

Das Klima von Singapur

Mit 7 Abb. im Text und 10 Tabellen

SIMON NIEUWOLT, Singapur

English Summary

The most important feature of Singapore's climate is its seasonal uniformity, as shown by the monthly averages of temperature and precipitation. Two main factors are responsible for this: the low latitude (only 1° 20' North) and the very maritime situation of the town.

A more detailed analysis of monthly temperatures and precipitation records shows, however, that this seasonal uniformity exists only for temperatures. The precipitation (fig. 1) is much more variable, but since the variations come irregularly they do not show up in long-term averages. Therefore, monthly temperature and precipitation figures do not adequately characterize the seasons of Singapore's climate.

A much better method is to use the wind records (fig. 4). They clearly show the strong influence of the third main factor in Singapore's climate: the system of the South East Asian monsoons (fig. 5). Four seasons can be distinguished in Singapore on the basis of wind-conditions:

1. December to March, when Singapore is mainly under the influence of the North East monsoon,
2. March and April, an inter-monsoon period, when the "equatorial" calms move over Singapore on their way north,
3. May to September, when the main influence is the South West monsoon,
4. October and November, another inter-monsoon period, but shorter and less clearly defined than the one in March—April.

These seasons are also reflected in the daily cycle of precipitation (fig. 6), which shows an afternoon maximum during the North East monsoon season, but an early morning maximum during the rest of the year.

The daily cycle of temperatures shows almost no seasonal variation. As daily temperature variations are much larger than the seasonal ones, the daily temperature cycle is an important feature of the climate.

Physiological temperatures are indicated with the use of the Discomfort Index. On an average day the index varies between 74 and 82 and large departures from these values are rare.

Singapore's water balance, when based on long-term averages, shows water-surpluses throughout the year. But due to the large variability of the precipitation in individual years important water-deficits can occur, as is shown by the examples of the last three years (fig. 7).

Singapore's climate can best be summarized as an equatorial, humid climate with a strong influence of the monsoonal circulation over South East Asia.

Acknowledgements

The author gratefully acknowledges the assistance of Mr. POON PUAY KEE, Mr. JOSEPH ANG TECK CHIA and Mr. RICHARD TAN Ah TEE, draughtsmen at the Department of Geography, University of Singapore, who drew the illustrations for this article.

Thanks are due to the DIRECTOR, Malayan Meteorological Service, Singapore, for the permission to use unpublished data about evaporation in Singapore and figures for 1963.

In the course of his Academic Exercise on "The Climate of Singapore Island" Mr. CHEN YEU CHONG collected the data for Tables 2 and 3 and for figures 2, 3 and 6. His permission to use these data in this article is gratefully acknowledged.



Einen ersten Überblick über das Klima von Singapur geben die langjährigen Monatsmittel der Temperatur und der Niederschläge, wie sie in den Tabellen 1 und 2 dargestellt sind. Dabei fällt zuerst die außerordentliche Gleichmäßigkeit des Klimas auf: die Niederschläge sind immer reichlich und die Temperaturen immer hoch. Der Unterschied zwischen dem kühlssten und dem wärmsten Monat beträgt nur 2° C. Die Unterschiede der Niederschläge sind zwar nicht unbedeutend, aber sie fallen dennoch nicht sehr ins Gewicht, da der trockenste Monat immer noch 167 mm Regenfall hat.

Für diese große Gleichmäßigkeit des Klimas ist an erster Stelle die niedrige Breitenlage verantwortlich. Mit einer Breite von nur 1° 20' Nord hat Singapur ein ausgeprochen äquoriales Strahlungsklima. Zweimal im Jahr, etwa am 25. März und am 19. September, steht die Sonne am Mittag genau im Zenith. Die niedrigste Höhe der Mittagssonne wird am 21. Dezember erreicht, sie beträgt aber immer noch 65°. Die Variation der Mittagssonnenhöhe im Laufe des Jahres beläuft sich also nur auf 25°. Dies bedeutet, daß nicht nur die Intensität der Sonnenstrahlung sehr hoch ist, sondern daß sie im Laufe des Jahres auch nur sehr geringen Schwankungen unterliegt. Im Gegensatz zu den höheren Breiten, wo die jahreszeitlichen Unterschiede der Intensität der Sonnenstrahlung durch die unterschiedliche Dauer des Tages noch verstärkt werden, ist dies am Äquator nicht der Fall: in Singapur beträgt der Unterschied zwischen dem längsten und dem kürzesten Tag des Jahres nur ganze 9 Minuten.

Diese Tendenz zur Gleichmäßigkeit des Klimas wird in Singapur durch einen zweiten Faktor verstärkt: die ausgesprochen maritime Lage der Stadt (Abb. 5). Singapur ist von Meeren umgeben und nur nordwestlich der Stadt dehnt sich eine größere Landmasse aus, die relativ schmale malayische Halbinsel. Aber da Luftströmungen aus dieser Richtung in Singapur ziemlich selten sind, ist es klar, daß Singapur fast immer von maritimen Luftmassen überweht wird. Diese erhalten ihre wesentlichen Merkmale, vor allem in den unteren Schichten, natürlich von den tropischen Meeren, über die sie gewandert sind. Die Meere um Singapur zeichnen sich nun durch annähernd gleiche Oberflächentemperaturen aus. Diese betragen etwa 26—28° C, und sie ändern sich im

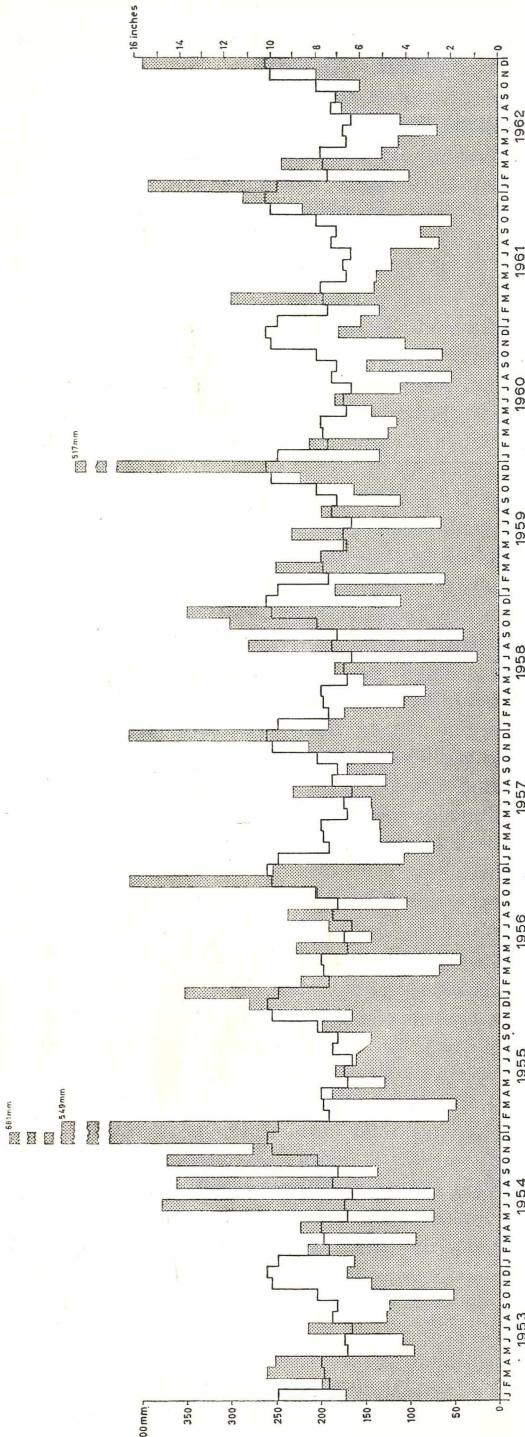


Abb. 1. Die monatlichen Niederschläge der Jahre 1953—1962 (Schummerung) verglichen mit den langjährigen Mittelwerten (Linie).

Laufe des Jahres fast nicht. Es sind tropisch-maritime Luftmassen mit ständig gleichmäßigen Temperaturen. Da sie über warme Meere gewandert sind, ist ihre relative Feuchtigkeit sehr hoch.

Die langjährigen Monatsmittel können aber leicht größere Unterschiede verdecken, wenn jahreszeitliche Schwankungen nicht jedes Jahr im gleichen Monat auftreten. Es wurden darum die Temperaturen und Niederschlagsmengen für die einzelnen Monate der zehn Jahre von 1953 bis 1962 mit den langjährigen Durchschnitten verglichen. Der Temperaturablauf ist Jahr für Jahr etwa der gleiche: die größte Abweichung vom langjährigen Durchschnitt in dem genannten Zeitraum beträgt nur 1° C (August 1962). Im ganzen ist der Unterschied zwischen dem kühlisten und dem wärmsten Monat in den genannten zehn Jahren auch nur ganze 3° C. Obwohl die Empfindlichkeit für Temperaturunterschiede bei Menschen, Tieren und Pflanzen in den Tropen bedeutend stärker ist als etwa in den mittleren Breiten, muß man diese jahreszeitlichen Schwankungen der Temperaturen doch als unbedeutend bezeichnen; dies besonders auch deshalb, weil sie den tageszeitlichen Temperaturschwankungen gegenüber vollkommen zurücktreten.

Der Tagessgang der Temperaturen zeigt im Laufe des Jahres nur sehr geringe Schwankungen (Tabelle 3). Verglichen mit den jahreszeitlichen Unterschieden sind die tageszeitlichen jedoch sehr bedeutend. Sie bestätigen den alten Ausspruch, daß „die Nächte der Winter der Tropen“ seien. Auffallend ist das rasche Ansteigen der Temperaturen in den Vormittagsstunden. Dies wird verursacht durch die schon kurz nach Sonnenaufgang (6,45 h) recht intensive Sonnenstrahlung. Da der Tagbogen der Sonne immer hoch am Himmel reicht, steigt die Sonne fast senkrecht über den Horizont und erreicht deshalb bald größere Höhen. Aber gegen Mittag bilden sich die ersten Quellwolken und die Sonnenstrahlung wird erheblich reduziert (Tabelle 4). Die Temperaturen steigen daher nicht weiter an und das tägliche Temperaturmaximum liegt meistens um die Mittagsstunde. Bedingt durch die stärkere Bewölkung fallen die Temperaturen am Nachmittag sogar ein wenig. Das langsame Absinken der Temperaturen dauert während der ganzen Nacht an und das tägliche Temperaturminimum wird meistens etwa eine Stunde vor Sonnenaufgang erreicht.

Plötzliche, unregelmäßige Temperaturrückgänge kommen vor allem bei Gewittern vor. Diese Temperaturfälle können bis zu 7° C betragen (gemessen in Singapur am 8. Dezember 1963), was für dieses Klima ein ganz gewaltiger Betrag ist. Die Gewitter sind überhaupt ein sehr markantes Merkmal des Klimas. Im Durchschnitt gibt es etwa 486 Gewitter im Jahr. Sie sind meistens von sehr starken Regengüssen begleitet. Diese haben immer einen sehr lokalen Charakter [WATTS 1955 b, S. 57/8], das heißt sie sind auf relativ kleine Gebiete beschränkt. Die Intensität der Regenschauer ist aber sehr hoch: sie kann selbst bei einstündiger Dauer noch 2,1 mm betragen, entsprechend einer maximalen Stundenmenge von 126 mm. Mengen von 180 mm in 6 Stunden sind gleichfalls schon vorgekommen. Diese Sturzregen verursachen oft Überschwemmungen und Rutschungen, das Relief der tropischen Gebiete zeigt überall ihre Spuren. Neben den Temperaturfällen sind die Gewitter auch oft von starken Windstößen begleitet; sie bringen daher eine große Abwechslung in einem so gleichmäßigen Klima.

Das Diagramm der Niederschläge (Abb. 1) zeigt aber ein ganz anderes Bild: die Abweichungen vom langjährigen Durchschnitt sind viel bedeutender und unregelmäßiger. Im langjährigen Durchschnitt fällt zum Bei-

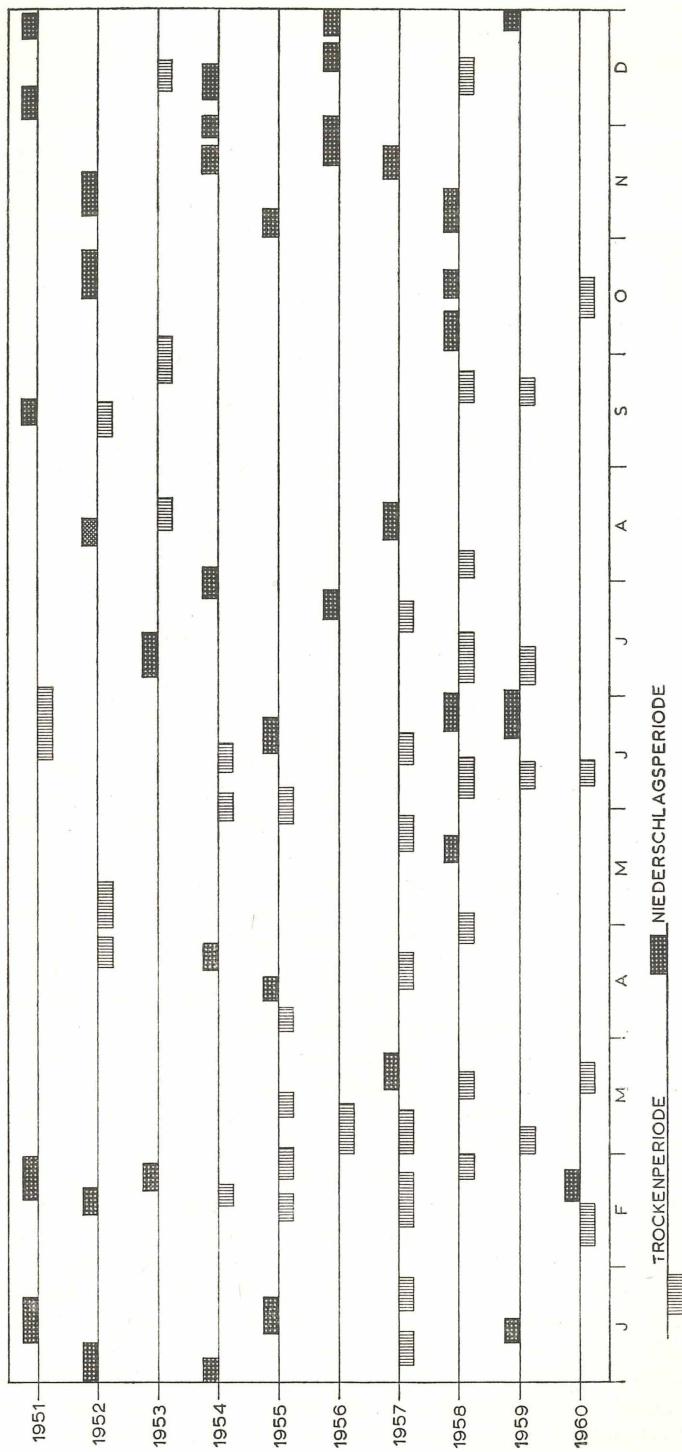


Abb. 2. Trocken- und Niederschlagsperioden von mehr als sieben Tage Dauer in den Jahren 1951—1960.

spiel das Niederschlagsmaximum in die vier Monate Oktober bis Jänner und beträgt 977 mm. In den letzten zehn Jahren aber blieb dieses Maximum einmal ganz aus (1953/54, totale Niederschläge in den genannten vier Monaten nur 528 mm); ein anderes Mal kam es sehr verspätet, nämlich erst im März (1960/61, totale Niederschläge Oktober bis Jänner nur 500 mm); und dreimal war das ganze Maximum nur auf einen Monat beschränkt (1956/57 auf den November, 1957/58 auf den Dezember, 1959/60 auf den Dezember, allerdings mit einer kolossalen Menge von 517 mm in diesem einen Monat). Ein „normales“ Maximum gab es daher nur in fünf von den letzten zehn Jahren.

Es dürfte, nach mitteleuropäischen Verhältnissen gemessen, etwas übertrieben erscheinen, Monate mit weniger als 100 mm Niederschlag als *Trockenmonate* zu bezeichnen. Jedoch ist in einem heißen Klima wie dem von Singapur der Wasserbedarf viel höher als z. B. in Wien und die gemessene monatliche Verdunstung schwankt etwa zwischen 125 und 170 mm (Tab. 6). Es erscheint daher berechtigt, Monate mit weniger als 4% der Jahressumme (= 100 mm) als Trockenmonate zu benennen. In den zehn Jahren von 1953 bis 1962 gab es nun in Singapur nicht weniger als 22 solcher Trockenmonate. Diese verteilten sich außerdem fast auf jede Jahreszeit, denn nur die Monate November, Dezember und Jänner blieben in diesem Zeitraum immer über der 100 mm Grenze. Aber auch für jeden dieser drei Monate war der Unterschied wenigstens einmal sehr gering: November 1960 mit 105 mm, Dezember 1958 mit 110 mm und Jänner 1957 mit 107 mm. Die Niederschlagsmengen lagen also sehr nahe an der Trockengrenze.

Längere *Trockenzeiten*, bestehend aus mehreren Monaten mit je unter 100 mm Regen nacheinander, sind in Singapur selten. Trotzdem aber kamen sie in den genannten zehn Jahren immerhin dreimal vor: August—Oktober 1961 (drei Monate mit insgesamt nur 206 mm), Februar—März 1955 (zwei Monate mit insgesamt 106 mm) und März—April 1956 (zwei Monate mit insgesamt 111 mm Niederschlag).

Noch deutlicher zeigt sich der unregelmäßige Charakter der Niederschläge in Singapur, wenn man nicht ganze Monate, sondern kürzere Perioden betrachtet. Abb. 2 zeigt die Trocken- und Niederschlagsperioden in den Jahren 1951 bis 1960. Als *Trockenperiode* bezeichnen wir einen Zeitraum von wenigstens 7 aufeinanderfolgenden Tagen, wobei an jedem Tag weniger als 0,25 mm (0,01 Zoll) Niederschlag gemessen wurden. Eine *Niederschlagsperiode* besteht aus 7 oder mehr aufeinanderfolgenden Tagen mit mehr als 0,25 mm Regen pro Tag. Das Diagramm zeigt, daß Trockenperioden in den genannten zehn Jahren nur im Monat November fehlten, während Niederschlagsperioden in jedem Monat des Jahres auftraten.

Sogar bei einer Betrachtung der *Jahressummen* kommt die Veränderlichkeit der Niederschläge in Singapur noch deutlich zum Ausdruck (Abb. 3). In nur 40 von den dargestellten 93 Jahren wichen die Jahressumme um weniger als 10% vom langjährigen Mittelwert (2431 mm) ab. In 22 Jahren lag die Jahressumme um mehr als 10% über dem Mittelwert und in 31 Jahren fiel sie unter 90% des Mittelwertes. Deutliche langjährige Tendenzen oder Zyklen lassen sich nicht feststellen. Es ist aber auffallend, daß Singapur seit 1957 eine sehr trockene Periode erlebt. 1960 wurden nur 1563 mm Niederschlag gemessen; dies war damit das trockenste Jahr der gesamten Beobachtungszeit in Singapur. Auch 1963, mit einer Jahressumme von nur 1818 mm war wieder weit unter

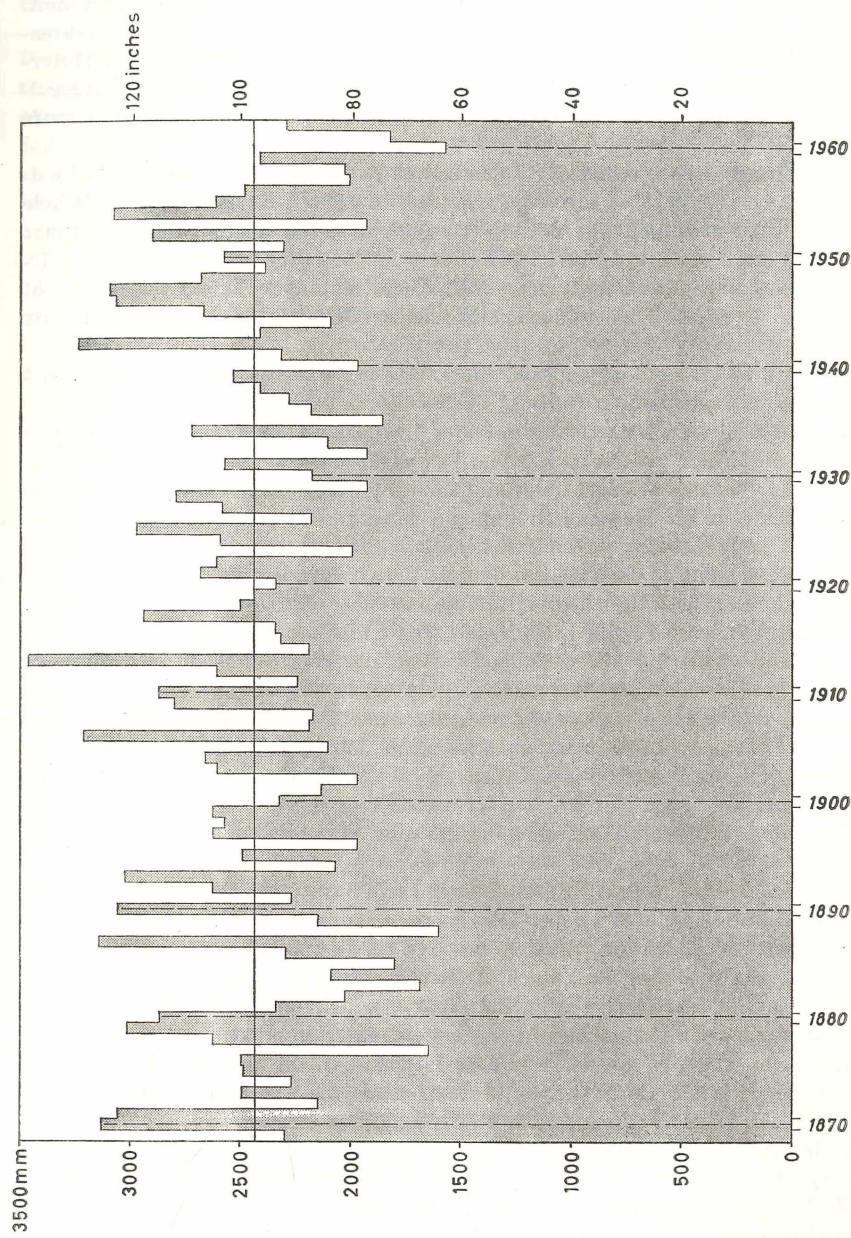


Abb. 3. Jährliche Niederschlagsmengen in Singapur 1868—1962.
Die horizontale Linie gibt die mittlere Jahressumme von 2431 mm an.

dem Durchschnitt. Dies erklärt, warum zuerst 1961 und jetzt wieder seit April 1963 eine Wasserrationierung in Singapur eingeführt werden mußte.

In den meisten tropischen und äquatorialen Klimaten werden die Jahreszeiten viel mehr von den Niederschlägen als von den Temperaturen bestimmt. Wie oben gezeigt wurde, ist dies auch in Singapur der Fall, denn die jahreszeitlichen Temperaturunterschiede sind unbedeutend. Die jahreszeitlichen Unterschiede der Niederschläge sind wohl bedeutend, sind jedoch andererseits so unregelmäßig, daß sie für eine klare Kennzeichnung des klimatischen Jahresverlaufs nicht ausreichen.

Ein weitaus besseres Bild der Jahreszeiten in Singapur ergeben die Windverhältnisse. Sie sind zusammenfassend in Abb. 4 dargestellt. Die Winde sind die direkten Folgen des dritten Hauptfaktors im Klima von Singapur: des Systems der ostasiatischen Monsune. Ursachen und Erscheinungen dieses enormen Systems von Luftströmungen brauchen hier nicht erörtert zu werden. Eine zusammenfassende Übersicht gibt PÉDELABORDE [1958].

Die Luftströmungen und die Luftmassengrenzen im Gebiet um Singapur sind in Abb. 5 (a, b, c, d) für die verschiedenen Jahreszeiten dargestellt. Der Begriff „Luftmasse“ hat in diesem Gebiet eine etwas andere Bedeutung als in den mittleren Breiten. Der Ursprung der Luftmassen ist nämlich von sehr geringer Bedeutung, da sie alle weite Strecken über tropische Meere zurücklegen bis sie nach Singapur gelangen. Wie schon erwähnt, werden sie dadurch grundsätzlich verändert. Sie sind alle warm und feucht und es ist oft sogar mit Hilfe des Wärme- und Feuchtegrades der höheren Luftsichten nicht mehr möglich, die Luftmassen über Singapur nach ihrer Herkunft zu identifizieren [JOHN 1950, S. 26]. Die Luftmassengrenzen wechseln ihre Lage oft sehr rasch und die auf den Karten angegebenen Positionen sind als breite Übergangszonen aufzufassen. Die Hauptbedeutung der Luftmassengrenzen liegt darin, daß sie Zonen der Konvergenz sind. Das Zusammenströmen verschiedener Luftmassen führt zu aufsteigenden Luftbewegungen und damit zu ergiebigen Steigungsregen. Diese fallen in breiten Zonen beiderseits der Luftmassengrenze.

Nach den Windverhältnissen gibt es nun in Singapur vier Jahreszeiten:

1. In den Monaten von Dezember bis März überwiegen nördliche und nordöstliche Winde. Die Karte für Jänner zeigt, daß Singapur sich in diesen Monaten im Bereich des Nordostmonsuns befindet. Die Luftmassen, die in dieser Zeit nach Singapur gelangen, stammen ursprünglich von Sibirien. Sie waren also sehr kalt und trocken, aber auf der Reise nach Singapur wurden sie weitgehend umgewandelt. Allerdings ist der Weg über das Südchinesische Meer relativ kurz und es ist daher nicht erstaunlich, daß diese Luftmassen oft kühler in Singapur eintreffen als die aus anderen Richtungen. Der Unterschied ist nur klein, etwa $1\frac{1}{2}^{\circ}$ C, aber er genügt zur Erklärung der etwas niedrigeren Temperaturen in diesen Monaten (Unterschied zu den restlichen Monaten im langjährigen Durchschnitt gleichfalls etwa $1\frac{1}{2}^{\circ}$ C) [JOHN 1950, S. 24/25]. Wenn diese Luftmassen in Singapur ankommen, ist ihre relative Feuchtigkeit sehr hoch: nahe an der Erdoberfläche beträgt sie ungefähr 90%, in etwa 4000 m Höhe immer noch 75% [JOHN 1950, S. 25]. Über Singapur werden diese Luftmassen durch Relief und Konvektion zum Aufsteigen gezwungen. Sie ergeben reichliche Niederschläge, die sich in dem schon erwähn-

ten Niederschlagsmaximum in diesen Monaten äußern. Der Nordostmonsun dauert etwa bis Mitte März, dann beginnt allmählich die nächste Jahreszeit. Der Übergang ist langsam und unregelmäßig und verschiebt sich von Jahr zu Jahr um mehrere Wochen.

2. Während des April befindet sich Singapur in einer Intermonsun-Periode. In dieser Zeit sind die Windrichtungen sehr wechselnd. Im März treten oft noch Ausläufer des sich langsam nach Norden zurückziehenden Nordostmonsuns auf, im April ist das Bild klarer: Singapur befindet sich im Bereich der langsam gegen Norden vorrückenden „äquatoriale“ Kalmenzone. Entsprechend dem Namen sind die Windstärken bedeutend geringer: Im April zeigen 22% der Beobachtungen Kalmen an (Windstärke unter 1,6 km/h) und nur 3% der Beobachtungen ergeben Windgeschwindigkeiten über 19,2 km/h. In dieser Periode begegnen sich in der Nähe von Singapur Luftmassen aus drei verschiedenen Richtungen. Eine Luftmasse stammt ursprünglich aus Australien; sie ist mit dem Südostmonsun über Indonesien gekommen. Die zweite Luftmasse kommt vom Indischen Ozean; äquatoriale Westwinde, die ihren Ursprung wohl im Südostpassat des südlichen Indischen Ozeans haben, brachten sie nach Singapur. Die dritte Luftmasse strömt mit den letzten Ausläufern des Nordostmonsuns nach Singapur. Diese Luftmasse kann ihren Ursprung allein im asiatischen Kontinent haben, aber es ist auch möglich, daß eine Mischung mit Luftmassen aus dem nordpazifischen subtropischen Hoch stattgefunden hat.

In allen diesen Fällen sind die Luftmassen durch die langen Wege über die tropischen Meere um Singapur, verursacht durch die geringen Windgeschwindigkeiten, weitgehend modifiziert und einander so ähnlich geworden, daß es meistens unmöglich ist, sie genau zu identifizieren. Die Niederschläge in dieser Periode werden vor allem durch die Konvergenz der Luftmassen bedingt. Die schnellen Lageveränderungen der Luftmassengrenzen erklären die große Veränderlichkeit der Niederschläge von Jahr zu Jahr.

3. In den Monaten Mai bis September überwiegen in Singapur südliche und südöstliche Winde: Singapur befindet sich in dieser Zeit im Bereich des Südwestmonsuns. Südlich des Äquators hat die Luftströmung eine südöstliche Richtung, der Umschwung zur südwestlichen Richtung findet erst nördlich des Äquators statt und in Singapur schwenkt die vorherrschende Windrichtung etwa zwischen Südost und Süd. Die vom Südwestmonsun herangeführte Luftmasse stammt zum größten Teil aus Australien, wobei sie über Indonesien und den angrenzenden tropischen Meeren weitgehend verändert wurde. Die relative Feuchtigkeit ist sehr hoch, sie beträgt etwa 91% nahe zur Erdoberfläche, in 4000 m etwa 71% [JOHN 1950, S. 24]. Trotzdem sind die Niederschläge gerade in diesen Monaten oft überraschend gering (Abb. 1). Die Erklärung hierfür liegt in der Tatsache, daß die Niederschläge des Südwestmonsuns vielfach mit kurzlebigen Störungen verbunden sind [LAUTENSACH 1949]. Diese Störungen kommen mit dem Monsun, sie scheinen sich nahe dem Äquator vor allem über Landmassen zu entwickeln. Wahrscheinlich ist die starke Erhitzung der Landmassen am Tage genügend, um eine für die Bildung von Störungen notwendige Steigerung der Instabilität herbeizuführen. Da die Windgeschwindigkeiten stark wechseln, und die Wanderung der vom Südwestmonsun nach Singapur gebrachten Luftmassen sowohl über Meer als über Land erfolgt sein kann, wechselt die Zahl und Intensität dieser Störungen in Singapur sehr stark und damit auch die Menge der von ihnen

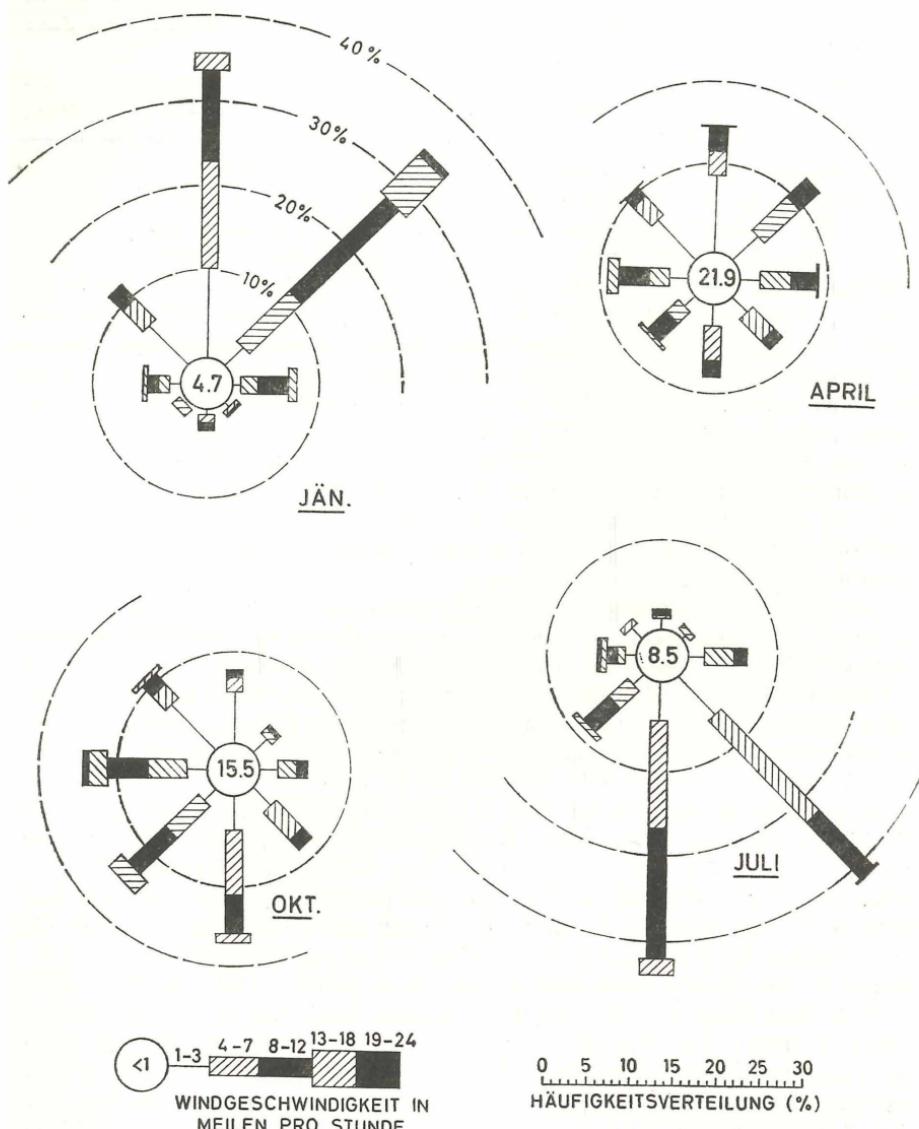


Abb. 4. Die Windverhältnisse von Singapur (Beobachtungsperiode 1931—1939). Die Geschwindigkeiten in Stundenmeilen entsprechen:

unter 1:	Beaufortskala 0,	unter 0.2 m/sec
1 bis 3:	Beaufortskala 1,	0.3 bis 1.5 m/sec
4 bis 7:	Beaufortskala 2,	1.6 bis 3.3 m/sec
8 bis 12:	Beaufortskala 3,	3.4 bis 5.4 m/sec
13 bis 18:	Beaufortskala 4,	5.5 bis 7.9 m/sec
19 bis 24:	Beaufortskala 5,	8.0 bis 10.7 m/sec

Höhere Windgeschwindigkeiten kommen in Singapur sehr selten vor, sie fallen daher in der Häufigkeitsverteilung der Beobachtungen weg.

erzeugten Niederschläge. Starke Störungen dieser Art entstehen oft über Sumatra. Sie wandern dann mit dem Südwestmonsun nach Malaya und bringen dort an der Westküste große Mengen Niederschläge. Die Störungen entstehen am Tag, erreichen daher Malaya in der Nacht und in den frühen Morgenstunden und werden durch Landbrisen, die die sehr instabilen Luftmassen zum Steigen zwingen, ausgelöst. Diese starken Störungen, lokal „*S um a t r a's*“ genannt, kommen in Singapur aber viel seltener vor, da die dorthin gelangenden Luftmassen eben doch nicht lange genug über Sumatra verweilten; sie haben vielfach ja nur die Ostküste von Sumatra gestreift.

4. In den Monaten *O k t o b e r* und *N o v e m b e r* befindet sich Singapur wieder in einer *I n t e r m o n s u n - P e r i o d e*. Der Unterschied zur Intermonsun-Periode des April ist aber deutlich: die „äquatoriale“ Kalmenzone ist jetzt viel schmäler, weniger deutlich ausgeprägt und sie scheint sich auch viel rascher zu bewegen, dieses Mal natürlich nach Süden. In den Oktober fallen nur $15\frac{1}{2}\%$, in den November nur 14% der Beobachtungen mit Windgeschwindigkeiten unter 1,6 km/h. Die Windrichtungen ändern sich, unregelmäßig und allmählich, von Süd über Südwest gegen Westen im Oktober, vom Westen nach Norden und Nordosten im November. Etwa ab Mitte November herrscht der Nordostmonsun wieder vor. In diesen zwei Monaten werden die Niederschläge wieder zum Großteil durch das Zusammentreffen der Luftmassen verursacht. Die südwestlichen und westlichen Winde im Oktober bringen aber auch „*S u m a t r a*“-ähnliche Störungen nach Singapur.

Die Jahreszeiten unterscheiden sich also in erster Linie durch die Windverhältnisse. Sie kommen aber auch in dem *T a g e s g a n g* der Niederschläge zum Ausdruck (Abb. 6). Bekanntlich kann man hinsichtlich des tageszeitlichen Rhythmus der Niederschläge zwei Haupttypen feststellen: der *m a r i t i m e T y p u s*, mit einem Maximum in den frühen Vormittagsstunden, und der *k o n t i n e n t a l e T y p u s*, mit einem Maximum am Nachmittag und Abend. Der sehr maritime Standort von Singapur läßt natürlich den maritimen Typus vorherrschen, aber in den Monaten des Nordostmonsuns (etwa November bis März) wird dieser vom kontinentalen Typus verdrängt. Es mag dies wohl dadurch erklärt werden, daß die vom Norden und Nordosten kommenden Luftmassen doch etwa 60 bis 150 km über Land (Malayische Halbinsel) zurückgelegt haben, bis sie Singapur erreichen. Die starke Erhitzung dieser Luftmassen über dem Land erzeugt eben das konvektionelle Nachmittagsmaximum der Niederschläge. Die aus allen anderen Richtungen nach Singapur kommenden Luftmassen treffen die Stadt aber direkt an der Küste. Auffallend ist auch das starke Vormittagsmaximum der Niederschläge im Oktober. Dies dürfte mit den oben erwähnten „*Sumatra*“-ähnlichen Störungen zusammenhängen. Die Luftmassen, die am Nachmittag über Sumatra stark erhitzt werden, treffen in den frühen Morgenstunden des nächsten Tages in Singapur ein.

Die *W a s s e r b i l a n z* des Klimas von Singapur zeigt sehr interessante Unterschiede, je nachdem man die langjährigen Monatsmittel oder die einzelnen Jahre betrachtet (Abb. 7, Tabellen 8—10). Für die langjährigen Monatsmittel wurden zwei Werte der Verdunstung berechnet. Die „*g e m e s s e n e V e r d u n s t u n g*“ basiert auf Messungen der Malayan Meteorological Service in den Jahren 1957 bis 1963. Diese wurden mit einem Verdunstungsmeßgerät mit einer Wasseroberfläche von $3,34 \text{ m}^2$ (36 square feet) festgestellt. Sowohl die bekannte Ungenauigkeit aller Verdunstungsmeßgeräte wie die relativ kurze Dauer der Beobachtungsperiode lassen meist begründete Zweifel

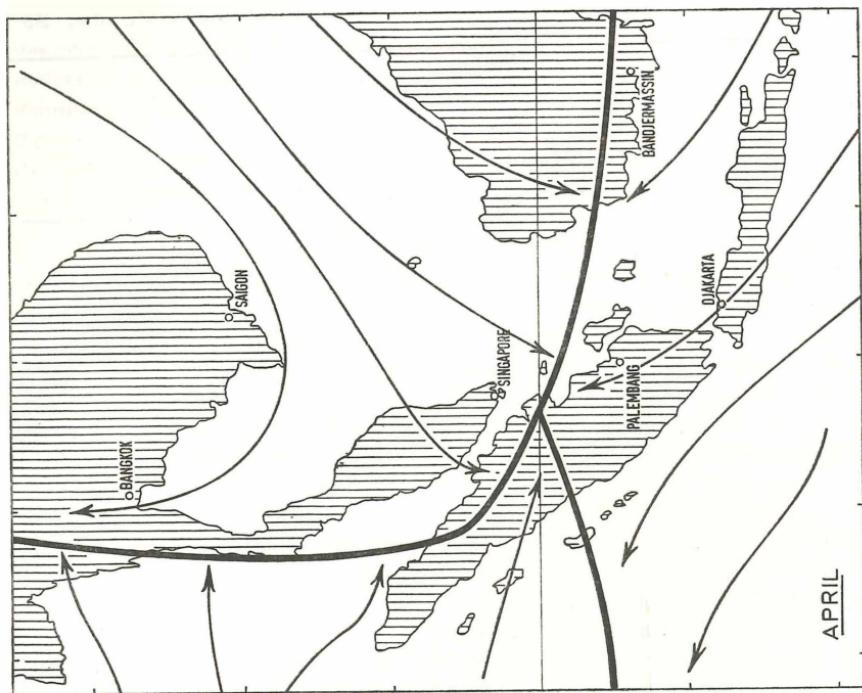


Abb. 5 a, b. Luftströmungen und Luftmassengrenzen im Gebiet um Singapur, Monate Jänner und April.

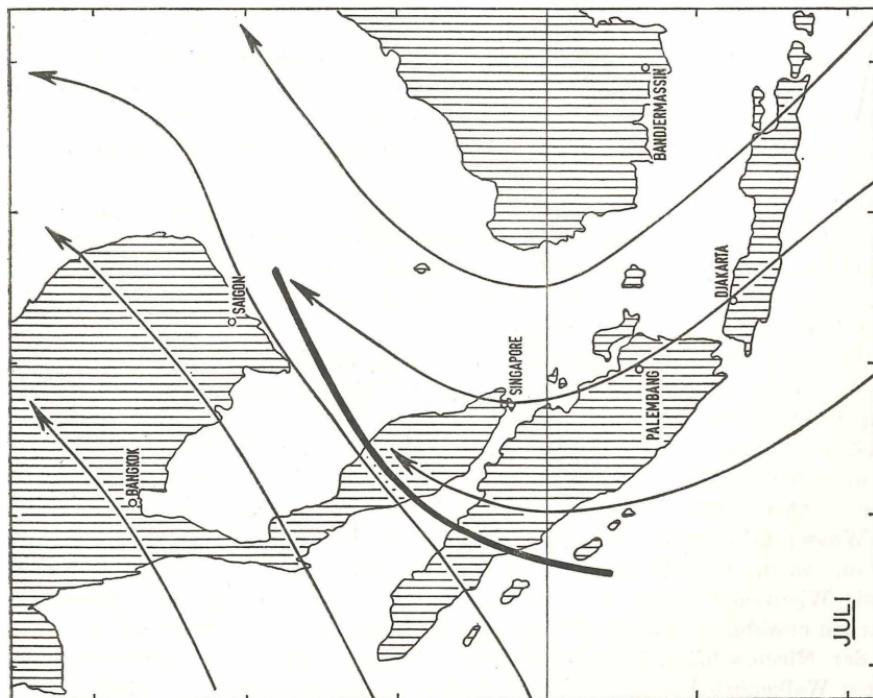
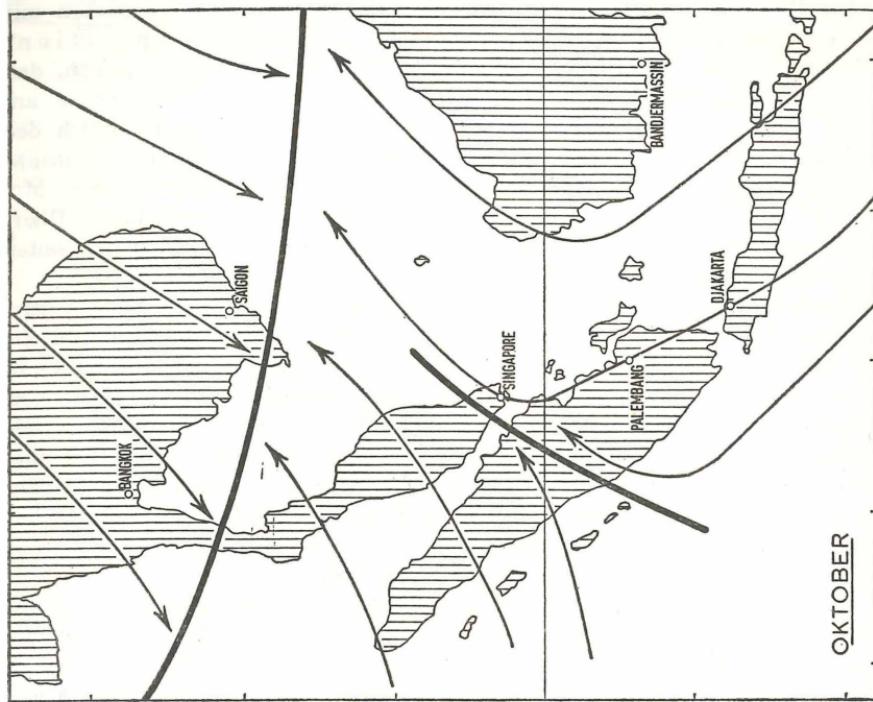


Abb. 5 e, d. Luftströmungen und Luftmassengrenzen im Gebiet von Singapur, Monate Juli und Oktober.

über den Wert dieser Zahlen aufkommen. Sie wurden darum verglichen mit den berechneten Werten der potentiellen „*Evapotranspiration*“ nach THORNTHWAITE [THORNTHWAITE 1948]. Der Vergleich zeigt jedoch, daß nur geringe Unterschiede zwischen beiden Werten auftreten. Es wurde an-derenorts gezeigt, daß die gemessenen Verdunstungswerte wahrscheinlich den wirklichen Verhältnissen bessen entsprechen als die berechneten nach THORNTHWAITE [NIEUWOLT 1964]. Jedenfalls aber zeigen die langjährigen Monatsmittel in beiden Fällen, daß in Singapur zu jeder Jahreszeit ein klarer Über- schuß der Niederschläge besteht — demnach würde es in Singapur nur selten oder nie Wassermangel geben.

Die schon früher betonte starke Veränderlichkeit der Niederschläge verur-sacht aber für die einzelnen Jahre ganz verschiedene Verhältnisse und die letzten drei Jahre sind gute Beispiele dafür. Die „wirkliche Verdunstung“ tritt nur auf, wenn die Niederschläge geringer sind als die gemes-sene Verdunstung. In diesem Falle steht im Verdunstungsmeßgerät nach wie vor unbegrenzt Wasser zur Verdunstung bereit, aber in der Natur ist dies nicht der Fall. Die wirkliche Verdunstung ist dann durch Mangel an verfü-gbarem Wasser begrenzt, dieses muß zum Teil vom Bodenwasser geliefert wer-den. Die wirkliche Verdunstung ist daher immer geringer wie die gemessene, sobald die Niederschläge für diese nicht ausreichen.

Für die Berechnung der wirklichen Verdunstung, nach THORNTHWAITE und MATHER [1957, Tabelle 28] wurde der Vorrat an Bodenwasser mit maximal 150 mm Niederschlag angenommen. Obwohl lokal natürlich große Unterschiede bestehen, entspricht dies ungefähr den Boden- und Vegetationsverhältnissen in der Umgebung von Singapur. Der Unterschied zwischen gemessener und wirklicher Verdunstung ist nun der Wassermangel. Die genauen Ziffern für die Jahre 1961—1963 geben die Tabellen 8—10.

Das Jahr 1961 war verhältnismäßig trocken (vgl. Abb. 3) und schon im Feber trat ein Wassermangel auf. Dieser wurde jedoch im März durch starke Niederschläge völlig ausgeglichen. Dann aber traten 7 Monate hintereinander mit Wassermangel auf, der totale Fehlbetrag war äquivalent 248 mm Nieder-schlag und zum ersten Male seit dem 2. Weltkrieg mußte in Singapur eine Wasserrationierung eingeführt werden.

1962 traten vereinzelte Wassermängel bescheidenen Ausmaßes auf. Inter-essanterweise war der erste Wassermangel wieder im Feber. Dann traten vier Monate mit Wassermangel auf (April bis Juli), aber die Fehlbeträge waren recht gering. Die feuchten Monate zum Ende des Jahres glichen daher die Wasserbilanz wieder weitgehend aus.

1963 war wieder ein trockenes Jahr und die Wassermängel waren viel größer. Die Trockenheit dauerte 7 Monate und ein Betrag von 388 mm Nieder-schlag fehlte — dies entspricht ja etwa $\frac{1}{6}$ der normalen Jahressumme. Die Trok-kenzeit wurde zwar im Juni unterbrochen, aber der Überschuß in diesem Monat war nur 76 mm, und dieser konnte die stark angegriffenen Wasservorräte im Boden nicht wiederherstellen. Schon im April 1963 mußte in Singapur wieder eine Wasserrationierung eingeführt werden. Sie dauert zur Zeit (Feber 1964) noch an, da die starken Niederschläge im Dezember und Jänner nur zum Teil für die Wiederauffüllung der Speicher benutzt werden können. Dies hängt mit der schon erwähnten starken Intensität der Niederschläge zusammen. Ein großer Teil der Niederschläge in den genannten Monaten wurde von außerordentlich starken Wolkenbrüchen geliefert. Bei diesen ist der Abflußfaktor natürlich sehr

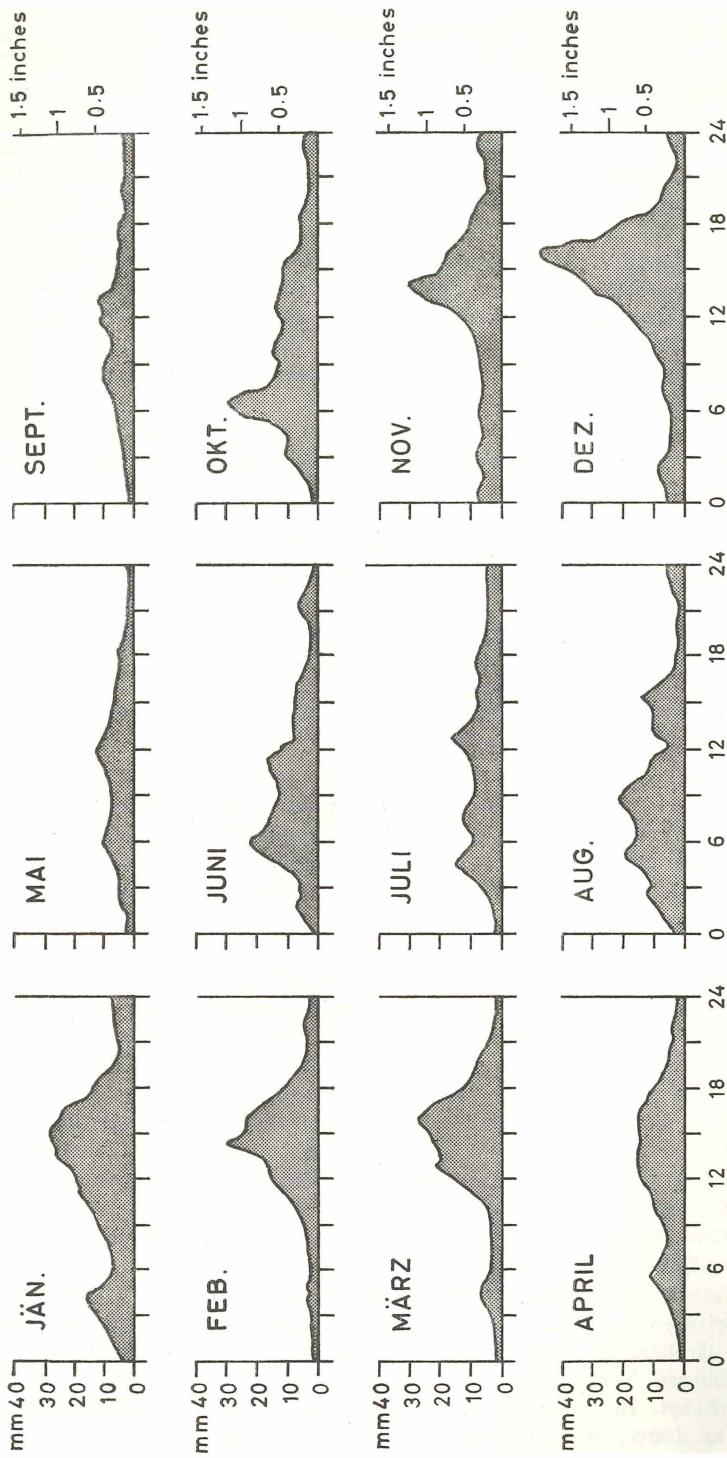


Abb. 6. Tagesgang der Niederschläge in Singapur. Beobachtungsperiode 1951-1960.

hoch und die Pumpenanlagen können die kurzfristig zur Verfügung stehenden enormen Wassermassen nicht verarbeiten.

Wir schließen noch einige bioklimatische Bemerkungen an: Die relative Feuchtigkeit folgt dem Temperaturgang im entgegengesetzten Sinne ziemlich genau, zeigt aber immer hohe Werte im Vergleich mit Klimaten der mittleren Breiten. Das nächtliche Maximum der relativen Feuchte errichtet sehr oft 100%. Während des Tages sind die Schwankungen der relativen Feuchtigkeit viel größer, aber meistens liegt das tägliche Minimum um die Mittagsstunde und es fällt daher zeitlich mit dem Temperaturmaximum zusammen. Die jahreszeitlichen Schwankungen der relativen Feuchtigkeit sind, genau wie bei den Temperaturen, ganz unbedeutend, verglichen mit den täglichen Unterschieden (Tabelle 5). Aber auch hier fallen die höchsten Werte der relativen Feuchtigkeit zeitlich mit den niedrigsten Temperaturwerten zusammen und umgekehrt (Tabelle 7).

Die physiologischen Temperaturen (Temperaturen, wie sie der Mensch empfindet), sind bekanntlich nicht nur von der Lufttemperatur, sondern auch von der relativen Feuchtigkeit, sowie von den Strahlungsverhältnissen und der Luftbewegung abhängig. Wenn wir die beiden letzten Faktoren, die vielfach vom Mikroklima bestimmt werden, nicht näher betrachten, dann lassen die physiologischen Temperaturen sich wohl am besten durch den sog. „Discomfort-Index“ (zu deutsch etwa „Unbehagen-Index“, in den Vereinigten Staaten auch als „Temperatur-Feuchtigkeit-Index“ bekannt) ausdrücken [U.S. WEATHER BUREAU 1959; EARL C. THOM 1958].

Die Formel für diesen Index lautet:

$$D.I. = t - (0,55 - 0,55 \times R.F.) (t - 58)$$

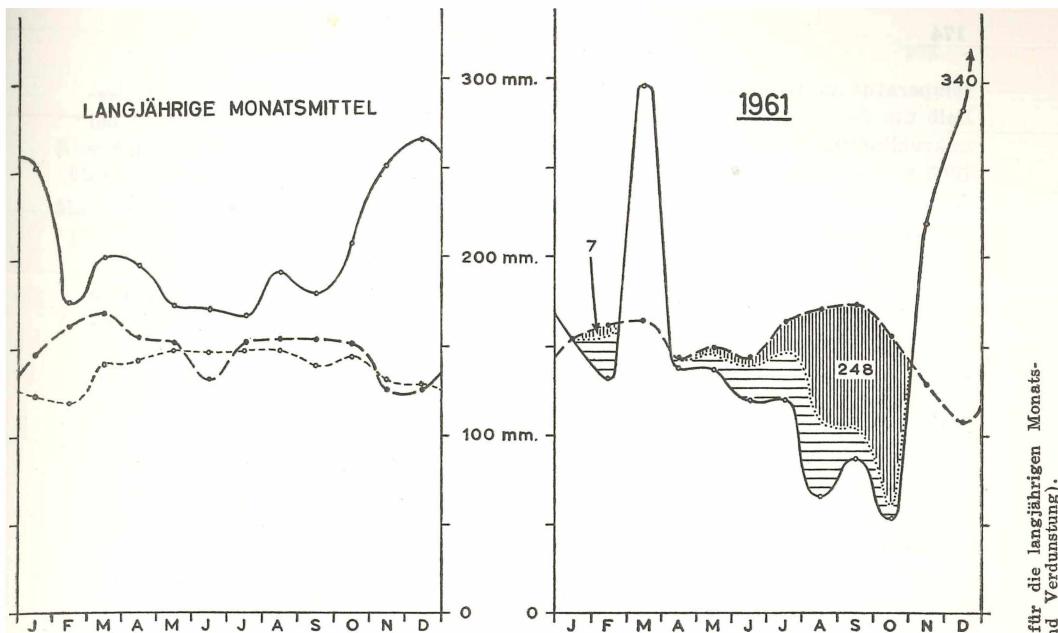
(t = Lufttemperatur in Grad Fahrenheit;

R.F. = relative Feuchtigkeit, als Dezimalbruch ausgedrückt [z. B. 65% = 0,65])

WEBB, der Untersuchungen über die Temperaturempfindungen in Singapur durchgeführt hat, kam zu einer ähnlichen Formel für seinen sog. „Singapore-Index“ [WEBB 1959, 1960]. Da der oben beschriebene Discomfort-Index jedoch mehr gebräuchlich ist und vor allem in den Vereinigten Staaten sehr bekannt ist, wurde dieser hier vorgezogen.

Der Discomfort-Index gibt also an, wie eine bestimmte Kombination von Lufttemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit vom Menschen empfunden wird. Ein Index von 60 bis 65 wird von den meisten Menschen noch als durchaus angenehm empfunden. Bei einem Wert von 75 empfinden etwa die Hälfte der befragten Personen die Hitze als unangenehm, und bei einem Index von etwa 80 ist dies bei allen der Fall. Diese Werte wurden in den Vereinigten Staaten gewonnen. In Singapur ist die Gewöhnung an höhere physiologische Temperaturen natürlich stärker. WEBB's Untersuchungen haben gezeigt, daß der Index hier etwa 5 Punkte höher liegen kann, um denselben Prozentsatz von unangenehmen Empfindungen hervorzurufen [WEBB 1960]. An einem heißen Sommertag in Wien (Temperatur etwa 32° C, relative Feuchte um 40%) würde der Diskomfort-Index etwa 80 erreichen.

An einem Durchschnittstag in Singapur schwankt der Discomfort-Index zwischen 74 (von 3 bis 6 Uhr morgens) und 82 (um die Mittagsstunde). Größere Abweichungen von diesen Werten sind relativ selten, da bei höheren Temperaturen die relative Feuchtigkeit meistens herabsinkt und umgekehrt. In kühlen Nächten steigt die relative Feuchtigkeit meistens bis nahe an 100%, der Discomfort-Index wird dann ungefähr gleich der Luft-



— NIEDERSCHLÄGE
 - - - GEMESSENE VERDUNSTUNG
 WIRKLICHE VERDUNSTUNG

POT. EVAPOTRANSPIRATION
 (NACH THORNTHWAITE)
 VERBRAUCH VON BODENWASSER
 WASSERMANGEL IN mm.

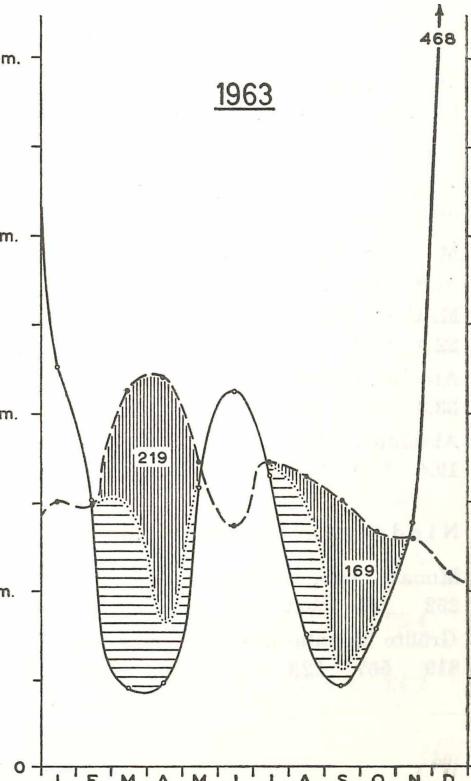
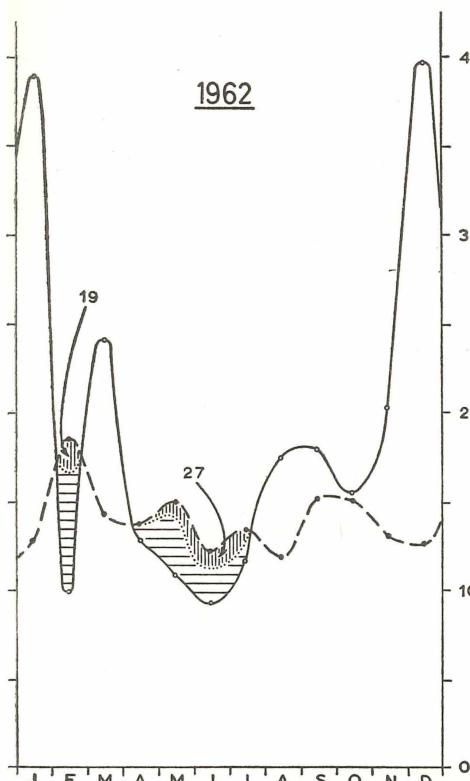


Abb. 7. Wasserbilanzen von Singapur. Die Beobachtungsperioden für die langjährigen Monatsmittel entsprechen denen der Tabellen (Niederschläge und Verdunstung).

temperatur in Grad Fahrenheit — das mittlere tägliche Minimum dürfte deshalb um 74 liegen, das absolute Minimum etwa bei 67. Andererseits wurden bei mikroklimatischen Messungen in der inneren Stadt von Singapur im Dezember 1963 mehrere Male Werte von 86 gemessen (Temperatur 33° C, relative Feuchte 75%), jedoch waren diese Werte sehr stark von lokalen Einflüssen bestimmt — enge Straßen hemmten die Luftbewegung.

Seebriesen helfen natürlich während des Tages, die physiologischen Temperaturen herunterzudrücken. Mikroklimatische Messungen haben jedoch gezeigt, daß die Auswirkungen der Seebrise nur auf einen sehr schmalen Küstenstreifen beschränkt bleiben, da sie schon von einer einzigen Häuserreihe sehr wirksam unterbrochen werden. Etwa 200 m von der Küste konnten zum Beispiel hinter einer Häuserreihe keine Auswirkungen der stark wehenden Seebrise mehr festgestellt werden.

Zusammenfassend kann das Klima von Singapur als ein äquatoriales, immerfeuchtes Klima mit starker Beeinflussung durch die Monsune Ostasiens gekennzeichnet werden. Von den „normalen“ äquatorialen Klimaten unterscheidet es sich vor allem durch die fehlenden Niederschlagsmaxima um die Zeiten der Aequinoktien, es hat mit ihnen aber die starke Gleichmäßigkeit der Temperaturen gemeinsam. Nach KÖPPEN's Klassifizierung würde Singapur ein Afi-Klima haben, nach THORNTHTWAITE's 1931er Einteilung (1931) ist es AA'r(a), nach seiner späteren Klassifizierung (1948) ist es ein B₂rA'a'-Klima ($I_h = 47,8$, $I_a = 0$, $n = 1650$ mm).

TABLETTEN

Tabelle 1 — Langjährige Mittelwerte von Temperatur und Niederschlägen

Temperatur (Beobachtungsperiode 1929—41, 1948—54, 1956—58, insgesamt 23 Jahre; in Grad Celsius)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Monats- bzw. Jahresmittel (24-stündig)												
25.6	26.1	26.5	27.1	27.3	27.6	27.3	27.1	27.0	26.7	26.2	25.7	26.7
Mittleres Tagesmaximum												
31.0	30.8	31.1	30.6	30.9	30.8	30.6	30.5	30.4	30.4	30.1	29.9	30.6
Mittleres Tagesminimum												
22.9	23.1	23.6	24.1	24.5	24.7	24.7	24.4	24.2	23.9	23.6	23.2	23.9
Absolutes Maximum												
33.3	34.4	34.4	34.4	35.0	33.9	33.9	33.9	33.3	33.3	33.3	33.9	35.0
Absolutes Minimum												
19.4	19.4	20.0	21.1	21.7	20.6	21.1	20.0	20.6	20.6	21.1	20.6	19.4

Niederschläge (Beobachtungsperiode 1896—1954, 86 Jahre; in Millimeter)

Monats- bzw. Jahresmittel												
252	175	200	196	174	171	167	191	179	208	251	266	2431
Größte Monats- bzw. Jahresmengen												
819	567	528	455	394	379	527	527	427	497	521	681	3452

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Kleinste Monats- bzw. Jahresmengen												
51	11	19	38	59	57	26	18	61	32	91	63	1606
Mittlere Zahl der Niederschlagstage (mehr als 0.25 mm) (1884—1954)												
17	12	14	15	15	13	13	15	14	16	19	19	183

Tabelle 2 — Monatliche Temperaturmittel
(basierend auf 24stündlichen Beobachtungen pro Tag) für die Jahre 1953—1962
(° C)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1953	26.0	26.0	26.6	27.0	27.2	28.0	26.9	27.7	27.1	27.1	26.6	26.6
1954	25.9	26.6	26.7	26.9	27.3	27.3	26.8	26.9	26.9	26.0	26.0	25.3
1955	25.3	26.5	26.9	27.2	27.9	27.5	26.7	26.7	26.4	26.4	26.3	25.3
1956	25.0	26.0	26.7	27.1	26.7	26.9	26.3	26.3	26.5	26.3	25.6	25.3
1957	25.7	26.2	26.6	27.2	27.0	27.8	27.1	26.7	26.6	26.8	26.3	25.4
1958	26.3	26.4	27.2	27.7	27.4	27.6	27.7	26.6	27.3	26.9	26.2	26.2
1959	25.9	26.9	26.5	26.7	27.3	27.3	27.4	26.6	26.8	26.9	26.0	25.8
1960	25.8	26.0	26.7	26.8	27.4	27.3	26.7	27.5	26.8	26.9	26.4	25.8
1961	25.6	26.4	26.8	27.2	27.5	27.1	27.1	27.3	27.1	26.8	26.2	25.7
1962	25.3	25.9	26.3	26.7	27.4	26.9	26.9	26.1	26.8	26.8	26.2	25.7
Mittelwert	25.6	26.1	26.5	27.1	27.3	27.6	27.3	27.1	27.0	26.7	26.2	25.7
(23 Jahre)												

* Keine Beobachtungen.

Tabelle 3 — Monatsmittel der täglichen Temperaturschwankungen (Beobachtungsperiode 1951—1960; in Grad Celsius)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5.1	5.8	6.0	5.6	5.2	4.8	4.6	4.7	4.8	5.4	5.2	4.7

Tabelle 4 — Tagesgang des Sonnenscheins (ganzjährig; Beobachtungsperiode 1951—1960; in %)

6.30	7.30	8.30	9.30	10.30	11.30	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30
bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis	bis
7.30	8.30	9.30	10.30	11.30	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30
37	57	62	63	60	57	53	49	43	36	24	10

Tabelle 5 — Langjährige Mittelwerte der relativen Feuchtigkeit

(Beobachtungsperiode 1929—40, 1948—54, 1956—58, insgesamt 22 Jahre; in %)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Monats- bzw. Jahresmittel (24-stündig)												
85.1	83.3	84.2	84.6	84.4	82.5	82.0	82.5	83.1	84.1	86.0	86.0	83.9
Mittleres Tagesmaximum												
96.1	96.3	96.2	96.1	95.4	94.5	93.8	94.1	94.6	95.5	96.2	96.2	95.4
Mittleres Tagesminimum												
64.6	60.3	61.9	63.5	65.9	64.5	64.8	64.5	64.5	64.5	65.5	65.5	64.2

Tabelle 6 — Mittelwerte der Verdunstung (Millimeter)
Gemessene Verdunstung (Beobachtungsperiode 1957—1963)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Monats- bzw. Jahresmittel												
146	162	169	155	152	131	152	153	153	151	125	125	1774
Potentielle Evapotranspiration (nach THORNTONTHWAITE)												
Monats- bzw. Jahresmittel (basiert auf langj. Temp.-Mitteln)												
122	118	140	142	147	146	147	147	139	144	130	128	1650

Tabelle 7 — Tagesgang der Temperatur und relativen Feuchte (jährlicher Durchschnitt; Beobachtungsperiode 1953—1962)

Uhrzeit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Temp. (°C)	24.8	24.6	24.5	24.5	24.2	24.1	24.5	26.1	27.6	28.5	29.1
Rel. F. (%)	93.5	94.1	94.5	94.8	95.1	95.2	94.4	88.3	81.1	76.3	73.0
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
29.5	29.6	29.4	29.2	28.8	28.2	27.4	26.7	26.2	25.8	25.6	25.3
71.3	70.9	71.4	72.3	74.0	76.6	80.5	84.7	87.6	89.5	90.8	91.9
24											

Tabelle 8 — Wasserbilanz 1961 (Millimeter)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Niederschläge											
154	133	298	138	137	120	120	66	87	53	220	285
Gemessene Verdunstung											
157	163	165	145	150	145	165	172	175	157	130	109
Potentieller Wasserverlust (—) oder -gewinn (+)											
—3	—30	+133	—7	—13	—25	—45	—106	—88	—104	+90	+176
Wasservorrat im Boden (maximal 150 mm)											
147	124	150	143	131	111	82	40	22	11	101	150
Änderung im Wasservorrat im Boden											
—3	—23	+26	—7	—12	—20	—29	—42	—18	—11	+90	+49
Wirkliche Verdunstung (Niederschläge plus gebrauchtes Bodenwasser)											
157	156	165	145	149	140	149	108	105	64	130	109
Wassermangel (gemessene Verd. — wirkliche Verd.)											
0	7	0	0	1	5	16	64	70	93	0	0

Tabelle 9 — Wasserbilanz für 1962 (Millimeter)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Niederschläge											
391	100	242	129	111	93	109	175	180	155	204	399
Gemessene Verdunstung											
127	185	142	137	150	122	134	118	152	150	130	126
Potentieller Wasserverlust (—) oder -gewinn (+)											
+264	—85	+100	—8	—39	—29	—25	+57	+28	+5	+74	+273

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Wasservorrat im Boden (maximal 150 mm)											
150	84	150	142	109	89	76	133	150	150	150	150
Änderung im Wasservorrat im Boden											
0	-66	+66	-8	-33	-20	-13	+57	+17	0	0	0
Wirkliche Verdunstung (= Niederschläge plus gebrauchtes Bodenwasser)											
127	166	142	137	144	113	122	118	152	150	130	126
Wassermangel (Unterschied zwischen gemessener und wirklicher Verdunstung)											
0	19	0	0	6	9	12	0	0	0	0	0

Tabelle 10 — Wasserbilanz für 1963 (Millimeter)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Niederschläge											
226	151	45	48	159	213	166	77	47	79	139	468
Gemessene Verdunstung											
150	149	213	221	173	187	173	165	152	134	130	110
Potentieller Wasserverlust (—) oder -gewinn (+)											
+76	+2	-168	-173	-14	+76	-7	-88	-105	-55	+9	+358
Wasservorrat im Boden (maximal 150 mm)											
150	150	48	15	14	90	83	12	6	4	13	150
Änderung im Wasservorrat im Boden											
0	0	-102	-33	-1	+76	-7	-71	-6	-2	+9	+137
Wirkliche Verdunstung (= Niederschläge plus gebrauchtes Bodenwasser)											
150	149	147	81	160	137	173	148	53	81	130	110
Wassermangel (Unterschied zwischen gemessener und wirklicher Verdunstung)											
0	0	66	140	13	0	0	17	99	53	0	0

Benutzte Literatur

CONRAD, V. und POLLAK, L. W., 1950, Methods in Climatology. 2nd edition, Cambridge, Mass.

DALE, W. L., 1956, Wind and Drift Currents in the South China Sea. Mal. Journal of Tropical Geogr., 8, S. 1—31.

—, 1959, The Rainfall of Malaya, I. Journal of Tropical Geography, 13, S. 23—37.

—, 1960, The Rainfall of Malaya, II. Journ. of Tropical Geography, 14, S. 11—28.

—, 1963, Surface Temperatures in Malaya. Journal of Tropical Geography, 17, S. 57 bis 71.

DOBBY, E. G. H., 1945, Winds and Fronts over Southeast Asia. Geogr. Review, 35, S. 208—218.

GARBELL, M. A., 1947, Tropical and Equatorial Meteorology, London.

JOHN, I. G., 1950, The Properties of the Upper Air over Singapore. Memoirs of the Mal. Met. Service, 4, Singapore.

LAUTENSACH, H., 1949, Ist in Ostasien der Sommermonsun der Hauptniederschlagsbringer? Erdkunde, 3, S. 1—18.

MALAYAN METEOROLOGICAL SERVICE — Climatological Summaries: I. Wind. Singapore o. J.

II. Rainfall. Singapore o. J.

III. Temperature, Relative Humidity and Pressure. Singapore o. J.

MALAYAN METEOROLOGICAL SERVICE — Summary ob Observations, für die Jahre 1951 bis 1962, Singapore.

NIEUWOLT, S., 1964, Evaporation and Water Balances in Malaya. Journal of Tropical Geography, 20, 1964 (im Druck).

PÉDELABORDE, P., 1958, Les Moussons. Paris.

RIEHL, H., 1954, Tropical Meteorology. London.

SIMPSON, G. C., 1921, The South-West-Monsoon. Quart. Journ. Royal Met. Society, 47, S. 152—172.

THOM, EARL C., 1958, Cooling Degree Days, Air Conditioning, Heating and Ventilating. S. 65—72.

THORNTONTHWAITE, C. W., 1931, The Climates of North America according to a new Classification. Geogr. Review, 21, S. 633 bis 655.

THORNTHWAITE, C. W., 1948, Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geogr. Review*, 38, S. 55—94.

— und MATHER, J. R., 1957, Instructions and Tables for computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. Centerton, N.J.

U. S. WEATHER BUREAU, 1959, Notes on Temperature-Humidity Index. L. S. 5922, June 26, Washington D.C.

WATTS, I. E. M., 1955 a, *Equatorial Weather*. London.

—, 1955 b, The Rainfall of Singapore Island. *Mal. Journal of Tropical Geography*, 7.

WEBB, C. G., 1959, An Analysis of some Observations of thermal Comfort in an equatorial Climate. *British Journal of Industrial Medicine*, 16, S. 297—310.

—, 1960, Thermal Discomfort in an equatorial Climate. *Journal of Inst. of Heating and Ventilating Engineers*, S. 1—8.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1964

Band/Volume: [106](#)

Autor(en)/Author(s): Nieuwolt Simon

Artikel/Article: [Das Klima von Singapur 157-178](#)