

ebenfalls mehr demokratisch organisierten Noma-denstämmen in Syrien oder den freien Bauernsiedlungen in Nordäthiopien. Der spontane Charakter wird zudem dadurch unterstrichen, daß es in Anatolien zumindest in der unmittelbar vorausgegangenen Zeit keine Vorbilder für streifige Fluranlage gegeben zu haben scheint.

J. HÖVERMANN hat einmal die Frage aufgeworfen, „*ob sich nicht schon ein allgemeines Entwicklungsgesetz abzeichnet, das es gestattet, die Siedlungsformen der Erde in ein genetisches System einzuordnen*“⁵⁰. Diese Frage ist zwar noch zu weit

von ihrer Beantwortung entfernt, um aus den hier mitgeteilten Beobachtungen Rückschlüsse auf urtümliche Zustände in Gebieten anderer Kultur zu gestatten. Immerhin, wenn sie positiv beantwortet werden soll, muß ihre Basis durch Paralleluntersuchungen in verschiedenen Kulturräumen noch erheblich verbreitert werden, und dazu sollen die vorstehenden Beobachtungen und Erörterungen beitragen.

⁵⁰) J. HÖVERMANN, Bauerntum und bäuerliche Siedlung in Äthiopien, Die Erde 1958, S. 19.

BEITRÄGE ZUR KLIMATOLOGIE WESTINDIENS

mit 14 Abbildungen und 3 Tabellen

HELMUT BLUME

Summary: Contributions on the Climatology of the West Indies.

The climate of the West Indies is decisively influenced by the great seasonal and regional changes of precipitation. The types of precipitation together with seasonal distribution and annual totals have been examined in order to gain a standardization and classification of climates.

Types of precipitation. An interruption of the trade-wind currents and of precipitation is caused by the following weather conditions:

- in summer: 1) easterly waves,
2) the intertropical front moving forward to the north,
and, 3) hurricanes.
in winter: 1) weak convergences,
2) cold air-bridges from the north.

The following areas can be distinguished according to the seasonal distribution of precipitation:

- 1) those with a rainy season in summer (one or two maxima of precipitation),
- 2) those with a rainy season in winter.

The annual total of precipitation vary greatly from one place to another. Apart from a few exceptions such as the aridity of the Leeward Islands, this is a function of relief.

The climatic classification of the West Indies is based on the seasonal pattern of humidity. REICHEL'S Index proved to be most suitable for its determination in the area fringing the tropics, because, apart from giving the monthly mean precipitation and monthly mean temperatures, it also takes into account the number of days with precipitation per month, combining thereby the effectiveness and periodicity of precipitation. The ombro-thermal climatic classification of the West Indies is discussed with the help of isohyromenic maps using the islands of Hispaniola, Martinique, Barbados and Cuba as examples. The regional differences in the character of the climate depend largely on the relief. The mountain islands are, moreover, marked by thermal grades of altitude.

Einführung. Westindien umfaßt die Bahamas, die Großen und die Kleinen Antillen. Alle westindischen Inseln, von denen nur die Bahamas über den nördlichen Wendekreis hinaus bis 27° n. Br. reichen, liegen im Passatgürtel. Das Klima all dieser Inseln wird durch den Wechsel zwischen Monate anhaltender Niederschlagsarmut (Trockenzeit) und

monatelangem Niederschlagsreichtum (Regenzeit) gekennzeichnet. Da das ganze Jahr über sehr gleichmäßige Temperaturen herrschen, prägt der jahreszeitlich und regional stark wechselnde Niederschlag entscheidend das Klima dieser tropischen Inseln. Im folgenden werden die Typen des Niederschlags, die jahreszeitliche Verteilung des Niederschlags und die jährliche Niederschlagsmenge erörtert, um zu einer Typisierung der Klimate und zu einer Klimagliederung Westindiens zu gelangen.

I. Die Typen des Niederschlags

Die Passatströmung herrscht in Westindien ganzjährig vor. Die an der äquatorialen Seite der subtropischen Antizyklone ausströmende, trockene Luft hat nach Überquerung der warmen Wasser des Atlantiks in hohem Grade Feuchtigkeit aufgenommen, so daß die meisten westindischen Inseln reichliche Niederschläge erhalten.

Häufig setzt der Passat aus, besonders, wenn sich, dem Gang der Sonne entsprechend, die subtropische Antizyklone nach N verlagert hat. Die dann, etwa von Mai bis November, fallenden reichlichen Niederschläge der sommerlichen Regenzeit sind aber nicht an die innertropische Konvergenzzone (ICT) gebunden. Denn im Gegensatz zu den afrikanischen und asiatischen Tropen bewegt sich die Intertropikfront in Amerika nicht sonderlich weit nach N. Sie erreicht zwar Zentralamerika und den äußersten Südwesten des Karibischen Meeres, nicht aber die westindischen Inseln und den von ihnen umschlossenen Hauptteil dieses Meeres (62, S. 64). Weht doch gerade im Bereich der dem südamerikanischen Festland vorgelagerten Inseln unter dem Winde, wo man im Sommer stärkere Niederschläge und ein Aussetzen des Passates als Folge des Vorrückens der Intertropikfront nach N erwarten sollte, der Passat zu dieser Zeit ungeboren. Es scheint jedoch, daß die som-

merlichen Niederschläge auf Trinidad und den übrigen südlichen Inseln über dem Winde wenigstens zum Teil an die Intertropikfront geknüpft sind (2, S. 8/9).

Die starken Niederschläge der für alle westindischen Inseln mit Ausnahme der trockenen Inseln unter dem Winde charakteristischen sommerlichen Regenzeit fallen zwar in der Zeit, während der die Intertropikfront sich von Amazonien aus nordwärts bewegt, sie sind aber, soweit es sich nicht um Konvektionsregen handelt, an Passatwellen (easterly waves) gebunden, d. h. an Tröge mit N-S verlaufender Achse, die in die Strömung des Urpassats eingelagert sind. Diese Passatwellen treten nur dann häufig auf, wenn die subtropische Antizyklone nach N vorgerückt und damit der Luftdruck über Westindien relativ schwach ist, d. h. also im Sommer; sie bilden sich dagegen nur wenig, wenn sich im Winter die subtropische Antizyklone wieder äquatorwärts verlagert und damit der Luftdruck über Westindien ansteigt. Das jahreszeitlich häufigere oder geringere Auftreten der Passatwellen erklärt demnach die relative Trockenheit Westindiens im Winter und die relative Feuchtigkeit im Sommer. Verstärkt werden diese jahreszeitlichen Unterschiede dadurch, daß die Passatinversion über Westindien nur im Winter, nicht aber während des Sommers ausgeprägt ist (2, S. 3; 62, S. 64). So kommt es in der labilen Passatluftmasse (mT) im Sommer zu starkem Konvektionsniederschlag, wie er in dem Maße während des Winters nicht auftreten kann.

Außer durch die zahlreichen Passatwellen erfährt der Passat während des Sommers gelegentlich auch durch tropische Zyklonen eine Unterbrechung (2, S. 10 ff.; 26; 28; 29; 59). Von Juni bis November, besonders im Spätsommer, entstehen die gefürchteten Hurrikane, die bei einem Durchmesser von 600 bis 800 km auf ihrer Bahn alljährlich großen Teilen Westindiens sehr ergiebige Niederschläge bringen. Diese westindischen Hurrikane bilden sich im wesentlichen in zwei Gebieten. Vor allem zu Beginn und am Ende der Hurrikan-Saison entstehen sie im westlichen Karibischen Meer und wandern von dort nordostwärts über Kuba und die Bahamas zum Atlantik. Die anderen bilden sich über dem Atlantik und suchen bei ihrer Wanderung westwärts die Antillen heim. Wegen der äquatorwärts starken Abnahme der Corioliskraft treten sie nicht weiter südlich als 10° n. Br. auf. Trinidad ist daher so gut wie ganz sicher vor Hurrikanen, die Inseln unter dem Winde sind es vollkommen.

Auch im Winter erfährt der Passat gelegentliche Unterbrechungen, vor allem durch meist nur schwach ausgebildete Konvergenzlinien, die sich von O oder NO den Kleinen Antillen nähern und

auf diesen den überwiegenden Teil der winterlichen Niederschläge verursachen. Ihre Entstehung ist noch unklar. Sie werden zum Teil als Reste der Polarfront angesehen, die sich rings um die Azorenantizyklone bewegt und mit der Passatströmung den Atlantik überquert haben. Während diese winterlichen Konvergenzen nur den Inseln über dem Winde Niederschlag bringen, ist es die auf der Rückseite wandernder Zyklonen der gemäßigten Breiten aus Nordamerika nach S vorstoßende Kaltluft, die den westlichen Inseln Westindiens, insbesondere Kuba und Jamaika, aber auch Hispaniola und den Inseln unter dem Winde, möglicherweise auch Trinidad (2, S. 19) winterliche Niederschläge bringt.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß folgende Wetterlagen ein Aussetzen des Passates zur Folge haben und Niederschlagsbildung auslösen:

- im Sommer: 1. Passatwellen in ganz Westindien außer auf den Inseln unter dem Winde,
 2. die nach N vorgerückte Intertropikfront auf Trinidad und den übrigen südlichen Inseln über dem Winde,
 3. Hurrikane in ganz Westindien außer auf Trinidad und den Inseln unter dem Winde,
- im Winter: 1. schwache Konvergenzen auf den Inseln über dem Winde, westwärts bis Puerto Rico,
 2. Kaltlufteinbrüche aus N auf den Großen Antillen, den Inseln unter dem Winde und vielleicht auch auf Trinidad.

Die meisten dieser Wetterlagen waren am 9. November 1932 gleichzeitig in den verschiedenen Teilräumen Mittelamerikas ausgebildet (Abb. 1). Die Intertropikfront verlief von Zentralamerika WSW ins nördliche Südamerika hinein. Eine Folge von Passatwellen bewegte sich westwärts über die Kleinen Antillen und die östlichen Großen Antillen. Über dem westlichen Karibischen Meer, unmittelbar südlich von Kuba, lag das Zentrum eines Hurrikans, zwischen dem und der Intertropikfront eine Konvergenzlinie ausgebildet war. Der Golf von Mexiko und die Ostküste Mexikos erlebten einen Kaltlufteinbruch.

Eine Untersuchung über den Anteil der einzelnen Wetterlagen am Gesamtniederschlag liegt bisher nur für das mittlere Kuba vor, wo 48,1 v. H. des jährlichen Niederschlags durch Konvergenzen und Passatwellen, 23,4 v. H. durch Kaltlufteinbrüche und 11,3 v. H. durch Hurrikane verursacht werden (31, S. 273/275).

Der Niederschlag fällt in Westindien fast ausschließlich als Regen. Daneben kommt nur Hagel

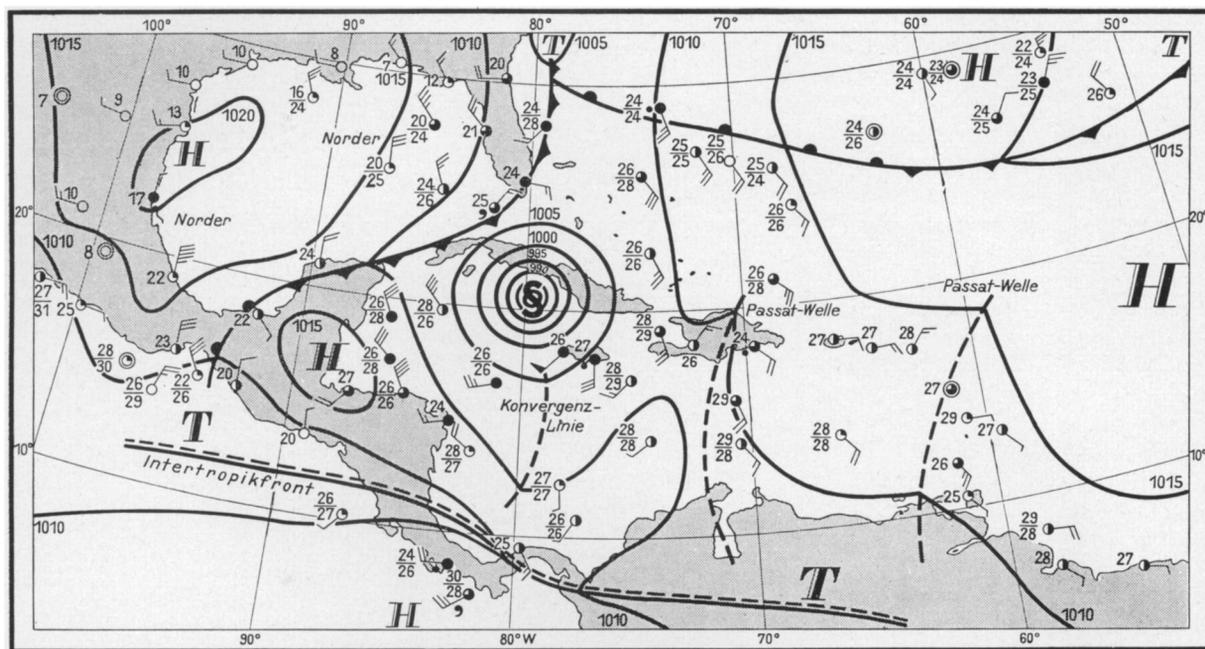


Abb. 1: Wetterlagen in Mittelamerika am 9. 9. 1932 (nach 17, S. 105)

vor. Dieser ist selten, wurde jedoch auf allen Inseln beobachtet (2, S. 22). Die Regen gehen meist in kurzen, heftigen Güssen nieder. Dauerregen treten relativ selten auf, im wesentlichen nur bei Kaltlufteinbrüchen und bei Hurrikanen. Besonders die Hurrikane können ergiebige Niederschläge bringen. So fielen im Niederschlagsgebiet eines Hurrikans im November 1909 in Silver Hill im nordöstlichen Jamaika innerhalb von 7 Tagen 3428 mm (67, S. 15). Die Regenschauer sind während der sommerlichen Regenzeit besonders ergiebig. Auf Guadeloupe z. B. beträgt die mittlere stündliche Regenmenge in der Trockenzeit 5,5 mm, in der Regenzeit 8,5 mm; die entsprechenden Werte für Martinique belaufen sich auf 2,5—3,5 mm in der Trockenzeit und 4,5—5,5 mm in der Regenzeit (15, S. 3 u. 8). Die Stärke der sommerlichen Regen macht der Niederschlag von Fort-de-France am 13. 9. 1958 deutlich: 77 mm in einer Stunde, 220 mm in 5 Stunden oder z. B. auf St. Barthélemy 12 mm in 8 Minuten (15, S. 3 u. 8). Aber auch während der Trockenzeit können die Schauer heftig sein, wie es die Regenmenge von 67 mm in 42 Minuten am 14. 12. 1946 in Nassau (2, S. 23) zeigt.

Die Werte der täglichen Niederschlagsmenge sind infolge der großen Ergiebigkeit der Schauer und Dauerregen im Vergleich zu gemäßigten Breiten sehr beträchtlich. Die größte Tagesmenge an Niederschlag (728 mm) wurde in Hill Gardens auf Jamaika gemessen (48, S. 145). Auf allen Inseln werden an vielen Tagen Beträge von 50 mm

überschritten, auch in der Trockenzeit, und Tagesmengen von über 100 mm sind keine Seltenheit. Diese Feststellung gilt für die trockenen und die feuchten Inseln in gleichem Maße. Die große Tagesergiebigkeit der Niederschläge ist also völlig unabhängig von der Höhe des jährlichen Niederschlags.

II. Die jahreszeitliche Niederschlagsverteilung

Folgende Typen der jahreszeitlichen Niederschlagsverteilung können trotz aller Verschiedenheiten im einzelnen festgestellt werden (Tab. 1):

1. Sommerliche Regenzeit (Mai/Juni—Oktober/November)
 - a) mit einem Niederschlagsmaximum (z. B. Roseau, Fort-de-France, Castries)
 - b) mit zwei Niederschlagsmaxima
 - aa) innerhalb einer einfachen Regenzeit (z. B. Nassau, Nueva Gerona, Graeme Hall, Port of Spain)
 - bb) in einer doppelten Regenzeit; die beiden Niederschlagsmaxima werden durch eine Zeit relativer Trockenzeit (veranillo) geschieden. Eine solche Doppelung der Regenzeit tritt bei Stationen auf, die relativ geringe Niederschlagsmengen empfangen (z. B. Santiago de Cuba, Kingston, Port-au-Prince), und bedeutet daher im Grunde keinen selbständigen Typ der jahreszeitlichen Niederschlagsverteilung.

Tabelle 1: Niederschlagswerte von 23 Stationen in Westindien

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nassau, New Providence 4 m ü. M., 29 J. N 1185, NT 132	a	3,8	3,2	2,8	4,6	11,1	<i>14,9</i>	12,2	10,7	14,2	13,9	5,8	2,8
	b	6,8	5,3	4,6	4,6	8,3	9,9	12,1	12,1	<i>12,8</i>	10,6	6,8	6,1
	c	5	5,4	5,5	9	11,8	<i>13,6</i>	9	7,9	9,7	11,8	7,6	4
Grand Turk, Turks-Inseln 4 m ü. M., 28 J. N 750, NT 125	a	8,9	6,2	3,9	4,4	7,3	6,5	6,4	5,9	10,6	14,8	<i>16,8</i>	8,3
	b	10,4	6,4	6,4	4,8	6,4	7,2	8,0	9,6	8,8	10,4	<i>11,2</i>	10,4
	c	5,2	5,8	3,6	5,5	6,9	5,4	4,8	3,7	7,2	8,5	<i>9,1</i>	4,8
Nueva Gerona, Isla de Pinos, Kuba 60 m ü. M., 16 J. N 1751, NT 111	a	2,3	3,3	3,1	5,8	12,3	<i>16,1</i>	10,8	11,6	15,3	14,4	2,9	2,1
	b	2,7	3,6	4,5	5,4	10,8	<i>15,4</i>	12,6	12,6	14,4	12,6	2,7	2,7
	c	13,3	14,5	11	16,7	17,8	16,6	13,5	14,3	17,4	<i>18,1</i>	17	12,3
La Habana, Kuba 24 m ü. M., 67 J. N 1223, NT 101	a	5,9	4,1	3,9	4,7	9,8	13,4	9,9	11,0	12,3	<i>13,5</i>	6,6	4,9
	b	7,0	5,0	5,0	4,0	7,9	10,9	8,9	10,9	11,8	<i>12,8</i>	8,9	6,9
	c	10,4	10	9,2	14,2	<i>15</i>	14,9	13,4	12,3	12,5	12,7	9	8,6
Camaguey, Kuba 107 m ü. M., 19 J. N 1421, NT 114	a	2,7	2,7	4,3	6,6	13,4	<i>19,0</i>	9,8	9,7	13,2	9,5	5,6	3,5
	b	3,5	7,0	5,2	5,2	10,5	<i>13,1</i>	9,7	9,7	12,3	12,3	8,0	3,5
	c	7,6	4,9	10,2	15,5	15,8	<i>18,1</i>	12,6	12,5	14,4	10,5	8,8	9,5
Santiago de Cuba 35 m ü. M., 21 J. N 1109, NT 92	a	3,3	2,2	3,9	7,7	14,5	12,5	5,0	8,0	15,4	<i>16,7</i>	8,4	2,4
	b	4,3	3,3	4,3	6,6	10,9	10,9	8,6	10,9	12,0	<i>15,2</i>	7,6	5,4
	c	9	8	10,8	14,2	<i>16,1</i>	13,9	7	8,9	15,5	13,2	13,3	5,4
Kingston, Jamaika 7 m ü. M., 28 J. N 732, NT 76	a	2,2	1,7	2,7	4,7	10,8	12,6	4,3	9,3	13,8	<i>21,9</i>	12,0	4,0
	b	6,6	4,0	6,6	6,6	9,2	7,9	6,6	10,5	11,8	<i>14,4</i>	9,2	6,6
	c	3,6	4	4	6,8	11,3	15,3	6,2	8,5	11,2	<i>14,5</i>	12,6	5,8
Port-au-Prince, Haiti 37 m ü. M., 44 J. N 1371, NT 127	a	2,2	5,0	6,7	12,1	<i>17,1</i>	7,7	5,0	9,8	13,7	12,0	6,4	2,3
	b	3,9	4,7	7,9	11,0	<i>13,4</i>	7,9	7,1	10,2	11,9	11,0	7,1	3,9
	c	6	11,5	9,2	11,9	<i>13,8</i>	10,6	7,7	10,3	12,5	11,7	9,7	6,2
Humacao, Puerto Rico 30 m ü. M., 29 J. N 2121, NT 196	a	4,9	4,5	4,2	5,7	9,8	10,7	9,9	10,1	<i>12,1</i>	11,6	10,8	5,7
	b	7,6	6,1	7,2	6,1	9,2	<i>9,7</i>	<i>9,7</i>	<i>9,7</i>	9,2	9,2	8,7	7,6
	c	6,9	8	6,4	10,1	11,5	11,9	11,1	11,3	<i>14,2</i>	13,1	13,5	8,1
Ponce, Puerto Rico 24 m ü. M., 27 J. N 909, NT 92	a	3,0	3,1	4,0	6,1	8,4	10,0	8,2	11,3	13,6	<i>17,9</i>	11,2	3,2
	b	6,5	4,4	6,5	7,6	9,8	7,6	7,6	8,8	10,9	<i>14,1</i>	8,7	6,5
	c	4,5	7	6	7,9	8,4	13	10,7	11,4	12,4	12,5	<i>12,7</i>	4,7
Christiansted, St. Croix 25 m ü. M., 41 J. N 1180, NT 136	a	4,9	4,7	2,5	6,4	9,3	10,2	7,3	9,0	12,2	12,5	<i>12,9</i>	8,1
	b	9,6	7,3	5,1	5,9	8,1	8,1	8,8	8,8	8,8	9,6	<i>10,3</i>	9,6
	c	4,5	5,6	4,4	9,5	10	10,9	7,2	8,8	<i>12</i>	11,3	10,9	7,4
St. Johns, Antigua 24 m ü. M., 53 J. N 1251, NT 242	a	6,4	4,9	4,4	6,6	8,4	8,0	9,5	9,7	<i>11,8</i>	11,6	11,1	7,6
	b	9,5	7,4	6,6	5,8	7,0	8,2	<i>10,0</i>	9,1	8,7	9,1	9,5	9,1
	c	3,5	3,4	3,4	5,9	6,1	5	5	5,5	7,0	6,6	6,0	4,3
Neuf-Château, Guadeloupe 250 m ü. M., 10 J. N 4414, NT 267	a	7,0	5,0	3,9	6,7	10,4	7,2	<i>7,7</i>	8,2	<i>12,3</i>	11,8	9,7	10,1
	b	<i>9,9</i>	6,0	6,0	7,7	7,7	<i>7,7</i>	<i>9,9</i>	8,6	8,6	<i>9,9</i>	9,0	9,0
	c	11,9	13,8	10,8	13,8	21,8	15,3	13,1	15,8	<i>23,6</i>	20,1	17,8	18,6
Roseau, Dominica 8 m ü. M., 30 J. N 1928, NT 209	a	6,3	4,8	3,9	3,7	5,6	10,6	<i>13,4</i>	12,8	11,8	10,0	9,4	7,7
	b	8,6	6,7	7,2	4,8	7,2	10,0	<i>11,0</i>	10,5	9,1	8,6	7,7	8,6
	c	6,7	6,6	5,1	7,3	7,3	9,8	11,3	11,2	<i>11,5</i>	10,7	11,4	8,3
Fort-de-France, Martinique 4 m ü. M., 31 J. N 2035, NT 222	a	5,8	5,7	3,6	4,9	5,8	9,5	11,5	<i>12,6</i>	11,7	11,9	10,0	7,0
	b	8,6	6,3	7,2	6,3	7,2	9,4	<i>9,9</i>	<i>9,9</i>	9,0	8,6	9,0	8,6
	c	6,2	8,3	4,6	7,1	7,2	9,1	10,6	11,7	11,9	<i>12,7</i>	10,2	7,7
Fourniols, Martinique 80 m ü. M., 20 J. N 3404, NT 284	a	6,2	4,8	4,0	5,5	8,4	7,5	9,1	10,2	10,2	11,9	<i>13,8</i>	8,4
	b	8,4	6,7	7,0	7,4	8,4	8,4	<i>9,5</i>	9,1	8,9	8,9	8,9	8,4
	c	8,8	8,6	6,9	8,9	11,8	10,7	11,5	13,3	15,9	16,2	<i>18,8</i>	12,0
Castries, St. Lucia 97 m ü. M., 29 J. N 2184, NT 261	a	6,3	4,7	4,3	4,1	6,6	10,7	10,9	<i>11,9</i>	10,7	11,0	10,3	8,5
	b	8,4	6,9	7,3	6,5	7,3	9,6	<i>9,9</i>	9,6	8,4	8,9	8,4	8,8
	c	6,2	5,7	4,9	5,3	7,6	9,3	9,2	10,4	<i>10,6</i>	10,5	10,2	8,1
Kingstown, St. Vincent 24 m ü. M., 14 J. N 2289, NT 267	a	6,2	4,6	3,8	4,2	4,9	10,2	10,8	11,7	10,8	13,1	<i>13,3</i>	6,4
	b	8,3	7,5	7,1	6,0	7,1	9,4	<i>9,7</i>	9,7	8,6	9,3	9,0	8,3
	c	6,5	5,3	4,5	6,1	5,8	9,3	9,5	10,3	10,7	12,0	<i>12,7</i>	6,6
Graeme Hall, Barbados 25 m ü. M., 10 J. N 1175, NT 151	a	5,8	1,7	1,7	2,7	3,7	8,2	12,3	9,9	13,2	14,7	<i>18,1</i>	8,0
	b	8,6	5,3	4,0	4,6	6,0	9,2	<i>11,3</i>	10,6	10,0	10,6	10,6	9,2
	c	5,2	2,5	3,3	4,4	4,8	6,9	8,5	7,3	10,3	10,8	<i>13,3</i>	6,7
St. George, Grenada 155 m ü. M., 28 J. N 1839, NT 206	a	6,1	4,3	3,4	2,5	5,5	11,0	<i>13,0</i>	12,5	10,1	11,1	11,0	9,5
	b	8,7	6,3	6,3	5,4	6,8	10,2	<i>10,7</i>	10,2	8,7	8,3	9,7	8,7
	c	6,3	6,1	4,9	4,2	6,6	9,7	10,9	11	10,3	<i>12,6</i>	10,2	9,8
Port of Spain, Trinidad 40 m ü. M., 74 J. N 1606, NT 182	a	4,2	2,6	2,8	3,0	5,4	12,6	13,7	<i>14,9</i>	11,9	10,4	11,5	7,0
	b	7,7	6,0	5,5	5,0	6,6	10,5	11,5	<i>12,1</i>	8,2	8,2	10,5	8,2
	c	4,8	3,7	4,5	5,3	7,2	10,5	10,4	10,9	<i>12,7</i>	11,1	9,6	7,9
La Asunción, Margarita 30 m ü. M., 21 J. N 701, NT 57	a	15,6	8,6	3,8	3,6	4,3	6,4	8,3	8,8	5,3	5,4	12,2	<i>17,7</i>
	b	15,8	10,5	3,5	3,5	3,5	7,0	8,8	8,8	5,3	7,0	10,5	<i>15,8</i>
	c	12,1	10	13,5	12,5	<i>15</i>	11,3	11,6	12,4	12,3	9,5	14,3	13,8
Kralendijk, Bonaire 3 m ü. M., 28 J. N 512, NT 58	a	10,7	5,3	2,9	3,1	2,4	3,1	5,1	4,7	7,6	13,7	<i>23,8</i>	17,6
	b	13,8	5,2	3,4	1,7	3,4	5,2	6,9	6,9	6,9	10,4	<i>19,0</i>	17,2
	c	6,8	9	7,5	<i>16</i>	6	5,3	6,5	6	9,8	11,7	11,1	9

a Prozentualer Anteil des monatlichen Niederschlags an der jährlichen Niederschlagsmenge

b Prozentualer Anteil der monatlichen Regentage an der Jahreszahl von Regentagen

c Mittlere monatliche Tagesniederschlagsmenge in mm

Halbfette Ziffern = Minimalwerte N = mittl. Jahresniederschlag

Kursivziffern = Maximalwerte NT = mittl. Jahreszahl der Regentage

2. Winterliche Regenzeit (November—Januar/Februar). Neben einem Niederschlagsmaximum in der Regenzeit tritt ein zweites in der Trockenzeit auf (z. B. La Asunción, Kralendijk).

Während Typ 2 der Niederschlagsverteilung auf die Inseln unter dem Winde beschränkt ist, wo er für alle Stationen charakteristisch ist, herrscht Typ 1 auf allen anderen Inseln, d. h. fast in ganz Westindien. Innerhalb des Gebietes der sommerlichen Regenzeit ist Typ 1b der Niederschlagsverteilung nach übereinstimmenden Angaben verschiedener Autoren (z. B. 2, S. 24; 62, S. 67) auf den Großen Antillen und auf Trinidad verbreitet, Typ 1a auf den dazwischen liegenden Inseln über dem Winde. Genauere Angaben macht AUCHINLECK. Er stellt fest (10, S. 4), daß das Gebiet mit 2 Niederschlagsmaxima über die Großen Antillen nach O hinaus bis Antigua reiche, daß bei den Inseln über dem Winde von Dominica im N bis St. Vincent im S nur ein Maximum zu beobachten sei und daß von Grenada an nach S wieder 2 Maxima aufträten. Auch von dieser Darstellung ergeben sich Abweichungen bei der Berücksichti-

gung einer größeren Anzahl von Stationen. So läßt sich über die Verbreitung der Typen 1a und 1b der jahreszeitlichen Niederschlagsverteilung folgendes feststellen:

Auf den Bahamas und den Großen Antillen sind ganz eindeutig 2 Niederschlagsmaxima ausgeprägt (Abb. 2). Von 603 Stationen (Kuba 55, Jamaika 317, Hispaniola 152, Puerto Rico 79) haben nur 3 ein Niederschlagsmaximum: Dessalines im Artibonitetal in Haiti, Mayaguez im NW von Puerto Rico und Moore Town im nordöstlichen Jamaika.

Bei den Kleinen Antillen weisen alle die östlich von den Großen Antillen gelegenen Inseln die gleiche Niederschlagsverteilung auf: die Jungfern-Inseln, Anguilla, St. Martin, St. Barthélemy, Saba, St. Eustatius und Antigua. Eine Ausnahme machen nur St. Kitts und Nevis, Inseln, mit denen die nach S gerichtete Kette der zu über 1000 m Höhe ansteigenden vulkanischen Gebirgsinseln „über dem Winde“ beginnt. Auf diesen Inseln gibt es Stationen sowohl des Typs 1a als auch solche des Typs 1b. Das gilt für alle Gebirgsinseln von St. Kitts im N bis St. Lucia im S. Auf Guadeloupe z. B. gehören von 36 Stationen 31 zu Typ 1b und 5 zu Typ 1a, auf Martinique von 12 Stationen 8 zu Typ 1b und 4 zu Typ 1a. Im Hinblick auf das Überwiegen von Stationen des Typ 1b ist es verwunderlich, daß die Inseln über dem Winde bislang als Inseln mit einem Niederschlagsmaximum (Typ 1a) gelten. Dies erklärt sich jedoch dadurch, daß in den vorliegenden Klimastatistiken Westindiens (z. B. 67, S. 26—43; 2, S. 50—64) im allgemeinen nur die Hauptorte dieser kleinen Inseln als Stationen aufgeführt sind; diese liegen ausnahmslos auf der Leeseite der Inseln. Ein Vergleich aller Stationen auf den einzelnen Inseln aber zeigt, daß Stationen des Typs 1a auf die Leeseite, solche des Typs 1b auf die Luv- und Höhenlagen der Inseln beschränkt sind oder doch zumindest dort bei weitem dominieren.

Von St. Vincent an bis Trinidad nach S lassen sich bei den Gebirgsinseln über dem Winde wieder ganz allgemein zwei Niederschlagsmaxima feststellen. Auch die 25 Stationen der flachen Insel Barbados zählen alle zu Typ 1b der Niederschlagsverteilung.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß alle Inseln Westindiens 2 Niederschlagsmaxima aufweisen, daß aber auf den Inseln über dem Winde von St. Kitts im N bis St. Lucia im S auf der Leeseite nur ein Maximum ausgebildet ist.

Das doppelte Niederschlagsmaximum der südlichen Inseln über dem Winde wird den Verlagerungen der Intertropikfront zugeschrieben (2, S. 24) oder auch mit dem Durchgang des ausgeprägtesten Teiles von Passatwellen im frühen und späten Sommer erklärt (51, S. 83). Die Ausbildung des doppelten Niederschlagsmaximums auf

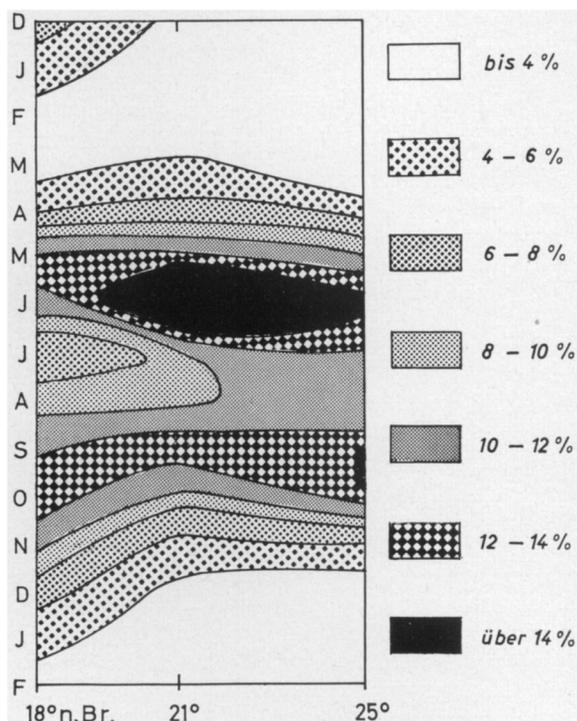


Abb. 2: Die jahreszeitliche Verteilung des Niederschlags längs dem 78. Meridian w. L. zwischen 18 und 25° n. Br. (in v. H. der Jahressumme; entworfen nach der Methode von R. D. SCHMIDT und H. SCHAMP, Geogr. Taschenbuch 1958/1959, S. 545/546)

Die Darstellung bezieht sich auf folgende Stationen:
 18° n. Br.: Montego Bay, Jamaika, 10 m ü. M., 56 Jahre
 21° n. Br.: Camaguey, Kuba, 105 m ü. M., 19 Jahre
 25° n. Br.: Nassau, New Providence, Bahamas 4 m ü. M., 28 Jahre

den Großen Antillen und den nördlichen Inseln über dem Winde hat aber offenbar nichts mit den Verlagerungen der Intertropikfront zu tun. Die relative Niederschlagsarmut zwischen zwei Niederschlagsmaxima entsteht dort vielmehr durch die jahreszeitliche Verlagerung des westatlantischen Höhentrogs, der sich im Sommer in den Golf von Mexiko hineinbewegt (51, S. 83; 62, S. 68), so daß Westindien dann bei leichtem Druckanstieg weniger Niederschlag empfängt als im frühen und späten Sommer, wenn der Höhentrog über Westindien liegt. An der Ausbildung des zweiten Maximums des Niederschlags haben zudem die Hurrikane einen nicht unbeträchtlichen Anteil (62, S. 67).

In der sommerlichen Regenzeit ist bei allen Stationen nicht nur die monatliche Regenmenge, sondern sind auch die monatliche Zahl der Regentage und die mittlere Tagesniederschlagsmenge größer als in der winterlichen Trockenzeit. Je nachdem, ob man Monate mit über 8,3 v. H. der jährlichen Niederschlagsmenge¹⁾ oder mit über 8,3 v. H. der Jahreszahl von Regentagen als Merkmal eines Regenmonats annimmt, ergibt sich für sehr viele Stationen eine unterschiedliche Dauer der Regenzeit (Tab. 1). In Kingston z. B., das eine doppelte Regenzeit hat, sind dem Prozentanteil der Regenmenge nach zur Zeit des ersten Niederschlagsmaximums Mai und Juni feucht, dem Prozentanteil der Regentage nach aber ist es nur der Mai. Dies erklärt sich dadurch, daß im Juni Regenfälle von größerer Ergiebigkeit als im Mai niedergehen. So beträgt die mittlere Tagesregenmenge im Juni 15,3 mm, im Mai aber nur 11,3 mm (Tab. 1). Besonders kraß ist das Mißverhältnis zwischen Niederschlagsmenge und Regentagen einerseits und der mittleren Tagesniederschlagsmenge andererseits auf den trockenen Inseln unter dem Winde während der sommerlichen Trockenzeit, wo gerade in den Monaten mit der geringsten Regenmenge und der niedrigsten Zahl der Regentage die mittlere Tagesergiebigkeit der Niederschläge am größten ist, hervorgerufen durch gele-

gentlich vom mittleren Atlantik aus weit nach S vorstoßende Höhenträge (62, S. 63/64).

Ganz offensichtlich müssen also zur Ermittlung des Grades der Feuchtigkeit bzw. Trockenheit einer Station sowohl Niederschlagsmenge wie auch Niederschlagstage berücksichtigt werden. So unterscheiden sich z. B. während der winterlichen Trockenzeit die Großen Antillen und die Inseln über dem Winde in Regenmenge und Anzahl der Regentage dadurch, daß Dauerregen in Verbindung mit Kaltlufteinbrüchen auf den ersteren auftreten, auf den letzteren aber nicht. Der monatliche Anteil an der Jahreszahl der Regentage ist auf den Inseln über dem Winde während der Trockenzeit bedeutend größer als auf den Großen Antillen. Das weist darauf hin, daß Konvergenzen mit Regenschauern auf den Inseln über dem Winde relativ häufig, die an die Kaltlufteinbrüche gebundenen Dauerregen der Großen Antillen hingegen relativ selten sind. Andererseits lassen die hohen Werte des mittleren Tagesniederschlags (Tab. 1) in den Wintermonaten besonders bei den Stationen des westlichen Kuba die im Vergleich zu den winterlichen Schauern der Inseln über dem Winde erheblich größere Ergiebigkeit der winterlichen Dauerregen der Großen Antillen erkennen.

III. Die jährlichen Niederschlagsmengen²⁾

Die westindischen Inseln empfangen sehr unterschiedliche Niederschlagsmengen. Ein Vergleich der Inseln zeigt, daß die Großen Antillen und die Inseln über dem Winde weit über 1000 mm jährlich an Niederschlag erhalten, die Inseln unter dem Winde und die Bahamas aber unter 1000 mm (Abb. 4).

Der unterschiedliche Jahresniederschlag ist in erster Linie eine Funktion des Reliefs. 1. Die flachen Inseln erhalten weniger Niederschlag als die gebirgigen, 2. die küstennahen, niedrigen Gebiete weniger als die Höhenlagen und 3. die Luvseiten der Inseln mehr als die Leeseiten.

Zu 1: Die feuchten Inseln über dem Winde lassen sich im Hinblick auf ihre jährliche Niederschlagsmenge in zwei Gruppen gliedern. Relativ niederschlagsarm sind Anguilla, St. Martin, St. Barthélemy, Antigua und Barbados, d. h. alle Inseln des äußeren, östlichen Bogens, die, aus horizontal gelagertem Kalkstein aufgebaut, ein flaches Relief besitzen. Demgegenüber empfangen alle vulkanischen Inseln mit Gebirgscharakter, die den westlichen, inneren Bogen der Inseln über dem Winde bilden, reichliche Niederschläge. Dazu gehören, von N nach S, St. Kitts, Guadeloupe, Dominica, Martinique, St. Lucia, St. Vincent und auch Grenada. Wo der äußere Inselbogen nahe an den inneren heranrückt wie z. B. bei Guadeloupe,

¹⁾ Diese Methode wendet SCHRÖDER (52, S. 264) an. Neben Regen- und Trockenmonaten unterscheidet er noch Übergangsmomente, die die Werte 7, 3-9, 2 v. H. (Anteil des Monatsniederschlags an der jährlichen Niederschlagsmenge) umfassen. Auf diese Arbeit braucht hier nicht weiter eingegangen zu werden, da sie nur die wenigen, im Yearbook of Agriculture 1941 (US Dept. of Agriculture, Washington), S. 1222/1223 enthaltenen Stationen berücksichtigt und damit die regionale Differenzierung des westindischen Klimas nicht nur im Bereich der Kleinen Antillen, sondern sogar auf den Großen Antillen unzureichend erfaßt. Es wird z. B. das östliche Kuba auf SCHRÖDER'S Karte „Einfache und doppelte Regenzeit“ als Gebiet mit einer Regenzeit dargestellt, obwohl es eindeutig zwei Regenzeiten hat, wie aus dem Klimadiagramm von Santiago (vgl. Tab. 1 u. Abb. 8) ersichtlich. Habana, das der SCHRÖDER'Schen Karte nach eine doppelte Regenzeit haben soll, hat tatsächlich nur eine, allerdings mit zwei Maxima (vgl. Tab. 1 u. Abb. 8).

²⁾ siehe Abb. 3

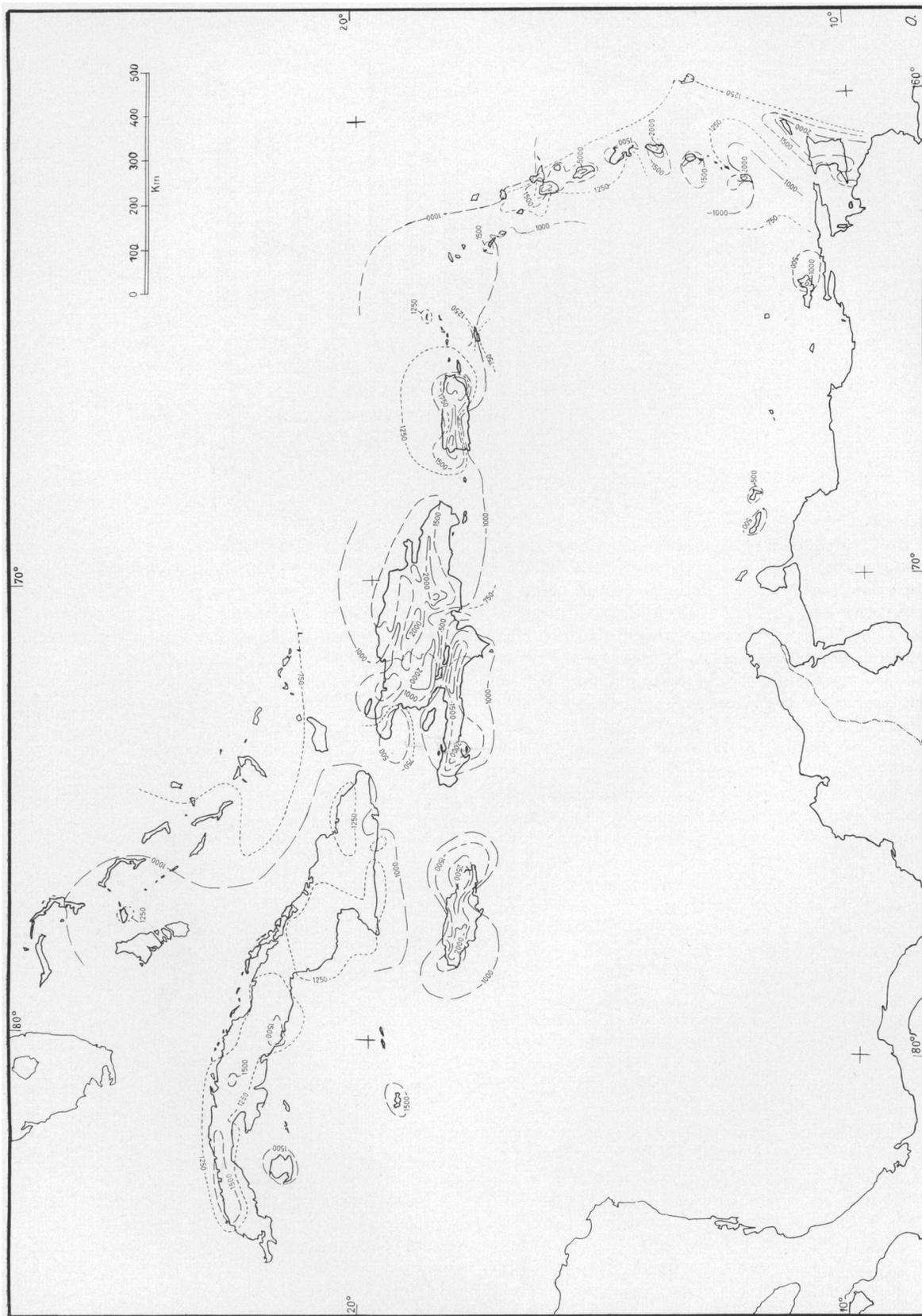


Abb. 3: Jährlicher Niederschlag in Westindien

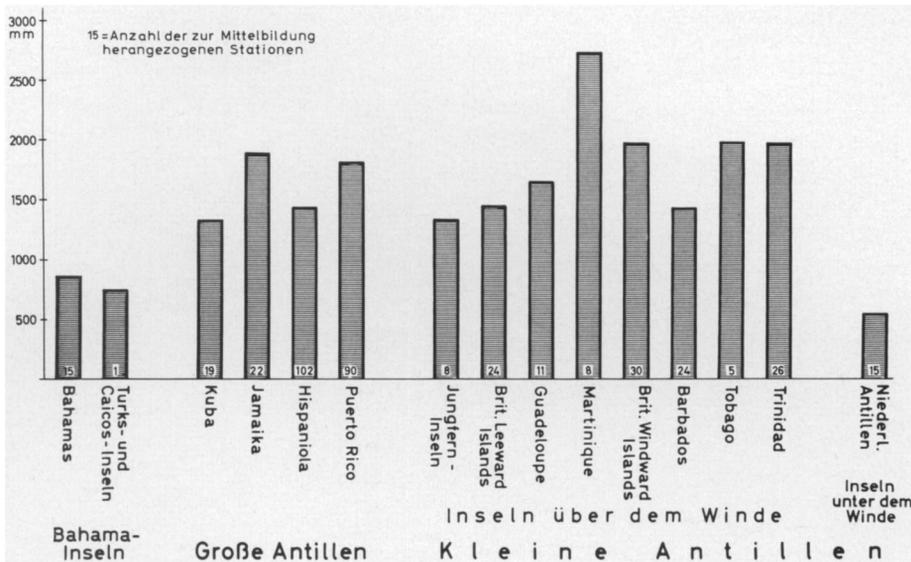


Abb. 4: Mittelwerte des Jahresniederschlags der westindischen Inseln

das im Grunde aus zwei, den beiden Bögen zugehörenden Inseln besteht, empfängt auch der zum Bogen der flachen Inseln gehörende Teil (Grande Terre und ebenso die benachbarte Insel Marie Galante), der Nähe der Gebirge wegen, reichlich Niederschlag, wenn auch nicht so viel wie die westliche Gebirgsinsel (Guadeloupe im engeren Sinne). Der Unterschied der Niederschlagsmenge zwischen flachen und gebirgigen Inseln kommt auch sehr deutlich zwischen den Bahamas und den Großen Antillen zum Ausdruck, auch innerhalb der Großen Antillen insofern, als das überwiegend flache Kuba relativ niederschlagsarm, das vorwiegend gebirgige Jamaika hingegen niederschlagsreich ist.

Zu 2: Die Niederschläge nehmen mit der Höhe ü. M. beträchtlich zu. Auf der Westseite von Guadeloupe z. B. hat Vieux Habitants in 148 m ü. M. 1168 mm, St. Claude in 500 m ü. M. 3730 mm Niederschlag; auf der Ostseite steigt der Niederschlag von Marquisat in 20 m ü. M. mit 2061 mm bis Neuf-Château in 250 m ü. M. auf 4414 mm bei nur 6 km Entfernung. Im nordöstlichen Jamaika nimmt die jährliche Niederschlagsmenge von Port Antonio in 3 m ü. M. mit 3327 mm bis zum 12 km entfernten Moore Town (182 m ü. M.) auf 5461 mm zu. Bei diesen Beispielen sind Stationen nebeneinandergestellt, die beide entweder auf der Luv- oder auf der Leeseite einer Insel liegen. Vergleicht man die Zunahme des Niederschlags mit der Höhe auf Luv- und Leeseite, so zeigt sich, daß der Betrag der Zunahme nicht gleich ist. Auf der Luvseite von Guadeloupe z. B. nimmt die Niederschlagsmenge bis 250 m Höhe um 10 mm pro 1 m zu, auf der Leeseite nur um 4,5 mm (15, S. 7/8). Die entsprechenden Werte betragen

auf der Luvseite von Martinique 5—6, auf der Leeseite 3,5—4,5 mm pro 1 m. In größeren Höhen verringert sich der Betrag der Niederschlagszunahme. Da es nur wenige Höhenstationen auf den Gebirgsinseln gibt, kann die Niederschlagsmenge der Gebirgshöhenlagen (über 500 m ü. M.) meist nur geschätzt werden. Nimmt man für die größeren Höhen eine Verminderung der Niederschlagszunahme bis auf die Hälfte der in den tieferen Lagen beobachteten Werte an, so ergibt sich für die Luvseite des Mt. Pelé in 1200 m ü. M. ein Jahresniederschlag von 8000 mm und für die Luvseite des südlichen Guadeloupe in der gleichen Höhenlage ein jährlicher Niederschlag von 10 000 mm (15, S. 3, 7, 8).

In erstaunlichem Maße macht sich auch auf den flachen Inseln in der jährlichen Niederschlagsmenge die Abhängigkeit vom Relief bemerkbar, so z. B. auf Barbados. Das Gebiet maximaler Jahresniederschläge (über 2000 mm) liegt im Zentrum der Insel in 300 m ü. M. In weniger als 5 km Entfernung sinkt der Niederschlag an der Küste des Scotland-Distrikts auf etwa 1200 mm ab. Ähnliches gilt auch für Antigua, wo die höchsten Niederschläge (über 1250 mm) im SW der Insel in einem bis zu 250 m ü. M. hohen Bergland fallen, der sehr flache Teil der übrigen Insel aber erheblich geringere Niederschläge, die NO-Küste unter 800 mm, empfängt,

Zu 3: Schon bei der Behandlung der Niederschlagszunahme mit der Höhe wurde auf die Unterschiede von Luv- und Leeseite der Inseln hingewiesen. Im Meeresniveau empfangen die Luvseiten der Gebirgsinseln sehr viel größere Regemengen als die Leeseiten (Tab. 2).

Tab. 2: Der jährliche Niederschlag auf Luv- und Leeseite westindischer Inseln im Meeresniveau (in mm)

	Luv	Lee
Jamaika	3327 Port Antonio	762 Kingston
Hispaniola	1905 Le Borgne	559 Gonaives
Puerto Rico	2235 Humacao	965 Ponce
Martinique	2596 Marigot	1371 Le Prêcheur

Im Hinblick auf die unterschiedliche Höhe der Regenmenge auf Luv- und Leeseiten der Gebirgsinseln im Meeresniveau und im Hinblick auch auf die unterschiedliche Niederschlagszunahme mit der Höhe ergibt sich, daß die Differenz zwischen den Regenmengen von Luv- und Leeseite mit zunehmender Höhe wächst. Erst in größeren Höhen wird diese Differenz wieder geringer. Demgegenüber besteht auf den flachen Inseln kaum ein Unterschied zwischen Luv- und Leeseite (z. B. auf Barbados).

Auf keiner der Gebirgsinseln verläuft ein Gebirgszug senkrecht zur vorherrschenden Windrichtung, so daß nirgendwo auf beiden Seiten eines Gebirges auf dessen Gesamterstreckung hin der Unterschied zwischen Luv und Lee gleichmäßig ausgeprägt ist. Da z. B. auf den Großen Antillen der Passat vorwiegend aus NO weht, die Gebirge aber W—O verlaufen, nimmt die Niederschlagsmenge sowohl auf der Luv- wie auf der Leeseite von O nach W ab, so auf Puerto Rico und Jamaika; auf Hispaniola, wo mehrere parallele, durch Längssenken voneinander getrennte Gebirge in dieser Richtung verlaufen, läßt sich außerdem beobachten, daß die südlichere Längsenke geringere Niederschläge als die nördlichere empfängt. Streicht das Gebirge parallel zur Passatrichtung wie auf Trinidad, nehmen die Niederschläge in gleichmäßiger Weise auf beiden Seiten westwärts ab. Ein Unterschied zwischen Luv und Lee besteht nicht zwischen den beiden Seiten der langgestreckten Nordkordillere von Trinidad, sondern zwischen ihren östlichen und westlichen Teilen bzw. zwischen den östlichen und westlichen Abschnitten ihres beiderseitigen Vorlandes.

Lassen sich somit die Unterschiede der jährlichen Niederschlagsmenge in Westindien durchweg als eine Funktion des Reliefs erklären, so gibt es doch einige Ausnahmen. Eine nicht durch Reliefabhängigkeit erklärable Niederschlagsverteilung ist z. B. auf Kuba zu beobachten, wo im W, in der Provinz Pinar del Rio, erheblich mehr Regen fällt als in entsprechenden Höhenlagen des mittleren und östlichen Kuba. Diese Unterschiede der Niederschlagsverteilung sind dadurch bedingt, daß das westliche Kuba viel mehr als die anderen Teile der Insel durch Hurrikane heimgesucht wird.

Die auffälligste, nicht durch Reliefabhängigkeit erklärable Erscheinung in der regionalen Verbreitung des Niederschlags ist aber zweifellos die Trockenheit der Inseln unter dem Winde, von

Margarita im O bis Aruba im W. Die geringen Niederschläge dieser Inseln, die ein Teil des Trockengebietes an der südamerikanischen Nordküste darstellen, wurde neuerdings durch LAHEY³ hinreichend erklärt, nachdem alle früheren Deutungsversuche wenig befriedigend waren. Auf Grund des nach W zunehmenden Gefälles zwischen dem relativ hohen Druck über dem Karibischen Meer und dem Hitzetief im nördlichen Südamerika nimmt die Geschwindigkeit des Passats westwärts zu. Es tritt eine Reibungsdivergenz auf, und absteigende Luftbewegung herrscht bis zu 6 km Höhe. Diese Erscheinung und außerdem eine schmale Zone zusätzlicher Divergenz an den parallel zur Passatrichtung verlaufenden Küsten der Inseln unter dem Winde haben zur Folge, daß im Sommer die Wirksamkeit der in den Urpassat eingelagerten Passatwellen herabgesetzt wird. Das kühle Auftriebswasser, das man früher als wesentlichen Grund für die Trockenheit dieses Gebietes ansah, ist nur von sekundärer Bedeutung, indem es einen stabilisierenden Einfluß auf die Luftmassen des Passats ausübt. Demnach verursacht die besondere Ausprägung der Passatströmung während des Sommers die Trockenheit der Inseln unter dem Winde und deren vom übrigen Westindien völlig abweichende jahreszeitliche Niederschlagsverteilung.

Die Menge des Niederschlags, die auf den einzelnen Inseln des Trockengebietes fällt, hängt wie bei den feuchten Inseln von der Oberflächengestaltung ab. Sie ist auf den flachen Inseln Aruba (391 mm), Curaçao (572 mm) und Bonaire (551 mm) gering, auf dem bergigen Margarita aber beträgt sie auf der Luvseite im Meeresniveau in Porlamar 717 mm, und in dem bis zu 800 m hohen Bergland steigt sie bis nahezu 1300 mm an⁴). Im Lee des Gebirges sinkt sie dann unter 300 mm. Dieser Teil Margaritas ist das trockenste Gebiet Westindiens. Nicht viel nach stehen ihm einige kleinräumige Gebiete auf der feuchten Insel Hispaniola, wo die Lage im Lee hoher Gebirge eine größere Trockenheit hervorruft als sie auf den zum Trockengebiet der Nordküste Südamerikas gehörenden Inseln Aruba, Curaçao und Bonaire herrscht.

³) J. F. LAHEY: On the Origin of the Dry Climate in Northern South America and the Southern Caribbean. Geophysics Research Directorate, Air Force Cambridge Research Center, ARDC, Scientific Report No. 10, Contract 19-604992, Mikrofilm AFCRC-TN 58-218 im Dept. of Met., Univ. of Wisconsin, Madison. Eine Inhaltsangabe dieser schwer zugänglichen Arbeit geben FLOHN (21, S. 27/28) und vor allem TREWARTHA (62, S. 57 ff.). Die Untersuchungsergebnisse von LAHEY wurden bereits von ALEXANDER (3, S. 10) bei der Darstellung des Klimas der Insel Margarita berücksichtigt.

⁴) Nach VILA (66, Karte S. 65). Die auf dieser Karte angegebenen Werte weichen zum Teil erheblich von den bei ALEXANDER (3, S. 96) mitgeteilten ab.

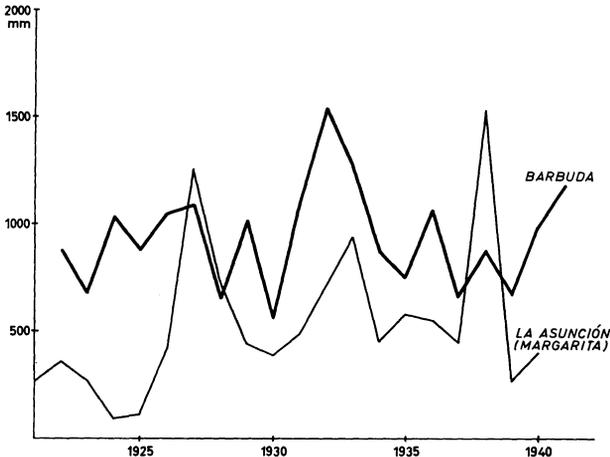


Abb. 5: Der jährliche Niederschlag auf trockenen Inseln Westindiens während 20 Jahren

Die Niederschlagsmengen schwanken von Jahr zu Jahr beträchtlich. Am stärksten ist das auf den trockenen Inseln der Fall, wo z. B. in La Asunción auf Margarita in 20 Jahren der jährliche Niederschlag zwischen 96 mm und 1532 mm schwankte (Abb. 5). Annähernd gleich große Schwankungen weisen die übrigen trockenen Inseln unter dem Winde auf. Auf den weniger trockenen Inseln sind die Schwankungen geringer. So beträgt z. B. auf Barbuda, das zur Gruppe der nichtvulkanischen, flachen Inseln über dem Winde gehört, der maximale Jahresniederschlag 1549, der minimale 660 mm (Abb. 5). Auf den ausgesprochen feuchten Inseln, d. h. auf der vulkanischen Gruppe der Inseln über dem Winde und auf den Großen Antillen, sind die Schwankungen besonders in den Höhenlagen⁵⁾ und auf der Luvseite beträchtlich, wie das Beispiel von Puerto Rico zeigt (Abb. 6). Innerhalb von 50 Jahren schwankte der jährliche Niederschlag in Humacao im Luv der Insel zwischen 1499 und 508 mm. Sehr starke Schwankungen der jährlichen Niederschlagsmenge weisen also die besonders feuchten und die besonders trockenen Bereiche Westindiens auf, während in den Gebieten mittlerer Feuchtigkeit nur mäßige Schwankungen der jährlichen Niederschlagsmenge auftreten. Diese Feststellungen gelten nur bezüglich der absoluten Schwankungen der jährlichen Niederschlagsmenge. Setzt man die Differenz zwischen maximaler und minimaler jährlicher

⁵⁾ In einer 21jährigen Beobachtungsspanne beträgt z. B. die Schwankung der jährlichen Niederschlagsmenge auf der zur Gruppe der USA-Jungfern-Inseln zählenden Insel St. Thomas in Charlotte Amalie (10 m ü. M.) 813 mm, in Bonne Esperance (205 m ü. M.) 1016 mm. Auf Puerto Rico hat im gleichen Zeitraum die Station Jajome Alto (730 m ü. M., im Lee) eine Schwankung von 1855 mm (maximaler Jahresniederschlag 3023, minimaler 1168 mm), San Lorenzo Espino (380 m ü. M., im Luv) zeigt eine solche von 1930 mm (maximaler Jahresniederschlag 3632, minimaler 1702 mm).

Niederschlagsmenge in Beziehung zum mittleren Jahresniederschlag, so zeigt sich, daß auf den trockenen Inseln die Schwankung des Niederschlags einen sehr viel größeren Prozentanteil des Jahresniederschlags ausmacht als auf den feuchten Inseln. Während bei letzteren dieser Wert fast immer unter 100 v. H. liegt, beträgt er auf Margarita (La Asunción) 271 v. H. Auf den feuchten Inseln ist er im Lee größer als im Luv. So macht die Schwankung des Niederschlags auf der Leeseite von Puerto Rico in Ponce 104 v. H., in Jajome Alto 100 v. H. des mittleren Jahresniederschlags aus, hingegen auf der Luvseite in Humacao 74 v. H. und in San Lorenzo Espino 71 v. H. Weiterhin zeigt der Vergleich der Luv- und Leeseite von Puerto Rico, daß Jahre besonders hoher Niederschläge auf der feuchten Seite einer Insel durchaus nicht immer zugleich auch auf der trockenen Seite besonders niederschlagsreich sind.

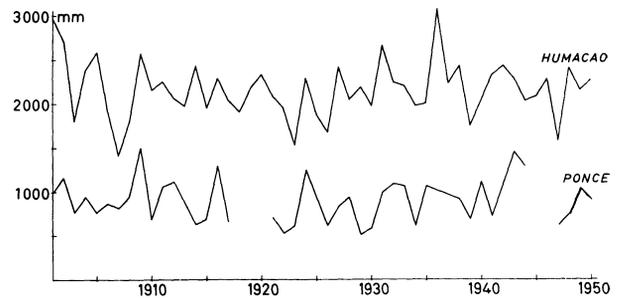


Abb. 6: Der jährliche Niederschlag auf der Luv- und der Leeseite Puerto Ricos, 1901—1950

IV. Klimatypen und Klimagliederung

Für eine Klimaklassifizierung Westindiens scheidet die jahreszeitliche Niederschlagsverteilung als Kriterium aus, weil sie mit der Unterscheidung sommerlicher bzw. winterlicher Regenzeit nur eine sehr grobe Gliederung Westindiens ermöglicht und weil zudem die weitere Untergliederung des Gebietes mit sommerlicher Regenzeit geographisch nur sekundäre Bedeutung hat. Viel wichtiger für die klimatische Charakterisierung ist der Grad der Feuchtigkeit bzw. Trockenheit.

Feuchte und trockene Gebiete lassen sich auf Grund ihrer jährlichen Niederschlagsmenge (Abb. 3) nur grob gegeneinander abgrenzen. Insgesamt ist Westindien feucht. Ein ausgesprochenes Trockenklima (BS und zum Teil BW der KÖPPENschen [37] Klassifikation) haben nur die Inseln unter dem Winde und außerdem, wie erwähnt, einige kleinräumige Landschaften der Insel Hispaniola. Die sonst überall herrschenden A-Klimate sind regional so angeordnet, daß die Luvseiten der gebirgigen Inseln in den tieferen Lagen im allgemeinen Af- und Am-Klimate, die Leeseiten Aw-Klimate haben, auf den flachen Inseln herr-

schen meist Aw- und Am-Klimate. Die jährliche Niederschlagsmenge ist das wichtigste Kriterium auch der THORNTHWAITESchen Klimaklassifikation (60). Die nach dieser von THORP (61) entworfene Klimakarte von Puerto Rico (Abb. 7) zeigt sehr deutlich die Abhängigkeit des Feuchtigkeitsgrades vom Relief: die Zunahme der Feuchtigkeit mit der Höhe ü. M. und den Gegensatz von Luv- und Leeseite.

Um eine Abgrenzung trockener und feuchter Gebiete, zugleich aber auch eine klimatologische Charakterisierung durch die Ermittlung des jahreszeitlichen Humiditätsganges zu erreichen, ist die von LAUER (38) erstmalig durchgeführte Berechnung der Anzahl der humiden Monate nach der Formel von DE MARTONNE (41)⁶⁾ gut geeignet. Nach dieser Methode wurde die Zahl der humiden Monate für die in Tab. 1 enthaltenen Stationen ermittelt und der Humiditätsgang in Diagrammen dargestellt (Abb. 8). Es zeigt sich beim Vergleich dieser Diagramme, daß die in Westindien so verbreitete Doppelung des Niederschlagsmaximums sich im Humiditätsgang nur bei solchen Stationen auswirkt, die eine relativ geringe Niederschlagsmenge haben. Für sie ist eine kurze sommerliche Trockenzeit (veranillo) charakteristisch, während die anderen Stationen mit doppeltem Niederschlagsmaximum den gleichen Humiditätsgang aufweisen wie Stationen mit nur einem Niederschlagsmaximum.

⁶⁾ $i = \frac{12n}{t+10}$ n = mittlerer monatlicher Niederschlag in mm
 t = mittlere monatliche Temperatur in °C
 Der Trockenheitsindex i = 20 trennt aride und humide Monate

Eignet sich die Benutzung der DE MARTONNESchen Formel vorzüglich für großräumige Vergleiche, wie sie von LAUER (38) für die amerikanischen und afrikanischen Tropen durchgeführt wurden, so ist diese Methode für so kleinräumige Gebiete, wie sie die meisten westindischen Inseln darstellen, nicht voll befriedigend. Für Westindien ist der DE MARTONNESche Index vor allem deswegen nicht sonderlich geeignet, weil in diesem randtropischen Gebiet eine größere Anzahl von Niederschlagstypen vorkommt als in den inneren Tropen. Zur Ermittlung des Klimacharakters muß daher der Formel von REICHEL (49)⁷⁾ der Vorzug gegeben werden, weil in dieser auch die Anzahl der Regentage und damit das Verhältnis von Niederschlagsdauer und -ergiebigkeit berücksichtigt werden. Für die in Tab. 1 und Abb. 8 enthaltenen 23 Stationen sind die nach 5 verschiedenen Methoden ermittelten Zahlen der humiden Monate in Tab. 3 nebeneinandergestellt. Die Werte, die sich unter alleiniger Berücksichtigung der Regenmenge oder der Zahl der Regentage ergeben, weichen erheblich von denen ab, die nach den DE MARTONNESchen und REICHELschen Formeln gewonnen wurden. Das hat seinen Grund darin, daß in den letzteren auch die mittlere Monatstemperatur ihre Berücksichtigung findet. Aber auch

⁷⁾ $i = \frac{(t+10)k}{12n \cdot K}$ n und t wie bei DE MARTONNE, s. Anm. 6
 k = mittlere monatliche Zahl der Niederschlagstage einer Station
 K = mittlere monatliche Zahl der Niederschlagstage aller Stationen einer Insel.
 Der Index i = 20 trennt aride und humide Monate.

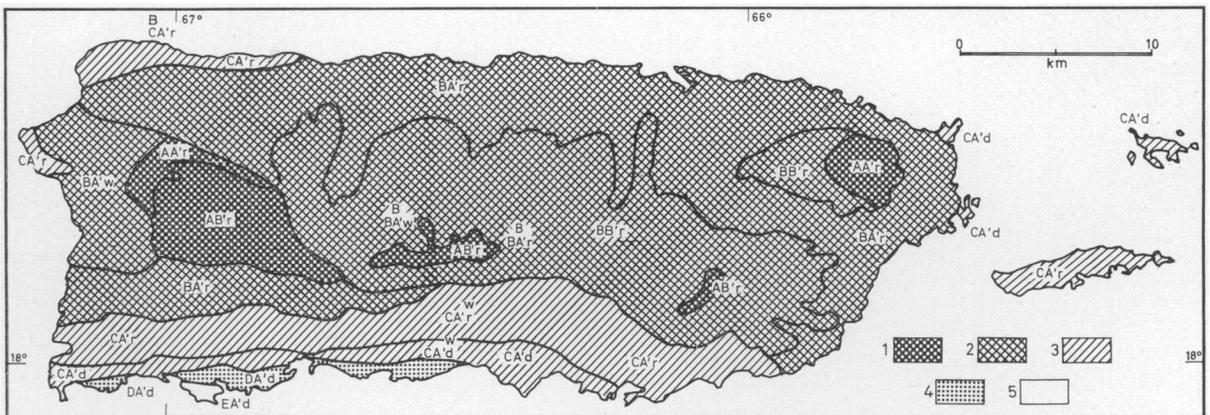


Abb. 7: Klimagliederung der Insel Puerto Rico nach der Klimaklassifikation von THORNTHWAITE (gezeichnet nach THORP, 61, S. 222)

- | | | |
|------------------------------------|------------|--|
| 1 vollhumid | 4 semiarid | CA'r subhumid tropisch, feucht |
| 2 humid | 5 arid | CA'd subhumid tropisch, trocken |
| 3 subhumid | | DA'd semiarid tropisch |
| AA'r vollhumid tropisch | | EA'd arid tropisch |
| AB'r vollhumid mesotherm | | B über C kennzeichnet Übergang von subhumid zu humid |
| BA'r humid tropisch | | B' über A' kennzeichnet Übergang von tropisch zu mesotherm |
| BA'w humid tropisch, wintertrocken | | w über r oder d kennzeichnet Übergang zu wintertrockenem Klima |
| BB'r humid mesotherm | | |

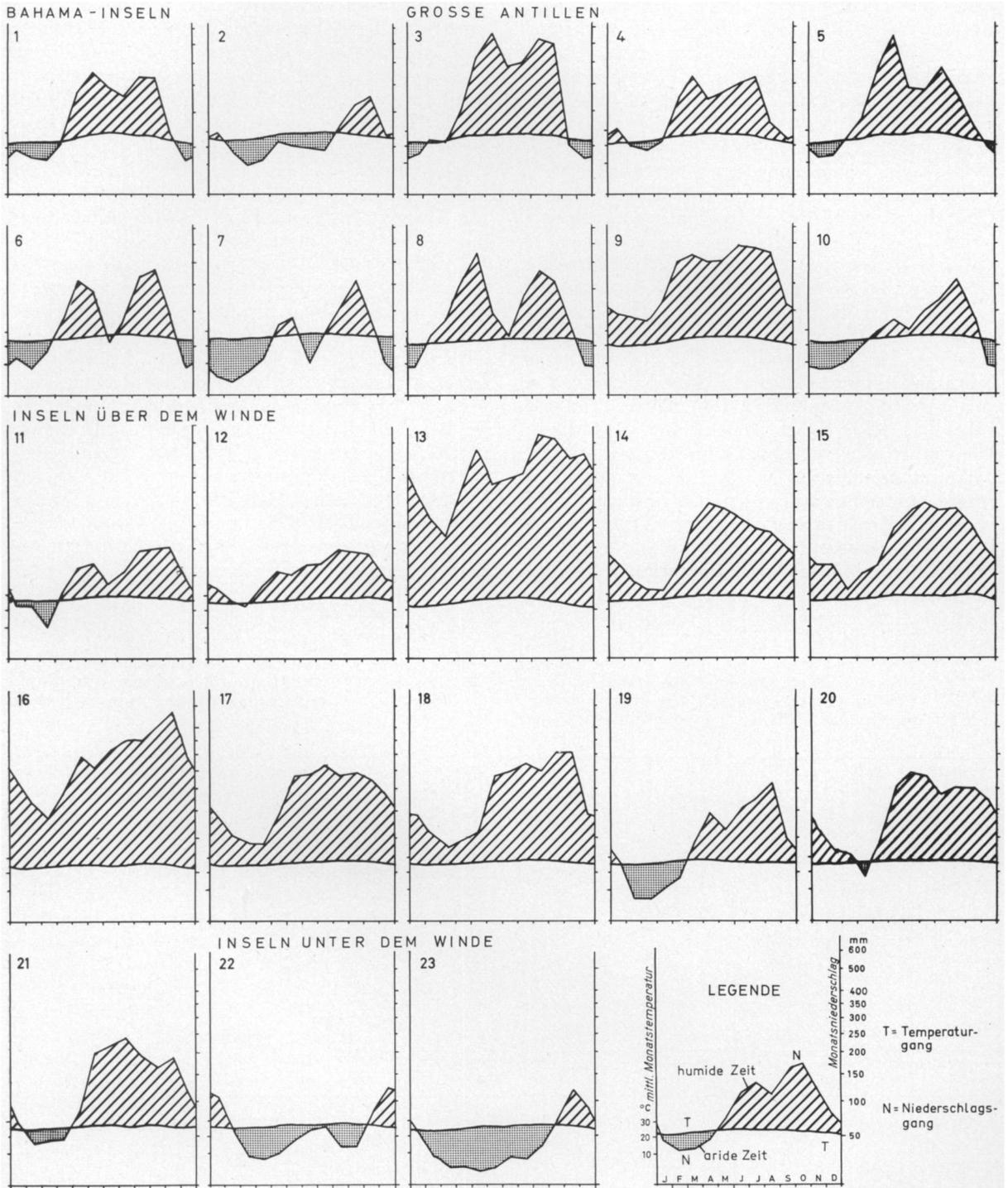


Abb. 8: Diagramme des Humiditätsganges von 23 westindischen Stationen (Stationen siehe Seite 283 oben)

Abb. 8: Diagramme des Humiditätsganges von 23 westindischen Stationen, errechnet nach dem Index von DE MARTONNE, entworfen nach der Methode von LAUER (40)

Nr.	Station	Höhe über Meeres- spiegel, in m	mittl. Jahres- temp. in °C	Beobachtungszeit- spanne in Jahren	mittl. Jahres- niederschlag in mm
1	Nassau, New Providence, Bahamas	4	25,1	29	1185
2	Grand Turk, Turks- u. Caicos-Inseln	4	26,3	28	750
3	Nueva Gerona, Isla de Pinos	60	25,4	16	1751
4	La Habana, Kuba	24	25,2	67	1223
5	Camaguey, Kuba	107	25,3	19	1421
6	Santiago de Cuba	35	25,9	21	1109
7	Kingston, Jamaika	7	26,3	28	732
8	Port-au-Prince, Hispaniola	37	26,1	44	1371
9	Humacao, Puerto Rico	30	25,1	29	2121
10	Ponce, Puerto Rico	24	25,9	27	909
11	Christiansted, St. Croix, US- Jungfern-Inseln	25	26,8	41	1180
12	St. Johns, Antigua	24	26,0	53	1251
13	Neuf-Château, Guadeloupe	250	24,4	10	4414
14	Roseau, Dominica	8	26,8	30	1928
15	Fort-de-France, Martinique	4	26,0	31	2035
16	Fourniols, Martinique	80	24,2	20	3404
17	Castries, St. Lucia	97	25,9	29	2184
18	Kingstown, St. Vincent	24	26,4	14	2289
19	Graeme Hall, Christchurch, Barbados	25	25,9	10	1175
20	St. George, Grenada	155	26,0	28	1839
21	Port of Spain, Trinidad	40	25,1	74	1606
22	La Asunción, Margarita	30	26,9	21	701
23	Kralendijk, Bonaire	3	26,7	28	512

die mit diesen beiden Formeln gewonnenen Humiditätszahlen unterscheiden sich nicht unbeträchtlich.

Tab. 3: Die Zahl der humiden Monate in Westindien

	a	b	c	d	e
Nassau	6	7	5	7	6
Grand Turk	4	5	6	5	4
Nueva Gerona	6	7	6	8	7
La Habana	6	9	6	10	8
Camaguey	6	9	6	9	8
Santiago de Cuba	4	7	5	7	7
Kingston	6	6	5	5	3
Port-au-Prince	5	10	5	8	9
Humacao	7	12	7	12	12
Ponce	6	7	4	6	5
Christiansted	6	9	8	9	7
St. Johns	6	11	7	11	12
Neuf-Château	5	12	7	12	12
Roseau	6	12	7	12	
Fort-de-France	6	12	8	12	12
Fourniols	7	12	9	12	12
Castries	7	12	8	12	
Kingstown	6	12	6	12	
Graeme Hall	5	8	8	8	7
St. George	7	11	7	11	
Port of Spain	6	9	4	9	
La Asunción	4	3	6	4	5
Kralendijk	4	3	4	3	3

Erläuterungen:

- a) Monate mit über 8,3 v.H. Anteil an der jährlichen Niederschlagsmenge. Diese Methode wurde von SCHRÖDER (52) angewandt.
- b) Monate mit über 60 mm Niederschlag. Nach dieser von MOHR (44, S. 58/59) empfohlenen Methode wurden im Imperial College of Tropical Agriculture in St. Augustine, Trinidad, Humiditätskarten für die Inseln der Westindischen Föderation entworfen. Einige dieser Karten wurden seit 1958 in den Soil and Land Use Surveys

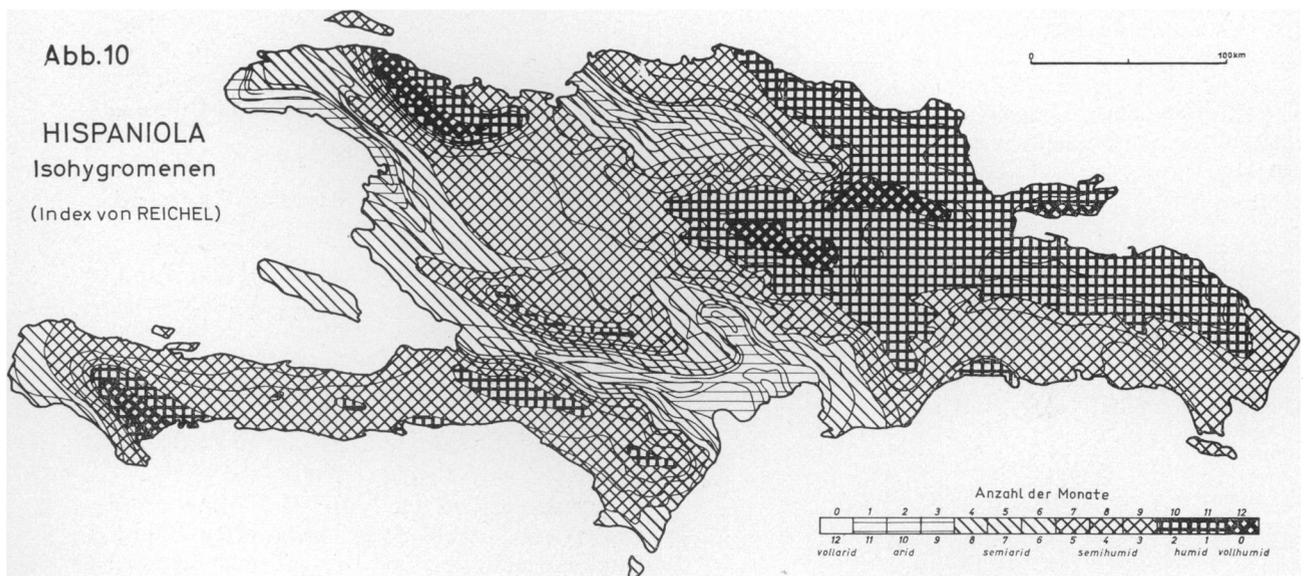
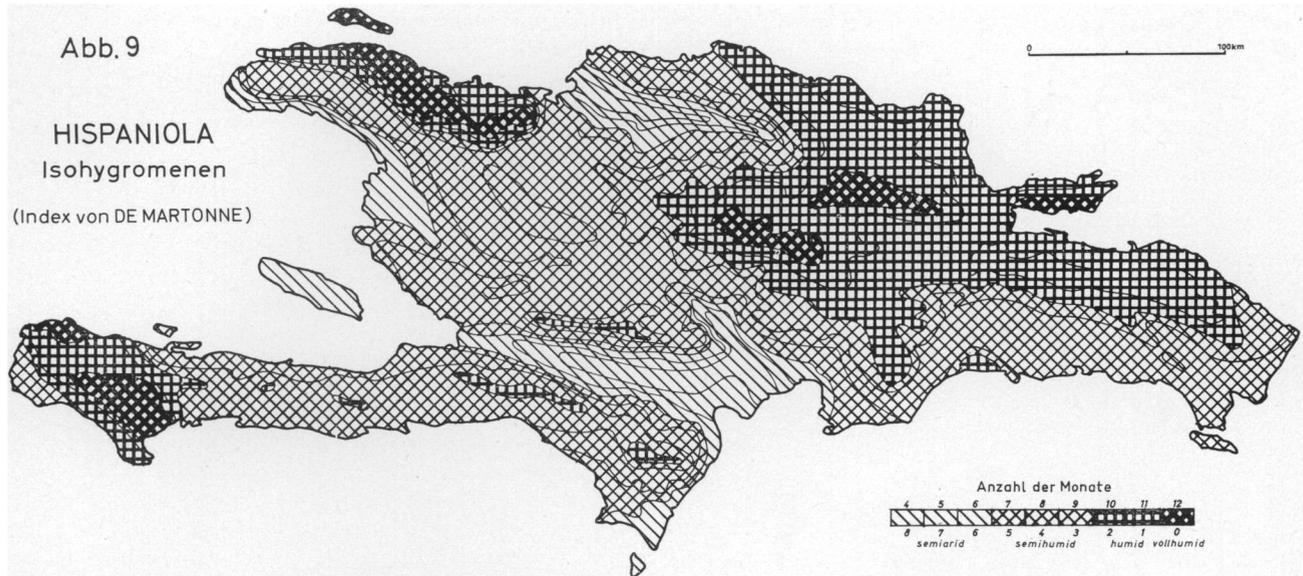
des Regional Research Centre of the British Caribbean veröffentlicht.

- c) Monate mit über 8,3 v. H. Anteil an der jährlichen Anzahl von Regentagen.
- d) Humide Monate nach der DE MARTONNESchen Formel.
- e) Humide Monate nach der REICHELschen Formel.

Im folgenden wird die Humidität und damit zugleich die Klimagliederung der westindischen Inseln an vier Beispielen besprochen, 1. an einer Gebirgsinsel der Großen Antillen (Hispaniola), 2. an einer Gebirgsinsel der Kleinen Antillen (Martinique), 3. an einer flachen Insel der Kleinen Antillen (Barbados) und 4. an einer flachen Insel der Großen Antillen (Kuba).

1. *Hispaniola*. Die mit Hilfe der Formeln von DE MARTONNE und REICHEL ermittelten Humiditätszahlen sind in zwei Isohygromenentkarten (Abb. 9 u. 10 dargestellt⁸⁾. Beide Karten lassen deutlich als vollhumide Gebiete (mit 10—12 humiden Monaten) die Nord- und die Zentralkordillere und den östlichen Teil des zwischen beiden gelegenen Längstales, die Vega Real und schließlich Teile der Südkordillere, besonders das Massiv de la Hotte erkennen. Arid (mit 6 humiden Monaten und weniger) sind im wesentlichen der westliche Teil des Längstales zwischen Nord- und Zentralkordillere, die Südseite der nach NW vorspringenden Halbinsel und das gesamte Längstal zwischen Zentral- und Südkordillere.

⁸⁾ Die Errechnung der Anzahl der humiden Monate erfolgte durch Fräulein S. ROTHGORDT im Rahmen der Mittelschullehrerprüfung an der Universität Kiel, 1961.



Ein Vergleich der beiden Isohygromenenkarten zeigt, daß der REICHELsche Index ein viel differenzierteres Bild ergibt als der von DE MARTONNE. Während in den Gebieten mittlerer Humidität nur geringe positive oder negative oder gar keine Abweichungen vorkommen, sind die Unterschiede in den Trockengebieten außerordentlich auffällig. In diesen sinkt die Anzahl der humiden Monate nach der Formel von DE MARTONNE bis 4, nach der von REICHEL bis 0 ab. Die REICHELschen Indices sind in den Trockengebieten überall kleiner als die von DE MARTONNE, weil es sich bei den Regenfällen in den Trockengebieten durchweg um kräftige Schauer handelt, die an nur wenigen Ta-

gen fallen. Es ist bezeichnend, daß die im Wetterablauf relativ niederschlagsarmer Stationen so charakteristische sommerliche, sekundäre Trockenzeit (veranillo) im Humiditätsgang in dem REICHELschen Index viel besser zum Ausdruck kommt als in dem von DE MARTONNE (Abb. 11)

Demgegenüber unterscheidet sich die Darstellung der vollhumiden Gebiete auf beiden Isohygromenenkarten nicht in gleichem Maße, weil die Zahl der humiden Monate 12 nicht übersteigen kann. Ein Vergleich der jeweiligen Indices zeigt jedoch, daß in den vollhumiden Gebieten die Humiditätswerte des REICHELschen Index höher als die des DE MARTONNESchen sind. Durch die

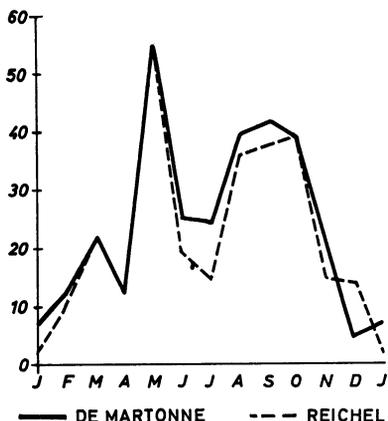


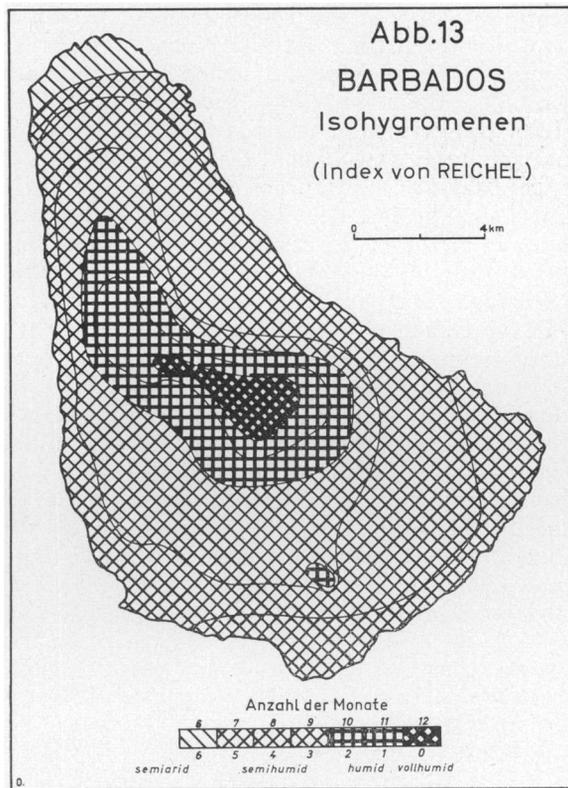
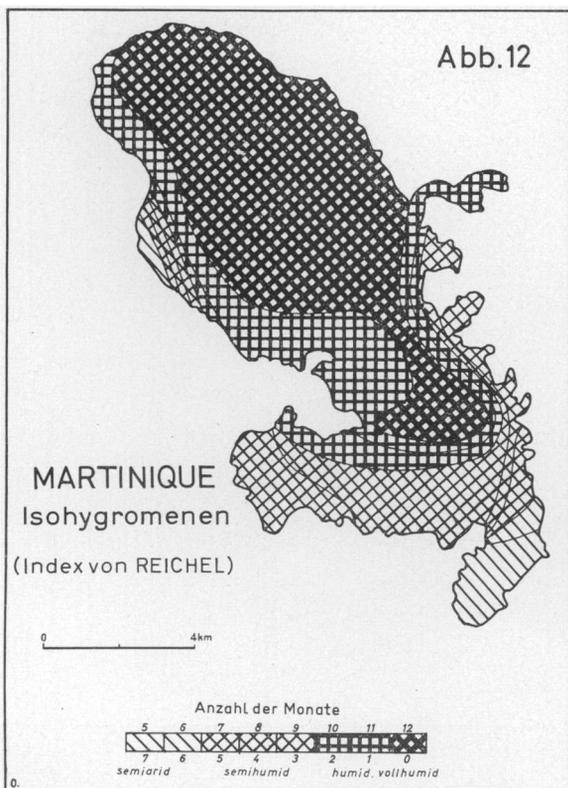
Abb. 11: Der Humiditätsgang einer Station geringer Humidität Croix de Bouquets, östlich von Port-au-Prince. Hispaniola) nach den Indices von DE MARTONNE und REICHEL

Berücksichtigung der gegenüber den Trockengebieten höheren Zahl von Regentagen ermöglicht der REICHELsche Index eine viel größere Differenzierung auch der humiden Gebiete, als dies der DE MARTONNESche Index vermag. Da die Untergliederung der humiden Bereiche aber eine geographisch ungleich geringere Bedeutung hat als die sich im Landschaftsbilde so deutlich ausprägende Differenzierung der Gebiete mit mittlerer und niedriger Humidität, ist es kein Nachteil, daß auf

der Karte der nach REICHELs Formel ermittelten Isohygromenen die große Differenzierung auch der vollhumiden Gebiete nicht zum Ausdruck kommt.

2. *Martinique* (Abb. 12). Wie auf Hispaniola ist die Humidität auf der gleichfalls gebirgigen Insel Martinique vollkommen vom Relief abhängig. Die Luvseite hat im Meeresniveau nach der REICHELschen Formel 8 humide Monate (10 nach dem Index von DE MARTONNE), die Leeseite hat 6—7 (8—9 nach dem Index DE MARTONNE). Bis auf einen schmalen Küstenstrich und die drei nach O, SO und SW vorspringenden Halbinseln ist die gesamte Insel vollhumid; im N stößt der vollhumide Klimabereich an die Küste. Das Vegetationsbild entspricht den durch die REICHELsche Formel ermittelten Humiditätszahlen.

3. *Barbados* (Abb. 13). Selbst auf der flachen Insel Barbados zeigt der Grad der Humidität eine große Abhängigkeit vom Relief. Die zentralen, bis zu 300 m ü. M. aufsteigenden Teile der Insel sind zugleich auch die feuchtesten, indem sie bis zu 12 humide Monate aufweisen. Nach der Formel von DE MARTONNE kommen auf der Insel die Humiditätsstufen 8—12, nach der von REICHEL die Stufenwerte 6—12 vor. Auf nur 5 km Entfernung wandelt sich der Klimacharakter vom semiariden Bereich (weniger als 6 humide Monate) im N bis zum vollhumiden in der Mitte der Insel. Den



durch den REICHELSchen Index ermittelten raschen Klimawechsel auf erstaunlich kurze Entfernung bestätigt die unterschiedliche Ausprägung des Formenbildes. Die Formen der Korallenkalkschichtstufe zeigen in Abhängigkeit von den verschiedenen Abtragungsbedingungen im vollhumiden und im wechselfeuchten Klimabereich auf nur wenige km Entfernung ein unterschiedliches Bild⁹⁾.

4. *Kuba* (Abb. 14)¹⁰⁾. Die Insel Kuba nimmt unter allen westindischen Inseln in ihrem Klimacharakter eine Sonderstellung ein, weil in Anbetracht ihrer Größe und ihres flachen Reliefs über große Flächen hin eine gleichmäßige Humidität (7—9 humide Monate) herrscht. Nur wo Gebirge sich erheben, zeigt sich auf kleinem Raum in dem raschen Wechsel vollhumiden und wechselfeuchten Klimas eine so beträchtliche klimatische Differenzierung, wie sie auf allen Gebirgsinseln und auf den kleinräumigen flachen Inseln Westindiens die Regel ist. Das trifft auf Kuba vor allem für den S mit der Sierra Maestra und ihrem Umland und in der Mitte der Insel auf die Sierra de Trinidad zu.

Aber nicht nur in bezug auf das Gleichmaß der Humidität über weite Strecken unterscheidet sich Kuba von den anderen westindischen Inseln, sondern auch dadurch, daß sich z. T. die Humidität ändert, ohne daß das Relief als Ursache dafür in Betracht käme. So ist z. B. das westliche Kuba nach dem REICHELSchen Index, von den Gebirgen der Provinz Pinar del Rio abgesehen, trockener als das mittlere und östliche Kuba, obwohl es niederschlagsreicher ist und dementsprechend nach dem DE MARTONNESchen Index eine größere Humidität besitzt. In dem relativ geringen Humiditätsgrad des westlichen Kuba drückt sich die geringe Zahl der winterlichen Regentage aus, wie umgekehrt die nach dem REICHELSchen Index größere Humidität der Nordküste der Provinz Oriente auf die hohe Zahl herbstlich-winterlicher Regentage zurückzuführen ist. Obwohl die jährliche Regenmenge der in diesem Gebiet gelegenen Station Preston z. B. längst nicht an die vieler Stationen des westlichen Kuba heranreicht, ist die Humidität dort mit die größte des kubanischen Flachlandes. Das hat seinen Grund darin, daß das Maximum der Niederschläge und das Maximum der Anzahl von Regentagen in dieser Gegend in den Herbst fallen, während der Sommer auf Grund des stabilisierenden Einflusses des dann noch relativ kühlen Meereswassers (31, S. 272) niederschlagsärmer als das übrige Kuba ist, aber

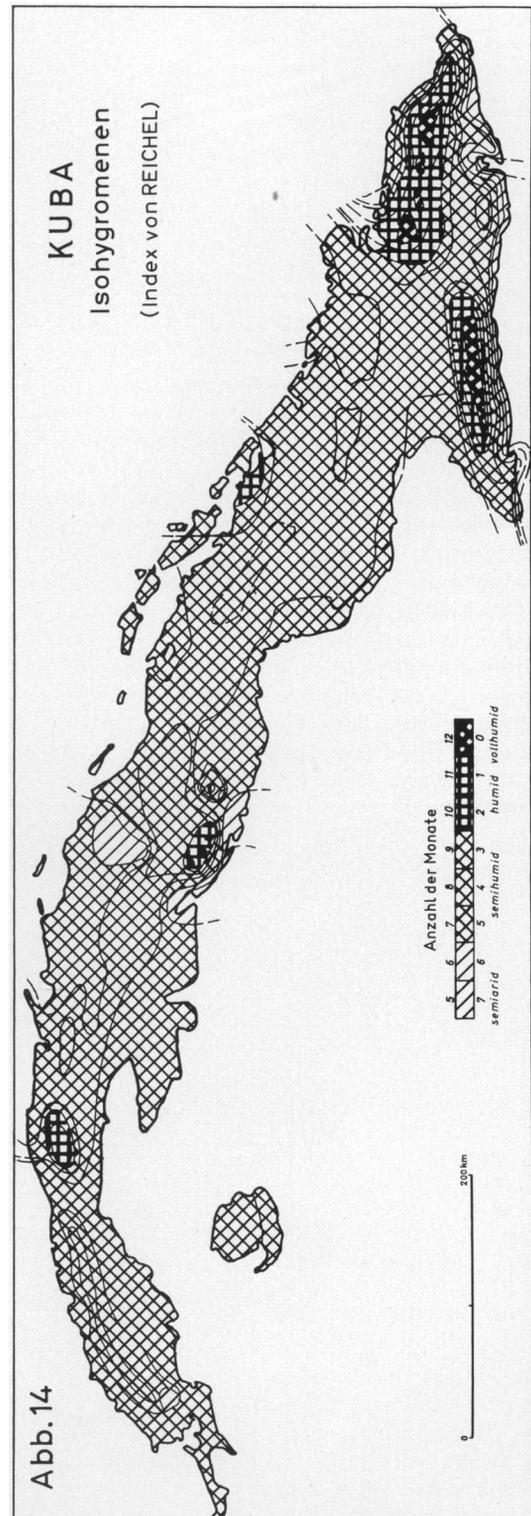


Abb. 14

⁹⁾ BLUME, H.: Schichtstufen auf den Kleinen Antillen. Tagungsbericht u. wiss. Abh. Dt. Geographentag Köln S. 393, Wiesbaden 1962.

¹⁰⁾ Die Errechnung der Anzahl der humiden Monate erfolgte durch Herrn E. J. MESECK im Rahmen der Mittelschullehrerprüfung an der Universität Kiel, 1960.

doch immerhin soviel Niederschlag empfängt und so viele Regentage aufweist, daß kaum mehr als ein sommerlicher Trockenmonat auftritt.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die durch die REICHELsche Formel ermittelten Humiditätswerte, da sie mit den Regentagen auch das Verhältnis von Ergiebigkeit und Dauer der Niederschläge und damit im Grunde auch die Verschiedenheit der einzelnen Niederschlagstypen mit berücksichtigen, im allgemeinen sehr gut die tatsächliche, sich im Vegetationsbild ausdrückende Humidität und den jahreszeitlichen Humiditätsgang kennzeichnen.

Das wesentlichste Merkmal der horizontalen Klimagliederung Westindiens ist die Trockenheit der Inseln unter dem Winde gegenüber der Humidität aller anderen Inseln. Im übrigen sind, abgesehen von den erwähnten Verhältnissen auf Kuba, die Änderung der Humidität und damit des Klimacharakters völlig vom Relief abhängig und daher in den Gebirgen und ihrem Umland besonders deutlich.

Je größer die Reliefunterschiede, desto größer ist offensichtlich auch die Variationsbreite der in jeder Höhenlage, auch im Meeresniveau auftretenden Klimatypen, wie die Verhältnisse auf Margarita und auf Hispaniola verdeutlichen. So kommen im Niveau des Meeresspiegels in den Teilräumen Westindiens folgende ombrothermische Klimatypen und dementsprechende Vegetationsformationen vor:

Inselgruppe	Humidität	Vegetationsformen
Bahamas	4-6 hum. Mon.	regengrüne Dorn- und Trockenwälder
Große Antillen	0-12 „ „	Halbwüste, regengrüne Dorn-, Trocken- und Feuchtwälder, immergrüner ombrophiler Regenwald
Inseln über dem Winde	4-12 „ „	regengrüne Dorn-, Trocken- und Feuchtwälder, ombrophiler immergrüner Regenwald
Inseln unter dem Winde	0-4 „ „	Halbwüste, regengrüner Dornwald

Auf Grund ihres Gebirgscharakters ist vielen westindischen Inseln eine thermische Höhenstufung eigen, wie sie, allerdings in großräumiger Ausdehnung, auf dem Festland auftritt. Bei den Großen Antillen, besonders auf Hispaniola, nehmen über der tierra caliente sowohl tierra templada wie auch tierra fria große Flächen ein, während bei den Inseln über dem Winde nur die höchsten Berge in die tierra templada hinaufreichen und die Inseln unter dem Winde ganz dem Bereich der tierra caliente zugehören.

Obwohl sich auf allen Inseln mit nach oben abnehmenden Temperaturen und zunehmendem Niederschlag eine Steigerung der Humidität einstellt,

ist das Vorkommen der einzelnen ombrothermischen Klimatypen in den verschiedenen Höhenstufen doch sehr unterschiedlich, wie das schon die Betrachtung der Verhältnisse im Meeresniveau zeigt.

Tierra caliente: Die Zunahme der Humidität mit der Höhe erfolgt bei den Kleinen Antillen auf Luv- und Leeseite der Inseln so rasch, daß auf den Inseln über dem Winde bereits in ca. 300 m ü. M. 10-12 Monate humid sind, auf den Inseln unter dem Winde in etwa 500 m ü. M. Die Untergrenze des vollhumiden Bereichs ist von der Massenerhebung einer Insel bzw. einer Gruppe von Inseln abhängig; sie liegt z. B. auf Martinique, Dominica und Guadeloupe niedriger als bei anderen Inseln, und außerdem liegt sie auf jeder Insel im Luv niedriger als im Lee. Da in der tierra caliente der Kleinen Antillen Vollhumidität in geringen Höhen im Luv und Lee erreicht wird, umzieht ein geschlossener Gürtel vollhumiden Klimas, im Landschaftsbild kenntlich an der Verbreitung des immergrünen ombrophilen Regenwaldes, die Berge. Demgegenüber besteht auf den Großen Antillen vom Meeresniveau an durch die ganze tierra caliente aufwärts ein Unterschied der Humidität zwischen Luv- und Leeseite der Gebirge. In der oberen tierra caliente entsprechen dem auf der Luvseite verbreiteten immergrünen ombrophilen Regenwald auf der Leeseite regengrüne Trocken- oder Feuchtwälder.

Tierra templada und tierra fria: Die für die tierra caliente aufgezeigten Unterschiede in der Anordnung der ombrothermischen Klimatypen zwischen Großen und Kleinen Antillen bestehen auch in der tierra templada. Während ein der Vollhumidität entsprechender immergrüner Bergwald die Luv- und Leeseiten der Inseln über dem Winde überzieht, sind dieser Klimatyp bzw. diese Vegetationsformation auf den Großen Antillen auf die Luvseiten der Gebirge beschränkt. Im wechselfeuchten Bereich der Leeseite wächst dagegen ein regengrüner Bergwald. Erst in der tierra fria wird in den Gebirgen der Großen Antillen eine auf Luv- und Leeseite einheitliche Vollhumidität erreicht, die sich im tropischen Nebelwald als Vegetationsformation ausdrückt. Seine Untergrenze liegt auf der Luvseite tiefer als im Lee.

Die Anordnung der ombrothermischen Klimatypen auf den westindischen Gebirgsinseln zeigt demnach bemerkenswerte Verschiedenheiten. Die Verhältnisse auf den Kleinen Antillen entsprechen denen ozeanischer Inseln bzw. isoliert aufragender Berge auf dem Festland. Die Verhältnisse auf den Großen Antillen, besonders auf Hispaniola, gleichen demgegenüber weitgehend denen des Festlandes. Auf Hispaniola jedenfalls entspricht die Anordnung der ombrothermischen Klimatypen nahezu vollkommen der von Zentral-

amerika, wie sie kürzlich von LAUER (39) dargestellt wurde. Die Unterschiede der klimatischen Gliederung der einzelnen westindischen Inseln werden also nicht nur durch das Relief, sondern auch durch die Größe der Inseln bestimmt.

Schrifttum

1. *Air Ministry, Meteorological Office*: Tables of temperature, relative humidity and precipitation for the world, Part II, Central and South America, The West Indies and Bermuda. London 1958.
2. *Air Ministry, Meteorological Office*: Aviation Meteorology of the West Indies. Met. Rep. No. 22, London 1959.
3. ALEXANDER, C. S.: The Geography of Margarita and adjacent Islands, Venezuela. Berkeley und Los Angeles 1958.
4. ALEXANDER, W. H.: Climatology of St. Kitts. Monthly Weather Rev. 27, S. 583—587, 1899.
5. —: Rainfall on the island of St. Kitts, W. I. Monthly Weather Rev. 28, S. 487—488, 1900.
6. —: The climatology of Antigua. Monthly Weather Rev. 29, S. 165—167, 1901.
7. —: Reforestation and Rainfall in the Leeward Islands. Monthly Weather Rev. 29, S. 254—256, 1901.
8. —: Climatology of Puerto Rico from 1867 to 1905. Monthly Weather Review 34, S. 315—324, 1906.
9. ALPERT, L.: The areal distribution of mean annual rainfall over the island of Hispaniola. Monthly Weather Rev. 69, S. 201—204, 1941.
10. AUCHINLECK, G. G.: The rainfall of Antigua and Barbuda. St. Johns, Antigua, 1956.
11. BEARD, J. S.: The Natural Vegetation of the Windward and Leeward Islands. Oxford Forestry Memoirs No. 21, Oxford 1949.
12. BLISS, E. W.: A study of rainfall in the West Indies. Quart. Journ. of the Royal Met. Soc. 56, S. 67—72, 1930.
13. BRAAK, C.: Het Klima van Nederlandsch West-Indie. Kon. Ned. Met. Inst. No. 102, Med. en Verh. 36, Den Haag 1935.
14. BRENNAN, J. F.: The rainfall of Jamaica from about 1870 to end of 1939. Kingston, Jamaica, 1943.
15. CAMPAN, G.: Note sur la climatologie des Antilles et de la Guyane Française. Monographies de la Météorologie Nationale No. 15, Paris 1959.
16. CHAMBERLIN, T. W.: Rainfall Maps of Cuba. Monthly Weather Rev. 68, S. 4—10, 1940.
17. *Deutsches Hydrographisches Institut*: Westindien-Handbuch, I. Teil, Die Nordküste Süd- und Mittelamerikas. 3. Aufl. Hamburg 1958.
18. FASSIG, O. L.: Average annual rainfall of Porto Rico, W. I. Monthly Weather Rev. 37, S. 982—986, 1909.
19. FASSIG, O. L.: The trade winds in Porto Rico. Monthly Weather Rev. 39, S. 796—799, 1911.
20. FASSIG, O. L.: A Tentative Chart of Annual Rainfall over the Island of Haiti-Santo Domingo. Monthly Weather Rev. 57, S. 296—297, 1929.
21. FLOHN, H.: Probleme der geophysikalisch-vergleichenden Klimatologie seit Alexander von Humboldt. Ber. d. Dt. Wetterdienstes Nr. 59, S. 9—31. Bad Kissingen 1959.
22. FOSCUE, E. J.: Rainfall maps of Cuba. Monthly Weather Rev. 56, S. 170—173, 1928.
23. FROST, R.: Exceptional rainfall of Trinidad, February 1951. Met. Mag. 81, S. 107—112, 1952.
24. GARBELE, M. A.: Tropical and Equatorial Meteorology. New York und Chicago 1947.
25. GUTNICK, M.: Climatology of the Trade-Wind Inversion in the Caribbean. Bull. Am. Met. Soc. 39, S. 310 bis 420, 1958.
26. HALL, M.: Storms and hurricanes in Jamaica 1655/1915. Monthly Weather Rev. 43, S. 620, 1915.
27. HARRISON, L. C.: Dominica: a wet tropical human habitat. Econ Geogr. 11, S. 62—76, 1935.
28. HARTWELL, F. E.: The Santo Domingo Hurricane of September 1 to 5, 1930. Monthly Weather Rev. 58, S. 362—364, 1930.
29. HENRY, A. J.: The frequency of tropical cyclones (West Indian hurricanes) that closely approach or enter continental United States, 1722—1928. Monthly Weather Rev. 57, S. 328—331, 1929.
30. HOSLER, C. R.: A Study of Easterly Waves in the Gulf of Mexico. Bull. Am. Met. Soc. 37, S. 101—107, 1956.
31. HOWELL, W. E.: A study of the rainfall of central Cuba. Journ. of Meteorology 10, S. 270—278, 1953.
32. *Institut National de la Statistique et des Études Économiques*: Annuaire Statistique de la Guadeloupe 1953—1957. Paris 1958.
33. JAMES, P. E.: The Climate of Trinidad, B. W. I. Monthly Weather Rev. 53, S. 71—75, 1925.
34. KIMBALL, H. H.: The seasonal variations in the climate of Antigua, W. I. Monthly Weather Rev. 29, S. 168—173, 1901.
35. KLOSTER, W.: Bewölkungs-, Niederschlags- und Gewitterverhältnisse der westindischen Gewässer und der angrenzenden Landmassen. Aus dem Archiv der dt. Seewarte 40, H. 1. Hamburg 1922.
36. KNOCH, K.: Klimakunde von Südamerika. Handbuch der Klimatologie, Bd. II, Teil G. Berlin 1930.
37. KÖPPEN, W.: Grundriß der Klimakunde. Berlin und Leipzig 1931.
38. LAUER, W.: Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehung zu den Vegetationsgürteln. Bonner Geogr. Abh. H. 9, S. 15—98, Bonn 1952.
39. —: Klimatische und pflanzengeographische Grundzüge Zentralamerikas. Erdkunde 13, S. 344—354, 1959.
40. —: Klimadiagramme. Erdkunde 14, S. 232—242, 1960.
41. MARTONNE, E. DE: Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité. La Météorologie 1926, S. 449—458.
42. *Ministère de la France d'Outre Mer, Service Central de la Météorologie de la France d'Outre Mer*: Annales des Services météorologiques de la France d'Outre Mer, Année 1952, Bd. 2, Paris 1956.
43. MITCHELL, C. L.: West Indian hurricanes and other tropical cyclones of the North Atlantic Ocean. Monthly Weather Rev., Suppl. No. 24, 1924.
44. MOHR, E. C. J.: The Soils of Equatorial Regions with special reference to the Netherlands East Indies. Ann Arbor, Michigan, 1944.
45. *Nederlandse Antillen, Bureau voor de Statistiek*: Statistiek van de Meteorologische Waarnemingen in de Nederlandse Antillen, 1953 ff.
46. PICÓ, R.: Geografía de Puerto Rico, I, Geografía física. Rio Piedras, Puerto Rico, 1954.
47. RAY, C. L.: Daily period of rainfall at San Juan, Porto Rico. Monthly Weather Rev. 56, S. 140—141, 1928.
48. REED, W. W.: Climatological data for the West Indian Islands. Monthly Weather Rev. 54, S. 133—160, 1926.
49. REICHEL, E.: Der Trockenheitsindex, insbesondere für Deutschland. Ber. üb. d. Tätigkeit des Preuß. Met. Inst. 1928. Veröff. d. Preuß. Met. Inst. Nr. 362, S. 84—105, 1929.
50. RÉVERT, E.: La Martinique. Paris 1949.
51. RIEHL, H.: Tropical Meteorology. New York, Toronto und London 1954.
52. SCHRÖDER, R.: Die Verteilung der Regenzeiten im nördlichen tropischen Amerika. Pet. Mitt. 99, S. 263—269, 1955.
53. SHAW, E. B.: St. Croix: a marginal sugar-producing island. Geogr. Rev. 23, S. 414—422, 1933.

54. SHREVE, F.: A montane rain-forest. A contribution to the physiological plant geography of Jamaica. Carnegie Institution Publ. No. 199, Washington 1914.
55. SIMPSON, R. H.: Synoptic aspects of the intertropical convergence near Central and South America. Bull. Am. Met. Soc. 28, S. 335—346, 1947.
56. SKEETE, C. C.: Barbados Rainfall. Dept. of Science and Agriculture Pamphlet No. 9, S. 5—18. Bridgetown, Barbados, 1931.
57. STEHLÉ, H.: Les Conditions Ecologiques, la Végétation et les Ressources Agricoles de l'Archipel des Petites Antilles, S. 85—100 in: F. VERDOORN (Hg.): Plants and Plant Science in Latin America. Chronica Botanica, New Series of Plant Science Books Bd. XVI. New York 1945.
58. TALMAN, C. F.: Climatology of Haiti in the eighteenth century. Monthly Weather Rev. 34, S. 64—73, 1906.
59. TANNEHILL, I. R.: Hurricanes. Their nature and history. London 1956.
60. THORNTHWAITE, C. W.: The Climates of North America according to a new classification. Geogr. Rev. 21, S. 633—655, 1931.
61. THORP, J.: Climate and Settlement in Puerto Rico and the Hawaiian Islands, S. 217—226 in: Climate and Man, Yearbook of Agriculture, US Dept. of Agriculture, Washington 1941.
62. TREWARTHA, G. T.: The Earth's Problem Climates. Madison 1961.
63. US Department of Agriculture: Climatic Summary of the United States, Section 106, Puerto Rico and US Virgin Islands, o. O., o. J.
64. US Department of Commerce, Weather Bureau: Climatological Data, West Indies and Caribbean, 1920 ff.
65. —: Climatic Summary of the United States, Supplement for 1931 through 1952, Puerto Rico and US Virgin Islands, o. O., o. J.
66. VILA, M.-A.: Aspectos Geográficos de Nueva Esparta. Corporación venezolana de fomento, Monografías económicas estatales. Caracas 1958.
67. DEC. WARD, R., u. BROOKS, C. F.: Westindien. Climatology of the West Indies. Handbuch der Klimatologie Bd. II, Teil I, Berlin 1934.
68. WEHEKIND, L., u. SMITH, G. W.: Trinidad Rainfall, 1933—1952, and Rainfall Reliability in Trinidad. Port of Spain, Trinidad, 1955.
69. West Indies Meteorological Service: Climatological Summaries. Port of Spain, Trinidad, 1955 ff.
70. WILHELMY, H.: Die klimamorphologische und pflanzengeographische Entwicklung des Trockengebietes am Nordrand Südamerikas seit dem Pleistozän. Die Erde 1954, S. 244—273.

EISRAND UND KARSTPOLJEN AM WESTRAND DER LUKAVICAHOCHFLÄCHE (Westmontenegro)

HERBERT LIEDTKE

Mit 3 Abb. u. 3 Bildern

Summary: Ice margin and karst poljes of the Lukavica Highplateau, Western Montenegro

Observations on the Pleistocene ice margin of the Lukavica Highplateau northeast of Nikšić (Montenegro), which was glacier covered during the cold phases of the Ice Age, show that the relief features of the exposed limestone decisively determined the course and altitude of the ice margin. The contrast between the formerly ice covered surfaces nearly free of glacial drift and the great accumulation of glacial drift in the courses of the terminal moraines is very striking. The channels of the meltwater courses of the glacial phases may be traced by means of glacio-fluvial gravels. The smaller poljes with hydrographically rather ineffective swallow holes (ponors) were filled up during the cold phases so that eventually during a cold phase a complete surface drainage resulted; this was, however, unable to arrive at an even gradient. These meltwater courses of the cold phases terminated in large poljes where, because of their size, the swallow holes had not become blocked. The late- and postglacial reopening of the small ponors resulted — partly still under periglacial conditions — in a dissection of the glacial accumulations and thus interrupted the previously continuous channels.

Während Gliederung und Ausmaße der pleistozänen Gletscher in den Alpen um 1900 in den großen Zügen bereits bekannt waren, bestanden über die ehemalige Vergletscherung der Balkanhalbinsel noch starke Unklarheiten. Erst CVIJIĆ verhalf — durch seine Beobachtungen auf einer Exkursion im Jahre 1896 im Rila-Gebirge — den heutigen Ansichten zum Durchbruch, und er war selbst in der Folge-

zeit unermüdlich um die Erforschung des eiszeitlichen Formenschatzes bemüht. Wenn man heute bedenkt, daß erst um die Jahrhundertwende Nachrichten bekannt wurden, daß in den höchsten Gebirgen der Balkanhalbinsel rezente perennierende Firnflcken existieren, so wird man verstehen, warum man erst so spät auf den Gedanken kam, daß schon eine geringe Senkung der Schneegrenze in den Kaltzeiten zur Gletscherbildung führen mußte. Mit dieser Erkenntnis begann dann die glazialmorphologische Erforschung der unzähligen, meist recht kleinen dinarischen Hochgebirge. Die Mitteilung von Einzelbeobachtungen nahm ständig zu, blieb jedoch wegen der Unwegsamkeit des Geländes meist in einer punktförmigen Aufzählung stecken; Hauptziel war die Festlegung der eiszeitlichen Schneegrenze, wofür man bei der geringen Höhererstreckung der Gletscher meist nur die tiefsten Stellen der Moränen zu ermitteln brauchte. Genauere Angaben über den jeweiligen Eisrandverlauf wurden nur selten gegeben; für die große Zahl der Talgletscher reichten zwar oft Einzelangaben aus, bei Plateauvergletscherungen ist jedoch schon allein für die Feststellung des Flächenareals die Abgrenzung von Wichtigkeit.

Ziel des Verfassers war es, die Westgrenze der Vergletscherung der Lukavica-Hochfläche festzulegen und die Abflußwege der Schmelzwässer zu ermitteln. Damit ergibt sich die Frage, wie stark die glazifluviale Erosion bzw. Akkulation überhaupt auf das Relief eingewirkt hat und welche Bedeutung den rezenten Vorgängen für die Oberflächenformung beizumessen ist. Die Aufgabe