

Verfügbarkeit des im Bereich des optimalen Feuchte-niveaus gebundenen Wassers am Standort II. Die in Abb. 2 und 3 und in Kap. 3 dargestellte hydrologische Standortungunst auf dem Stauchwall kann demnach wirkungsvoll und lohnend abgebaut werden.

Eine abschließende Standortbewertung ist nur in der Zusammenschau von Tab. 6 und 11 möglich. Ein Vergleich ohne Berücksichtigung der hierin zugrunde liegenden Kriterien ist im Hinblick auf die gegebene Themenstellung nicht sinnvoll: Die Aldekerker Platte stellt in bezug auf Beständigkeit des natürlichen Feuchtedargebotes mit einer Amplitude über die vorgegebenen Jahre von 125 mm den günstigsten Standort dar. Dennoch ist die Gefährdung in Jahren mit einem N- und T-Gang wie 1959 und 1962 nicht zu übersehen. Abb. 4 a u. b zeigen das Absinken des St-Wertes unter die Schädgrenze. Desgleichen sind auch auf diesem Standort Wachstumsbeeinträchtigungen infolge eines Feuchteüberangebotes nicht auszuschließen. Im Durchschnittsjahr treten aber Schäden infolge Bodenfeuchtemangels oder -luftmangels nicht auf, und Beregnungsbedarf ist erst ab 20. Dekade gegeben. Auf dem Stauchmoränenwall, dem Standort mit der größten Gefährdung bei einer  $AE_N$ -Amplitude von 160 mm, wäre ein Abbau der vergleichsweise größten Ertragsunsicherheit durch Kunstregner am wirkungsvollsten, und das Ertragspotential wäre am nachhaltigsten zu steigern. Die Niederterrasse mit einer  $AE_N$ -Amplitude von 141 mm nimmt i. d. R. eine Mittelstellung ein. Das Absinken des Bodenfeuchtegehaltes unter den O- oder S-Wert ist hier jedoch mit der vergleichsweise größten Transpirationsreduzierung verbunden. Unter diesem Gesichtspunkt bietet der Standort II wiederum besonders in Krisenzeiten die relativ besten Wachstumsbedingungen.

#### Literatur

- CZERATZKI, W. & W. KORTE: Wasserentnahme von Getreide und Zuckerrüben aus dem Boden. In: Wasser und Nahrung, H. 2., 1959.
- HERRMANN, R.: Die zeitliche Änderung der Wasserbindung im Boden unter verschiedenen Vegetationsformationen der Höhenstufen eines tropischen Hochgebirges (Sierra Nevada De Sta Marta/Kolumbien). In: Erdkunde XXV, 1971.
- MICHLER, R. & R. HERRMANN: Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Wasserspannung im Boden und der Geschwindigkeit des Wassertransportes im Stamm von *Citrus aurantium sinensis* Engler unter Bedingungen eines trockenen Tropenklimas. In: Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient 2, 1968.
- NEEF, E.: Der Bodenwasserhaushalt als ökologischer Faktor. In: Ber. z. dt. Landeskunde Bd. 25, 1960.
- PAFFEN, K. H.: Natur- und Kulturlandschaft am deutschen Niederrhein. In: Ber. z. dt. Landeskunde Bd. 20, 1958.
- PFAU, R.: Ein Beitrag zur Frage des Wassergehaltes und der Beregnungsbedürftigkeit landwirtschaftlich genutzter Böden im Raume der europäischen Wirtschaftsgemeinschaft. In: Meteorologische Rdsch. H. 2, 1966.
- RICHARDS, L. A.: Methods of Measuring Soil Moisture Tension. In: Soil Sci. 68, 95, 1949.
- RIJTEMA, P. E.: Evapotranspiration in Relation to Suction and Capillary Conductivity. Arid Zone Research, UNESCO, Paris 1959.
- RODE, A.: Das Wasser im Boden. Berlin 1959.
- SCHAEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL: Lehrbuch der Bodenkunde. Stuttgart 1973.
- SCHULZ, H.: Die Bodenfeuchtigkeit im Niederrheingebiet in den Jahren 1953–1957. In: Deutsche Gewässerkundliche Mitt., H. 2, 1960.
- SLAYTER, R. O.: Hydrology of Arid and Semiarid Regions. In: Ven Te Chow (Hrsg.): Handbook of Applied Hydrology. New York 1964.
- SPÄTH, H.-J.: Bodenerosion und Bodenfeuchtebilanz in Zentralanatolien – ein Beispiel für bewirtschaftete winterkalte Trockensteppen. In: Erdkunde XXIX, 1975.
- THORNTHWAITTE, C. W. & J. R. MATHER: The Water Balance. Publ. in Climatology, Vol. VIII, No 1, Centerton, N. J. 1955.
- : Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. Publ. in Climatology, Vol. X, No 3, Centerton, N. J. 1957.
- TROLL, C.: Landschaftsökologie. In: Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie. Bericht über das internationale Symposium in Stolzenau 1963 der Intern. Vereinigung für Vegetationskunde. Hrsg. v. R. Tüxen. Den Haag 1968.
- UHLIG, S.: Die Wasserreserven unserer Böden im Frühjahr. In: Wasserwirtschaft 44, 1954.
- WALTER, H.: Einführung in die Phytologie, III: Grundlagen der Pflanzenverbreitung, 1. Teil: Standortslehre. Stuttgart 1960.

## ÜBER DAS VORKOMMEN VON FROST AUF JAVA/INDONESIEN, INSBESONDERE IN DEN PENGALENGAN HIGHLANDS

Mit 4 Abbildungen und 5 Photos

In memoriam Carl Troll (1899–1975)

MANFRED DOMRÖS

*Summary:* Concerning the occurrence of frost in Java, Indonesia, with particular reference is the Pengalengan Highlands.

CARL TROLL was the first to draw special attention to the ecologically most important phenomenon of nocturnal radiation or ground frost in "frost holes" of tropical high moun-

tains, mainly those of the Andes and the Ethiopian Highlands. The author attempts to study this phenomenon in the volcanic mountains of Java for which the incidence of frost has not yet been investigated systematically. Through the analysis of temperature records of Mount Pangerango (3023 m) and of various tea estates in the Pengalengan Highlands (1500–2300 m), Western Java, as well as the phenological study of frost of damage to tea bushes, it became clear that light nocturnal ground frosts may occur during the Southern winter from July up to September. Frosts occur at an elevation above 1500 m in depressions only, whereas slopes—even at much higher elevation—are frost-free. Frosts in the mountains of Java represent a typical local climatological phenomenon, favoured by the volcanic small-scale topography. Besides, frosts were recorded during the dry season of the winter only, and the validity of the principal rule is therefore confirmed that a dry period means a greater risk of frost, a wet period a lesser risk. Anthropogenic measurements of frost protection, for example drains or artificial heating, have been too expensive and scarcely successful as experiences of tea estates have shown.

### 1. Problemstellung

In dem durch eine große tägliche Temperaturamplitude gekennzeichneten „Tageszeitenklima“ (TROLL) der Tropen stellt im Gebirge der Frost ein bekanntes, wenn auch erst durch wenige lokale Beobachtungen belegtes Klimaphänomen dar, das in seiner großen klimatologischen Bedeutung und ökologischen Tragweite erstmals durch TROLL in dessen wegweisenden Untersuchungen zum tropischen Hochgebirgsklima von Südamerika und Afrika (vor allem 1943, 1959 und 1968) erkannt, bislang jedoch vor allem für die asiatischen Tropen noch nicht systematisch untersucht worden ist. Die z. Z. des Tiefstandes der Sonne auftretenden Fröste sind nach TROLL in typischer Weise an die sog. „Frostwechseltage“ gebunden, die durch den täglichen Wechsel zwischen nächtlichem Frost und Wärme bei Tage gekennzeichnet sind.

Von ökologisch größter Bedeutung sind die in den Gebirgen der Tropen in verhältnismäßig niedrigen

Höhen unregelmäßig auftretenden, als Ausdruck des Geländeklimas zu wertenden nächtlichen Bodenfröste. Diese können auf Plateaus und in Becken, in Depressionen und Tälern durch Ansammlung von nächtlich ausgestrahlter Kaltluft und durch die Bildung von Kaltluftseen, verbunden mit Temperaturinversionen, vorkommen, wogegen an Hängen und Gipfeln selbst in beträchtlich größerer Höhe noch Frostfreiheit herrscht. Für die inneren Tropen wird die Höhengrenze der geländeklimatisch bedingten, nächtlichen Bodenfröste häufig in rund 2000 m NN angesetzt – eine recht vage Größe, die im Einzelfalle – bei ungünstigen topographischen und Witterungsverhältnissen – noch erheblich unterschritten werden kann (VAN STEENIS 1968 für Ost-Java, DOMRÖS 1971 und 1974 für Ceylon). Da der Frost außerdem zu den wichtigsten Agrarklimaindizes zählt – gerade für die wärme liebenden, frostempfindlichen tropischen Nutzpflanzen –, stellt sich mit um so größerer Dringlichkeit die Aufgabe, das Phänomen des Frostes in den tropischen Gebirgen durch exakte, quantitative Beobachtungen bzw. Temperaturmessungen näher zu untersuchen und räumlich zu lokalisieren.

### 2. Themenstellung und Untersuchungsgebiet

Die Insel Java bietet sich aus drei Gründen zur Untersuchung des Frostphänomens an:

1.) Frost gilt in einigen Vulkanbergen Javas (Abb. 1), so am Pangerango (3019 m), Papandajan (2622 m), Tengger (2392 m), Semeru (3676 m) und Jang (3088 m), wie auch auf dem Idjen-Plateau (3362 m) und Dieng-Plateau (2062 m) als bekanntes Klimaphänomen, über dessen räumliches und zeitliches Auftreten sowie seine Häufigkeit und Genese in der Literatur jedoch ungenaue Vorstellungen bestehen (z. B. VROLIJK 1934, VAN STEENIS 1968, TROLL 1959, DOCTERS VAN LEEUWEN 1933). Am wertvollsten sind die Ausführungen von BRAAK (1924ff.) in „Het Klimaat van Nederlandsch-Indie“, wo allerdings nur



Abb. 1: Übersichtskarte von Java mit den in der Literatur berichteten frostgefährdeten Lokalitäten. Höhenangaben in Meter. Schraffierte Fläche entspricht Abb. 2

Sketch map of Java showing the already known frost-affected places. Altitude given in m above sea level

Klimabeobachtungen eines relativ kurzen Zeitraums analysiert worden sind (siehe dort vor allem Vol. 1, Teil 5). Aus jüngster Zeit stammen bemerkenswerte Ergebnisse über das Vorkommen von Frost in Insulinde aus Papua-Neuguinea (BROWN und POWELL 1974).

2.) Zur Erarbeitung des Frostphänomens auf Java eignen sich die langjährigen Temperaturmessungen der ehemaligen niederländisch-indischen Wetterdienststation auf dem Gipfel des Mount Pangerango (3019 m, siehe Abb. 1) und Beobachtungen von Teeplantagen im westjavanischen Bergland. Die Temperaturmessungen in der Wetterstation des Mount Pangerango wurden in der Wetterhütte in 1,70 m über dem Erdboden durchgeführt und können somit als Grundlage zur Untersuchung des Vorkommens von Frost in der Luft gelten. Die Beobachtungen erstrecken sich über die 34jährige Periode 1912–1945 und sind in den Jahresberichten des „Königlich-Meteorologischen und -Magnetischen Dienstes von Niederländisch-Indien“ (Batavia) veröffentlicht.

Auf den Teeplantagen im westjavanischen Bergland wird der Frost – auf Grund seiner enormen Schädwirkungen auf den Teestrauch – mit allergrößter Aufmerksamkeit beobachtet, weniger jedoch in Form von analytischen (Minimum-)Temperaturmessungen als vielmehr in Gestalt von phänologischen Beobachtungen über Frostfolgeerscheinungen an den Teebüschen und -blättern. Diese Beobachtungen sind zur Untersuchung des Frostphänomens auf Java gut geeignet. Hinzu kommt, daß die Teeplantagen um Bandung im kritischen Frostniveau zwischen rund 1500–2200 m, maximal 2230 m: Pattuahwattee Estate, liegen; hier ist wegen der niedrigen Höhenlage zwar nur selten mit Nachtfrösten in Depressionen zu rechnen, die jedoch im Falle ihres gelegentlichen Vorkommens von nachhaltiger agrarklimatologischer Ungunst sind. Beweis hierfür sind die gravierenden, über mehrere Wochen sich erstreckenden Produktionsrückgänge durch Kälteschock – selbst bei ausgewachsenen Teebüschen und selbst im Falle eines einmaligen Frostschocks, wogegen im Falle von mehreren Frostnächten hintereinander oder innerhalb von kurzer Zeit die Tee-Ernte sogar bis zu 6 Monaten ausfallen kann.

Einschränkend zu bemerken ist allerdings, daß trotz der bekanntermaßen gültigen Frostempfindlichkeit des Teestrauches die Frage der als sog. Frostverbrennungen gedeuteten Blattnekrosen bislang noch keineswegs zufriedenstellend geklärt ist. Es stellt sich das Problem, ob die im Gefolge von kalten Nächten und heißen Tagen auftretenden Blattnekrosen des Teestrauches als phänologischer Beweis für das Auftreten von echtem Frost – mit dem Unterschreiten des Gefrierpunktes – gewertet werden können (wie von Teeplantagern zumeist behauptet), oder ob sie nicht nur einen Ausdruck für eine große tägliche Temperaturamplitude darstellen (die ja für die tropischen Gebirge charakteristisch ist). Hierbei braucht nicht zwingend

auch der Gefrierpunkt unterschritten zu werden, so daß auch Blattnekrosen nicht unbedingt als Beweis für Frost gedeutet zu werden brauchen.

3.) Schließlich ist zu erwarten, daß die vulkanisch bedingten, lebhaften Oberflächenformen der Insel Java lokal besonders günstige Voraussetzungen zur Bildung von Kaltluftseen und Frostlöchern und somit zur Entstehung von Nachtfrösten liefern, so daß dem Frostphänomen in den Bergländern auf Java eine insgesamt weite Verbreitung, wenn auch jeweils nur lokale Begrenzung, beigemessen werden muß.

Somit stellt sich aus klimatologischer und agrarökologischer Sicht die lohnende Aufgabe, die für Java vorliegenden ungeordneten Frostbeobachtungen systematisch aufzubereiten und mit den aus der Literatur bekannten Beobachtungen abzustimmen – mit dem Ziel, einen Beitrag zur regionalen und angewandten Klimatologie Javas und auch als Beitrag zur Erarbeitung des Frostes in den tropischen Gebirgen überhaupt zu liefern. Auf Grund des heterogenen Beobachtungsmaterials kann jedoch keineswegs eine lückenlose Darstellung des Frostphänomens angestrebt werden.

Die hier ausgewerteten, großenteils unveröffentlichten Klimabeobachtungen wurden vom Verfasser im Rahmen von klimatologischen Arbeiten auf Java im Juli/August 1973 gesammelt. Verfasser dankt der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Gewährung einer Reisebeihilfe zur Durchführung der Forschungen auf Java. Dankbar anerkennt er auch die im indonesischen Wetterdienst in Djakarta und in allen besuchten Teeplantagen gewährte freundliche Aufnahme und bereitwillige Auskunft bzw. Bereitstellung von Temperatur- und Frostbeobachtungen.

### 3. Beobachtungsmaterial

Für die Wetterstation des Mount Pangerango (3019 m) wurden die Jahresberichte des ehemaligen niederländisch-indischen Wetterdienstes von 1912–1945 anhand der täglichen Temperaturminima auf das Vorkommen von Frost ausgewertet. Da die Temperaturwerte der Station in der Wetterhütte gemessen worden sind, handelt es sich bei den möglicherweise aufgetretenen Frösten um solche in der Luft (im Gegensatz zu Bodenfrösten).

Die in dieser Arbeit ausgewerteten Frostbeobachtungen von Teeplantagen stammen aus den Pengalengan Highlands (Abb. 2), südlich von Bandung, wo auf dem Pengalengan-Plateau und an den Hängen der umgebenden Vulkankuppen ein geschlossenes Teeanbaugebiet liegt. Trotz der verhältnismäßig niedrigen Höhenlage dieser Region – Plateauhöhe um 1500 bis 1700 m NN, höchster Teeanbau bei 2230 m NN – stellen gelegentliche Nachtfröste in den Plantagen ein bekanntes und wegen ihrer nachhaltigen Schäden an Teebüschen gefürchtetes Klimaphänomen dar, das in den Teeplantagen mit besonderer Aufmerksamkeit beobachtet, sorgfältig aufgezeichnet und durch Schutz-

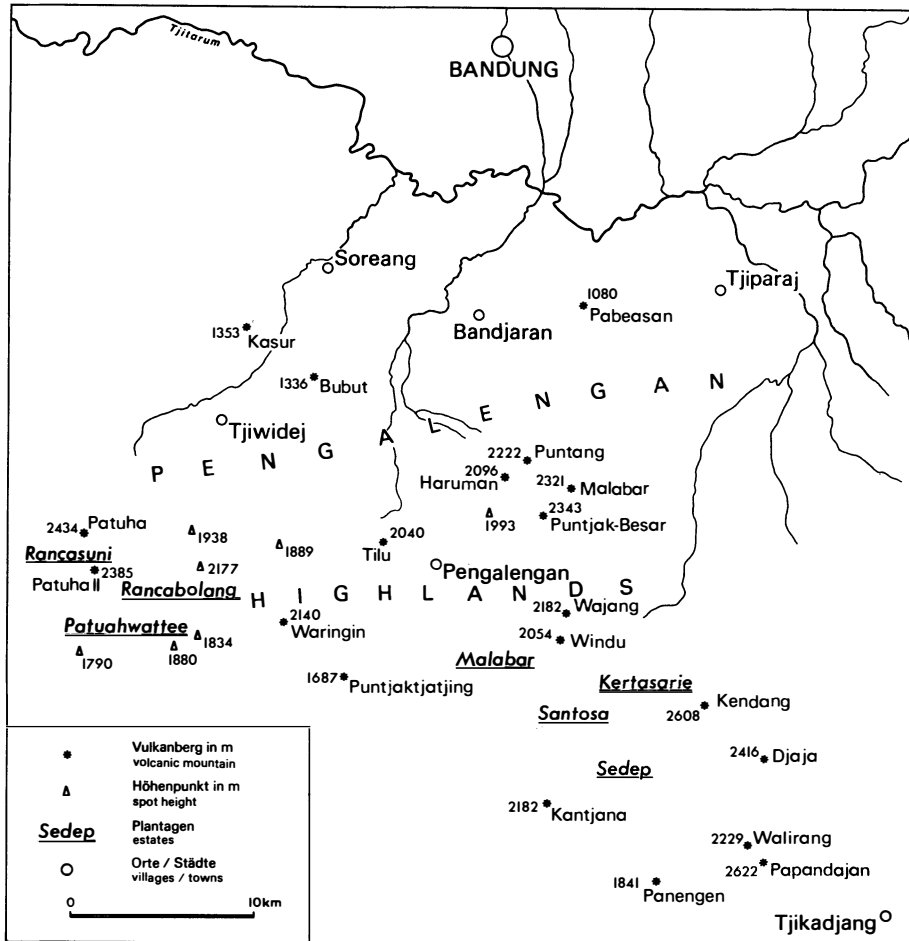


Abb. 2: Orientierungskarte der Pengalengan Highlands, West-Java. Schreibweise der Namen laut indonesischem topographischen Kartenwerk 1:250 000 „Peta Ichtisar Djawa-Madura“, dort Blatt Bandung

Sketch map of the Pengalengan Highlands, western Java. Names of places etc. according to the topographical maps of Indonesia 1:250 000 „Peta Ichtisar Djawa-Madura“, sheet Bandung

maßnahmen, z. B. Frost-Räuchern und Anlage von Drainagegräben, zu bekämpfen versucht wird, ohne daß allerdings zufriedenstellende Erfolge erzielt wurden. Nach übereinstimmender Mitteilung der Plantagenleiter werden wegen der ausgebliebenen Erfolge bei hohem Kostenaufwand in jüngster Zeit keine Frostschutzmaßnahmen mehr durchgeführt.

Frostbeobachtungen wurden dem Verfasser von allen frostgefährdeten Teeplantagen der Pengalengan Highlands zugänglich gemacht. Dabei waren jedoch diese Beobachtungen einerseits von heterogener Natur – sie reichten von instrumentellen Temperaturzeichnungen bis hin zu individuellen Frostschadensbeobachtungen und Frosterscheinungen (z. B. Eis) – und andererseits von unterschiedlicher Beobachtungsdauer. Die Beobachtungen bezogen sich in der Mehrzahl der Stationen nur auf eine 5- bis 11jährige Periode, die in der Regel in den 60er Jahren d. Jhs. beginnt.

Ältere Beobachtungen lagen nur vom Kertasarie Estate (Abb. 2) vor, für das bereits seit 1908 Frostbeobachtungen in Form von phänologischen Erhebungen und Temperaturmessungen bestehen. Sie sind für den Zeitraum von 1912–1955 in Form eines Memorandums über „Frost at Kertasarie“<sup>1)</sup> von dem früheren Leiter der Plantage, Mr. W. PRICE, im Jahre 1957 zusammengestellt worden. Dieser Bericht ist nicht nur wegen des darin berücksichtigten außerordentlich langen Beobachtungszeitraumes, sondern auch wegen der ungemein großen Frostgefahr im Kertasarie Estate heute von unersetzlichem Wert. Für die Periode von

<sup>1)</sup> Darin verweist der Autor auf eine spezielle Untersuchung zum Phänomen des Frostes im Kertasarie Estate von Dr. VISSER (vom Meteorologischen Observatorium in Batavia/Djakarta) aus dem Jahre 1923, die jedoch vom Verfasser trotz intensiver Bemühungen nicht ausfindig gemacht werden konnte.

1909–1922 hat auch BRAAK (1924) das Auftreten von Nachtfrosten im Kertasarie kurz behandelt (vgl. auch in VAN STEENIS 1968). Das 637,5 ha große Estate, dessen Teefeldern zum größten Teil in 1600–1650 m NN in dem überwiegend flach gewellten Terrain der östlichen Pengalengan Highlands liegen, ist die frostgefährdetste Teeplantage überhaupt im gesamten Bereich der Highlands. In dem Estate ist ein Maximum- und Minimumthermometer am Bungalow des General Manager (in der Nähe der Teefabrik) installiert. Zur Untersuchung des Frostes wurden neben dem Bericht von PRICE und den Angaben von BRAAK unveröffentlichte, auf dem Estate zugängliche, exakte Meßwerte der täglichen Minimumtemperaturen von 1964–1972 (ausgenommen 1966–1968) ausgewertet. Somit konnte das Vorkommen von Frost im Kertasarie Estate insgesamt auf Grund einer 54 Jahre langen Beobachtungsperiode näher untersucht werden.

#### 4. Analyse der Beobachtungen

##### Kertasarie Estate

Aus den von PRICE (1957) und BRAAK (1924) durch phänologische Beobachtungen und Temperaturmessungen gewonnenen Frostbeobachtungen und aus den Meßwerten der täglichen Minimumtemperaturen zwischen 1964 und 1972 können die in Tab. 1 und 2 zusammengefaßten Angaben über die Frosthäufigkeit, das monatsweise Auftreten von Nachtfrosten und das absolute Temperaturminimum pro Jahr im Kertasarie Estate gewonnen werden.

Aus den Frostbeobachtungen für das Kertasarie Estate (Tab. 1 und 2) wird der Frost als ein typisches, mit großer Wahrscheinlichkeit alljährlich in unterschiedlich großer Häufigkeit, aber jeweils nur geringer Stärke in den südhemisphärischen Wintermonaten von Juni bis Oktober – mit Schwerpunkt im Juli, August und September – auftretendes Phänomen bestätigt. Genetisch handelt es sich um nächtliche Strahlungsfroste, die auf der intensiven Ausstrahlung in der Nacht beruhen und am häufigsten zwischen etwa 2 Uhr nachts und 8 Uhr morgens auftreten. Nachtfroste kommen in der Regel an isolierten Tagen bzw. Nächten vor, wogegen mehrere aufeinanderfolgende Fälle von Nachtfrosten nicht typisch sind.

Die Ausbildung von Nachtfrost steht in ursächlichem Zusammenhang mit den Niederschlagsverhältnissen, insofern in der längsten, im Beobachtungszeitraum registrierten Trockenperiode vom 25. Juni bis 30. Oktober 1914 (128 Tage ohne jeglichen Regen!) auch die größte Anzahl an Nachtfrosten (insgesamt 31) auftrat. (Diese Zahl wurde nur einmal – im Jahre 1925 mit 32 Nachtfrosten – übertroffen.) Die generelle Gültigkeit dieser Beziehungen ist naheliegend, da an klaren, bewölkungs- und niederschlagslosen Tagen bzw. Nächten eine größtmögliche, ungehinderte Ausstrahlung stattfinden kann (vgl. BROWN und POWELL

1974). Auf Grund ihrer Entstehung handelt es sich somit um Bodenfröste, deren Auftreten und agrarklimatische Auswirkungen auf die dem Erdboden aufliegende Schicht der Troposphäre beschränkt bleibt. Die Stärke der Bodenfröste ist durchweg nur gering, das absolut niedrigste Temperaturminimum im Kertasarie Estate – allerdings nicht am Erdboden und nicht in den Teegärten, sondern in Beobachterhöhe und am Bungalow des Plantagenleiters gemessen! – beträgt  $-5,6^{\circ}\text{C}$  (am 31. Juli 1915). Die größte Anzahl an Nachtfrosten pro Jahr betrug 32 (im Jahre 1925), dagegen pro Monat 16 (August 1914).

Die Wachstumsschäden an den Teebüschen, vor allem in Form von Blattnekrosen, und der Produktionsausfall an Tee sind schon im Falle von einem oder wenigen Nachtfrosten und Frostschocks gravierend, sie erreichen bei großer Stärke und Häufigkeit der Nachtfroste ein katastrophales Ausmaß. So wurden im Kertasarie Estate in dem bislang stärksten Frostjahr (1934) durch 8 Frostnächte im August insgesamt 502 ha bzw. 87% der gesamten produktiven Teegärten (mit einer Größe von 573 ha) geschädigt. Es dauerte länger als 9 Monate, bis sich die Teebüsche von den Frostschäden wieder erholt hatten. Welchem großen Frostrisiko das Kertasarie Estate unterliegt, beweist die enorm große Ausdehnung der frostgefährdeten Teegärten, die auf 540 ha bzw. 85% der Gesamtgröße des Estate (637,5 ha) beziffert werden (Abb. 3). Zur Verminderung der gravierenden Frostschadenswirkungen hatte das Estate kostspielige Maßnahmen vorgenommen: Zum einen wurde zwischen 1915 und 1926 das gesamte Teeland mit einem Netz von Drainagegräben (von zunächst 75 cm, später durchweg 125 cm Tiefe) durchzogen (vgl. Photo 5), in denen sich die nächtliche Kaltluft ansammeln und abfließen sollte. Zum andern wurde ein Großteil der Teegärten mit „Frostschutzbäumen“ bepflanzt (siehe auch Photo 3). Anfangs wurden die kostspieligen Frostschutzmaßnahmen durchweg positiv beurteilt und erfolversprechend angesehen, später aber wieder aufgegeben, nicht zuletzt wegen der fehlenden wissenschaftlichen Bestätigung oder Ablehnung solcher Maßnahmen von seiten des ehemaligen niederländisch-indischen Wetterdienstes in Batavia (Djakarta). Die Anpflanzung von „Frostschutzbäumen“ in Teegärten wurde schließlich verworfen, als 1951 gerade und ausschließlich in diesen Teegärten die gefürchtete Blattkrankheit „Blister Blight“ auftrat, die die Folge zu geringer Sonneneinstrahlung ist.

##### Sonstige frostgefährdete Plantagen

Im Vergleich zum Kertasarie Estate sind alle anderen Teeplantagen in den Pengalengan Highlands weniger frostgefährdet. Die vorliegenden Frostbeobachtungen sind überwiegend phänologischer Art; zum andern sind die nur wenigen Temperaturmessungen nicht in den frostgefährdeten Teefeldern, sondern in der Regel an der – lokalklimatisch günstiger gelege-

Tabelle 1: Häufigkeit und Stärke von Nachtfrosten im Kertasarie Estate, Pengalengan Highlands, 1600–1650 m NN, Beobachtungszeitraum 1909–1955 (zusammengestellt nach PRICE 1957 und BRAAK 1924)

Number and intensity of night frosts at Kertasarie Estate, Pengalengan Highlands, 1600–1650 m a. s. l., observation period 1909–1955 (compiled according to observations of PRICE 1957 and BRAAK 1924)

Jahr	Frost ja/nein	Anzahl der Nachtfroste im Jahr	Verteilung der Nachtfroste nach Monaten	Absolutes Temperatur- minimum bzw. Hin weise auf die Stärke der Nachtfroste
1909	nein	–	–	–
1910	nein	–	–	–
1911	ja	3	Juli 1, August 2	32 °F (0 °C)
1912	ja	1	Juli	
1913	ja	7	Juli 5, August 2	31 °F (–0,6 °C) „heftiger Frost“ (PRICE) 30 °F (–1,1 °C)
1914	ja	31	Juli 7, August 16, September 4, Oktober 4	25 °F (–3,9 °C)
1915	ja	24 (BRAAK) 20 (PRICE)	Juli 8, August 13 November 3 (BRAAK) ohne Angabe (PRICE)	22 °F (–5,6 °C) (31. Juli)
1916	nein (PRICE) ja (BRAAK)	5	Juli 2, August 3	30 °F (–1,1 °C)
1917	ja	ohne Angabe (PRICE) 7 (BRAAK)	ohne Angabe (PRICE) August	„schwacher Frost“ 28 °F (–2,2 °C)
1918	ja	20 (PRICE) 38 (BRAAK)	u. a. Oktober 2 (PRICE) Juni 2, Juli 8, August 8, September 10, Oktober 10	26 °F (–3,3 °C)
1919	ja	10 (PRICE) 11 (BRAAK)	Juli 5, August 3 August 4 (BRAAK), Oktober 2	28 °F (–2,2 °C)
1920	ja	ohne Angabe (PRICE) 5 (BRAAK)	im Juni/Juli Juli 4, August 1 (BRAAK)	„verschiedene Male Frost“ (PRICE) 26 °F (–3,3 °C)
1921	ja	ohne Angabe (PRICE) 15 (BRAAK)	im August und Oktober (PRICE) August 10, Oktober 3, November 2 (BRAAK)	25 °F (–3,9 °C)
1922	ja	ohne Angabe (PRICE) 27 (BRAAK)	im August und September (PRICE) Juli 3, Juli 8, August 9, September 7 (BRAAK)	„starker Frost“ (PRICE) 22 °F (–5,6 °C)
1923	ja	ohne Angabe	ohne Angabe	„stärkerer Frost als in den früheren Jahren“
1924	ja	ohne Angabe	ohne Angabe	28,4 °F (–2,0 °C)
1925	ja	32	ohne Angabe	26,6 °F (–3,0 °C)
1926	ja	9	ohne Angabe	29,3 °F (–1,5 °C)
1927	ja	5	ohne Angabe	28,4 °F (–2,0 °C)
1928	nein	–	–	–
1929	ja	6	Ende Mai/Juni	31,1 °F (–0,5 °C)
1930	ja	10	Juni 3, Juli 5, August 2	26,5 °F (–3,1 °C)

(Fortsetzung von Tabelle 1)

Jahr	Frost ja/nein	Anzahl der Nachtfröste im Jahr	Verteilung der Nachtfröste nach Monaten	Absolutes Temperaturminimum bzw. Hinweise auf die Stärke der Nachtfröste
1931	ja	2	Juli 2	ohne Angabe
1932	ja	ohne Angabe	ohne Angabe	„Frostschaden vernachlässigbar“
1933	ja	ohne Angabe	ohne Angabe	„Frostschaden vernachlässigbar“
1934	ja	8	August 8	—4 °C „unzweifelhaft die größten je aufgetretenen Frostschäden“
1935	ja	ohne Angabe	September	—2 °C
1936	nein	—	—	—
1937	nein	—	—	—
1938	ja	2	September 2	—1 °C
1939	ja	ohne Angabe	September	„verschiedene Male unter 0 °C“
1940	ja	ohne Angabe	Ende Juli, Anfang Oktober	ohne Angabe
1950	nein	—	—	—
1951	nein	—	—	—
1952	ja	1	August 1	„starke Anzeichen von Frost“
1953	ja	4	Juni 1, Juli 3	Juni: „schwacher Frost“ Juli: „kräftiger Frost“
1954	nein	—	—	—
1955	nein	—	—	—

nen – Teefabrik oder an anderen Plantagengebäuden gewonnen worden. Von da her beziehen sich die in den Plantagen vorhandenen Frostbeobachtungen vor allem auf die Ausdehnung der frostgeschädigten Teefelder, um auf diese Weise den frostbedingten Produktionsausfall an Tee ermitteln zu können. Allerdings bleibt auch hierbei die Frage ungeklärt, ob die auf den Frost zurückgeführten Blattnekrosen an Teebüschen wirklich auf einem Unterschreiten des Gefrierpunktes beruhen oder aber nur auf einen Kälte- bzw. Hitzeschock im Zusammenhang mit einer extrem großen täglichen Temperaturamplitude zurückzuführen sind. Dagegen sind individuelle Beobachtungen über Frosterscheinungen, z. B. in Form von Eisbildungen, weitgehend dem Zufall und Interesse des Plantagenleiters und seiner Mitarbeiter überlassen.

Nach dem Kertasarie Estate dürften in den Pengalengan Highlands die Teeplantagen von Malabar, Sedep

und Santosa (Abb. 2) dem größten Frostrisiko ausgesetzt sein. Die Teegärten dieser Plantagen liegen überwiegend auf dem flachgewellten Pengalengan-Plateau in rund 1500–1700 m NN und reichen nur stellenweise bis auf die unteren Hänge der randlichen Vulkanberge der Pengalengan Highlands, z. B. im Falle von Sedep: Teefelder bis 2000 m NN. Gute Hinweise über das Ausmaß von phänologisch beobachteten Frösten in diesen Plantagen ergeben sich aus der Flächenausdehnung der in jedem Jahr frostgeschädigten Teegärten (Tab. 3).

Bestätigt und ergänzt werden die phänologischen Frostbeobachtungen an Teesträuchern durch individuelle Beobachtungen über Frostauswirkungen, am häufigsten in Form eines am frühen Morgen verzeichneten dünnen Eisfilms auf den Teeblättern. Das Auftreten von echten Nachtfrösten wird ferner belegt durch die mündlichen Berichten zufolge häufiger zu

Tabelle 2: Häufigkeit und Stärke von Nachtfrösten im Kertasarie Estate, 1600–1650 m NN, Beobachtungen von 1964–1965 und 1969–1972 (nach unveröffentlichten Erhebungen des Estate)

Number and intensity of night frosts at Kertasarie Estate, 1600–1650 m a. s. l., observations from 1964/1965 and 1969–1972 (compiled from records of the Estate)

Jahr	Frost ja/nein	Anzahl der Nachtfröste	Datum der Nachtfröste	Absolutes tägliches Temperaturminimum
1964	ja	1	2. August	−1 °C
1965	ja	4	7., 8. Juli	−4 °C
			21. August	−2 °C
			25. August	−1 °C
1969	ja	1	3. August	0 °C
1970	ja	4	3. Juli	0 °C
			10. August	0 °C
1971	ja	2	1., 2. September	−1 °C
			13. Juni	0 °C
1972	ja	14	18. Juli	0 °C
			4., 5., 15. Juni	0 °C
			3., 4., 7., 10., 11., 21. Juli	0 °C
			18. August	−1 °C
			24. August	−0 °C
			4. September	−2 °C
			13. September	−1 °C
			20. September	0 °C

Tabelle 3: Die Ausdehnung der frostgeschädigten Teegärten in Malabar, Sedep und Santosa (nach Umfragen und Erhebungen des Verf.)

The area of frost-damaged tea fields at Malabar, Sedep and Santosa Estates (based on records of the estates concerned)

Gesamtgröße der Teegärten (ha)	Malabar	Sedep	Santosa
	1138	1507	937
Anteil der frostgeschädigten Teegärten (ha):			
1960	—	—	139
1961	—	—	198
1962	—	—	276
1963	—	—	155
1964	—	—	325
1965	—	—	178
1966	—	—	276
1967	—	—	250
1968	—	—	187
1969	—	—	170
1970	158	181	218
1971	451	169	629
1972	203	534	205

(Für Malabar und Sedep waren die Angaben erst ab 1970 erhältlich)

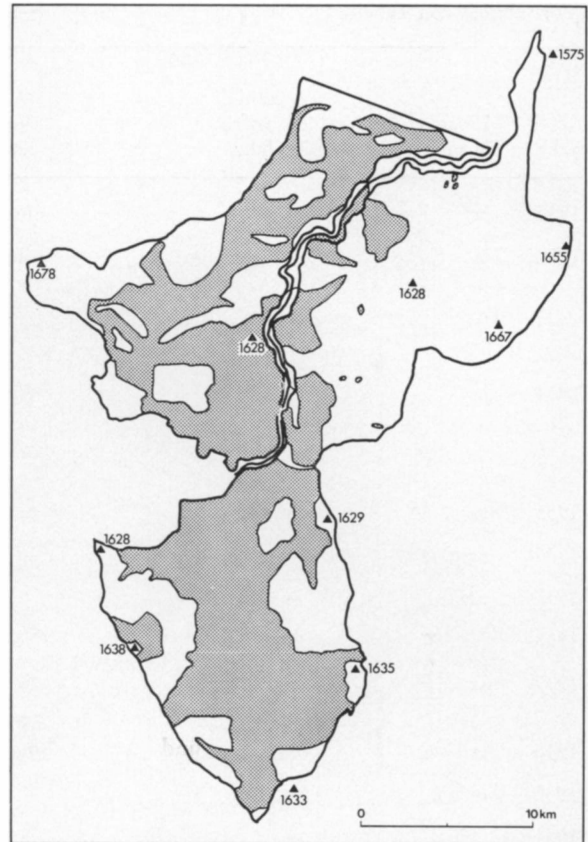


Abb. 3: Geländeklimakartierung der frostgefährdeten Teefelder der Kertasarie-Teepflanzung, Pengalengan Highlands; Höhenangaben in Meter

Situation of the frost-affected tea fields of Kertasarie Estate; altitude in m above sea level

beobachtende, frühmorgendlich vorkommende dünne Eisschicht auf dem Fußballplatz von Malabar und sogar eines Eisfilms auf einem kleinen Teich in der Babakan Division/Malabar Estate. Als Beweis für die Regelmäßigkeit des Auftretens und die lokale Begrenzung von nächtlichen Bodenfrösten kann schließlich der Name „Rancha-ibun“ angeführt werden – eine sundanesische Bezeichnung, die soviel wie „Frostloch“ bedeutet. Dieser Name ist für eine rund 40 ha große Region des Sedep Estate lokal allgemein gebräuchlich. Hier tritt Frost regelmäßig im Süd-Winter auf, zudem auch mit der größten Häufigkeit innerhalb des Sedep Estate.

Über die Stärke der Nachtfröste liegen keine genauen Messungen vor. Nach mündlicher Auskunft muß mit einer mittleren jährlichen Häufigkeit von rund 5 Frosträchten gerechnet werden. Bekannt ist zudem, daß sich die potentielle Frostperiode mit der saisonalen Trockenperiode von Juli bis September deckt. Den Beobachtungen über die Frostschäden an Teebüschen zufolge tritt der Frost als Bodenfrost selbst in flachen Depressionen auf, die als Kaltluftseen



und Frostlöcher wirken. Auf Grund der gravierenden Frostschäden an Teebüschen wurden in der Vergangenheit in den Plantagen von Malabar, Sedep und Santosa verschiedene Frostschutzmaßnahmen vorgenommen (siehe oben: Kertasarie Estate), am häufigsten in Form von Kaltluft-Abflußgräben, daneben durch Anpflanzung von „Frostschutzbäumen“ zwecks Reduktion der Ausstrahlung (Photos 3 und 5) sowie durch künstliche Beheizung der frostgefährdeten Teegärten. Alle Frostschutzmaßnahmen sind ohne spürbare Erfolge wieder eingestellt worden.

Frostbeobachtungen waren auch von den Plantagen Rancasuni und Rancabolang (Abb. 2) erhältlich, jedoch nur für die dreijährige Periode 1970–1972. Diese im Mittel um 1700 bzw. 1800 m gelegenen Plantagen befinden sich am westlichen Rand der Pengalengan Highlands, die Teegärten liegen zum größeren Teil in den Highlands, an den unteren Hängen der Vulkane, zum kleineren auf dem Plateau.

Die Frostbeobachtungen auch dieser beiden Plantagen sind phänologischer Art, in Form von Wachstumsschäden an Teebüschen, ergänzt durch Meßwerte der täglichen Minimumtemperaturen. Sie wurden allerdings an der Teefabrik registriert und können deshalb nicht als repräsentativ für die frostgefährdeten Teefelder angesehen werden. Frostbeobachtungen in den Plantagen von Rancasuni und Rancabolang beziehen sich insbesondere auf eine möglichst genaue Erfassung der frostgeschädigten Teegärten. Zwischen 1970 bis 1972 registrierten die beiden Plantagen folgende Frosthäufigkeit:

Jahr	Rancasuni	Rancabolang
1970	1. Juli 1. September	1. Juli 1. August
1971	8. August 13. September	5. Juli
1972	5. Juni 27. Juni 3. Juli 4. Juli 7. Juli 24. August	1. Juni 1. Juli

Die Beobachtungen der Plantagen von Malabar, Sedep und Santosa sowie Rancasuni und Rancabolang bestätigen den Frost in typischer Weise als kleinräumiges, geländeklimatologisches Phänomen, das auf Depressionen beschränkt ist, die die Frostentstehung begünstigen und als Kaltluftseen und Frostlöcher wirken. In allen Plantagen heben sich wiederum einige Hohlformen als besonders frostgefährdet ab, in denen versucht wurde, die Bildung von Frost und seine beträchtlichen Schäden an Teebüschen durch besondere Schutzmaßnahmen (Gräben, Schattenbäume und Beheizung) zu verringern.

Bestätigt werden die in den bisher genannten Plantagen gewonnenen Beobachtungen schließlich auch

durch solche vom Patuahwattee Estate (Abb. 2) in den Pengalengan Highlands, dessen Teegärten von 1500 bis maximal 2250 m reichen (Höhenlage der Teefabrik 1749 m NN). Die Plantage befindet sich auf stärker reliefiertem Terrain in den Randbergen der Highlands. Nächtliche Strahlungsfröste wurden hier nur selten und von schwachem Ausmaß beobachtet, sie beschränken sich auf eine rund 20 ha große Depression in rund 2000 m NN. Besondere Frostschutzmaßnahmen stellten auch hier Gräben zum Sammeln und Abfließen der Kaltluft sowie künstliche Wärmeerzeugung durch Beheizung der Teegärten mittels Brennöfen dar (Photo 4 u. 5).

#### Die Wetterstation des Mount Pangerango

Die Auswertung der täglichen Temperaturminima des Mount Pangerango (3019 m) führt zu dem keinesfalls überraschenden Ergebnis, daß hier zwischen 1912 und 1945 nicht ein einziges Mal Frost auftrat (Abb. 4). Das absolute Temperaturminimum für die 34jährige Beobachtungsperiode betrug  $+ 0,5^{\circ}\text{C}$ , das zweimal – im September 1918 und Februar 1944 – registriert worden ist. Somit herrscht selbst in der beträchtlich großen Meereshöhe von über 3000 m NN noch Frostfreiheit. Diese Beobachtung steht nicht im Widerspruch zu den Beobachtungen verschiedener, wesentlich tiefer gelegener Teeplantagen in den Pengalengan Highlands, nach denen schon in Höhen ab rund 1500 m nächtliche Strahlungsfröste als geländeklimatologisch bedingtes Phänomen auftreten. Vielmehr bekräftigt die Frostfreiheit des Mount Pangerango die Genese der Fröste als Strahlungs- und Bodenfröste, deren Entstehen durch Depressionen, etc. begünstigt wird, wogegen Hang- und Gipfellagen selbst in beträchtlich größeren Höhen thermisch bevorzugt und frostfrei sind.

In Abb. 4 ist für alle Beobachtungsjahre die jeweils absolute tägliche Minimumtemperatur – mit Angabe des betreffenden Monats – eingetragen. Hieraus lassen

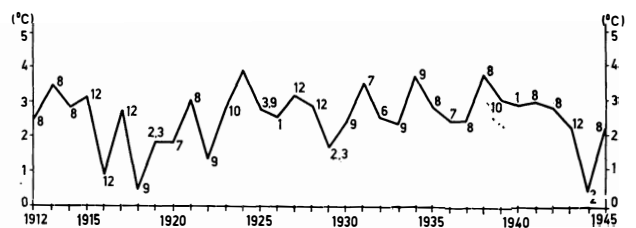


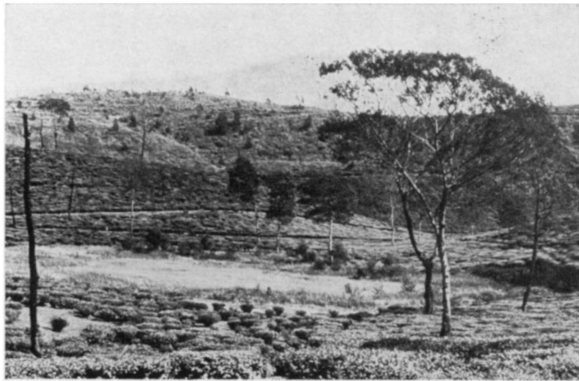
Abb. 4: Absolute Minimumtemperatur pro Jahr, 1912–1945, für die Station Mount Pangerango 3023 m NN, lt. Aufzeichnungen in der Wetterhütte, 1,70 m über dem Erdboden). Die Zahlen weisen auf den Monat mit der Jahresminimumtemperatur.

Absolute annual minimum temperature at Mount Pangerango (3012 m a. s. l.), observation period 1912–1945. The numbers refer to the month with the lowest minimum temperature.

sich bemerkenswerte Schlüsse über das jahreszeitliche Auftreten der Minimumtemperaturen ablesen. Danach ist der August der „kühlste“ Monat, die Periode von Juli bis September die „kühle“ Jahreszeit, charakterisiert durch das häufigste Vorkommen des absoluten jährlichen Temperaturminimums. Diese Monate sind zugleich auch die trockensten, so daß die allgemein gültigen Beziehungen zwischen Niederschlagsrückgang und Temperaturabnahme bzw. zwischen Trockenheit und Frostgefahr bestätigt werden. Mit vergleichsweise großer Häufigkeit wurde daneben auch das absolute jährliche Temperaturminimum im Dezember registriert

(7mal), mithin also im Süd-Sommer, in dem somit trotz insgesamt hoher Temperaturen gelegentlich auch ungewöhnlich niedrige Temperaturen auftreten können.

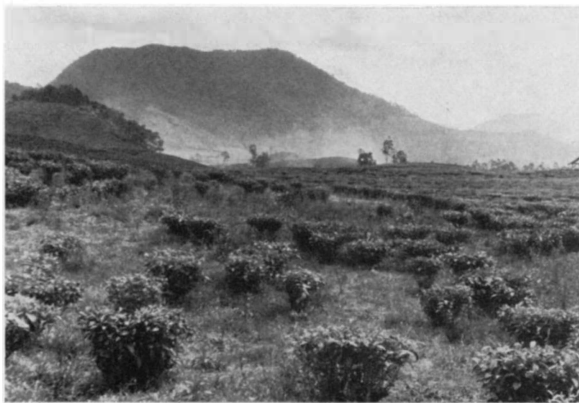
Aus den Temperaturbeobachtungen des Mount Pangerango läßt sich unter Anwendung des adiabatischen Temperaturgradienten die Frostgrenze – als Ausdruck für das regelmäßige Vorkommen von atmosphärischem, nicht Bodenfrost – auf Java in einer Höhenlage von rund 3500 m NN angeben. Geht man von tatsächlich gemessenen absoluten Minimumtemperaturen im Krater des Mount Pangerango aus, so ergibt sich



1



4



2



5



3

PHOTOS 1-5: M. DOMRÖS, JULI UND AUGUST 1973

bei Berücksichtigung des trockenadiabatischen Temperaturgradienten ( $1^{\circ}/100$  m) die Frostgrenze in rund 3400 m NN, bei Anwendung des feuchtadiabatischen Gradienten ( $0,7^{\circ}/100$  m) die Frostgrenze in 3550–3600 m NN. Nach diesen Beobachtungen scheint die Frostgrenze in etwas größerer Höhe als in den inner-tropischen Anden zu liegen; auf Beobachtungen in Süd-Peru beruhend, beginnen nach TROLL (1959) Fröste „gegen 3000 m“ (dort S. 26). Für Quito gibt TROLL die Grenze regelmäßiger Fröste in „über 3000 m“ an (1959, dort S. 26).

Leider ist die Wetterstation des Mount Pangerango seit dem Jahre 1945 geschlossen, so daß seither keine Beobachtungen von dieser nach ihrer Höhenlage besonders „interessanten“ Wetterstation mehr vorliegen.

winterlichen Trockenperiode und dem Auftreten von Frost besteht nach den vorliegenden Beobachtungen in tropischen Gebirgen in gesicherter Weise eine direkte Beziehung derart, daß eine Trockenperiode die Entstehung nächtlicher Bodenfröste begünstigt, dagegen eine Regenzeit die Frostbildung hemmt (vgl. auch VAN STEENIS 1968, BROWN und POWELL 1974). Frost in den Pengalengan Highlands stellt eindeutig ein geländeklimatologisches Phänomen dar, dessen genaue räumliche Erfassung von großer agrarklimatologischer Bedeutung ist und ein lohnendes Objekt für eine Geländeklimakartierung darstellt.

### 5. Ergebnisse

Auf Grund der instrumentellen und phänologischen Frostbeobachtungen gilt für die Pengalengan Highlands oberhalb von 1500 m NN das Vorkommen von Frost als typisches, agrarklimatisch außerordentlich nachteiliges Klimaphänomen. Genetisch handelt es sich um ausstrahlungsbedingte Boden- bzw. Nachtfroste, die vorzugsweise in Depressionen auftreten. Sie stellen Kaltluftseen dar, in denen sich die durch nächtliche Ausstrahlung abgekühlte Luft ansammelt, ohne daraus abfließen zu können. Frostgefährdete Jahreszeit ist der südhemisphärische Winter von Juli bis September, der auf Java zugleich eine ausgeprägte saisonale Trockenperiode darstellt. Zwischen der Intensität der

### Literatur

- BRAAK, C.: Het Klimaat van Nederlandsch-Indie. Batavia (Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium) 1924ff.
- BROWN, M. und POWELL, J. M.: Frost and drought in the Highlands of Papua New Guinea. In: The Journal of Tropical Geography, 38, 1974, S. 1–6.
- DOCTERS VAN LEEUWEN: Biology of Plants and Animals in the Higher Parts of Mount Pangerango-Gedeh in West-Java. In: Verh. Kon. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam, Afd. Natuurkunde, 2. Sect., Tl. 31, 1933, S. 1–278.
- DOMRÖS, M.: Frost in Ceylon. In: Arch. Meteorol. Geophys. Bioklimat., Ser. B, 18, 1970, S. 43–52.

*Photo 1:* Typisches Bild einer als „Frostloch“ wirkenden Depression auf den Pengalengan Highlands (Beispiel: Santosa Estate, um 1600 m NN), im Gefolge davon degenierter bzw. Erliegen gekommener Teeanbau

Typical view of a depression acting as a “frost hole” in the Pengalengan Highlands (Example: Santosa Estate, about 1600 m above sea-level). Degenerated or abandoned tea cultivation as a consequence

*Photo 2:* Frostgeschädigte Teebüsche in einer flachen Depression im Santosa Estate, Pengalengan Highlands, um 1600 m NN  
Frost-damaged tea bushes in a shallow depression on the Santosa Estate, Pengalengan Highlands, at about 1600 m above sea-level

*Photo 3:* Santosa-Teeplantage, Pengalengan Highlands: locker angepflanzte „Frostschutzbäume“ (*Grevillea*), im Vordergrund; Lage der Plantagenarbeitskolonie in einer frostgefährdeten Depression (im Mittelgrund des Bildes); um 1600 m NN

Santosa Tea Plantation, Pengalengan Highlands: thinly-planted “frost-protection trees” (*Grevillea*) in foreground; plantation workers' settlement located in a frost-hazard depression at about 1600 m above sea-level (middle-ground of picture).

*Photo 4:* Typisches Bild einer Plantagen-Siedlung auf den Pengalengan Highlands: (Beispiel: Patuahwattee Estate, 1500–2000 m NN): Die Anlage der Siedlungen einschließlich der Gemüseärten (vorne) erfolgt bevorzugt in den für den Teeanbau ungeeigneten Depressionen; der Tee wird an den Hängen angebaut (links und hinten)

Typical view of a plantation settlement in the Pengalengan Highlands: (Example: Patuahwattee Estate, 1500–2000 m above sea-level). Settlements, including vegetable gardens (front), are preferably located in the depressions which are unsuited to tea cultivation; tea is planted on the slopes (left and rear)

*Photo 5:* Kaltluft-Abflußgraben als Frostschutzmaßnahme im Patuahwattee Estate, Pengalengan Highlands, 1500–2000 m NN

Cold air drainage channel as a means of frost protection on the Patuahwattee Estate, Pengalengan Highlands, 1500–2000 m above sea-level

- : The agroclimate of Ceylon. A contribution towards the ecology of tropical crops. Wiesbaden 1974.
- PRICE, W.: Some calculations regarding frost damage at Kertasarie. Vervielfält. Manuskript. 1923.
- : Frost at Kertasarie. Vervielfält. Manuskript, London 1957.
- SCHWEINFURTH, U.: Zur Pflanzengeographie der javanischen Bergwelt. In: Erdkunde, 28, 1974, S. 145-148.
- VAN STEENIS, C. G. G. J.: Frost in the Tropics. In: Proceed. Sympos. 'Recent Advances in Tropical Ecology' (Varanasi 1968), S. 154-167, Varanasi 1968.
- TROLL, C.: Die Frostwechsellhäufigkeit in den Luft- und Bodenklimaten der Erde. In: Meteorol. Zeitschrift, 60, 1943, S. 161-171.
- : Die tropischen Gebirge. Ihre dreidimensionale klimatische und pflanzengeographische Zonierung. In: Bonner Geograph. Abhandl. H. 25, 1959.
- : The Cordilleras of the Tropical Americas. Aspects of climatic, phytogeographical and agrarian ecology. In: Colloquium Geographicum, Bd. 9, 1968, S. 15-56.
- VROLIJK, M.: Vorst op de Hoogvgvlage van Pengalengan. In: De Bergculture, 8, 1934, S. 1142-1144.

## UNTERIRDISCHER ZENTRENAUSBAU IN JAPANISCHEN STÄDTEN

Mit 7 Abbildungen, 4 Photos und 7 Tabellen

PETER SCHÖLLER

*Summary:* Construction of subterranean centres in Japanese cities

The pre-conditions for the construction of many new centres in the underground area of Japanese cities were the increased development of the underground railway system, the multifunctional utilization of large basements in office buildings, as well as the installation of subterranean pedestrian passages. Distinct influences are also discernible in the level and dynamics of ground prices at the surface and the particular difficulties of urban reconstruction. In this "underground" 4 main types of centre construction are distinguished: 1. The passage type, intended for through-traffic and access to stations; 2. The supplementary type, with its retail and restoration premises intended to supplement surface locations; 3. The secondary-centre type, containing a mixed location community with departmental stores and private basements; 4. The main-centre type, catering for target-traffic by displaying a complex supply of specialities and luxuries, departmental stores, refreshment and parking facilities.

The Japanese underground centres are counted among the best and most rationally laid-out retail and restaurant facilities on earth. They are, however, purely commercial, offering neither cultural or social facilities nor any starting point for communication and urban identification. In 1974 the problems of disaster prevention and over-concentration led to increased governmental control.

Bei vielen Fragen an den großen Prozeß der Modernisierung Japans sind die Städte die Brennpunkte der Auseinandersetzung. Es liegt im Wesen der städtisch-industriellen Gesellschaft, daß hier wesentliche Entscheidungen fallen über die Entwicklung neuer Lebensformen und städtisch-industrieller Lebensmöglichkeiten. Die Städte als die modernen Industrie- und Organisationszentren sind Schmelztiegel, Experimentierfeld und Innovationsträger zugleich. Von ihnen strahlen die Kräfte aus, die schließlich das ganze Land abgestuft, aber doch unaufhaltsam bis in den letzten Winkel hinein formen. In diesem Beitrag geht es um einen Teilaspekt der modernen Stadtentwicklung, der Anzeichen und Aufschlüsse tiefgreifender Verhaltensweisen bietet: den unterirdischen Zentrenausbau. Die

eigenen Untersuchungen dazu begannen im Herbst 1971 und wurden von Ende Februar bis Ende April 1975 intensiv fortgesetzt<sup>1)</sup>.

### 1. Der Übergang zum dreidimensionalen Städtebau

So wie die alte japanische Stadt vor allem eine Stadt der Ebene war, so stellte sie sich selbst in ihrer baulichen Gestaltung auch fast ohne vertikale Dominanten dar, mit gleichmäßiger, niedriger Höhenlinie, aus der sich nur einige Tempeldächer und der Turm der Stadtburg hervorhoben. Doch seit Mitte der 60er Jahre ist der Wandel im Streben nach vertikaler Betonung überall sichtbar. Er begann meist beim Warenhaus, dem „Departo“, einem der maßgebenden Innovationsträger gerade in den Mittelstädten und Regionalzentren Japans, setzte sich fort bei Banken und Geschäftshäusern, einzelnen öffentlichen Bauten und steigerte sich in aufgesetzten Reklameakzenten und Werbetürmen in den Hauptgeschäftszentren.

Gegenüber diesen oft überspannten vertikalen Werbe- und Prestigeeffekten tritt die Keimzelle und der historische Kern der bedeutendsten japanischen Städte, die Stadtburg, immer stärker zurück. Nur in kleineren Städten oder wenn der Burgplatz hoch genug liegt, wirkt das Schloß noch als ein baulicher Höhepunkt der Stadtanlage. Denn auch die Wohnzonen der Großstädte haben durch private Großwohnblocks, Turm- und Scheibenbauten neue vertikale Dominanten erhalten.

<sup>1)</sup> Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt. In Japan gilt mein Dank für Rat, Hilfe und Diskussion ganz besonders den Prof. S. Kiuchi, H. Kobayashi, T. Ukita, E. Oya, M. Ishii, H. Kohnno, Y. Masai, I. Kamozaawa, K. Kitagawa, H. Morikawa, S. Yokoyama, K. Sasaki, K. Hayashi sowie vielen Beamten, Kaufleuten und Angestellten, die bereitwillig Informationen gaben und Material zur Verfügung stellten.