Werk

Titel: Über vieljährige Schwankungen des Niederschlages im Vorderen Orient und nordöstli...

Autor: Haude, Waldemar

Ort: Berlin

Jahr: 1963

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385984391_0094|log72

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

Über vieljährige Schwankungen des Niederschlages im Vorderen Orient und nordöstlichen Afrika und ihre Auswirkung auf die Ausbreitung von Tier und Mensch

Von

Waldemar Haude

Mit 11 Figuren

Summary: *Many years' fluctuations of precipitation in the Near East and in the north-eastern part of Africa, and their effect on the propagation of human and other living beings.* The effect of a number of dry years on the change of the limits of the cultivated area is being examined with the assistance of a newly developed map, showing the average precipitation in the very dry parts of Syria. In the light of the measurements taken during shorter and longer periods of dry and wet years, we can establish the possible peak values from the average amount of rain. A diagram based on the variations between the individual years and the average of many years is used as a summation curve, and clearly shows the large fluctuations of rainfall during a longer lasting period. Two examples show the extension of the area to which the figures of a measuring station apply. There have been similar periods of dry and wet winter half-years, covering 20 years and more, in almost the same sequence on the line from Madeira, via Gibraltar and Italy down to the south-east of the Mediterranean. With regard to the time in question, they vary considerably from similar deviations in the centre of the European continent and in the north-western and central parts of Africa. Periods of wet years can even move the line beyond which human and other living beings can exist far into the normally dry zone. This is also a reason for the fact that the old reproductions of wild animals and cattle breeders on walls of rocks in areas, where they do not exist today, are not considered sufficient proof — anyhow with regard to the eastern part of the Sahara — that formerly there were wetter times in those parts, exceeding the scope of periods of rainfall we have at present or may expect in the future.

A. Bedeutung des Niederschlages als Glied der Gestaltung der Wasserbilanz

Ein Hauptproblem der wirtschaftlichen Entwicklung in den Ländern der sommerheißen Trockenzone der Erde ist die Bereitstellung von genügend Wasser. Eine intensivere Ausnutzung gegebener Möglichkeiten verlangt eine genaue Kenntnis der natürlichen Wasserbilanz sowie der Folgen, die menschliche Eingriffe wie solche der Bodenbearbeitung, der Wasserentnahme und künstlichen Wasserzuführung und angebauter Kulturen hervorrufen. Die natürliche Wasserbilanz der jeweiligen Wurzelschicht wird gebildet durch die Wasserzuführung als Niederschlag, Kondensation und unterirdische Wasserbewegung und durch die Wasserabführung als Verdunstung, Aussickerung, ober- und unterirdischer Abfluß. Größe, Gestaltung und Aufbau des Bodens der Wurzelschicht bestimmt ihre Aufnahmefähigkeit für Wasser nach Zeit und Menge und beeinflußt damit Umfang und Geschwindigkeit der Wasserabführung aus ihrem Bereich und eine Wasserzuführung von der Seite oder von unten her.

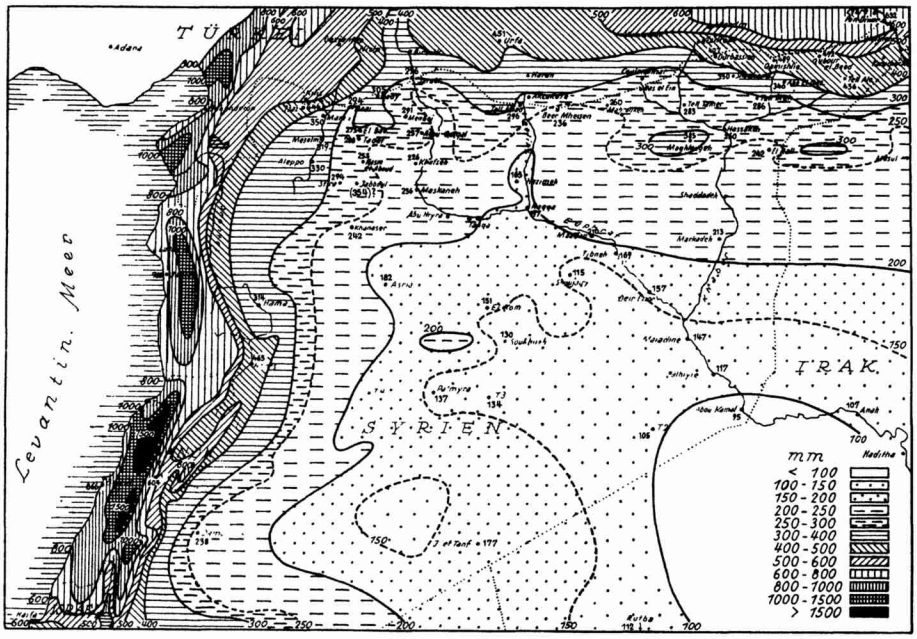


Fig. 1. Verteilung des mittleren jährlichen Niederschlages im Trockengebiet des Euphrat in Syrien (reduziert auf den Zeitraum 1932—1961)

In dieser Klimazone sind ortsgebunden die Gestaltung der Wurzelzone und die Bedingungen für die Verdunstung einer immer feuchten Oberfläche von Jahr zu Jahr im allgemeinen nur wenig veränderlich. Anders ist dies beim Niederschlag. Dieser kann nach Menge und Verteilung von Jahr zu Jahr, wie auch im Wechsel von kürzeren und längeren Jahresreihen sehr verschieden sein. Daher wird die Veränderlichkeit der natürlichen Wasserbilanz über die Jahre in erster Linie durch den Niederschlag am Ort erzeugt. Die durch künstliche Wasserzuführung vom Menschen gestaltbare Wasserbilanz wird ebenfalls weitgehend durch Niederschlagsschwankungen im Nährgebiet des Zusatzwassers beeinflußt.

Das ist der Grund, weshalb einer Betrachtung der Niederschlagsverhältnisse über die Jahre eine so wesentliche Bedeutung für die Ausgestaltung der Wasserbilanz zukommt. Niederschlagsmenge und Verteilung sind ihre Gestalter. In diesen Gebieten der Trockenzone werden die stärkeren Niederschlagsmengen einer Regenzeit in der Regel durch zeitlich begrenzte Starkregen hervorgerufen. Treten diese Starkregen erst am Ende der winterlichen Regenzeit auf, so kann ihr Einfluß auf den Feldertrag gering bleiben. Die beste Verteilung bleibt immer: 1. etwas Regen zum Beginn der Bestellung, damit die Saat aufgehen kann, 2. anschließend keine ausgeprägte Regenarmut, 3. reichlich Regen mit Annäherung an Blattschluß und Blüte und 4. mindere aber noch ausreichende Regenmengen bei den im Frühjahr einsetzenden höheren potentiellen Verdunstungsbeträgen während der beginnenden Fruchtreife mit in

Abhängigkeit von möglichen, durch Winterregen aufgefüllten Wasserreserven in dem Speicherraum der Wurzelschicht.

Da eine Bodenspeicherung von Wasser bei nicht zu spät fallenden Niederschlägen eine nachfolgende ungünstige Regenverteilung bis zu einem gewissen Grade ausgleichen kann, gibt vor allem die Menge des Niederschlages während der eigentlichen Regenzeit weitgehend den Ausschlag für die Möglichkeit eines Feldanbaues. Starkregen allein am Ende der Regenzeit bleiben landwirtschaftlich fast ohne Nutzeffekt. Aber sie lassen noch immer eine gewisse Steppenvegetation aufkommen und Wasserstellen sich bilden, die dann Wildtieren ein weiteres Vordringen ermöglichen, auch wenn diese Pflanzen infolge steigender Verdunstung zum Sommer hin eher wieder welken als im Winter.

An den Trockengrenzen einer möglichen Nutzung, sei es durch Jagd, Weidewirtschaft oder Ackerbau, haben schon relativ kleine Änderungen der Niederschlagsverhältnisse schwerwiegende Folgen. Die Auswirkung gelegentlicher Regenfälle in einer sonst geradezu steril anmutenden gelb-grauen Wüste ist zauberhaft. Schlagartig bekommt sie einen grünen Schimmer, z. B. auch in der Gegend von Luxor. Weiße, blaue und rote Blüten entwickeln sich, ganz besonders dort, wo Wasser zusammenlaufen kann. War zuvor nur Geröll vorhanden, reichte im Tefedest die Flora bis Brusthöhe. Die Schluchtwege führten durch ein Meer köstlich duftender Blumen (Carl und Petit). Bei einem Wechsel von regenreichen und regenarmen Niederschlagszeiten entscheidet vor allem die Häufigkeit eines Absinkens des Niederschlages unter gewisse Grenzwerte über die Möglichkeit eines einigermaßen regelmäßigen Anbaues. Treten längere Zeiten mit einer Häufung z. B. regenreicher Jahre auf, so kann dies für spätere Zeiten durch Fehlplanung aus der neu erworbenen Gewöhnung heraus ganz erhebliche nachteilige Folgen nach sich ziehen.

B. Niederschlag in Syrien

Längere Niederschlagsreihen sind im Bereich der Trockenzone nur sehr sporadisch vorhanden. Vergangene mögliche Auswirkungen von Niederschlagsschwankungen sollten aber trotzdem immer von den Verhältnissen eines durch Messungen bekanntgewordenen Zeitabschnittes ausgehend beurteilt werden. Den Einfluß, den geringe Schwankungen der Niederschlagsmenge auf die Randzone des Ackerbaues ohne künstliche Bewässerung ausüben, sei am Beispiel von Syrien illustriert.

Es wurde versucht, die mittlere Niederschlagshöhe für das Trockengebiet Syriens als Mittel der Zeit von 1932—1961 darzustellen *(Fig. 1)*. Ein dichteres Niederschlagsnetz besteht in Syrien erst seit 1958. Das Mittel dieser 5 Jahre liegt aber erheblich niedriger als es dem Durchschnitt der letzten 30 oder 60 Jahre entsprechen würde. So wurden diese 5jährigen Jahresmittel an Hand der etwa 10jährigen Beobachtungsreihen von Damaskus, Homs, Hama, Aleppo, Deir ez Zor, Qamishlie und der mindestens 30 Jahre betragenden Reihen von Beirut, Ksara, Urfa, Diyarbakir und anderen türkischen Stationen, Hassakah, Mosul, Rutbah, Amman aus der näheren Umgebung von Syrien auf Grund von entsprechenden Quotientenbildungen der Jahres-

summen und ihrer kartographischen Ausgleichung auf eine Reihe von 30 Jahren umgerechnet.

An den Grenzen Syriens wurden außerdem zur Vervollständigung der Karte benutzt: die vom Türkischen Wetterdienst herausgegebene Karte der Niederschlagsverteilung (Jahresmittel von 1930—1959), Karten der Niederschlagsverteilung in Libanon (ohne Reduzierung auf ein gleiches Zeitintervall) und in Israel (Mittel der Jahre 1921—1950). Außerdem wurden für den westlichen Teil Syriens eine skizzierte Entwurfskarte des Syrischen Wetterdienstes, vorwiegend auf Grund der Meßergebnisse der letzten 5 Jahre, mit herangezogen. Ein Kartenentwurf auf Grund früherer sporadischer und daher nicht auf ein gleiches Zeitintervall umrechenbarer Messungen lag von WIRTH [1958] vor. Die Darstellung im westlichen gebirgigen Teil ist wesentlich weniger gesichert aus Mangel an vorhandenen und auch mir vorliegenden Meßreihen. Sie dient hier nur als Skizzierung der Begrenzung der Niederschlagsverteilung im Trockengebiet.

Darüber hinaus ist zu prüfen, wie sich die zwangsläufig über die Zeit 1932—1961 bestimmten Mittelwerte zu den vorangegangenen 30 Jahresmittelwerten oder besser zu größere Zeiträume umfassenden Mittelwerten verhalten. Da es schwierig und trotz schriftlicher Bitte nicht überall möglich war, von Stationen die Zahlenwerte der letzten Jahre zu erhalten, wurden die Vergleichsmittel mit den Zeiträumen der Winter a) 1931—1960 und 1931—1950 angestellt. Von den Stationen des Mittelmeergebietes und umliegender Länder wurden aus der World Weather Records die Mittelwerte der Winterniederschläge (Oktober bis März) für die Zeiträume 1901—1950 bzw. 1901—1960, 1881—1950 und 1851—1950 berechnet. Die Differenzen der Mittelwerte dieser längeren Zeiträume von denen der Jahresreihen 1931—1960 bzw. 1931—1950, wurden — ausgedrückt in Prozenten der Werte der längeren Reihen — kartenmäßig dargestellt. Der Zeitraum Oktober bis März umfaßt nicht die ganze Regenzeit im Vorderen Orient, aber doch den wesentlichen Teil.

Die Karte (*Fig. 2a*), bei der die größte Anzahl von Werten benutzbar war, zeigt, daß die Mittelwerte der 20 Jahre 1931—1950, wahrscheinlich angefangen von Vorderindien über Arabien und das Mittelmeer bis nach dem Atlantischen Ozean hin, wesentlich niedriger lagen als dem 50jährigen Mittelwert entspricht. Nördlich davon über dem europäischen Kontinent, waren die Werte einige Prozent höher und ganz besonders in Richtung auf die Azoren. Bei den dargestellten Prozentzahlen der Differenzen der Mittelwerte (1931—1960) minus (1881—1960) (*Fig. 2b*) ergibt sich fast genau das gleiche Bild, so daß die Prozente vermutlich auch in den nicht mit Zahlenwerten belegbaren Randzonen ähnliche Beträge wie in *Fig. 2a* annehmen. Da, wie in Tabelle 3 zu sehen ist, die Mittelwerte über 70, 100 oder 170 Jahre sich nur geringfügig voneinander unterscheiden, kann man die Mittelwerte von 70 und allenfalls 50 Jahren gut als eine Art Bezugsnorm gebrauchen.

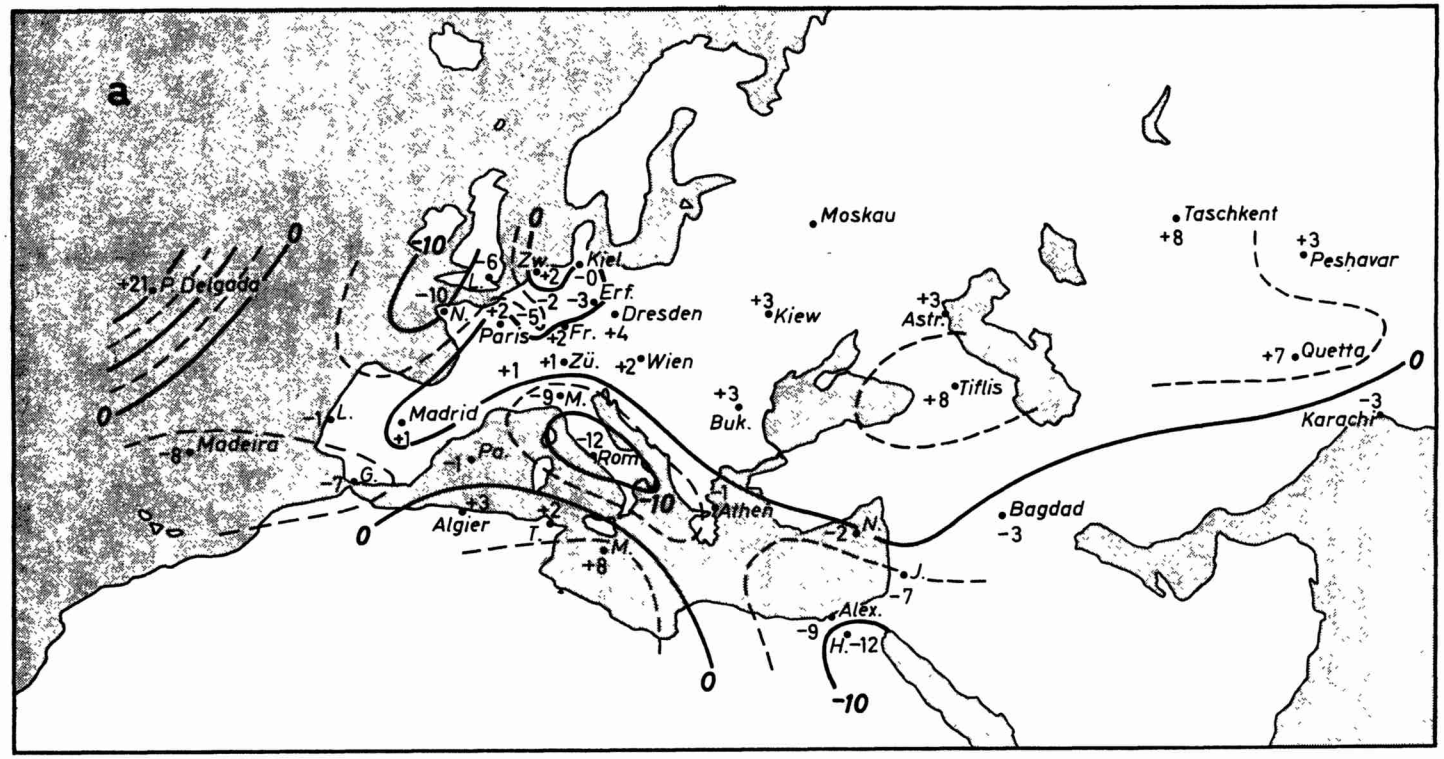
Für die Karte der Niederschlagsverteilung in Syrien ist zu entnehmen, daß die 30jährigen Mittelwerte etwa nördlich der Linie Aleppo—Mosul sowie in der angrenzenden Türkei ungefähr der vieljährigen Norm entsprechen. Südlich dieser Linie aber sind die 30jährigen Mittelwerte gegenüber der so definierten Norm bis auf etwa 8% ansteigend, als zu klein anzusehen.

Darüber hinaus lehren diese Vergleiche a) daß die Jahre von 1931—1960 in Italien sowie in den Randzonen des südöstlichen Mittelmeeres auffallend regenarm waren, b) daß die Regenarmut sich wie ein Band um einen Teil des Südrandes der Winterregen legte, c) daß aber Algier, Tunis und die westlichen Teile von Libyen davon nicht betroffen wurden. Es kann sich also nicht um eine einfache Verlagerung der Regenzone der gemäßigten Breiten nach Norden gehandelt haben. Diese Regenarmut wird anscheinend durch eine verminderte Anzahl oder Ausbildung von Regenstörungen hervorgerufen, die den Mittelmeerraum entweder von der Biskaya oder von Gibraltar her erreichen und über Italien zum Nildelta ziehen. Diese Zugrichtung entspricht der häufigsten Zugbahn der Steig- und Fallgebiete nach der von BEBBER gewählten Bezeichnung Va. Da Störungen dieser Art den algerisch-tunesischen Raum höchstens streifen, blieb dort die Niederschlagsmenge unbeeinflußt. Das mag darauf hindeuten, daß auch in früheren Zeiten eine Regenarmut über eine längere Reihe von Wintern über dem nördlichen Teil der östlichen Sahara nicht von einer solchen in der westlichen begleitet zu sein brauchte oder daß ebensogut bei einem Regenreichtum im Westen über einen längeren Zeitraum keineswegs ein solcher für den Osten vorauszusetzen ist. Die grundsätzlichen Verhältnisse, soweit sie bei der beschränkten Beobachtungsreihe von Tunis ableitbar sind, zeigt Tabelle 1. In ihr sind die Abweichungen der beiden 28 Jahre und 10 Jahre umfassenden Zeitabschnitte vom 50jährigen Mittelwert 1900—1950 in % für Stationen des westlichen und östlichen Mittelmeerraumes zusammengestellt.

Tabelle: 1

	1900—27	1928—37
Tunis	— 4	+ 15
Malta	— 9	+ 20
Madrid	— 1	+ 9
Palma	0	+ 5
Gibraltar	+ 6	0
Rom	+ 9	0
Alexandria	+ 5	— 12
Jerusalem	+ 7	— 20
Beirut	+ 1	— 15

Neben den Mittelwerten interessiert auch die auf Grund gemessener Werte mögliche Schwankung der Jahresmittel des Winterhalbjahres unterschiedlicher Intervalle. Hierfür wurde der Zeitraum von 1881—1950 zu Grund gelegt und die Meßergebnisse von 22 Stationen mit unterschiedlichen mittleren winterlichen Niederschlagssummen (Oktober bis März) aus dem Raum des Mittelmeers und der nördlich angrenzenden Zone vom Atlantischen Ozean (Ponta Delgada, Madeira) über West- und Mitteleuropa bis nach russisch Turkestan und Pakistan benutzt. Jeweils in Abhängigkeit vom 70jährigen Mittelwert (Oktober bis März) als Ordinate wurden aufgetragen:


a
Moskau
Taschkent
+8
+3
Peshavar
+21 P. Delgada
0
-10
-6
Zw.
+2
Kiel
-0
-10
L.
-2
-3
Erf.
N.
+2
-5
Dresden
Paris
+2
Fr.
+4
+3
Kiew
+3
Astr.
+7
Quetta
+1
+1
Zü.
+2
Wien
+3
Buk.
+8
Tiflis
-3
Karachi
-1
L.
Madrid
+1
-9
M.
-12
Rom
-8
Madeira
-1
Pa.
-7
G.
+3
Algier
+2
T.
M.
+8
-10
-1
Athen
-2
N.
Bagdad
-3
J.
-7
Alex.
-9
H.
-12
-10

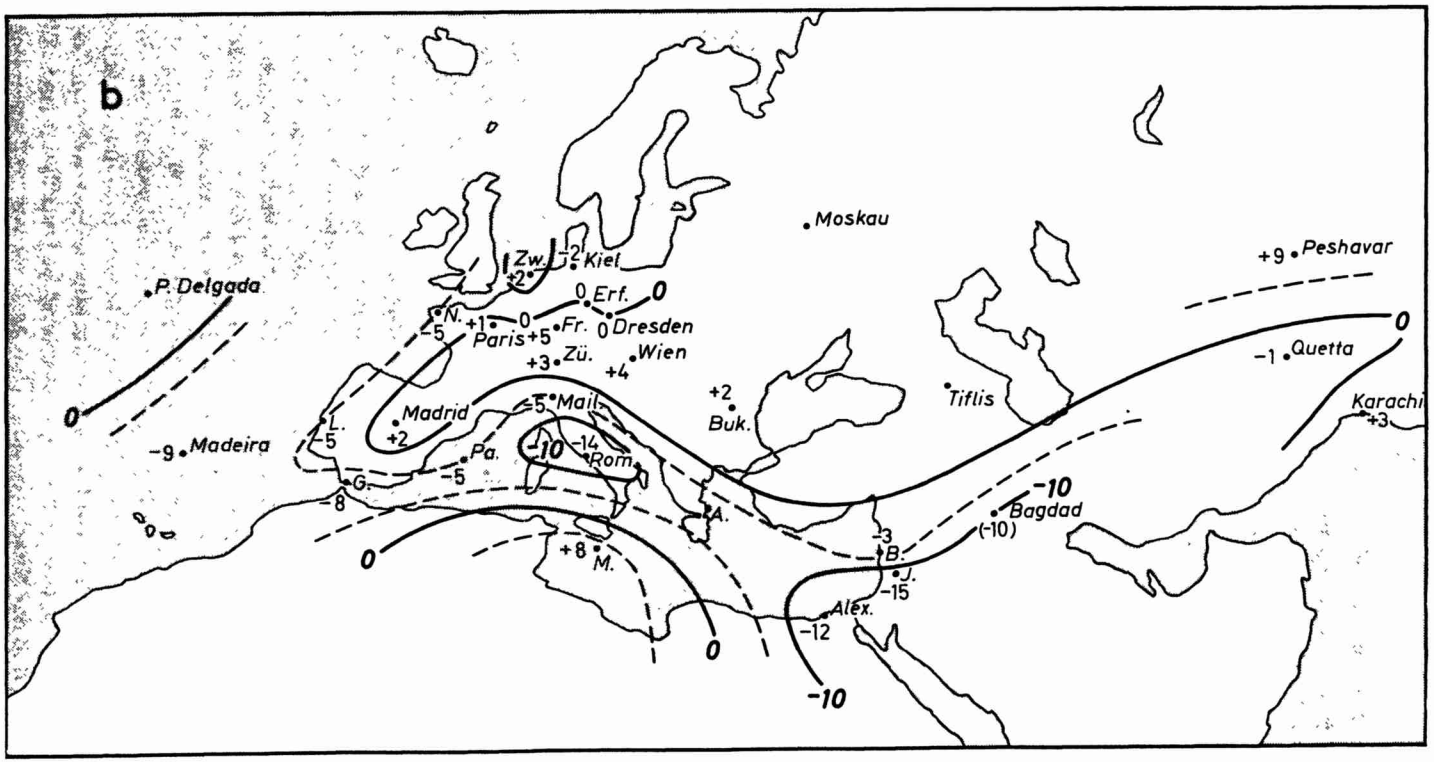


Fig. 2. Karte der Differenzen der Mittelwerte des Niederschlages (Oktober bis März), ausgedrückt in Prozenten der längeren Reihe: a) von (1931—1950) weniger (1901—1950) b) von (1931—1960) weniger (1881—1950)

a) der bei jeder Station höchste und tiefste Wert eines Einzelwinterhalbjahres,

b) der bei jeder Station höchste und tiefste Mittelwert von 3 aufeinander folgenden Winterhalbjahren,

c) der bei jeder Station höchste und tiefste Mittelwert von 20 aufeinanderfolgenden Winterhalbjahren.

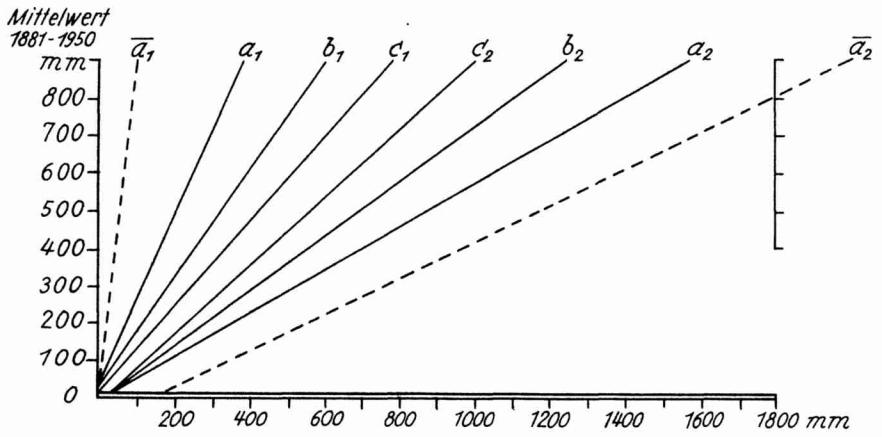


Fig. 3. Mögliche Regensummen der Winter (Oktober bis März) von Einzeljahren und Jahresgruppen bei 22 Stationen über einen Zeitraum von 70 Jahren unter Bezug auf ihre jeweiligen Mittelwerte dieser Zeit (weitere Erklärung im Text)

Bei c) ist die Abhängigkeit sehr eng. Die Punkte liegen sowohl bei den Höchst- als auch bei den Tiefstwerten fast auf einer Geraden. Bei b) ist die Streuung jeweils schon etwas größer. Noch größer ist die Streuung der Punktwolke bei a). Daher sind hier auch die beiden Lagen der linearen Verbindung der extremsten Werte (gestrichelt) mit angegeben worden (*Fig. 3*).

Die Schwankungsbreite der Winterniederschläge in Einzeljahren wie vor allem für die Jahresgruppen, hängt somit fast nur von der mittleren Niederschlagshöhe ab und ist darüber hinaus von der örtlichen Lage so gut wie unabhängig, wohl aber nicht ihre Häufigkeitsverteilung. Die Linien gelten natürlich nicht verlängert für den Mittelwert 0, sondern erst nach einer mittleren Niederschlagshöhe von etwa 10 mm an.

So bedeutet z. B. für eine mittlere Wintersumme von 200 mm in diesem 70jährigen Mittel: 1. daß hier Einzeljahreswerte zwischen 20 und 550 mm betragen konnten, daß aber im allgemeinen nur mit einer Schwankung zwischen 70 und 370 zu rechnen war, 2. daß der Mittelwert über eine Periode von drei aneinanderanschließenden Wintern im äußersten Fall zwischen 80 und 350 mm liegen konnte (was in regenärmsten Fällen fast der Linie a_1 entsprechen würde), daß aber im allgemeinen in diesem Zeitraum von 70 Jahren die kleinsten und größten Mittelwerte zwischen 120 mm und 290 mm aufgetreten sind, 3. daß die Mittelwerte über eine Andauer von 20 Jahren sich zwischen

160—240 mm hielten. Mit diesen Daten lassen sich vielerlei Kombinationen errechnen. Doch sollen in folgendem die örtlich jeweils gemessenen und mit dem Datum ihres Zeitablaufs versehenen Zahlenwerte einer weiteren vergleichenden Betrachtung unterzogen werden.

Für die 4 wenig ergiebigen Regenzeiten der aufeinanderfolgenden Jahre 1957/58—1960/61 wurde ebenfalls eine Karte der Verteilung ihrer Mittelwerte entworfen. Sie zeigt vor allem in dem Trockengebiet ein erhebliches Zurückweichen der Isohyeten gegenüber *Fig. 1* auf. In *Fig. 4* sind die Isohyeten von 200 und 250 mm sowohl gemäß den Karten a) der 30-jährigen Mittel und b) der Mittel dieser 4 niederschlagsarmen winterlichen Regenzeiten eingetragen.

Die Fläche zwischen den beiden 200 mm Isohyeten beträgt in Syrien bis zum 33. Breitengrad (Kartengrenze) 58000 km², zwischen den beiden 250 mm angebenden gestrichelten Kurven 32000 km². Die gesamte Landesfläche von Syrien umfaßt 181 338 km² und bis 33° Breite rund 170000 km². Für ganz Syrien wurden für 1956 rund 80000 km² als mögliches Kulturland überhaupt angegeben, von denen wieder 45000 km² ohne Bewässerung und weniger als 7000 km² mit Bewässerung tatsächlich unter Kultur standen (Cotton bureau, Aleppo).

In der Küstenzone Ägyptens reicht eine einigermaßen rentable, wenn auch sehr bescheidene Anbaumöglichkeit etwa bis zur 200 mm Isohyete. Für Syrien liegt dieser Grenzwert im allgemeinen bei etwas höheren Werten und muß zwischen den 200 und 250 mm Isohyeten gesucht werden. In dieser vorher erwähnten regenarmen Zeit von 4 Winterhalbjahren ist daher allein aus Gründen zu geringen Niederschlages gegenüber mittleren Verhältnissen ein erfolgreicher Anbau auf einer Fläche von 40000 km² nicht möglich gewesen. Nun umfaßt diese Fläche auch Landstriche, in denen ein Anbau aus orographischen und bodenkundlichen Verhältnissen überhaupt ausgeschlossen ist. Immerhin darf man wohl etwa $^3/_4$ dieser Fläche = 30000 km² als Kulturland ansehen, von denen in diesen Jahren im Mittel jährlich 15000 km² = $^1/_3$ der normalen Nutzfläche für einen erfolgreichen Anbau ausfielen. Flächenmäßig noch größer war eine Beeinträchtigung der Weidemöglichkeit in der sich nach dem Landesinnern anschließenden Steppen- und Wüstensteppenzone, was unter solchen Umständen zusätzlich eine verstärkte Schädigung der Steppenflora durch erzwungene Überweidung zur versuchten Erhaltung des Viehbestandes hervorruft.

Schon bei dieser allein in den bestehenden 5 Meßjahren eingetretenen Trockenperiode von 4 aufeinanderfolgenden Jahren trat eine Verlegung der klimabedingten Ackerbauzone um 50 km von ihrer mittleren Lage auf. Es ist daher anzunehmen, daß früher in großen Abständen noch größere Verschiebungen über eine Reihe von Jahren zustande gekommen sind und wohl auch in Zukunft zu erwarten sind.

C. Gebiete mit einer ähnlichen Niederschlagsschwankung wie in Syrien

In dem Raum Syrien mit angrenzenden Gebieten von Irak, Jordanien, Libanon und der Türkei herrschten in der Zeit der vornehmlich vorliegenden Beobachtungen, d. h. während der letzten 35—40 Jahre ähnliche großzügige Niederschlagsverhältnisse vor.

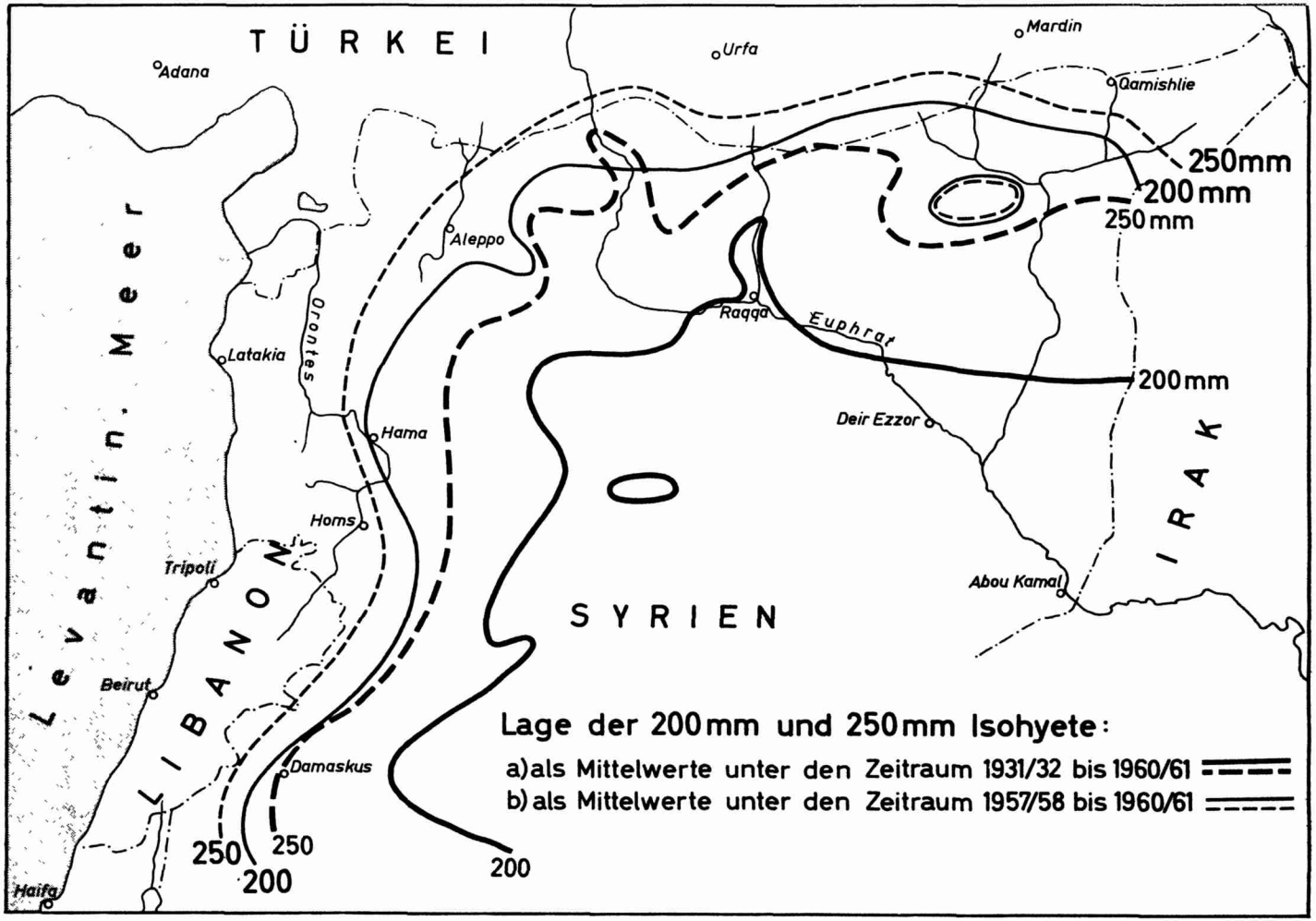


Fig. 4. Lage der 200 und 250 mm Isohyeten in Syrien nach: a) den 30jährigen Mittelwerten (1932—1961) und b) den 4jährigen 1957/58—1960/61

Um einen Vergleich auch mit den türkischen Stationen zu ermöglichen, wo die Niederschläge des April, Mai und auch der Sommermonate nordwärts fortschreitend im Gegensatz zu den südlich der Türkei gelegenen Meßstellen stärker zunehmen, wurde zum Vergleich die Bildung der Regensummen der jährlichen Regenzeit auf das Winterhalbjahr Oktober bis März beschränkt.

Es gab überall eine 12—14 Jahre anhaltende regenarme Zeit mit mittleren Fehlbeträgen um 15—20% des 30-jährigen Mittelwertes von 1931—1960 (Tabelle 2 unter a)). Ihr folgte eine regenreiche Zeit von etwa 19 Jahren Andauer mit Mehrbeträgen um 10—15% des Mittelwertes (unter b)) und schließlich erneut eine regenarme Zeit, die zumindest bis 1960 anhielt.

Tabelle: 2

Regenarme und regenreiche Zeiten (Okt.—März) in Syrien und weiterer Umgebung

Station	Zeitdauer	mittlere Regensumme	Differenzen in % des Mittelwertes
Amman	a) 1924/25—1935/36	217	— 24
	b) 1936/37—1956/57	317	+ 16
Mosul	c) 1923/24—1936/37	261	— 16
	b) 1937/38—1955/56	387	+ 7
Beirut	a) 1923/24—1936/37	698	— 12
	b) 1937/38—1955/56	878	+ 11
Diyarbakir (1929	a) 1929/30—1936/37	292	— 19
Beg. d. Messungen)	b) 1937/38—1955/56	387	+ 7

An der Randzone des Ackerbaues können weite Landstriche 15 Jahre lang (bei ausgedehnten Meßreihen — wie später behandelt — sind noch längere Perioden zu erwarten) durchaus für die gegebenen Verhältnisse im Mittel befriedigende Erträge bringen, auf die sich die Bevölkerung langsam durch Gewöhnung einstellt. Dann kann wiederum eine ähnlich lange Periode folgen, in der die Grenze ausreichender Regen im Mittel um 50—100 km zurückweicht. Entsprechende Notstände und Abwanderungen müssen die Folge sein.

Daß derartige Niederschlagsergebnisse auch nur vereinzelter Stationen in dieser Zone tatsächlich für eine weite Umgebung und das Auftreten von Jahresreihen regenarmer und -reicher Jahre repräsentativ sind, läßt sich an dem Beispiel von Diyarbakir und der Durchflußmenge des Euphrat in Syrien erkennen. Die jährliche Abflußmenge des Euphrat hängt in erster Linie von den Winterniederschlägen ab, die in den Bergen des eigentlichen Einzugsgebietes in der Türkei z. T. als Schnee im Winter und als Frühjahrsregen fallen. Die geringen Sommerregen werden überwiegend von der örtlichen Verdunstung verbraucht. Brauchbare Abflußmessungen liegen in Syrien für die

Zeit seit 1930 vor. Von 1924 an sind solche Daten bis 1932 aus dem Irak von Ionides [1937] veröffentlicht. Diese Zahlenreihe wurde auf Grund der drei überdeckenden Jahre auf die syrische Reihe reduziert. Die Niederschlagsreihe von Diyarbakir beginnt leider erst 1929. Von ihr wurden die Niederschlagssummen der Winter (hier Oktober bis April), die am besten den Zusammenhang erkennen lassen, benutzt. Obwohl Diyarbakir im Einzugsgebiet des Tigris liegt, mußte auf die Messungen dieser Station zurückgegriffen werden, da eine ähnlich lange Reihe in diesem weiten Raum sonst nicht zur Verfügung stand. Zu den Mittelwerten der Jahre 1930—1958 wurden sowohl bei der jährlichen Durchflußmenge in km³ als bei den winterlichen Niederschlagssummen in mm die jährlichen Differenzen gebildet und diese als Summenkurven dargestellt. Die Summenkurve der Differenzen der Durchflußmessungen wurde vor 1930 entsprechend rückwärts verlängert (*Fig. 5*).

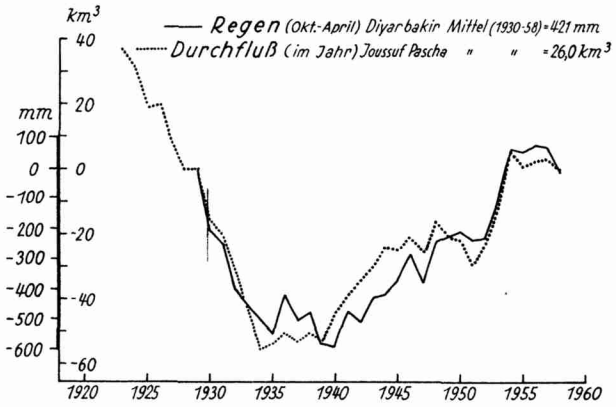


Fig. 5. Summenkurven der jährlichen Differenzen zum Mittelwert über den Zeitraum 1930—1958: a) des jährlichen Durchflusses des Euphrat bei Jussuf Pascha in km³ und b) der winterlichen vorangegangenen Niederschlagssumme (Oktober bis April) in Diyarbakir in mm

Die beiden Summenkurven zeigen einen gleichartigen Verlauf. Deutlich heben sich die beiden in ihrer Ergiebigkeit an Niederschlägen gegensätzlichen Perioden 1930—1934 und 1940—1954 ab. Gemäß Tabelle 3 sind im Euphrat von 1930—1934 nur 57% des jährlichen Mittelwertes (1930—1958) durchgeflossen, in Diyarbakir aber 76% an Regen gefallen, während für 1940—1954 die Prozentsätze 115% und 110% betragen. Da eine bestimmte Menge des Winterniederschlages teils direkt verdunstet, teils für Verdunstung im Sommer vom Boden aufgenommen wird, kann immer nur eine wechselnde Restsumme abfließen. Wird daher den jährlichen Niederschlagswerten jeweils ein Betrag von 150 mm abgezogen, so ändern sich die Prozentsätze des Niederschlags für die beiden Perioden zum Normalverlauf auf 63% bzw. 116% (Tabelle 3 Kolonne 4). Diese passen sich schon enger an die Prozentsätze der Durchflußmengen an.

Die über 1930 rückwärts verlängerte Kurve des Durchflusses zeigt an, daß demnach auch für die Zeit 1924—1929 die Abflußbeträge unter dem Mittelwert 1930—1958 liegen. Das ist aber auch nach Tabelle 2 durchaus zu erwarten. Ähnliche Prozentzahlen würden dann für Diyarbakir für 1924—1934 zu einem Niederschlagsmittel von 350 mm führen, was vielleicht unter Berücksichtigung der Zahlenwerte für Tabelle 2 etwas zu niedrig ist. Es würde darauf hindeuten, daß die Reduzierung der Durchflußmessungen im Irak auf die syrischen zu etwas zu kleinen Werten führte. Jedenfalls ist eine regenarme Zeit von 1923/24—1933/34 bzw. 1936/37 sowohl für die Niederschläge bei Diyarbakir als auch im Einzugsgebiet des Euphrat vorhanden gewesen.

Tabelle 3

Euphratdurchfluß (Jahr)				Regen in Diyarbakir (Okt.—April)			
1		2		3		4	
Zeit	Jahre	mittl. Durchfluß km^3	in % von a)	Regen mm	in % von a)	Regen — 150 mm	in % von a)
a) 1930—58	29	26.0	—	421	—	271	—
b) 1930—34	5	14.9	57	321	76	171	63
c) 1940—54	15	30.0	115	464	110	313	116
d) 1924—34	11	17.6	68	(350)	(83)	(200)	(74)

In diesen Jahren besteht aber auch ein ähnliches Verhalten zwischen dem Durchfluß des Euphrat und Seespiegelschwankungen des Toten Meeres. Letztere Werte (1928—1946) sind einer Arbeit von Butzer [1958] entnommen (*Fig. 6*). Auch hier wurde durch die Wahl geeigneter Maßstäbe die Amplitude auf etwa gleiche Größe gebracht. Die Summenkurve der Differenzen des jährlichen Durchflusses im Euphrat zum Normalwert der Jahre 1930—1958 = 26 km^3 fällt von 1929 an wie die Höhe der jährlichen Höchststände des Pegels im Toten Meer bis zu einer Art Zentralwert um 1937. Ab 1939 wird der Durchfluß des Euphrat wieder übernormal, während erst 3 Jahre später auch die Pegelstände anhaltend zu steigen beginnen.

Leider gibt es keine Meßreihe der Niederschläge im Einzugsgebiet des Jordan außer von Jerusalem in dieser Zeit. Aber schon allein diese Summenkurve der Differenzen der jährlichen Niederschlagssummen (Oktober bis März) vom 70jährigen Mittelwert (= 594 mm) ergibt mit Hilfe eines entsprechend gewählten Maßstabes einen fast gleichartigen Verlauf zur Pegelkurve. Nur zum Schluß tritt eine größere Abweichung auf. Die Niederschläge in Jerusalem werden nicht übernormal. Es wurden auch die Werte der nächsten längeren Niederschlagsreihe in Beirut mit herangezogen und bei ihr die Differenzen zum 80jährigen Mittelwert 1876—1957 (Oktober bis März) = 814 mm gebildet. Ihre Summenkurve zeigt trotz der Entfernung und einer ganz anderen orographischen Lage einen gleichen Verlauf wie die Durchflußkurve des

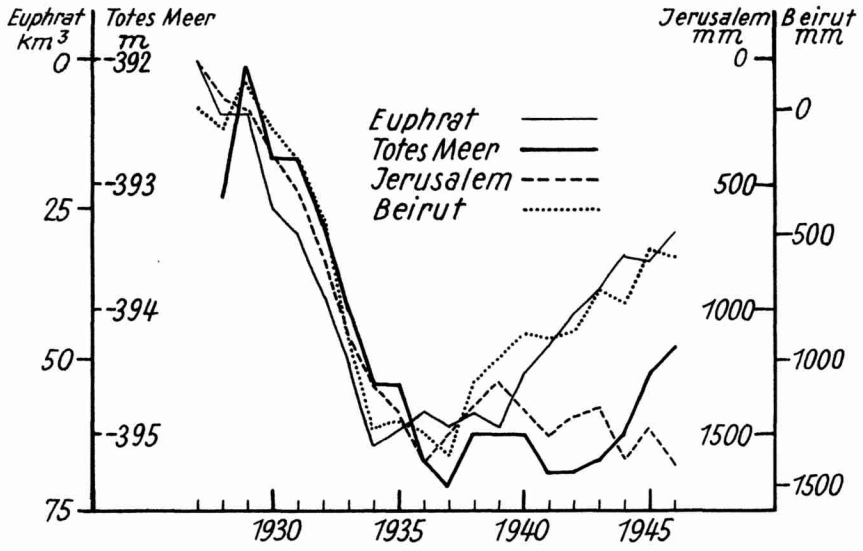


Fig. 6. 1928—1946 Pegelstandverlauf des Toten Meeres und Summenkurven der jährlichen Differenzen zum Mittelwert: a) des Euphratdurchflusses in km³, b) der winterlichen vorangegangenen Niederschlagssummen (Oktober bis März) von Jerusalem und von Beirut

Euphrat. Das Haupteinzugsgebiet des Toten Meeres liegt zwischen Jerusalem und Beirut. Die Kurve seiner Pegelwerte verläuft daher zum Schluß mitten zwischen den Summenkurven beider Regenstationen, nachdem sie auseinandergehen. Auf Grund der Verhältnisse in den regenarmen Jahren hatten 100 mm geringerer Niederschlag in Jerusalem (bzw. Beirut) einen geringeren jährlichen Zufluß ins Tote Meer um rund 200 (bzw. 230) $\times$ 10^6 m³ im Mittel zur Folge, wenn die an sich geringen Verdunstungsschwankungen und Änderungen seiner Oberfläche unberücksichtigt bleiben.

Wie später noch zu sehen ist, liegt Jerusalem nahe der Grenze zwischen 2 typischen Regenzonen dieser Zeit, derjenigen des gesamten und weiteren Euphratsystems (soweit feststellbar bis zur syrisch-irakischen Grenze reichend) und derjenigen der Nilmündung und des anschließenden Mittelmeeres. Trotzdem zeigt auch dieser weitere Vergleich, daß die Werte einer Station den Charakter großzügiger, vieljähriger Niederschlagsschwankungen über ein weites Gebiet repräsentativ wiedergeben.

D. Langjährige Niederschlagsschwankungen im Vorderen Orient und im Mittelmeerraum

Im Mittelmeerraum liegen von anderen Stationen außerhalb des vorher behandelten Raumes wesentlich längere Niederschlagsreihen vor. Diese zeigen ein ähnliches, noch ausgedehnteres flächenhaftes Auftreten regenarmer und regenreicher Perioden. Für das östliche Nordafrika und das angrenzende Gebiet von Vorderasien bestehen längere

Niederschlagsreihen von Alexandria, Jerusalem und Beirut über 70, 110 und 85 Jahre. Da es sich hier ebenfalls fast ausschließlich um das Auftreten von Winterregen handelt, werden auch alle weiteren Vergleiche der Jahreswerte immer auf die Zeit von Oktober bis März bezogen und die so definierte Regenzeit des Winterhalbjahres mit der für die Monate Januar bis März gültigen Jahreszahl angegeben. Die längsten Reihen aus der weiteren Umgebung des Mittelmeeres, die mit herangezogen werden, sind die von Rom, Mailand und Zwanenburg mit 180, 190 und 225 Jahren Dauer. Dabei besteht die Möglichkeit, daß diese Reihen vielleicht zu Beginn nicht ganz homogen sind. Eine mögliche Inhomogenität einer Reihe, die durch Verlegung des Standortes des Meßgerätes im Ortschaftsbereich, besonders in orographisch uneinheitlichem Gelände zustande kommen kann, ändert bei der Benutzung der Summenkurve ihre Neigung. Da aber die Stationsdichte ausreicht, daß die Daten sich gegenseitig abstützen, kann ein möglicher derartiger Fehler im allgemeinen bei der mehr qualitativen als quantitativen Betrachtungsweise am Ergebnis nicht viel ändern.

Je nach der vorherrschenden Länge der Stationsreihen wurden Jahresmittel gleicher Zeitabschnitte der Winterregen (Oktober bis März) gebildet. 1931—1960, 1881—1950 und 1781—1950. Da von einzelnen Stationen die Jahresreihen nur bis 1950 erhältlich waren, wurden die Mittelwerte der beiden letzten Gruppen bis dahin begrenzt. Zu diesen Mittelwerten der Winterregensummen der verschiedenen langen Zeitspannen wurden wie vorher die jährlichen Abweichungen in Summenkurven dargestellt. Bei ihnen gibt ein steigender (fallender) Verlauf nach Länge und Steilheit die Andauer und Menge übernormaler (unternormaler) Niederschläge an. Ein unter kleinen Schwankungen vorwiegend horizontaler Verlauf besagt, daß der Niederschlagsverlauf dieser Zeitspanne annähernd normal war (definiert durch den jeweiligen Mittelwert).

Tabelle 4

Mittelwerte von Niederschlagssummen in mm im Winterhalbjahr

		1921 bis 1950	1931 bis 1960	1921 bis 1960	1881 bis 1920	1901 bis 1950	1881 bis 1950	1851 bis 1950	1781 bis 1950
	Zahl der Jahre	30	30	40	40	50	70	100	170
	Alexandria	172	171	175	211	177	194	—	—
	Jerusalem	510	490	491	657	557	594	587	—
	Beirut	786	791	786	818	803	801	—	—
A	Rom	517	484	506	598	558	563	559	552
	Mailand	455	486	483	530	490	498	495	496
	Gibraltar	660	656	666	751	689	714	719	—
	Bukarest	242	243	243	234	236	238	236	—
	Wien	281	284	276	264	280	271	264	—
B	Frankfurt	296	296	296	274	289	283	280	—
	Lyon	359	360	361	337	354	346	331	—
	Tunis	320	(349 ?)	—	—	313	—	—	—
	Zwanenburg	352	372	360	374	361	365	368	362

Mittelwerte kürzerer Reihen weichen z. T. von längeren stärker ab (Tabelle 4). Dementsprechend können die Summenkurven der jährlichen Differenzen bei größeren oder kleineren Beträgen der infolge verschiedener Länge der benutzten Reihen errechneten Mittelwerte einen recht unterschiedlichen Verlauf zeigen. Auf das gegensätzliche Verhalten der Mittelmeerstationen (Gruppe A) zu den nördlich davon gelegenen (Gruppe B), besonders bei den beiden 40jährigen Mittelwerten wie auch bei den 30-jährigen zu den 100jährigen Mittelwerten, wird hingewiesen.

Die Mittelwerte der Reihen mit 70, 100 und 170 Jahren weichen bei den einzelnen Stationen nur um wenige Prozente voneinander ab, die bei der nachfolgenden Betrachtung ohne Bedeutung sind. Die Wahl des Bezugsmittelwertes dieser längeren Zeiträume in dem durch sie dargestellten Bereich der Erdoberfläche bleibt ziemlich gleichgültig.

In *Fig. 7* sind für Rom und den Zeitraum 1861—1960 die Summenkurven der jährlichen Abweichung auf Grund a) der Mittelwerte der 3 längeren Zeitabschnitte dargestellt und b) des Mittelwertes 1931—1960 (hier für den Zeitraum 1905—1960). Die oberen 3 Kurven zeigen in gleichartiger Weise eine regenreiche Zeit von 1888—1917 und eine regenarme Zeit von 1943—1959. Von 1860—1887 und 1918—1942 entsprachen die Niederschläge ungefähr den Normalwerten. Aber bei der unteren Kurve ist der Mittelwert 1931—1960 erheblich niedriger. Infolgedessen waren, bezogen auf diesen niedrigreen Mittelwert, die Niederschläge von 1915—1942 übernormal und der Abfall und damit die unternormalen Beträge von 1943—1958 geringer als bei den 3 Kurvenzügen mit den höheren Mittelwerten. Die summierten Abweichungen jeder Mittelwertsperiode beginnen mit 0 und enden infolge Abrundung des Mittelwertes auf ganze Millimeter in Annäherung am Ende der Mittelwertsperiode bei 0. Bei denjenigen Stationen, die etwas längere Beobachtungsreihen aufweisen, als der benutzten Zeitlänge der Mittelwertsperiode entsprechen, wurden die Kurven der summierten Abweichungen unter Benutzung des festgelegten Mittelwertes ja nach dem Vorhandensein von Messungen bis um 10—20 Jahre nach beiden Seiten verlängert.

Nun hängt die Größe der Abweichungen vom Mittelwert weitgehend auch von der mittleren Niederschlagshöhe ab. Zur gegenseitigen Angleichung der Amplituden in den Abbildungen wurde empirisch für den Ausschlag der Kurve für je 100 mm Abweichung (= x) vom Mittelwert des Niederschlages (= y) eine Beziehung benutzt, für die a) bis 460 mm mittlerer Jahresniederschlag $x = 59—21 \lg y$ und b) darüber $x = 17—5 \lg y$ angenähert gesetzt werden kann.

Da bei einer größeren Reihe von Stationen die Meßreihen bis in die Zeit von 1880 zurückreichen, aber die Ergebnisse von 1951—1960 nicht von allen zu erhalten waren, wurde bei dem Vergleich der Zeitraum der 70 Jahre (1881—1950) zu Grunde gelegt. Die zu dem jeweiligen Mittelwert gebildeten Abweichungen addiert ergaben die in *Fig. 8a* gezeigten Kurven. Hierbei weisen die Stationen in einer Zone, die sich von Madeira über Gibraltar, Marseille, Rom, Alexandria, Jerusalem bis nach Aden erstreckt, einen annähernd gleichartigen, z. T. nur etwas seitlich verschobenen Verlauf auf. Etwa von 1884 an, teilweise etwas eher oder später, setzte eine gegenüber dem Mittelwert regenreichere Zeit ein, die bis 1905, teilweise bis 1924 anhielt, also über 20 Jahre und mehr. Um 1925, teilweise auch vorher, begann eine regenärmere Periode bis Ende

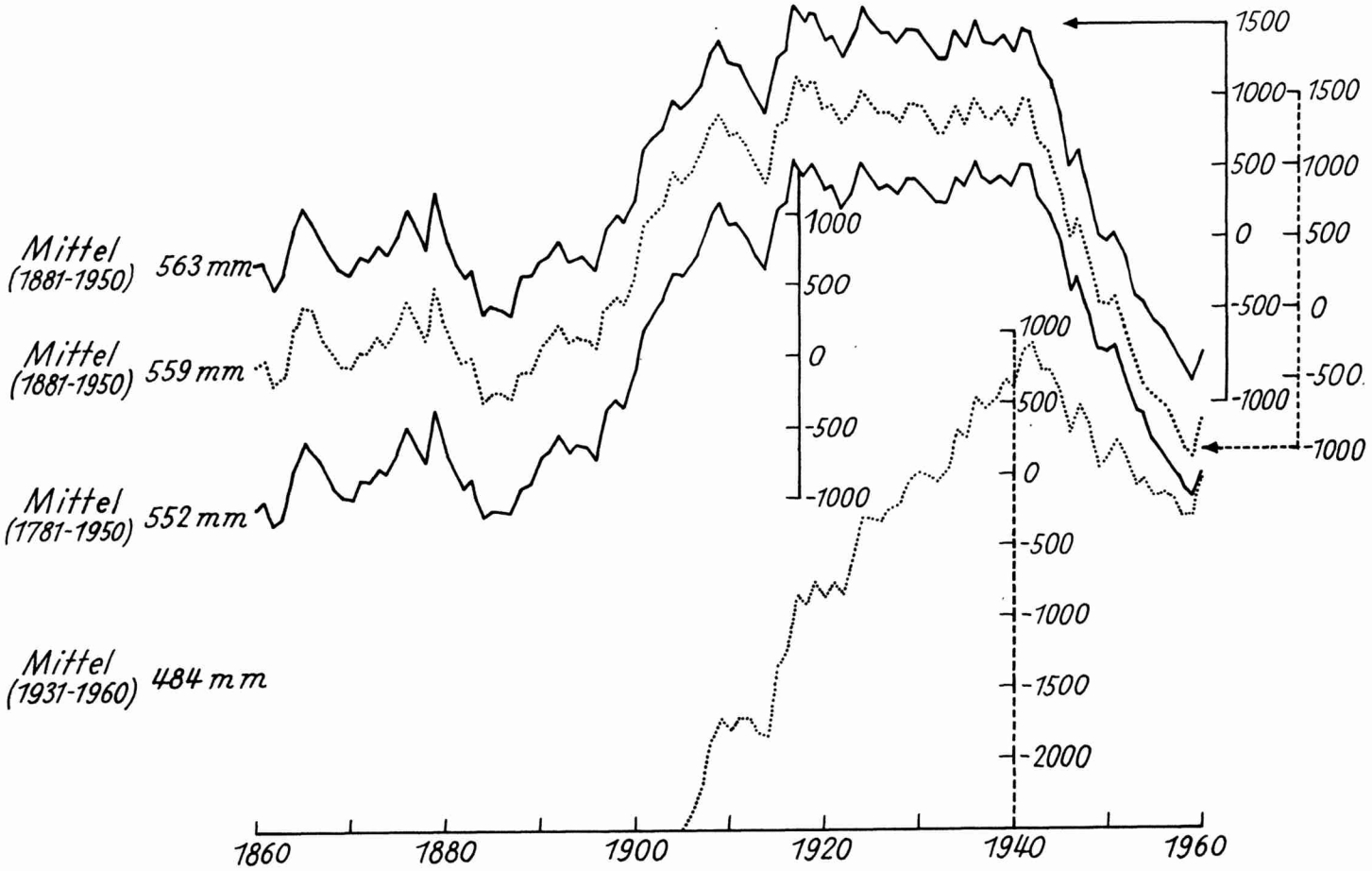


Fig. 7. Summenkurven der jährlichen Differenzen des winterlichen Niederschlages (Oktober bis März) in Rom von Mittelwerten verschieden langer Zeitabschnitte

der fünfziger Jahre. Ihre Andauer betrug um 30 Jahre und mehr. Die Mittelwerte dieser übernormalen bzw. unternormalen Perioden unterscheiden sich um 10—17% bzw. 10—20% vom 70jährigen Mittelwert. In Athen mit nur 28 mm als Mittelwert sind die Differenzen mit 57% bzw. 32% erheblich größer, wobei allerdings bei den kleinen Zahlenwerten ein Fehler von $\pm$ 1 mm recht stark eingeht. An diese Zone schließt sich nach Norden zu eine solche an, bei der die Schwankung gegenseitig erfolgt, repräsentativ durch die Stationsmessungen in (Ponta Delgada), Nantes, Trier, Wien, Bukarest, Tiflis, Kiew, Taschkent (*Fig. 8b*). Hier liegen vor 1910—1920 vorwiegend regenärmere Jahre und später regenreichere. Man könnte an eine Art zonale Verschiebung der Regenergiebigkeit von Norden nach Süden und dann wieder nach Norden für die Winterhalbjahre denken. Das trifft aber für den Norden von West- und Mittelafrika anscheinend nicht zu.

Die Schwankung in der Mittelmeerzone läßt sich in ähnlicher Form bei etwas südlicherer Breitenlage an Hand der Messungen von Buschiere, Quetta bis nach Karachi (*Fig. 8c*) noch weiter nach Osten verfolgen. Als Gegensatz hierzu mit einem andersartigen Charakter des Verlaufs sind die entsprechenden Kurvenzüge von Bukarest, Kiew und Peshawar beigefügt.

Von Jerusalem liegen Messungen über 100 Jahre vor. Wird dieses 100jährige Mittel (1851—1950) zu Grunde gelegt und werden die Summenkurven der Abweichungen mit vorhandenen Stationsreihen gleicher Länge verglichen, so bleibt auch hier die großzügige Ähnlichkeit zu den Stationen Rom, Mailand und Gibraltar bestehen (*Fig. 9a*).

Noch längere Reihen von Rom, Mailand, Zwanenburg von 170 Jahren Dauer wurden ebenfalls einer gleichartigen Darstellung unterworfen (*Fig. 9b*). Zwischen Mailand und Rom bleibt auch hier die Ähnlichkeit in großen Zügen erhalten, mit Ausnahme der Zeit von 1836—1849. Dagegen ist kein engerer Zusammenhang im Auftreten regenreicher oder regenarmer Perioden mit dem Verlauf in Zwanenburg vorhanden. Hier herrschten Niederschlagsbeträge um den Mittelwert vor bis auf eine längere niederschlagsärmere Zeit 1772—1808 und eine reichere von 1866—1886. Bei Rom heben sich in diesen fast 180 Jahren je zwei regenreichere (1805—1827, 1888—1909 mit 650 und 651 mm) und zwei regenärmere Zeiten (1828—1854, 1934—1959 mit 421 und 412 mm) heraus. In den übrigen Zeiten von 90 Jahren bestanden unter kleinen Schwankungen über einzelne oder wenige Jahre im ganzen normale Verhältnisse.

Über die letzten Ursachen des sehr großflächigen Auftretens vieljähriger regenreicher und regenarmer Zeitintervalle gibt es mannigfaltige Erklärungsversuche, die sich mit zunehmenden Erkenntnissen fortlaufend ändern [Albrecht 1962]. Es sei hier nur darauf hingewiesen, daß die letzte regenreiche Zeit im Mittelmeerraum von etwa 1885 bis gegen 1920 im größten Teil Europas von (ausgeglichen) steigenden Wintertemperaturen (Dezember bis Februar) begleitet war und die regenarme Zeit von etwa 1920 bis gegen 1960 zumindest bis um 1945 von sinkenden [Wustelt 1962]. Derartige Erscheinungen können nur auf Änderungen in der allgemeinen Zirkulation zurückgehen. Ob die beiden vorangegangenen Zeitabschnitte der Häufung regenreicher bzw. regenarmer Jahre (1805—1827) bzw. (1828—1854) in Rom sich ebenso im Mittel-

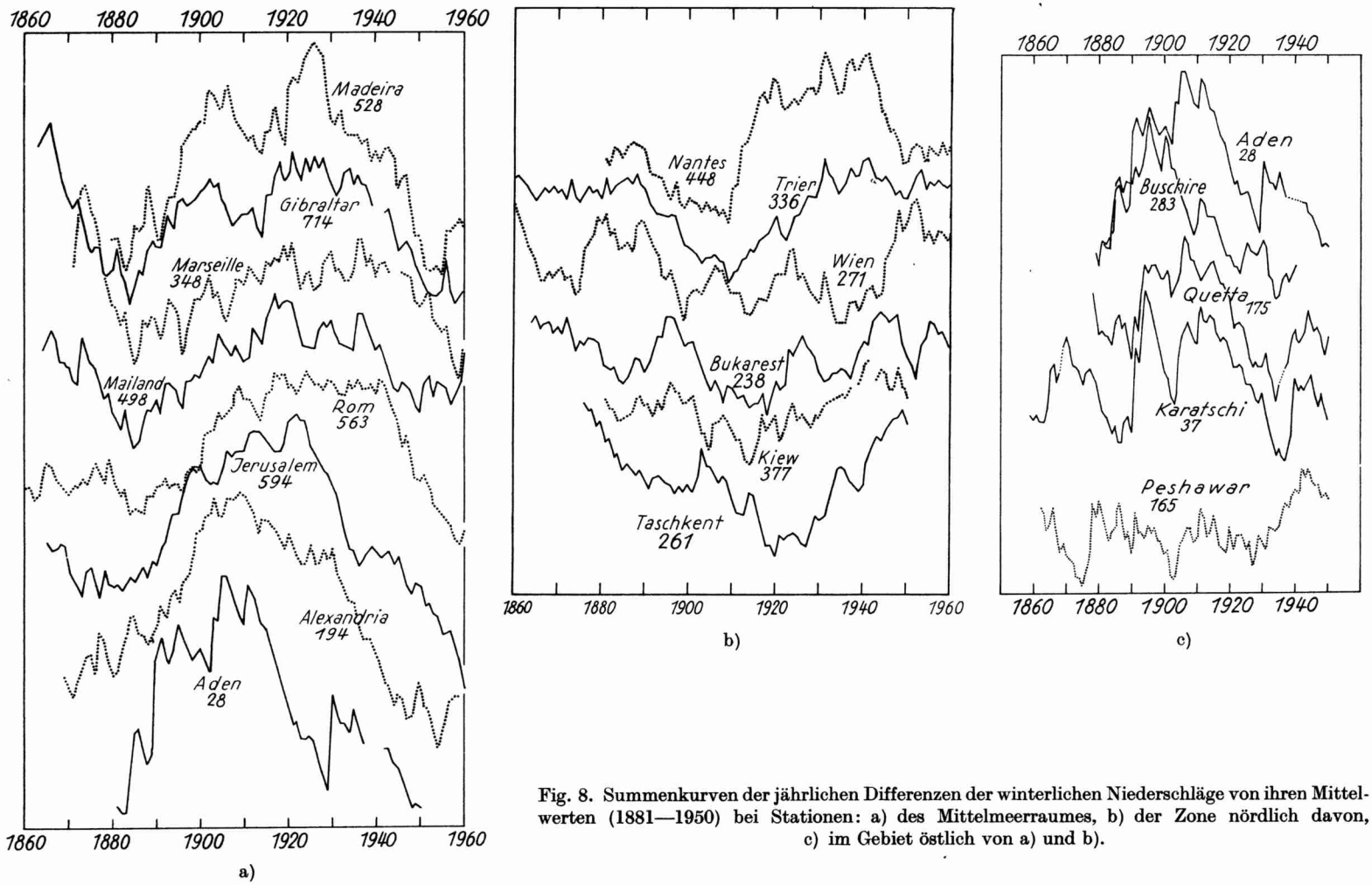
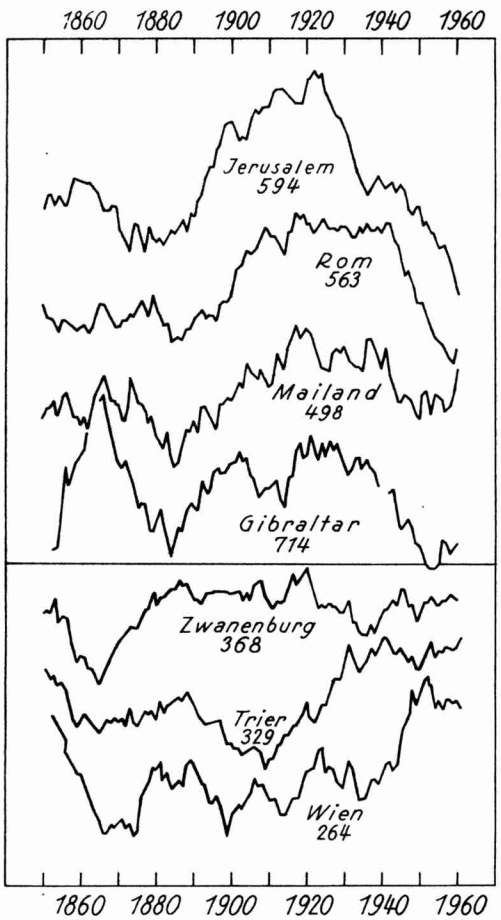


Fig. 8. Summenkurven der jährlichen Differenzen der winterlichen Niederschläge von ihren Mittelwerten (1881—1950) bei Stationen: a) des Mittelmeerraumes, b) der Zone nördlich davon, c) im Gebiet östlich von a) und b).



a)

b)

Fig. 9. Summenkurven der jährlichen Differenzen der winterlichen Niederschläge von den Mittelwerten a) (1851—1950) b) (1781—1950)

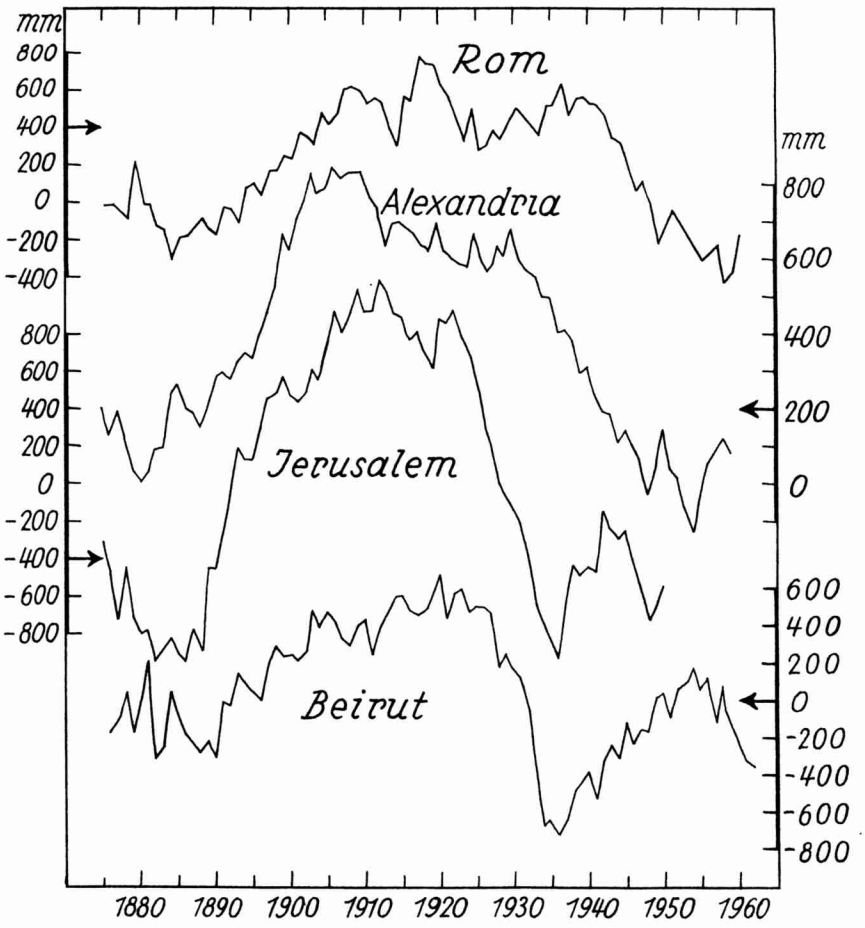


Fig. 10. Summenkurven der addierten monatlichen Abweichungen November bis Januar vom jeweiligen monatlichen Mittelwert über die Jahre von 1881—1950

meerraum wie vorher ausgewirkt haben und von ähnlichen Änderungen der Wintertemperaturen in Europa begleitet waren, läßt sich aus Mangel an geeigneten Meßreihen nicht beurteilen. Der Kurvenzug von Mailand zeigt nur eine gewisse Andeutung gleichartigen Verhaltens.

Die in Alexandria und Jerusalem gemessenen Werte können für die Verhältnisse am Rande der Trockenzone als repräsentativ gelten. Alexandria weist während der Beobachtungszeit eine 29jährige (1881—1909) regenreiche und eine 45jährige (1910—1954) regenarme Zeit mit den Mittelwerten von 231 und 168 mm auf. Jerusalem zeigt in ungefähr denselben Zeiträumen eine regenreiche Zeit von 34 Jahren Andauer (1889—1922) und eine regenarme von 28 Jahren (1923—1950) mit den dazugehörigen

Mittelwerten von 669 und 500 mm. Wenn man die Beobachtungsreihe von Beit ha Karem an die alte Jerusalemer Reihe reduziert anzuschließen versucht, ergibt sich eine Fortsetzung der regenarmen Zeit (zumindest) bis 1960, also über 38 Jahre. Diese langen Zeiten der Häufung regenarmer und regenreicher Jahre mit einer Andauer von 28—45 Jahren schwanken mit ± 13—19% um den jeweiligen Mittelwert des Niederschlages über die Zeit von 1880—1950. In Heluan (Observatorium) südlich Kairo, mit einer Beobachtungsreihe erst seit 1904 kommt die Zeit regenärmerer Jahre von 1926—1949 bzw. bis 1961 ebenfalls mit ± 20—24% des Mittelwertes von 25 mm gut zum Ausdruck.

Von den 6 Wintermonaten waren eigentlich nur 3 bei den Stationen Alexandria, Jerusalem, Beirut gleichartig an der Ausbildung der regenreicheren wie der regenärmeren Jahresgruppen beteiligt. Da der Oktober in diesem ariden Gebiet nur geringe Regenhöhen aufweist, bleiben diese Schwankungen im Betrag unbedeutend. Die Niederschlagsfolgen des Februar schwanken entweder um den Normalwert oder ihre Abweichungen sind mit entgegengesetzten Vorzeichen aufgetreten. Teilweise zeigt der März noch ähnliche Abweichungen. Aber vorwiegend sind es die Niederschlagshöhen im November, Dezember und Januar, die eine Folge regenreicherer Winterhalbjahre haben auftreten lassen und anschließend eine Folge regenärmerer Winter bis in die 50er Dekade (oder darüber hinaus ?) reichend (*Fig. 10*). Im Raum Jerusalem, Beirut, Mosul, aber nicht in Alexandria und Rom, wird die letzte Folge ab 1937 für eine Dauer von 5—7 Jahren durch regenreichere Winter unterbrochen.

Bei Rom sind es die Monate November, Dezember und Februar, März, die gleichzeitig eine Folge regenreicherer Jahre mit dem Beginn um 1890 bis in die 30er Jahre aufweisen. Sie setzt demnach später als im Vorderen Orient ein und hört auch später auf. Es schließen sich dann bis 1960 (und darüber hinaus ?) regenärmere Jahre an. Für den Januar treten regenreichere Jahre nur von 1881—1895 auf, dann schließen sich schon mit kurzer Unterbrechung um 1916 regenärmere Jahre bis 1960 an.

Es ist sehr interessant zu sehen, daß diese große Schwankung von 70—80jähriger Dauer der Winterhalbjahre auch für die Sommerhalbjahre sowohl im Mittelmeerraum (Rom, Mailand, Gibraltar) (*Fig. 11*) wie an der afrikanischen Westküste (Badhurst, Freetown) bis 8,5° nördlicher Breite gleichartig nachweisbar ist. Leider sind mir aus der Randzone südlich der Sahara keine längeren Beobachtungsreihen erhältlich gewesen. Die längste derartige Niederschlagsreihe von Khartum (Beginn 1900) zeigt bis 1919 eine auffallende Häufung regenarmer Sommer (Aufstellungsänderung, Meßfehler ?). Die Reihe von El Obeid beginnt erst 1915. Nimmt man an, daß auch hier der Einfluß einer derartig großen Schwankung wie im Mittelmeer im Winter wirksam gewesen war, so fielen diese Meßreihen fast ganz oder ganz in die Folge der regenarmen Jahre. Demnach wären die Mittelwerte über diese 60 bzw. 40 Jahre kleiner, als wenn sie aus den Jahren ab 1880 gebildet werden könnten. Sie wurden daher versuchsweise im Verhältnis der Mittelwerte der jeweiligen Beobachtungszeiten (in K. und O.) zu den Jahren von 1881—1950 von Alexandria erhöht. Das ergibt naturgemäß eine abfallende Summenkurve der jährlichen Differenzen zu dem erhöhten Mittelwert, ähnlich wie dies in diesem Zeitraum im Mittelmeerraum der Fall war. Doch das ist noch kein Beweis, daß die Niederschlagsverhältnisse wirklich so gewesen sein mußten. Hin-

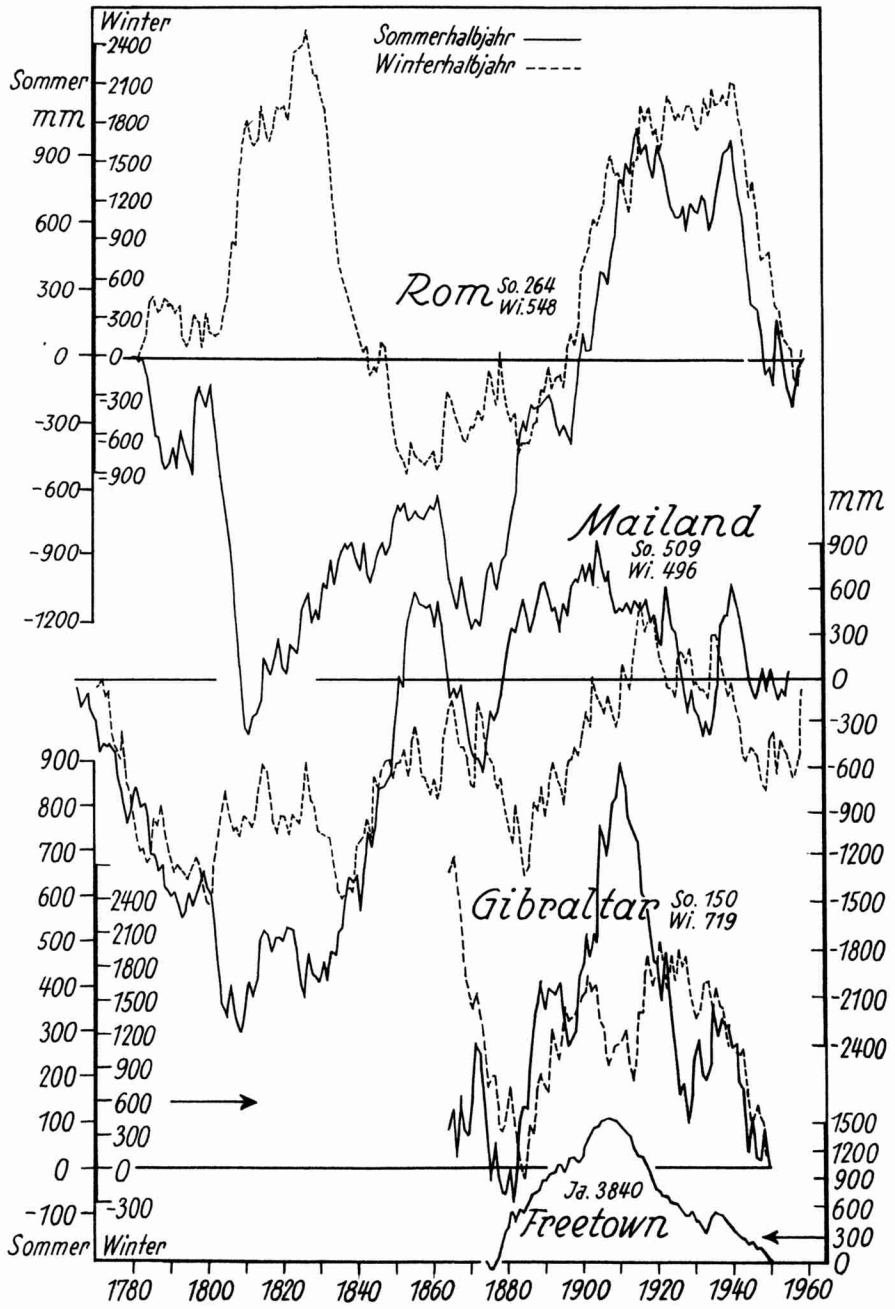


Fig. 11. Summenkurven der jährlichen Differenzen der sommerlichen Niederschläge von den Mittelwerten der jeweiligen Länge der Beobachtungsreihen

gewiesen sei aber auf die Angabe bei SCHIFFERS [1951, Seite 97], daß nach U. MONTERIN laut Aussage der Eingeborenen eine regenreichere Zeit von Sommerregen im Uwenat auf 22° Breite 1910 zu Ende ging. Sie soll seit 1880 angehalten haben. Während ihres Ablaufes waren dort Leute ansässig und haben Gerste angebaut. Das würde ganz der Zeit der regenreicheren Folge von Winterregen im Mittelmeerraum entsprechen.

Aber die *Fig. 11* zeigt noch darüber hinaus, daß im Mittelmeerraum die Ergiebigkeit der Niederschläge in einer Folge von Jahren zwischen Sommer- und Winterhalbjahr auch ausgesprochen gegensätzlich ausfällt, wie das besonders gut die Jahre vor 1882 bei Rom erkennen lassen. Demgegenüber bestand über das Sommerhalbjahr in Mitteleuropa seit 1860—1921 eine Folge regenärmerer und seit 1922—1960 eine solche regenreicherer Jahre, also zu dem Ablauf im Mittelmeergebiet ausgesprochen entgegengesetzt gerichtete Abweichungen. Über die Ursachen des jeweiligen wechselseitigen Verhaltens lassen sich mancherlei Vermutungen aufstellen, aber nicht beweisen.

Derartige lange Zeiträume mit einer Häufung regenreicher und regenarmer Jahre sind nicht ohne Einfluß auf die Lage der sehr empfindlich reagierenden Trockengrenzen verschiedener Intensitätsgrade geblieben. Dabei sei aber erwähnt, daß auch in einer Jahresreihe mit einer Häufung regenreicher Jahre ein besonders extremes regenarmes Jahr vorhanden gewesen sein kann (und umgekehrt), das wegen seines extremen Charakters einen Chronisten gefunden hatte. Bei der zuweilen angewandten Methode, alte, z. T. mehr zufällig getätigte oder erhaltene Aufzeichnungen von — dem Auge auffallenden — Extremen für einen längeren Zeitraum zu verallgemeinern, ist Vorsicht am Platze, zumal früher wie heute die Tendenz bestanden haben mag, Extreme des Wetters übertreibend darzustellen.

E. Die Auswirkung der vieljährigen Niederschlagsschwankungen auf die Ausbreitung von Mensch und Tier

Im Laufe der letzten 100 Jahre sind an der Grenze und innerhalb der Trockenzone Zeiten von 30—40 Jahren Andauer regenreicherer und regenärmerer Jahre aufgetreten, deren Mittelwerte um 15—20% und teils auch noch größer und kleiner waren, als einem 70jährigen und nach dem Vorangegangenen auch dem 100jährigen Mittelwert 1851—1950 entspricht. Bei 200 mm der winterlichen Regenzeit oder z. T. etwas darüber liegt die Grenze eines noch einigermaßen lohnenden Ackerbaues. So gibt es Zeiten von der Lebensdauer eines Erwachsenen der dortigen Gegend, gerechnet vom 18.—50. Lebensjahr, bei denen einmal die Ackerbaugrenze gemäß der 100jährigen Durchschnittsverteilung für eine solche Zeit auf die Isohyete 160 mm und zum anderen auf die vom 240 mm ausweichen kann. Das würde z. B. entlang des Euphrattales von der mittleren Lage gemäß der mittleren Niederschlagsverteilung einen Rückzug der Ackerbaugrenze um 40 km und ein Vorrücken um 160 km bedeuten.

So können, in weit nach der Wüste vorgerückter Lage während eines Zeitabschnittes der normalen mittleren Regenhöhe (oder gar einer unternormalen) Ruinen von Siedlungen, Brunnenanlagen — wobei die Frage offen ist, ob alle auch früher überhaupt

einmal fündig waren — oder Zisternen mit Spuren von betriebenem Ackerbau gefunden werden, deren früheres Vorhandensein von den gegenwärtigen Verhältnissen ausgehend und unter Ausschaltung anderer Entstehungsmotive nicht recht zu verstehen ist. Man kann annehmen, daß sich diesen Schwankungen noch größere überlagert haben können, was mit den relativ kurzen Meßreihen nicht zu erfassen ist. So können derartige, dem heutigen Klima eigene Abweichungen noch größer ausgefallen sein. Derartigen Umständen entsprechende fossile Erscheinungen sind auf diese Weise leicht zu erklären, ohne eine früher vorhanden gewesene Klimaschwankung höherer Ordnung annehmen zu müssen, als sie in den letzten 1000 Jahren bzw. in den letzten 4000 Jahren aufgetreten sind [MONOD, 1958, mit diesbezüglicher Literatur]. Hinzu kommt, daß nach NARR [1957] die Siedlungen des Neolithikums (4600/4200—4300/3900) durchweg in den auch heute verhältnismäßig niederschlagsreichen Stufenplateaus und Randbergen liegen, die sich nordöstlich des Zweistromlandes und am Ostrand des Mittelmeeres hinziehen, die zwar größtenteils genügend Wasser für den Pflanzenbau liefern, aber noch nicht die Bewältigung und Verteilung überschüssiger Wassermengen wie in den eigentlichen Flußgebieten erfordern.

Abgestorbene Bäume werden oft als Zeichen einer länger andauernden feuchteren Zeit eines anderen Klimaintervalls der Vorzeit gewertet. Eigene Beobachtungen in Zentralasien ließen aber einer anderen Erklärung mehr Wahrscheinlichkeit zukommen. Im Hügel- und Berggelände der zentralen Gobi finden sich vereinzelt Bäume, lebende, absterbende und Reste von abgestorbenen im Schotterbett von einzelnen in die Ebene auslaufenden Tälern. Aber innerhalb eines Tales waren es Bäume von fast dem gleichen Durchmesser also etwa gleichen Alters oder zweier derartiger Gruppen. Entweder hatten alle einen mittleren Durchmesser (z. B. um 25 cm) oder einen größeren (um 50 cm Durchmesser) oder es waren Ansammlungen von jungen Bäumen. Aber eine Mischung von den verschiedensten Dicken war nur gelegentlich zu finden. Das deutet darauf ihn, daß die Witterungsbedingungen nur unter besonders günstigen Umständen die Entwicklung von Samenkörnern bis zum Heranwachsen gut bewurzelter, lebensfähiger junger Bäume zuließen, die dann in tiefere Schichten versickertes Wasser erreichen konnten und abstarben, wenn dieses gegebenenfalls in einer vieljährigen regenarmen Zeit verbraucht war. Diese günstigen Umstände tragen einen recht lokalen Charakter, was auf örtliche und in den dazu notwendigen Abständen aufgetretene Starkregen deutet. Es sind dies Voraussetzungen, die in solchen Gegenden demnach selten und gebunden an den Untergrund mehr örtlich eintraten und noch heute so auftreten. Derartige lebende wie tote Zeugen unterschiedlichen Alters sind auch in der Wüstenrandzone Afrikas bei bergigem Gelände in den Ausläufern seiner Täler sowohl nördlich wie südlich der Wüstenzone anzutreffen und nur mit größter Vorsicht als Zeugen für eine länger vorhanden gewesene, humidere Zeit verwertbar.

Was die fortschreitende Ausgestaltung der Formen der Erdoberfläche und der Wadis in diesen Gebieten anbetrifft, ist zu bedenken, daß sie weniger eine Folge der durchschnittlich zu erwartenden Regenverhältnisse ist als wie der ganz gelegentlich, vielleicht alle 100 Jahre einmal auftretenden extremen, durch Messungen nur selten erfaßbaren mehr örtlichen Regenfälle innerhalb von Stunden oder ein bis zwei Tagen. Bei der Reduktion von wenigen Jahren auf eine längere Reihe ist ein derartig seltener,

aber in dem Zeitraum gerade an einem Ort aufgetretener Starkregen, der die ganze Jahressumme sowie das Mittel über einige Jahre erheblich erhöht, recht störend.

An der mittleren 200 mm Jahresisohyete in Ägypten zeigten die Jahresreihen, daß dort Tagesniederschläge bis zu 100 mm aufgetreten sind. Bei Assyut, als Repräsentant einer Wüstenstation mit einem Jahresmittel von 7 mm über 45 Jahre, wurde ein Tagesniederschlag von 20 mm, an der Küste des Roten Meeres (Hurghada) mit einem ähnlich hohen Jahresniederschlag wurden an einem Tag 41 mm gemessen. Hat das Niltal und die Küste des Roten Meeres in dieser Breite nur mittlere jährliche Niederschlagshöhen um 10 mm auf Grund der nur dort vorhandenen Meßstellen aufzuweisen, so muß in dem dazwischen liegenden Gebirgsland bei Höhen über 2000 m mit erheblich größeren mittleren Regenhöhen gerechnet werden, nicht zuletzt auf Grund von Reiseberichten (z. B. von Schweinfurt, Hume, Murray), oder z. B. im Uweinat nach Darstellung der Reisenden, zusammengestellt bei Schiffers [1951]

Auf der Breite von Assuan wurde zufällig am 29. November 1923 von Murray [Hume, 1925] in einem sonst trockenen Wadi ein Durchfluß von 2,5—4 m Tiefe auf 150 m Breite beobachtet. Schotterterrassen wurden bis zu 4 m über der Wadisohle aufgetürmt. 330 km weiter nördlich wurde am gleichen Tage von einem Wadi mit 2 m Wassertiefe eine weite Fläche ½ m hoch mit Sedimenten aufgefüllt (Crookston). Gleichzeitig stürzten in Assuan hunderte aus Lehmziegeln erbaute Häuser ein und die Eisenbahnlinie nach Esna war durch Erdrutsche mehrfach unterbrochen. Ein Erdriß war 300 m lang und 6 m tief. Nach Grove [1960] sind im Mai 1934 bei Aozou im nördlichen Tibesti auf 22° Breite innerhalb von 3 Tagen 380 mm Regen gefallen, mit einem Wasserabfluß in einem Wadi von der Größenordnung von 100 m^3/sec.

Ein Starkregen von 50 mm im Durchschnitt über der Einzugsfläche eines Wadis von 3000 km^2, wie z. B. in Syrien im Winter bei geringer Verdunstung, erbringt eine Wassermenge von 150000000 m^3, die, abgesehen von einer gewissen Speicherung und Absickerung im nur wenig aufnahmefähigen Boden bei entsprechender Neigung bestrebt ist, in wenigen Tagen abzufließen. 130000000 m^3 ergeben über 5 Tage immerhin einen beachtlichen mittleren Strom von 300 m^3/sec. im Mittel, der am ersten und zweiten Tag erheblich größer ist.

Es ist verständlich, daß in regenreicheren Perioden die Tierwelt allgemein wesentlich weiter in die Trockenzone vordringen konnte und unter solchen Umständen auch wohl heute noch vordringt. Gleichzeitig haben dann aber auch Jäger und Hirtenvölker ihre Jagd- und Weidereviere weiter vorgeschoben.

Es wird auf Grund pollenanalytischer Untersuchungen angenommen [Quezel nach Monod, 1959], daß auf den Gebirgen der Zentralen Sahara am Ende der letzten Eiszeit oder auch nachher Bäume und Sträucher verbreiteter gewachsen sind als dies heute der Fall ist. Wahrscheinlich hat es sich hierbei um eine durch Maßnahmen des sich verbreitenden Menschen verstärkt zurückgehende Reliktflora aus einem in der Gestaltung der Wasserbilanz günstigeren Abschnitt der letzten Eiszeit gehandelt, die dann durch eine regenreichere Periode von vorher geschildertem Ausmaß wiederholt angefacht wurde. Die Verhältnisse in der mittleren Sahara liegen etwas anders als im östlichen Teil, von dem hier die Rede ist. In ihren Gebirgszonen überschneiden sich die wirksamen Einflüsse der winterlichen wie sommerlichen Regenzeiten. Nun be-

stehen auch bei den Sommerregen der Tropenzone ähnliche Zeitabschnitte größerer und geringerer Höhe der Niederschläge. Die vorliegenden Beobachtungsreihen sind nur zu kurz, als daß man bestimmtere Angaben machen könnte; vor allem darüber, ob zwischen dem An- und Abschwellen der Winterregen aus dem Norden und der Sommerregen aus dem Süden ein zeitlicher Zusammenhang besteht. Allem Anschein nach wäre das aber entlang der ganzen Grenzzone nicht gleichartig der Fall. So kann es sich doch einmal getroffen haben, daß eine langjährige Zeit ergiebigerer Winterregen, wie vorher erwähnt, nahezu von einer ebensolchen der Sommerregen begleitet war oder verlängert wurde. Ein solches Zusammentreffen über eine Reihe von Jahrzehnten muß in den Gebirgen bei vorhandener noch streuender Reliktflora auch zur Entwicklung einer sonst unterdrückten jetzt vermehrten und in vergrößertem Maße Samen spendenden Vegetation Anlaß geben können. Geringe Schwankungen des Niederschlages wie heute haben eben, wie SCHWARZBACH [1953] betont, größten Einfluß auf Pflanzen- und Tierwelt.

Es kann aber auch ein extremer Witterungsabschnitt wie eine extreme Trockenperiode, die nur in sehr weiten Zeiträumen sich wiederholt oder überhaupt die extremste war, viel nicht rückgängig zu machenden Schaden bei einer Reliktflora angerichtet haben, ohne daß die mittleren Witterungs- bzw. Niederschlagsverhältnisse eine wesentliche Änderung erfuhren.

Die Beobachtungen von Heluan und anderer Orte deuten darauf hin, daß nach der Seite der Wüste die Prozentsätze der Abweichungen größer waren als nach der anderen Seite. Auch ist hier das Gefälle der mittleren Regenabnahme flacher. Das hat zur Folge, daß der Wellenschlag der Vor- und Rückwärtsverlegung der über Dezennien gebildeten mittleren Grenzlage der Wüstensteppe zur Wüste über derartig lange Perioden noch wesentlich ausgedehntere Landeszonen umfaßt, als dies z. B. bei den Schwankungen der Grenze des Regenfeldanbaues der Fall ist. Damit ist, und vor allem war, auch die Möglichkeit gegeben, daß in regenreichen Einzeljahren der Mensch und die Wildtiere von ihrer durchschnittlichen Lebensgrenze dieser feuchteren Periode ausgehend, noch weiter in die Trockenzone vorstießen. Verlorene Werkzeuge oder Knochenreste geben so der Nachwelt während einer Periode normaler oder unternormaler Regenjahre inmitten einer dann zur Zeit der Erforschung steril aussehenden Wüste Kunde von einem früheren nur zeitweiligen Aufenthalt von Mensch und Tier in dieser Gegend. Trotzdem können Werkzeuge bei den langen in Frage stehenden Zeiträumen zahlreich gefunden werden, auch wenn der Mensch nur in größeren Abständen und dann auch nur jeweils einige Monate sich an einem solchen Ort aufhielt.

Dabei darf nicht vergessen werden, daß der Mensch seinerseits — 1. durch seine Zunahme an Zahl am Rande der Trockenzone und damit verstärkt durch seine Besitznahme und Ausnutzung der Wasserstellen, 2. durch vermehrte Haltung gezähmter Wildtiere als Weidetiere, insbesondere in dieser Zone vor allem der alles abfressenden großen Ziegenherden und später der Kamelzucht (KAISER, 1954: Man vergegenwärtige sich, daß in Ennedi 280000, im mauretanischen Adrar 154000 Ziegen, in der Nordsahara hunderttausende von Fettschwanzschafen und zahlreiche Kamele weiden, die eine ungeheure Futtermenge verzehren.), 3. durch Jagd (siehe

älteste Felsbilder), durch Verbesserung seiner Jagdmethoden und Waffen, 4. durch Aufnahme von Ackerbau, vor allem in und am Rande von Flußtälern, den Leitwegen der Tiere inmitten der Trockenzone — den Lebensraum der Wildtiere immer mehr nach der Seite der ihnen klimatisch besser zusagenden Landschaften zurückdrängte.

Daher ist in zunehmendem Maße selbst in regenreichen Perioden, in denen weit in die Trockenzone reichend auch in den regenfreien Jahreszeiten abgetrocknete Pflanzen als Futter vorhanden sind, das Vordringen der Wildtiere erschwert und ihre früher mögliche normale Ausgangsbasis zurückverlegt worden. Je nach dem Grad der leichteren oder erschwerten Erlegbarkeit verschwinden die verschiedenen Wildarten mit ihren wagemutigsten, weit vordringenden Vertretern aus großen Gebieten der Trockenzone. Die Grenze ihres Vorkommens liegt jetzt bei wesentlich höheren mittleren Niederschlagswerten. Gleiche mittlere Niederschlagshöhen wirken sich außerdem auf Pflanzenwelt und damit auf Tierleben und Ausbreitung des Menschen sehr unterschiedlich aus, je nachdem sie ganz abgesehen von der Art des Bodens in flachem oder bergigem Gelände auftreten, wo das Wasser auf beschränkte Flächen zusammenlaufen kann und dort wie eine Vervielfachung der Niederschlagshöhe wirkt.

Schon in den 3 Jahrtausenden vor Beginn unserer Zeitrechnung wurden die Großwildarten wie z. B. Elefant, Giraffe, Nashorn, Löwe in den hin- und herpendelnden Randzonen zur Wüste hin intensiv gejagt oder auch gefangen und weithin transportiert. Brehm nennt das einen Vernichtungskrieg. Das Vorkommen dieser Tiere erstreckte sich regengebunden, wenn auch immer mit wenigeren Exemplaren, zeitweise erheblich über die mittlere Grenze ihres damaligen Lebensraumes hinaus. Sie konnten somit von den wohl auch weit herumziehenden Künstlern [Dalloni 1936, Frobenius 1937, Rothert 1952] der älteren Felszeichnungen leicht irgendwo betrachtet und dann nach Erinnerung oder mit Hilfe gefertigter Ton- oder Holzmodelle an einer passenden Felswand eines zeitweiligen oder permanenten Siedlungsplatzes dargestellt werden. Die Stilübereinstimmung der Wildtierbilder vom Fezzan und vom Saharaatlas (1200 km entfernt) ist überraschend [Narr, 1957]. Auch sagen diese Bilder auf Grund der Anzahl ihres Vorkommens, oder auf Grund der Häufigkeit der Darstellung einzelner Tiergattungen wenig über die damalige Bestandsdichte am Ort der Zeichnung aus. Sie künden mehr von der Darstellungsfreudigkeit der damaligen Künstler.

Andere Tiere, die wesentlich schwerer zu erlegen waren, haben daher die Wüsten und Wüstenrandzonen viel länger bevölkert und sind erst nach besserer Entwicklung der Feuerwaffen in den letzten 100 Jahren hier ausgerottet worden, wie z. B. der Strauß. Daher besitzen wir über sein vergangenes Auftreten reichlich schriftliche Unterlagen, an Hand derer seine Ausrottung deutlich verfolgt werden kann, was leider (aus der Natur der Sache heraus) bei dem vorher erzwungenen Verschwinden der Dickhäuter nicht möglich ist. Eine ähnliche Verfolgung einer Zurückdrängung, vor allem im Laufe der letzten 150 Jahre, ließe sich leicht für den Löwen erbringen, wie auch für das Relikttier (aus dem Tertiär?) das Krokodil [u. a. Kaiser, 1954]. Meist gelang es früher des Straußes nur gelegentlich durch ausgestellte Fallen habhaft zu werden oder seine gelegten Eier zu vernichten. Um 400 v. Chr. berichtet Xenophon in der Anabasis bei dem Zug der Griechen entlang des Euphrat von der Jagd zur Be-

schaffung von Lebensmitteln: „Einen Strauß konnte niemand erjagen". Er wurde hier noch vor 100 Jahren angetroffen.

Nach BREHM [1864/1953] bewohnte der Strauß im vorigen Jahrhundert fast die ganze Sahara und die Libysche Wüste wie auch Syrien. Nach HEUGLIN [1868] lief er nordwärts bis in die Wüsten des mittleren Ägyptens und war recht häufig in Nubien. Er kam noch vor kurzem in Cyrenaika vor [LEITER, 1909]. MINUTOLI [1827] sah auf dem Wege nach Siwa eine Gruppe von 15 Tieren. Nach STEINDORFF [1904] lebten sie damals noch in der Gegend zwischen Siwa und Bahariya. In den Bergen am Roten Meer, in der Breite von Kena, finden sich noch Straußeneierschalen. Die Araber sagen, daß sie bis noch vor 100 Jahren hier gelebt haben sollen [TREGENZA, 1958]. Aber der Strauß ist heute dort überall völlig verschwunden. Von ROHLFS [1874—1881] wurden am Rande der Hammada el hamra Straußе als sehr selten erwähnt und eine Anzahl alter Straußenfallen im Fezzan gefunden, in Gebieten, wo er schon damals nicht mehr vorkam. Von BARTH [1857] wurde er bei Murzuk festgestellt. Auch auf gänzlich pflanzenlosen Strecken der Hammadas sah man nicht selten die Fährten des Vogels, welcher bei eintretender Dürre von einer Niederung zur weit entfernt gelegenen anderen ziehend, auch Sandmeere durchwanderte (ROHLFS). Da er tagelang ohne Wasser auskommt, kann er weite Reisen mit Leichtigkeit zurücklegen. NACHTIGAL [1880] berichtet von seinem Vorkommen nordwestlich Tibesti, in Tibesti, wo er nach seinen Worten ebenfalls schon selten wird, in Borkou bie 18° Breite und in Wadai, BARTH [1857] im Air. SHAW und MASON [1936] trafen Straußе noch über 18° Breite nördlich von Wadi Hawa in der Nähe von El Atrun und RÜPPELL [1829] zahlreiche in Dongola an. HASSANAIN [1926] sah 1923 in Erdi auf 18° Breite eine Herde von 30—40 Straußen und fand in der Mitte zwischen Uwenat und Erdi zerbrochene Straußeneier, wie zwischen dem Arkenugebirge und Kufra. Nach BERGER [1924] ist es am Dinder, diesem früheren Wildparadies, schon vor 30 Jahren verboten worden, den Strauß zu schießen oder gefundene Eier zu berühren, weil man auch schon hier seine völlige Ausrottung vermeiden wollte. Der General Margueritte schoß 1855 bei Laghouat in der algerischen Sahara noch 72 Straußе. Heute sind sie dort völlig verschwunden [KAISER, 1953]. Die Straußе sind in der Gegend von Uargla erst Ende vorigen Jahrhunderts ausgerottet worden, da sie von den Eingeborenen schonungslos verfolgt wurden [FROBERVILLE, 1894].

Es unterliegt keinem Zweifel, daß der Strauß z. Z. der ersten Felszeichner der vorgeschichtlichen Zeit (um 4000 a. C. in der östlichen, wahrscheinlich ein- oder zweitausend Jahre eher in der westlichen Sahara) praktisch fast überall anzutreffen war und ohne menschliche Einwirkung sich auch heute noch dort aufhalten könnte. Er benötigt dazu keine im ganzen üppigere Vegetation und keinen etwas größeren Niederschlag wie BUTZER [1958] vermutet. Daß der Strauß jetzt nur in Gebieten mit über 200 mm Niederschlag angetroffen wird, besagt nur, daß seine Ausrottung hier, unter besseren Lebensbedingungen für ihn, noch nicht erreicht wurde. Dieser Umstand jedoch kann — besonders im bergigen Gelände — nicht als Beweis für vergangene, im ganzen regenreichere Zeiten als heute benutzt werden [KNETSCH, 1950].

Gewinnung sowie Aufgabe vorgeschobener Weideplätze durch Rinderzüchter braucht keinesfalls langzeitliche Regenschwankungen größeren Ausmaßes zur Ursache

zu haben. Noch heute überqueren die Beduinen mit ihren Herden reine Trockenstrecken von 180 km Länge in einem Zug [MURRAY, 1939]. Sie dehnen unter der Zwangslage eines oder zweier regenarmer Jahre ihre Wanderzüge bis zu 800—1 000 km aus, um vorher erkundete, günstigere Weideplätze zu erreichen, wo die Regenfälle nicht ausgeblieben sind [ALMASY, 1939]. Für die Bewohner des Atabor ist die Wanderung über große Entfernung eine Lebensnotwendigkeit geworden [DUBIEF, 1949]. Seit Menschengedenken haben die Bewohner von Tibesti ihre Kamel-, Ziegen- und Rinderherden selbst bis nach den Tälern des Gilf Kebir (23° Breite) getrieben, wenn die Sommerregen dort gut waren [THESIGER, 1939]. Diese schaffen schütteren Graswuchs dann auch auf dem Verbindungsweg in der sonst reinen Wüste in losem Sand (wie zwischen Uwenat und Erdi, HASSANAIN, 1926), was dann auch heute den Durchzug von Herden ermöglicht.

Einzelne oder einige sich folgende regenarme Jahre können in ganzjährigen Siedlungsgebieten fast den gesamten Viehbestand vernichten, besonders dann, wenn sonst als Ausweichweiden benutzte Gegenden ebenfalls regenarm geblieben sind. Eine damit zwangsläufig verbundene Überweidung erhöht die Schadenswirkung. Derartige Wetterkatastrophen 1931/32, 1944/46 vernichteten in der nördlichen Sahara den Hammelbestand von einer Million bis auf $^1/_{10}$ [NIEMEIER, 1955]. Regengünstige Folgejahre haben die Viehverluste nicht bis zum Existenzminimum auffüllen können. Ein fataler Trockensommer im Wadai bewirkte, daß die Bevölkerung um ein Viertel zurückging [TILHO, 1920]. Futtersuche wird aus mancherlei Gründen auch in der Vorzeit Viehzüchter bis in die zur Wüste am weitesten vorgeschobenen Wasser- und Futterplätze wahrscheinlich in einer etwas regenreicheren Jahresfolge der betreffenden Gegend haben vorrücken lassen. Aber neben kriegerischen Umständen kann schon ein Trockenjahr oder die Aufeinanderfolge einiger regenarmer Jahre die Aufgabe einer solchen nur zeitweise aufgesuchten Regenoase erzwungen haben und von einer Wiederbesiedlung durch die gleichen Züchter Abstand nehmen lassen. Dies um so mehr, wenn diese Trockenzeit großflächig auftrat und auch der Ausfall der sonst hauptsächlich benutzten Dauerweiden zu einer Abwanderung in weitere Entfernung zwang.

Das Auftreten von 1. längeren Perioden über 20 Jahre und mehr mit einer Häufung von regenreichen Jahren und ihren Folgeerscheinungen in der Vegetationsentwicklung sowie nutzbarer Wasserstellen und dem daraus resultierenden Vorpendeln der Lebensgrenze für Wildtiere in Richtung auf die trockenste Zone und 2. die stetig fortgeschrittene Entwicklung des Menschen als Jäger, Viehzüchter, Ackerbauer, seine Rückwandlung zum Nomadismus als Verdränger und Vernichter der Tierwelt, besonders in den Randzonen ihres von der Natur gegebenen, noch gerade möglichen Lebensraumes, raten dazu, die heutzutage vielfach so überbetont in den Vordergrund gestellten, in weit zurückliegenden Zeiten gefertigten Felsbilder von Tieren [FROBENIUS 1937, KÜHN 1955, BUTZER 1958, LOTHE 1960], die in der Umgebung derzeitig dort nicht anzutreffen sind, als zwingende Beweismittel von wesentlich unterschiedlichen klimatischen Verhältnissen der damaligen Zeit in der östlichen Sahara sowie im Vorderen Orient weitgehend kritisch zu überprüfen.

Schrifttum

ALBRECHT, F. 1962: Palaeoklimatologie und Wärmehaushalt. Met. Rundschau **15**, 38—44.

ALMASY, L. E. 1939: Unbekannte Sahara. Leipzig, Brockhaus.

BARTH, H. 1857: Reisen und Entdeckungen in Nord- und Zentral-Afrika 1849—1855. Perthes, 5. Bd.

BERGER, A. 1924: Der heilige Nil. Berlin, Wegweiser.

BUTZER, K. W. 1958: Quaternary stratigraphy and climate in the Near East. Bonner Geogr. Abhandlungen **24**, 1—157.

BUTZER, K. W. 1958: Studien zum vor- und frühgeschichtlichen Landschaftswandel der Sahara. Akademie d. Wissenschaften und der Literatur Mainz, Math. Naturwissenschaftl. Klasse **1**, 1—49.

CARL, L. und J. PETIT 1955: Geheimnisvoller Tefedest, Auf den Spuren einer alten Kultur. Hamburg, Hoffmann-Campe.

DALLONI, M. 1936: Palethnologie. Anciennes populations du Tibesti.
Mém. Acad. Scienc. Institut France, Paris, Gautier-Villars **72**, 93—403.

DUBIEF, J. 1949: Les pluies au Sahara Central. Extrait travaux Institut recherches Sahar. **4**, 1—17.

FROBENIUS, L. 1937: Ekade Ektab, Die Felsbilder Fezzans. Leipzig Harassowitz.

FROBERVILLE, P. 1894: Ma troisième excursion dans le Sahara. Bevis Migault.

GROVE, A. T. 1960: Geomorphology of the Tibesti region. Geogr. Journ. **126**, 18—31.

HASSANEIN, A. M. 1926: Rätsel der Wüste. Leipzig, Brockhaus.

HEUGLIN, M. TH. 1869: Zoogeographische Skizze des Nilgebietes und der Küstenländer des Roten Meeres. Petermanns Mitt. **15**, 406.

HUME, W. F. 1925: Geology of Egypt I. Cairo, Government Press 1—380.

IONIDES, M. G. 1937: The régime of the rivers Euphrates and Tigris. London.

KAISER, E. 1953: Die großen Wadis als Leitlinien des sahar. Bios. Wiss. Ver. d. Dtsch. Inst. f. Länderkunde, Leipzig, 47—56.

KNETSCH, G. 1950: Beobachtungen in der libyschen Wüste. Geolog. Rundschau **37**.

KÜHN, H. 1955: Der Aufstieg der Menschheit. Frankfurt, Fischer Bücherei 1—227.

LEITER, H. 1909: Die Frage der Klimaänderung während geschichtlicher Zeit in Nordafrika. Abh. d. R. R. Geogr. Ges. in Wien **8**, 1.

LOTHE, H. 1960: Die Felsbildkunst Kleinafrikas und der Sahara. In: Die Steinzeit. Holle, Baden-Baden 97—154.

MEYER-ABICH, A. 1864/53: Brehms Tierleben. Hamburg, Standard.

MINUTOLI, M. v. 1827: Reise zum Tempel des Juppiter Amon in der libyschen Wüste. Berlin, Maurersche Buchhandlung 1—377.

MONOD, TH. 1958: Parts respectives de l'homme et des phénomènes naturels dans la dégradation du paysage et le déclin des civilisations a travers le monde méditerranéen au cours des derniers millénaires.
Union Internationale pour la conservation de la nature. Sept. réunion techn., Athen, 1958, **1**, 31—69.

MURRAY, G. W. 1939: The road to Chephrens Quarries. Geogr. Journ. **94**, 97—114.

NACHTIGAL, G. 1880—89: Sahara und Sudan, 3 Bde. Leipzig, Brockhaus.

NARR, K. J. 1957: In: Abriß der Vorgeschichte: Vorderasien, Nordafrika, Europa. München Oldenbourg 1—84.

NIEMEIER, G. 1955: Vollnomaden und Halbnomaden im Steppenhochland und in der nördl. Sahara. Erdkunde **9**.

REY, J. 1954: Carte pluviométrique du Liban. Répl. Libanaise, Min. d. travaux publies.

ROHLSF, G. 1874: Quer durch Afrika, 2 Bde. Leipzig, Brockhaus.

ROHLFS, G. 1881: Kufra, Reise von Tripolis nach der Oase Kufra. Leipzig, Brockhaus.

RÜPPELL, E. 1829: Reisen in Nubien und Kordofan. Frankfurt, Wilmans, 1—213.

SCHIFFERS, H. 1950: Die Sahara. Stuttgart, Franck'sche Verl.

Schwarzbach, M. 1953: Das Alter der Wüste Sahara. Geolog. Inst. Köln, Neues Jahrbuch. Paläontol., 157—174.
Shaw, W. B. K. 1936: An expedition in the southern Libyan desert. Geogr. Journ. **87**, 193—221.
Steindorff 1904: Durch die libysche Wüste zur Amonoase. Monograph. z. Erdkunde **19**.
Thesiger, W. 1939: A camel journey to Tibesti. Geogr. Journ. **94**, 434—446.
Tilho 1920: The exploration of Tibesti, Erdi, Borkou and Ennedi 1912—1917. Geogr. Journ. **56**, 81—99.
Tregenza, L. A. 1958: Einsame Berge zwischen Nil und Rotem Meer. Wiesbaden, Brockhaus.
Wirth, E. 1958: Morphologische und bodenkundliche Beobachtungen in der syrisch-irakischen Wüste. Erdkunde **12**, 26—42.
Wustelt, J. 1962: Temperaturschwankungen in der Klimareihe von Jena und ihre Beziehungen zur Witterungskunde und zur Klimageschichte Europas. Abh. d. met. hydr. Dienstes, Berlin, Akademieverl. **66**, 1—72.
Zanker, K. 1960: Cotton in the Syrian region. Aleppo, Cotton Bureau.
Zanker, K. 1960: Karte der mittl. jährl. Niederschlagsverteilung (1929—1959) in der Türkei Tarimbakanligi, Devlet Meteorologi Isleri Genel Müdürlügü.
Zanker, K. 1962: Landwirtschaft und Wasser in Israel. Wasser und Boden, **6**, 201—206.
World weather records.