Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft

Band: 63 (1953)

Artikel: Ergebnisse einer botanischen Studienreise nach Westafrika 1950/51 I. Beitrag zur Kenntnis von Mikroklima und Algenvegetation des nackten Gesteins in den Tropen

Autor: Zehnder, Alfons

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-44356

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 05.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Ergebnisse einer botanischen Studienreise nach Westafrika 1950/51

I.

Beitrag zur Kenntnis von Mikroklima und Algenvegetation des nackten Gesteins in den Tropen

Von *Alfons Zehnder*

(Aus dem Institut für spezielle Botanik der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich)

Eingegangen am 9. August 1952

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Einleitung	5
B. Allgemeine Übersicht über das Untersuchungsgebiet	6
1. Geographisch-geologische Übersicht	6
2. Das Großklima Kameruns	9
3. Die Vegetation	11
C. Das Mikroklima von Gesteinsoberflächen in den Tropen	12
1. Der Temperaturgang an Gesteinsoberflächen	12
a) Messungen im Urwald	12
b) Freie Granitfläche bei Yaoundé	13
c) Der Einfluß der Exposition auf den Temperaturverlauf von Felsoberflächen	16
2. Der Wasserhaushalt der Gesteinsoberfläche	18
D. Die Mikrovegetation von Gesteinsoberflächen	21
1. Allgemeines	21
2. Beispiele	22
a) Ein Granitblock in der Savanne bei Ngaoundere	22
b) Am Wasserfall der Vina bei Ngaoundere	23
c) In den Kalkhöhlen von Mbondo	24
E. Zusammenfassung	25
F. Literaturverzeichnis	26

A. Einleitung

Im Sommer des Jahres 1950 bot sich dem Verfasser Gelegenheit zu einem Aufenthalt in Westafrika, der in erster Linie dem Studium der Algenvegetation des nackten Gesteins in den Tropen gewidmet sein sollte. Als Hauptuntersuchungsgebiet wurde Französisch-Kamerun gewählt, dessen weitgehend gebirgige Natur Gewähr bot, daß anstehende Felsen in genügender Zahl und ohne unüberwindliche Schwierigkeiten

erreichbar sein würden. Schweizer Missionare aus dem Benediktinerkloster Engelberg stellten in großzügiger Weise ihre Missionsstation in Otélé als Standquartier zur Verfügung und förderten durch ihre uneigennützige Zuvorkommenheit und Hilfeleistung die Arbeit entscheidend. Ihnen gebührt mein erster Dank. Großen Dank schulde ich aber auch den Kolonialbehörden von Französisch- und Britisch-Kamerun sowie des Belgischen Kongos, bei denen ich immer freundliche Hilfe fand, ferner dem *Service météorologique du Cameroun français,* der mir sein umfangreiches klimatisches Zahlenmaterial (teilweise verarbeitet in den Tabellen 1, 2, 3, 8, 9) zur Verfügung stellte. Ebenso verpflichtet bin ich zahlreichen Missionaren und Kolonisten, deren Gastfreundschaft und Unterstützung ich so oft in Anspruch nehmen durfte. Schließlich sei auch der schwarzen Helfer gedacht, die mich als Wegweiser und Träger durch Urwald und Savanne begleiteten.

Die Verarbeitung der gesammelten Materialien geschieht am Institut für spezielle Botanik der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, wo ich dank der Großzügigkeit von Herrn Prof. Dr. Ernst Gäumann weiterhin einen Arbeitsplatz belegen darf. Besonderen Dank schulde ich Herrn Prof. Dr. Otto Jaag, der mir bei der Wahl des Themas mit seinem Rate und seiner reichen Erfahrung beistand und meine Arbeit unermüdlich fördert. Herr Prof. Dr. Walo Koch hat in verdankenswerter Weise die Verarbeitung der gesammelten Phanerogamen und Gefäßkryptogamen übernommen bzw. vermittelt.

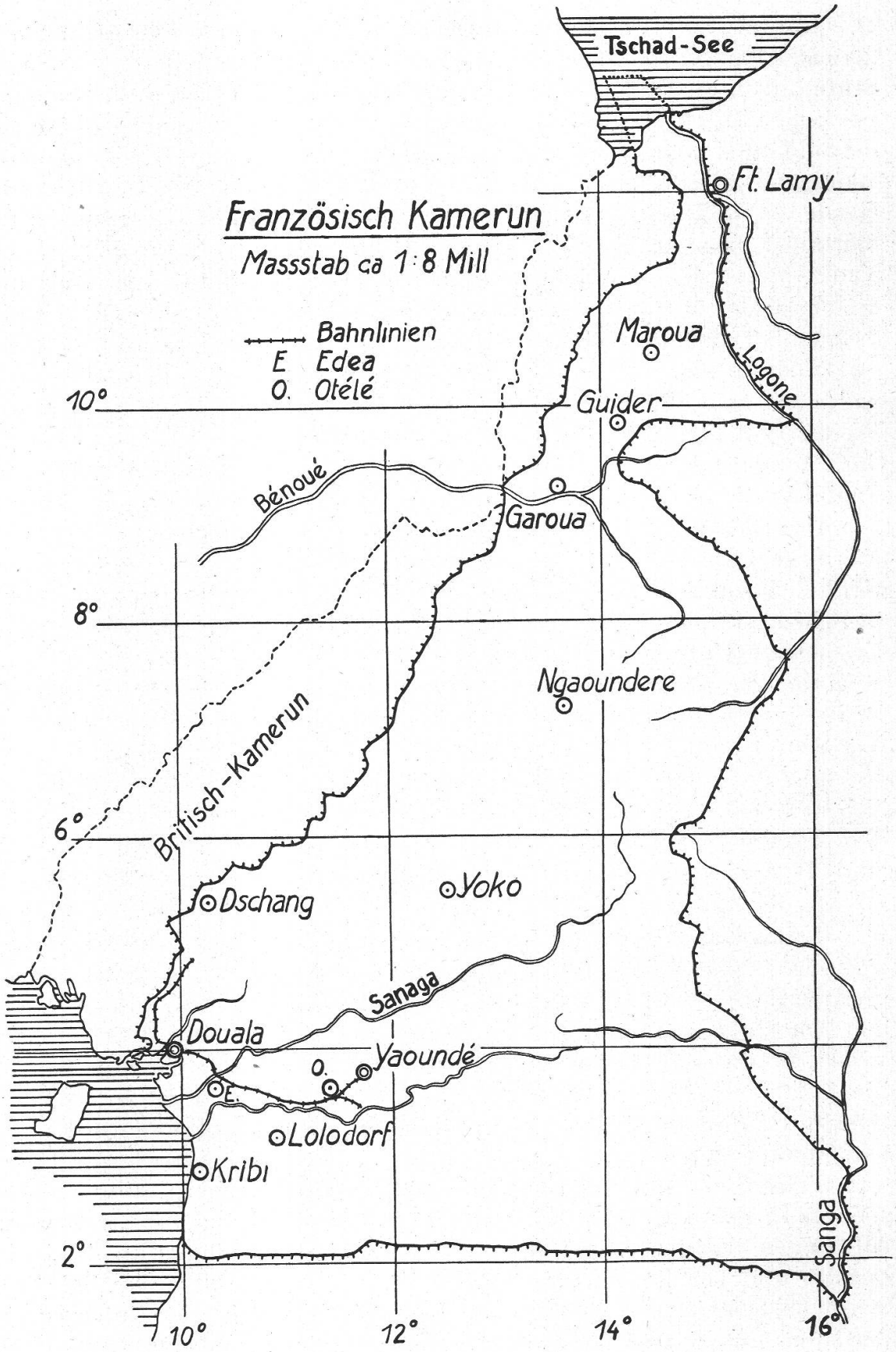
Der ganze Studienaufenthalt dauerte — Hin- und Rückreise eingeschlossen — ein Jahr. Vom Standquartier Otélé aus führten mehrwöchige Reisen nach Nordkamerun, in die westliche Bergregion von Französisch- und Britisch-Kamerun sowie durch Gabon bis in den Belgischen Kongo.

B. Allgemeine Übersicht über das Untersuchungsgebiet

1. Geographisch-geologische Übersicht

Kamerun war ursprünglich deutsche Kolonie und wurde nach dem ersten Weltkrieg unter Völkerbundsmandat gestellt. Der größte Teil wird heute von Frankreich (Französisch-Kamerun), ein schmaler Streifen im Westen von Großbritannien (Britisch-Kamerun, an Nigerien angeschlossen) verwaltet.

Französisch-Kamerun (432 000 km², zirka 3 Millionen Einwohner) erstreckt sich vom Golf von Guinea bis hinauf an den Tschadsee und stellt geographisch keine Einheit dar. Das Relief ist sehr abwechslungsreich. Im Gebiet der Hafenstadt Douala bilden Alluvionen einen flachen Küstenstreifen, der sich bei Douala etwa 80 km weit ins Innere erstreckt und sich gegen Süden verschmälert, bis er bei Kribi, wo der kristalline Sockel des Innern direkt an die Meeresküste tritt, verschwindet.


Tschad-See
Ft. Lamy
Französisch Kamerun
Massstab ca 1:8 Mill
Bahnlinien
E Edea
O. Otélé
Maroua
Logone
10°
Guider
Bénoué
Garoua
8°
Ngaoundere
Britisch-Kamerun
6°
Dschang
Yoko
Sanaga
Douala
Yaoundé
O.
E.
Lolodorf
Kribi
Sanga
2°
10°
12°
14°
16°

Figur 1

Das alluviale Vorland geht gegen das Landesinnere schroff in einer 20 bis 30 m hohen Stufe in das kristalline Vorland über. An dieser Stufe bilden die Ströme aus dem Inneren Wasserfälle (z. B. die Sanaga bei Edea). Das kristalline Vorland wird durch ein Randgebirge abgelöst, dessen Gipfel etwas über 1000 m ü. M. erreichen mögen. Das kristalline Randgebirge leitet in das Zentralplateau über, das von Süden nach Norden allmählich ansteigt. So liegt die Hauptstadt Yaoundé zirka 800 m, Yoko 1000 m, Ngaoundere 1100 m über Meer. Im Süden von Yaoundé löst sich das Plateau in ein unruhiges Hügelland auf, während es im Norden deutlicher tafelförmig gestaltet ist. Einzelne vulkanische Kegel sitzen im nördlichen Teil auf ihm.

Unweit nördlich von Ngaoundere fällt das Hochland in einer gewaltigen Stufe in das Tiefland der Bénoué (Nebenfluß des Nigers) ab. Weiter nördlich finden sich wieder Gebirgsmassive, als bedeutendstes das Mandaramassiv nordwestlich von Maroua. Schließlich geht das Gebiet in die eigentliche Niederung des Tschadsees über.

Der südliche Teil des Grenzgebietes von Französisch- und Britisch-Kamerun wird als westliche Bergregion bezeichnet. Ein Vulkansystem zieht sich von der Insel Fernando Poo über den Kamerunberg (4070 m) in Britisch-Kamerun weiter in nordöstlicher Richtung ins Landesinnere. Erloschene Vulkane mit oft eindrucksvollen Kratern — wir denken etwa an den Manenguba, dessen Hauptkrater wohl 3 km Durchmesser besitzt — drücken dieser Gebirgslandschaft, der «Suisse camerounaise», den Stempel auf.

Als hydrographischer Mittelpunkt des Landes muß der nördliche Teil des Zentralplateaus, das Hochland von Adamaua, bezeichnet werden. Dort entspringen die bedeutendsten Flüsse: Der Logone verläuft zum Tschadsee, die Bénoué zum Niger, die Sanaga zum atlantischen Ozean, die Kadei ins Kongobecken.

Geologisch gehören etwa fünf Sechstel des Landes dem praekambrischen Grundgebirge an, dessen Granite und Gneise zum Beispiel den größten Teil des Zentralplateaus (= Hochland von Südadamaua) bilden. Die Vulkane der westlichen Bergregion sind tertiären Ursprunges, wobei die eruptive Tätigkeit des Kamerunberges bis in die Gegenwart hinein reicht (letzter Ausbruch aus einem seitlichen Krater 1922). Basalt und Andesit überwiegen unter den Gesteinen. An manchen Orten tritt auch Trachyt auf, so in den Bamboutobergen bei Dschang. Eine ausgedehnte Basaltdecke, die auf Vulkanismus hinweist, findet sich sodann in der Gegend von Ngaoundere. Abgesehen von den rezenten Alluvionen an der Küste finden sich Sedimente älterer Provenienz (Kreide und Tertiär) im Bereich des alluvialen Vorlandes, zum Beispiel zwischen Douala und Mbanga am Mungofluß. Dort ist der Untergrund der roten Lehme und Sande aufgeschlossen. Er besteht aus Sand- und Kalksteinen der Kreideformation. Die Aufschlüsse sollen schlecht sein,

denn sie finden sich in den Flußbetten und sind zum Teil nur bei Tiefstand des Wassers zu untersuchen. Bis 60 m hoch aufragende Sandsteinwälle aus rotem «Ossasandstein» treten im Gebiet des Ossasees auf, der unweit Edea an der Grenze von alluvialem und kristallinem Vorland liegt. Es handelt sich vermutlich um alte Strandwälle. — Im Norden Kameruns weist die Niederung der Bénoué alttertiäre (?) Sedimente auf: Der «Bénouésandstein» lagert als mächtige Tafel auf dem Granit und bildet so mit ihm die für die Gegend charakteristischen Tafelberge. Schließlich seien die Sande der Tschadseeniederung erwähnt. — Als metamorphes Paragestein ist der weiße Marmor zu betrachten, der bei Lam und Bidzar (30 bis 40 km nordöstlich, resp. östlich von Guider) zum Teil von Eingeborenen, zum Teil von einem europäischen Unternehmer ausgebeutet und zu gebranntem Kalk verarbeitet wird.

2. Das Großklima Kameruns

Französisch-Kamerun erstreckt sich vom 2. bis zum 13. nördlichen Breitengrad und stellt daher auch klimatisch keine Einheit dar. Der Süden liegt im Bereich des feuchtwarmen Äquatorialklimas. Tägliche und jährliche Temperaturschwankungen sind gering. Während des

Tabelle 1
Temperaturverhältnisse (in ° C) in Französisch Kamerun

	Do	Kr	Lo	Ya	Yo	Ng	Ga	Ma	Ds
Jahresmittel	26,3	26,2	25,0	23,5	23,1	22,4	28,2	29,0	20,0
Kältester Monat	VIII	VIII	VIII	VII	VIII	VIII	I	VIII	VII
Wärmster Monat	II	III	IV	II	III	IV	IV	IV	IV
Mitteltemperatur des kältesten Monates	24,8	24,8	23,3	21,9	21,4	21,2	26,1	26,2	19,1
Mitteltemperatur des wärmsten Monates	27,2	27,3	26,1	24,6	25,0	24,4	32,9	33,7	21,0
Mittlere jährliche Differenz	2,4	2,5	2,8	2,7	3,6	3,2	6,8	7,5	1,9
Jahresmittel des Tagesminimums	22,7	23,1	19,9	19,0	18,2	16,0	21,3	22,3	14,6
Jahresmittel des Tagesmaximums	29,8	29,3	30,1	27,8	27,9	28,7	35,1	35,6	25,4
Mittlere tägl. Amplitude ..	7,1	6,2	10,2	8,8	9,7	12,7	13,8	13,3	10,8

Abkürzungen: Do = Douala (Meeresküste), Kr = Kribi (Meeresküste), Lo = Lolodorf (südliches Hügelland, Urwald), Ya = Yaoundé (Zentralplateau, Urwald, zirka 800 m ü. M.), Yo = Yoko (Zentralplateau, Savanne, zirka 1000 m ü. M.), Ng = Ngaoundere (Plateau von Adamaua, Savanne, zirka 1100 m ü. M.), Ga = Garoua (Tiefland der Bénoué, Savanne, zirka 250 m ü. M.), Ma = Maroua (nördliches Tiefland, Savanne, zirka 250 m ü. M.), Ds = Dschang (westliche Bergregion, Savanne, zirka 1400 m ü. M.).

ganzen Jahres fallen Niederschläge, wobei sie sich freilich zur Zeit des höchsten Sonnenstandes stark anhäufen. Der Norden des Landes ist durch das Savannenklima charakterisiert: größere tägliche und jährliche Temperaturamplituden als im Süden, dann aber vor allem eine ausgeprägte Regenzeit zur Zeit des höchsten Sonnenstandes, also im Nordsommer, und scharfe Trockenzeit während des Nordwinters. Der Übergang vom feuchtwarmen Äquatorialklima zum Savannenklima vollzieht sich natürlich allmählich, so daß wir in Kamerun tatsächlich alle Übergangstypen verwirklicht finden.

Die Temperaturen (in Grad Celsius) einiger wichtiger Orte von Französisch-Kamerun sind in Tabelle 1 dargestellt.

An den meisten Orten ist entweder Juli oder August der kälteste Monat. Eine auffallende Ausnahme bildet Garoua. Tabelle 2 zeigt aber, daß die Jahreskurve der Temperatur für Garoua, wie übrigens die vieler anderer Stationen, zwei Minima und zwei Maxima aufweist. Das Juli-August-Minimum ist nun für die meisten Orte absolutes Jahresminimum, während in Garoua — wohl aus irgendwelchen lokalen Gründen — der Januar kälter ist als der August.

Tabelle 2
Jährlicher Temperaturverlauf (in ° C) einiger Ort in Französisch-Kamerun

	Do	Ya	Ng	Ga	Ma	Ds
Januar	26,9	24,1	22,0	26,1	26,7	19,8
Februar	27,2	24,6	23,0	28,4	28,6	20,5
März	27,1	24,4	24,3	31,2	31,8	21,0
April	27,0	24,1	24,4	32,9	33,7	21,0
Mai	26,9	23,7	23,0	30,2	31,8	20,6
Juni	26,1	23,0	22,2	28,2	29,7	19,7
Juli	24,9	21,9	21,6	26,8	27,3	19,1
August	24,8	22,3	21,2	26,3	26,2	19,1
September	25,4	22,7	21,4	26,5	26,9	19,6
Oktober	25,7	22,9	21,9	27,9	28,8	19,9
November	26,3	24,0	22,0	27,5	28,8	19,9
Dezember	26,7	23,8	21,8	26,4	27,3	19,5

Abkürzungen: vgl. unter Tabelle 1!

Vergleichen wir die Niederschlagshöhe sowie die jährliche Niederschlagsverteilung einiger meteorologischer Stationen Kameruns, so läßt sich von Süden nach Norden sehr schön der allmähliche Übergang vom tropischen Regenwaldklima (Af-Klima) zum Savannenklima (Aw-Klima) verfolgen (Tabelle 3).

Die Luftfeuchtigkeit wird später — im Abschnitt über den Wasserhaushalt der Gesteinsoberflächen — besprochen (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 3

Zahl der Regentage einiger Orte in Französisch-Kamerun

	Do	Kr	Lo	Ya	Yo	Ng	Ga	Gu	Ma	Ds
Januar	7	10	7	4	2	1	0	0	0	5
Februar	10	10	7	6	2	0	0	0	0	6
März	16	15	13	12	7	4	1	1	0	12
April	18	17	18	16	12	14	4	4	0	20
Mai	23	21	21	18	15	19	11	9	7	22
Juni	24	16	16	16	14	21	11	9	8	24
Juli	29	13	12	9	14	22	12	11	14	23
August	27	22	15	13	17	21	14	14	16	25
September	27	26	22	20	20	21	14	9	10	27
Oktober	26	25	25	23	20	14	7	6	2	25
November	16	17	17	13	6	1	0	1	0	9
Dezember	9	11	6	5	1	0	0	0	0	4
Jahr	232	203	179	155	130	138	74	64	57	202
Regenmenge in cm ..	383	306	209	155	159	161	99	87	78	199

Abkürzungen: *Gu* = Guider; übrige Abkürzungen vgl. unter Tabelle 1!

Für die Sonnenscheindauer stehen Werte von Douala und Yaoundé zur Verfügung. Für erstere Stadt werden 1038 Stunden, für die letztere 1639 Stunden als Jahresmittel angegeben (entsprechender Wert für Zürich: 1671 Stunden).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß wir in unserem wichtigsten Untersuchungsgebiet, in Französisch-Kamerun, tropisches Regenwaldklima und Savannenklima samt allen Übergängen vom ersten zum zweiten Typ vorfinden.

3. Die Vegetation

Die Makrovegetation Kameruns erhält ihr Gepräge weitgehend durch die klimatischen Gegebenheiten: Die äquatorialen südlichen Gebiete mit ihrem feuchtwarmen Klima sind vom tropischen Regenurwald bedeckt. Er geht in Mittelkamerun — etwas nördlich der Hauptstadt Yaoundé — in Savanne über. Im nördlichsten Kamerun klingt diese allmählich in dürftige Steppe aus. In hohen Lagen Südkameruns findet sich eine besondere Form des tropischen Urwaldes, der sogenannte «Nebelwald», der zum Beispiel die Hänge des Kamerunberges in Britisch-Kamerun bekleidet. Baumfarne sowie eine üppig ausgebildete Flechten- und Moosvegetation zeichnen ihn aus.

C. Das Mikroklima von Gesteinsoberflächen in den Tropen

1. Der Temperaturgang an Gesteinsoberflächen

Die Untersuchungen von Jaag (1945) in gemäßigten Breiten zeigen, daß das Mikroklima von Gesteinsoberflächen zum Teil wesentlich vom Makroklima der Umgebung abweicht. Am deutlichsten ist dies beim Temperaturverlauf von Felsoberflächen festzustellen, die der direkten Sonnenstrahlung zugänglich sind: Sie erwärmen sich an Tagen mit intensiver Strahlung gelegentlich mehr als 20° C über die Temperatur der Luft, während sie infolge der nächtlichen Ausstrahlung am frühen Morgen niedrigere Temperaturen aufweisen können als die Luft der unmittelbaren Umgebung. Der Temperaturgang der Felsoberfläche hat also kontinentaleren Charakter als der der umgebenden Lufthülle.

Durch Temperaturmessungen an Gesteinen in den Tropen wollten wir einen Beitrag zum Fragenkomplex des Mikroklimas von Felsoberflächen liefern. Bei den Messungen kam grundsätzlich die von Jaag (1945) benutzte und ausführlich beschriebene Methode zur Anwendung (Kupfer-Constantan-Thermoelement). Als Strommeßinstrument benützten wir das «Elmes-Präzisions-Zeiger-Galvanometer» (Empfindlichkeit: $1{,}0 \cdot 10^{-6}$ A/°; Innenwiderstand zirka 30 Ohm) der Firma Staub & Co., Richterswil (Schweiz). Während bei der Apparatur Jaags Kupfer- und Konstantandraht miteinander verlötet waren, waren die beiden Drähte unserer Apparatur verschweißt; auch wurde die Verbindungsstelle noch kleiner gehalten, um ihre eigene Wärmekapazität möglichst herabzusetzen.

a) Messungen im Urwald

Felsoberflächen, die nie von direkten Sonnenstrahlen erreicht werden, besitzen freilich keinen kontinentaleren, sondern in der Regel einen ausgeglicheneren Temperaturverlauf als die Luft der Umgebung. Das zeigte sich an einem Granitfelsen, der in einem Tobel im sekundären Urwald bei Otélé ansteht. Seine freie Oberfläche mißt etwa 4 m², die Neigung der südexponierten Fläche beträgt zirka 60°. (Die Exposition ist hier für den Temperaturverlauf allerdings praktisch belanglos.) Ein dichter Bestand von hohen Farnen umgibt und überdacht den nackten Felsen, und das fast zusammenhängende Blätterdach der hohen Bäume hält Sonnenstrahlen das ganze Jahr über fern.

Am 25. September 1950, also etwa zu Beginn des zweiten Drittels der Regenzeit, wurden die Temperaturen der Felsoberfläche, der Luft im Wald unmittelbar neben dem Felsen (in 1,5 m Höhe über dem Erdboden) sowie der Luft in einer benachbarten Rodung gemessen. In der Tabelle 4 sind jeweils die drei korrespondierenden Messungen als gleichzeitig dargestellt. In Wirklichkeit wurde immer zuerst die Felstempe-

ratur, unmittelbar anschließend die Lufttemperatur im Walde und zirka 15 Minuten später jene in der Waldlichtung gemessen.

Tabelle 4

Temperaturgang an der Oberfläche eines Granitblockes und der Luft im Urwald und in einer Waldlichtung bei Otélé (Französisch-Kamerun) am 25. September 1950 (Regenzeit)

Zeit	Temperatur der Gesteinsoberfläche in °C	Temperatur der Luft im Wald in °C	Temperatur der Luft in einer Waldlichtung in °C
06.00	20,0	19,3	18,9
06.45	20,0	19,3	19,4
07.30	20,2	19,9	20,5
08.30	20,3	20,0	21,4
09.30	20,3	20,7	22,2
10.30	20,7	21,6	*24,8*
11.30	21,5	*22,1*	24,5
14.00[1]	*22,1*	20,7	20,0
17.00	20,7	20,7	20,1
18.00	20,0	20,0	20,3

[1] Regen von 12 Uhr 15 bis 13 Uhr 50.

Morgens um 6 Uhr wies die Luft in der offenen Waldlichtung die tiefste, die Felsfläche die höchste Temperatur auf. Im Verlauf des sonnigen Vormittags stieg die Temperatur in der Lichtung ziemlich steil an und erreichte um 10 Uhr 30 24,8° C und damit das Tagesmaximum, denn zunehmende Bewölkung und ein kühlender Wind ließen die Temperatur schon vor Mittag wieder fallen. Die Lufttemperatur im geschlossenen Wald stieg noch eine Stunde länger an und erreichte ihr Tagesmaximum um 11 Uhr 30. Von 12 Uhr 15 bis kurz vor 14 Uhr fiel schwacher Regen. Während die Lufttemperaturen sanken, stieg die Temperatur der Felsoberfläche trotzdem noch an und erreichte um 14 Uhr ihren Tageshöchststand.

Der Verlauf der drei Meßreihen zeigt ein Nachhinken der Felsentemperatur hinter der Lufttemperatur im Walde. Diese hinkt ihrerseits wieder der Temperatur der Luft in der offenen, der Himmelsstrahlung zugänglicheren Waldlichtung nach. Das Nachhinken der Temperatur der Gesteinsoberfläche weist darauf hin, daß diese nicht durch direkte Strahlung, sondern überwiegend durch Konvektion der Luft gesteuert wird.

b) Freie Granitfläche bei Yaoundé

Ein ganz anderes Bild des Temperaturverlaufs ergibt sich, sobald die berücksichtigte Felsfläche der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt ist. Am Stadtrand von Yaoundé, zirka 100 m westlich des «Grand Séminaire» der katholischen Mission Mvolyé, steht Granit in einer Flächenausdehnung von etwa 50 m² als nackte Felsfläche von 15° Neigung und

südwestlicher Exposition an. Niedrige Gebüsche und ein kleiner Bestand von 3 m hohem Savannengras rahmen die freie Granitfläche ein.

Eine erste Meßreihe wurde am 16. Oktober 1950, also in der zweiten Hälfte der großen Regenzeit, aufgenommen. Der Witterungsablauf des gewählten Tages war für diese Jahreszeit charakteristisch. (Durchschnittlich dauert allerdings der obligate Gewitterregen länger als am Beobachtungstage.)

Bei Tagesanbruch bedeckte ein zarter Dunst den Himmel, löste sich aber schon bald auf, und um 7 Uhr stach die Sonne bereits intensiv vom blauen Firmament. Um 7 Uhr 30 trafen die ersten direkten Sonnenstrahlen die Meßfläche; vorher waren sie durch das am Rande des Felsens stehende Gras abgehalten worden. Um 8 Uhr 30 begannen sich über den Berggipfeln der Umgebung von Yaoundé Cumuluswolken zu bilden, und um 10 Uhr war bereits die Hälfte des sichtbaren Himmels von Wolken bedeckt. Später schlossen sich die Cumuli zu einer kompakten Decke zusammen; ab 11 Uhr waren etwa $^{8}/_{10}$ des Himmels von Wolken bedeckt. Die Luft war ziemlich bewegt, und die Sonne brannte bald intensiv auf die Erde, bald verschwand sie wieder hinter Wolken. Von 13 Uhr 40 bis 13 Uhr 55 fiel ein heftiger Gewitterregen. Nachher wechselten infolge des frischen Windes für kurze Zeit Bewölkung und Insolation ständig. Dann klärte sich der Himmel zusehends. Um 16 Uhr betrug der Bewölkungsgrad noch etwa $^{3}/_{10}$. Der Wind flaute ab; um 17 Uhr war es am Meßort praktisch windstill. Später zogen langsam Stratuswolken auf, die bei Einbruch der Nacht zirka $^{8}/_{10}$ des Himmels bedeckten.

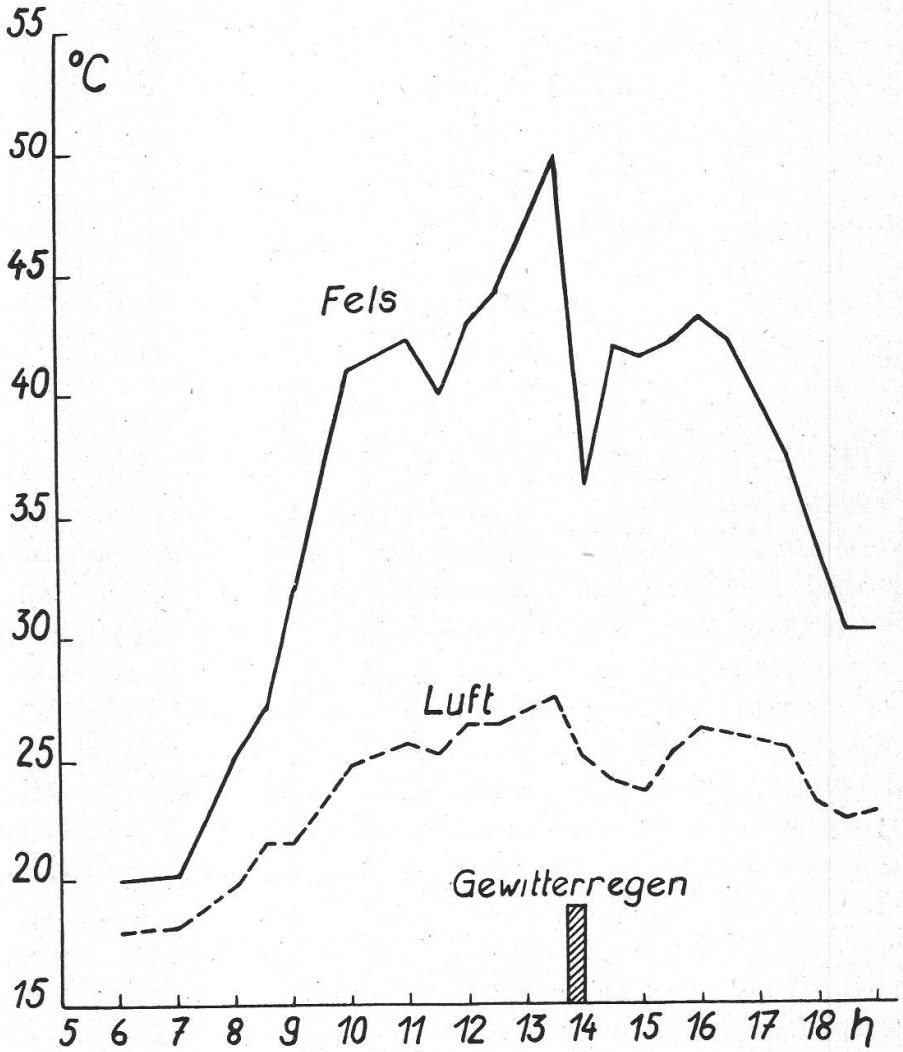
Der Temperaturverlauf (Tabelle 5 und Figur 2) der Felsoberfläche und der Luft (1,5 m über dem Erdboden) zeigt, daß die Felsentemperatur wohl weiter angestiegen wäre, wenn nicht der Regen eine plötzliche Abkühlung gebracht hätte. Doch ist gerade diese nasse Abkühlung während der Regenzeit die Regel, ja sie ist meist sicher stärker als am Meßtag, da dieser nur relativ kurzen Regenfall aufwies und im übrigen als schöner und heißer Tag angesprochen werden konnte. So stehen wir vor der im ersten Moment überraschenden Tatsache, daß Felsenoberflächen sich in den Tropen Südkameruns in der Regenzeit nicht stärker erwärmen als in unseren gemäßigten Breiten, ja Jaag (1945) maß gelegentlich in Zürich höhere Gesteinstemperaturen als wir in Yaoundé.

An der gleichen Stelle wurde am 30. Dezember 1950, also während der Trockenzeit, eine weitere Meßreihe aufgenommen (Tab. 6). Die Witterung war die eines durchschnittlichen Trockenzeittages: Am frühen Morgen zeigte sich eine zusammenhängende Hochnebeldecke, die sich im Laufe des Vormittags in einzelne Wolkenfelder auflöste. Die wolkenfreien Partien des Himmels wiesen einen weißgrauen Dunst auf, eine in der Trockenzeit fast permanente Erscheinung. Erst bei Einbruch der Dunkelheit verschwanden die Wolken vollständig.

Tabelle 5

Temperaturgang an der Oberfläche eines Granitblockes und der Luft bei Yaoundé (Französisch-Kamerun) am 16. Oktober 1950 (Regenzeit)

Zeit	Temperatur der Gesteinsoberfläche in °C	Temperatur der Luft in °C	Zeit	Temperatur der Gesteinsoberfläche in °C	Temperatur der Luft in °C
06.00	19,9	17,8	14.00	36,2	25,0
07.00	20,1	18,0	14.30	42,0	24,0
08.00	25,1	19,7	15.00	41,5	23,5
08.30	27,0	21,5	15.30	42,1	25,2
09.00	31,8	21,4	16.00	43,2	26,2
10.00	41,0	24,8	16.30	42,2	25,9
11.00	42,3	25,6	17.30	37,5	25,4
11.30	40,0	25,3	18.00	33,5	23,2
12.00	43,0	26,4	18.30	30,2	22,4
12.30	44,2	26,4	19.00	30,2	22,8
13.30	49,4	27,5			



Figur 2

Temperaturgang an der Oberfläche eines Granitfelsens und der Luft bei Yaoundé (Französisch-Kamerun) am 16. Oktober 1950 (Regenzeit)

Morgens 6 Uhr lag die Temperatur der Felsoberfläche leicht unter jener der Luft. Sie stieg von 8 Uhr bis 14 Uhr (Tagesmaximum) steil an, erreichte aber die Höchsttemperatur des 16. Oktobers bei weitem nicht. Der Dunstschleier absorbierte eben einen großen Teil der direkten Wärmestrahlung der Sonne. Dagegen stieg die Lufttemperatur höher an als bei der ersten Meßreihe; der Unterschied zwischen maximaler Felsen- und Lufttemperatur war dadurch viel geringer.

Tabelle 6
Temperaturgang an der Oberfläche eines Granitblockes und der Luft bei Yaoundé (Französisch-Kamerun) am 30. Dezember 1950 (Trockenzeit)

Zeit	Temperatur der Gesteinsoberfläche in °C	Temperatur der Luft in °C
06.15	20,8	21,0
07.15	21,5	20,7
08.15	21,6	21,2
10.00	27,8	23,6
12.15	34,3	27,1
13.15	36,0	28,9
14.15	39,4	27,5
15.15	37,2	28,5
16.15	38,1	28,5
17.15	34,6	28,0
18.15	31,1	25,8

c) Der Einfluß der Exposition auf den Temperaturverlauf von Felsoberflächen

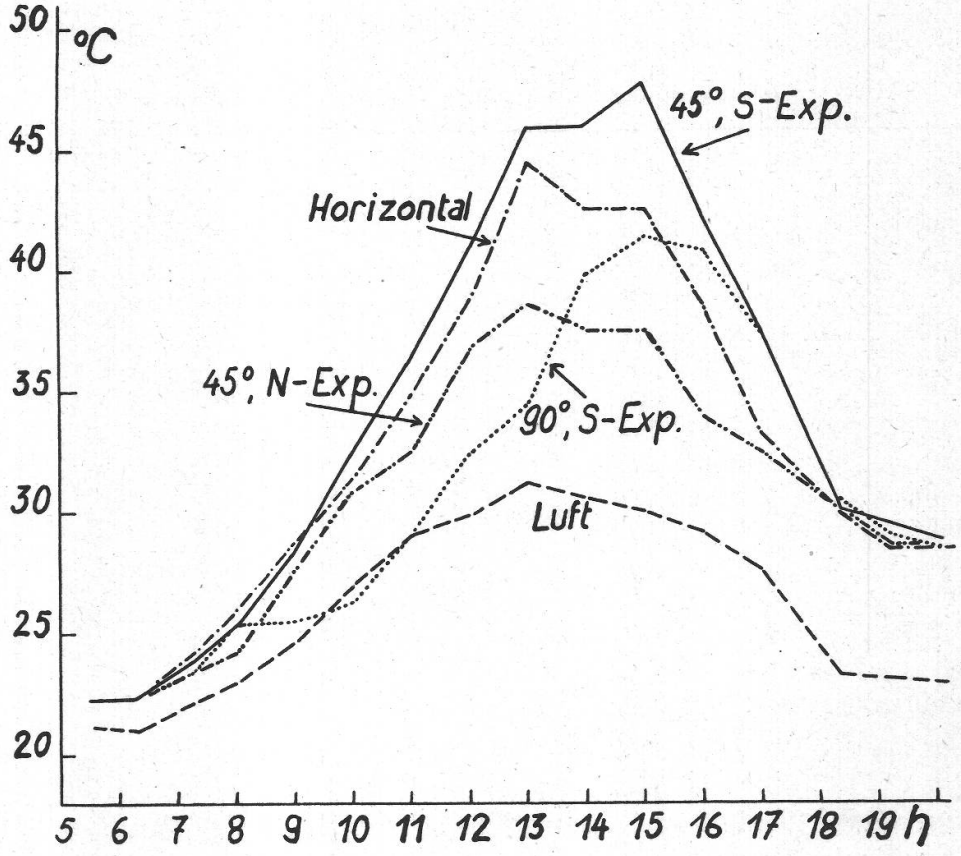
In Otélé wurden am 11. Januar 1951 (Trockenzeit) an Zementmauerwerk die Oberflächentemperaturen von Flächen verschiedener Neigung und Richtung gemessen. Der Witterungsablauf am Meßtag zeigte nichts Außergewöhnliches: Bis gegen 8 Uhr bedeckte eine zusammenhängende Hochnebeldecke den Himmel. Sie begann sich dann in einzelne Felder aufzulösen; der Bewölkungsgrad ging auf etwa $^{6}/_{10}$ (um 9 Uhr) zurück. Um 11 Uhr stieg er vorübergehend stark an auf zirka $^{9}/_{10}$, sank dann aber ständig und betrug um 14 Uhr noch rund $^{4}/_{10}$. Ab 16 Uhr wurde die Atmosphäre zunehmend dunstig. — Der Temperaturgang auf den einzelnen Flächen ergibt sich aus Tabelle 7 und Figur 3.

Auch hier steigt die Temperatur nirgends bis auf die von Jaag (1945) auf Gesteinsoberflächen in Zürich festgestellten Höchstwerte. Daß die Hanglage (= Exposition) von Felsflächen in den Tropen sich klimatisch und damit auf die Vegetation weniger auswirkt als in gemäßigten Breiten, wurde schon wiederholt dargetan (z. B. Geiger, 1942; Jaag, 1945). Zudem sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß in Tabelle 7 die Meßreihen eines einzelnen Tages wiedergegeben sind.

Tabelle 7

Temperaturgang an der Oberfläche von Zementmauerwerk und der Luft bei Otélé (Französisch-Kamerun) am 11. Januar 1951 (Trockenzeit)

Zeit	Vertikale Fläche Süd-Exposition °C	Horizontale Fläche °C	Unter 45° nach Süden geneigte Fläche °C	Unter 45° nach Norden geneigte Fläche °C	Luft °C
05.30	22,4	22,4	22,4	22,4	21,2
06.15	22,4	22,4	22,4	22,4	21,0
07.15	23,5	24,2	24,0	23,5	22,2
08.00	25,4	26,1	25,4	24,3	23,0
09.00	25,6	28,8	28,3	27,6	24,6
10.00	26,3	31,4	32,4	30,9	27,0
11.00	28,8	34,8	36,2	32,6	29,0
12.00	32,5	38,8	41,0	36,8	29,9
13.00	34,5	44,4	45,9	38,7	31,2
14.00	39,8	42,6	46,1	37,6	30,5
15.00	41,4	42,6	47,7	37,6	30,0
16.00	40,9	38,7	42,3	34,0	29,1
17.00	37,5	33,3	37,5	32,5	27,6
18.20	30,4	30,0	30,1	30,1	23,3
19.10	29,0	28,6	29,3	28,6	23,0
20.40	27,2	28,6	28,6	28,6	22,5



Figur 3

Temperaturgang an der Oberfläche von Zementmauerwerk und der Luft bei Otélé (Französisch-Kamerun) am 11. Januar 1951 (Trockenzeit)

Hätten wir statt dessen Mittelwerte über einen längeren Zeitraum — etwa ein Jahr — vor uns, so würden darin die Unterschiede zwischen Nord- und Südhang fast ganz verschwinden, da ja in den äquatorialen Breiten die Sonnenstrahlung bald von Süden, bald von Norden her einfällt.

2. Der Wasserhaushalt der Gesteinsoberfläche

Über den Wasserhaushalt von Gesteinsoberflächen in gemäßigten Breiten berichtet Jaag (1945) ausführlich. Mutatis mutandis gelten seine Ausführungen auch für die Tropen, und es sei hier daher nur auf Unterschiede gegenüber den Verhältnissen in unseren Breiten hingewiesen.

Die relative Luftfeuchtigkeit einiger Orte von Französisch-Kamerun geht aus Tabelle 8 hervor. Die Zahlen stellen die arithmetischen Mittel aus Tageswerten von je 6 Uhr, 12 Uhr und 18 Uhr (Greenwicher Zeit) dar. Mittelt man die relative Feuchtigkeit aus dem Tagesmaximum und -minimum, so ergeben sich meist etwas abweichende Durchschnittswerte. Die Angaben unter Lolodorf bedeuten die relative Luftfeuchtigkeit von mittags 12 Uhr; da von 18 Uhr keine Messungen zur Verfügung standen, konnte das Mittel nicht berechnet werden.

Tabelle 8

Mittlere relative Luftfeuchtigkeit einiger Orte in Französisch-Kamerun in Prozenten

	Do	Kr	Lo	Ya	Yo	Ng	Ga	Ma	Ds
Januar	84,1	84,9	74,4	80,2	58,6	41,5	39,9	28,6	74,6
Februar	82,5	84,4	77,4	79,4	58,9	32,3	35,9	28,2	75,8
März	82,0	83,3	72,4	78,9	65,2	41,6	35,4	25,8	78,5
April	83,6	86,0	75,5	82,6	80,0	63,3	46,2	25,5	83,6
Mai	85,8	85,8	77,3	85,1	83,8	78,9	63,3	42,8	83,1
Juni	87,3	85,7	81,2	85,9	87,3	83,9	73,3	62,6	88,1
Juli	90,6	86,8	84,3	86,9	91,4	87,4	81,3	75,9	90,0
August	89,9	88,3	78,6	89,5	90,5	85,8	82,4	82,4	88,9
September	88,6	90,8	82,9	86,6	88,4	87,1	82,5	79,3	86,5
Oktober	87,3	89,6	80,8	83,4	84,6	81,6	76,2	64,1	84,2
November	86,1	88,0	81,9	84,5	71,0	60,4	56,0	36,3	82,4
Dezember	85,3	86,3	78,4	81,8	61,6	47,3	46,9	27,9	79,8
Jahr	86,1	86,7	78,8	83,7	76,8	65,9	59,9	48,3	83,0

Abkürzungen: wie in Tabelle 1.

Die Tabelle zeigt für das Gebiet des tropischen Regenwaldes (Douala, Kribi, Lolodorf, Yaoundé) sowie für die Berggegend von Dschang die bekannt hohen Werte («Treibhausklima»). Nordkamerun weist dagegen viel geringere Jahresmittel für die relative Luftfeuchtigkeit auf — wir befinden uns im Gebiet des Savannenklimas.

Die Feuchtigkeitsamplituden sind im Regenwaldklima viel geringer als im Savannenklima. So beträgt die Jahresamplitude in Douala 8,6 % (Unterschied zwischen den Mittelwerten für März und Juli), in Maroua dagegen 56,9 % (zwischen April und August).

Im Wasserhaushalt einer Gesteinsoberfläche spielt der Tau eine bedeutende Rolle. Er fällt in den Tropen reichlicher und häufiger als in der gemäßigten Zone (Tabelle 9). Die zur Verfügung stehenden Unterlagen lassen leider nicht erkennen, auf welchen Oberflächen die meteorologischen Stationen in Kamerun den Tau feststellen. Die Natur des Taufängers spielt aber neben dem Wassergehalt der Luft eine Hauptrolle bei der Taubildung.

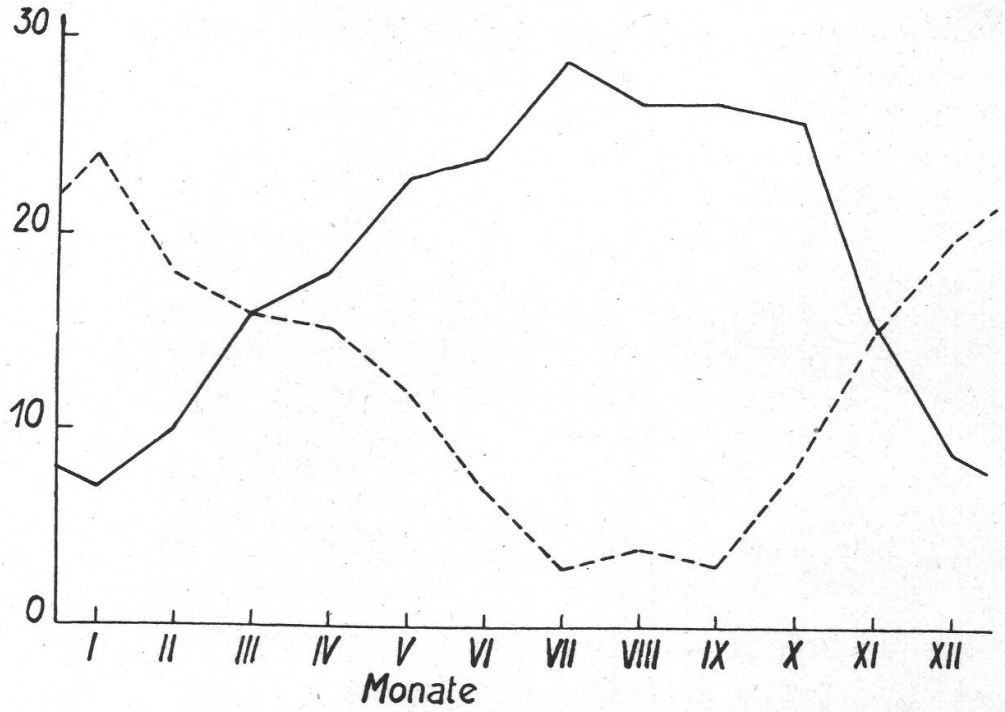
Tabelle 9
Zahl der Taunächte einiger Orte in Französisch-Kamerun

	Do	Kr	Lo	Ya	Yo	Ng	Ga	Ma	Ds
Januar	24	17	26	17	6	13	1	0	23
Februar	18	13	25	12	9	6	0	0	21
März	16	15	24	6	12	6	1	0	21
April	15	13	19	8	12	11	1	0	16
Mai	12	11	17	8	20	15	11	8	18
Juni	7	14	22	7	20	14	22	7	15
Juli	3	15	23	8	16	13	24	6	14
August	4	9	23	5	15	8	20	8	13
September	3	4	20	4	9	10	23	8	11
Oktober	8	8	15	2	5	13	23	7	12
November	15	13	19	7	15	19	15	0	22
Dezember	20	18	26	16	14	13	6	0	25
Jahr	145	150	259	100	153	141	147	44	211

Abkürzungen: wie in Tabelle 1.

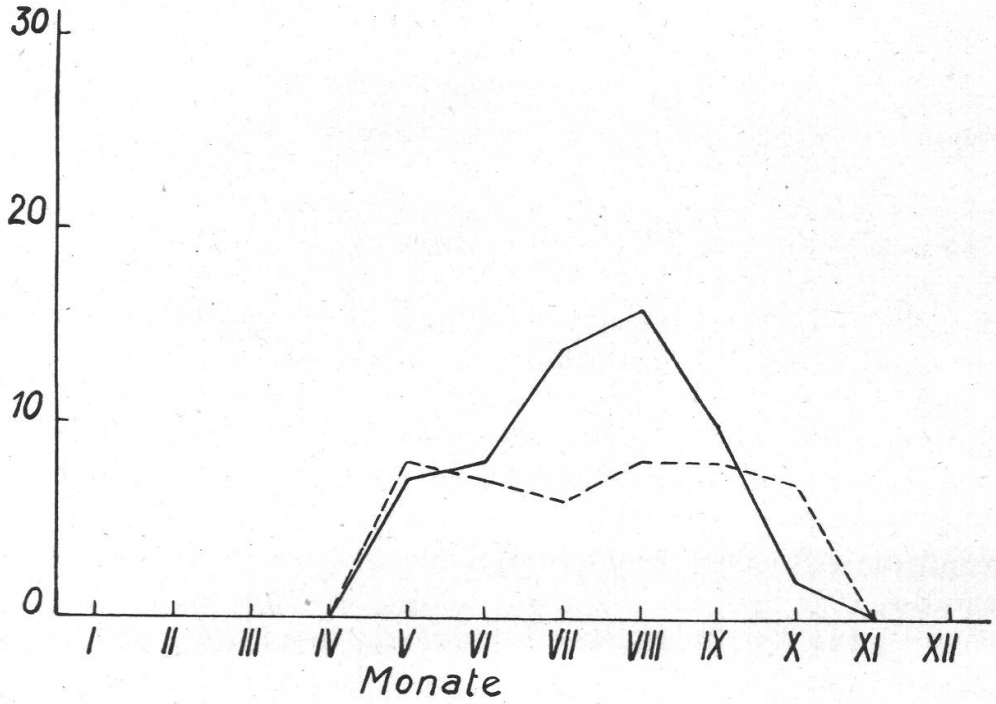
Es scheint nicht ausgeschlossen, daß die Feststellung des Taues nicht in allen Beobachtungsstationen nach den gleichen Gesichtspunkten erfolgt. Tabelle 9 zeigt zum Beispiel für Lolodorf so aus dem übrigen Rahmen fallende Werte, daß der Grund dafür vielleicht nicht nur in klimatischen Unterschieden, sondern auch in einer abweichenden Registriermethode gesucht werden muß. Die Tabelle zeigt aber dennoch, daß die Zahl der Taunächte in den meisten Gegenden höher ist als in unseren Breiten, wo wir zum Beispiel in Uppsala jährlich 72, in Nordspanien 124 Nächte mit Taufall haben (Conrad, 1936, zit. nach Jaag, 1945).

Der Zusammenhang zwischen der Zahl der Regentage und jener der Taunächte sei durch die Figuren 4 und 5 angedeutet. Sie stellen die beiden Extremfälle in Kamerun dar, die durch allmähliche Übergänge miteinander verbunden sind.



Figur 4

Zahl der Regentage und Zahl der Taunächte in Douala (Französisch-Kamerun). Ausgezogene Kurve: Regentage; gestrichelte Kurve: Taunächte. Das Maximum der Regenkurve fällt mit dem Minimum der Taukurve zusammen



Figur 5

Zahl der Regentage und Zahl der Taunächte in Maroua (Französisch-Kamerun). Ausgezogene Kurve: Regentage; gestrichelte Kurve: Taunächte. Das Maximum der Regenkurve fällt mit dem Maximum der Taukurve zusammen

Über die Taumenge pro Nacht bestehen für Kamerun keine Messungen. Doch weiß jeder Tropenreisende, daß die in einer Nacht fallende Taumenge in der Regel bedeutend größer sein wird als in unsern Breiten.

Im Gebiet des Savannenklimas treffen wir auf Gesteinsoberflächen Feuchtigkeitsverhältnisse, wie sie in gemäßigten Breiten (abgesehen vielleicht vom Mittelmeergebiet mit seinem langen, trockenen Sommer) praktisch nicht auftreten. Bei uns sind die Niederschläge mehr oder weniger über das ganze Jahr verteilt. In gleicher Weise ist auch der Wechsel zwischen Austrocknung und Befeuchtung oder Überrieselung freier Felsoberflächen in unseren Breiten über das ganze Jahr resp. die ganze Vegetationsperiode verteilt. Im Savannengebiet Mittel- und Nordkameruns liegen die Verhältnisse anders: Wir haben jährlich eine Regenzeit zur Zeit des höchsten Sonnenstandes und eine lang andauernde Trockenzeit bei Sonnentiefstand. Schon in Ngaoundere sind drei, weiter nördlich (Garoua, Guider) vier, ja in Maroua sechs aufeinanderfolgende Monate völlig niederschlagslos. Wir finden hier also Felspartien, die während der Regenzeit immer wieder von Wasser befeuchtet oder gar überrieselt werden, die dann aber drei, vier, ja sechs Monate völlig trocken liegen, resp. nur durch Luftfeuchtigkeit und eventuell Tau benetzt werden.

Die Verhältnisse werden zudem weit im Norden Kameruns durch das Ausbleiben des Taues während der Trockenzeit weiter verschärft. Der Wassergehalt der Atmosphäre ist bereits so gering, daß zum Beispiel in Maroua — um ein extremes Beispiel zu nennen — während der ganzen Trockenzeit überhaupt kein Tau fällt (vgl. Figur 5).

D. Die Mikrovegetation von Gesteinsoberflächen

1. Allgemeines

Auch in den Tropen gelten für die Mikrovegetation von Gesteinsoberflächen die gleichen Gesetze wie in gemäßigten Zonen: Felsflächen, die im allgemeinen trocken liegen und gut belichtet werden, sind Flechtenstandorte. So sind etwa die zahllosen Granitblöcke, die in der offenen Savanne der Umgebung der Stadt Ngaoundere liegen, von üppiger Flechtenvegetation bedeckt, wobei mir freilich gerade hier bei einer flüchtigen Durchmusterung die Artenzahl eher gering vorkam.

Feuchte Felsoberflächen sind dagegen Algenstandorte. In der Zone des tropischen Regenwaldklimas ist die Luftfeuchtigkeit an manchen Orten während des ganzen Jahres so hoch, daß sie allein für die Entwicklung einer Algenvegetation auf einer nackten Gesteins- oder toten Holzoberfläche genügt, sofern gleichzeitig die Belichtungsverhältnisse

für das Aufkommen von Algen günstig sind. In ausgedehnten Beständen überziehen Algen an solchen Orten oft weite Felspartien.

Im Savannengebiet reicht dagegen die Luftfeuchtigkeit allein für die Entfaltung einer Algenvegetation auf Felsflächen meist nicht aus. Algenstandorte sind dort fast ausschließlich die sogenannten Tintenstriche, d. h. Stellen auf Felswänden, die zum Teil dauernd von einem Wasserfilm überrieselt werden, zum Teil aber ständigem Wechsel zwischen Überrieselung und Trockenheit unterworfen sind. Dieser Wechsel ist für die Entwicklung mancher Gesteinsalgen geradezu notwendig.

Weiter oben wurde gezeigt, daß in Nordkamerun die lang andauernde Trockenzeit auf Felsflächen Umweltbedingungen schafft, wie sie unseren gemäßigten Breiten fehlen. Es ist zu erwarten, daß derartige Verhältnisse eine noch rigorosere Auswahl unter den felsenbewohnenden Algen treffen und daß die Artenzahl noch eingeschränkter sein wird als an Felswänden unseres Landes. Die Abklärung des Einflusses der langen Trockenzeit mit dem mehrmonatigen völligen Ausbleiben von Tau und Rieselwasser auf die Vegetation von Tintenstrichen ist eines der interessantesten Probleme, welche das Studium der Algenvegetation des nackten Gesteins in den Tropen stellt.

Selbstverständlich finden sich auch in den Tropen zwischen typischen Flechten- und Algenstandorten alle Übergänge.

2. Beispiele

Aus unseren rund tausend afrikanischen Algenmaterialien seien die Proben von drei Örtlichkeiten herausgegriffen und kursorisch besprochen. Es kann sich dabei noch keineswegs um eine vollständige Analyse, sondern erst um einige kurze Hinweise handeln.

a) Ein Granitblock in der Savanne bei Ngaoundere

Mitte November 1950, d. h. etwa 14 Tage nach dem Beginn der Trockenzeit, wurden Exkursionen im Gebiet von Ngaoundere auf dem Hochplateau von Adamaua durchgeführt. Die in der Regenzeit frischgrüne Farbe der Savanne war um diese Zeit schon dem Gelbbraun der Trockenzeit gewichen. Ein frei in der Savanne liegender, zirka 2 m hoher Granitblock, im übrigen fast ganz mit Flechten bedeckt, zeigte auf seiner westexponierten vertikalen Stirnfläche unter einer Ritze zwei schwarze Tintenstriche. Beide wiesen in der Mittelpartie ein dickkrustiges Material auf. In den seitlichen Randzonen war dagegen nur eine dunkelrote bis fast schwarze Verfärbung des Granites festzustellen. Das volle Tageslicht wurde durch einige schüttere Sträucher, die 4 bis 5 m vom Block entfernt wuchsen, leicht gemindert. Die Ausbildung der Tintenstriche unter einer querlaufenden Ritze zeigte, daß in der Regenzeit die Partien ohne Zweifel von Rieselwasser befeuchtet werden. Jetzt

lag die Stelle aber völlig trocken und hatte während der folgenden vier Monate kaum einmal Benetzung durch Rieselwasser zu erwarten.

Die mikroskopische Untersuchung zeigte, daß die Vegetation der beiden Tintenstriche sehr artenarm ist. Eine fädige Blaualge aus dem Formenkreis von *Stigonema* dominiert bei weitem. Daneben ließ sich vereinzelt *Gloeocapsa sanguinea* (Ag.) Kütz. sensu Jaag mit roten, eng anliegenden Gallerthüllen nachweisen.

Auch in unsern Gebieten ist *Stigonema* als Alge bekannt, die große Trockenheit noch zu ertragen vermag. J a a g (l. c.) stellte sie zum Beispiel reichlich an den sonnendurchglühten Felshängen zwischen Ascona und Ronco im Kanton Tessin fest.

Leider war es uns nicht möglich, Material aus den beiden Tintenstrichen auch am Ende der Trockenzeit und während der Regenzeit zu sammeln. Beobachtungen über eventuelle Veränderungen der Hüllenweite von *Gloeocapsa sanguinea* im Laufe eines ganzen Jahres (Trockenzeit—Regenzeit) ließen sich damit an diesem Material leider nicht anstellen. Im ganzen zeigt das Tintenstrichmaterial aus Ngaoundere eine starke Übereinstimmung des Gesamtaspektes mit jenem mancher Materialien aus gemäßigten Breiten, die unter extremen Verhältnissen gewachsen sind.

b) Am Wasserfall der Vina bei Ngaoundere

Die Straße, die Französisch-Kamerun von Süden nach Norden durchzieht, überquert zirka 16 km südöstlich von Ngaoundere die Vina. Etwa 100 m unterhalb der Straßenbrücke stürzt das Flüßchen über eine Basaltplatte hinunter, welche dachartig 4 bis 6 m weit über darunterliegendes, weniger widerstandsfähiges Gesteinsmaterial hinausragt. Bei niedrigem Wasserstand kann man sich über abgebröckelte Basalttrümmer hinweg hinter die herabstürzenden Wassermassen begeben. Neben dem eigentlichen Fall wachsen zahlreiche Lianen und Luftwurzeln am Außenrande der Basaltplatte herunter. An mehreren Stellen tropft Wasser von der Decke. Die ganze Unterhöhlung ist überdies von feinem Wasserstaub erfüllt und damit relativ kühl. Lianen und Farne hängen an manchen Stellen auch im Hintergrund der Höhle. Daneben und zum Teil unter den herabhängenden Farnwedeln überwuchert eine Moos- und Algenvegetation von eindrucksvoller Üppigkeit das Gestein. Gelbliche, gallertige Algenmaterialien lassen sich in fast faustgroßen Klumpen ablösen. In die Fixierungsflüssigkeit gebracht, zerfallen sie meist in eine Unzahl von kugeligen Kolonien, die bis zirka 5 mm Durchmesser aufweisen. Die mikroskopische Sichtung zeigt, daß in den Gallertklumpen zwei Formen stark dominieren: ein *Nostoc* und eine *Gloeothece*. Diese zeigt weite, hyaline Gallerthüllen, die oft deutlich, oft undeutlich geschichtet sind. — Die durchnäßten Moospolster der Höhle bergen eine reiche Kieselalgenflora.

c) In den Kalkhöhlen von Mbondo

An der Straße, die von Kisantu (an der Bahnlinie Leopoldville—Matadi im Belgischen Kongo) über Ngidinga nach Süden führt, liegt — zirka 40 km von Kisantu entfernt — das Dorf Mbondo. Etwa 1 km davon finden sich in anstehendem Kalk Höhlen und Spalten, die Hunderten von Fledermäusen als Schlupfwinkel dienen und nach diesen Bewohnern von den Europäern der Gegend als «Cavernes de chauves-souris» bezeichnet werden. Die Exkremente der Tiere bedecken an manchen Stellen den Höhlenboden dezimeterdick; jedes horizontale Felsband ist von ihnen überzogen, und ihr durchdringender Geruch erfüllt die Luft.

Der Eingang der näher untersuchten Höhle ist von dichtem Baumwuchs beschattet. Die schon jetzt — bei Beginn der Trockenzeit — überall trockenen vertikalen Kalkwände im Innern der Höhle tragen einen sozusagen zusammenhängenden Algenbelag, soweit der Lichtzutritt von außen noch genügend ist. Schon auf den ersten Blick zeigt sich, daß die Algenvegetation je nach dem Belichtungsgrad verschieden ausgebildet ist: Die relativ hellen vorderen Partien der Wände weisen ganz hellgrüne Vegetation auf, während die dunkleren, weiter im Inneren liegenden Teile einen blaugrünen bis fast schwarzen Belag aufweisen.

Das hellgrüne Material zerfällt beim Abkratzen in ein staubartiges Pulver. Unter dem Mikroskop zeigt sich, daß es hauptsächlich aus einzelligen Grünalgen besteht (*Pleurococcus* [= *Protococcus*], *Stichococcus*, *Coccomyxa* u. a.); seltener treten auch fädige Formen auf. Der Gesamtaspekt des Materials — die genaue Analyse steht noch aus — sieht dem der «staubigen Anflüge» ähnlich, wie wir sie in unseren Gegenden zum Beispiel an Baumstämmen in Alleen finden.

In tieferen, weniger belichteten Partien der Höhlen wird der hellgrüne Belag durch einen dunkel- bis blaugrün, ja schwarzgrün gefärbten Mantel von Algen ersetzt, der sich an den meisten Stellen als Pulver, an anderen Orten aber feinschuppig vom Substrat ablösen läßt. Schon eine kursorische mikroskopische Untersuchung zeigt eine ganz andere Zusammensetzung als beim hellgrünen Material: Eine kugelige Blaualge aus dem Formenkreis von *Chroococcus* dominiert in den meisten bisher durchmusterten Proben. Sie besitzt mittelweite, hyaline Gallerthüllen, die oft schwach geschichtet erscheinen, während bei anderen Individuen keine Schichtung festzustellen ist. Grünalgen kommen nur vereinzelt vor. In einigen Proben tritt ein Heterokont (*Chlorobotrys* spec.?) häufig auf.

Übergangsstellen vom hellen Grünalgen- zum dunkler gefärbten Blaualgenmaterial weisen natürlich eine stärkere Mischung von Grün- und Blaualgen auf, doch fiel mir an Ort und Stelle der schroffe Übergang vom einen zum anderen Material auf.

Jaag (1945) weist darauf hin, daß «die Spanne der für epiphytische Grünalgen nützlichen Lichtstärke nicht weit ist» (S. 523). Vor allem sind Grünalgen gegen zu starke Belichtung empfindlich; sie fehlen ja an direkt besonnten Felsen ganz, während dort eine beschränkte Zahl von Cyanophyceenarten ausgezeichnet gedeiht. Aber auch der untere Grenzwert der für Chlorophyceen notwendigen Lichtintensität liegt offenbar höher als der für Blaualgen. Man kennt ja unter den letzteren Arten, die so geringe Belichtung benötigen, daß an ihrem Wuchsort überhaupt keine Grünalgen mehr gedeihen können. Die staubigen Grünalgenanflüge an Stämmen von Alleebäumen in unseren Breiten entwickeln sich weder an stark besonnten Stämmen noch an Stämmen im Innern des Waldes, deren Lichtgenuß für das Aufkommen dieser Grünalgenvegetation offenbar bereits zu gering ist. Die atmophytischen Chlorophyceen sind in ihrer Gesamtheit als stenophotisch, die Cyanophyceen als euryphotisch zu bezeichnen.

In den Kalkhöhlen von Mbondo sind nun die Verhältnisse so, daß die äußern Partien einen Belichtungsgrad aufweisen, der für das Aufkommen von atmophytischen Grünalgen günstig ist. Weiter im Innern ist die Belichtung so herabgesetzt, daß sie nicht mehr gedeihen. Dagegen finden hier einige Blaualgenarten, die mit sehr geringem Lichtgenuß auskommen, zusagende Umweltbedingungen. Letztere sind jedoch anderseits bereits so extrem, daß sich die Artenarmut leicht erklären läßt. Das Fehlen der Konkurrenz infolge der ökologischen Bedingungen erlaubt dagegen den wenigen Formen eine Massenentwicklung.

E. Zusammenfassung

Die erste Durchsicht einiger unserer epilithischen Algenmaterialien zeigt, daß die Vegetation der Gesteinsalgen in den Tropen im ganzen gesehen von jener der gemäßigten Breiten nicht sehr verschieden ist. Auf alle Fälle konstatiert man nicht die ungeheuren Unterschiede, welche das erste Erlebnis der tropischen Makrovegetation zu einem so unerhörten werden lassen. Die Gründe für diese im ersten Moment überraschende Tatsache liegen zum Teil in den mikroklimatischen Verhältnissen der Felsoberflächen: Unsere Temperaturmessungen zeigen, daß in den äquatorialen Breiten Gesteinsoberflächen keine höheren Maximaltemperaturen erreichen als in gemäßigten Breiten. (Höher dürften dagegen diese Temperaturen in den Subtropen steigen.)

Grundverschieden in den Tropen und in den gemäßigten Breiten sind dagegen die Minimaltemperaturen von Gesteinsoberflächen. Im Verhalten gegenüber den tiefen Temperaturen ist ein weiterer Grund für die Ähnlichkeit der Algenvegetation des nackten Gesteins auf der ganzen Erde zu suchen. Während wir bei höheren Pflanzen meist eine durch die tiefen winterlichen Temperaturen bedingte «Nordgrenze» des

Vorkommens kennen, besteht eine solche für die atmophytische Algenvegetation nicht in gleicher Weise: Bei zu tiefen Temperaturen «erfrieren» höhere Pflanzen, während unsere Algen einfach Wachstumsstillstand zeigen. Solange wir in einer Gegend auch nur während einer relativ kurzen Zeit des Jahres günstige Wachstumstemperaturen finden, so können sich die Gesteinsalgen entwickeln; in einem Satz ausgedrückt: Der Winter übt in gemäßigten Breiten keinen Einfluß auf die epilithische Algenvegetation aus. Wie weit diese Arbeitshypothese stimmt, muß nun die Detailuntersuchung unserer tropischen Algenmaterialien und ihr Vergleich mit solchen gemäßigter geographischer Breiten zeigen.

F. Literatur

Atlas du Cameroun, édité par les soins du Haut Commissaire de la République française au Cameroun, 1946. Editions SELPA, Paris.

Bouchaud, J., 1944. Histoire et géographie du Cameroun sous mandat français. Douala, Procure du Vicariat apostolique. 48 S.

Geiger, R., 1942. Das Klima der bodennahen Luftschicht. 2. Aufl., Vieweg, Braunschweig. 435 S.

Jaag, O., 1945. Untersuchungen über die Vegetation und Biologie der Algen des nackten Gesteins in den Alpen, im Jura und im schweizerischen Mittelland. Beitr. z. Kryptogamenflora d. Schweiz, **9**, Heft 3. Bern.

Krenkel, E., 1939. Geologie der deutschen Kolonien in Afrika. Berlin. Gebrüder Borntraeger. 272 S.