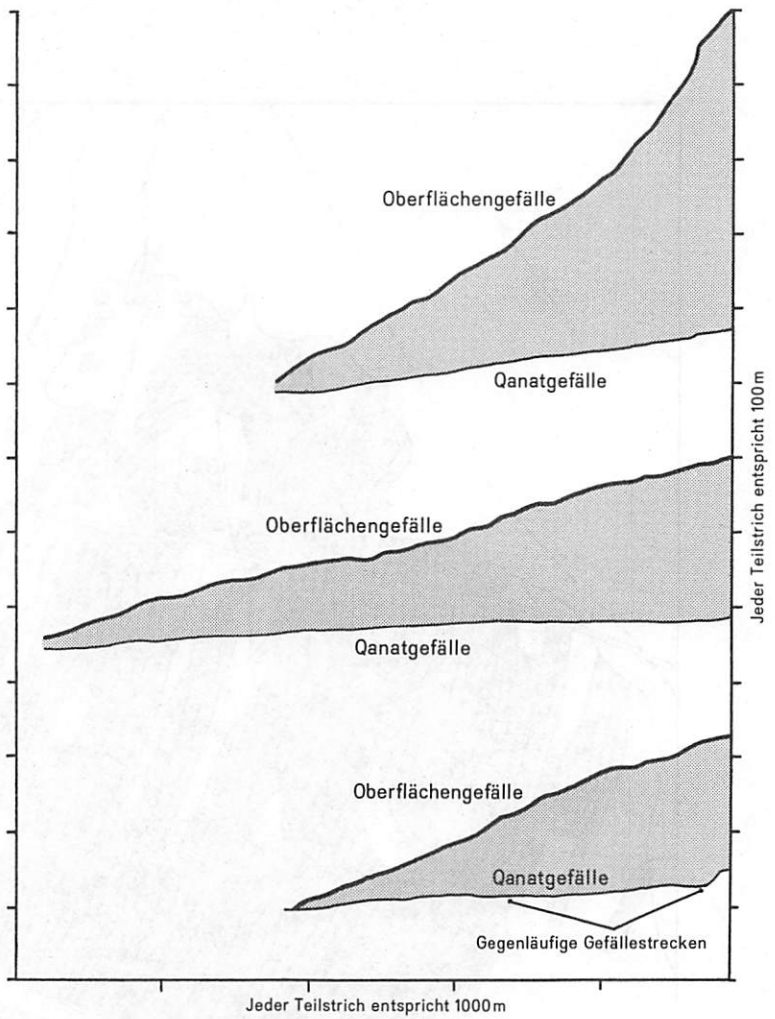


Abb. 7
Gefällsprofile
ausgewählter
Qanate auf der
Veraminebene
(Iran)

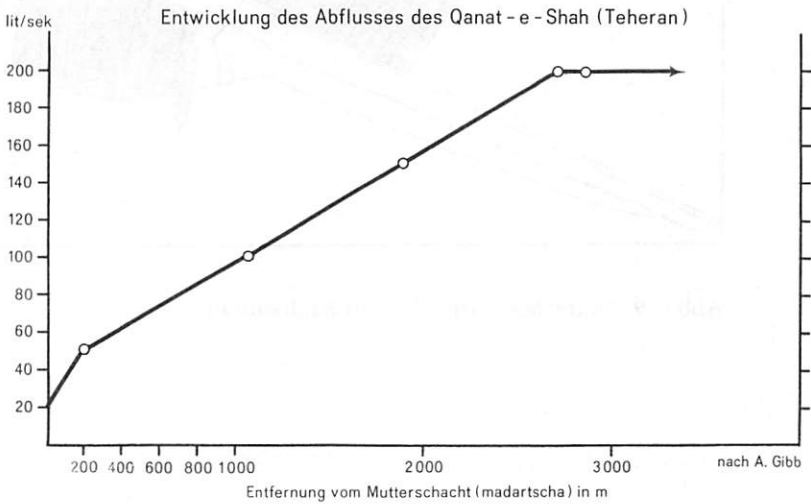


Abb. 8
Entwicklung des
Abflusses des
Qanat-e Shah
(Teheran)

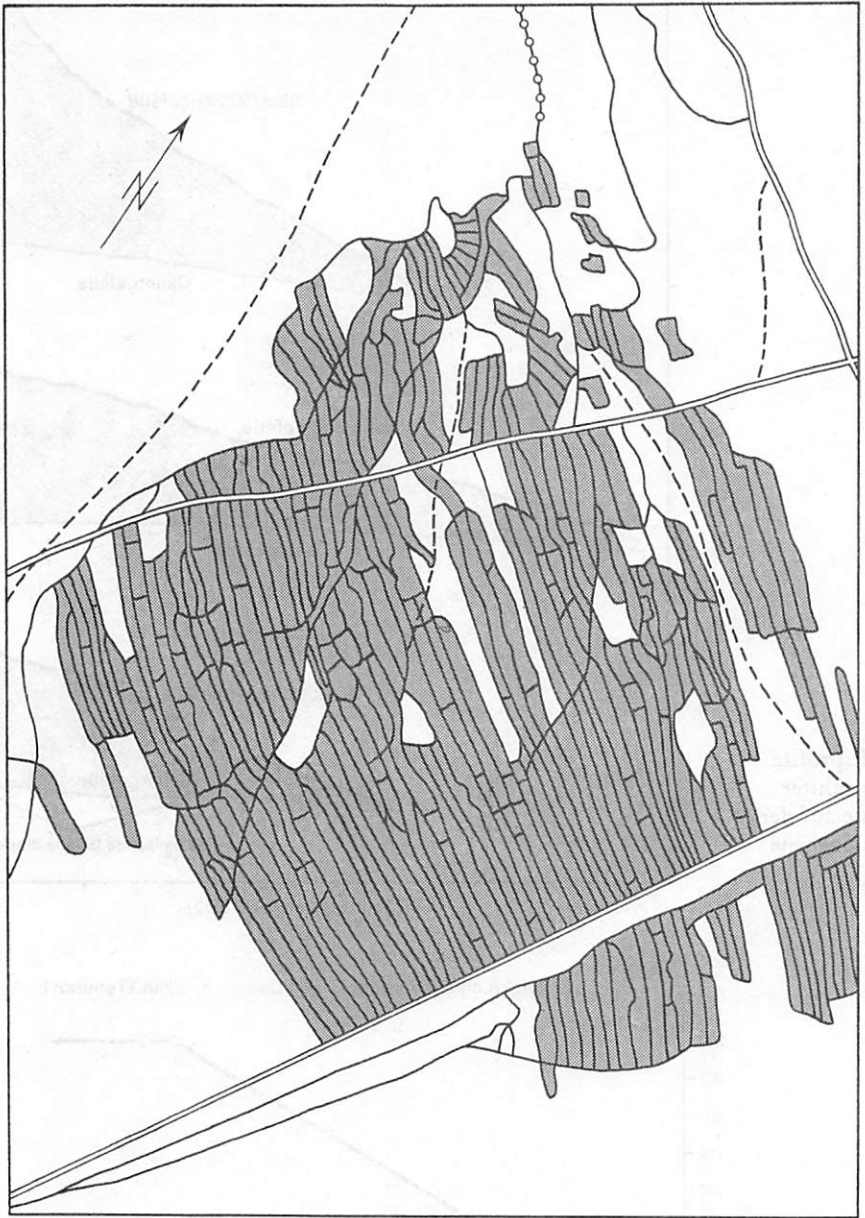


Abb. 9 Karezbewässerte Flur in Afghanistan

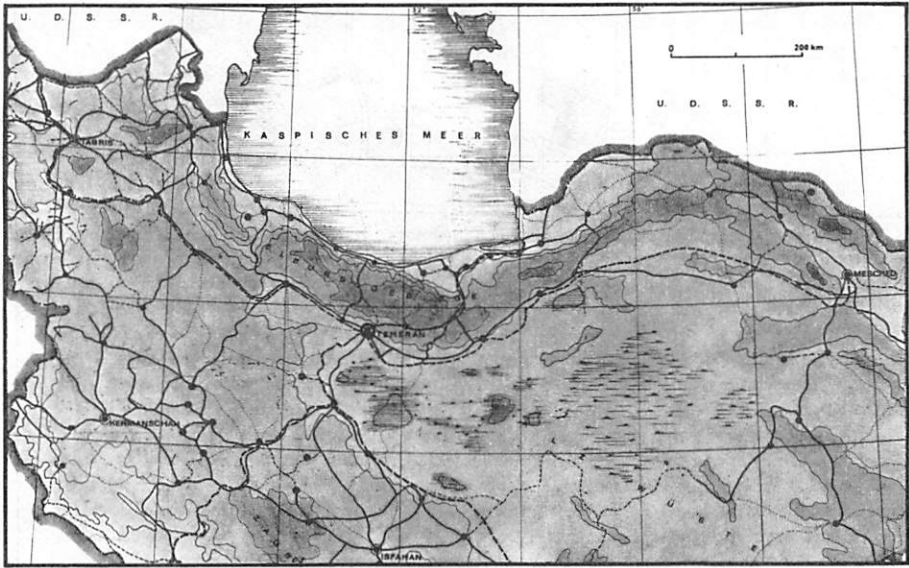


Abb. 10 Übersichtskarte

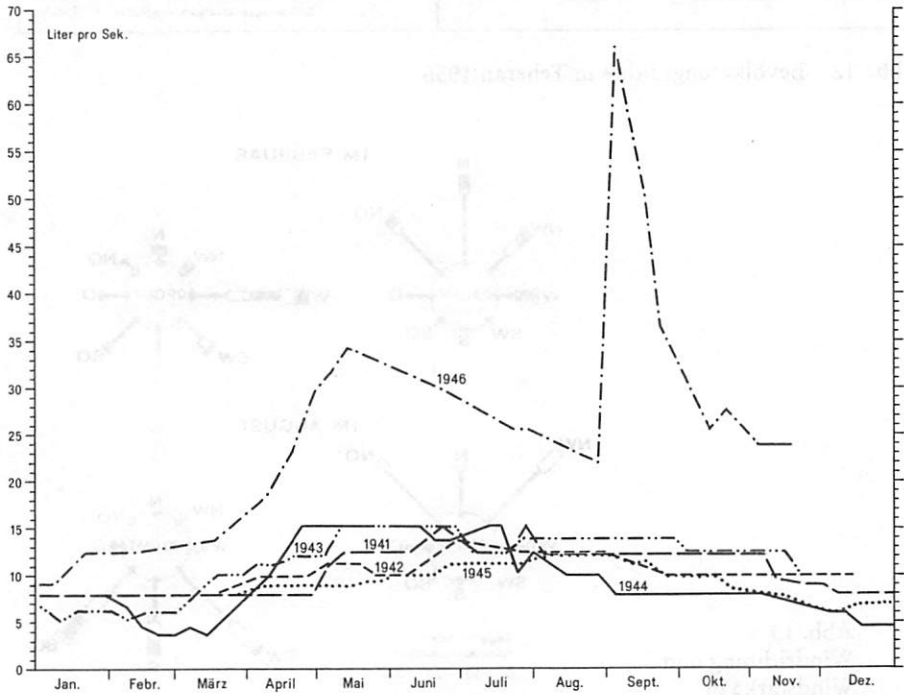


Abb. 11 Abflußganlinien des Qanats der britischen Botschaft

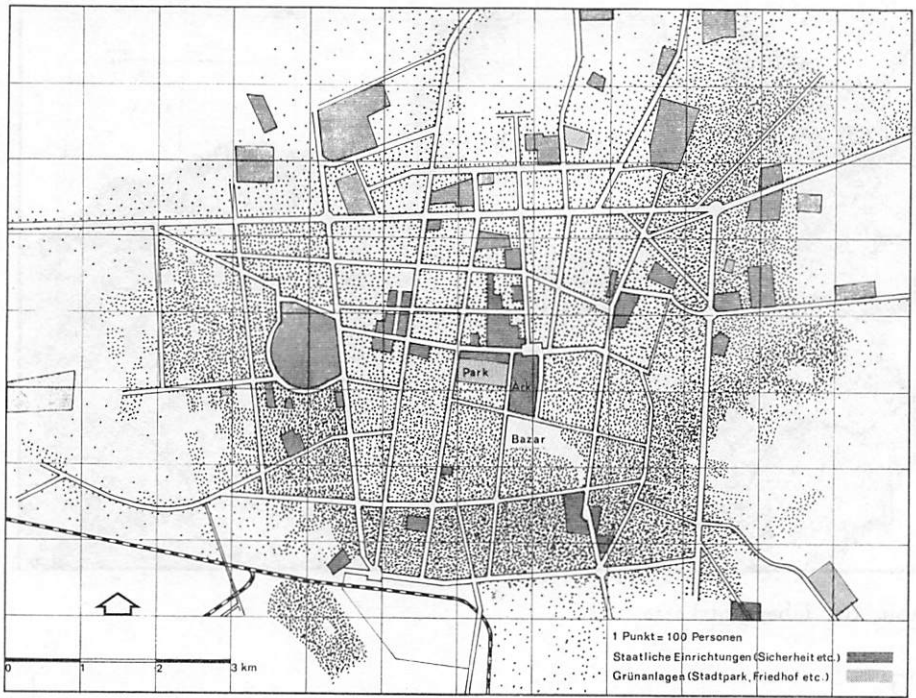


Abb. 12 Bevölkerungsdichte in Teheran 1956

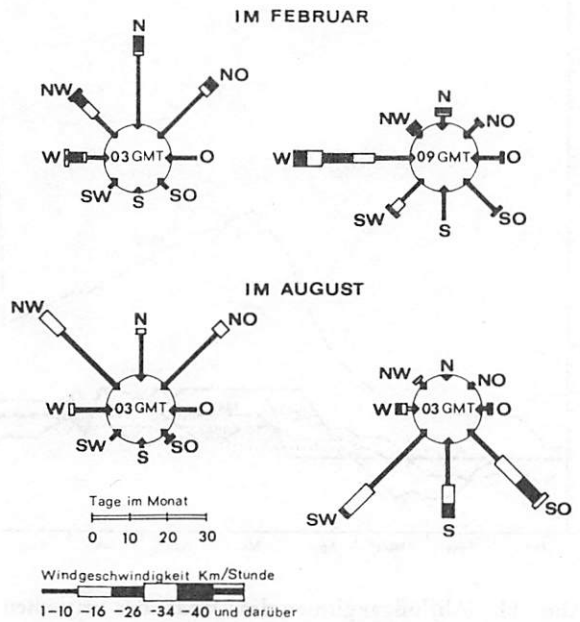


Abb. 13
 Windrichtung und
 Windstärke in
 Teheran-Mehrabad
 (1951—1955)

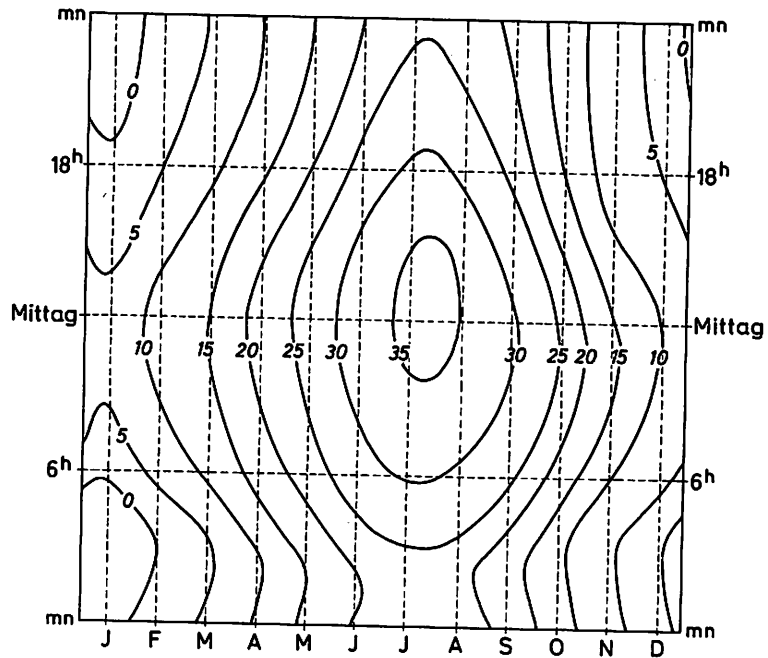


Abb. 14 Thermoisoplethendiagramm von Teheran

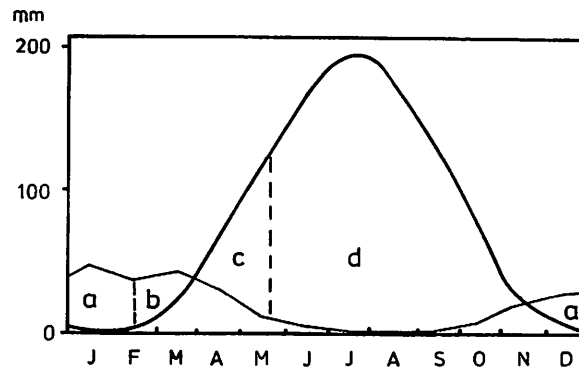


Abb. 15 Die Wasserbilanz bei Teheran

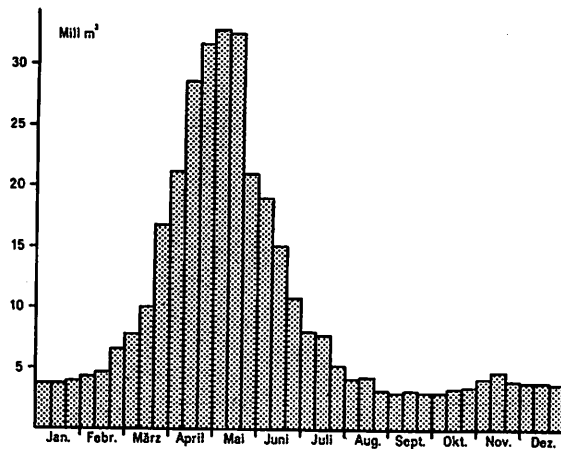


Abb. 16 Abflussgang des Djadjerud

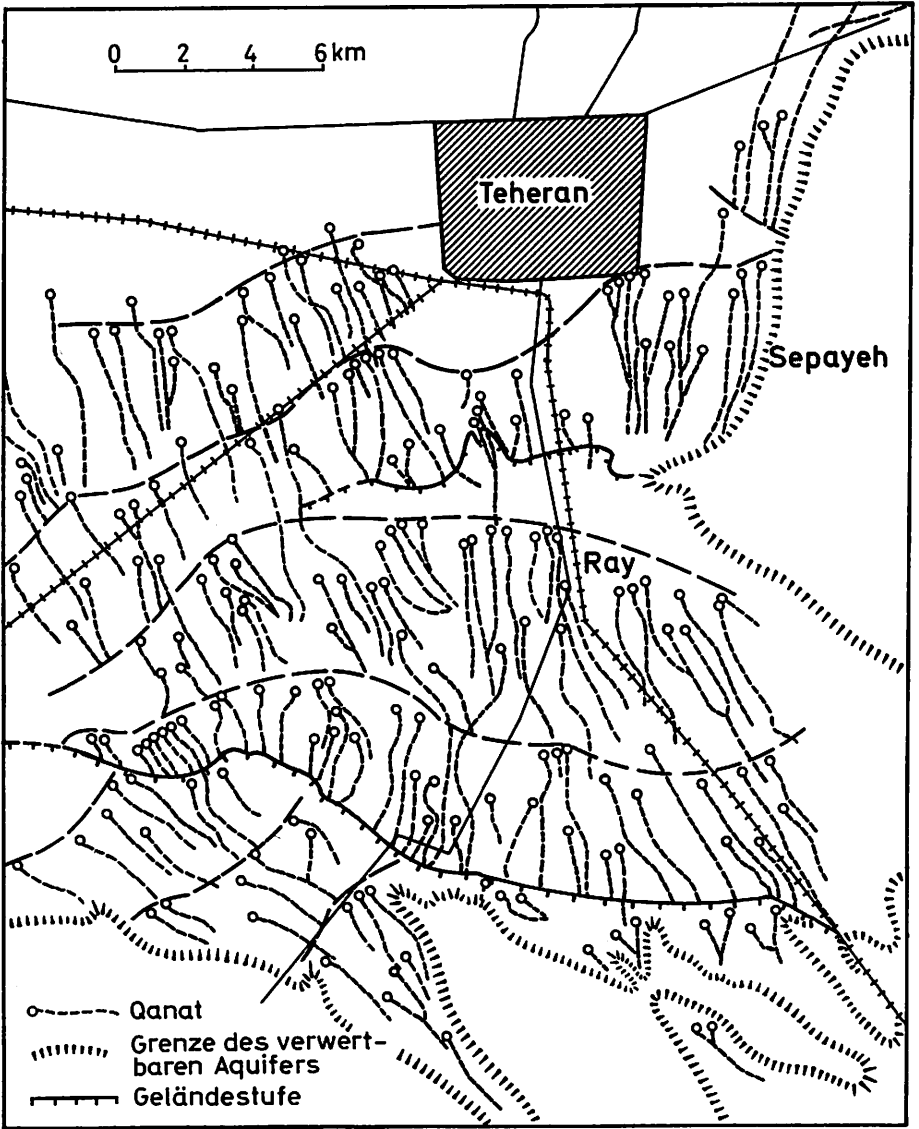


Abb. 17 Etagenmäßige Anordnung der Qanatsysteme auf der südlichen Teheranebene

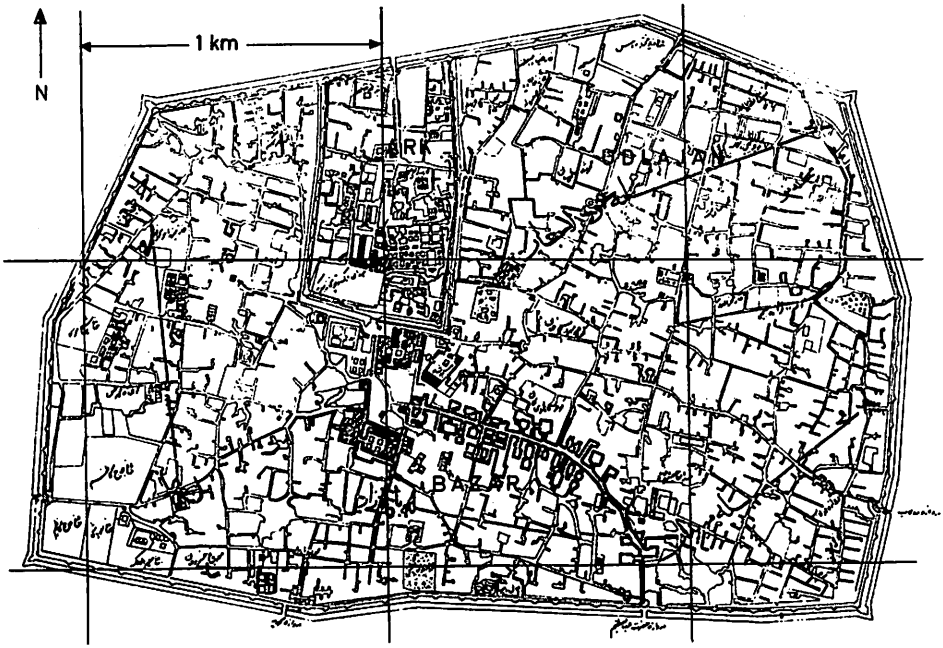


Abb. 18 Teheran um 1850

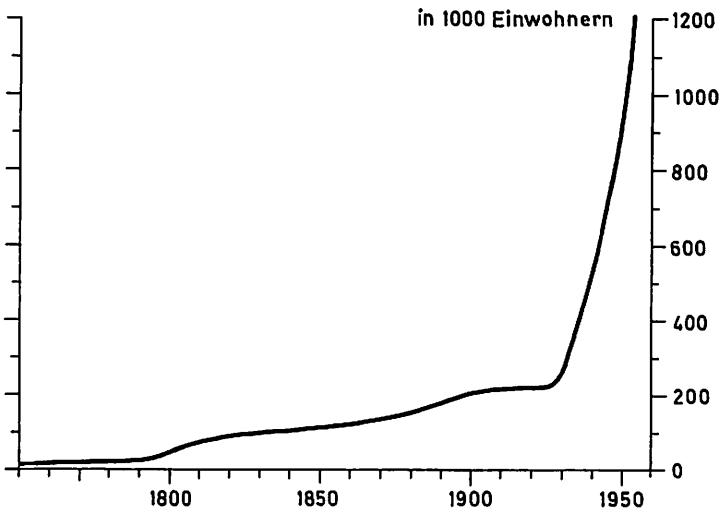


Abb. 19 Bevölkerungsentwicklung Teherans

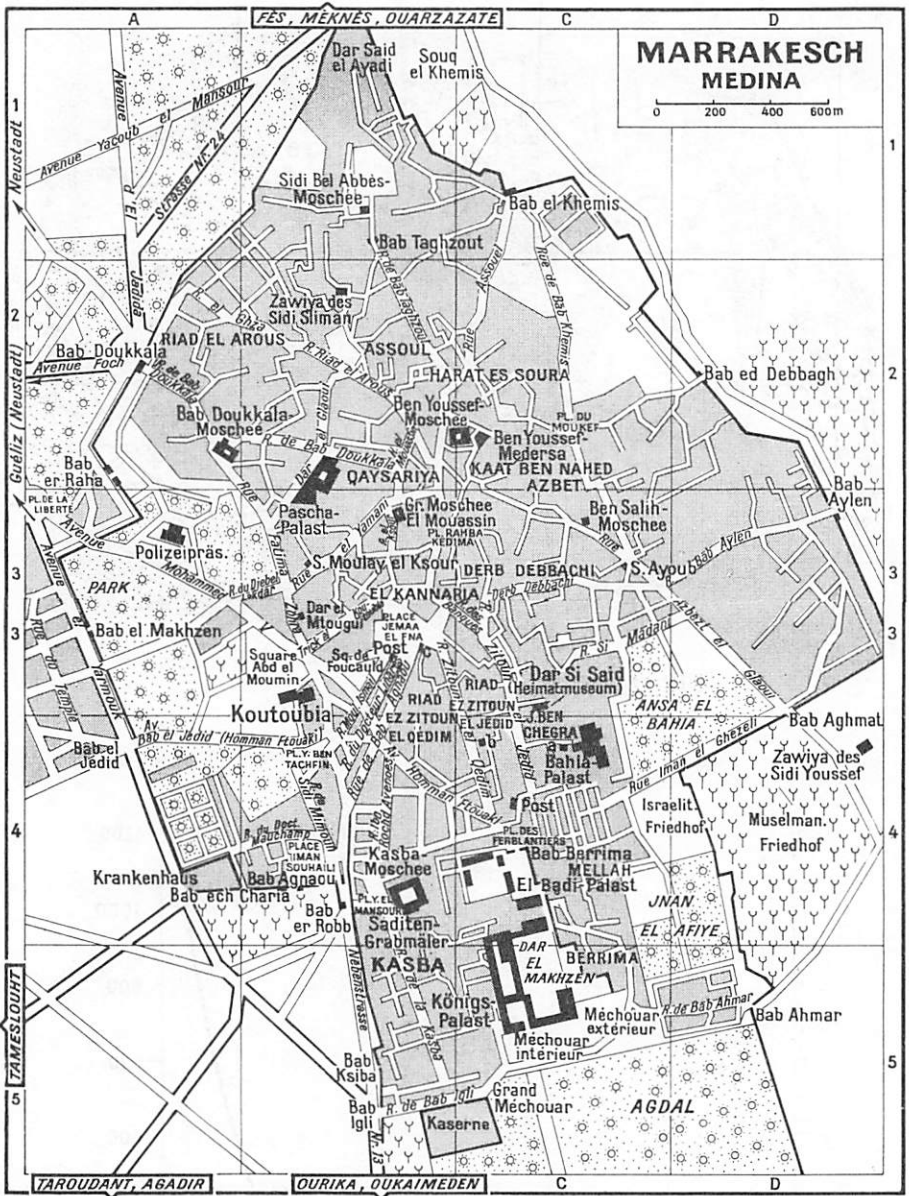


Abb. 20 Die Medina von Marrakesch

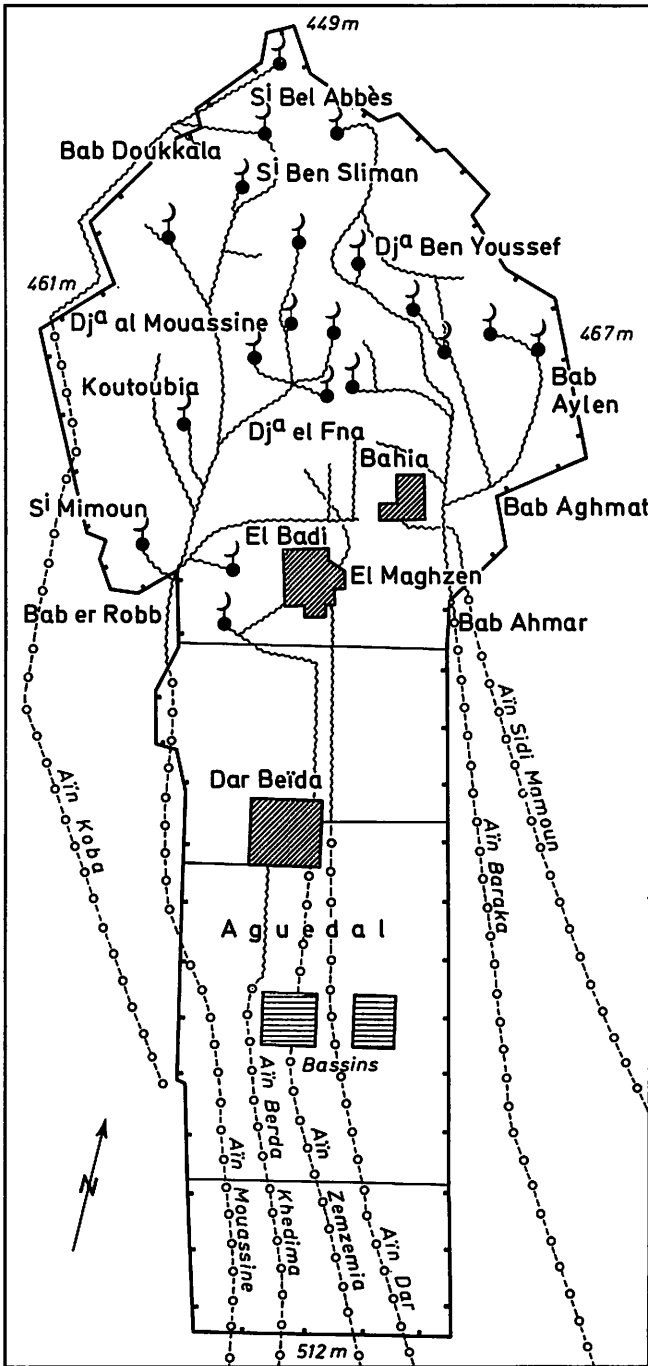


Abb. 21 Das Wasserverteilungsnetz in Marrakesch

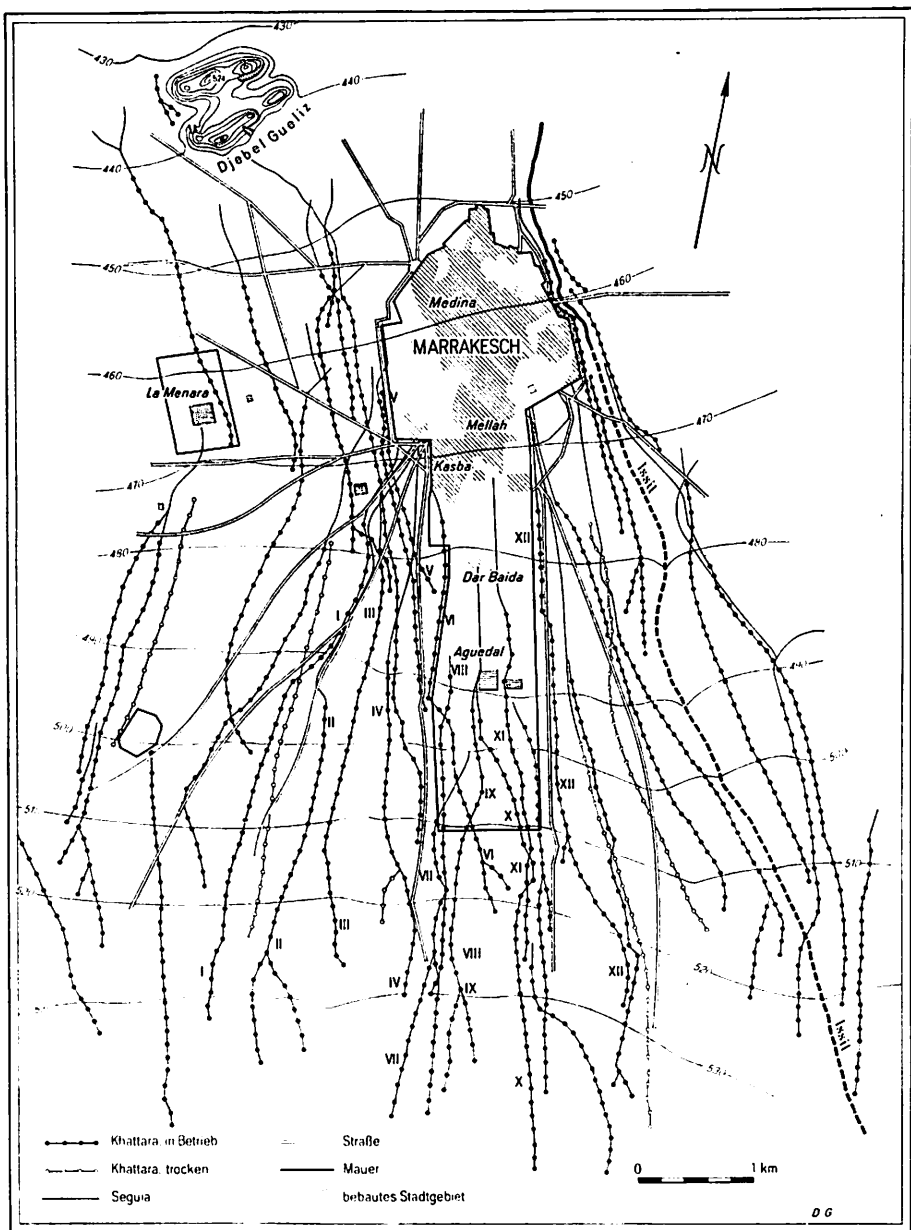


Abb. 22 Karte der Khattaras von Marrakesch

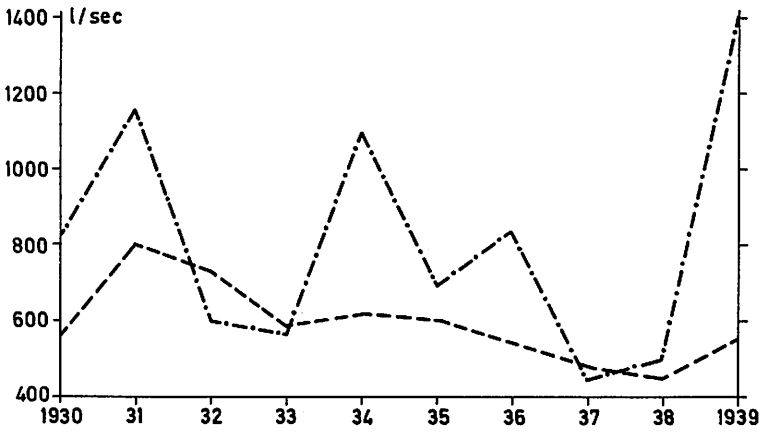


Abb. 23 Abflußgang ausgewählter Khattarasysteme auf dem Haouz

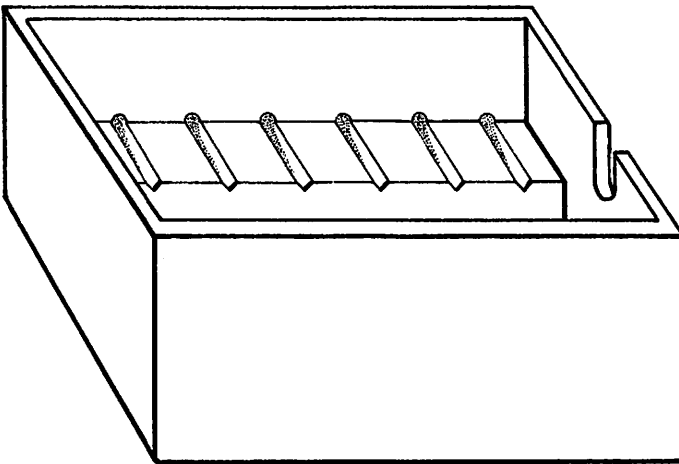


Abb. 24 Wasserverteilungsbecken

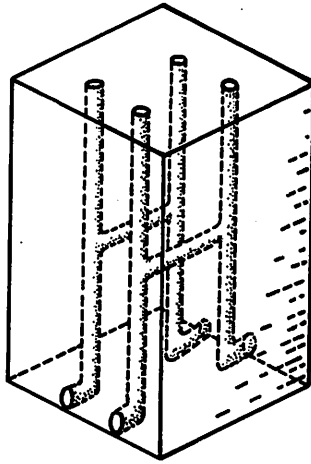


Abb. 25
Vorrichtung zur Erhaltung des Leitungsdrucks

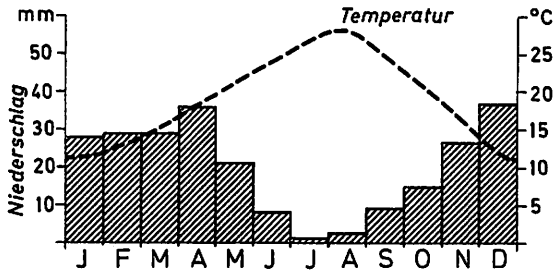


Abb. 26
Mittlere monatliche Niederschläge und
Temperaturen in Marrakesch

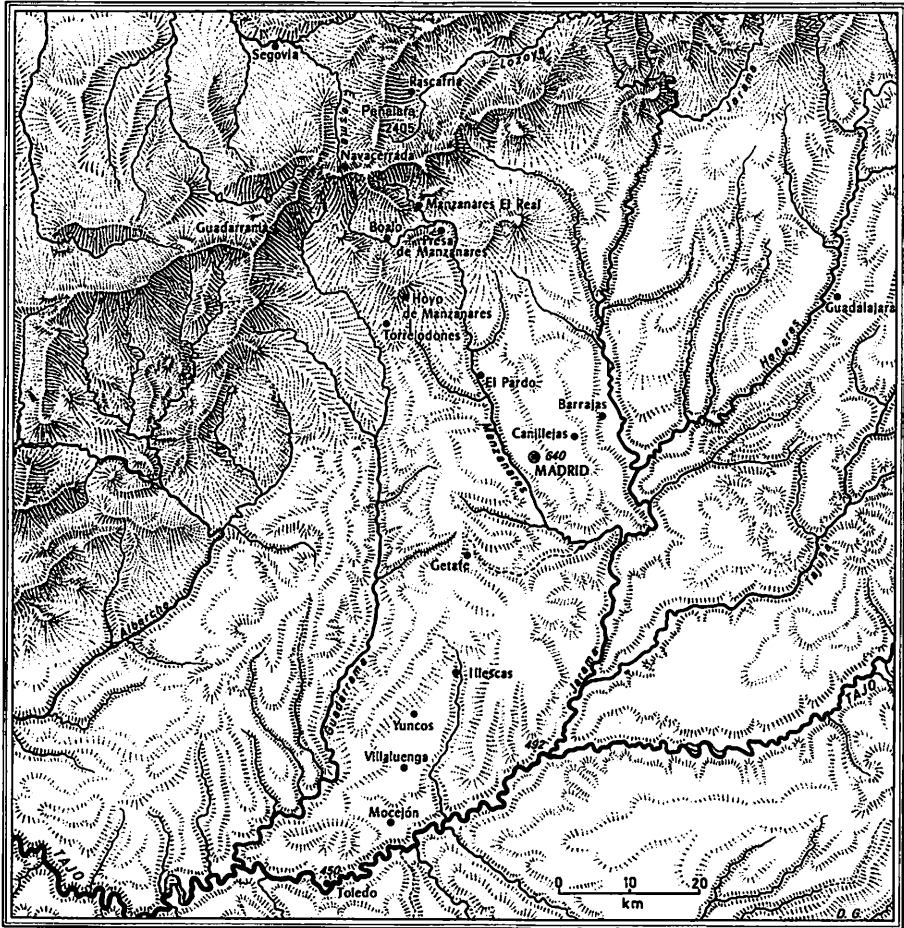


Abb. 27 Meseta von Madrid und Sierra Guadarrama

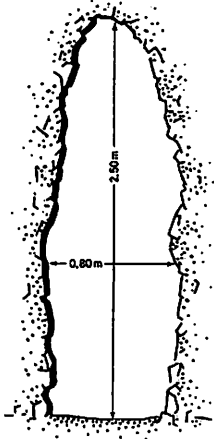
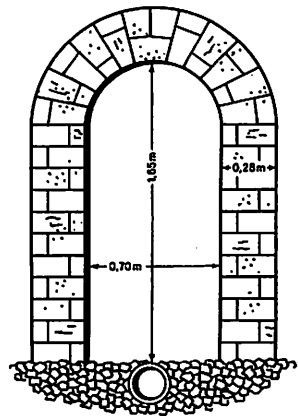


Abb. 28
Querschnitt eines
unbefestigten Stollens

Abb. 29
Querschnitt eines
befestigten Stollens



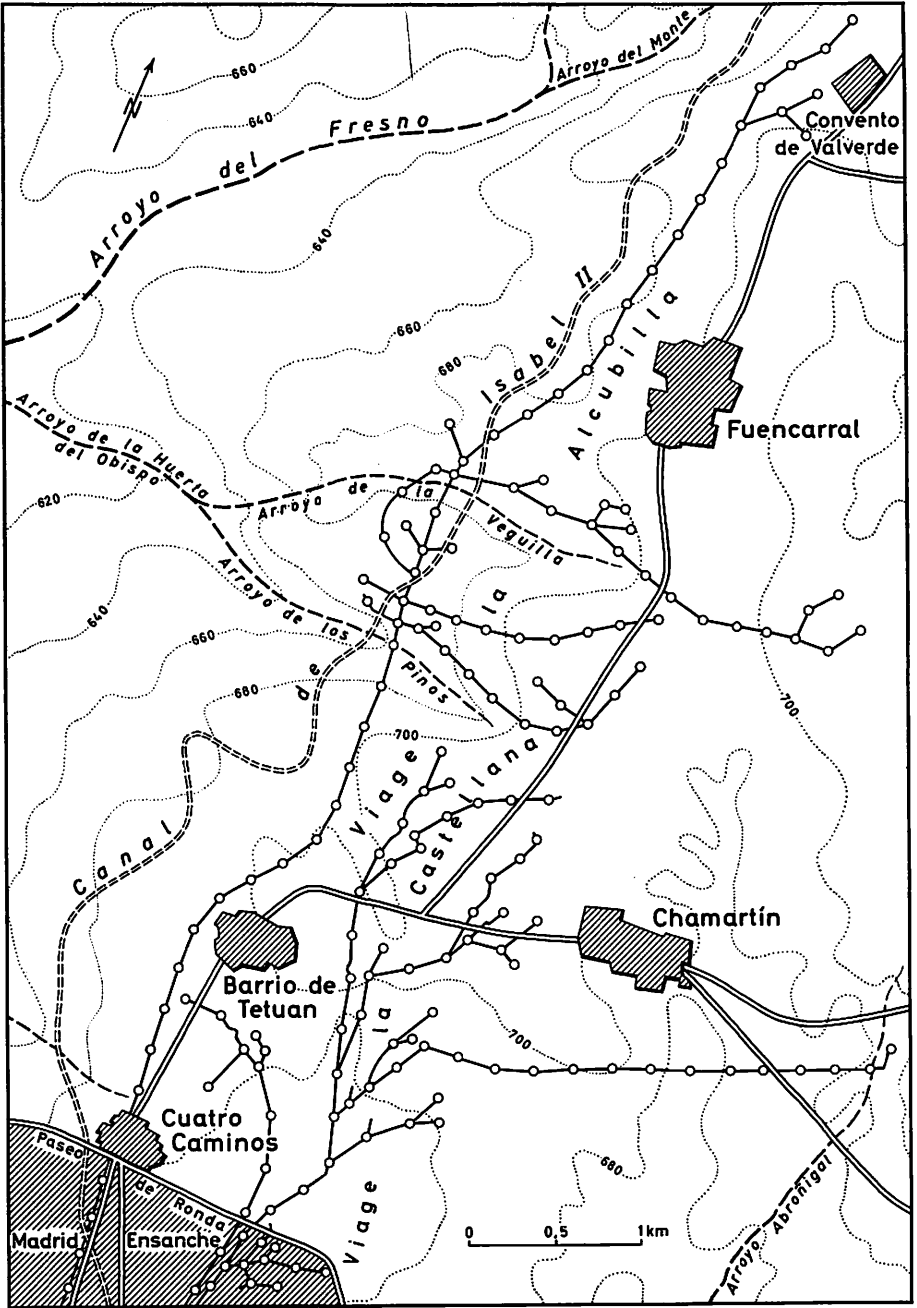


Abb. 30 Verlauf der Qanate Alcubilla und Castellana

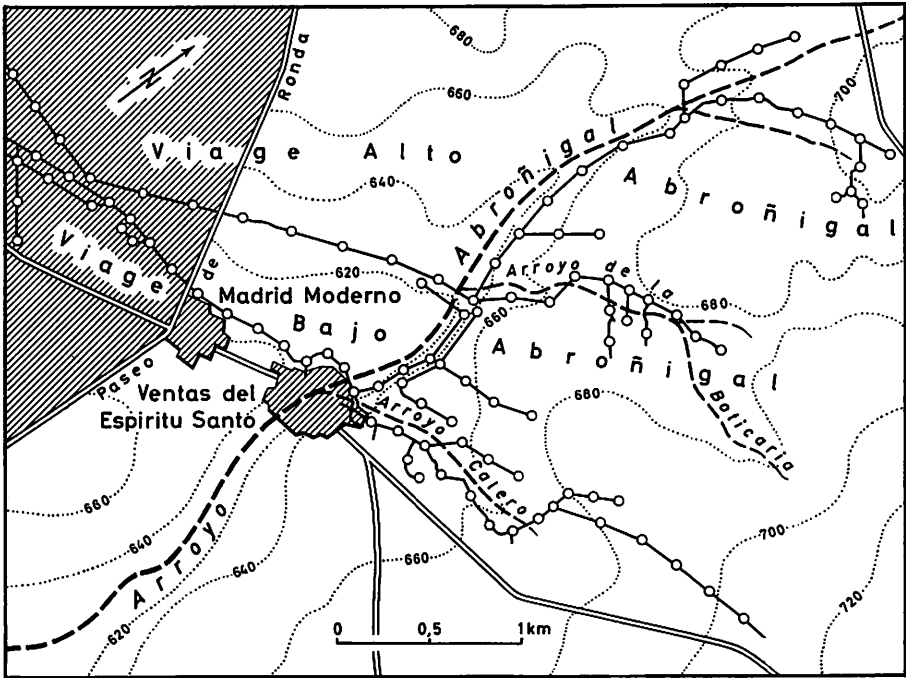
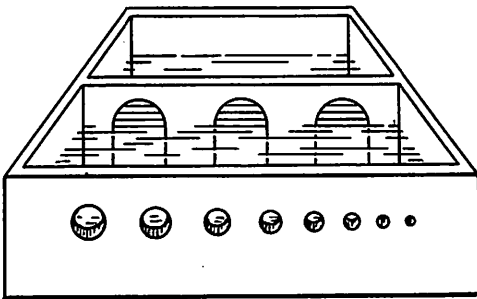


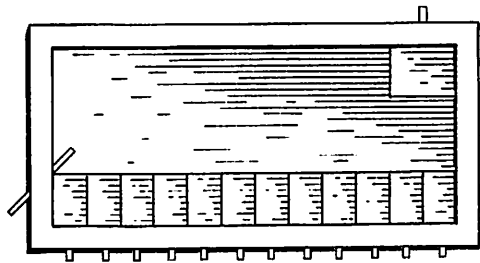
Abb. 31 Verlauf der Qanate Abroñigal Alto und Abroñigal Bajo



Durchlaufmessgerät

Abb. 32 Durchlaufmeßgerät

Abb. 33 Verteilungsbecken



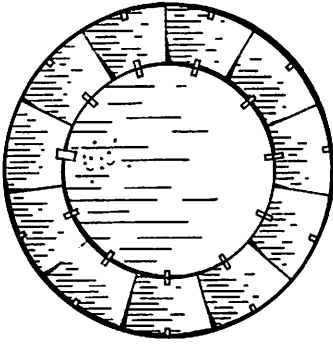


Abb. 34
Verteilungsbecken

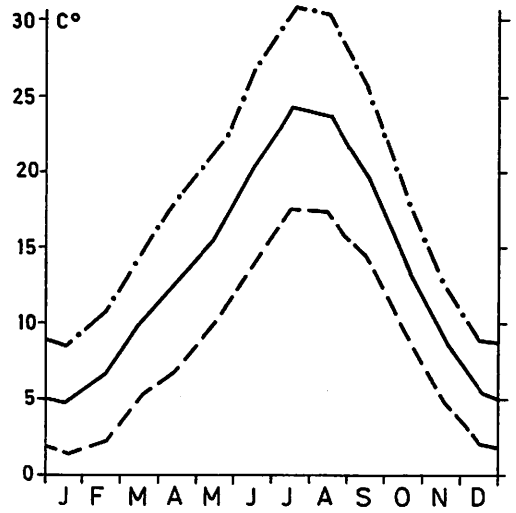


Abb. 35
Monatsmitteltemperaturen und mittlere Extreme
in Madrid/Retiro

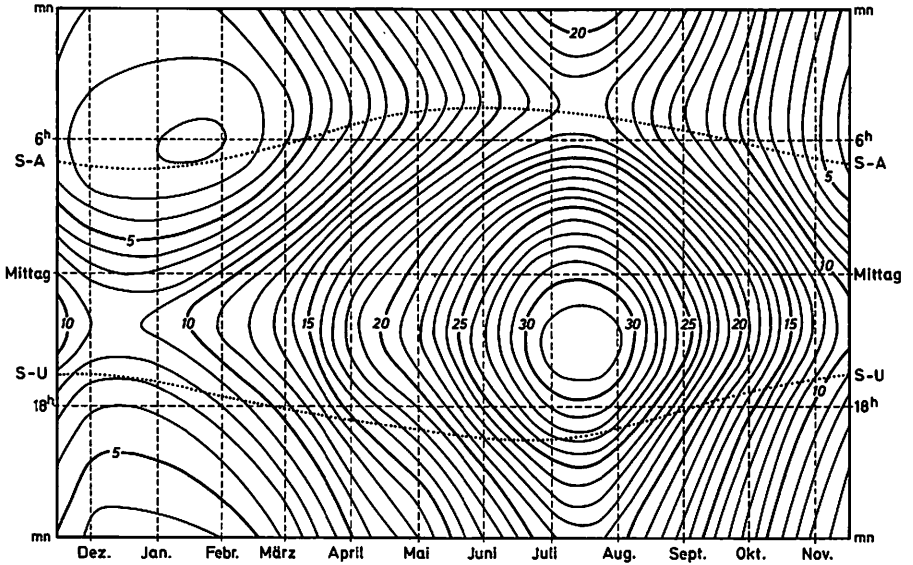


Abb. 36 Thermoisoplethendiagramm für Madrid

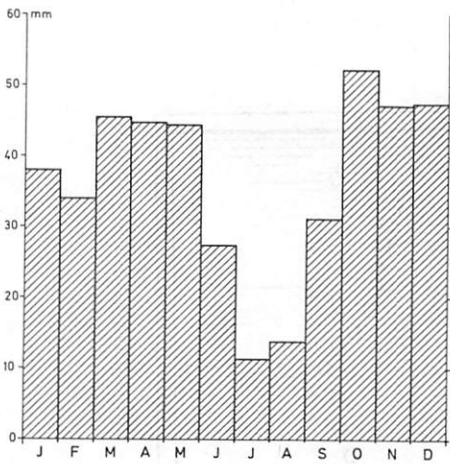


Abb. 37
Mittlere Monatsniederschläge
in Madrid

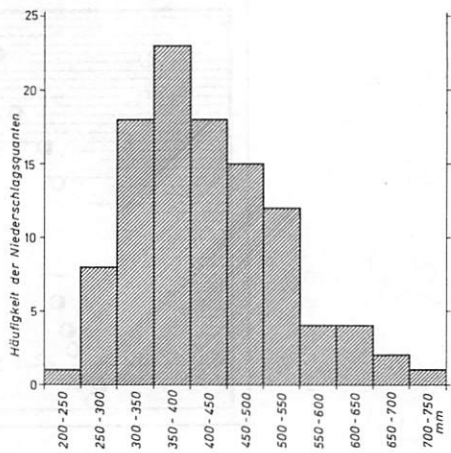


Abb. 38
Häufigkeit der Niederschlagswerte
in Madrid

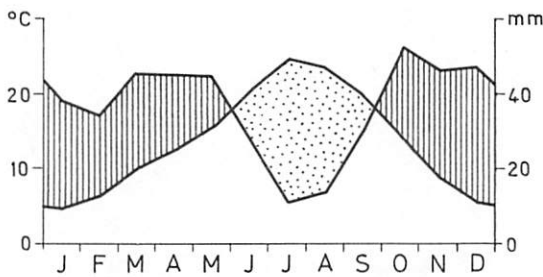


Abb. 39
Klimadiagramm von Madrid

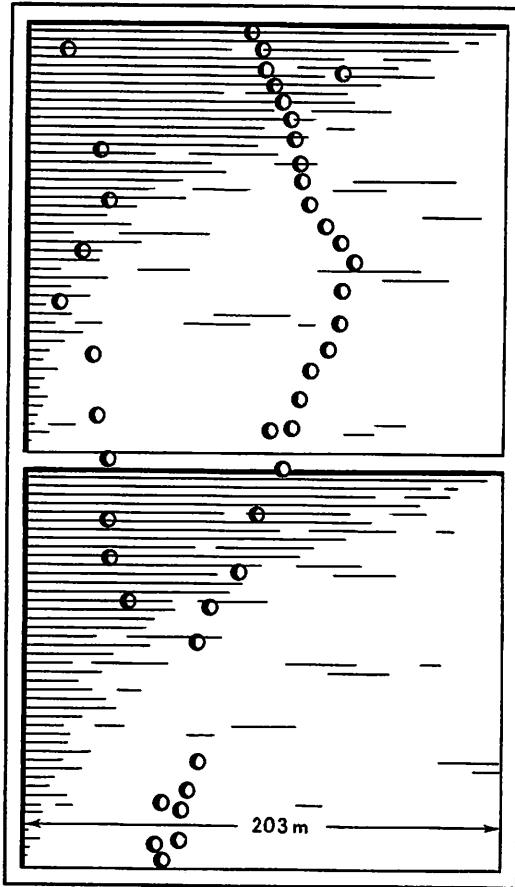


Abb. 40 Alte Qanatanlagen in Madrid

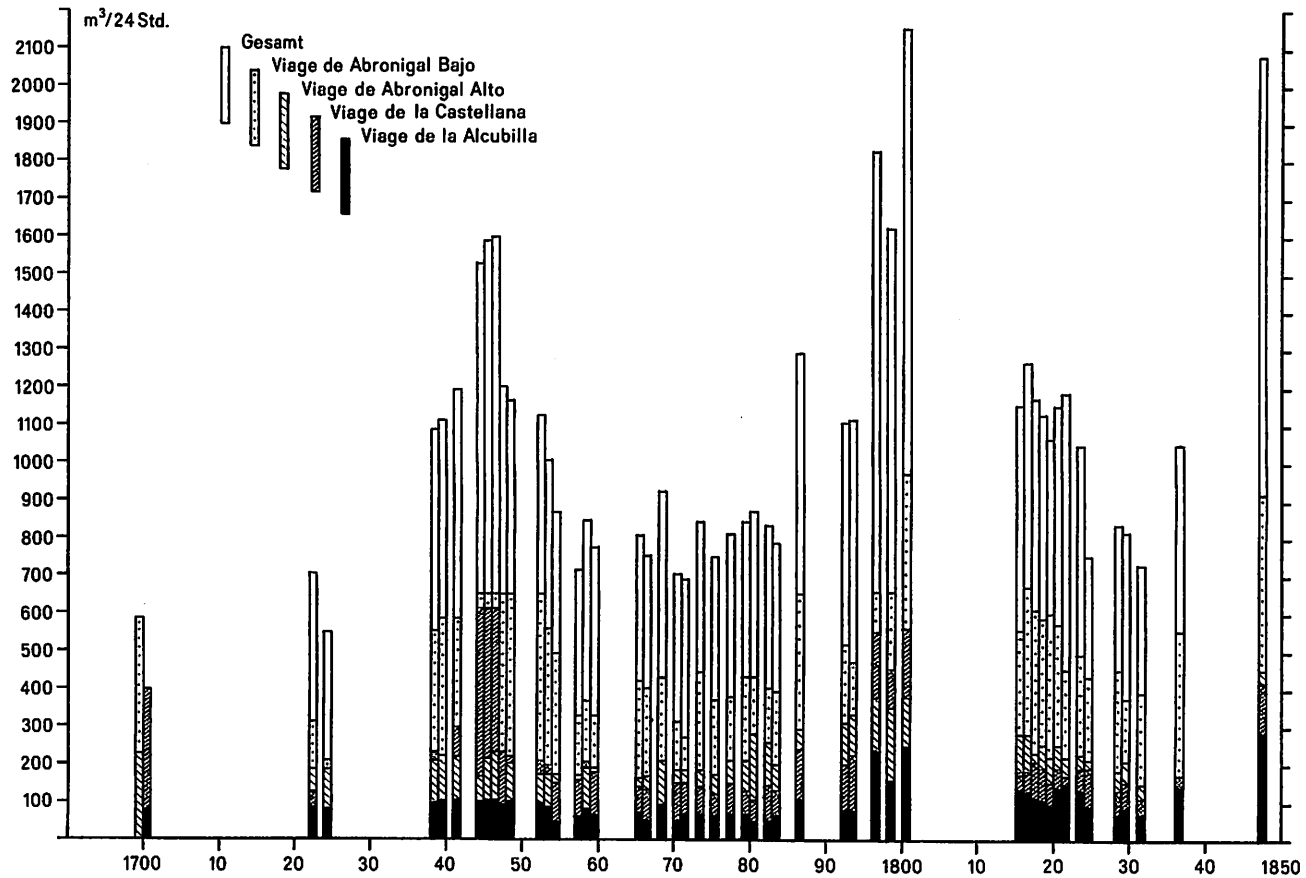


Abb. 41 Schüttmenge der vier ertragsstärksten Qanate

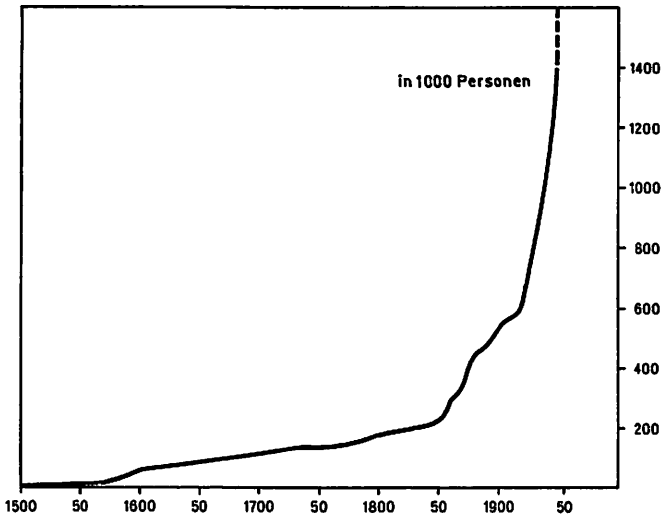


Abb. 42 Die Bevölkerungsentwicklung Madrids

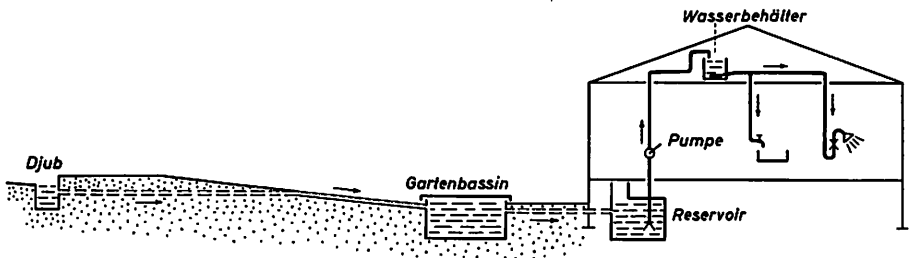


Abb. 43 Wasserversorgungsanlage eines iranischen Hauses (aus Schellenberg)

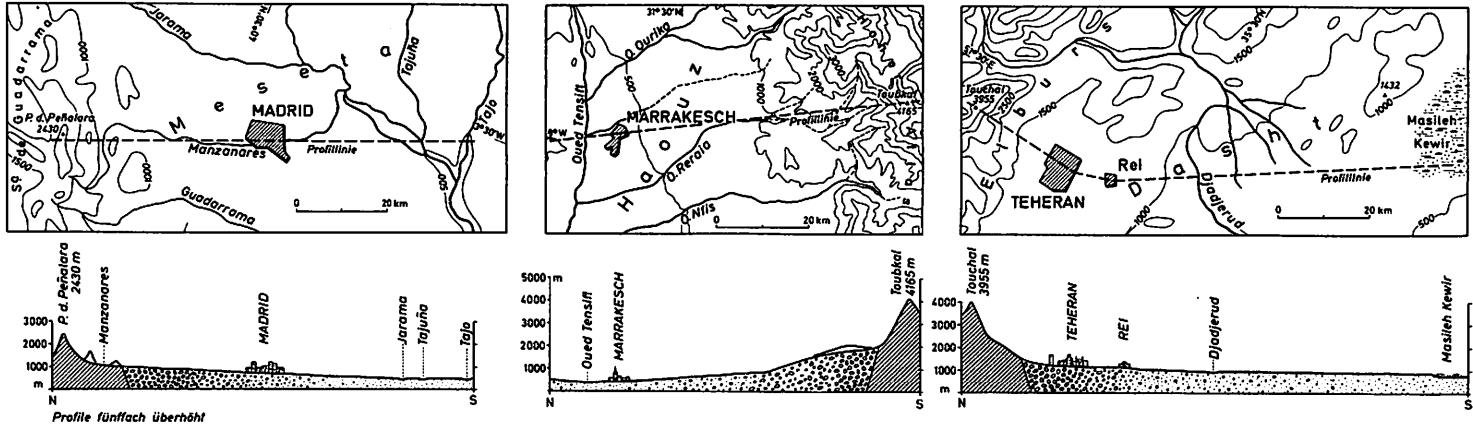
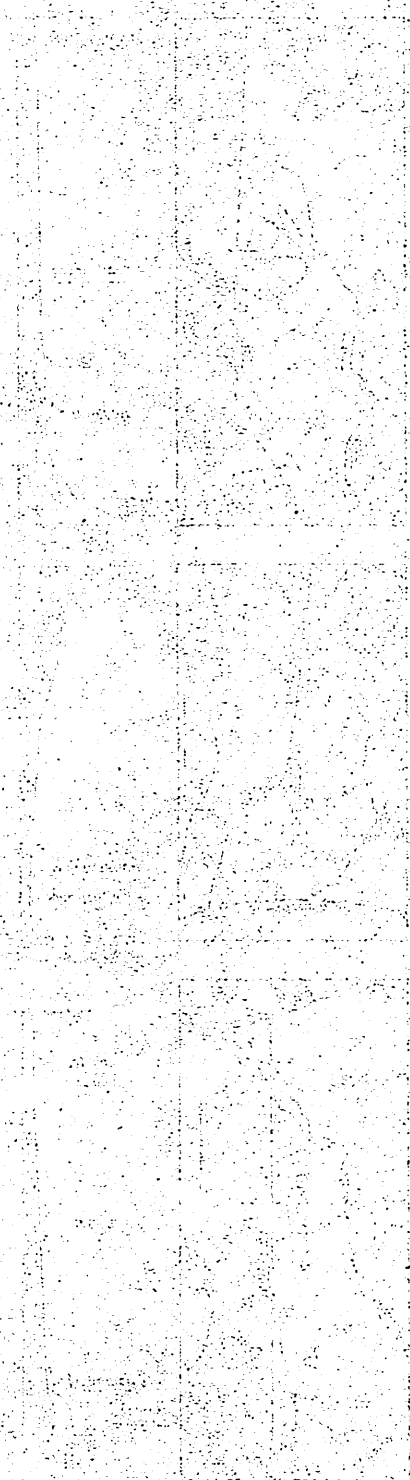


Abb. 44 Vergleichende Lageskizze der drei Städte Teheran, Marrakesch und Madrid

1900



MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR

Subject: [Illegible]

[Illegible text]

[Illegible text]

[Illegible text]

[Illegible text]

[Illegible text]

[Illegible text]

[Illegible text]

[Illegible text]

[Illegible text]

[Illegible text]

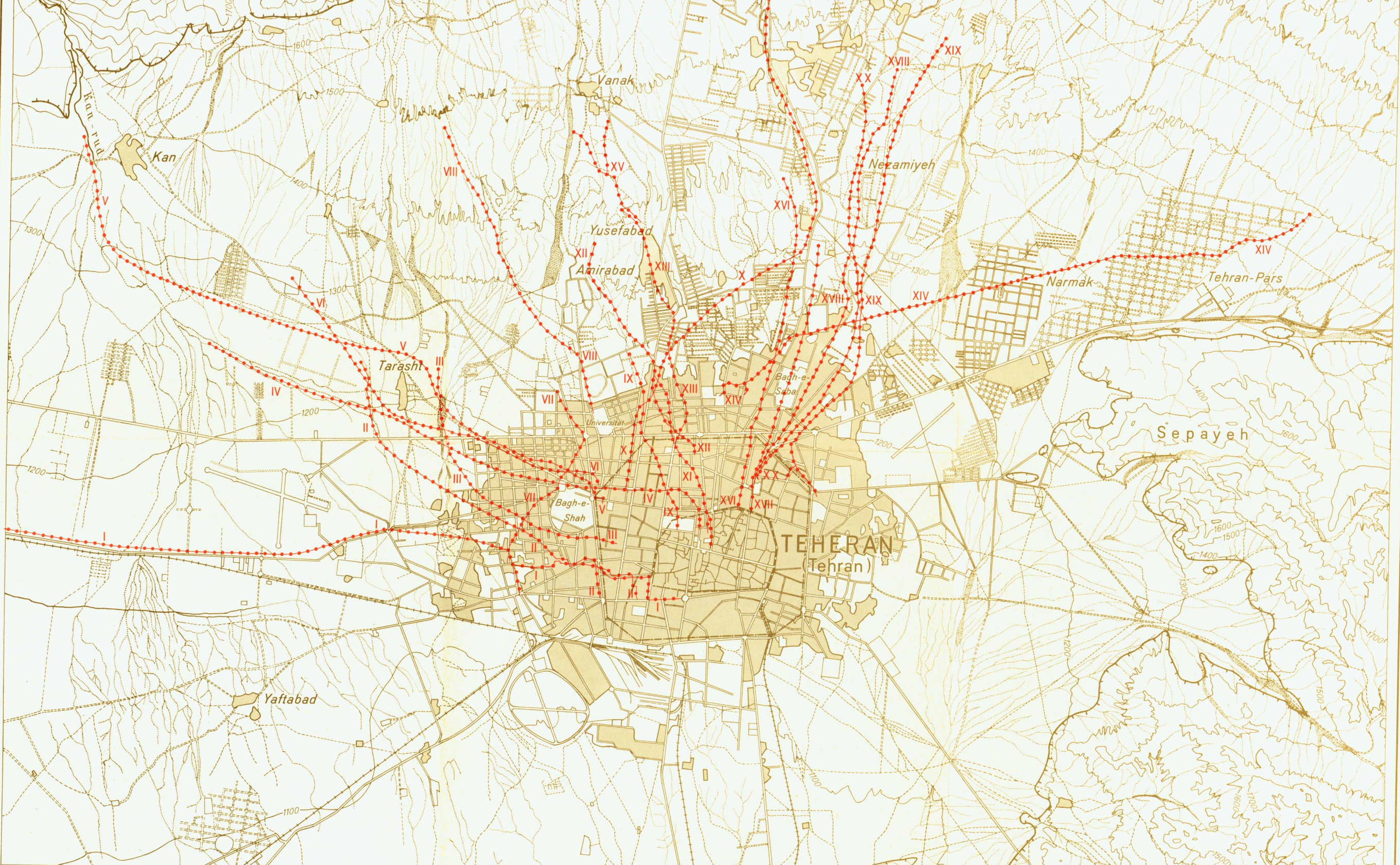
[Illegible text]











[Illegible text]

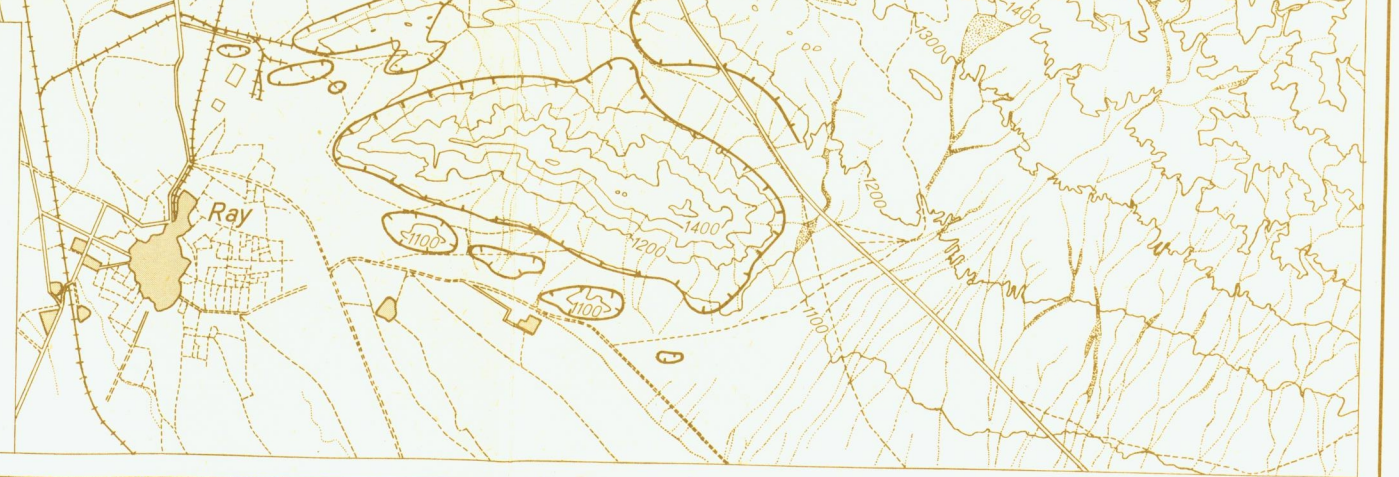
COLLOQUIUM GEOGRAPHICUM

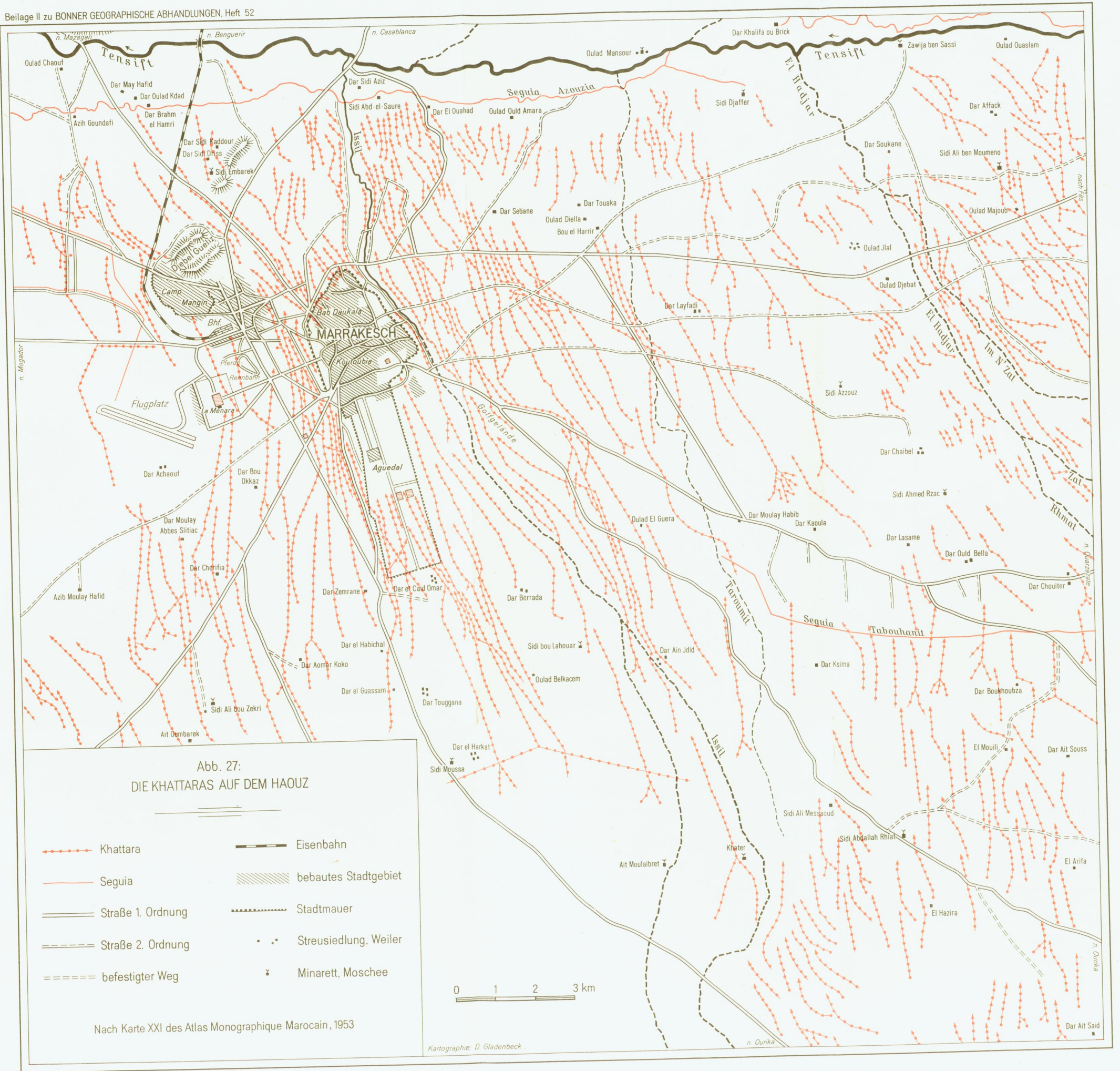
Herausgegeben von C. Troll, H. Hahn, W. Kuls, W. Lauer

- Band 1: *von Wissmann, Hermann*: Über seitliche Erosion. Beiträge zu ihrer Beobachtung, Theorie und Systematik im Gesamthaushalt fluviatiler Formenbildung. 1951. 71 S. *
- Band 2: *Conzen, M. R. G.*: Geographie und Landesplanung in England. 1952. 83 S. DM 6,—
- Band 3: *Lautensach, Hermann*: Der geographische Formenwandel. Studien zur Landschaftssystematik. 1953. 191 S. *
- Band 4: *Waibel, Leo †*: Die europäische Kolonisation Südbraziens. Bearbeitet von G. Pfeifer. 1955. 152 S. DM 8,—
- Band 5: *Kirsten, Ernst*: Die griechische Polis als historisch-geographisches Problem des Mittelmeerraumes. 1956. 154 S. *
- Band 6: *Büdel, Julius*: Die Frostschuttzone Südost-Spitzbergens. 1960. 104 S. DM 10,—
- Band 7: *Pardé, Maurice*: Influences de la Perméabilité sur le Régime des Rivières. 100 S. DM 13,20
- Band 8: *Büdel, Julius*: Die Relieftypen der Flächenspülzone Süd-Indiens am Ostabfall Dekans gegen Madras. 1965. 100 S. DM 14,75
- Band 9: *Troll, Carl (Hrsg.)*: Geo-Ecology of the Mountainous Regions of the Tropical Americas. 1968. 223 S. DM 20,—
- Band 10: *Lauer, Wilhelm; Schöller, Peter; Aymans, Gerhard*: Beiträge zur geographischen Japanforschung. Hrsg. von W. Lauer. 1969. 80 S. DM 3,—
- Band 11: *Hard, Gerhard*: Die „Landschaft“ der Sprache und die „Landschaft“ der Geographen. 1970. 278 S. DM 29,—
- Band 12: *Argumenta Geographica*. Festschrift Carl Troll zum 70. Geburtstag. Hrsg. von W. Lauer. 1970. 295 S. DM 28,—



- | | |
|---|--|
|  Qanat |  bebautes Areal |
|  Hauptstraße |  parzelliertes Areal |
|  Nebenstraße |  perennierendes Gewässer |
|  Weg |  intermittierendes Gewässer |
|  Eisenbahn |  Grenze des Anstehenden |





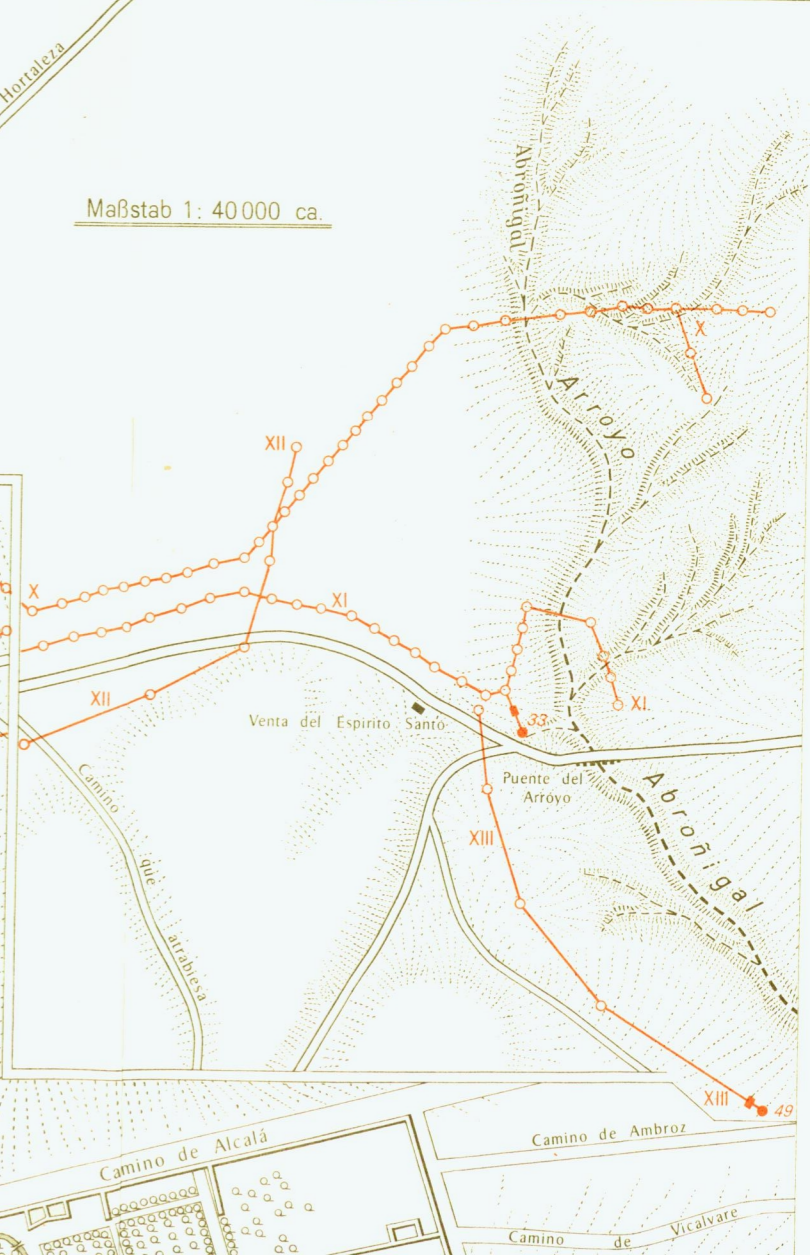
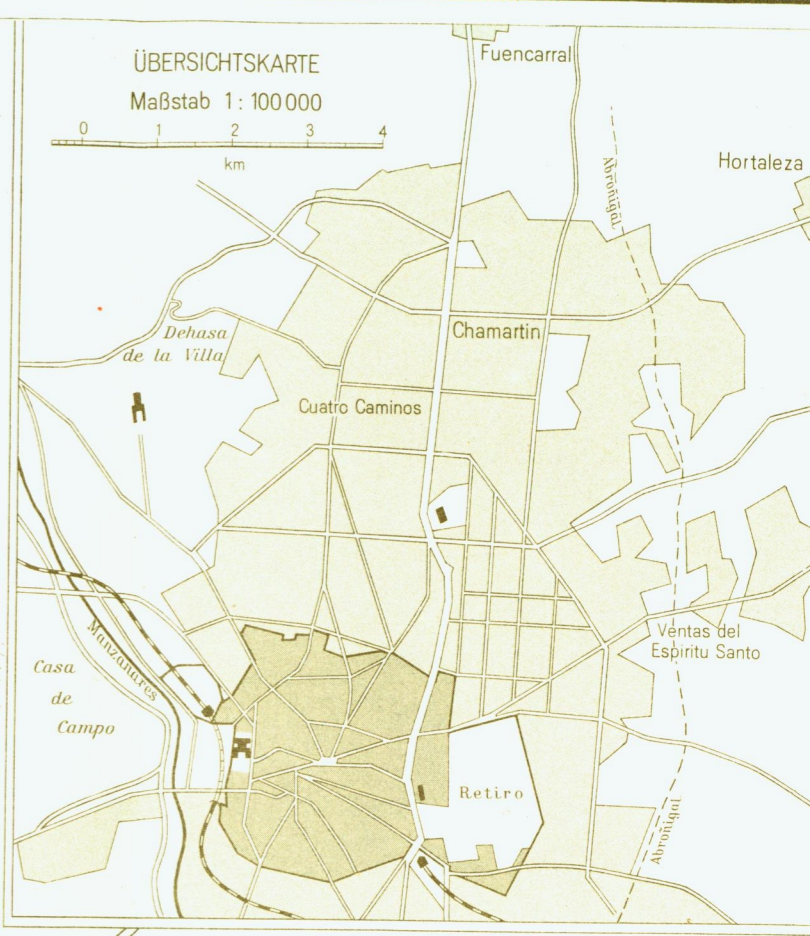
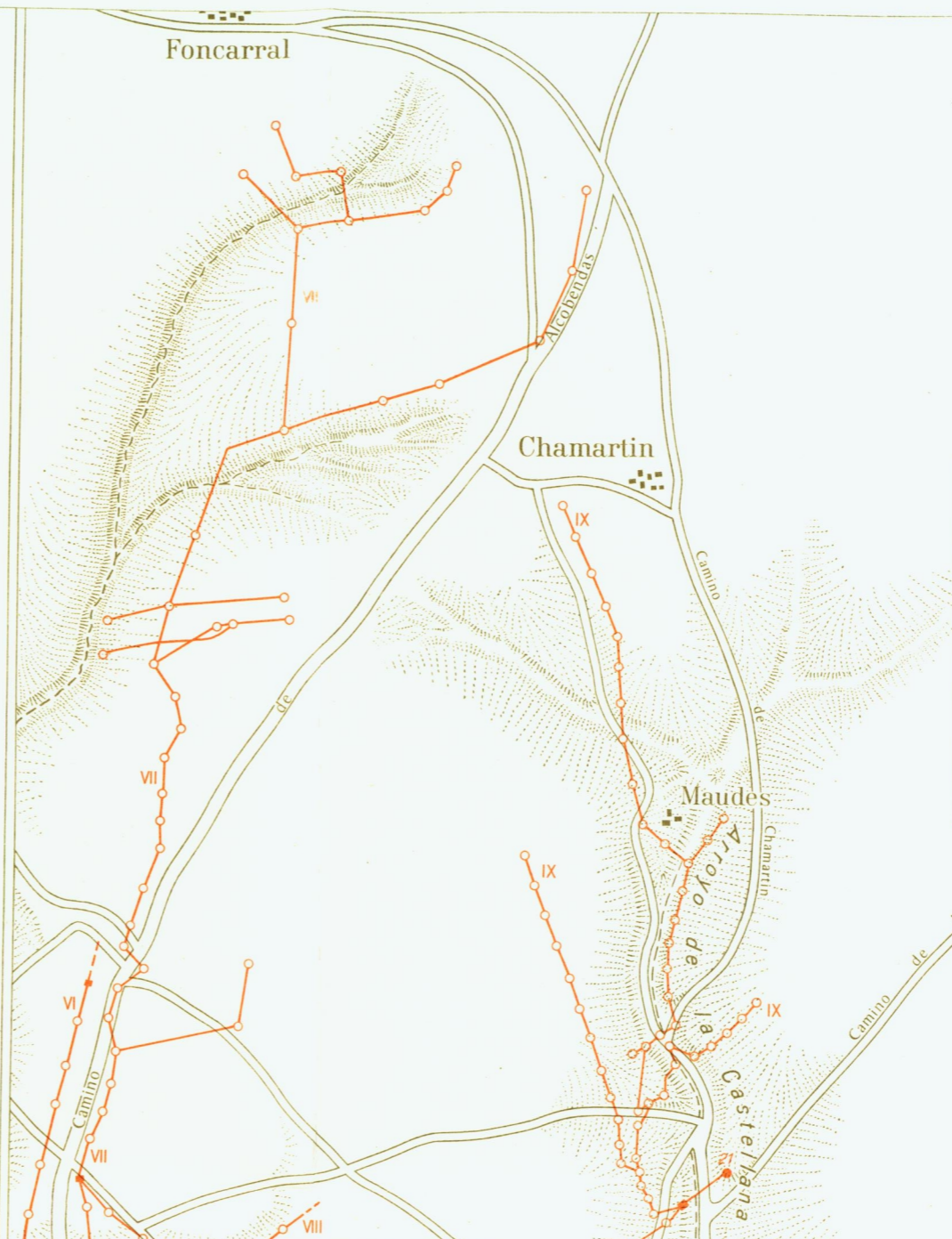
DAS QANATSYSTEM VON MADRID UM 1750

Die Bezeichnungen der Qanate und ihrer Brunnen

— Qanat (Viage) — Schacht — 33 — Brunnen (Fuente) — Verteilungsbecken

- Viage de la Calle de Segovia
- Fuente de la Cruz Verde
- Fuente de los Canos Viejos
- Fuentes de la Puente de Segovia
- Fuentes de la Florida
- Viage de los Caños del Peral
- Fuente de los Caños del Peral
- Viage de la Calle del Rio
- Fuente a la Casilla de Peste
- Fuentes de la Florida
- Viage de los Caños de Leganitos
- Fuente del Palo
- Fuente debajo del Pretil de Da Maria de Aragon
- Viage de la Fuente de la Salud
- Fuente de las Damas
- Fuente de la Florida
- Fuente de la Tela
- Viage de Amaniell
- Fuente de Matalobos
- Fuente del Cura
- VII** Viage de la Alcubilla
- 15** Fuente de San Antonio de los Portugueses
- 16** Fuente de la Calle de Valverde
- 17** Fuentes de Santo Domingo
- 18** Fuente de la Red de San Luis
- 19** Fuente de los Mostenses
- 20** Fuente de los Afligidos
- VIII** Viage de las Descalzas Reales
- IX** Viage de la Castellana
- 21** Fuente de la Castellana
- 22** Fuente de los Galapagos
- 23** Fuente del Soldado
- 24** Fuente de la Calle de Hortaleza
- 25** Fuente de Capellanas
- 26** Fuente de Santa Ana
- 27** Fuente de Anton Martin
- 28** Fuente de Santa Cruz
- X** Viage de Alto Abroñigal
- 29** Fuente de la Mariblanca
- 30** Fuente de San Salvador
- 31** Fuente de los Relatores
- 32** Fuente de la Plaza de la Cabada
- XI** Viage de Bajo Abroñigal
- 33** Fuente de la Venta del Espiritu Santo
- 34** Fuentes de los Recoletos
- 35** Fuente del Pilon de la Calle de Alcalá
- 36** Fuente de Santa Isabel
- 37** Fuente del Ave Maria
- 38** Fuente de Lavapias
- 39** Fuente de la Puerta Cerrada
- 40** Fuente de la Calle de los Cabestreros
- 41** Fuente de la Calle de Embajadores
- 42** Fuente del Cerillo del Rastro
- 43** Fuente del Humilladero
- 44** Fuente de la Calle del Rosario
- 45** Fuente de la Calle de Toledo
- 46** Fuente de la Plaza de Armas
- 47** Fuentes fuera de la Puerta de Toledo
- XII** Viage de Buen Suceso
- 48** Fuentes del Prado de Recoletos
- XIII** Viage del Berro
- 49** Fuente del Berro
- XIV** Viage de Atocha

Quelle: Nach dem unveröffentlichten Original im Palastarchiv von Madrid, ergänzt und verändert von C. Braun



Maßstab 1: 40 000 ca.

Quelle: Nach dem unveröffentlichten Original im Palastarchiv von Madrid,
ergänzt und verändert von C. Braun

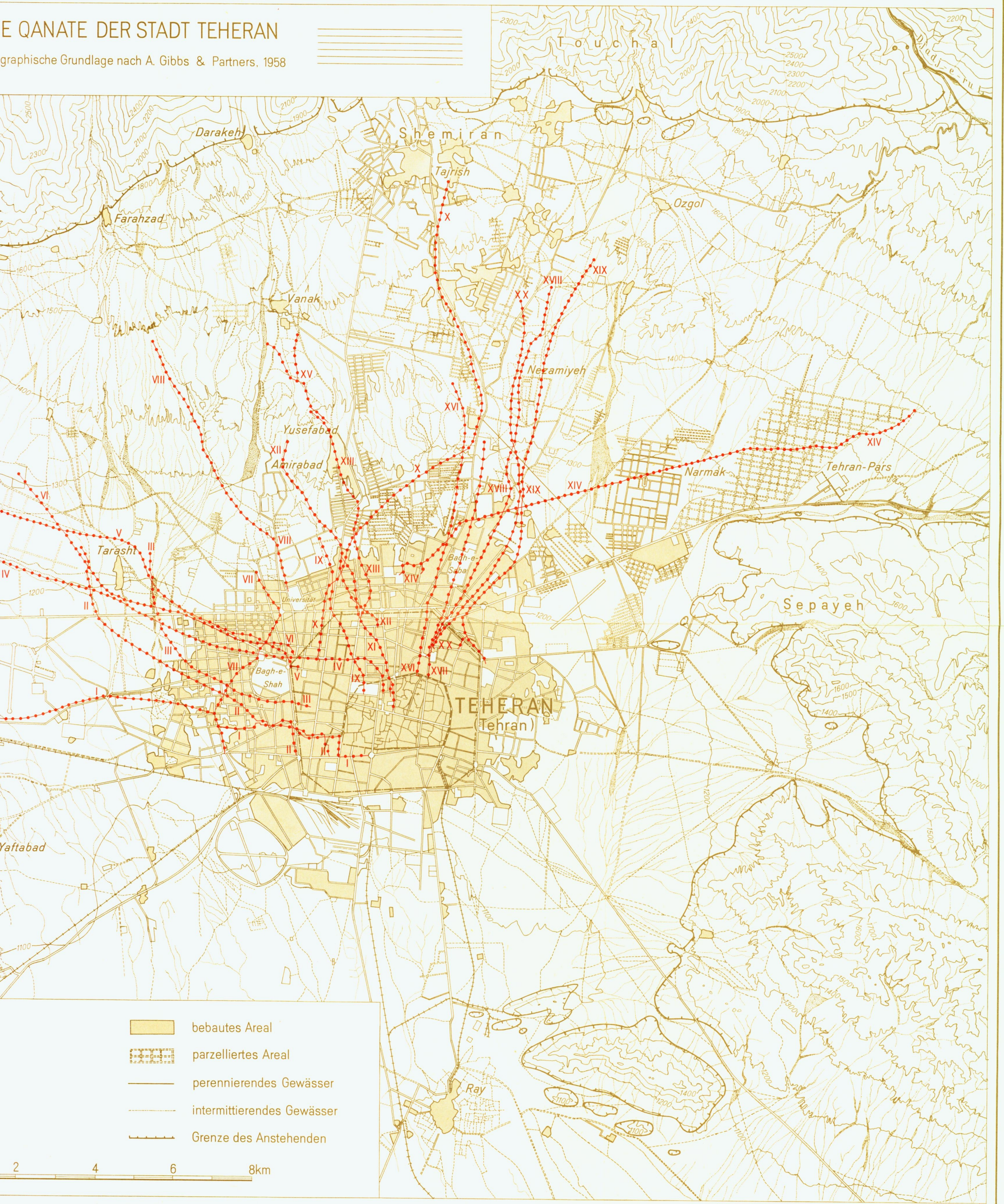


Maßstab 1: 10700 ca.

Zeichnung: D. C.

E QANATE DER STADT TEHERAN

graphische Grundlage nach A. Gibbs & Partners, 1958



-  bebautes Areal
-  parzelliertes Areal
-  perennierendes Gewässer
-  intermittierendes Gewässer
-  Grenze des Anstehenden

2 4 6 8km

DIE QANATE DER STADT TEHERAN

Topographische Grundlage nach A. Gibbs & Partners, 1958

