

Bericht über die Gewinnung von Korallen-Bohrkernen  
für Isotopen-Untersuchungen zur klimatischen Entwicklung  
der letzten Jahrhunderte

vom 24. Juni - 17. Juli 1984

Bermuda, Bermuda Biological Station for Research

Teilnehmer: Dr. Gerold Wefer

Dipl. Geol. Hannes Grobe

Dipl. Geol. Jürgen Pätzold

Dipl. Biol. Michael Schweimanns

### Einleitung

Im Kalkskelett massiver hermatyper Korallen ist das frühere Klima in Form von Dichteunterschieden und der Verteilung stabiler Isotope gespeichert. Dichteunterschiede lassen sich sichtbar machen durch Röntgenaufnahmen, in denen die dichteren - während des Sommers abgelagerten Partien - von den während des Winters gebildeten weniger dichten Lagen unterschieden werden können. Mit Hilfe dieser saisonalen Wachstumsbänder läßt sich die Wachstumsgeschichte der Korallen rekonstruieren. In der Verteilung stabiler Isotope werden Temperatur- und vermutlich Lichtverhältnisse während des Wachstums der Korallen gespeichert. Während die stabilen Sauerstoff-Isotope zur Rekonstruktion der saisonalen Temperaturen benutzt werden können, geben die stabilen Kohlenstoff-Isotope wahrscheinlich Hinweise über die Lichtverhältnisse (Wolkenbedeckung) im Jahresgang.

Mit den auf Bermuda gewonnenen Bohrkernen (Positionen siehe Abb. 1, Tab. 1) soll das Datenmaterial für eine lückenlose Aufzeichnung der Wassertemperaturen und der saisonalen Wolkenbedeckung während der letzten etwa 300 Jahre geschaffen werden.

Unter Benutzung dendrochronologischer Methoden soll weiterhin mit den bereits vorliegenden Korallenkernen die Aufstellung einer "Sklerochronologie" versucht werden. Falls die Kerne eine klimabedingte charakteristische Jahresabfolge zeigen, die ein Anhängen an ältere Kernabschnitte erlaubt, sind möglicherweise noch längere lückenlose Zeitabschnitte zu erfassen.

Zum Vergleich der in Korallen gespeicherten Klimasignale mit dem atmosphärischen Klima wurden mit Hilfe von David Wingate (Naturschutzbeauftragter Bermudas) mehrere Zedern-Stämme gewonnen, die mit ihrem Wachstum etwa die letzten 250 Jahre umfassen. Aus den jährlichen Zuwachsringsen soll eine "Master-Dendrochronologie" für Bermuda erstellt werden.

Für grundlegende Studien des Kohlenstoffisotopeneinbaues in das Korallenskelett in Abhängigkeit von der Lichtintensität (Symbiontenbeitrag) wurden ferner aus unterschiedlichen Wassertiefen jeweils etwa 10 Jahre alte Exemplare unterschiedlicher Korallenarten aufgesammelt.

Zur Bestimmung der isotopischen Zusammensetzung des Meerwassers und zum Vergleich unterschiedlicher Konservierungsmethoden diente die Probennahme des Oberflächenwassers nahe der Bohrpunkte.

Umfangreiche Klimadaten wurden zusammengetragen, um die Klimaabhängigkeit der Isotopenwerte daran zu eichen.

#### Korallen-Bohrkerne:

Zur Gewinnung der Bohrkerne wurde ein hydraulisch angetriebenes Unterwasser-Bohrgerät benutzt, das vom SFB 95 der Universität Kiel angeschafft und bereits erfolgreich im März/April 1981 auf den Philippinen eingesetzt worden war. In Kiel sollen die Kerne in 5 mm dicke Scheiben entlang der Wachstumsrichtung der Korallen gesägt werden, diese geröntgt und an ausgewählten Abschnitten Karbonatkleinstmengen (etwa 12-15 Proben pro Jahresgang) für Isotopenmessungen gebohrt werden. Die Röntgenaufnahmen sind weiterhin Grundlage für eine quantitative densitometrische Auswertung.

Insgesamt wurden 19 Kerne in 8 Korallen in Wassertiefen zwischen 4 und 12 m mit einem Kerngewinn von etwa 21 m gebohrt (Tab. 1, Abb. 1-10). Es wurde versucht, möglichst lange Sektionen mit lebender Oberfläche in Wachstumsrichtung zu gewinnen. Ausserdem wurde eine grosse Diploria strigosa Kolonie (Höhe 68 cm, Durchmesser 160 cm) vor den NE-Breakers in 12 m Wassertiefe gesammelt und in transportfähige Stücke zerteilt (Abb. 11,12)

#### Zedern-Stämme:

Die Bermuda-Zeder (Juniperus bermudiana) ist der einzige langsamwachsende, langlebige Baum, der auf der Insel für Baumringuntersuchungen zur Verfügung steht. Die Bestände der Bermuda-Zeder wurden in den Jahren 1948 und 1949 durch Insektenbefall stark dezimiert. Seitdem steht die Zeder unter Naturschutz. Es konnten insgesamt fünf Scheiben von Bermuda-Zedern gesammelt werden, davon drei mit bekanntem Füllungsdatum (Tab. 2).

#### Korallen aus unterschiedlichen Wassertiefen:

Es gibt Hinweise dafür, daß die Kohlenstoff-Isotopen-Verteilung des Kalkskelettes durch die mit Korallen in Symbiose lebenden Zooxanthellen wesentlich beeinflusst wird. Die Aktivität der Zooxanthellen wird durch das Lichtangebot gesteuert, das im Jahresgang stark variiert und mit zunehmender Wassertiefe stark abnimmt. Um den Lichteinfluss auf die Kohlenstoff-Isotopen-Fraktionierung im Kalkskelett abschätzen zu können, wurden jeweils die drei Arten Diploria labyrinthiformis, Montastrea annularis und Montastrea cavernosa und andere Korallenarten aus 2-4, 4-5, 8-9, 11-12, 15, 19-20, 24 und 30 m Wassertiefe gesammelt (Tab. 4). Von diesen Korallen sollen 5 mm Scheiben zur Sichtbarmachung der saisonalen Wachstumsbänder geröntgt und zwei bis drei Isotopenjahresgänge analysiert werden.

#### Isotopenzusammensetzung des Meerwassers:

Um die Isotopenzusammensetzung des Meerwassers zu bestimmen, wurden 23 Proben an drei verschiedenen Lokalitäten (Abb. 1, Tab. 3) nahe den anderen Probenpunkten genommen. Die Sauerstoff-Isotopenzusammensetzung soll an 11 Proben bestimmt werden, die zum Teil in 20 ml Glasflaschen mit Polyäthylen Schraubverschlüssen, zum Teil mit eingeschliffenen Glasstopfen aufbewahrt werden. Für die Kohlenstoff-Isotopenzusammensetzung der  $\text{CO}_2$  Komponenten des Wassers wurden zwei verschiedene Probennahmemethoden verwendet. Zum einen wurde die  $\Sigma\text{CO}_2$  aus 1 l Meerwasser im basischen Bereich durch Zugabe von  $\text{BaCl}_2$  quantitativ als  $\text{BaCO}_3$  gefällt und der Niederschlag in 40 ml Flaschen transportiert. Zum anderen wurden 500 ml Flaschen mit kleinem Schraubverschluss ohne Konservierung mit Meerwasser gefüllt. Alle Proben werden dunkel und kühl gelagert.

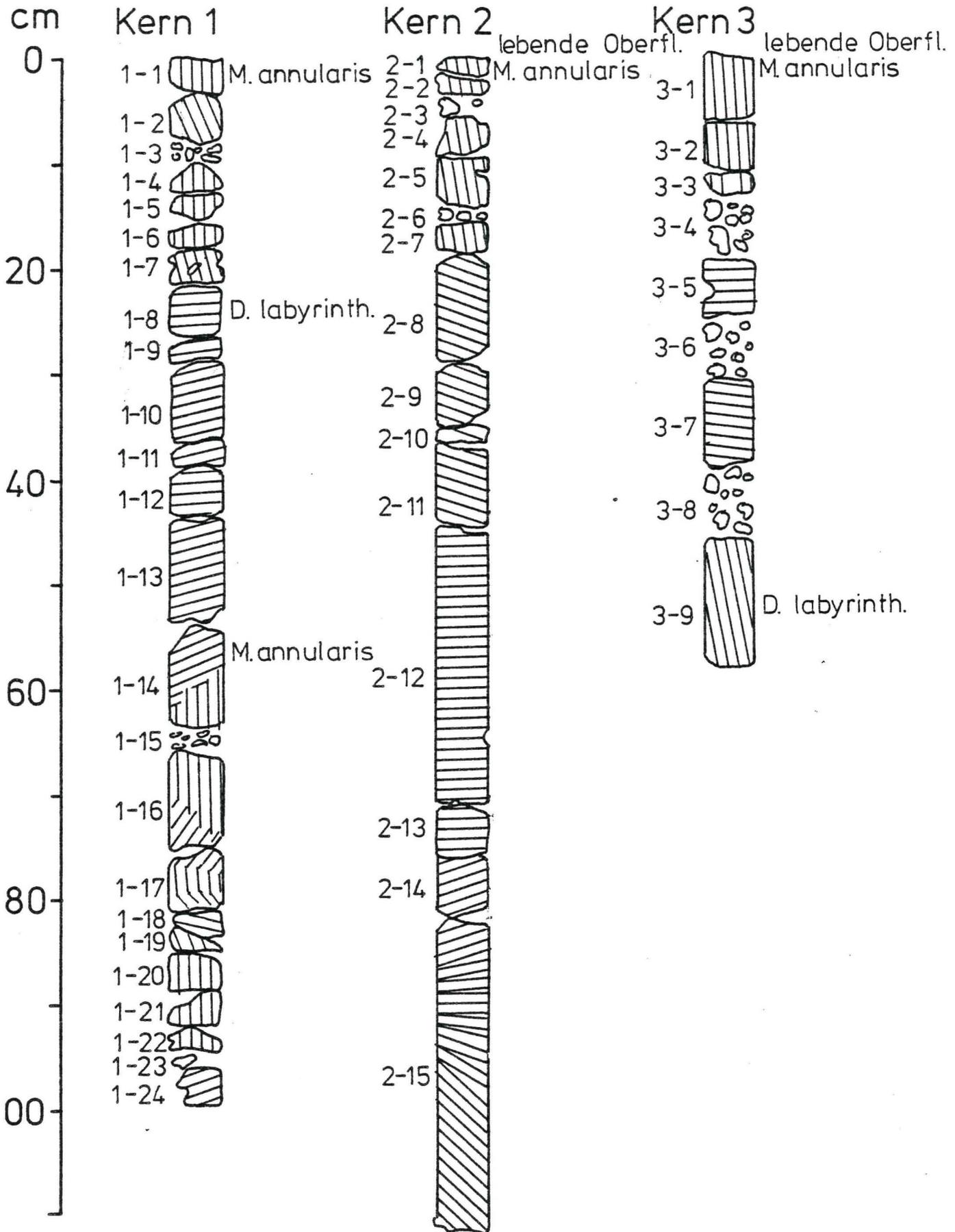
#### Klimadaten:

Aus dem Vergleich der Isotopenwerte und der Dichtewerte der Röntgenaufnahmen mit vorhandenen Klimaregistrierungen soll bestimmt werden, welche und in welcher Weise Klima-Faktoren im Skelett der Korallen gespeichert werden. Zu diesem Zweck wurden alle verfügbaren Zeitreihen von Klimadaten von Bermuda zusammengetragen (Tab. 5, Tab. 6). Es liegen sowohl jährliche, als auch monatliche und tägliche Werte vor. Die Abhängigkeit des Korallenwuchses von Temperatur und Licht ist bekannt. Die Bildung von besonders dichten Wachstumsstreifen, die als "Stress-Bänder" bezeichnet werden,

konnten in Korallen vor Florida während besonders kalter Winter festgestellt werden. Denkbar ist weiterhin, daß katastrophale Ereignisse wie Hurricanes im Skelett von Korallen als "Stress-Bänder" gespeichert werden. Luftdruck, Niederschläge, Wolkenbedeckung und Sonnenscheindauer können wahrscheinlich als Maß für die Lichtintensität benutzt werden, wenn direkte Messungen nicht vorliegen. Vergleiche haben gezeigt, daß die Lufttemperatur als Näherung für den Temperaturgang des Oberflächenwassers benutzt werden kann. Mit den uns vorliegenden Klimadaten sollte es möglich sein, die Variationen in Dichte und Wachstum des Kalkskelettes sowie deren Verteilung stabiler Isotope deuten zu können.

Montastrea annularis, 4 m WT, 29.6.84

1. Koralle, North Rock, Bermuda



Montastrea annularis, 11m WT, 3.7.84

2. Koralle, NE-Breakers, Bermuda

---

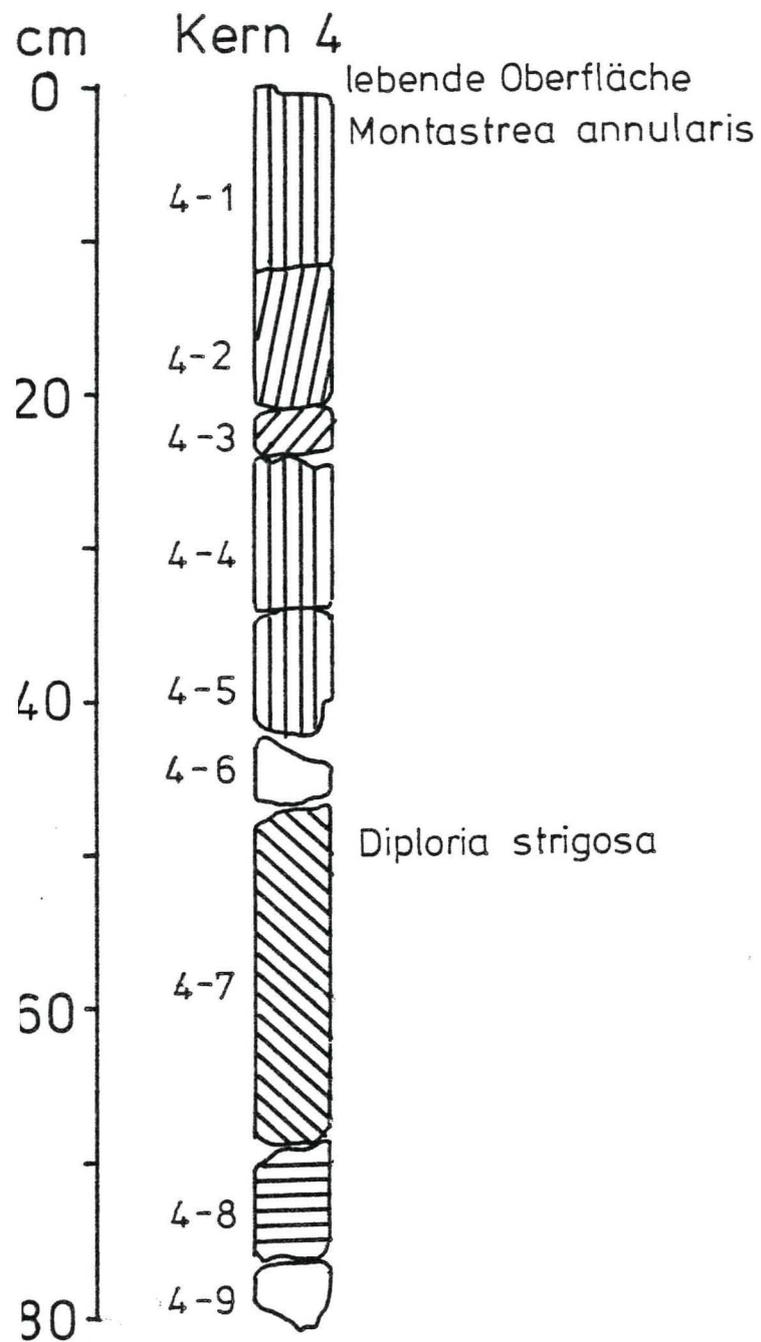
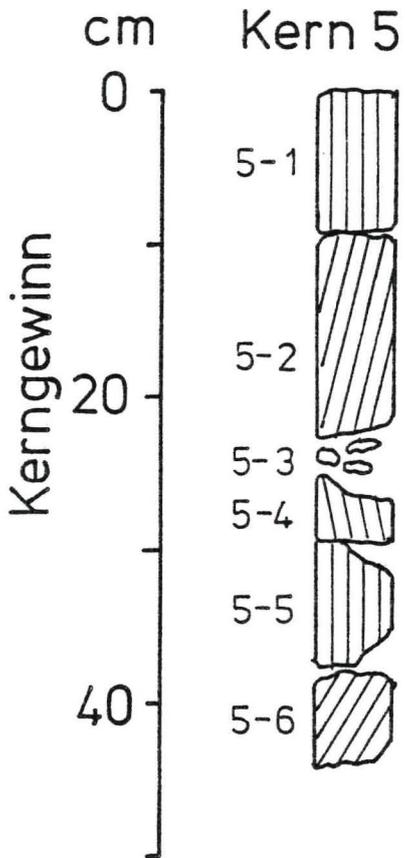


Abb. 4

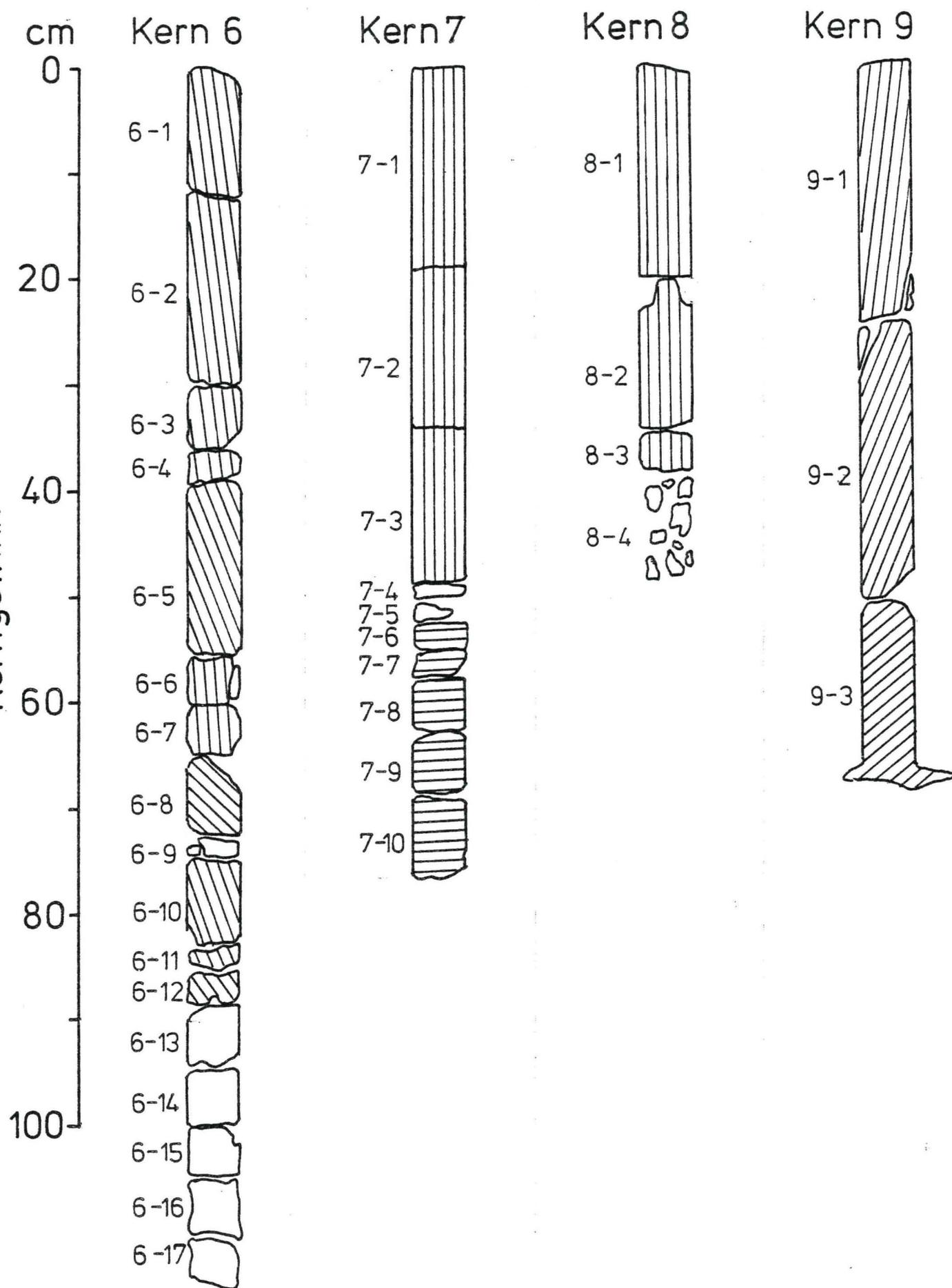
Diploria labyrinthiformis, 11 m WT, 3.7. 84  
3. Koralle, NE-Breakers, Bermuda

---



Diploria labyrinthiformis, 8 m WT, 4.7.84

4. Koralle, North Rock, Bermuda



Diploria labyrinthiformis, 12 m WT, 6. 84

5. Koralle, NE-Breakers, Bermuda

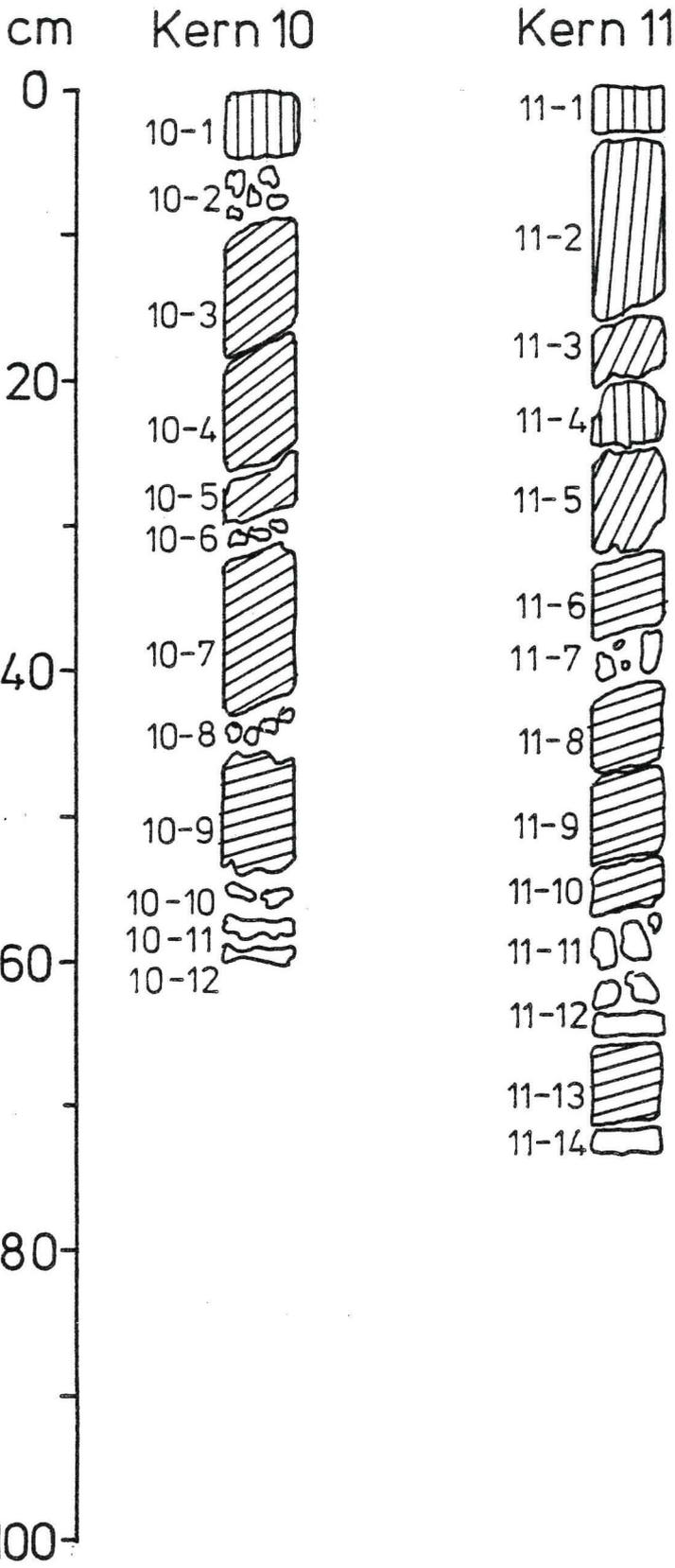
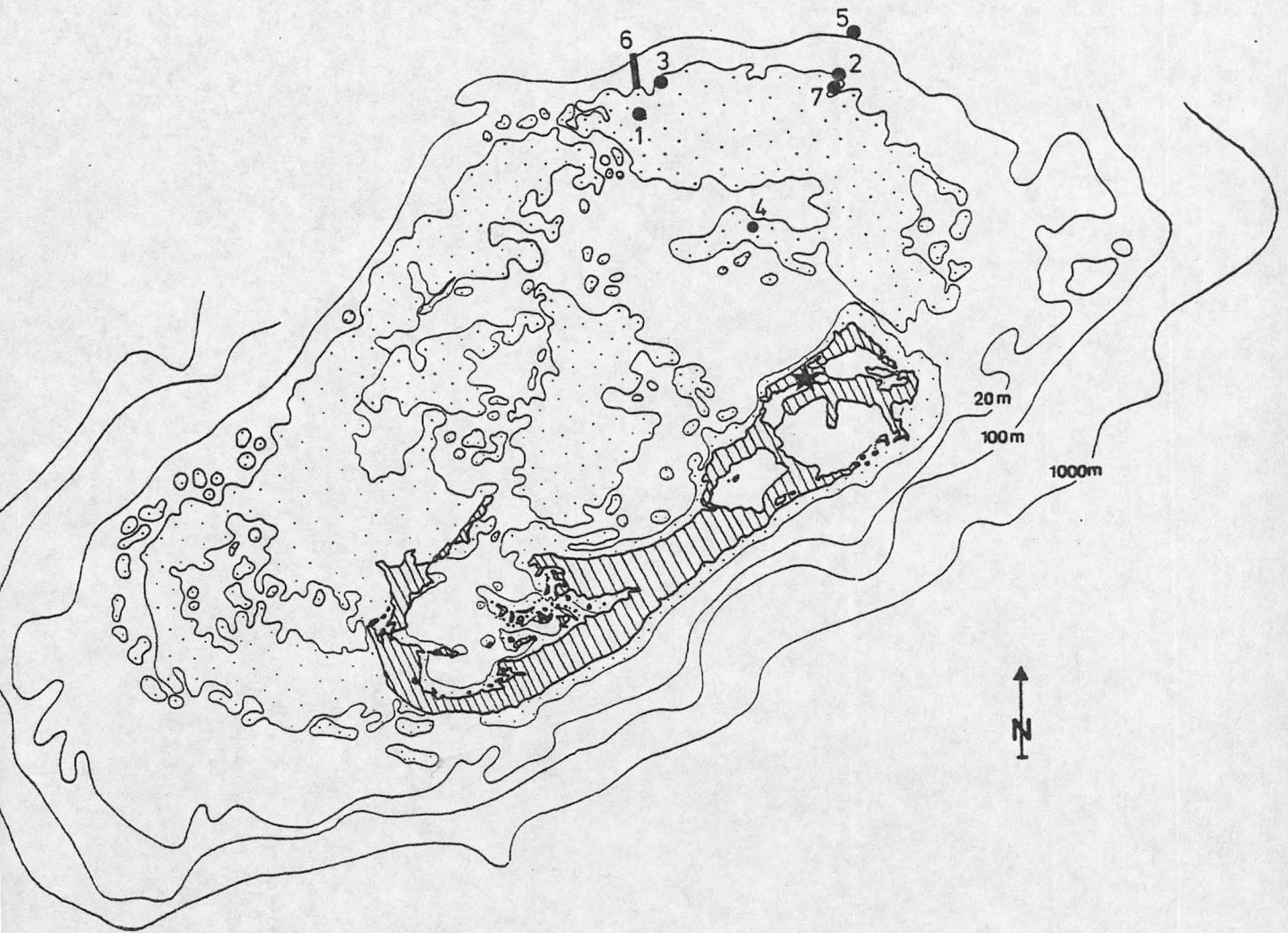


Abb. 1: Übersicht Probenpunkte



★ Bermuda Biological Station

Position 1	North Rock	29.6.84	1. Koralle: BDA 1, BDA 2, BDA 3
Position 2	NE-Breakers	2.7.84	Große <u>Diploria strigosa</u> Kolonie (Abb. 11)
		3.7.84	2. Koralle: BDA 4
			3. Koralle: BDA 5
		5.7.84	5. Koralle: BDA 10, BDA 11
		6.7.84	6. Koralle: BDA 12, BDA 13, BDA 14, BDA 15 Kleine Korallenkolonien: Nr. 124-128 Wasserproben: Nr. 3, 4, 51, 52
		13.7.84	7. Koralle: BDA 16, BDA 17, BDA 18 Kleine Korallenkolonien: Nr. 123 Wasserproben: Nr. 9, 10, 11, 12, 55, 56, 102
		14.7.84	8. Koralle: BDA 19
Position 3	North Rock	4.7.84	4. Koralle: BDA 6, BDA 7, BDA 8, BDA 9 Wasserproben: Nr. 1, 2, 50
Position 4	Three Hill Shoals	11.7.84	Kleine Korallenkolonien: Nr. 105-122 Wasserproben: Nr. 5, 6, 7, 8, 53, 54, 100, 1
Position 5	NE-Breakers	13.7.84	Kleine Korallenkolonien: Nr. 139-142
Position 6	North Rock	10.7.84	Kleine Korallenkolonien: Nr. 129-138
Position 7	NE-Breakers	14.7.84	Kleine Korallenkolonien: Nr. 101-104

Abb. 11: Schematische Darstellung der Zerteilung von Diploria strigosa,  
NE-Breakers, 12 m WT, 2.7.84



lebende Koralle



abgestorbene Koralle

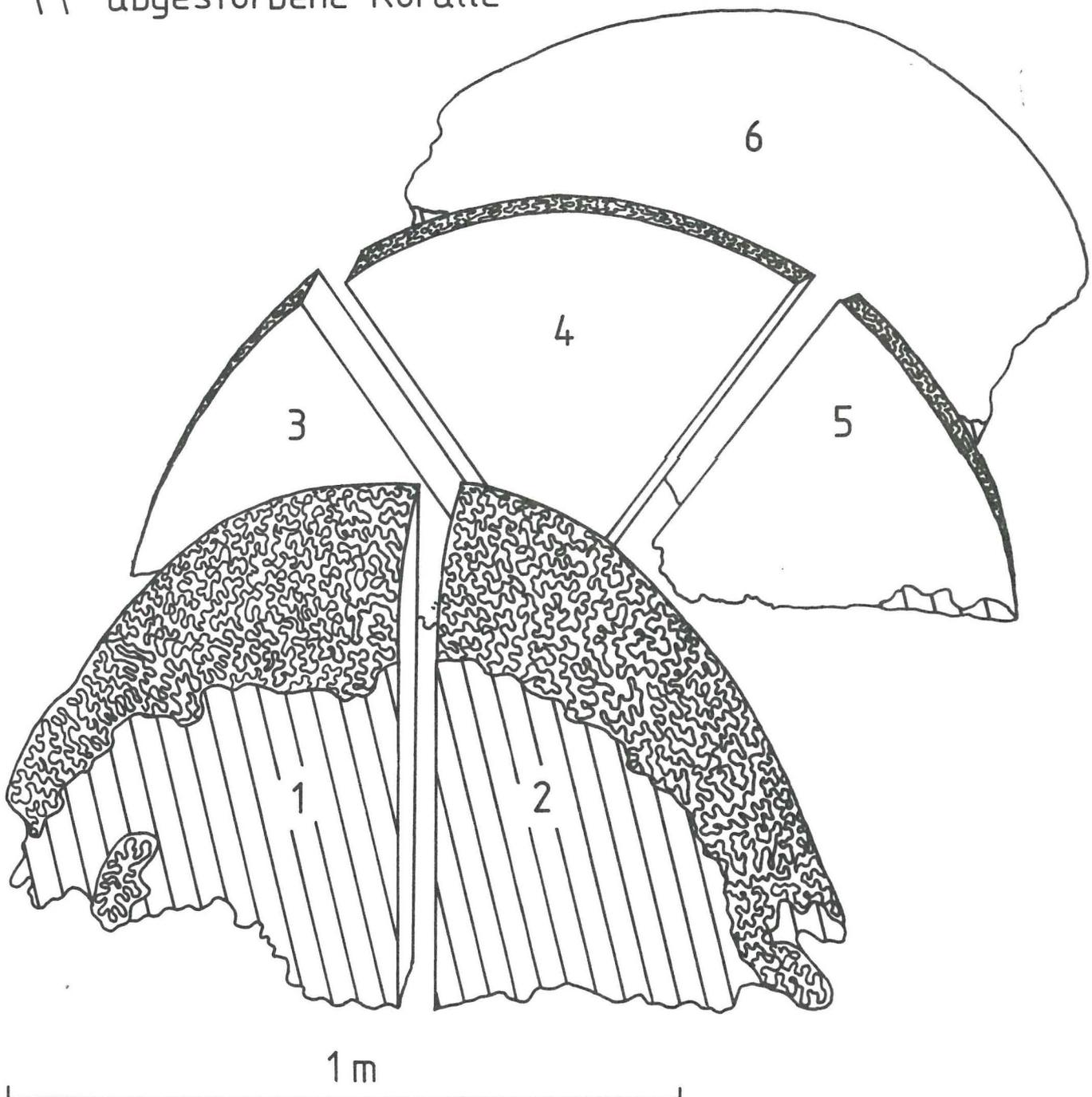
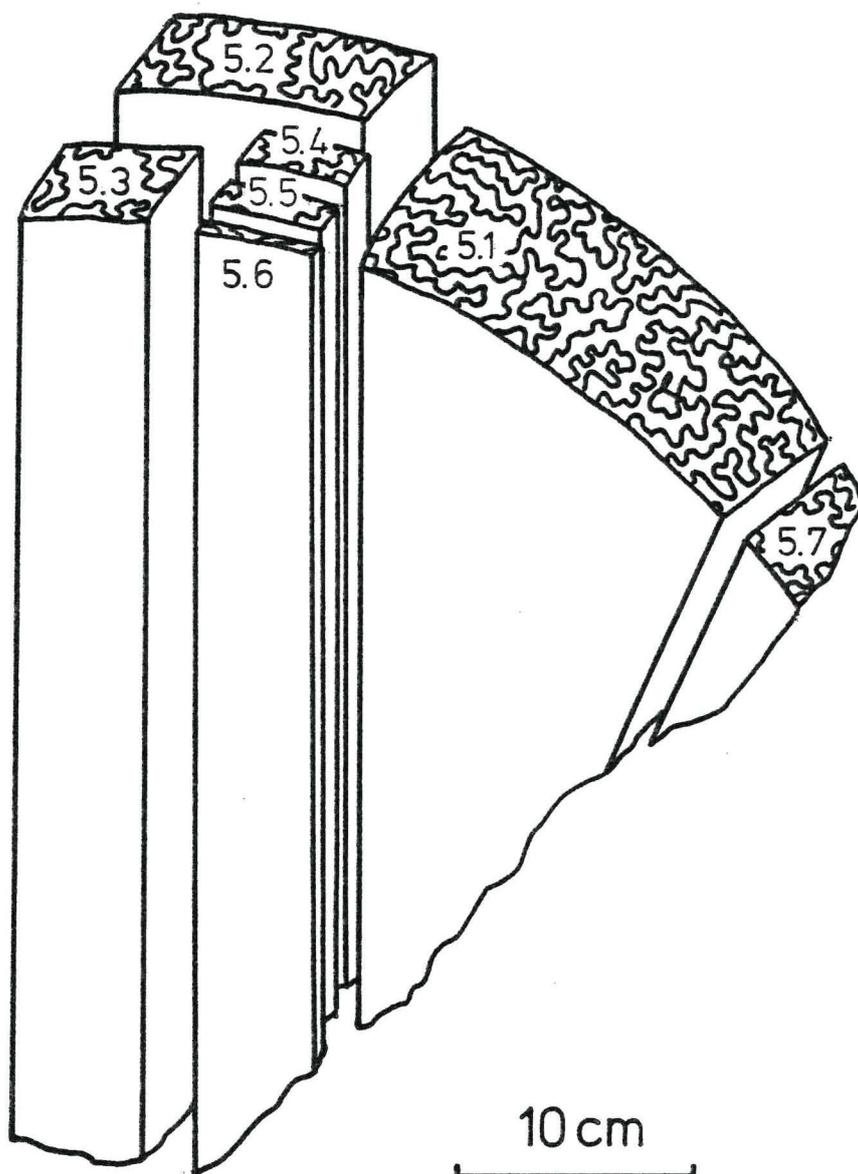


Abb. 12: Schematische Darstellung der Zerteilung von Stück Nr. 5  
aus Abb. 11



Datum	Koralle	Kern Nr.	Ort	Korallenart	WT	Kernabschnitte	Kerngewinn
29.06.84	1. Koralle	BDA 1	North Rock	Montastrea annularis	4 m	BDA 1.1 - 1.24	100 cm
"	"	BDA 2	"	" "	"	BDA 2.1 - 2.15	110 cm
"	"	BDA 3	"	" "	"	BDA 3.1 - 3. 9	60 cm
03.07.84	2. Koralle	BDA 4	NE- Breakers	Montastrea annularis	11 m	BDA 4.1 - 4. 9	90 cm
03.07.84	3. Koralle	BDA 5	NE-Breakers	Diploria labyrinthiformis	11 m	BDA 5.1 - 5. 6	45 cm
04.07.84	4. Koralle	BDA 6	North Rock	Diploria labyrinthiformis	8 m	BDA 6.1 - 6.17	130 cm
"	"	BDA 7	"	" "	"	BDA 7.1 - 7.10	75 cm
"	"	BDA 8	"	" "	"	BDA 8.1 - 8. 4	50 cm
"	"	BDA 9	"	" "	"	BDA 9.1 - 9. 3	70 cm
05.07.84	5. Koralle	BDA 10	NE-Breakers	Diploria labyrinthiformis	12 m	BDA 10.1 -10.12	60 cm
"	"	BDA 11	"	" "	"	BDA 11.1 -11.14	75 cm
06.07.84	6. Koralle	BDA 12	NE-Breakers	Diploria labyrinthiformis	12 m	BDA 12.1 -12. 4	60 cm
"	"	BDA 13	"	" "	"	BDA 13.1 -13.16	165 cm
"	"	BDA 14	"	" "	"	BDA 14.1 -14.29	255 cm
"	"	BDA 15	"	" "	"	BDA 15.1 -15.11	110 cm
13.07.84	7. Koralle	BDA 16	NE-Breakers	Diploria labyrinthiformis	11 m	BDA 16.1 -16.12	90 cm
"	"	BDA 17	"	" "	"	BDA 17.1 -17.14	210 cm
"	"	BDA 18	"	" "	"	BDA 18.1 -18.15	230 cm
14.07.84	8. Koralle	BDA 19	NE-Breakers	Montastrea annularis	12 m	BDA 19.1 -19.87	465 cm

Tab. 2: Zedern

Nr. des Baumes	Fällungsdatum	Standort	Zustand des Baumes	Stammdurchmesser
17	Januar 1983	Paget Marsh	lebend und gesund beim Fällen	65 cm
07	Januar 1983	Paget Marsh	lebend, teilweise abgestorben	49 cm
14	Januar 1983	Paget Marsh	lebend, teilweise abgestorben	51 cm
1	—————	—————	unbekannt	33 cm
2	—————	—————	unbekannt	38 cm

Tab. 3: Wasserproben für die Bestimmung von stabilen Isotopen

Ort	Datum	WT	Probe	Menge	Aufbewahrung	gepl. Untersuchung
North Rock	04.07.84	8 m	1, 2	0.5 l	ohne Konservierung, 4°C	$^{13}\text{C}_{\text{Wasser}}$
"	"	"	50	20 ml	ohne Konservierung, 4°C	$^{18}\text{O}_{\text{W}}$
NE-Breakers	06.07.84	12 m	3, 4	40 ml	als $\text{BaCO}_3$ aus 1 l gefällt	$^{13}\text{C}_{\text{W}}$
"	"	"	51, 52	20 ml	ohne Konservierung, 4°C	$^{18}\text{O}_{\text{W}}$
Three Hill Shoals	11.07.84	8.5 m	5, 6	0.5 l	ohne Konservierung, 4°C	$^{13}\text{C}_{\text{W}}$
"	"	"	7, 8	40 ml	als $\text{BaCO}_3$ aus 1 l gefällt	$^{13}\text{C}_{\text{W}}$
"	"	"	53, 54	20 ml	ohne Konservierung, 4°C	$^{18}\text{O}_{\text{W}}$
"	"	"	100, 101	40 ml	ohne Konservierung, 4°C, Glasschliff	$^{18}\text{O}_{\text{W}}$
NE-Breakers	13.07.84	11 m	9, 10	0.5 l	ohne Konservierung, 4°C	$^{13}\text{C}_{\text{W}}$
"	"	"	11, 12	40 ml	als $\text{Ba CO}_3$ aus 1 l gefällt	$^{13}\text{C}_{\text{W}}$
"	"	"	55, 56	20 ml	ohne Konservierung, 4°C	$^{18}\text{O}_{\text{W}}$
"	"	"	102, 103	40 ml	ohne Konservierung, 4°C, Glasschliff	$^{18}\text{O}_{\text{W}}$

Tab. 4: Korallenkolonien aus verschiedenen Wassertiefen

2 - 4 m WT, NE-Breakers Bark, 14.07.84

	Anzahl	BDA-Nr.
<i>Diploria labyrinthiformis</i> (2.5 m)	1	101
<i>Montastrea cavernosa</i> ( 3 m)	1	102
<i>Montastrea cavernosa</i> ( 4 m)	2	103, 104

4 - 5 m WT, Three Hill Shoals, 11.07.84

	Anzahl	BDA-Nr.
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	1	105
<i>Diploria strigosa</i> (tot und lebend)	2	106, 107
<i>Montastrea annularis</i>	1	108
<i>Montastrea cavernosa</i>	1	109
<i>Millepora</i> sp.	1	110

8 - 9 m WT, Three Hill Shoals, 11.07.84

	Anzahl	BDA-Nr.
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	1	111
<i>Montastrea annularis</i>	1	112
<i>Montastrea cavernosa</i>	2	113, 114
<i>Meandrina</i> sp.	2	115, 116
<i>Madractis</i> sp.	4	117, 118, 119, 120
<i>Dichocoenia</i> sp.	1	121
<i>Siderastrea</i> sp.	1	122

11 m WT, NE-Breakers, 13.07.84

	Anzahl	BDA-Nr.
<i>Montastrea annularis</i>	1	123

Fortsetzung Tab. 4: Korallenkolonien aus verschiedenen Wassertiefen

12 m WT, NE-Breakers, 06.07.84

	Anzahl	BDA-Nr.
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	3	124, 125, 126
<i>Montastrea cavernosa</i>	1	127
<i>Porites</i> sp.	1	128

15 m WT, North Rock, 10.07.84

	Anzahl	BDA-Nr.
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	1	129
<i>Montastrea annularis</i>	1	130
<i>Montastrea cavernosa</i>	1	131

19 - 20 m WT, North Rock, 10.07.84

	Anzahl	BDA-Nr.
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	1	132
<i>Montastrea annularis</i>	1	133
<i>Montastrea cavernosa</i>	1	134

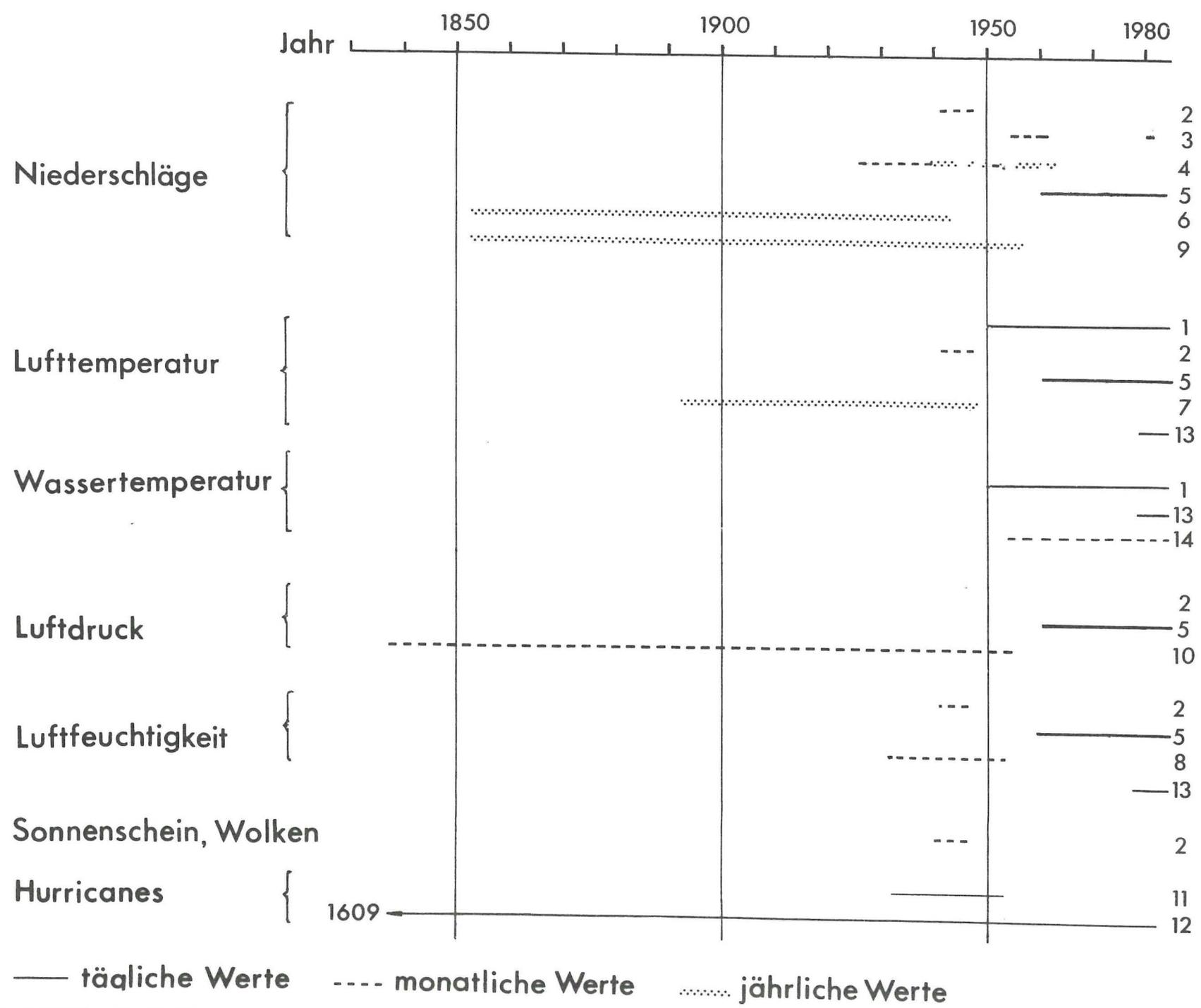
24 m WT, North Rock, 10.07.84

	Anzahl	BDA-Nr.
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	1	135
<i>Montastrea annularis</i>	1	136
<i>Montastrea cavernosa</i>	2	137, 138

30 m WT, NE-Breakers, 13.07.84

	Anzahl	BDA-Nr.
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	1	139
<i>Diploria strigosa</i>	1	140
<i>Montastrea annularis</i>	1	141
<i>Montastrea cavernosa</i>	1	142

Tab. 5: Übersicht Klimadaten Bermuda  
 Zitate siehe Tab. 6



Tab. 6: Klimadaten Bermuda

1 Ferry Reach, Bermuda	Lufttemperatur	(tägl.)	01.1950-06.1984
Biological Station	Wassertemperatur		
2 Summary of	Luftdruck	(monatl.)	01.1941-12.1946
Meteorological	Lufttemperatur		
Observations,	Luftfeuchtigkeit		
St. Georges	Sonnenschein		
W.A. Macky	Niederschläge		
	Wolkenbedeckung		
3 Rainfall Bermuda	Niederschläge	(monatl.)	06.1954-09.1960 1980
4 Report of the	Niederschläge	(monatl.)	1926-1939 1951
Department of			
Agriculture	Niederschläge	(jährl.)	1926-1944 1946 1949 1951 1953 1955-1959 1961-1962
5 Botanical Gardens,	Lufttemperatur	(tägl.)	10.1960-04.1984
Paget. Summary of	Luftfeuchtigkeit		
Climatological Data	Luftdruck		
	Niederschläge		

Fortsetzung Tab. 6: Klimadaten Bermuda

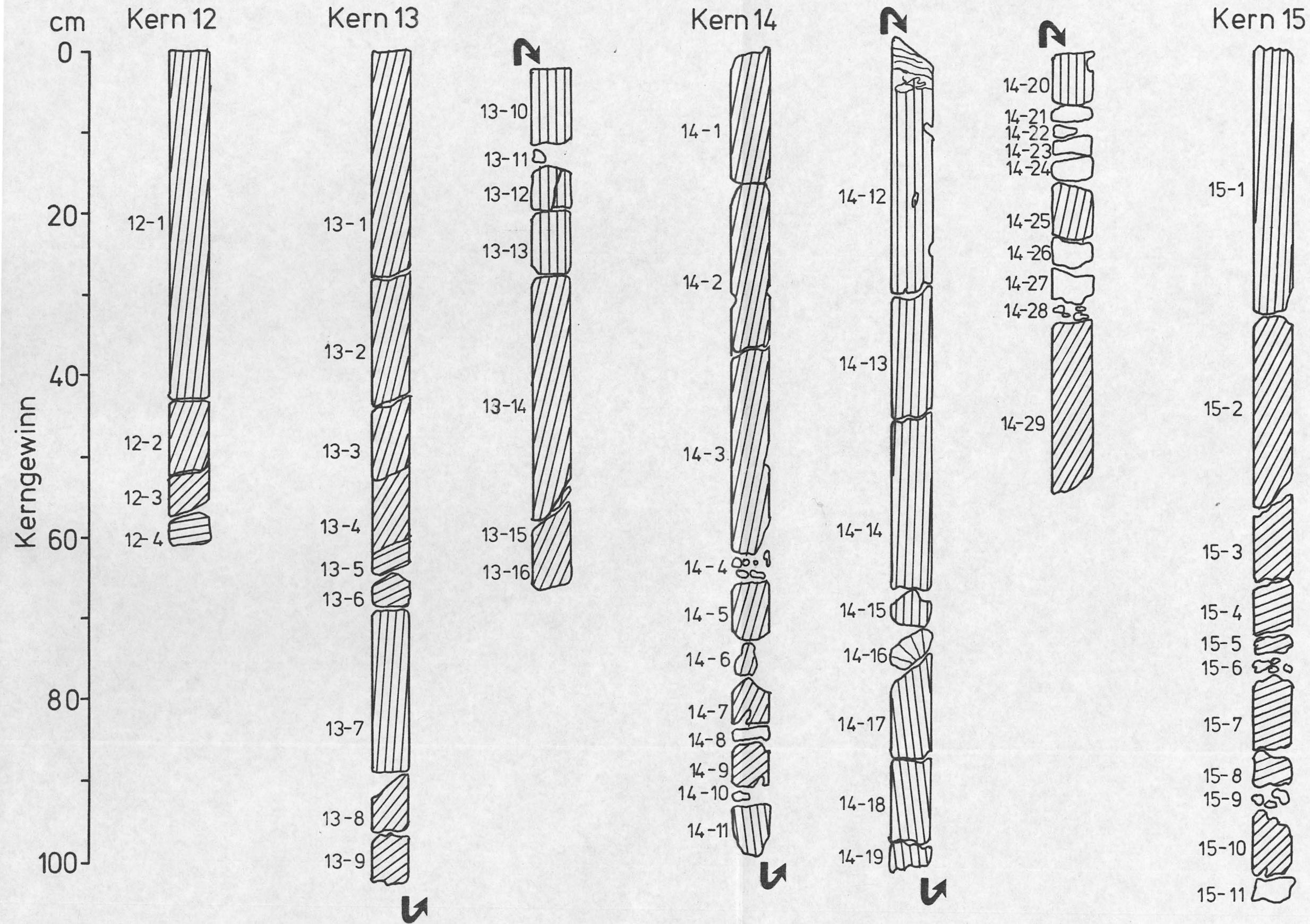
- 6 The Rainfall and            Niederschläge            (jährl.)    1852-1942  
Water Supply of  
Bermuda, Berm.  
Meteorol. St. No. 1  
W.A. Macky
- 7 Bermuda Temperatures    Lufttemperatur            (jährl.)    1891-1947  
Berm. Meteorol. Office  
Techn. Note No. 4  
W.A. Macky
- 8 The Humidity of            Luftfeuchtigkeit            (monatl.)    04.1932-12.1953  
of the Air in Bermuda  
Berm. Meteorol. Office  
Techn. Note No. 6  
W.A. Macky
- 9 The Rainfall of Bermuda    Niederschläge            (jährl.)    1852-1956  
Berm. Meteorol. Office  
Techn. Note No. 8  
W.A. Macky
- 10 Pressure at Mean Sea    Luftdruck            (monatl.)    11.1836-12.1953  
Level at Bermuda  
Berm. Meteorol. Office  
Techn. Note No. 9  
W.A. Macky

Fortsetzung Tab. 6: Klimadaten Bermuda

- |    |   |  |           |                 |
|----|---|--|-----------|-----------------|
| 11 | The Surface Wind<br>in Bermuda<br>Berm. Meteorol. Office<br>Techn. Note No. 7<br>W.A. Macky | Hurricanes   |           | 1932-1953       |
| 12 | Beware the Hurricane<br>T. Tucker   | Hurricanes   |           | 1609-1982       |
| 13 | Royal Gazette   | Lufttemperatur, max.<br>Lufttemperatur, min.<br>Luftfeuchtigkeit<br>Wassertemperatur | (wöch.)   | 01.1978-05.1984 |
| 14 | Bermuda Biological<br>Station<br>Hydrostation "S"<br>Lat 32° 10' N<br>Lon 64° 30' W         | Wassertemperatur   | (monatl.) | 06.1954-07.1984 |

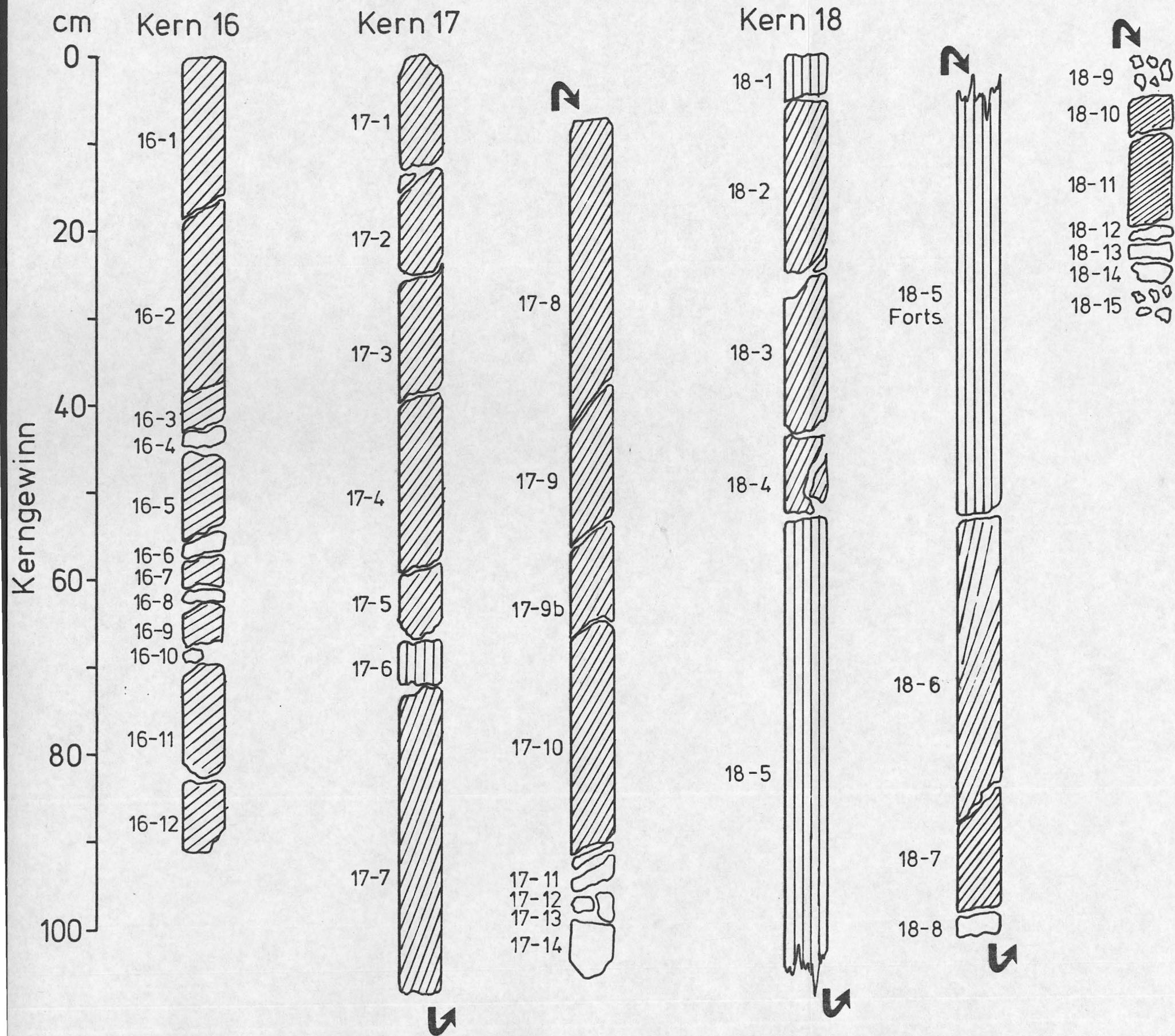
*Diploria labyrinthiformis*, 12 m WT, 6.7.84

6. Koralle, NE-Breakers, Bermuda



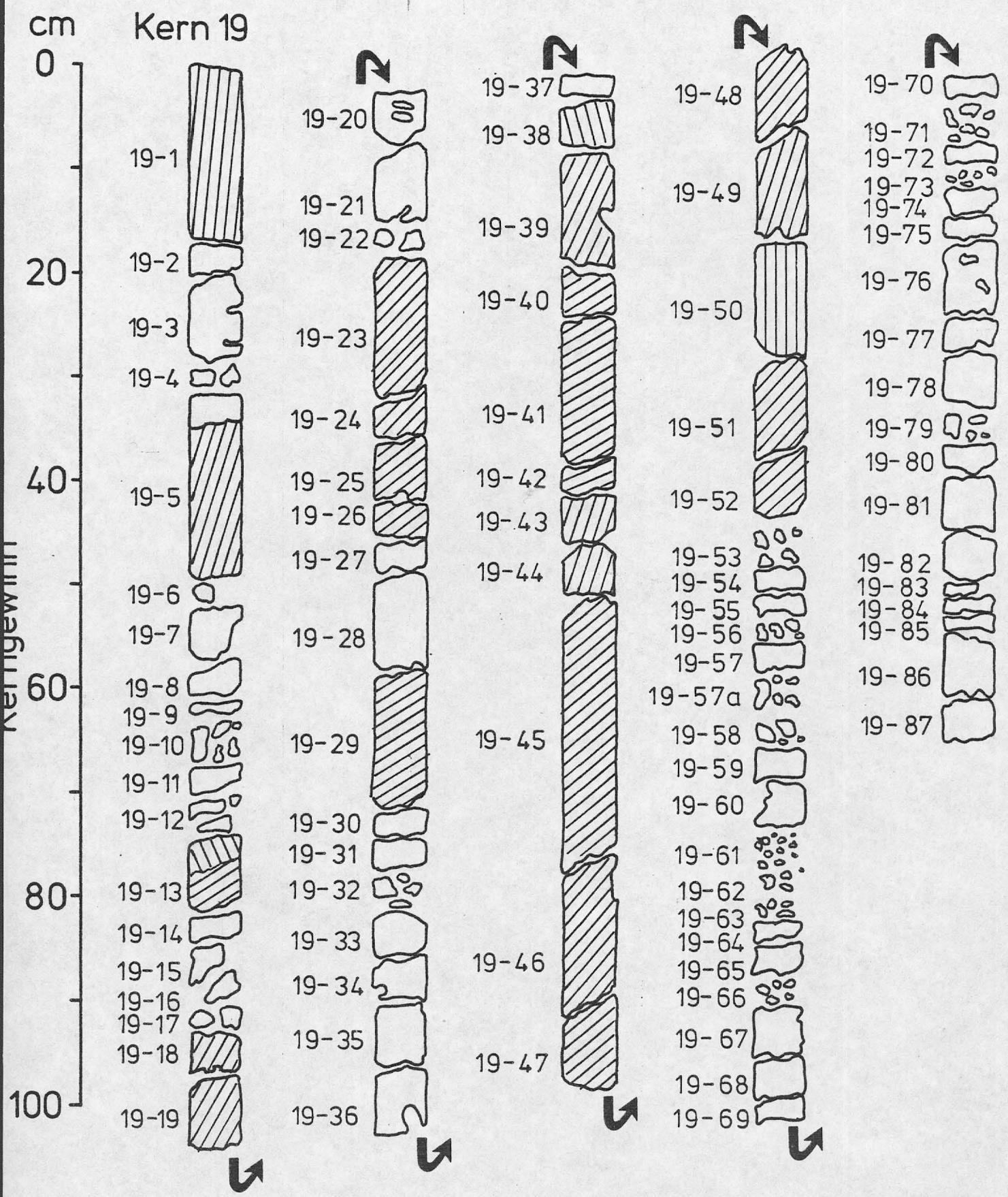
Diploria labyrinthiformis, 11 m WT, 13.7 84

7 Koralle, NE-Breakers, Bermuda



Montastrea annularis, 12 m WT, 14.7.84

8. Koralle, NE-Breakers, Bermuda



Diploria labyrinthiformis, NE-Breakers, 11m WT, 13.7.84

