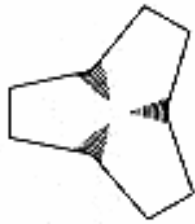
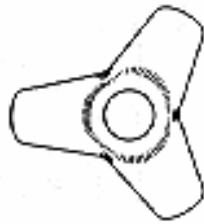


Plan



Bottom



Plan



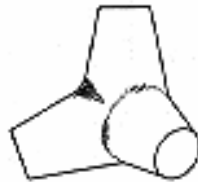
Bottom

Auswahl von Armierungskörpern aus Beton (meistens ohne Bewehrung)



Elevation

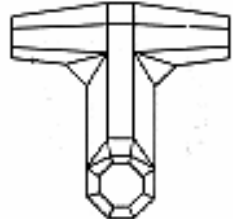
QUADRIPOD



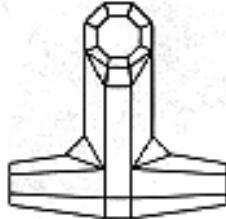
Elevation

TETRAPOD

Meistens Anordnung unregelmäßig in 2 Schichten



Plan



Bottom

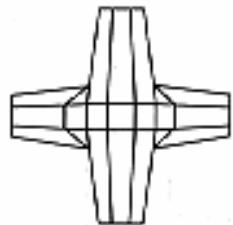


Plan



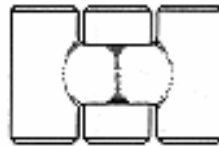
Bottom

Einzelmassen von 0,5 bis 40t



Elevation

DOLOS
(DOLOSSE, plural)



Elevation

TRIBAR

Erforderliche Gewichte nach der Hudson-Formel, obwohl Verwendung zweifelhaft.

No-Damage Criteria and Minor Overtopping



Armor Units	n ³	Placement	Structure Trunk		Structure Head		
			K _D ²		K _D		Slope
			Breaking Wave	Nonbreaking Wave	Breaking Wave	Nonbreaking Wave	Cot θ
Quarrystone	2	Random	1.2	2.4	1.1	1.9	1.5 to 3.0 ⁵
Smooth rounded	>3	Random ⁴	1.6 ₄	3.2	1.4 ₄	2.3	
Smooth rounded	1	Random ⁴		2.9		2.3	
Rough angular	2	Random	2.0	4.0	1.9 1.6 1.3	3.2 2.8 2.3	1.5 2.0 3.0
Rough angular	>3	Random	2.2	4.5	2.1	4.2	5 5
Rough angular	2	Special ⁶	5.8	7.0	5.3	6.4	
Parallelepiped ⁷	2	Special ¹	7.0 - 20.0	8.5 - 24.0	--	--	
Tetrapod and Quadripod	2	Random	7.0	8.0	5.0 4.5 3.5	6.0 5.5 4.0	1.5 2.0 3.0
Tribar	2	Random	9.0	10.0	8.3 7.8 6.0	9.0 8.5 6.5	1.5 2.0 3.0
Dolos	2	Random	15.8 ⁸	31.8 ⁸	8.0 * 7.0	16.0 14.0	2.0 ⁹ 3.0
Modified cube	2	Random	6.5	7.5	-----	5.0	5
Hexapod	2	Random	8.0	9.5	5.0	7.0	5
Toskane	2	Random	11.0	22.0	--	--	5
Tribar	1	Uniform	12.0	15.0	7.5	9.5	5
Quarrystone (K _{RR}) Graded angular	-	Random	2.2	2.5	--	--	

K_D kursiv:
nicht durch
Modellver-
suche ge-
stützt !

* Vor dem
Sines-
Desaster
15 bzw.
13,5 !

Shore Protec-
tion Manual,
CERC 1984

Table 7-7. Suggested K_D Values for Use in Determining Armor Unit Weight

No-Damage Criteria and Minor Overtopping							
Armor Units	n *	Placement	Structure Trunk		Structure Head		
			K_D ‡		K_D		Slope
			Breaking wave	Nonbreaking wave	Breaking wave	Nonbreaking wave	cot θ
Quarystone	2 >3 1	random	2.1	2.4	1.7	1.9	1.5 to 3.0
Smooth rounded		random	2.8	3.2	2.1	2.3	
Rough angular		random †	†	2.9	†	2.3	
Rough angular	2	random	3.5	4.0	2.9 2.5 2.0	3.2 2.8 2.3	1.5 2.0 3.0
Rough angular	>3	random	3.9	4.5	3.7	4.2	
Rough angular	2	special ‡	4.8	5.5	3.5	4.5	
Tetrapod and Quadripod	2	random	7.2	8.3	5.9	6.6	1.5
					5.5	6.1	2.0
					4.0	4.4	3.0
Tribar	2	random	9.0	10.4	8.3 7.8 7.0	9.0 8.5 7.7	1.5 2.0 3.0
Dolos	2	random	22.0	25.0	15.0 13.5	16.5 15.0	2.0 ¶ 3.0
Modified Cube	2	random	6.8	7.8	—	5.0	
Hexapod	2	random	8.2	9.5	5.0	7.0	
Tribar	1	uniform	12.0	15.0	7.5	9.5	
Quarystone (K_{RR}) Graded angular	—	random	2.2	2.5			

Shore Protection Manual, CERC 1977



Weitere Anmerkungen zur Tabelle der k_D - Werte:

Hudson-Formel gilt für Bauwerke, die wenig überströmt werden !

Modelluntersuchungen häufig nur für *nichtbrechende* Wellen durchgeführt. Für brechende Wellen (Sturzbrecher) wurden Werte oft linear reduziert.

Trunk = Fuß des Bauwerks; Head = Bauwerkskrone

2: für Böschungsneigungen 1:1,5 bis 1:5

3: n = Anzahl der Blöcke, die eine Schicht bilden

4: eine einzelne Schicht sollte ggf. nur für Belastung durch nicht brechende Wellen gewählt werden!

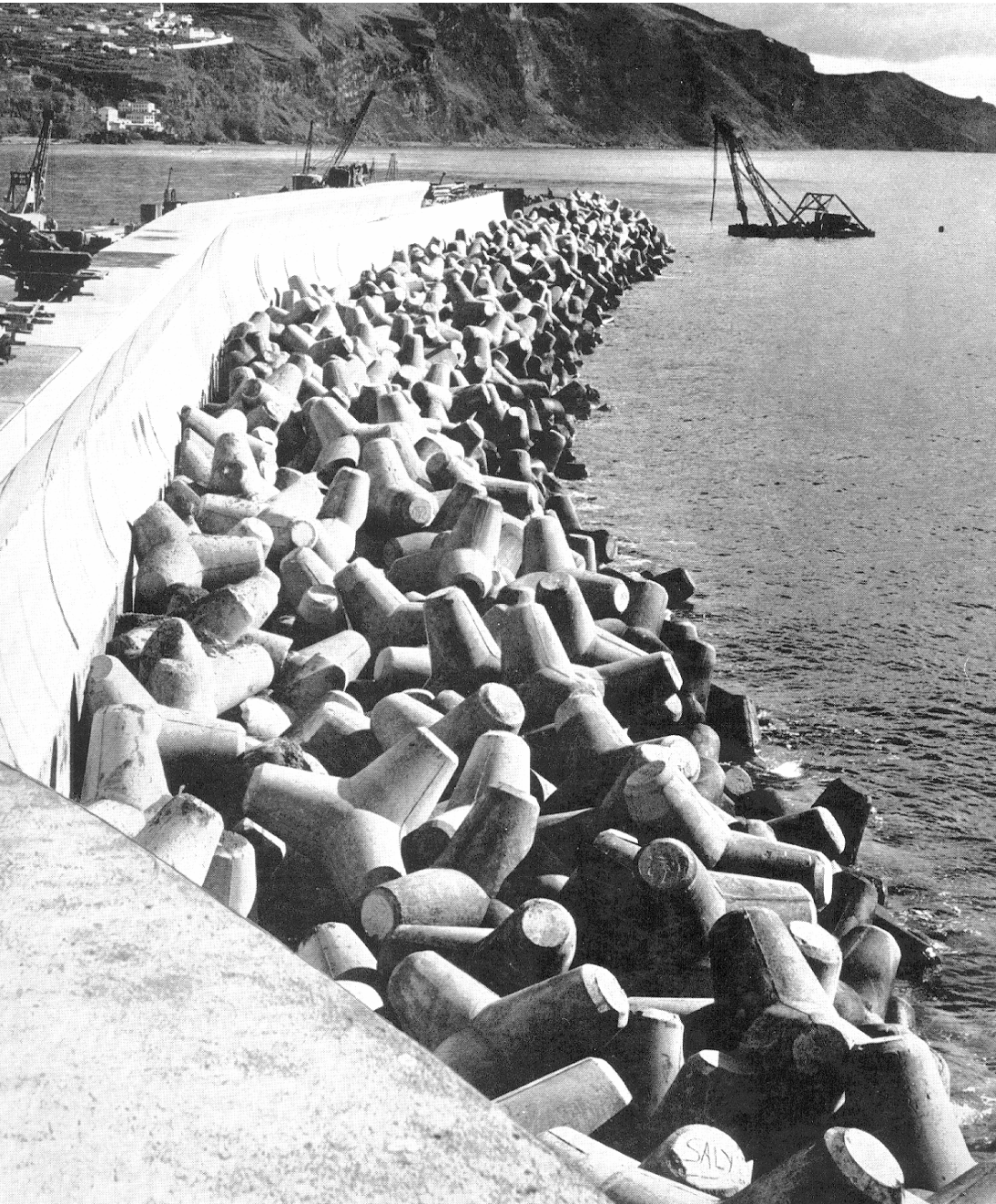
5: vorläufig nur für Neigungen 1:1,5 bis 1:3

6: lange Steinabmessung senkrecht zur Oberfläche (Säulen)

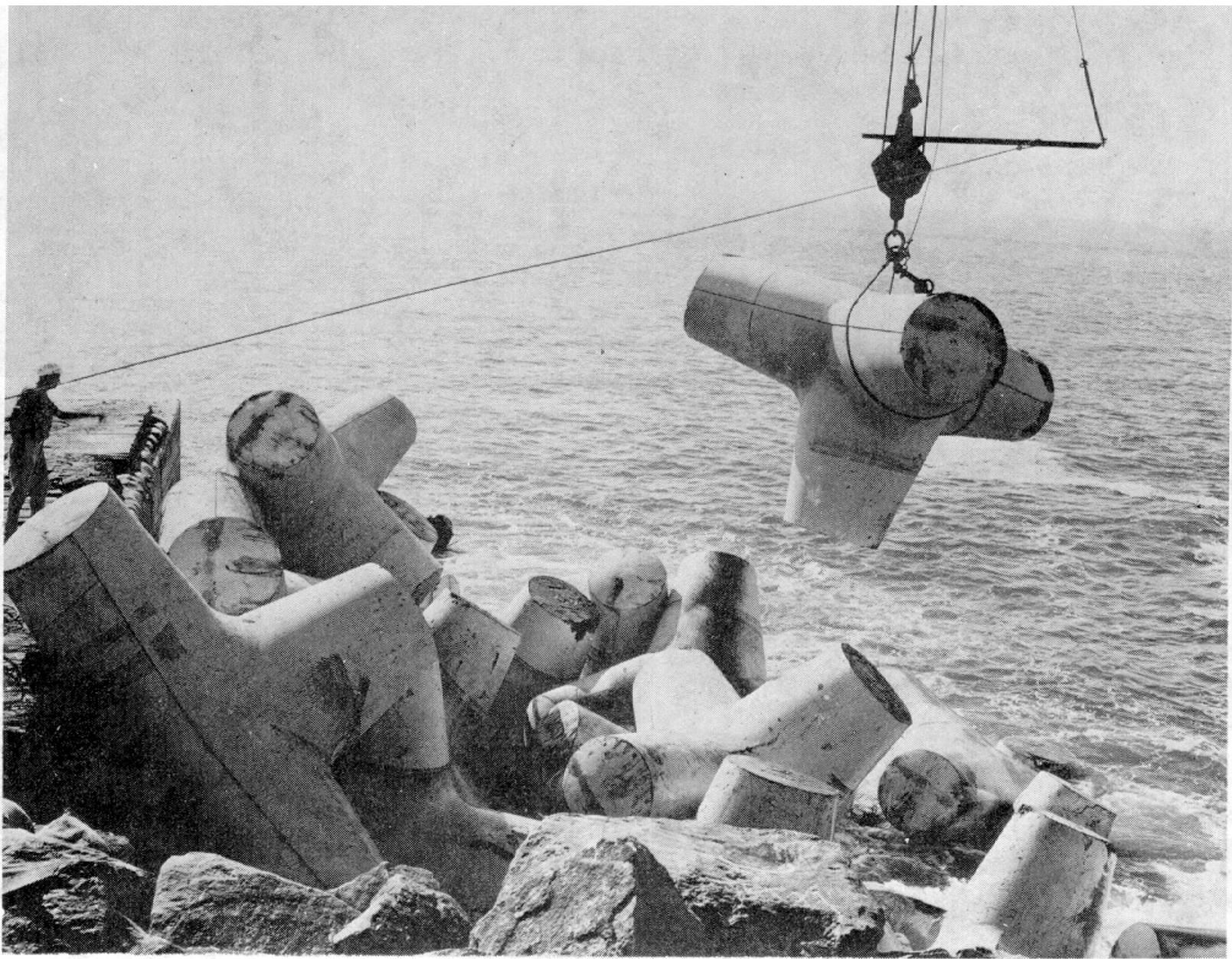
7: lange Steinachse hat 3-fache Länge der kurzen Achse

8: entsprechend $< 5\%$ Verlagerung (no damage criterium);
falls $< 2\%$ erwünscht, dann ist K_D um 50% zu reduzieren !

9: Bei Böschungen steiler als 1:2 besondere Modelluntersuchungen erforderlich !



Hauptmole Funchal,
Madeira:
Küstenschutz mit Tetrapo-
den,
Einzelmasse 16t.



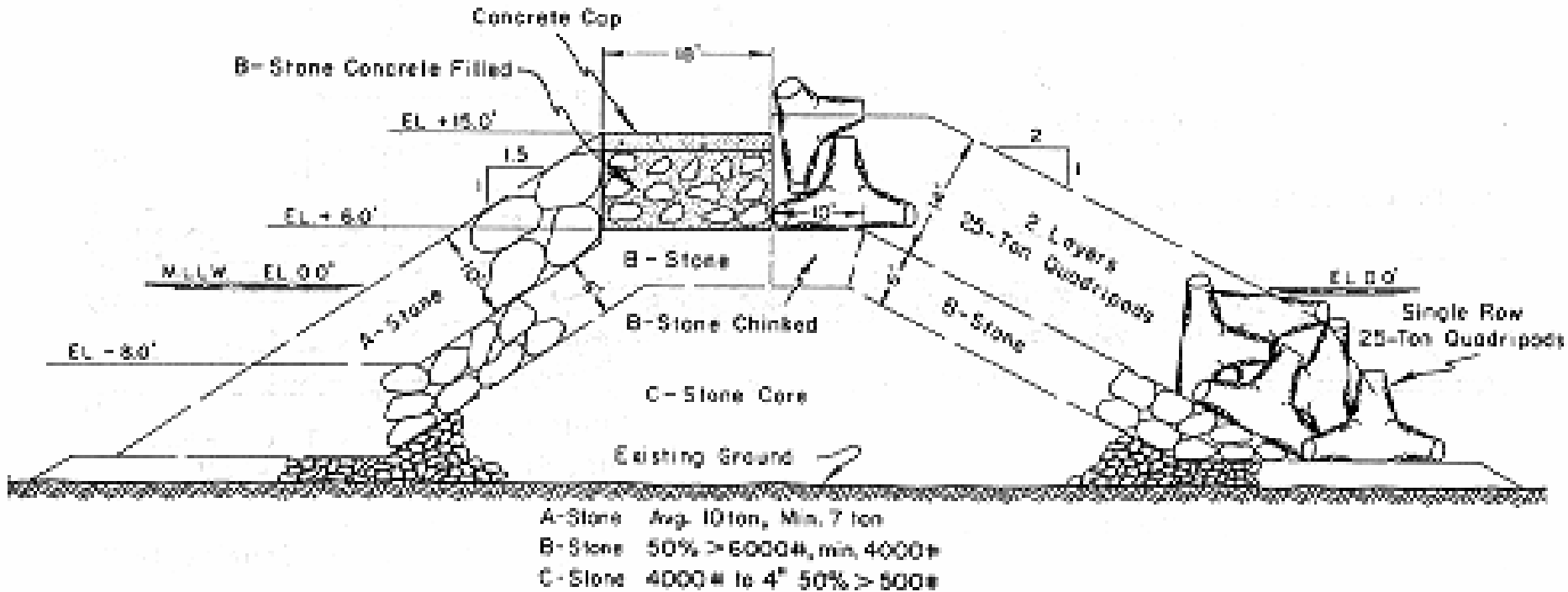
Shore Protec-
tion Manual,
CERC 1984

Quadripoden

Santa Cruz , California (1963)

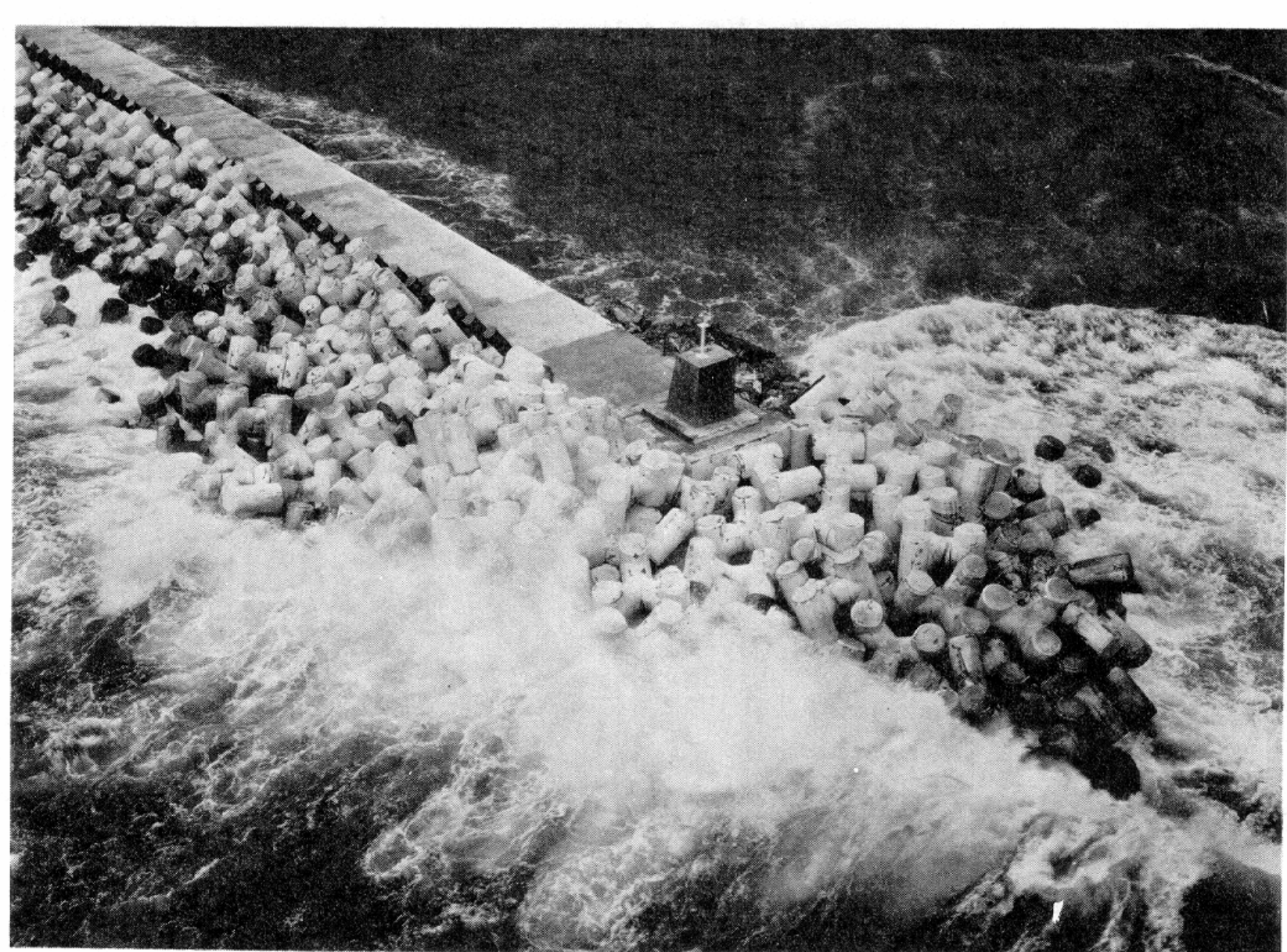
© Büsching, F.: Küsteningenieurwesen

2002/18.6

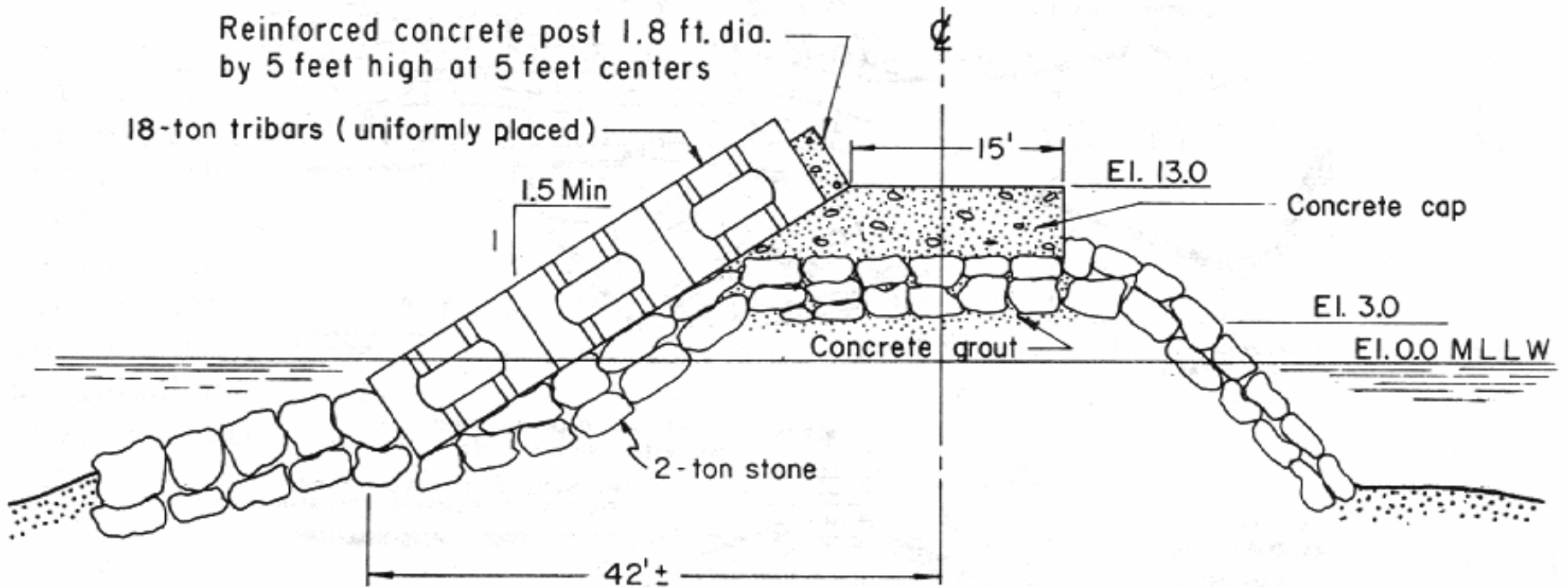


25 t-Quadripoden auf seeseitiger Böschung 1:2

Shore Protec-
tion Manual,
CERC 1984



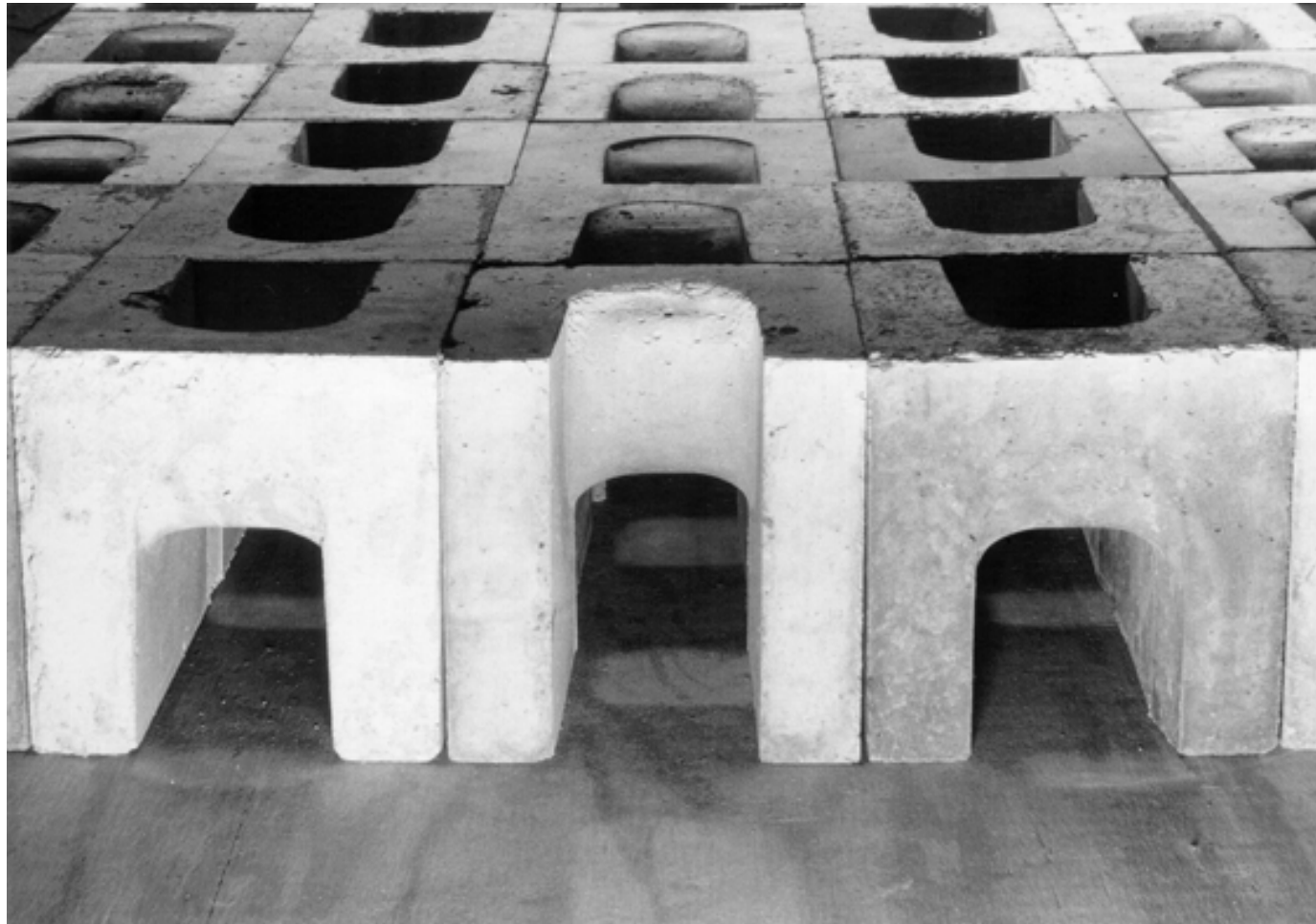
Nawiliwili, Kauai, Hawaii (1959)



Shore Protection Manual,
CERC 1984

Tribarren gleichförmig *einlagig* auf Böschung 1:1,5 angeordnet

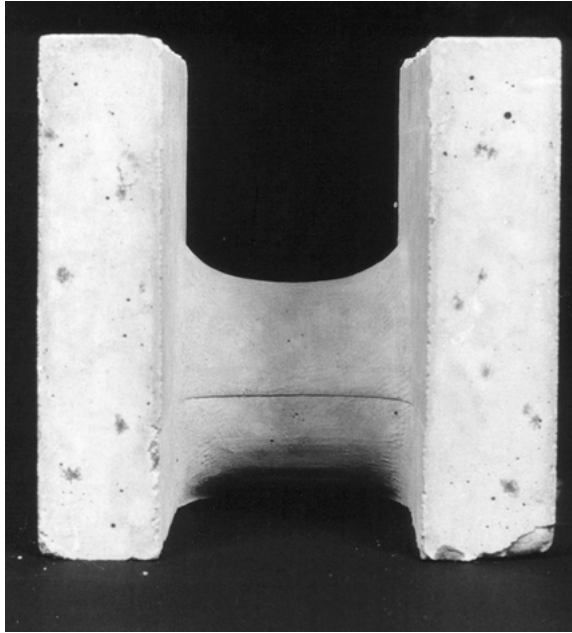
HOLLOW CUBES



Einlagig auf vorhandenem Glatt- oder Rauhdeckwerk:
Beeinflussung der Waschbewegung.

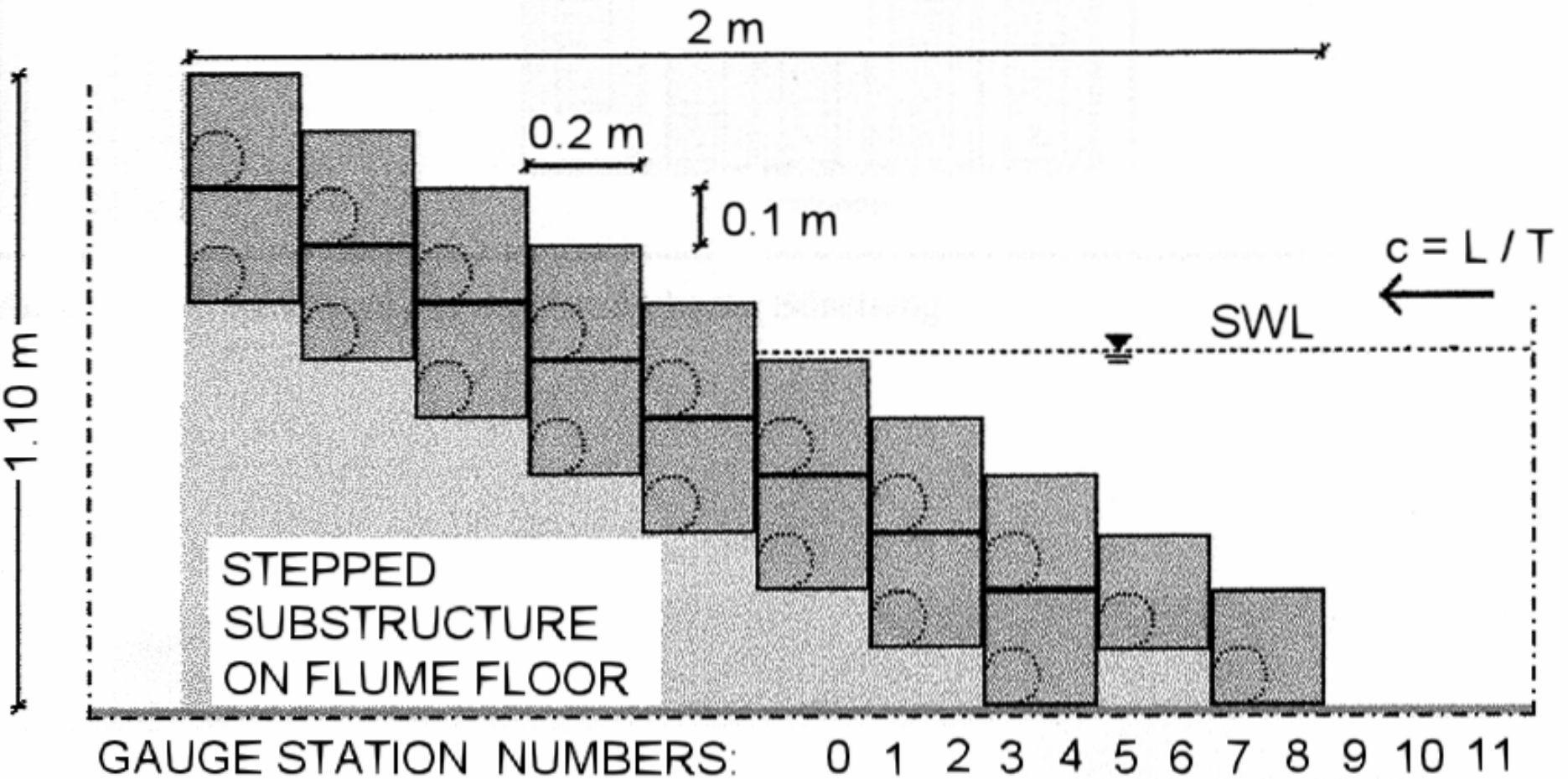
HOLLOW CUBES

(Hohlwürfel)



2-lagige Stapelbauweise:
Beeinflussung der Wasch-
bewegung und Erzeugung
von Energieverlusten beim
Ein- und Ausstrom.





Modellanordnung von Hollow Cubes in Stapelbauweise

(Modellmaßstab 1:5)

Diplomarbeiten Lemke, S.; Nicolai, A. (1998)

Reflexionskoeffizienten $H_r/H_a \leq 0,3$



HOLLOW CUBES

2-lagige Stapelbauweise:

Beeinflussung der Waschbewegung

Erzeugung von Energieverlusten
beim Ein- und Ausstrom sowie

Wellenbrechen.





Vollständiger Dolos im Hafen
von Sines, Portugal
unzerstört



Dolos gebrochen



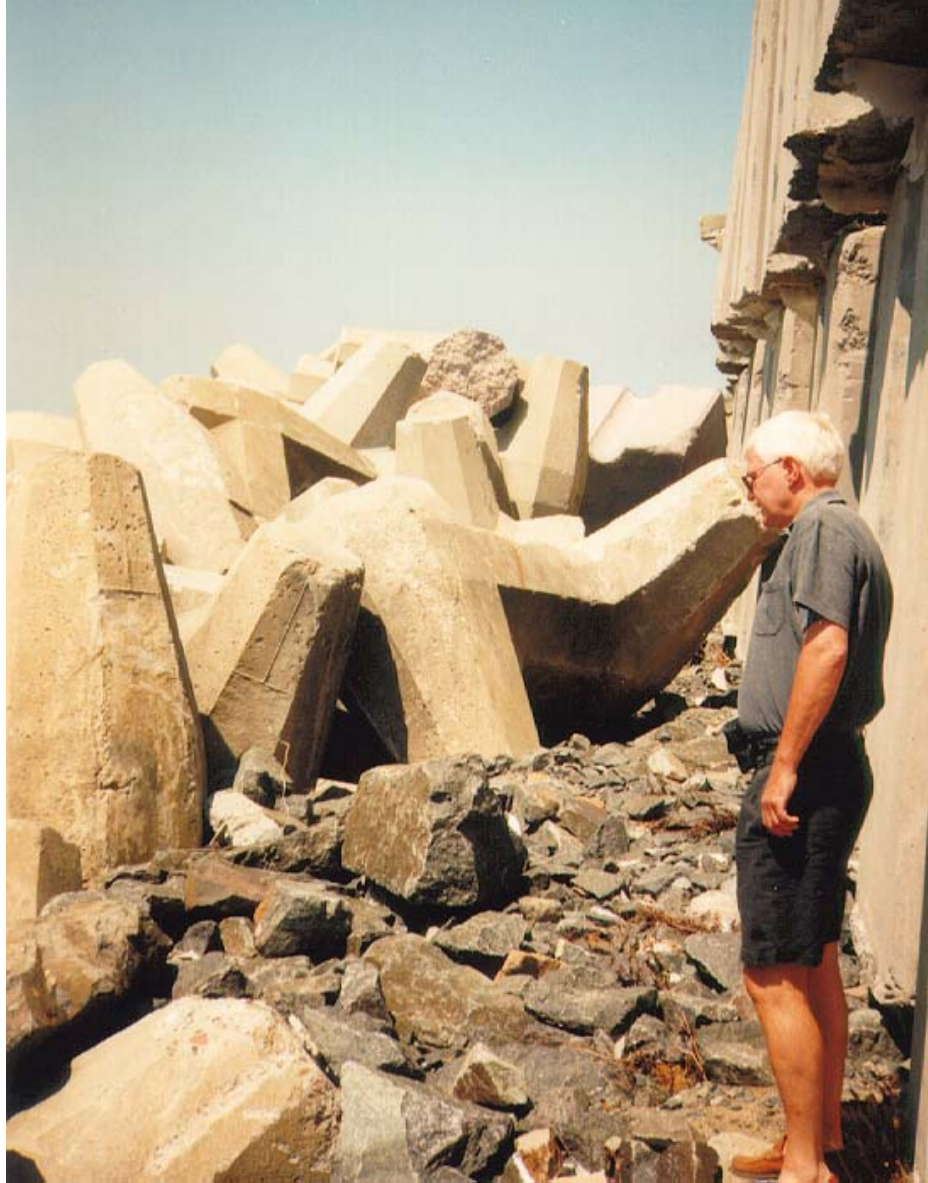
Größenvergleich Sines:

Links:

Dolos in Originalgröße,
gebrochen

Rechts:

Kubische monolithische
Beton-Blöcke wie sie für das
Ersatzbauwerk Sines
verwendet worden sind.
Einzelmassen. 90 - 105 t





Wellenbrecher Sines, Portugal: 2 Schichten Beton-Würfel je 90t
Durchschnittliche Wassertiefe 42m



Wellenbrecher Sines, Atlantikküste Portugal:
Monolithische Blöcke unter Verwendung von Eisenerz je 105t
Wassertiefe an seewärtigen Ende 50m:
Reste des zerstörten Bauwerkes nicht ersetzt.



Sines, Portugal

Betonblöcke aus Eisenerz hergestellt. Einzelmassen je 105 t



Isla Cristina, Andalusien (Atlantik): Ansicht von Westen
Hafenmole mit konkavem Wellenabweiser, teilweise zerstört,
Betonquader als Fußvorlage.



Hafeneinfahrt Isla Cristina: Mole mit Fußvorlage aus Betonquadern



Mole Isla Cristina Innenseite





Isla Cristina:
Betonquader 1,5 x 2x 2
als Fußvorlage vor der Mole





Isla Cristina Wellenabweiser zerstört