

440. CAPOT-REY, R.: La morphologie de l'Erg Occidental. — Trav. de l'Inst. de Recherches Sahariennes 1943, S. 69—104. (Fortsetzung der Arbeiten von AUFRERE.)
441. COALDRAKE, J. E.: The sand dunes of the Ninety-Mile-Plain, Southeastern Australia. — Geogr. Review 1954, S. 394—407. (Mit 8 Luftbildern.)
442. FEDOROWITSCH, B.: Einige grundsätzliche Gedanken zur Entstehung und Entwicklung des Sand-Reliefs (russisch). — Mitt. d. Ak. d. Wiss. d. UdSSR., Geographisch-geophysikalische Reihe, Moskau 1940.
443. GROVE, A. T.: Patterned ground in Northern Nigeria. Geogr. Journal 1957, S. 271—274. (Fossile Dünen südlich der Sahara.)
444. GUPPY, D. J., und LORD RENNELL OF RODD: The sand dune areas of the North-West and Kimberley divisions of Western Australia. — Geogr. Journal 1955, S. 542—544. (Mit 2 Luftbildern von E-W gerichteten Reihendünen.)
445. HORLAVILLE, M.: Essai d'observation de l'évolution morphologique des dunes en pays aride, au moyen de photos aériennes stéréoscopiques échelonnées dans le temps. — Rapport de la Commission pour l'utilisation des photographies aériennes dans les études géographiques, Congrès International de Géographie, Washington 1952, S. 41—43. (Mit zahlreichen Stereogrammen.)
446. MADIGAN, C. T.: The Australian sand-ridge deserts. — Geogr. Review 1936, S. 205—227. (Parallele Längsdünen kommen nur in Passatgebieten vor.)
447. MELTON, F. A.: A tentative classification of sand dunes; its application to dune history in the Southern High Plains. — Journ. Geol., Vol. 48/2, 1940, S. 113—145.
448. SMITH, H. T. U.: Use of aerial photography for interpretation of dune history in Nebraska, USA. — Abhandlungen zum IV. Quartär-Kongreß, Rom-Pisa 1953, Bd. I, S. 152—158. (Drei Typen von Dünen sind aus den Luftbildern erkennbar: W-E-Transversaldünen, unter periglaziale Wüstenklima entstanden; Longitudinaldünen, aus Barchanen unter semiaridem Klima gebildet; aufgelöste, junge, teils anthropogene Dünenformen, nach dem Klima-Optimum entstanden.)

BERICHTE UND KLEINE MITTEILUNGEN

DIE VERTEILUNG DER POTENTIELLEN VERDUNSTUNG IN ÄGYPTEN

Waldemar Haude

Mit 5 Abbildungen und 2 Tabellen

On the distribution of potential evaporation in Egypt

Summary: The most purposive use of the rather limited waters of the Nile is of foremost importance for the development of agriculture in Egypt. For this reason, it is necessary to obtain more exact quantitative figures on the evaporation of irrigated land as well as on evapotranspiration of different crops. Hence investigations were carried out at the recently established Agrometeorological Station near Cairo, in 1957. Potential evaporation and evapotranspiration were measured, and their relation to the actual figures of different soils, with and without vegetation, ascertained. The results are used in connection with suitable climatological data to ascertain the potential evaporation also for other places, and to compute the actual figures. These are the basis of a theoretical computation of the water supply in the Mediterranean coastal regions. In addition, potential evaporation — as computed above — is shown in its dependence upon latitude and distance from the sea. Thus, regional data of evapotranspiration are ascertained, and then compared with the quantity of water that is taken away from the Nile for irrigation.

1. Über die potentielle und aktuelle Wasserabgabe an die Luft

Die direkte fortlaufende Messung des Feuchtestromes vom Erdboden in die Luft wie die Möglichkeit, die Verdunstung aus der Bestimmung der übrigen Wärmehaushaltsglieder zu berechnen, bereitet große Schwierigkeiten. Es ist daher zweckmäßig, zunächst den Wert der jeweils höchstmöglichen Wasserabgabe, der potentiellen Evaporation oder pot. Evapotrans-

piration für die einzelnen Landschaften festzulegen. Der Begriff potentiell wurde zuerst von THORNTHWAITTE (13) eingeführt und von GENTILLI (5) und anderen weiter erläutert.

Bei der Beschränkung auf eine immer feuchte Bodenoberfläche bleiben Bodenart und Bodenstruktur für die Höhe der Verdunstung weitgehend bedeutungslos. Eine feuchte Sandfläche gibt annähernd soviel Wasser ab wie ein feuchter Lößboden. Unwesentlich bleibt auch die Pflanzenart bei einer geschlossenen, einheitlichen und in voller Entwicklung begriffenen Pflanzendecke, die völligen Blattschluß aufweist (MATHER, 11). Diese soll bei jeder Beanspruchung durch das Wetter und bei guter Wurzelbildung und genügend aufnehmbarem Wasser im Boden nicht genötigt sein, aus Schwierigkeiten beim Wassernachschub infolge Wassermangels im Boden ihre Spaltöffnungen verengen zu müssen. Unter diesen Voraussetzungen sind Bodenart und andererseits Art der geschlossenen Pflanzenbedeckung ziemlich bedeutungslos (KORTE, 10). Die potentiellen Werte der Evaporation wie der Evapotranspiration hängen so gut wie ausschließlich von der Gestaltung des Wetters ab.

Allerdings tritt unter gewissen Umständen bei den Pflanzen, abhängig von ihrer Art und der Wachstumsvorgeschichte, auch am Tage bei an sich genügend vorhandenem aufnehmbarem Wasser im Boden ein vorübergehend länger oder kürzer andauerndes Schließen der Spaltöffnungen ein. Die Ursache hierfür liegt in ungewohnter Beanspruchung durch sehr warme und sehr trockene Luft. Entweder sind die Pflanzen gemäß ihrer Art nicht darauf eingestellt, einen bestimmten Grenzwert der Einwirkung der Luft auf die Verdunstung feuchter Flächen zu überschreiten, oder sehr heiße trockene Luft ist plötzlich herangekommen, so daß die Pflanzen mit der Ausbildung des Wurzelsystems und ihrer Zuleitung auf eine derartig hohe

Beanspruchung nicht vorbereitet sind. Diese Umstände tragen neben dem nächtlichen Schließen der Spaltöffnungen der Blätter dazu bei, daß die potentielle Evapotranspiration eines geschlossenen Bestandes mit gleichartiger Oberfläche kleiner ist als die potentielle Evaporation.

Der jeweilige potentielle Wasserverbrauch eines unter Kultur stehenden Feldes wird daher zwischen den Werten der pot. Evaporation (pEv) und pot. Evapotranspiration ($pEvt$) eines geschlossenen Pflanzenbestandes liegen. Bisher durchgeführte Vergleichsreihen (8) bei Kairo ergaben, daß dort etwa $0,9 pEv = pEvt$ ist, wie das ähnlich auch für England gefunden wurde (12). In den nachfolgenden Ausführungen wird aber dieser Unterschied nicht weiter berücksichtigt, da, wie später erwähnt, die berechneten pEv -Werte kleiner ausfallen als die gemessenen und die mittels der Monatsmittel von Temperatur und Feuchte berechneten Werte wiederum etwas niedriger sind als die aus den täglichen Angaben des Sättigungsdefizites von 14^h bestimmten.

Es ist verlangt worden, daß diese durch mangelhaften Wassernachschub im Boden nicht behinderten und gemäß der Witterung immer voll Wasser abgebenden Flächen so groß sein sollten, daß advective Einflüsse weitestgehend ausgeschlossen sind (THORNTHWAIT, 14). Diese Forderung ist in den warmen Trockengebieten nicht zu erfüllen. Derartige Angaben würden ihren Wert für praktische Anwendung verlieren. Vielmehr wünscht man auch dort zu wissen, was gerade unter den ortsgegebenen klimatischen Bedingungen z. B. eine in einem Wüsten- oder Steppengebiet neu hergerichtete Ackerfläche an Wasser benötigen würde. Tatsächlich gibt es, wenn nicht täglich Regen fällt oder bewässert wird, so gut wie nirgends größere, immer einheitlich verdunstende Oberflächen, da in einer Kulturlandschaft Felder mit geschlossenen Kulturen neben solchen mit nicht geschlossenen oder neben z. Z. nicht bestellten und daher auch nicht bewässerten Äckern im Wechsel liegen. Bei einer Oasenlandschaft interessiert die unter dem Einfluß der umgebenden Wüste benötigte Wassermenge, um Kulturen zur Ernte zu bringen, und nicht die Wassermenge, die gebraucht würde, wenn die benachbarte Wüste als immer feuchte Ackerfläche gedacht wäre.

Natürlich verliert die äußerste Randzone eines an die Wüste angrenzenden feuchten Ackers mehr Wasser als weiter im Innern des Anbaugebietes liegende Flächen. Doch dieses Randgefälle der potentiellen Verdunstung nimmt zur Feldseite hin rasch ab. Schon nach einer gewissen Entfernung wird sich bei einer nicht völlig einseitigen Windströmung von der Wüste her über eine Gruppe von Tagen annähernd ein für das ganze Jahr und ein begrenztes Feld brauchbarer Durchschnittswert einstellen. Doch liegen derartige direkte Messungen über das Randgefälle nicht vor.

Wie sich aus den später durchgeführten Berechnungen der potentiellen Evapotranspiration ergibt, würde sie auf etwa 25° Breite bei einem Feld im schmalen Kulturland des Niltales um das Doppelte größer sein als am Rande des Roten Meeres oder um das Dreifache als auf einer Insel (Dädalus) inmitten des Roten Meeres 80 km nach Westen und 150 km nach Osten vom Land entfernt gelegen. Je umfangreicher ein in-

mittlen von Wüstengelände angelegtes und bewässertes Ackerbaugelände wird, wie z. B. in der neuen Tahir-Provinz von Ägypten westlich des Nildeltas auf Wüstenboden, um so mehr verringern sich dann auch die Werte des Sättigungsdefizites und der potentiellen Verdunstung.

Die Frage nach der jeweils örtlichen Größe der pot. Evapotranspiration wäre etwa so zu präzisieren: Was würde unter ortsgegebenen und vorhandenen klimatischen Umständen eine Fläche der kleinsten gebräuchlichen Ackereinheit, die durchschnittlich die Größe von einem halben Hektar oder einem feddan $\cong 1 \text{ acre} \cong 0,4 \text{ ha}$ hat, entsprechend bewässert potentiell an Wasser abgeben?

Die aktuelle oder wirkliche Verdunstung dagegen hängt weitgehend auch von der Bodenart und seiner Struktur ab. Bei Sandboden braucht an der Oberfläche eine relativ nur dünne Bodenschicht mit ihrer geringen Aufnahmekapazität für Wasser nach einem Regen oder einer Bewässerung abzutrocknen, um die Evaporation auf einen recht geringen Wert absinken zu lassen. Infolgedessen gibt ein solcher Boden bei starker Beanspruchung durch die Witterung vielleicht noch innerhalb von rund 24 Stunden gemäß den Werten der witterungsbedingten pot. Evaporation Wasser ab (6). Bei Lößboden muß eine dickere Schicht mit einer höheren Wasserkapazität abtrocknen, bis die Evaporation sich merklich von den Werten einer potentiellen entfernt. Das kann unter gleichen Witterungsbedingungen wie bei Sandboden die doppelte oder dreifache Zeit ausmachen. Dann wird zunächst auch weiterhin die Evaporation etwas größer als über Sandboden sein. Immerhin kann für jede Bodenart und bei bekannter Struktur (gepflügt, ungepflügt usw.) im großen und ganzen eine, wenn auch grobe, Beziehung gefunden werden, nach der die Evaporation in einer, gemäß der Witterung, bestimmten Weise von dem jeweiligen potentiellen Wert absinkt.

Auf Grund täglicher Messungen der Evaporation nach einer Bewässerung und für Perioden von 8 bis 16 Tagen an der Agrarmeteorologischen Station bei Kairo 1956 (6) und 1957 wurde der Abfall der aktuellen Evaporation für den Alluvialboden des Ackerbodens im Niltal wie für Sand- und Mischboden ($\frac{2}{3}$ Sand und $\frac{1}{3}$ Alluvialboden) zu bestimmen versucht und aus diesen Daten das tägliche Verhältnis von

aktueller zu potentieller Evaporation = $\frac{a \text{ Ev}}{p \text{ Ev}}$ bestimmt. Für 3 Monate und diese 3 Bodentypen ist der Verlauf der täglichen Quotienten in Abbildung 1 aufgetragen. Demnach würde z. B. im Juli bei einer mittleren täglichen pot. Evaporation von 10 mm nach 16 Tagen potentiell 160 mm verdunstet sein. Gemäß der Kurven für Alluvialboden (ausgezogen VII) ergibt der Quotient den Wert 0,29. Das heißt, aktuell würde bei einem unbewachsenen Acker nur $160 \times 0,29 = 46 \text{ mm}$ verlorengegangen sein. Bei Mischboden (gestrichelt) $160 \times 0,22 = 35 \text{ mm}$ und bei Wüstensand (punktiert) $160 \times 0,1 = 16 \text{ mm} \cong \frac{1}{3}$ der Evaporation des Alluvialbodens.

Im Januar gibt der Alluvialboden noch binnen 6 Tagen so gut wie pot. Wasser an die Luft ab. An den nächsten Tagen geht die Abnahme von den pot. Werten sehr langsam vor sich. Insgesamt sind nach

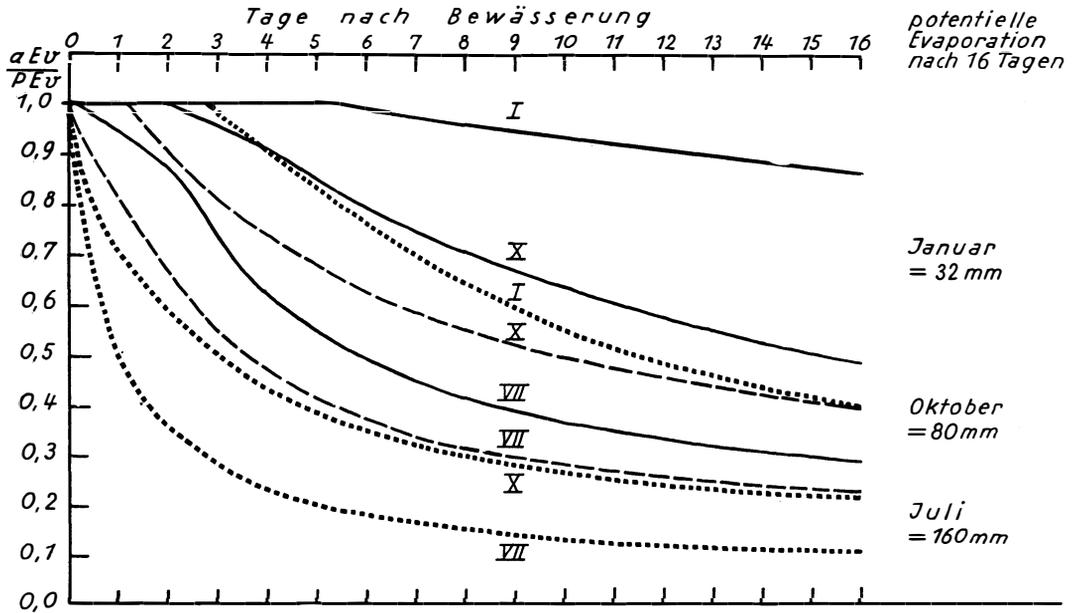


Abb. 1:

Das mittlere Verhältnis der Summe der aktuellen Evaporation zur Summe der potentiellen $= \frac{aEv}{pEv}$ nach 1 bis zu 16 Tagen nach einer Bewässerung a) von Ackerboden = ausgezogen, b) von Mischboden ($\frac{2}{3}$ Sand, $\frac{1}{3}$ Ackerboden) = gestrichelt, c) von Wüstensand = punktiert, im Juli, Oktober und Januar (hier ohne Mischboden) bei Cairo.

16 Tagen $32 \times 0,86 = 27$ mm verdunstet. Bei Sand jedoch nur $32 \times 0,4 = 13$ mm $\cong \frac{1}{2}$ der Abgabe des Alluvialbodens. Die Abnahme der akt. Evaporation für diese 16 Tage nach einer Bewässerung von den Juliwerten zu denen des Januar ist bei Sandboden unbedeutend, bei Alluvialboden $\cong \frac{1}{2}$ des Juliwertes, während die pot. Evaporation auf $\frac{1}{3}$ zurückgeht.

Auf diese Weise ist es möglich, für jede beliebige Tagesanzahl nach einer Bewässerung den Betrag der aktuellen Evaporation eines unbewachsenen Ackers ziemlich genau zu bestimmen.

Ein Feld, das mit einer Kultur bestanden ist, deren Blätter Blattschluß haben, wird ebenfalls bei Wassermangel, d. h. nach Verbrauch von 50—70 % der für die betreffenden Pflanzen mit ihrer natürlichen und örtlich gegebenen Wurzelbildung und für den jeweiligen Boden nutzbaren Wasserkapazität (CZERATZKI, 3) je nach Witterung und Boden eine gegenüber den potentiellen Werten bestimmte abfallende Evapotranspiration aufweisen. In gewissen Grenzen wird es möglich sein, auch diesen Abfall in Rechnung zu stellen und somit den Gang der aktuellen Evapotranspiration zu bestimmen.

Der aktuelle Verbrauch eines bestellten und in Abständen von ~ 14 Tagen bewässerten Feldes wird in Ägypten besonders in der ersten Zeit der Pflanzenentwicklung weit unter den potentiellen Werten liegen, ohne daß die aufkommende Kultur selbst irgendwie an Wassermangel zu leiden hat (9). Mit Aufgehen der Saat ist jede Evaporation nutzloser Wasserverbrauch. Ein Abtrocknen der oberen Bodenschicht zwi-

schen Regenfällen oder Bewässerungen vermindert die Evaporation gemäß Bodenart und Struktur. Aber aufkommende Saat, die aus tieferen Schichten mit ihrer Wurzelbildung einen immer größeren Wasservorrat anschneidet, verringert bei rel. Trockenheit der Bodenoberfläche durch steigende, unbehinderte Transpiration die Differenz zu den pot. Werten. Nach Blattschluß ist es schließlich gleichgültig, ob die obere Bodenschicht trocken oder feucht ist, da fast jeder Verlust durch Evaporation aufgehört hat, wenn man von der Evaporation etwa naß gewordener Blätter oder der kleinen Zuleitungsgräben absieht.

Der aktuelle Wasserverlust eines bestellten Ackers, der immer so rechtzeitig bewässert wird, daß die entstehende Kultur nie Mangel leidet, nimmt unter sonst gleichen Witterungsverhältnissen zu von dem Betrag der aktuellen Evaporation des Zeitabschnittes nach der ersten Bewässerung bis zu dem überhaupt möglichen Höchstwert nach Blattschluß, welcher durch die so gut wie nur vom Wetter abhängige Größe der pot. Evapotranspiration gegeben ist.

Bis zu diesem Zeitpunkt schneidet, wie schon erwähnt, das bis dahin in voller Entwicklung befindliche Wurzelsystem im Boden immer neue Wasserreserven an, so daß bei einem starken Verlust des für die Pflanze nutzbaren Wassers der oberen Bodenschicht größere schädigende Wirkungen auf Pflanze und Ertrag nicht zu erwarten sind. Das ändert sich aber, sobald die Pflanze annähernd voll entwickelt ist, d. h. nach Blattschluß, und nun Blüte und Frucht ausbildet. In diesem Stadium verbraucht sie das meiste

Wasser, nämlich gemäß den pot. Daten, wenn der Wassernachschub es gestattet. Sie reagiert naturgemäß im Ertrag am stärksten auf Mangelerscheinungen an nutzbarem Wasser im Boden während dieser Zeit. Jede künstliche Berieselung oder Beregnung wird jedoch nur dann ökonomisch sich handhaben lassen und die höchsten Erträge erzielen, wenn die Wasserzuführung nach Zeit und Menge entsprechend dem Verlauf der Wasserbilanz im Boden durchgeführt wird. In diesem Stadium sind die pot. Werte der Evapotranspiration die Ausgabebeiträge der Bilanz, sofern irgendein Wassermangel im Boden noch nicht eingetreten ist, der ja aber gerade vermieden werden soll. Die Kenntnis der Größe dieser Werte läßt leicht eine Bilanzrechnung genügend genau aufstellen, wenn auch die Zugabebeiträge an Wasser bestimmt sind oder eine Bewässerung jedes Mal den Boden bis zu seiner vollen nutzbaren Wasserkapazität, die als Ausgangsgröße bekannt sein muß, absättigt.

Bei den meisten einjährigen Kulturen verringert sich der Betrag der Transpiration und damit auch der Evapotranspiration nach Beendigung der Blüte bei Rückgang der lebenden Blattfläche im Zustand des Reifens je nach Art der Kultur und nach Umfang seiner absterbenden Rückstände, die selbst nicht mehr transpirierend eine Bodenevaporation aber behindern. Doch wird nun die Kenntnis des sich gestaltenden Wasserhaushalts unwichtiger.

2. Angewandte Bestimmung der potentiellen Evaporation

Die Beträge der potentiellen Evaporation bzw. Evapotranspiration sind die unter den gegebenen Witterungsbedingungen möglichen Höchstwerte der Wasserabgabe an die Luft. Schon ihre Werte zu kennen, bedeutet einen großen Vorteil. Sie geben die Grundlage für eine Abschätzung der laufenden aktuellen Verdunstung. Derartige direkte Messungen der potentiellen Verdunstung waren 1957 mit gutem Erfolg bei Kairo auf einer Farm des Ministers für Landwirtschaft von der Agrarmeteorologischen Station des Meteorologischen Dienstes durchgeführt worden (8, 9).

An sich werden aber derartige Messungen immer nur sporadisch durchgeführt werden können, gleichgültig welche Meßart gewählt wird. Daher wird man zur Festlegung der Verdunstungswerte einer Landschaft immer auf die Beobachtungsergebnisse der klimatologischen Stationen mit angewiesen sein. Das heißt, es muß versucht werden, eine Art Formel zu finden, die unter Benutzung der direkt gemessenen Daten mit noch befriedigender Genauigkeit die gesuchten Werte zu errechnen gestattet.

Folgende Forderungen sind an eine solche Formel zu stellen:

1. Sie muß so genaue Werte ergeben wie möglich, unter $\pm 10\%$.
 2. Sie muß über weite Landschaftsgebiete anwendbar sein.
 3. Sie sollte nur durch leichte gesetzmäßig zu erkennende Veränderung von Koeffizienten möglichst universell zu gebrauchen sein.
 4. Ihr Aufbau soll so einfach wie möglich sein, um die Rechenarbeit klein zu halten.
- Derartige Versuche sind nun zahlreich unternom-

men worden. Als Glieder der Formel werden vor allem Temperatur, Globalstrahlung, Sonnenscheindauer, Feuchte und Wind benutzt. Da direkte Messungen aktueller oder potent. Verdunstung in so geringer Zahl vorliegen, ist man bei der Aufstellung der Formeln auch vielfach von rein theoretischen Überlegungen ausgegangen, welche von den zur Verfügung stehenden Klimafaktoren in welcher Stärke Einfluß haben könnten.

Die Anwendungsmöglichkeit dieser verschiedenen, oft recht kompliziert aufgebauten Formeln ist in mancherlei Arbeiten besprochen worden wie z. B. bei GENTILI (5), VAN DER BIJL (2) und bei DEACON, PRIESTLEY und SWINBANK (4). Die erreichten Ergebnisse weichen z. T. sehr weit voneinander ab.

Eine verhältnismäßig gute Beziehung dieser bei Kairo gemessenen Werte war zu dem täglichen Sättigungsdefizit von 14^h vorhanden (7, 8). Das Sättigungsdefizit von 14^h eines nicht gerade besonders um diese Zeit gestörten Tages, wie z. B. durch das Auftreten eines Gewitterschauers, kann als Repräsentant der gesamten Tagesverdunstung gelten. Diese Zeit liegt zwischen dem Auftreten der höchsten Temperatur an der Erdoberfläche und in 2 m Höhe. Die Oberflächentemperatur eines immer feuchten Bodens ist dann angenähert gleich der Lufttemperatur in 2 m Höhe. Das Sättigungsdefizit von 14^h wird somit zu einem Indikator des Feuchtigkeitsgefälles zur Zeit seines Höchstwertes. An Tagen mit hoher Strahlungsbilanz, die die höheren Verdunstungsbeträge hervorrufen und damit die Gesamtverdunstung von Tagesgruppen weitgehend bestimmen, steht die Tagesverdunstung in enger Beziehung zu ihrem Höchstwert. Empirisch durch Vergleiche mit den direkt gemessenen Verdunstungswerten wurden über das Jahr wenig veränderliche Faktoren gefunden, die mit dem Sättigungsdefizit von 14^h multipliziert bei zusammengefaßten Tagesgruppen von 5 oder mehr Tagen recht befriedigend genaue Werte liefern.

Es besteht durchaus die berechtigte Annahme, daß diese Beziehung auch für fast alle Gegenden Ägyptens für eine erste Abschätzung der potentiellen Beträge angewendet werden kann, da sie z. B. in gleichartiger Form auch für Norddeutschland gilt und hier seit einer Reihe von Jahren praktisch mit Erfolg verwandt wird (10). Die Tageswerte von 14^h werden dabei mit folgenden Koeffizienten multipliziert: März 0,33, April/Mai 0,39, Juni 0,37, Juli 0,35, August 0,33, September 0,31, Oktober bis Februar 0,26.

In Ägypten ergab sich für die Monatssummen der gemessenen pot. Evaporation eine gute Übereinstimmung, wenn die Werte des mittleren monatlichen Sättigungsdefizites von 14^h von Februar bis September mit dem Faktor 0,37, in den übrigen Monaten mit 0,26 und der Zahl der Monatstage multipliziert werden.

Nur bei den Übergangszeiten im September/Oktober, wenn die Strahlungsbilanz mehr abnimmt, und im Januar/Februar, wenn sie wieder stärker zunimmt, können gewisse Verschiebungen zu erwarten sein in dem Sinne, daß weiter nordwärts die Koeffizienten dieser Zeiten sich mehr in Richtung der 0,26 nähern und weiter im Süden in Richtung der 0,37 (7). Beides

bedeutet eine kleine Verringerung der so berechneten Werte nach Norden und eine geringe Vergrößerung nach Süden.

Ob eine ganz freie Lage am Wüstenrand etwas erhöhte Koeffizienten erfordert oder ob diese Verhältnisse ausreichend genau in einer unterschiedlichen Gestaltung des Sättigungsdefizits aufgefangen werden, wurde noch nicht geprüft.

Um einen ersten Anhalt über die Verdunstungsverhältnisse in Ägypten zu gewinnen, wurde die für Kairo gefundene Beziehung auf die Auswertung der in den Climatological Normals (15) veröffentlichten Resultate der Klimastationen angewandt. In diesen ist wohl

der monatliche Mittelwert der Feuchtigkeit für 14^h angegeben, nicht aber der Wert der Temperatur zu dieser Tageszeit, sondern nur der mittlere Tageshöchstwert. Für Kairo besteht aber eine enge Beziehung über alle Monate zwischen diesem Wert und dem des 14^h-Termins. Letzterer ist um rund 1,3° kleiner. Diese Beziehung wurde dann zunächst für fast alle Stationen als gültig angenommen und so das Sättigungsdefizit berechnet.

Aber dieser mittlere Monatswert des Sättigungsdefizites, bestimmt aus den Monatsmitteln der Temperatur und des Dampfdruckes von 14^h, fällt immer etwas kleiner aus, als wenn der Mittelwert aus der

Tabelle 1 :
Mittlere monatl. und jährl. Werte der berechneten potentiellen Verdunstung in mm, Jahr in cm

Ort	Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahres- durchschn. cm
<i>1. Küstenzone am Mittelmeer</i>													
Salum	65	16	87	96	108	129	140	127	108	90	69	59	115
Sidi Barrani	59	62	74	81	112	99	99	93	99	68	69	50	97
Mersa Matruh	31	59	68	78	78	72	65	71	63	59	54	36	72
Alexandria	62	70	87	93	99	99	99	117	123	90	66	56	106
Port Said	50	59	68	69	106	106	133	146	129	96	72	47	108
El Arish	59	64	84	87	102	93	96	103	93	77	63	53	97
<i>2. Landwirtschaftszone im nördlichen Delta</i>													
Edfina	71	81	102	132	167	171	170	177	153	112	84	65	149
Sirw	53	64	74	93	124	144	167	149	114	78	54	50	116
Sakha	68	78	121	162	208	219	222	208	159	105	78	62	169
<i>3. Landwirtschaftszone im mittleren Delta</i>													
Gemmeiza	65	78	115	171	220	246	238	229	186	117	78	56	180
Tanta	74	86	133	188	266	285	269	257	204	136	90	68	206
Zagazig	68	87	127	189	254	270	269	244	181	127	87	62	197
<i>4. Landwirtschaftszone im südlichen Delta und in Randgebieten der Wüste</i>													
Giza	84	107	149	212	288	312	320	279	204	139	99	62	225
Almaza	87	115	145	212	312	321	338	300	210	155	108	78	238
Heluan	87	115	170	237	322	345	353	322	243	164	108	78	254
Suez (Kanal)	84	98	164	204	276	345	374	350	261	158	120	78	251
Suez (P. T.)	84	95	143	189	257	285	319	310	234	149	102	96	226
<i>5. Becken von Fayum und Oase Siwa</i>													
Qasr el Gebali	96	126	189	256	332	381	397	373	303	170	129	99	285
Skakeshuk (Am Südufer des Quarun-sees)	68	86	130	174	235	255	306	294	213	127	86	59	203
Oase Siwa	71	95	136	204	260	321	332	316	240	149	94	62	228
<i>6. Landwirtschaftszone in Oberägypten im Nilial</i>													
Minya	96	123	186	258	371	358	353	328	251	152	108	80	266
Asyut	93	123	201	288	374	390	390	370	260	145	108	78	282
Nag Hamadi	96	129	201	278	381	382	394	406	267	174	126	90	292
Qena	117	157	270	379	465	524	505	515	331	188	131	102	368
Luxor	115	163	251	351	476	471	484	477	363	233	168	121	366
Esna	118	148	232	321	419	447	458	440	327	180	135	102	333
Assuan (Danim)	139	182	288	378	486	525	530	515	450	276	177	124	407
<i>7. Rotes Meer und Randgebiet</i>													
Tor	78	78	96	126	158	177	208	192	126	81	72	62	145
Qoseir	87	96	108	120	155	174	173	183	150	96	78	78	150
Dädalus	71	70	74	78	84	85	112	115	81	60	63	62	96
(Dädalus t 14h = Max.)	78	79	84	84	93	90	120	121	87	62	66	65	103
<i>8. Oasen in Oberägypten</i>													
Kharga	105	134	214	285	381	387	462	465	318	202	135	99	319
Dakhla	108	137	216	291	394	427	440	425	345	201	141	96	322

Summe der einzelnen Tageswerte des Sättigungsdefizites von 14^h, dividiert durch die Zahl der Monats-tage, berechnet wird. Dieser Unterschied ist klima-abhängig. Er beträgt über alle Monate des Jahres für Mitteleuropa 9 %, für Kairo aber nur 2 %. Diese Beziehung ist sehr streng. Die Größe der Differenz beruht auf dem Grad der Veränderlichkeit des Wetters. Bei der Geringfügigkeit des Unterschiedes für Kairo bei nur 2 % wurden jedoch die hier aus den Monats-mitteln berechneten Werte nicht korrigiert, zumal nicht feststeht, inwieweit die Differenz sich nach Norden zu etwas vermehrt und nach Süden hin verringert.

Es ist zu erwarten, daß z. B. bei der Meßstelle Dä-dalus auf einem Riff inmitten des Roten Meeres auf 25° Breite und 36° Länge und bei einem mittleren täglichen Gang der Temperatur von nur 4° diese Dif-ferenz von 1,3° zu groß ist. Es wurde daher für D. auch der Wert berechnet, der sich ergäbe, wenn die 14^h-Temperatur gleich dem Tageshöchstwert wäre. Im ersteren Fall wird eine Jahressumme der pot. Evapo-ration von 960 mm erreicht, im zweiten von 1030 mm, also eine Differenz von 7 %. Der richtige Wert dürfte dazwischen liegen bei etwa 1010 mm, sofern unter derartigen extremen Bedingungen die Koeffizienten die gleichen bleiben, was zu erwarten ist, trotzdem aber noch zu prüfen wäre (Tab. 1).

Die Berechnung der pot. Verdunstung sei an Hand eines Beispiels durchgeführt. Aus den Climatological Normals (15) wurde für Giza und den Monat Juli das mittlere tägliche Maximum und die mittlere rel. Feuchte von 14^h entnommen und in folgender Tabelle unter 1. und 3. eingetragen.

<i>Juli</i>	
1. t mittleres tägl. Maximum	= 35,6°
2. Korrektur auf 14 ^h -Termin = -1,3	= 34,3°
3. f rel. Feuchte 14 ^h	= 31 %
4. e gemäß 2. Sättigungsdampfdruck	= 40,6 mm
5. e gemäß 2. und 3. Dampfdruck 14 ^h	= 12,6 mm
6. Sättigungsdefizit 14 ^h (E—e)	= 28,0 mm
7. × 0,37 = mittl. pot. Evaporation	= 10,4 mm
pro Tag	
8. × 31 = pot. Evaporation	= 320 mm
pro Monat	
9. gemessen 1957	= 310 mm
10. Differenz 8.—9.	= +3 %

Bei Kairo lag 1957 der aus dem täglichen Sättigungsdefizit von 14^h berechnete Jahreswert um 3 % niedriger als der gemessene. Die Monatswerte wichen im Mittel um ± 5 %, im extremen Fall (Februar) um 9 % ab. In Mitteleuropa wurden — bei der Agrar-meteorologischen Beratungsstelle Braunschweig-Völ-kenrode (KORTE, 10) — Vergleiche durchgeführt, bei denen während Blattschluß und vorhandenem Wasser-vorrat im Boden von 50 bis 90 % der nutzbaren Ka-pazität die potentielle Evapotranspiration durch Bodenfeuchtemessungen inmitten großer Felder lau-fend bestimmt wurde. Es zeigte sich hier bei den 15 Meßreihen aus den Jahren 1954 bis 1957 im Mit-tel eine Abweichung von ± 5 % von den aus Tages-werten des Sättigungsdefizites 14^h mit Hilfe der vor-her erwähnten Koeffizienten berechneten Zahlen bei zwei extremen Abweichungen von + 12 % und — 12 %.

Wie erwähnt, ist es nicht gleichgültig, ob die Meß-stelle inmitten ausgedehnter Ackerflächen liegt oder am Rande der Wüste (Abb. 2). Bei Kairo stand die eine Meßstelle auf dem Gelände einer Farm am Rande von Giza. Zum Vergleich wurden die Klima-daten von zwei anderen Stationen herangezogen, die außerhalb der Ackerbauzone auf Wüstenboden errich-tet waren. Die eine befindet sich auf dem Gelände des Flugplatzes Almaza bei Kairo, nicht zu weit von den nächsten Feldern entfernt, aber 50 m höher gelegen als diese. Bei der anderen handelt es sich um die Mes-sungen beim Geophysikalischen Observatorium bei Heluan, das etwa 2,5 km vom Niltal entfernt und 90 m höher als dieses liegt. Zwischen diesen drei Stel-len unterscheiden sich die Tageshöchsttemperaturen und damit wohl auch die 14^h-Werte kaum. Die Feuchtwerte liegen jedoch über der Wüstenrandzone niedriger. Das bewirkt für Almaza einen um 8 % und für Heluan einen um 13 % höheren Betrag der poten-tiellen Evaporation als den für Giza errechneten.

Ähnlich sind die Verhältnisse bei Suez. Die eine Station ist direkt an der Hafenspitze von Port Tew-fik errichtet, also weitgehend vom Wasser umgeben. Die andere liegt an der Wüstenrandzone zum Kanal und hat daher einen um 11 % höheren Wert.

Nicht so ohne weiteres zu erklären ist der relativ große Unterschied an den beiden Stationen in Luxor und Qena zu den beiden anderen sie im Norden und Süden umgebenden Meßstellen in Nag Hamadi und Esna. Wird von jedem dieser Stationspaare das Mit-tel gebildet, um evtl. einen Einfluß der Breite auszu-gleichen, so liegen die Werte von Luxor und Qena um 18 % höher (Abb. 4). Dieser Unterschied ist groß. Auffallend ist, daß Luxor und Qena gemäß den mitt-leren Höchsttemperaturen jeweils um 3° wärmer sind, während die rel. Feuchte annähernd gleiche Werte er-gibt. Da aber die Zahlen für Nag Hamadi und Esna besser zu den übrigen Angaben passen, erscheinen auf Grund wohl örtlicher Bedingungen die Messungen der Stationen Qena und Luxor nicht direkt vergleich-bar.

3. Die Verteilung der potentiellen Evaporation über Kulturland bzw. in der Wüstenrandzone

Die potentielle Evaporation nimmt von Norden nach Süden zu, und zwar im Sommer stärker als im Winter. In der Nähe der Küste ist der jährliche Gang gering (Abb. 3). Denn in der heißen Zeit des Sommers herrschen hier die Seewinde noch bei weitem stärker vor als in den übrigen Jahreszeiten, so daß das eigent-liche Maximum der pot. Evaporation mit 70 mm im Monat auf den April und Mai fällt und das Minimum auf den Januar. Mit einiger Entfernung von der Küste im Ackerbaugelände des Niltales erhöht sich der Be-trag vor allem im Sommer, so daß in 30 km Abstand im Juni, Juli, August schon der doppelte Wert erreicht und überschritten wird.

Dieser Einfluß der vorherrschenden nördlichen Luft-strömung vom Mittelmeer mit ihrer stärkeren, binnen-wärts rasch abnehmenden Bewölkung kommt noch mehr zum Ausdruck, wenn man die pot. Verdun-stungswerte in Abhängigkeit von der Entfernung vom Mittelmeer betrachtet. Erst allmählich geht dann die

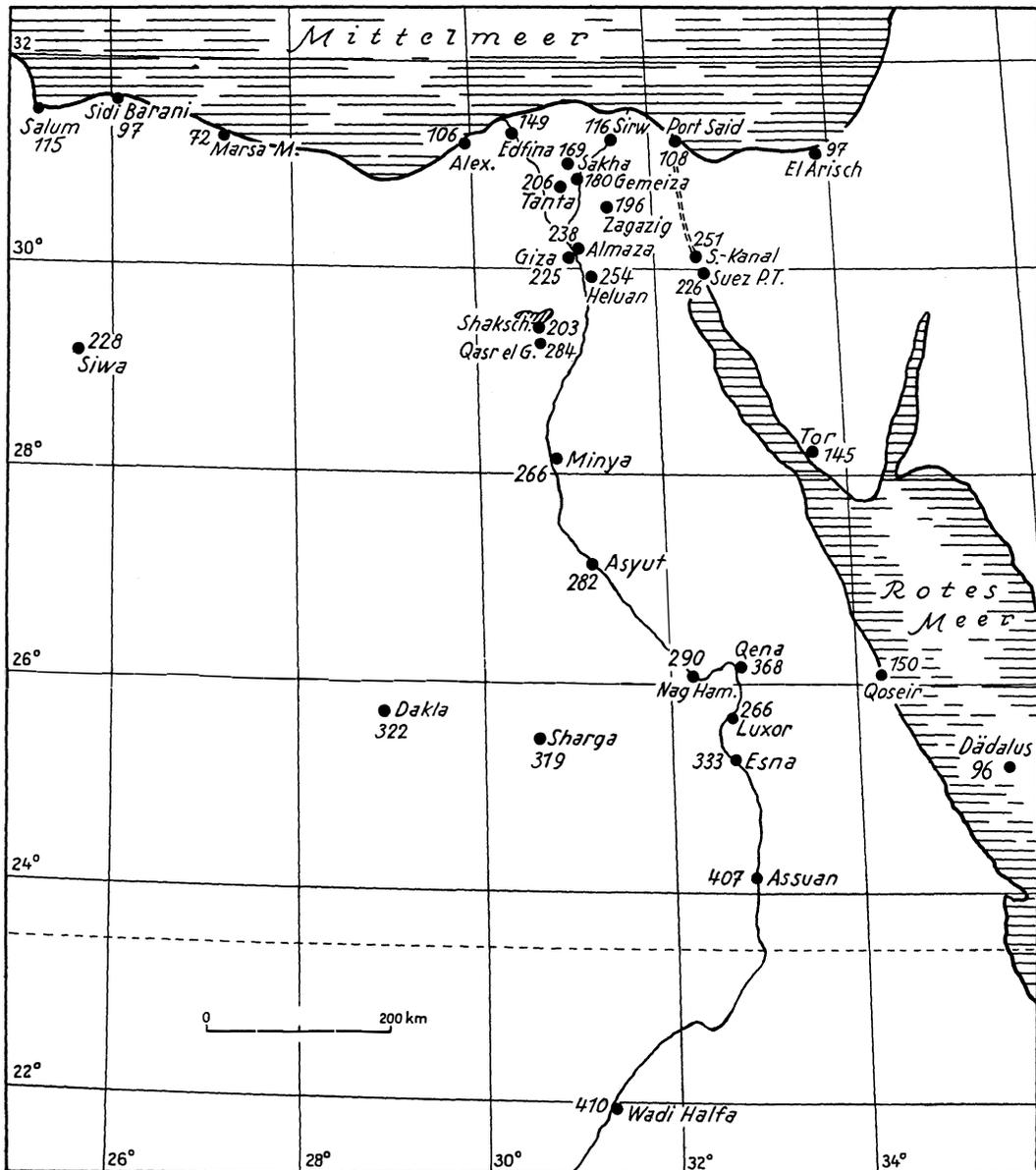


Abb. 2: Verteilung der Jahressummen der pot. Verdunstung in cm.

zunächst große Zunahme der pot. Evaporation in eine reine Abhängigkeit von der geogr. Breite über (Abb. 4). Die Stationen im Ackerbaugelände des Deltas zeigen mit zunehmendem Abstand vom Meer einen anfangs sehr schnellen Anstieg der potentiellen Daten, der sich dann verlangsamt, bis vom Beginn des Nildeltas bei Kairo unter nun weiter nach Süden ähnlich bleibenden landschaftlichen Verhältnissen einer schmalen Ackerbauzone eine lineare Zunahme von ~ 200 mm auf 100 km einsetzt.

Wie schon erwähnt, weisen Stationen wie Almaza, Heluan und auch Assuan, da in der Wüstenrandzone gelegen, höhere Werte auf als benachbarte im Ackerbaugelände des Nildeltas. In Abbildung 4 sind diese

Werte durch eine gestrichelte Linie verbunden als Darstellung des Verlaufes der wahrscheinlichen pot. Verdunstung in der Randzone der Wüste. Die Angaben für Gena und Luxor sind zweifelhaft, da auch die örtliche Lage der Stationen unbekannt ist. Die pot. Verdunstungssumme von Wadi Halfa, als nördlichste Beobachtungsstelle im Sudan an der ägyptischen Südgrenze auf Kulturland, wie die von den drei Oasenstationen Charga, Dakla und Siwa passen sich gut den geschilderten Verhältnissen an. Etwa 250 km südlich von Wadi Halfa wird dann das absolute Maximum der pot. Werte erreicht.

Der größte Betrag der pot. Evaporation in Ägypten wurde bei Assuan, der südlichsten Meßstelle auf

Wüstengelände, bei auch das ganze Jahr über vorherrschenden nördlichen Winden mit rund 400 cm im Jahr bestimmt. Diese Jahressumme, welche immer feucht gehaltener Erdboden abgeben würde, ist nicht gleichzusetzen mit der durch Evaporation verlorenen Was-

Stausees den Feuchtigkeitsgehalt der Luft leewärts steigern und somit das Sättigungsdefizit wie die pot. Evaporation gegenüber dem Wert bei der Klimastation vermindern, ähnlich wie das am Beispiel Kairo-Heluan gezeigt wurde. Um wieviel ist schwer ohne jegliche örtliche Messungen zu sagen. Wahrscheinlich um 15—20 %.

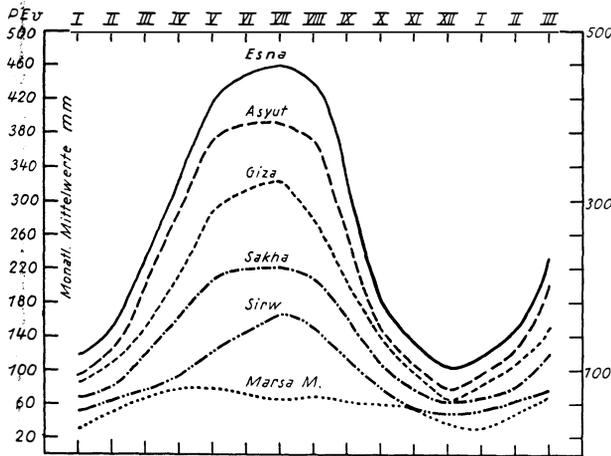


Abb. 3:

Jahresgang der pot. Verdunstung bei einzelnen ausgewählten Stationen.

Die geringste Jahressumme fand sich mit 72 cm bei Marsa Matruh an der Mittelmeerküste. An einzelnen Stellen dieses Küstengebietes liegt der höchste Monatswert der pot. Evaporation gemäß dem Einfluß der Windrichtung entweder am Ende des Frühjahrs, wie in Sidi Barani und Marsa Matruh, oder bei den östlich davon gelegenen Küstenstationen von Alexandria bis El Arish im August (September). El Arish weist auch ein sekundäres Maximum im Mai auf. Im mittleren Delta hat der Juni den Höchstwert. Weiter südwärts verschiebt sich das Maximum auf den Juli und zum Roten Meer (Westküste) hin auf den August. Der Monatsstiefstwert liegt fast überall entsprechend den Werten der geringsten Strahlungsbilanz im Dezember.

sermenge des Stausees, etwas weiter südlich von der Meßstelle gelegen. Es wird auch hier die immer potentiell wasserabgebende, in ihrer Ausdehnung jahreszeitlich etwas schwankende rel. große Oberfläche des

Der geringste jährliche Gang der Monatswerte wird bei Marsa Matruh auf 31½° Breite als Küstenstation mit 47 mm gefunden und bei Dädalus als Inselstation auf 25° Breite mit 55 mm.

Die pot. Verdunstung steigert sich also gemäß Abbildung 3 von Kairo bis zum Südende der schmalen Ackerbauzone entlang des Nils zwischen Esna und Assuan um 50 %. Die hierfür benötigte zusätzliche Energie wird durch eine erhöhte Strahlungsbilanz, und zwar durch eine gesteigerte Globalstrahlung und durch eine verstärkte seitliche Advektion von der Wüste her zugeführt werden.

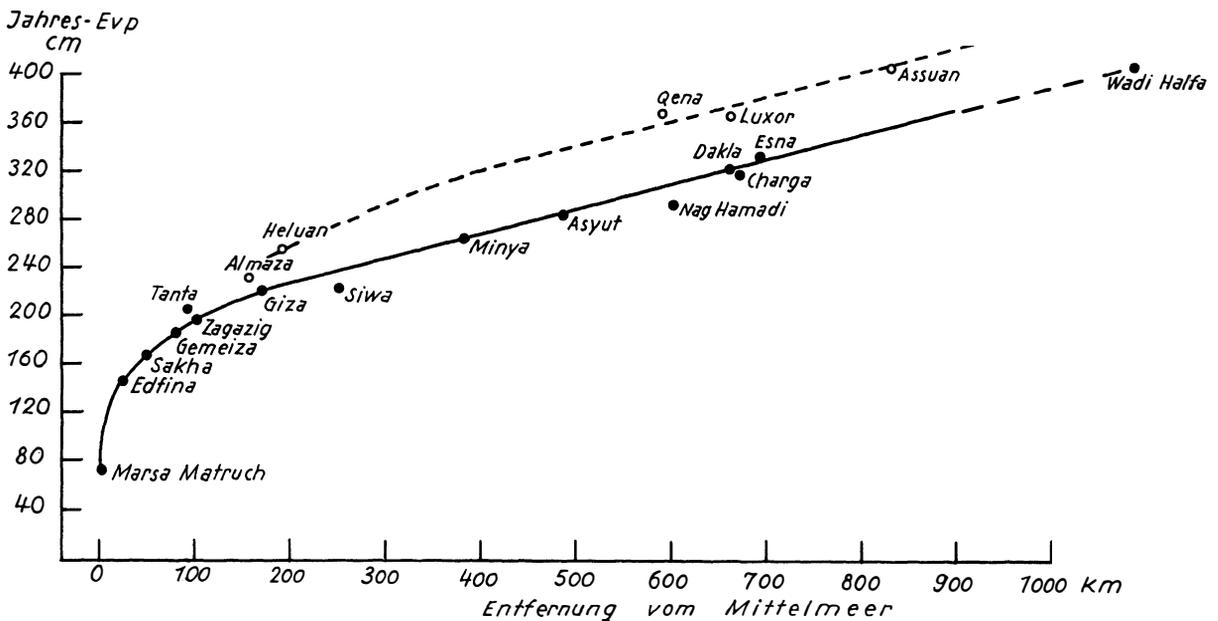


Abb. 4:

Zusammenhang zwischen der Jahressumme der pot. Verdunstung in cm und der Entfernung von der Küste des Mittelmeeres in km. Punkte: Stationen über Kulturland, Kreise: Stationen in der Wüstenrandzone.

4. Über den Wasserhaushalt in der Küstenzone

Ein besonderes Interesse verdienen die Verdunstungsverhältnisse in der Küstenzone am Mittelmeer, wo auf der Sohle flacher Mulden mit Hilfe der Winterregen Getreide- und Futteranbau betrieben wird. Für eine schematische Darstellung des durchschnittlichen Verhaltens der Wasserbilanz sollen die Beobachtungsangaben für Marsa Matruch in den Climatological Normals (15) als Unterlage dienen.

Nennenswerte Regenfälle setzen hier allgemein im Oktober ein und enden regelmäßig im März. In diesem Zeitintervall fallen im errechneten Durchschnitt 150 mm an 20 Tagen mit Niederschlag ≥ 1 mm. Es wird nun angenommen, daß der Niederschlag gemäß der für die Monate angegebenen Zahlen wohl verteilt gefallen sei, also im Oktober 1 Tag mit 12 mm, im November 3 Tage mit je 8 mm, im Dezember und Januar je 5 Tage mit je 6 bzw. 8 mm, im Februar 4 Tage mit je 6 mm und im März 2 Tage mit je 6 mm.

Ein der Zeit und Menge nach wohl verteilter Niederschlag erhöht die mögliche Evaporation, ist also relativ ungünstig. Wenige, dafür stärkere Niederschläge vergrößern daher bei vorherrschender „Evaporation“ den Wasservorrat im Boden. Nach jedem dieser Regentage ist am ersten Tage die Evaporation \sim potentiell. Sie sinkt dann zunächst rasch zu kleineren Werten ab. Dies geschieht aber um so langsamer, je weiter die Kultur fortschreitet, bis schließlich mit Blattschluß, hier ab 1. Januar gerechnet, immer potentielle Werte anzusetzen sind, wenn noch genügend aufnehmbare Feuchtigkeit im Boden vorhanden ist und damit günstige Wachstumsbedingungen vorliegen. Als mittlere monatliche potentielle Verdunstung wurde für die zweite Hälfte Oktober mit einem täg-

lichen Wert von 1,9 mm, für November mit 1,8 mm, für Dezember mit 1,4 mm, für Januar mit 1,0 mm, für Februar und für März mit 2,0 mm gerechnet.

Es wird angenommen (Abb. 5), daß am 15. Oktober 12 mm gefallen sind. Dann war am 31. noch $3\frac{1}{2}$ mm des Wasservorrates zusätzlich im vorher trockenen Boden vorhanden. Dieser erhöhte sich bis Ende November bei 3 Regentagen mit je 8 mm auf beinahe 6 mm. Der Vorrat hielt sich bei 5 Regentagen zu je 6 mm im Dezember auf der gleichen Höhe und steigerte sich im Januar bei 5 Regentagen zu je 8 mm, trotz nun wirksam gewordener pot. Evapotranspiration, auf 15 mm. Im Februar jedoch, bei 4 Regentagen zu je 6 mm, nahm der Wasservorrat bei nun fast doppelt so hoher pot. Evapotranspiration auf 0 gegen Mitte des Monats ab. Jetzt würden gemäß dieser schematischen Rechnung die Pflanzen nicht mehr transpirieren können. Ihr Wachstum würde begrenzt sein. In Wirklichkeit treten aber Beschränkungen der Transpiration schon viel eher ein und damit auch bei der Pflanzenentwicklung. Eine im gleichen Sinne weiter betätigte schematische Rechnung würde Ende Februar ein Niederschlagsdefizit von fast 20 mm ergeben. Sie würde im März bei 2 Regentagen zu je 6 mm das Defizit bis Mitte des Monats auf 40 mm anwachsen lassen und auf nahezu 70 mm am Ende des Monats (Abb. 5). In Wirklichkeit kann natürlich eine Bilanzkurve nicht die 0-Linie unterschreiten.

Es fehlen also, um bis Ende März eine Futterausaat im Herbst voll im Wachstum zu erhalten, mindestens rund 60–70 mm.

Es gibt regenreiche Winter wie 1956/57, in denen dieses Defizit fast vollständig durch Regen gedeckt wird, aber auch andere regenärmere Jahre, in denen es noch größer ausfällt. Eine von der hier angenommenen abweichende Verteilung der Niederschläge würde das Resultat nach der einen oder anderen Richtung etwas ändern. Würden z. B. 14 mm in der zweiten Oktoberhälfte an 8 Tagen zu je etwa 1,8 mm fallen, die in der obersten Bodenschicht festgehalten würden, so würde gegen Ende des Monats kein von den Pflanzen aufnehmbarer Wasservorrat im Boden zurückgeblieben sein. Es wäre alles wieder verdunstet, da immer nach einem derartigen Regen am ersten Tage eine feuchte Bodenoberfläche so gut wie potentiell Wasser verliert (Abb. 1).

Eine gleiche Bilanzrechnung wurde an Hand der täglichen Meßwerte des Niederschlages für den Winter 1956/57 durchgeführt. Dieser regenreiche Winter erbrachte insgesamt 230 mm Niederschlag. Es wurden die gleichen mittleren Werte für die Verdunstung benutzt, da mir tägliche Werte der Temperatur und Feuchte nicht zur Verfügung stehen; nur im März wurde hier als potentielle Abgabe der sicher etwas zu große Wert von 3,0 mm pro Tag eingesetzt. Die starken Regenfälle Mitte Dezember brachten eine erhebliche Bevorratung des Bodens mit Wasser zustande (Abb. 5), die sogar größer sein konnte, als die Wasserkapazität des Bodens beträgt. Daher ist es wahrscheinlich, daß auch Wasser aus der Wurzelzone nach unten absickert und somit einer direkten Ausnutzung durch die Pflanzen verlorenging.

In diesem Winter hat der Regen allein ohne Zufluß von den Hangzonen der Mulde schon ausgereicht, um

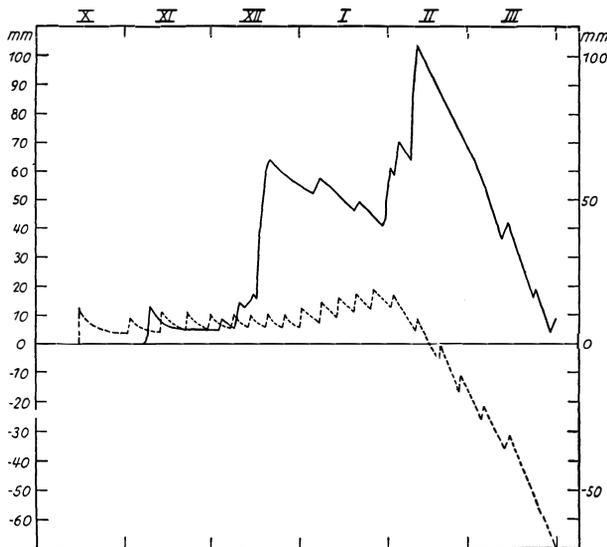


Abb. 5:

Schematisch berechneter Wasserhaushalt (Bilanz von Niederschlag und Verdunstung) von Ackerland in der Winterregenzone des Küstengebietes bei Marsa Matruch in der Zeit von Oktober bis März auf Grund a) der klimatischen Mittelwerte — gestrichelt —; b) der täglichen Niederschlagswerte von 1956/57 — ausgezogen —.

das vorher berechnete Defizit in den Anbauzonen der Muldensohlen voll zu decken. Der Niederschlagsreichtum bewirkte außerdem, daß weite Flächen der an die Steppenlandschaft der Küste angrenzenden Wüste im ersten Teil des Frühjahres eine schütterere Pflanzendecke trugen, welche gute Weidemöglichkeiten boten.

Um in dem Küstenstrich landwirtschaftlichen Anbau regelmäßig mit Erfolg betreiben zu können, war man schon zu römischer Zeit bestrebt gewesen, auf irgendeine Weise für die kritische Zeit des Februar und März dem zum Anbau benutzten Boden mehr Wasser zuzuführen. Da das Land wellig ist, sind überall flache Mulden vorhanden, in denen vorwiegend der Getreideanbau betrieben wurde. In diese fließt bei kurzfristig auftretenden, stärkeren Regenfällen Wasser schon an und für sich von den meist kahlen und felsigen Randzonen zum Teil oberirdisch über Kalksteinflächen ab. Es erhöht im Becken den Bodenwasserhalt der Wurzelzone und kann bis in wasserführende tiefere Schichten absinken, aus denen es mittels Pumpen oder anderen Hilfsmitteln wieder gehoben wird. Das Regenwasser wurde damals an den unteren Hangzonen, besonders zum Meer hin, durch aufgeworfene kleine Dämme am schnellen Abfließen gehindert oder durch größere Dämme auf eine bestimmte Ackerfläche hingeleitet, um auch in regenarmen Jahren den Anbau weitestgehend aufrechtzuerhalten. Diese Anlagen werden heute wieder hergestellt und weiter ausgebaut.

Die Gesamtfläche solcher Mulden, begrenzt durch ihre Wasserscheiden möge sich zur Fläche der Muldensohle etwa wie 6 : 1 verhalten. Wenn also von nur 100 mm Regen, die in den Monaten Oktober bis Januar fallen, 10 mm über die Hangzonen abfließen und den Wasservorrat der oberen Bodenschicht in der Talsohle erhöhen, so ersetzen schon diese 60 mm die bei durchschnittlichen Niederschlagsverhältnissen fehlende Wassermenge bis nahezu Ende März. Meist entscheidet heute die Stärke der Regenfälle zum Beginn der winterlichen Vegetationsperiode über die Ausdehnung des jeweiligen Anbaues.

5. Zur Bestimmung der aktuellen Verdunstung in der Kulturzone des Nils

Angaben über Jahresbeträge der aktuellen Verdunstung kann man in Ägypten für das Bewässerungsgebiet des Nils nicht so ohne weiteres machen. Ihre Höhe hängt weitgehend von der Anzahl und der Verteilung der getätigten Bewässerungen über das Jahr ab. Bei Kairo wurde die aktuelle Jahresverdunstung auf Grund gemessenen Wasserverbrauches von Kulturen von der Einsaat bis zur Ernte und der Anzahl der Bewässerungen bis zu 1400 mm angenommen (9,8). Demnach ist bei Kairo um 64 % der pot. Verdunstung als aktuell anzusehen.

Um eine Übersicht über die Verteilung der Größe der aktuellen Verdunstung zu gewinnen und um ihre Gesamtmenge mit dem von hydrologischer Seite berechneten Betrag des für Bewässerung vom Nil insgesamt zur Verfügung gestellten Wassers zu vergleichen, wurde das Kulturland von Ägypten, bewässert vom Nil, zu 6,6 Millionen feddans = 2,18 Millionen ha gerechnet, so gut vorhandene Unterlagen es gestatten, summarisch in 9 Teilflächen entsprechend ihrem Abstand vom Mittelmeer aufgeteilt. Davon umfassen 5 mit je 0,3 Millionen ha das Nildelta bis Kairo (Nr. 1 die Zone an der Küste) und 4 mit je 0,32 Millionen ha Oberägypten mit Fayum bis etwas nördlich von Assuan reichend. Dann wurde, entsprechend dem jeweiligen mittleren Abstand vom Mittelmeer, mit Hilfe der aus Abb. 4 entnommenen mittleren Jahressummen der potentiellen Verdunstung für jedes dieser Stücke (Tabelle 2, Spalte 3) ihr Teilbetrag in Milliarden m³ bestimmt und auf gleiche Flächengrößen in % der Gesamtsumme berechnet (Tabelle 2, a).

Von den Hydrologen (ADDISON, 1) wird die durch die Staudämme geregelte durchschnittliche jährliche Wasserführung des Nils zu 84 Milliarden m³ angegeben, von denen etwa 40 Milliarden m³ für die Bewässerung abgezweigt werden und damit weitestgehend der Verdunstung unterliegen. Das sind 67 % der in der Tabelle 2 a angegebenen Summe der pot.

Tabelle 2 :

Zonen	Ackerfläche in Million. ha	mittlere pot. Verd. i. Jahr mm	Verdunstung in Milliarden m ³						
			a) potentielle			b) aktuelle			
			pro Fläche	pro 0,3 Mill.	%	% von der pot.	pro Fläche	pro 0,3 Mill.	%
Deltagebiet									
1	0,3	1200	3,6		6	80 =	2,9		8
2	0,3	1500	4,5		7	75 =	3,4		9
3	0,3	1650	5,0		9	71 =	3,6		10
4	0,3	1800	5,4		10	68 =	3,7		10
5	0,3	2000	6,0		11	66 =	4,0		11
Oberägypten									
6	0,32	2400	7,7	7,2	12	64 =	4,9	4,6	12
7	0,32	2500	8,0	7,5	13	62 =	5,0	4,7	12
8	0,32	2800	9,0	8,4	15	60 =	5,4	5,0	13
9	0,32	3200	10,3	9,7	17	58 =	6,0	5,6	15
			59,5		100		39,0		100

Verdunstung von rund 60 Milliarden m³. Es ergibt sich also ein annähernd gleicher Prozentsatz, wie er für die aktuelle Verdunstung bei Kairo mit 64 % bestimmt wurde.

Inwieweit durch Dränage dem Ackerland wieder entzogenes Wasser diese Menge von 40 Milliarden m³ vermindert, entzieht sich meiner Kenntnis. Dem Deltagebiet werden aber außer dem Nilwasser noch etwa 2 Milliarden m³ Wasser durch Regen zugeführt, was aber bei Unsicherheit der Daten an sich nicht berücksichtigt wurde.

Eine Angabe der aktuellen Verdunstung der 9 Flächenstücke mittels der angegebenen potentiellen Werte hat zur Voraussetzung, daß die Bodennutzung überall in ähnlicher Weise vorgenommen wird. In Oberägypten wird noch vielfach eine nur einmalige Überflutung im Jahr nach dem „basin system“ durchgeführt. Daher sinkt dort sicher die aktuelle Verdunstung unter 67 % der potentiellen Werte. Für das Deltagebiet kann ohne weiteres angenommen werden, daß im Bereich der Küsten- und Regenzone der Prozentsatz oberhalb 67 % liegt. Wo die potentielle Verdunstung an sich geringer ist, bleibt die Oberfläche eines Bodens länger feucht und verdunstet daher länger annähernd potentiell (Abb. 1).

Unter dieser Annahme, daß die Prozentwerte von 80 % an der Küste bis zu 55 % bei Assuan abnehmen, sind wieder für die 9 Flächenstücke die Zahlen bestimmt worden, die als Jahressummen ihrer aktuellen Verdunstung gelten können (Tabelle 2 b). Der Gesamtbetrag ergibt angenähert die vorher erwähnte Zahl von 40 Milliarden m³, die als Wasserspende des Nils angegeben war. Die aktuelle Verdunstung für gleiche Flächengrößen fällt auf diese Weise im südlichsten Flächenstück (Raum Sohag bis Assuan) doppelt so groß aus wie im nördlichsten in der Küstenzone, während die potentielle den 3fachen Betrag erreicht.

Dieser vorhandene erhebliche Unterschied in der potentiellen — wie auch aktuellen — Verdunstung ist u. a. von großer Bedeutung, besonders im Hinblick auf den Transpirationskoeffizienten (das Verhältnis: Transpiration zur erzeugten Trockensubstanz), also letzten Endes im Hinblick auf das Verhältnis von verbrauchtem Wasser durch Evapotranspiration während einer Vegetationszeit zum Ertrag. Da aber bei den von N nach S sich ändernden Strahlungs- und Temperaturverhältnissen im Süden wertvollere Kulturen besser gedeihen könnten als im Norden, wäre der Vergleich besser zwischen dem Verhältnis der mittleren jährlichen aktuellen Evapotranspiration zum durchschnittlichen jährlichen Reinertrag zu ziehen.

Literatur

1. ADDISON, H.: Land, water and food. London, Chapman & Hall (1955).
2. VAN DER BIJL, W.: The evapotranspiration problem First Contribution. Kansas Agricult. Exp. Station, Report, Contract No. Cwb. 8806 (1957).
3. CZERATZKI, W.: Bodenphysikalische Probleme des Bodenwasserhaushaltes. Landbauforschung Völkenrode, 4, 85 (1958).
4. DEACON, E. L.: Evaporation and the water balance. PRIESTLEY, C. H. B.: Arid Zone Research — X. SWINBANK, W. C.: Climatology, Reviews of Research, Unesco (1958).
5. GENTILI, J.: Die Ermittlung der möglichen Oberflächen- und Pflanzenverdunstung. Erdkunde 7, 81 (1953).
6. HAUDE, W.: Über nutzlose Evaporation verschiedener Böden in einem Trockenklima. Met. Rundschau 10, 124 (1957).
7. HAUDE, W.: Über die Verwendung verschiedener Klimafaktoren zur Berechnung potentieller Evaporation und Evapotranspiration. Met. Rundschau 11, 96 (1958).
8. HAUDE, W.: Verdunstung und Strahlungsbilanz in einem warmen Trockenklima. Met. Rundschau 12, 11 (1959).
9. HAUDE, W.: Über den Wasserverbrauch von Mais. Met. Rundschau 11, 179 (1958).
10. KORTE, W.: Klimatische Wasserbilanz. Landbauforschung Völkenrode 4, 90 (1958).
11. MATHER, J. R.: The measurement of potential evaporation. Publ. in Climatology 7, 1 (1954).
12. PENMAN, H. L.: Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc. (A) 193, 120 (1948).
13. THORNTWAITE, C. W.: An approach towards a rational classification of climate. Geograph. Rev. 38, 55 (1948).
14. THORNTWAITE, C. W.: A re-examination of the concept and measurement of potential evapotranspiration. John Hopkins University, Lab. of Climatology, Seabrook. Publ. in Climatology 7, 200 (1954).
15. Climatological Normals for Egypt. Meteorological Department, Cairo 1950.

ORIENTALISCHE HOHEITSSPRACHEN

Ein Überblick für die geographische Namengebung

HELMUT WEYGANDT

Seit dem Zweiten Weltkrieg hat sich das politische Bild von Asien und Nordafrika erheblich gewandelt und zwangsläufig auch eine neue Situation für die geographische Namengebung geschaffen. Bislang gibt es noch kein umfassendes Kartenwerk und keinen Atlas, die dieser Tatsache gebührend Rechnung tragen. Dabei ist das Bedürfnis, mit der politischen Neuordnung auch die veränderten Nomenklaturen zu berücksichtigen, für die Neuauflage oder Neuschaffung von Karten hochaktuell und seine Erörterung daher dringend geboten. Die Wichtigkeit gerade des geographischen Raums der orientalischen Hoheitssprachen mit ihrem zum größten Teil nichtlateinischen Alphabeten liegt auf der Hand; denn für die Karten von fast ganz Europa, von Amerika, Australien oder der Antarktis sind wesentliche Umstellungen in den offiziellen lateinischen Alphabeten nicht zu erwarten. Auch die Souveränisierung der französischen Besitzungen wird in Afrika südlich der Sahara vorerst keine Änderung der Namensschreibungen im Gefolge haben.

Bemerkenswert ist die Aufgeschlossenheit, mit der man in guten europäischen Kartenveröffentlichungen eine Neuorientierung anstrebt. Die offiziellen Umbenennungen von Namen, deren Wortlaut oder Schreibweise allzu offensichtlich an die vergangene Kolonialzeit erinnerte, haben sich auch in einfacheren Atlanten allmählich eingebürgert. Der Grund dafür ist ganz einfach in der Zunahme der internationalen Kontakte zu sehen. Es ist — das sei nebenbei bemerkt — aber um so erstaunlicher, daß sich in vielen Kartenwerken und Atlanten, die z. B. die neuen Namen Djakarta, Tiruchirapalli oder Kozhikoda und selbstverständlich die älteren Umbenennungen in Leningrad,