

<i>Eiszeitalter u. Gegenwart</i>	<b>30</b>	183—201 11 Abb.	<i>Hannover 1980</i>
----------------------------------	-----------	--------------------	----------------------

## **Computerauswertung von Seespiegeldaten für das IGCP-Projekt Nr. 61**

HORST PREUSS \*)

Sea level, data processing, computer, radiometric dating, Holocene  
Northsea, North West German Lowlands

**Kurzfassung:** Ein Teil des deutschen Beitrages zum IGCP Sea Level Project war die Computerauswertung von Seespiegeldaten. Dies umfaßte den Entwurf eines Formblattes für die Datenerfassung sowie die Entwicklung eines Computerprogrammsystems zur Auswertung und Verarbeitung der Daten bis zu graphischen Zeit-/Tiefen-Diagrammen für verschiedene Meeresspiegelstände innerhalb der letzten 10 000 Jahre.

Zur Verarbeitung vorgesehen sind alle Daten, die einen Zeit-/Tiefen-Bezug zum Meeresspiegel haben, vorwiegend jedoch solche von radiometrisch datierten Meeresspiegel-Indikatoren. Besonders hervorgehoben wird die Möglichkeit der Umrechnung der zumeist unterschiedlichen Basisdaten auf eine einheitliche Bewertungsgrundlage, so daß direkte Vergleiche zwischen den einzelnen Zeit-/Tiefen-Diagrammen von verschiedenen Küstenregionen und gegründet auf Daten der verschiedensten Labors erlaubt sind. Mehrere Beispiele von Umrechnungen und Darstellungen in Form von Diagrammen sind dieser Publikation beigegeben.

### **[Computer Evaluation of Sea Level Data for IGCP-Project No. 61]**

**Abstract:** Part of the German contribution to the IGCP Sea Level Project was the computer evaluation of sea level data. This included the development of a form for the data collection as well as the development of a set of computer programs for evaluating and retrieving data for display in time/depth graphs for various positions of the sea level within the last 10.000 years.

It is planned to evaluate all data which have a time/depth relation to sea level, but especially those of radiometrically dated sea level indicators. The possibility for converting the basic data into a homogeneous form to permit direct comparison of individual time/depth graphs of various coastal regions and data from different laboratories is especially emphasised. Several examples for transformations and representations in graphs are included in this publication.

### Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Konzeption eines Computerprogrammsystems
3. Datenerfassung und Formblattentwicklung
4. Datenverarbeitung mit Listen- und Plotterausgang
5. Schriftenverzeichnis

### 1. Einleitung

Das Projekt Nr. 61 des Internationalen Geologischen Korrelationsprogrammes (IGCP) mit dem Titel „Sea Level Changes During the last Deglacial Hemicycle“ wird auf nationaler Ebene seit 1975 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.

Ein deutscher Beitrag zu dem internationalen Projekt war dabei der Versuch, Seespiegeldaten mit Hilfe der Computerverarbeitung (Arbeitsgruppe PREUSS, STREIF, VINKEN, NLFb Hannover) auszuwerten.

\*) Anschrift des Verfassers: Dr. H. Preuss, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Stilleweg 2, D-3000 Hannover 51.

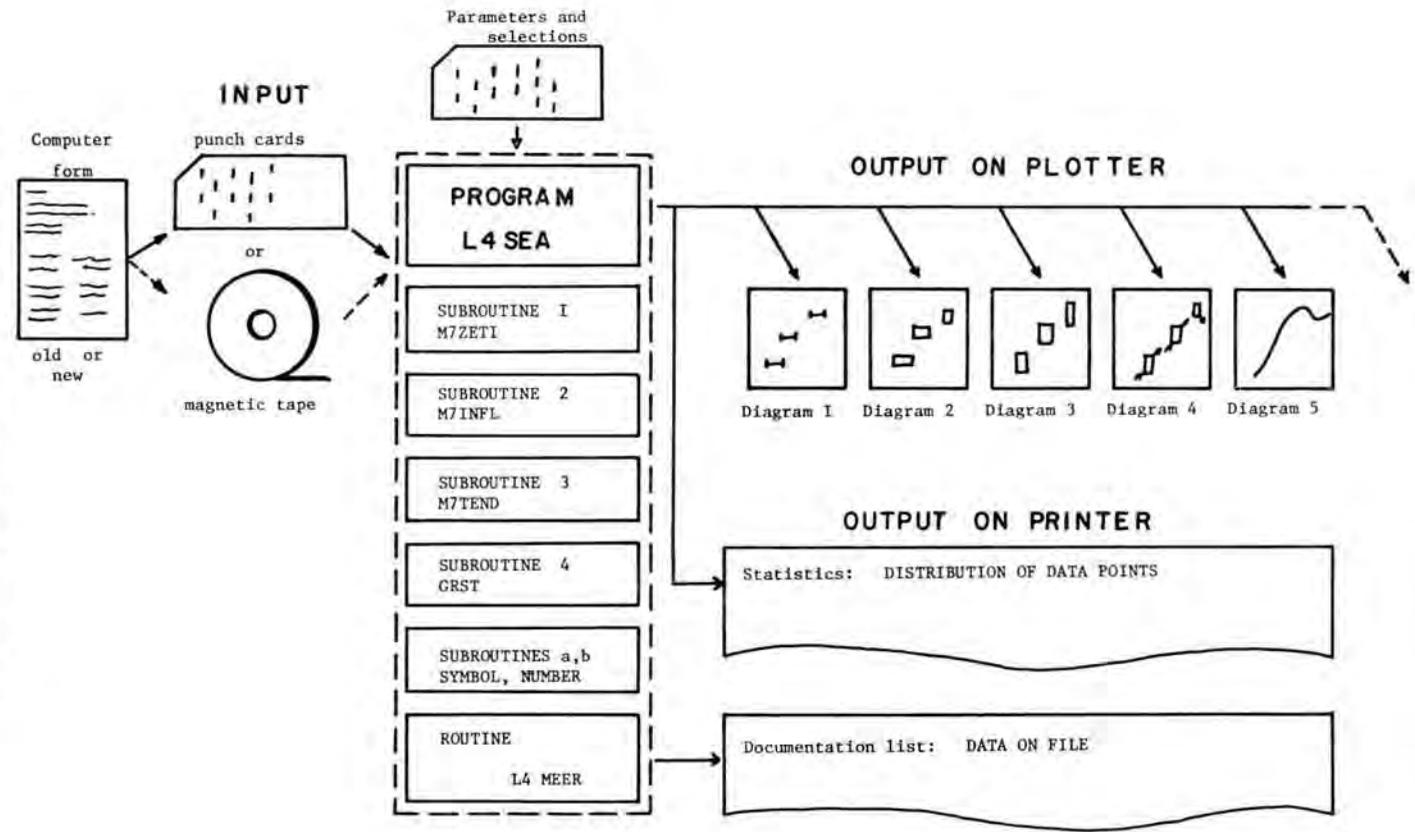


Abb. 1: Computer evaluation scheme for sea-level data.

Der Ansatz hierzu wurde erstmals während eines Treffens einer Gruppe von Teilnehmern am IGCP-Projekt Nr. 61 in Haarlem (Niederlande) im Jahre 1975 diskutiert. Die Teilnehmer waren sich der großen Mengen von global gesammelten Meeresspiegeldaten bewußt und erkannten die Probleme, die in der Heterogenität der Daten liegen. An eine Computerverarbeitung dieser Daten wurden damals die Hoffnungen geknüpft, die zwingende Einheitlichkeit bei der Auswertung und Darstellung zu erreichen und dadurch direkte Vergleiche zu ermöglichen.

Viele der publizierten Meeresspiegelanstiegskurven von verschiedenen Küstenbereichen zeigen große Unterschiede im Inhalt und in der Konstruktion. Die Anwendung eines Computerprogramms zur Auswertung der Basisdaten erscheint sinnvoll, um individuelle Konstruktions-Eigenheiten zu vermeiden. Außerdem wird die testweise Anwendung verschiedener Modelle oder Modellvorstellungen zum Meeresspiegelanstieg und seinen steuernden Faktoren ermöglicht. Hier sind Geschwindigkeit und die Wiederholbarkeit der Rechenvorgänge mit veränderten Parametern von entscheidender Bedeutung.

Das Ziel, eine eustatische Meeresspiegelanstiegskurve von globaler Aussagekraft zu gewinnen, schien durch Faktoranalyse und Vergleiche der Regionalkurven erreichbar, so daß der Aufwand der Erfassung von Basisdaten in computerverarbeitbarer Form als lohnend betrachtet werden kann. Die einzelnen Schritte von der Konzeption eines Computerprogrammsystems, der Erfassung von Basisdaten, ihre Aufbereitung und Verarbeitung sowie ihre Ausgabe und graphische Darstellung sollen im folgenden nachgezeichnet werden.

## 2. Konzeption eines Computerprogrammsystems

Ausgehend von den oben beschriebenen Aufgabenstellungen wurde die Konzeption eines Programmsystems mit der Kurzbezeichnung L4 SEA entwickelt. Dieses Konzept umfaßt die Daten-Erfassung, -Verarbeitung und -Ausgabe (vgl. Abb. 1).

Die Eingabe sollte so variabel gehalten sein, daß sowohl Lochkartenstanzer als auch Bildschirmterminals als Datenerfassungsgeräte dienen können. Die Verarbeitung beinhaltet verschiedene Routinen zur Datenprüfung, -Angleichung, Fehlerberechnung, Umkodierung, Umrechnung, Modellberechnung, Datenauswahl und Steuerung der Ausgabe. Die Datenausgabe umfaßt sowohl die Druckerausgabe von Texten als auch die Plotterausgabe für graphische Darstellungen von Zeit/Tiefen-Diagrammen.

## 3. Datenerfassung und Formblattentwicklung

Um Klarheit darüber zu gewinnen, welche Informationen als Basisdaten dem Computerprogramm zu übergeben sind, mußten zunächst die Darstellungswünsche analysiert werden. Die hieraus entwickelten Vorschläge wurden mehrfach in internationalen Gesprächsrunden diskutiert, umgestellt und erweitert. Als erstes Ergebnis erschien Ende 1976 ein Computer-Formblatt zur Aufnahme aller derjenigen Daten, die sich auf einen Probeentnahmepunkt und die Beschreibung der dazugehörigen analysierten und datierten Probe beziehen.

Dies sind im einzelnen:

- Geographische Lokalität des Probeentnahmepunktes,
- gemessene Position der Probe,
- geotektonische Einflüsse auf den Probenentnahmepunkt (soweit bestimmbar),
- Probenmaterial, Beprobungsmethode,
- <sup>14</sup>C-Datierung oder eine andere Datierung mit Ergebnis,
- mögliche Kontamination, Beziehung der Probe zu einem fossilen Seespiegel,
- paläogeographische Situation, einige aktuelle Meeresspiegeldaten.

<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>					internal programming no.		sample no.																									
1. Geographic locality of sample																																
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27										
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50										
															country, state or sea and sector																	
															geographic region or town or county																	
2a. Coordinates																																
Longitude										Latitude																						
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80			
										Right										Up												
										66										73												
															geocoordinates E or W of Greenwich and N or S of the equator (required)																	
															coordinates of national rectangular grid (optional)																	
internal code for national grid; national grid designation:.....																																
80																																
2b. Altitude of sample / indicator																																
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
										+ / -										18												
										altitude of sample above (+) or below (-) local zero datum -if a water level is not indicated by the sample itself, fill in altitude of indicator. (metres, measured from top)																						
										altitude measured (1) / estimated error derived from map (2) (in metres)																						
										altitude of local zero datum above (+) or below (-) mean sea level mark (metres)																						
										+ / -										22												
										estimated error in identification of the mean sea level mark and relation to local zero datum (metres)																						
										if sample is taken from below land surface, give in depth of sample- top from surface (metres)																						
										27										32												

Abb. 2: Computer-Formblatt (2. Ausgabe, Frontseite).

Dieses Computer-Formblatt zeigte noch einige Mängel, so daß es, nachdem die 1. Auflage von 2000 Exemplaren vergriffen war, nicht mehr in der gleichen Form neu aufgelegt wurde. Mit dem Fortschritt der Programmierarbeiten sind mehrere Änderungen notwendig geworden, die Grundlage für die Diskussion um eine neue Auflage während einer

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">33</td> <td style="text-align: center;">•</td> <td style="text-align: center;">36</td> <td></td> </tr> </table>					33	•	36		thickness of sampled interval (metres)																		
33	•	36																									
3. Secondary influences on altitude of data point since sampled material was formed	geotectonic influences 1. strong uplift 2. slight uplift 3. slight subsidence 4. strong subsidence 5. area can be looked upon as stable 6. absolutely no information	Consolidation, compaction of underlying sediments (from comparing the geology of neighboring data points or from determination of underlying material):	amount in metres  estimated error																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">45</td> <td style="text-align: center;">•</td> <td style="text-align: center;">48</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">•</td> <td style="text-align: center;">53</td> <td></td> </tr> </table>					45	•	48		+	•	53		regional factors: epeirogenic movements                      others: glacio-isostasy                                      ..... hydro-isostasy                                      .....	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">58</td> <td style="text-align: center;">•</td> <td style="text-align: center;">62</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">•</td> <td style="text-align: center;">65</td> <td></td> </tr> </table>					58	•	62		+	•	65		total amount of regional m. (give estimation, if possible)
45	•	48																									
+	•	53																									
58	•	62																									
+	•	65																									
local factors: local faulting halokinetic movements	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">38</td> <td style="text-align: center;">•</td> <td style="text-align: center;">44</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">•</td> <td style="text-align: center;">54</td> <td></td> </tr> </table>					38	•	44		+	•	54		total amount of local m. (fill in, if possible)													
38	•	44																									
+	•	54																									
4. Relation of sample/indicator to an ancient water level	thickness of interval within which the fossil water level occurred = indicative range (metres). vertical distance of midpoint of indicative range to top of indicator in metres above (+) or below (-) top. minimum value for which the ancient water level was higher(+) or lower(-) than top of sample (metres).	specify the water level, which is represented by the indicator: 1. groundwater table 2. mean high tide level 3. mean sea level 4. mean low tide level 5. mean high spring tide 6. mean low spring tide 7. mean high neap tide 8. mean low neap tide 9. storm flood levels 0. unspecified sea level	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">64</td> <td style="text-align: center;">•</td> <td style="text-align: center;">68</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">•</td> <td style="text-align: center;">72</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">•</td> <td style="text-align: center;">78</td> <td></td> </tr> </table>					64	•	68		+	•	72		+	•	78		total amount of regional m. (give estimation, if possible)							
64	•	68																									
+	•	72																									
+	•	78																									

Arbeitstagung in Birmingham (England) vom 14.—24. August 1977 waren. Der Auftrag zur Neuentwicklung erging an die Hannoversche Arbeitsgruppe, die Unterstützung von der holländischen Arbeitsgruppe (Dr. O. v. D. PLASSCHE) erhielt.

Die Erläuterungen zum Formblatt, die sog. „Explanatory Guidelines“, sind in mehreren Arbeitssitzungen in Hannover zusammen mit der niederländischen Arbeitsgruppe entwickelt worden. Sie sollen dem Formblattbenutzer das Ausfüllen erleichtern, indem





NO.	COUNTRY - STATE	GEOGRAPHIC REGION	LONGITUDE	LATITUDE	RIGHT	UP	NATIONAL GRID CODE
1001	BRD NIEDERSACHSEN	WESERMUENDUNG	0	0	3467645	5925600	
ALTITUDE OF SAMPLE TO ZERO DATUM: -8.19 M 1-ALTITUDE MEASURED, 2=DEDUCED FROM MAP: 2 ESTIMATED ERROR OF ALTITUDE: 0.20 M ALTITUDE OF ZERO DATUM TO MSL: 1.57 M IDENTIFICATION ERROR FOR MSL-MARK: 0.00 M DEPTH OF SAMPLE BELOW SURFACE: 9.69 M THICKNESS OF SAMPLED INTERVAL: 0.05 M			INFLUENCES ON ALTITUDE OF DATA POINT GEOTECTONIC INFLUENCES: 3   1=STRONG UPLIFT   2=SLIGHT UPLIFT   3=SLIGHT SUBSIDENCE   4=STRONG SUBSIDENCE   5=LOOKED UPON AS STABLE   6=NO INFORMATION			LOCAL FACTORS LOCAL FAULTING: 0 HALOKINETIC MOVES: ? TOTAL AMOUNT: 0.0  REGIONAL FACTORS EPEIROGENIC MOVES: - GLACIO-ISOSTASY: ? HYDRO-ISOSTASY: ? TOTAL AMOUNT: -0.8	
RELATION OF SAMPLE TO AN ANCIENT W.L. SPECIFIED WATER LEVEL: 0   1=GROUNDWATER TABLE   2=MEAN HIGH TIDE LEVEL   3=MEAN SEA LEVEL   4=MEAN LOW TIDE LEVEL   5=MEAN HIGH SPRING TIDE   6=MEAN LOW SPRING TIDE			CONSOLIDATION/COMPACTION AMOUNT IN METRES: 0.50 ESTIMATED ERROR: 0.00  7=MEAN HIGH NEAP TIDE 8=MEAN LOW NEAP TIDE 9=STORM FLOOD LEVEL 0=UNSPECIFIED SEA LEVEL			FOSSIL WATER INTERVAL (INDICATIVE RANGE): 0.00 M DISTANCE OF MIDPOINT TO TOP OF INDICATOR: 0.00 M MINIMUM VALUE FOR WHICH THE ANCIENT W.L. WAS HIGHER(+) OR LOWER(-) THAN SAMPLETOP: 0.00 M	

TYPE OF WATER LEVEL INDICATOR: 14			
10=LAYER			
POSITION OF SAMPLE:	20=EROSIONAL FEATURE	30=CONSTRUCTIONAL FEATURE	40=STRUCTURES
11=TOP OF LAYER	21=CLIFF FACE	31=BEACH	41=SEDIMENTARY STRUCTURES
12=BASE OF LAYER	22=CLIFF FOOT	32=DUNE BARRIER	42=BIOTURBATION STRUCTURES
13=MIDDLE OF LAYER	23=CLIFF OVERHANG	33=SALT MARSH SURFACE	43=ARCHEOLOGICAL STRUCTURES
14=FULL INTERVAL OF LAYER	24=BIOTIC SOLUTIONAL NOTCH	34=TIDAL FLAT SURFACE	44=DESSICATION FISSURES
15=IN UPPER PART OF LAYER	25=BIOTIC BOREHOLE(S)	35=NATURAL LEVEE (UNDEF.)	
16=IN LOWER PART OF LAYER	26=SEA CAVE	36=RIVER OR CREEK LEVEE	INDICATOR OCCURS AS: 0
17=CONTACT TO TOP OF LAYER	27=MARINE PLATFORM(SOLID)	37=FRINGING CORAL REEF	1= ISOLATED REMNANT
18=CONTACT TO BASE OF LAYER	28=MARINE TERRACE(GRAVEL)	38=BARRIER CORAL REEF	2=PATCH
19=OTHERS	29=OTHERS	39=OTHERS	3=WIDE SPREAD

MATERIAL SAMPLED: 10			
01=WOOD	10=PEAT(UNSPECIFIED)	20=HYDROTHERMAL SEDIM.	30=ARCHEOLOGIC MAT.
02=SHELLS	11=PHRAGMITES PEAT	21=VOLCANIC ASHES	31=WORKED WOOD
03=BONES	12=SEDGE PEAT	22=VARVE CLAY	32=WORKED SHELLS
04=CORALS	13=FENWOOD PEAT	23=BEACHROCK	33=WORKED BONES
05=STROMATOLITES	14=MOSS PEAT	24=00IDS	34=WORKED ROCKS
06=CORALLINE ALGAE	15=RAISED BOG	25=MANGROVE (UNDEF.)	35=TOOLS
07=CHARCOAL	16=DECOMPOSED PEAT	26=RHZZOPHORA MANG.	36=MANURE
08=LIMNIC MUDS		27=AVICENNIA MANG.	37=CHARCOAL
09=SOILS		28=SONNERATIA MANG.	38=OTHERS
			IN-SITU NATURE: 0
			1=IN-SITU, NOT ERODED
			2=IN-SITU, TOP ERODED
			3= " , POSSIBLY ERODED
			4=PROBABLY NOT IN-SITU
			5=NOT IN-SITU

ANCIENT TIDAL RANGE: 0.0#0.0	MODERN TIDAL RANGE: 3.6 M	14C-DATING OF SAMPLE:
PALEOCOAST: 3	NATURE OF UNDERLYING MAT: 8	LABORATORY AND NUMBER: HV 7193
MODERN COAST: 5	NATURE OF OVERLYING MAT: 3	YEAR OF DATING: 1976
1=HIGH COAST	1=SUBTIDAL	HALF LIFE OF 14C (YEARS): 5570
2=BARRIER COAST	2=INTRATIDAL	D13C-VALUE (PER MILLE): 26.9
3=LAGOON COAST	3=SUPRATIDAL	1=SUCESS CORRECTION, 2=OTHERS: 0
4=OPEN BAY	4=BRACKISH	RESULT IN YEARS BP: 4800# 60
5=RIVER ESTUARY	5=LIMNIC	SIGMA INTERVAL: 1
		CONTAMINATION: 1=POSSIBLE
		2=NOT POSSIBLE 3=CONTAMINATED
		4=PRETREATED 5=CALCULATED
OTHER KINDS OF AGE DETERMINATION: 0	AGE OF WATER LEVEL IND: 0	ION: 0 ROOTS:0 OLD MAT: 0
01=VARVE 04=FAUNA, FLORA 07=THORIUM/URANIUM	1=OLDER	RECRYST: 0 ACIDS:0 YOUNG MAT:0
02=DENDRO 05=ARCHEOLOGY 08=TEPHRA	2=SL. OLDER 4=SL. YOUNGER	HARD MAT:0 FUNGI:0 OTHERS: 0
03=POLLEN 06=POTASSIUM/ARGON 09=OTHERS	3=SAME AGE 5=YOUNGER	
DISTANCE OF SITE TO ACTUAL COASTLINE: 8.9 KM		NO. 1001

für Bodenforschung übernommen werden, sofern ihre Übernahme nicht durch die Rechte der Einsender gesperrt war. Diese Daten sind zum größten Teil unvollständig und müssen bei der Auswertung zwangsläufig zur Darstellung größerer Fehlerintervalle führen. Dennoch sind sie als Stützwerte bei der Kurvenkonstruktion von großer Bedeutung. Der Versuch, fehlende Angaben (z. B. zum Sediment bzw. Fazieskontakt zur beprobten Schicht) in den Fachabteilungen des Landesamtes oder außerhalb des Landesamtes zu suchen und zu ergänzen, war bislang nur bedingt erfolgreich, und der Aufwand für solche Ergänzungen ist in dem Falle erheblich. Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt existieren mehr als 800 ausgefüllte Formblätter mit Daten von Proben aus den niedersächsischen Küstengebieten. Davon sind bislang 519 auf Magnetband abgespeichert worden.

#### 4. Datenverarbeitung mit Listen- und Ploterausgang

Ein Programm zur Auslistung der kompletten auf Datenträger übernommenen Daten wurde bereits Ende 1976 entwickelt (Abb. 4).

Wahlweise ließen sich Schnelldruckerlisten mit den Daten zur geographischen Lokalität und gemessenen Positionen der Proben (= Kopfdaten) erstellen. Außerdem konnten Plotbilder auf dem Schnelldrucker erzeugt werden, die die Daten als Sterne oder als Großbuchstaben (Abkürzungen für ihre Indikation) im Zeit/Tiefen-Diagramm unverändert wiedergaben (Dokumentation). Hier ist zu erwähnen, daß Schnelldruckerplotbilder keine Detaildarstellungen erlauben, sondern nur einen groben Überblick geben können. Es war deshalb nicht möglich, Fehlerintervalle darzustellen (siehe Abb. 5).

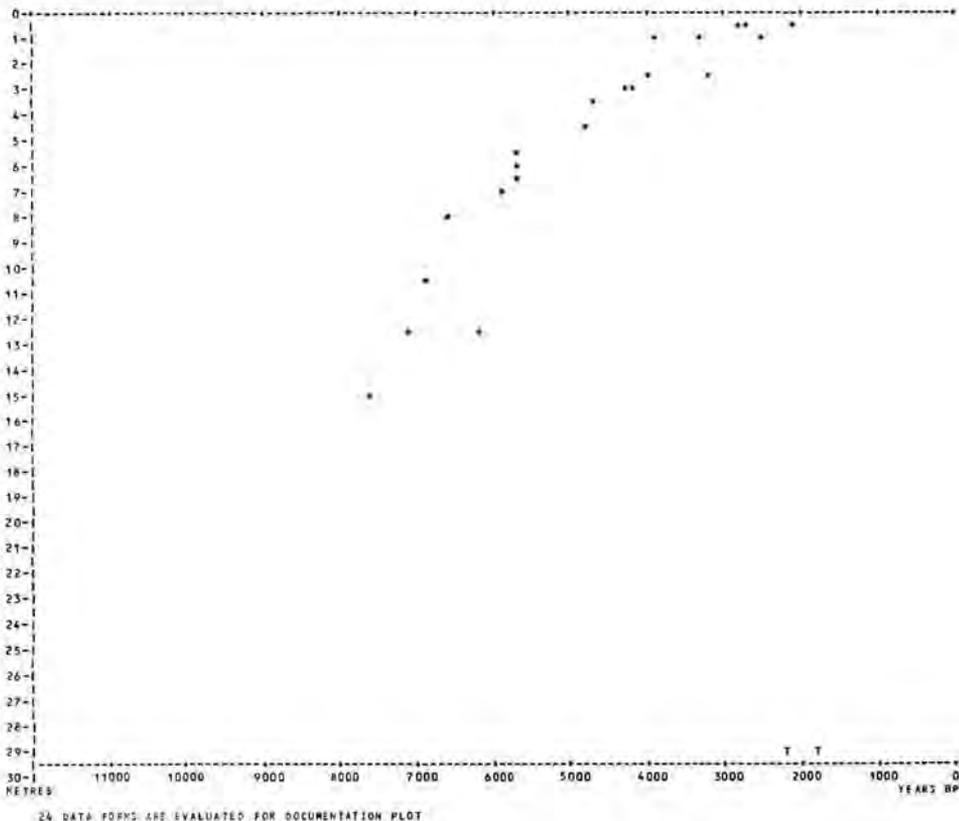


Abb. 5: Zeit/Tiefen-Diagramm als Plotbild.

IGCP PROJECT NO.61: SEA-LEVEL CHANGES  
 STATISTICAL DISPLAY OF SEA-LEVEL DATA:

USA, DE, LEWES CREEK	PROVIDES	33 DATA POINTS (OLD FORMAT)
USA, NJ, MAURICE RIVER	PROVIDES	1 DATA POINTS (OLD FORMAT)
USA, DE, ISLAND FIELD	PROVIDES	16 DATA POINTS (OLD FORMAT)
USA, NJ, NANTUXENT	PROVIDES	1 DATA POINTS (OLD FORMAT)
USA, DE, AUGUSTINE	PROVIDES	6 DATA POINTS (OLD FORMAT)
USA, MD, ASSATEAGUE IS.	PROVIDES	1 DATA POINTS (OLD FORMAT)
USA, DE, HOLLY OAK	PROVIDES	12 DATA POINTS (OLD FORMAT)
USA, VA, CHINCOTEAGUE	PROVIDES	1 DATA POINTS (OLD FORMAT)
USA, DE, PEPPER CREEK	PROVIDES	22 DATA POINTS (OLD FORMAT)
FRANCE, CANCALE-ILLE	PROVIDES	4 DATA POINTS (OLD FORMAT)
RYUKYU ISLANDS, OKINAWA	PROVIDES	2 DATA POINTS (OLD FORMAT)
FRANCE, MEDITERRANEAN	PROVIDES	2 DATA POINTS (OLD FORMAT)
NEW CALEDONIA, CENTRAL	PROVIDES	8 DATA POINTS (OLD FORMAT)
INDONESIA, JEPARA, JAVA	PROVIDES	8 DATA POINTS (OLD FORMAT)
SPAIN, CAMPO DE DALIAS	PROVIDES	1 DATA POINTS (OLD FORMAT)
MAURITANIE, AFTOUT ES	PROVIDES	2 DATA POINTS (OLD FORMAT)
SENEGAL, MBODIENE PETIT	PROVIDES	2 DATA POINTS (OLD FORMAT)
MOROCCO, HABA	PROVIDES	1 DATA POINTS (OLD FORMAT)
BENIN (EX-DAHOMEY)	PROVIDES	7 DATA POINTS (OLD FORMAT)
USA, CT, CLINTON, HAMMO	PROVIDES	10 DATA POINTS (OLD FORMAT)
USA, CLINTON, CT	PROVIDES	1 DATA POINTS (OLD FORMAT)
BRAZIL, SAO-PAULO	PROVIDES	19 DATA POINTS (OLD FORMAT)
IVORY COAST, WEST AFRIK	PROVIDES	15 DATA POINTS (OLD FORMAT)
GREECE, GYTHION	PROVIDES	73 DATA POINTS (OLD FORMAT)

STATISTICAL DISPLAY OF SEA LEVEL DATA:

GREECE, CRETE, ORMOS	PROVIDES	44 DATA POINTS (OLD FORMAT)
TURKEY, KAZIKBAGLAR	PROVIDES	65 DATA POINTS (OLD FORMAT)
ITALY, FORMIA LUNGOMARU	PROVIDES	1 DATA POINTS (OLD FORMAT)
ITALY, CAPE CIRCEO	PROVIDES	1 DATA POINTS (OLD FORMAT)
ITALY, ANZIO, ASTURA	PROVIDES	1 DATA POINTS (OLD FORMAT)
ITALY, CIVITAVECCHIA,	PROVIDES	4 DATA POINTS (OLD FORMAT)
ITALY, GIGLIO ISLAND,	PROVIDES	1 DATA POINTS (OLD FORMAT)
ITALY, ORRETELLO, COSA	PROVIDES	2 DATA POINTS (OLD FORMAT)
ITALY, LA SPEZIA, LUNI	PROVIDES	2 DATA POINTS (OLD FORMAT)
ITALY, ARGENTARIO, SANU	PROVIDES	1 DATA POINTS (OLD FORMAT)
ITALY, GIGLIO ISLAND,	PROVIDES	1 DATA POINTS (OLD FORMAT)
BRD,NIEDERSACHSEN	PROVIDES	24 DATA POINTS (NEW FORMAT)
NL,ZEELAND	PROVIDES	13 DATA POINTS (NEW FORMAT)
NL,SOUTH-HOLLAND	PROVIDES	21 DATA POINTS (NEW FORMAT)
NL,NORTH-HOLLAND	PROVIDES	9 DATA POINTS (NEW FORMAT)
NL,GRONINGEN	PROVIDES	6 DATA POINTS (NEW FORMAT)
NL,FRIESLAND	PROVIDES	1 DATA POINTS (NEW FORMAT)
NL,BRABANT	PROVIDES	1 DATA POINTS (NEW FORMAT)

STATEMENTS EXECUTED= 2608

5:28.25PM 22 AUG 78

HORST PREUSS

Abb. 6: Statistische Wiedergabe der Seespiegeldaten.

Die Auswertung der Meeresspiegel-Basisdaten per Computer setzt voraus, daß ein ausgetestetes Programmsystem nicht nur zum Lesen und Auslisten der Daten, sondern auch für Prüfungen, Korrekturen, Angleichungen, Umrechnungen, Auswahl, Interpretationen und Darstellungen existiert. Die Entwicklung eines solchen Programmsystems wurde gegenüber der Datenaufnahme vorrangig behandelt. Die Zusammenarbeit mit dem Department of Geological Sciences, Cornell University, U.S.A., ergab die Möglichkeit einer Weiterentwicklung des im Konzept seit Mai 1978 fertigen Programmsystems L4SEA.

Das Programmsystem L4SEA besteht bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt aus einem Hauptprogramm, das 4 Unterprogramme benutzt, die den graphischen Ausgang kontrollieren, und verschiedene kleinere Unterprogramme als graphische Grundbausteine für eingefügte Nummern, Symbole, Buchstaben usw. Die Abb. 1 zeigt ein Schema des Programmsystems zur Auswertung von Meeresspiegeldaten. Das Programm L4MEER zur Auslistung der Basisdaten ist mit eingefügt. Auf der linken Seite des Schemas steht die Eingabe der Daten per Lochkarte oder über Magnetband. Die rechte Seite zeigt den graphischen Ausgang und die möglichen Auslistungen (output on printer). Zwei Listentypen sind zu erwähnen:

- a) Eine statistische Wiedergabe der Beobachtungspunkte, die den Namen des Landes bzw. des Staates oder den Meeressektor aus der oberen Zeile von Item 1 des Computerformblattes enthält und die Gesamtzahl der gespeicherten Daten aus dem spezifizierten Gebiet. Abb. 6 gibt ein Beispiel für eine solche Liste.
- b) Eine Dokumentationsliste, die die Daten aller Items des Formblattes umsortiert — nicht ausgewählt — wiedergibt (Abb. 4).

Der graphische Ausgang (output on plotter) ist in Form von 5 verschiedenen Typen von Zeit/Tiefen-Diagrammen vorgesehen, wovon 4 Diagrammtypen bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt berechnet und gezeichnet werden können. Der Typ 5 ist noch in der Entwicklung. Der Aufbau der Diagramme ist einheitlich für alle Typen. Die Überschrift beinhaltet die Angaben zum Land bzw. Staat oder Meeressektor, aus dem die Daten stammen, in der Form wie sie in Item 1 des Computer-Formblattes aufgeführt sind. Die Legende für die verschiedenen Typen erscheint unter dem Diagramm. Der Maßstab der Diagramme ist frei wählbar, wobei der Horizontalmaßstab unabhängig vom Vertikalmaßstab zu wählen ist (Abb. 7).

Der Diagrammtyp 1 (Abb. 7) gibt die Möglichkeit zur graphischen Darstellung von unkorrigierten Probandaten. Jedes Datum ist durch ein Kästchen wiedergegeben, dessen Breite das Zeitintervall und dessen Höhe die Fehlerbreite der Tiefenbestimmung in Bezug zum Mittleren Meeresspiegel (= Tidemittelwasser) zeigt. Die Legende für Typ 1 gibt die Wasserspiegel-Indikation von 1 bis 9 an (entsprechend der Liste vom Formblatt) und erklärt die 5 Möglichkeiten eines geotektonischen Einflusses auf den Probenentnahme-Punkt. Diese werden durch kleine Pfeile angezeigt, die nach oben oder unten zeigen — entsprechend der Angabe im Formblatt.

Falls keine Fehlerintervalle im Formblatt angegeben sind, wird ein Modell zur Fehlerberechnung angewandt. Das Zeitintervall wird durch die Standard-Abweichung von  $\pm 1$  Sigma angegeben. Alle Fehlerrechnungen sind nach der GAUSS-Formel zur Berechnung des mittleren quadratischen Fehlers aus einer Anzahl von Einzelbeträgen ausgeführt, die eine schwache Vergrößerung des Gesamtfehlerintervalls mit einer ansteigenden Zahl von Fehlern zur Folge hat. Intervall- und Zentralpunktverschiebungen ergeben sich durch mögliche Modifikationen der im Diagramm des Typs 1 dargestellten Daten in folgenden Fällen: Wenn ein Zeitintervall angegeben ist, das das 1-Sigma-Intervall übersteigt, so wird dieses automatisch reduziert. Wenn in den Labordaten der C<sup>14</sup>-Altersbestimmung

## TIME-TO-DEPTH DIAGRAM

SHOWING UNCORRECTED SAMPLE DATA FROM: U S A D E L A W A R E

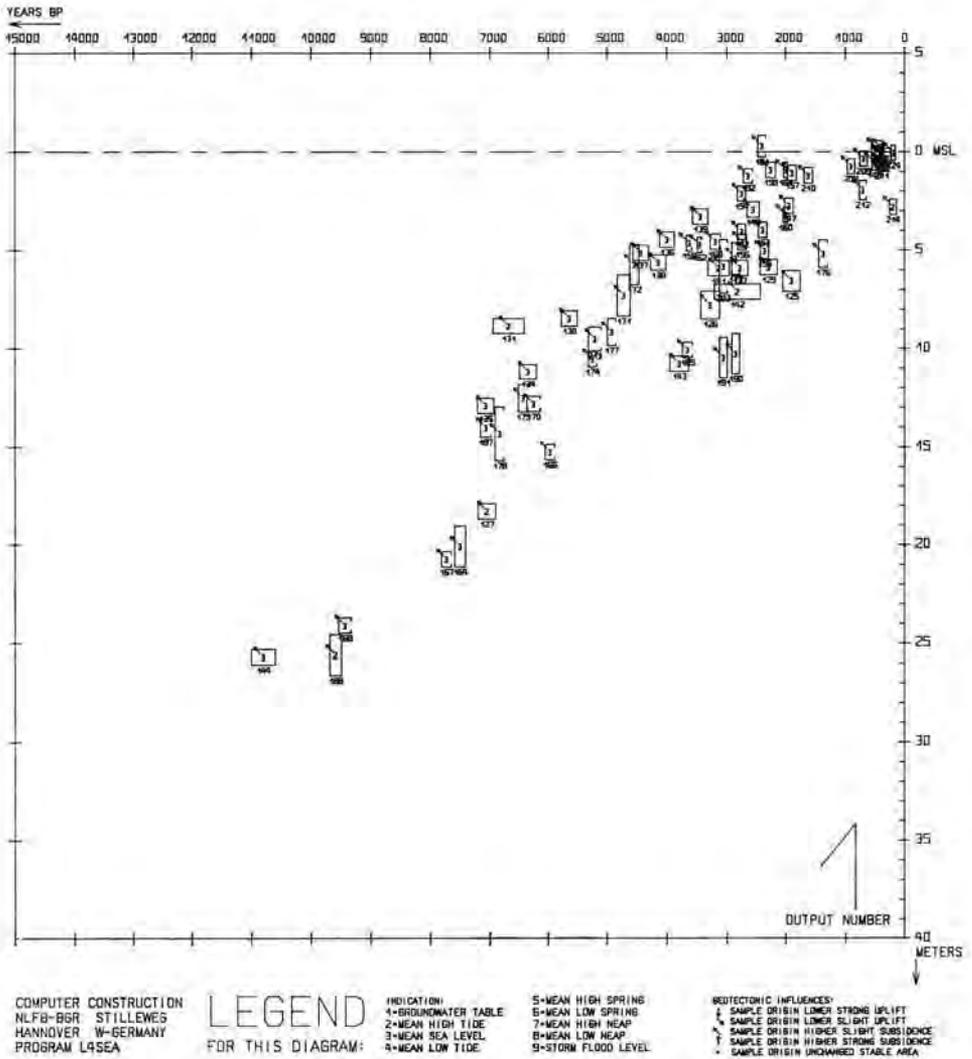


Abb. 7: Zeit/Tiefen-Diagramm des Typs 1 als Plotterausgabe.

eine Halbwertszeit des  $C^{14}$ -Isotops angegeben ist, die nicht innerhalb der Werte von 5 568 bis 5 570 Jahren liegt, so werden die Alterswerte entsprechend einem Korrekturfaktor verschoben. Die im Formblatt angegebenen Korrekturen der  $C^{14}$ -Alterswerte (z. B. SUESS-Korrektur, MASCA-Korrektur usw.) beeinflussen bei unterschiedlicher Anwendung die Vergleichsmöglichkeit von Daten unterschiedlicher Einsender. Die Daten werden deshalb für die Darstellung in einem Diagramm auf eine einheitliche Berechnungsgrundlage zurückgebracht.

Außer den hier genannten werden für Diagramme des Typs 1 keine weiteren Korrekturberechnungen ausgeführt. Korrekturen für geotektonische Einflüsse, Konsolidation/Kompaktion, Meeresspiegel-Indikation usw. sind erst in den Berechnungen für die folgenden Diagrammtypen zu finden.

Diagramme des Typs 2 zur Darstellung von unkorrigierten Meeresspiegel-Indikatoren ergeben ein leicht abgeändertes Bild, besonders wenn einige Proben zur indirekten Datierung herangezogen worden sind. Die Kästchen sind dann entsprechend dem Alter und der Tiefe des Wasserspiegel-Indikators verschoben. Korrek-

TIME-TO-DEPTH DIAGRAM

WITH UNCORRECTED S.L. INDICATORS FROM: U S A D E L A W A R E

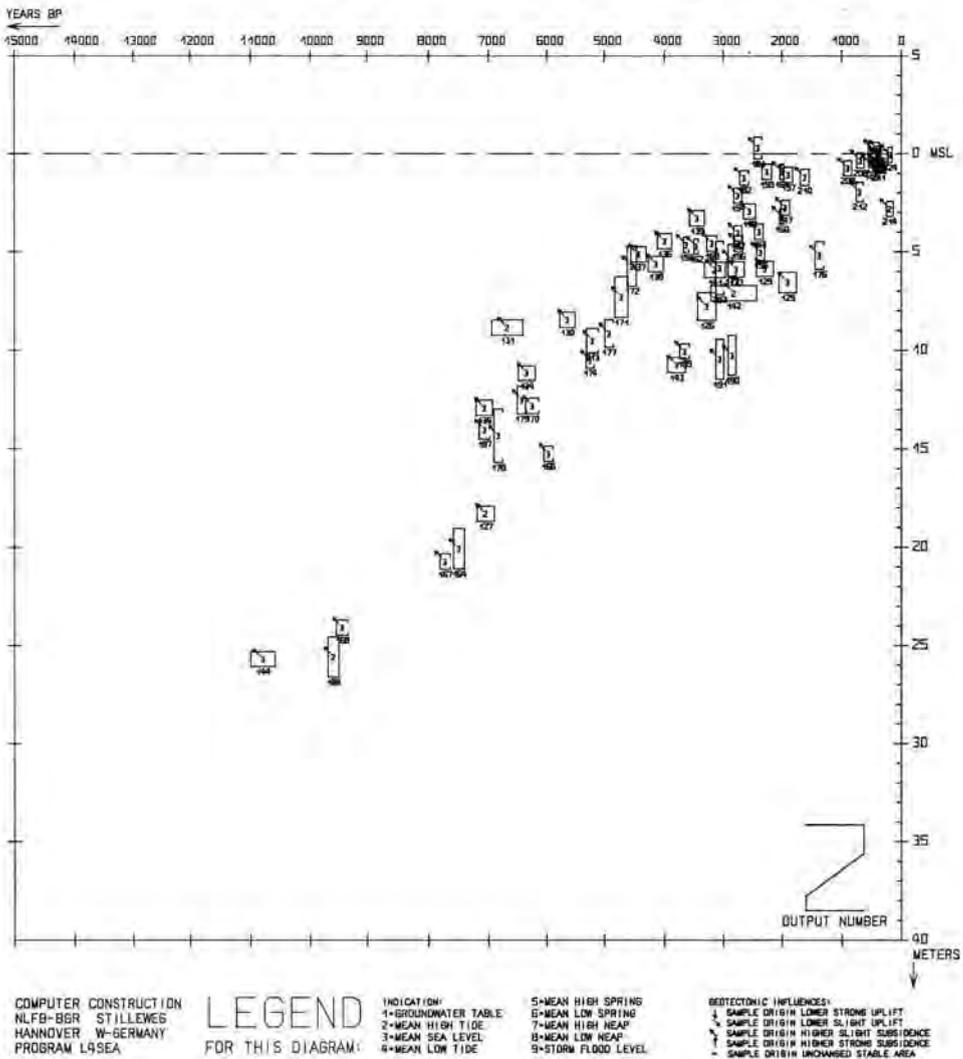


Abb. 8: Zeit/Tiefen-Diagramm des Typs 2 als Plotterausgabe.

turen in Bezug auf Kompaktion/Konsolidation, geotektonische Einflüsse usw. sind jedoch auch hier noch nicht errechnet und angewendet. Lediglich die Tiefenintervalle der Proben-  
daten sind gegenüber den Diagrammen des Typs 1 neu berechnet. Für spezielle Indika-  
tionen ergibt sich ein vergrößertes Intervall, denn außer den Fehlerbereichen, die sich aus  
Messungsungenauigkeiten bei der Nivellierung und Festlegung der Marke des Mittleren  
Meeresspiegels ergeben, wird hier auch der indikative Bereich (= indicative range) des  
Meeresspiegel-Indikators mit in die Fehlerberechnung einbezogen. Falls keine Angaben  
zum indikativen Bereich im Computer-Formblatt gegeben sind, wird ein Modell zur Er-  
rechnung dieses Bereiches angewandt. Dieses Modell arbeitet bislang recht befriedigend  
für die verschiedenen Torfarten. Hier soll ein Beispiel gegeben werden:

Es sei eine Probe aus einer Lage von Phragmites-Torf entnommen. Das Probeninter-  
vall beträgt 10 cm. Der Meßfehler bei der Höheneinmessung auf NN beträgt  $\pm 7$  cm.  
Die Bestimmung des Mittleren Meeresspiegels (= Tidemittelwasser) in Bezug auf  
NN verursacht einen zusätzlichen Fehler von  $\pm 5$  cm. Das ergibt ein Tiefenintervall  
 $A = \sqrt{10^2 + (2 \cdot 7)^2 + (2 \cdot 5)^2} \approx 20$  cm für die Darstellung im Diagramm des Typs 1.  
Der indikative Bereich des Wasserspiegel-Indikators „Phragmites-Torf“ ist jedoch nach  
Untersuchungen von SCHEER (1953) größer. SCHEER nennt ein Intervall von  $-26$  bis  
 $+72$  cm bezogen auf MThw, also insgesamt 98 cm für das Vorkommen von *Phragmites*  
*communis*. Wenn wir von einer Pflanzendichte ausgehen, die zur Torfbildung führte, so  
kann für Phragmites-Torf — in Anlehnung an die GAUSS-Normalverteilungskurve —  
ein um ca. 30 % kleineres Intervall angenommen werden. Es liegt bei ca. 70 cm. Die  
Addition ergibt ein Tiefenintervall  $B = \sqrt{20^2 + 70^2} \approx 73$  cm für die Darstellung im  
Diagramm des Typs 2 (Abb. 8).

Die Wachstums-Intervalle für Pflanzen anderer Torfarten sind dem Computer eben-  
falls [in Form einer DATA-Liste] mitgeteilt. Schwierigkeiten gibt es jedoch noch mit der  
Umrechnung von Grundwasseranzeigern auf das Niveau des Mittleren Meeresspiegels für  
die Darstellung im Diagramm des nächsten Typs.

Diagramme des Typs 3 zeigen korrigierte Meeresspiegel-Indikator-  
ren und ihre Zeit- und Tiefenintervalle. Hier sind Korrekturwerte für geo-  
tektonische Einflüsse errechnet worden, sofern Angaben dazu im Formblatt enthalten  
sind. Falls keine Beträge oder Schätzwerte gegeben sind, jedoch eine Absenkung bzw. eine  
Landhebung durch Vorzeichen angezeigt ist, kann ein Datensatz mit einem Korrekturwert  
belegt und umgerechnet werden. Dazu ist die Eingabe eines Schätzwertes über die Para-  
meterkarte (Abb. 1) notwendig. Der Schätzwert wird als Gesamtbetrag der geotektoni-  
schen Einflüsse pro Zeiteinheit — gültig für ein ausgesuchtes Gebiet — gewählt. Dadurch  
wird dem Benutzer des Programmsystems die Möglichkeit gegeben, Diagrammkonstellation-  
en nach seinen Wünschen zu erzeugen, bis eine Konstellation erreicht ist, die derjenigen  
von stabilen Gebieten entspricht. Der jeweilige Schätzwert muß dann festgehalten werden.

Hier können natürlich auch errechnete Werte bestehender Modelle<sup>1)</sup> eingegeben wer-  
den, und interessante Vergleichsmöglichkeiten sind gegeben. Aber, falls mehrere Faktoren  
neben der eustatischen Komponente an den relativen Schwankungen des Meeresspiegels  
im ausgewählten Gebiet beteiligt sind, so besteht bislang keine Möglichkeit einer Tren-  
nung. Die Programme für die Faktoranalyse sind erst in der Entwicklung.

Die Korrektur für Konsolidation/Kompaktion basiert auf den im Computer-Form-  
blatt angegebenen Werten. Diese sind meist aus Vergleichen mit dicht benachbarten Beob-  
achtungspunkten abgeleitet. Falls keine Werte gegeben sind, wird eine Modellrechnung  
angewandt. Hierbei wird die mögliche Kompaktion aus der Tiefe der Probe unter der  
heutigen Oberfläche berechnet und das Probenmaterial sowie hangende und liegende Se-

<sup>1)</sup> z. B. das Modell für Eis- und Hydroisostasie von CLARK et al. (1978).

dimente berücksichtigt. Außerdem geht der Zeitfaktor mit in die Berechnung ein. Da die Zahl der möglichen Fehler mit zunehmender Zahl der Einzelberechnungen steigt, muß zusätzlich das Tiefenfehlerintervall vergrößert werden. Erosion und eventuelle Umlagerung der Probe mögen bei entsprechend gekennzeichneten Daten ernste Fehler verursachen, die größer sind als die dargestellten Fehlerintervalle. Um dieses und vermutete Kontamination anzuzeigen, sind besondere Darstellungen der Kästchen programmiert worden. Die beeinflusste Seite des Kästchens wird offen gelassen. Offene Kästchen zeigen also Meeresspiegel-Indikatoren, die unter dem Einfluß möglicher intervallüberschreitender Tiefen- und/oder Zeitfehler stehen (Abb. 9).

TIME-TO-DEPTH DIAGRAM

SHOWING CORRECTED S.L. INDICATORS FROM: U S A D E L A W A R E

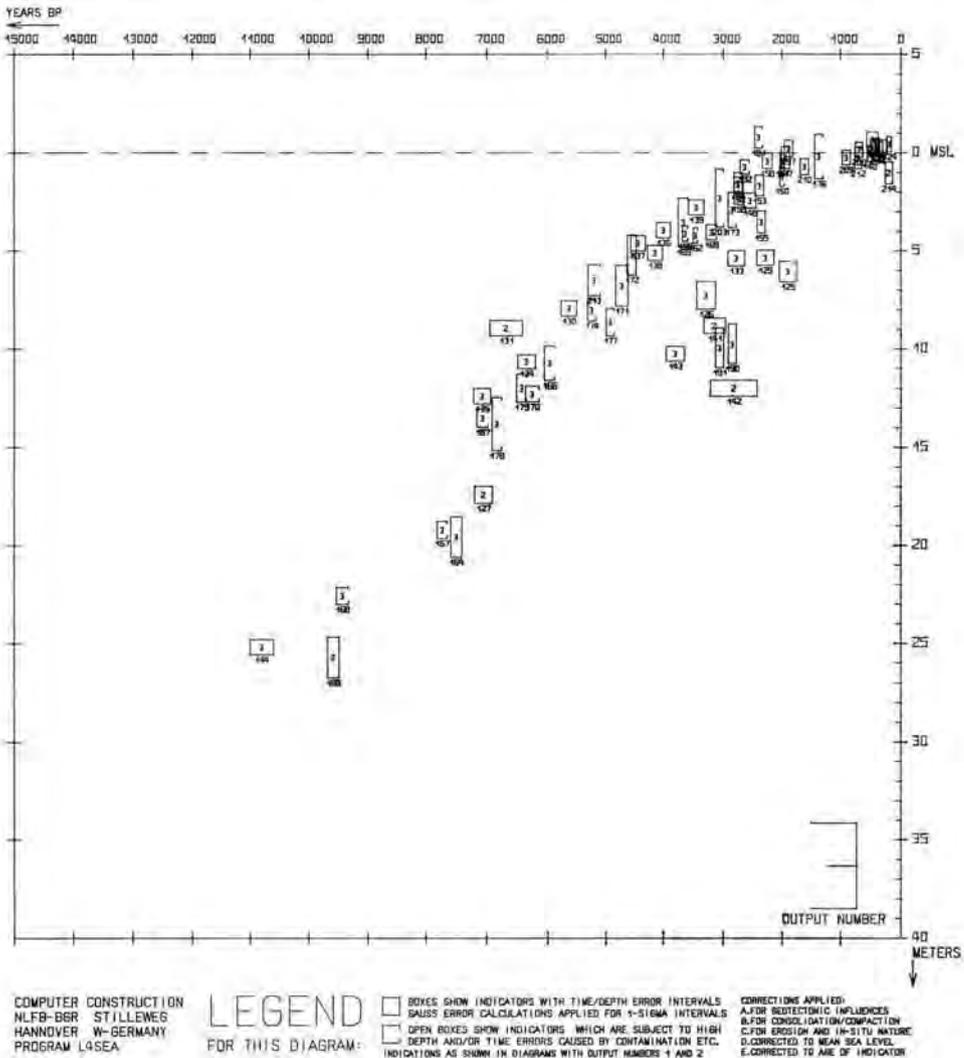


Abb. 9: Zeit/Tiefen-Diagramm des Typs 3 als Plotterausgabe.

Die Umrechnung der Höhenlage des Meeresspiegel-Indikators auf das Niveau des Mittleren Meeresspiegels geschieht aufgrund der Informationen zur Höhe der Probe und zum Paläotidenhub. Falls der Betrag des fossilen Tidenhubs unbekannt ist, wird ein Schätzwert aus dem Betrag des heutigen Tidenhubs abgeleitet. Das geschieht durch leichte Modifikation in Abhängigkeit von den Angaben zur (Paläo)geographie. Falls Sturmflutniveaus angezeigt sind, werden die entsprechenden Kästchen nach oben verschoben, und zwar über die Hochflutmarke. Außerdem wird dann das Höhenfehlerintervall vergrößert.

Falls ein Grundwasserspiegel angezeigt ist, wird ein Modell vom Grundwasserfluß angewendet. Dieses Modell ist jedoch unvollkommen und eine der größten Fehlerquellen. Die Entfernung des Probenentnahmepunktes zur heutigen Küstenlinie, die Konfiguration der heutigen Küstenlinie und die Konfiguration der fossilen Küstenlinie sind zwar meistens bekannt, die Entfernung zur fossilen Küstenlinie und die Neigung des fossilen Grundwasserspiegels dagegen unbekannt. Näherungswerte lassen sich nur innerhalb großer Fehlerbreiten errechnen. Hier gehen die Angaben zum Typ des Indikators, zum beprobten Material und zum liegenden Material mit in die Rechnung ein.

Es hat sich außerdem als notwendig erwiesen, die Angaben zum angezeigten Wasserspiegel intern zu überprüfen und die Indikation mit den Angaben zum beprobten Material zu vergleichen. Viele Einsender sind sich der Indikation ihrer Proben nicht bewußt und so kommen unterschiedliche Angaben für gleiches Material in gleicher Sedimentabfolge zustande. Um die Verwirrung über die Indikation von Torflagen innerhalb subaquatisch gebildeter klastischer Sedimente zu lösen, waren mehrere Computertestläufe mit echten Daten notwendig. Das Ergebnis war, daß Phragmitestorf als sedentäre Bildung eines fossilen Küstensumpfes im Tidebereich kein Anzeiger für den Mittleren Meeresspiegel ist, sondern einen Wasserspiegel nahe dem Mitteltidehochwasser anzeigt (siehe auch SCHEER 1953).

Die übrigen Niedermoortorfarten sind Anzeiger für einen zeitgleichen Grundwasserspiegel, wobei der indikative Bereich von Torfart zu Torfart unterschiedlich ist.

Ein Beispiel für Diagramme des Typs 3 ist die Abbildung 9. Es zeigt korrigierte Meeresspiegel-Indikatoren aus dem Gebiet Delaware (USA). Der Vergleich von Abb. 7 (Diagramm des Typs 1) mit Abb. 9 (Diagramm des Typs 3) zeigt, daß die Korrekturen sehr effektiv waren. Die Anordnung der einzelnen Datenkästchen im Diagramm des Typs 3 ist nach Anwendung aller Korrekturmodelle derart klar, daß sich leicht die beiden einschließenden Kurven konstruieren lassen, zwischen denen der weitaus größte Teil der Kästchen liegt. Die Abbildung 10 gibt ein Beispiel für die Handkonstruktion der Einschlußkurven. Einige „Ausreißerdaten“ sind deutlich erkennbar. Große Fehlerintervalle zeigen in vielen Fällen deren geringe Qualität.

Die zu ermittelnde Meeresspiegel-Anstiegskurve ist in dem Bereich zwischen den beiden Einschlußkurven zu erwarten. Da jedoch der Fehlerbereich (zwischen den Kurven) in diesen Beispielen eine Schwankungsbreite von 2 bis 4 m einnimmt, werden alle tatsächlich vorkommenden Meeresspiegel-Schwankungen dieses Ausmaßes vom Fehlerbereich verschluckt. Eine undulierte Meeresspiegelkurve läßt sich deshalb nicht ohne Zusatzinformation konstruieren.

Die Diagramme des Typs 4 werden mit dem Ziel gezeichnet, Konstruktionshilfen für Schwankungskurven innerhalb der Darstellung korrigierter Meeresspiegel-Indikatoren zu geben. Sie stellen korrigierte Meeresspiegel-Indikatoren in Kästchenform dar, wobei jedem Kästchen Zusatzzeichen beigegeben werden. Diese zeigen die Tendenzen der Sedimentation zur repräsentierten Zeit als Großbuchstaben im Kästchen. Der Buchstabe „R“ steht für regressive Überlagerung, „T“ für transgressive Überlagerung. Beides läßt sich aus der Position der Probe im

Profil und speziell bei Torfproben aus der Position der Probe in der Torflage ableiten. Da Sedimentationstendenzen allein keine Aussagekraft in Bezug auf Meeresspiegelschwankungen besitzen, werden zusätzliche Informationen aus dem beprobten Profil ausgewertet und dargestellt, z. B. der obere und der untere Sedimentkontakt zum Meeresspiegel-Indikator. Die Abfolge von Faziesseinheiten ist im Formblatt nach abnehmendem marinen Einfluß geordnet (Charakter 1 bis 9), so daß durch Differenzbildung, die leicht zu erreichen ist, für jede Probe Positiv- oder Negativwerte des marinen Einflusses zur Verfügung gestellt werden können. Diese Werte werden in Form von auf- bzw. abzeigenden Pfeilen

TIME-TO-DEPTH DIAGRAM

SHOWING CORRECTED S.L. INDICATORS FROM: U S A D E L A W A R E

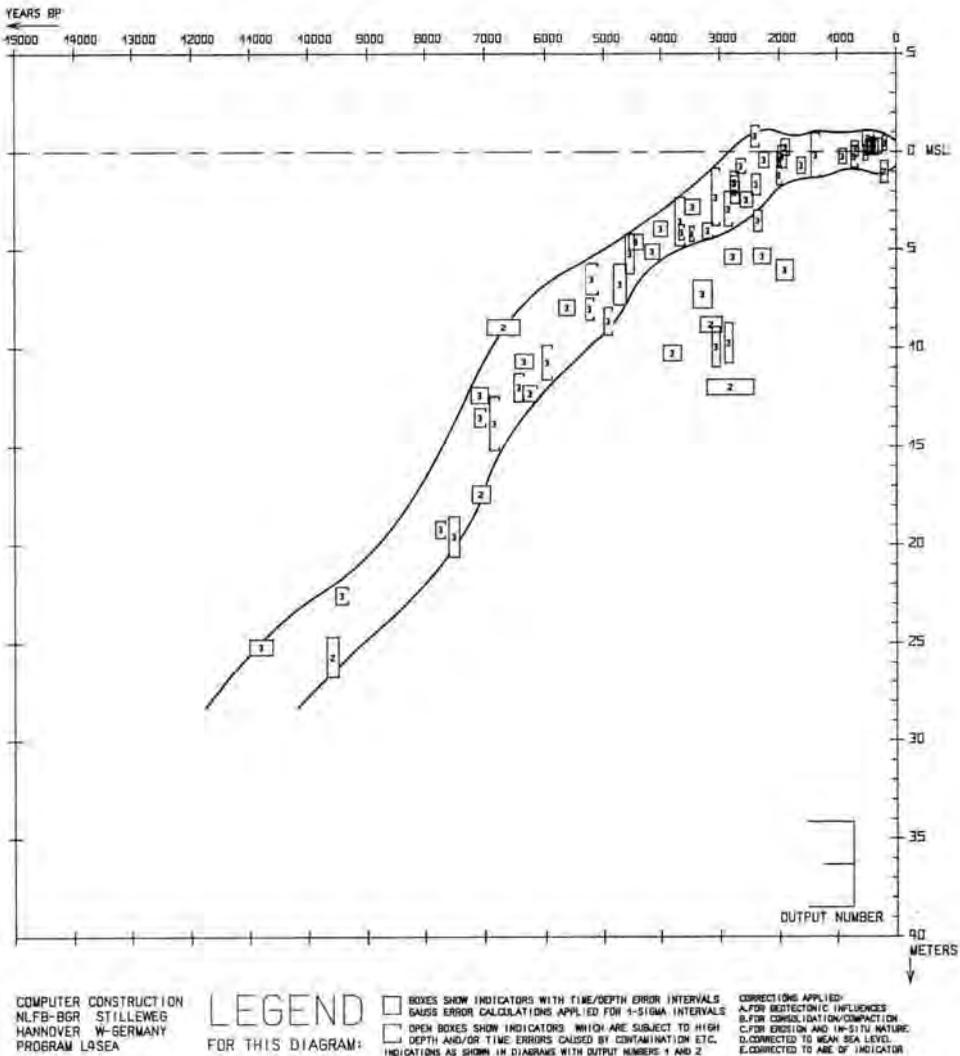


Abb. 10: Zeit/Tiefen-Diagramm des Typs 3 mit Einschlußkurven.

TIME-TO-DEPTH DIAGRAM  
SHOWING CORRECTED S.L. INDICATORS FROM: T K 2 2 1.7 . N O R D H O L Z

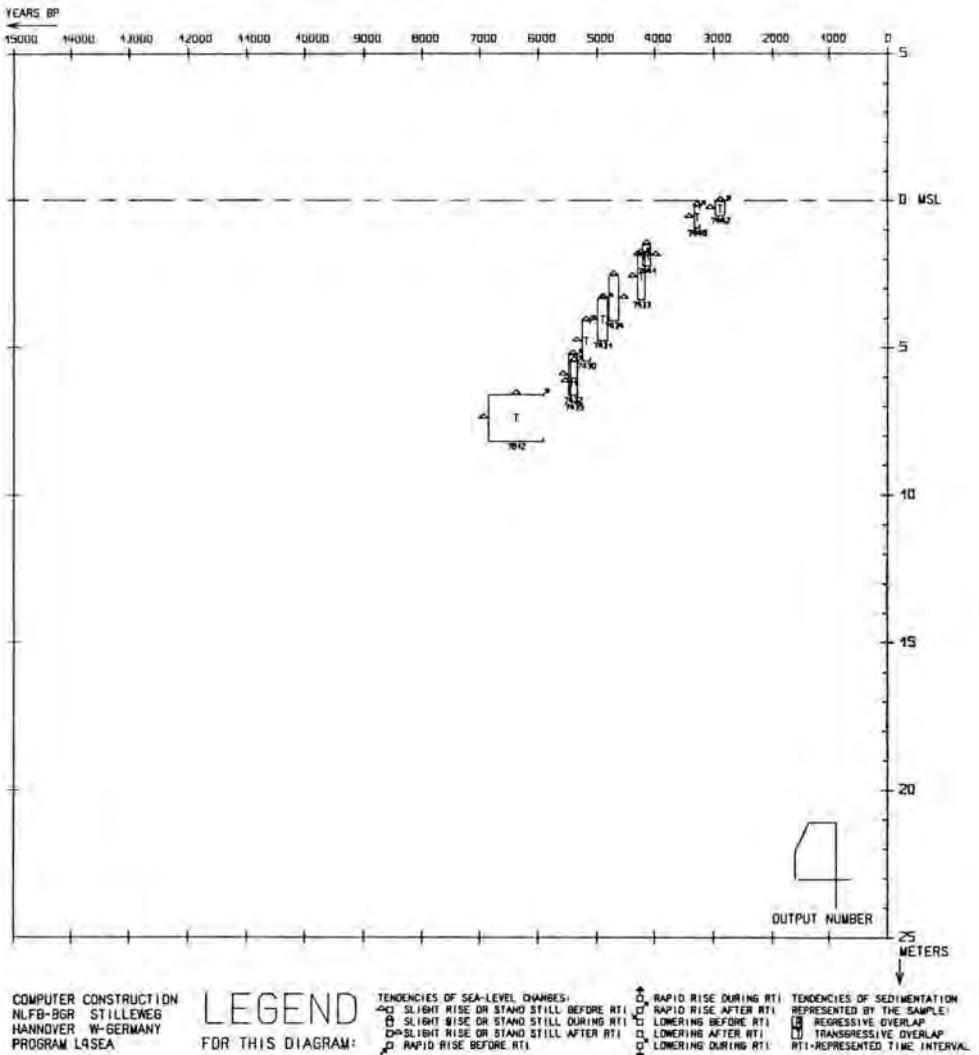


Abb. 11: Zeit/Tiefen-Diagramm des Typs 4.

dargestellt. In der Auswertung gibt die Häufung gleicher Tendenzen im gleichen Zeitintervall Anhaltspunkte für die Konstruktion undulierter Meeresspiegel-Schwankungskurven. Je größer das Beobachtungsgebiet durch eine entsprechende Einbeziehung größerer Datenmengen in die Berechnungen wird, um so deutlicher müssten überregional gleichlaufende Tendenzen werden. Diese Auswertungsphase leitet schon zur — noch nicht programmierten — Faktoranalyse über. Die Abb. 11 gibt ein Beispiel für den Diagrammtyp 4.

Diagramme des Typs 5 lassen sich noch nicht berechnen und darstellen, da die Konstruktion „glatter Kurven“ eines speziellen Programmes bedarf, das z. Z. noch in der Testphase ist. Vorgesehen sind die Darstellung der beiden Einschlußkurven und die Schraffur der eingeschlossenen Fläche.

### 5. Schriftenverzeichnis

- CLARK, J. A., FARREL, W. E. & PELTIER, W. R. (1978): Global changes in postglacial sea level: a numerical calculation, *Quaternary Res.* **9**: 265—287.
- SCHEER, K. (1953): Die Bedeutung von *Phragmites communis* Trin. für die Fragen der Küstenbildung, *Probleme der Küstenforschung im Geb. d. südl. Nordsee*, **5**: 15—25; Hildesheim.

Anmerkung zu den Abbildungen:

Die Abbildungen 7, 8, 9 und 10 enthalten Daten, die gesammelt und publiziert worden sind von: KRAFT, J. C. (1976): Radiocarbon dates in the Delaware coastal zone (eastern Atlantic coast of North America) — Delaware Sea Grant Techn. Rep., DEL-SG-1976, University of Delaware, 20 p.; Newark.

Die Abbildungen 5 und 11 enthalten nicht-publizierte, vom Autor gesammelte Meeresspiegeldaten.

Manuskript eingegangen am 12. 2. 1980.