

Kap.: Die Sedimentologie eines Rifffkomplexes bzw. einer Karbonatplattform

I. Riff

Vorhandensein einer Rifffzonierung:

Prinzip: * je höher Wasserenergie
 * wenn mäßig steile Rifffront
 dann gut zониert:

Siehe Abbildungskript: Abb. aus James und Longman: Back reef bis fore reef

1. Rifftafel, Riffplatte (reef flat)

Je nach Tiefe und Abschirmung: reine Schuttzone oder mäßig produktives Korallenwachstum (letzteres v.a. bei kleinen Rifffen), niedere Diversität. Schutt: Material durch Brecher aus Kamm und Rifffrontzone.

- Oft Pflaster aus Korallenschutt und größeren Rifffblöcken
- Schnelle Zementation
- z. T. Rhodolithe
- z.T. Kalksandbarren hinter durch Grobschutt geschützten Bereichen.
- Oft Inseln direkt hinter Rifffkamm (Anhäufung von Schutt): Coral Cays, darum z.T. Korallenwachstum.
- Insb. RS, GS, z.T. BfS, FS, oft nicht überlieferungsfähige Rifffgerüste Typ 2.
- Bei steilen Rifffen oft besser überliefert als Riffffront

2. Rifffkamm (reef crest):

Höchstenergetischer Teil, nur in hochenergetischen Rifffen auftretend, rel. niedrig divers,

- Inkrustierende Formen: rezent v.a. inkrustierende Rotalgen, bei höchster Wasserenergie und hoher Abrasion: Algen-BiS
- Knollige Korallen bei etwas niedrigerer Wasserenergie: FrS, oder
- Nicht überlieferungsfähige Rifffgerüste Typ 2 (wenn häufig Stürme), BiS

3. Riffffront:

von Brecherzone bis Ende des verstärkten Korallenwachstums (meist deutlich flacher als 70 Meter, z.T. bis 100 m).

3-30 m:

- in Karibik im flachen Wasser v.a. *Acropora palmata* dominiert (sofern hohe Wasserenergie: aktuell jedoch *A. palmata* schwer geschädigt). Acroporen erst seit Tertiär.
- Darunter weitere zonierte Assoziationen
- Im Fossilen verschiedenste Wuchsformen und Assoziationen
- Produktivster Teil des Rifffwachstums: hochdivers, extrem viele Nischen: BfS, FrS, BiS; überlieferungsfähige Gerüste, auch nicht überlieferungsfähige Gerüste (RS, GS, FS)

- z.T. Brandungsrinnensysteme (spur and groove-systems) bzw. Sandrillensysteme: in Rinnen: Transport, z.T. Erosion (sind aber keine rein erosiven Strukturen, sondern hier wird einfach Riffwachstum unterdrückt). Frei bzw. falls tief genug, mit Lockersediment verfüllt. Korallenwachstum in Sporen . Fossil i.d.R. schwer nachweisbar, da auch Rinnen aufgefüllt werden, durch Sedimentarchitektur z.T. erfassbar.

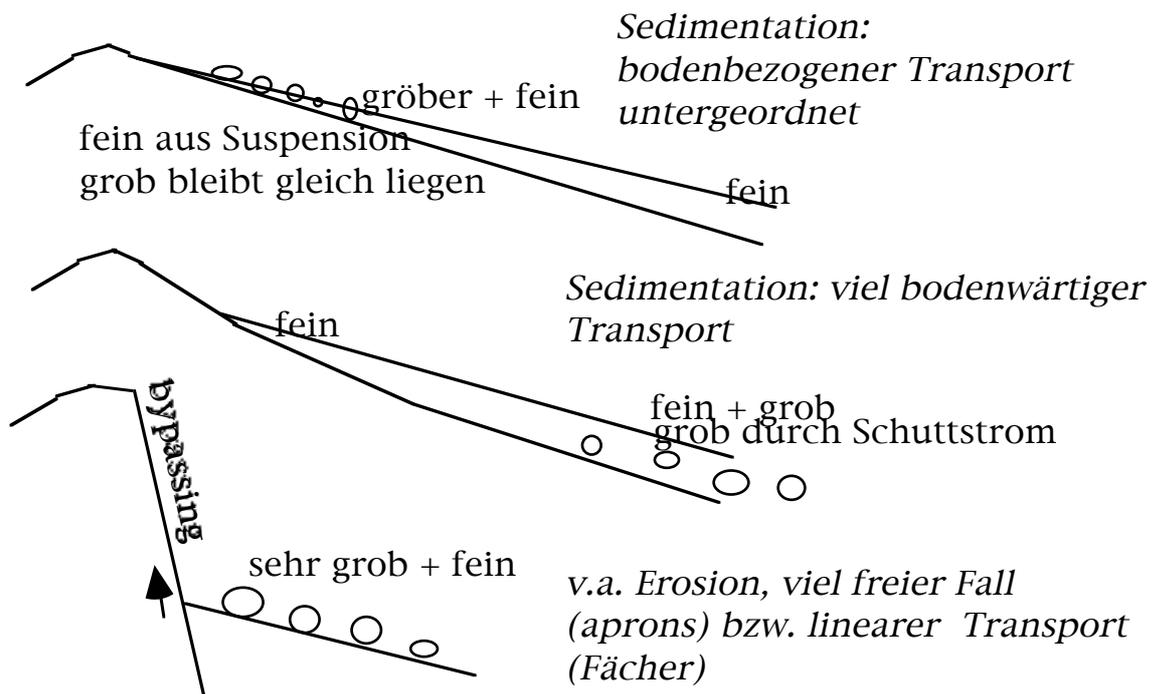
Besonderheit Riffwand (reef wall): +- senkrechte Rifffront

- rezent relativ häufig, z.T. auch nur bereichsweise (d.h. mit „Vorriffterrasse“)
- keine Sedimente > fossil nur bathymetrischer Sprung nachweisbar
- verhindert Progradation auch bei produktiven Riffkomplexen (siehe Kap. Meeresspiegel).

II. Vorriff, Plattformhang

Unterhalb produktiver Korallenzone.

- Durch Rückstrom suspendiertes Material
- Durch Gravitation bodenwärtiger Transport von größerem Material
- Zwei Typen:
 - Depositioneller Rand/Hang
 - By-Pass-Rand/Hang



Depositioneller Hang:

Oberster Bereich:

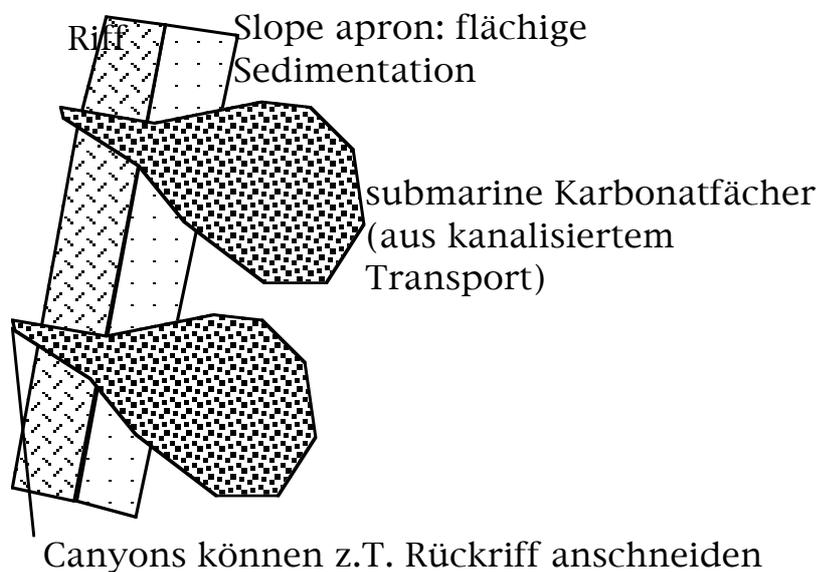
- unscharfe Grenze zur Riffwand, oft noch Rifforganismen in vielen Nischen
- ggf. schmale Blockschuttzone (Talus), v.a. wenn sehr flacher Hang
- z.T. noch ausgewaschen (RS), sonst FS

darunter:

- Hemipelagite (periplatform ooze) mit erhöhtem Anteil von Nannoplankton (MS, WS)
- Rutschungen (Häufigkeit abhängig vom Neigungsgrad). Z.T. auch Gleitstörungen entlang von Schaufelbrüchen (slice scars, intraformationelle Trunkation), wegen Auflast und Hangneigungen, z.T. mit Deformation
- Einschaltung komponentenreicher Turbidite und Grainflows (mit Flachwasserkomponenten) v.a. im tieferen Teil (PS, GS). Häufigkeit abhängig von Hangneigung (und Sturmhäufigkeit bzw. genereller Wasserenergie).
- Versturzblöcke nur selten.

By-Pass-Hang:

- Häufig verursacht durch synsedimentäre Störungen oder Lage des Riffs auf Horstkante (bei inaktiv gewordener Störung), auch Lage auf Erosionsrelief (z.B. ertrunkene Terrassen), Escarpments, submarine Kliffs.
- Selten verursacht durch raschen Meeresspiegelanstieg (Aggradation als Keep-Up-Anpassung, siehe Kap. Meeresspiegel).
- Bathymetrischer Sprung Flachwasser-Tiefwasser
- Hohe Schuttproduktion durch erhöhte submarine Erosion sowie Bioerosion (weite Angriffsfläche)
- Keilförmige Schuttgürtel (slope apron wedge)
- Zusätzlich z.T. Karbonatfächer (bei Canyon-entwicklung aus Brandungsrinnen heraus. Dadurch Transport von Riffmaterial, häufig aber auch von Rückriff oder Lagunenmaterial ins tiefe Wasser.



Recap: **Sedimentationsprozesse** in By-pass oder steilen depositionellen Hängen:

- **Turbidite**: Bouma-Sequenzen. Z.T. auch in Karbonaten, aber schlechtere Sortierung. Oft nur gradierte Einheit oder nur oberer Teil (= base-cut-out-Turbidite).
- **Grain flows**: Lawinenartig (keine echte Bodensuspension): kaum feines Material („Selbstausschwaschung“): dünne Bänder, wenig gradiert, i.allg. GS/RS

- Debris flows: hoch viskose Suspension: plastisches Fließen, oft offene Gefüge (FS) oder disorganisierte, d.h. unsortierte Gefüge mit z.T. eckigen Komponenten, offenen Bereichen und irregulärer Komponentenposition (RS)
- Rutschungen: Kriechen (creep), Rutschen (slide), Zergleiten (slump)
- Freier Fall: oft hausgroße Blöcke.

Anlage zur Riffvorlesung (Teil Rückriff-Lagune-Gezeitenflächen)

III. Kalksandbarren:

im Rückriff

- als Zwischenriff
- als Plattformrand (statt Riff)

stellen i.allg. Ooidbarren oder Bioklastbarren dar.

<u>mobil</u>	oder	<u>später stabilisiert</u> (Seegrass, Algen o.ä.)
- sparitisch		- z.T. mikritisch
- gut sortiert (z.T. bimodal)		- Körner oft mikritisiert (cortoidisiert)
- Schrägschichtung		- oft bioturbiert oder durchwurzelt
+/- keine in-situ Fauna		- auch unzerbrochene Fauna
		- evtl. Hartgründe und Biostrome
- v.a. im Zwischenriff- oder Plattformrandbereich		- oft im Rückriffbereich

Typ 1: wellendominierte Barren (bei kleinen Gezeiten)

- parallel zu Plattformrand bzw. zur Küste
- Strandwallinselkomplex (Beach Barrier System)
- planare Trogschichtung, kleinmaßstäbliche Kreuzschichtung und Rippelschichtung, im offshore und backshore Bioturbation
- im Backshore gegensinnige flache Schrägschichtung, Caliche, vadose Zemente, Durchwurzungen, Beachrock
- oft progradierend ('shoaling upwards')
- Rezent z. B. bei Abu Dhabi

(Zeichnung)

Typ 2: Gezeitenbarren (bei höheren Gezeiten, > 2 m)

- i.allg. senkrecht zur Küste bzw. Plattformrand
- bis 100 km lang, aber nur 1-1,5 km breit
- irreguläre, longitudinale Schrägschichtung, z.T. double mud drapes, auch Trogschichtung.
- sehr mobil, meist nur umgelagert erhalten
- rez. z.B. Joulter's Cays, nördl. Bahamas

(Zeichnung)

ähnlich auch Gezeitendelten (bei höheren Gezeiten und ungleichmäßigem Ebb-/Flutstrom).

(Zeichnung)

Barrensysteme und Gezeitendelten oft assoziiert mit spillover-Loben (z.T. auch von Rifftafel in Rückriff)

- ähnlich Sturmablagerungen: chaotische Lagerung, z.T. Gradierungen, selten unregelmäßige Schrägschichtung

IV. LAGUNE

Wechselnde Bereiche und Anteile von:

Kalkschlamm - Kalksand (mobil/stabil) - evtl. Fleckenriffe - Gezeiten

Position der jeweiligen Bereiche/Zonen kann unterschiedlich sein (Zeichnung)
auch: offene / geschlossene Lagunen (z.B. Küstenlagune) (Zeichnung)

I. FLECKENRIFFE

- möglichst normale Salinität
- möglichst präexistente Hochlage (sonst zuviel Sedimentanfall)
- an Lockersubstrat und Hintergrundsedimentation angepaßte Korallen
- keine Eutrophierung (sonst zuviele Weichalgen)
- Wasserumwälzung muß gegeben sein (sonst Sauerstoff/Nährstoffmangel)

==> i.allg. niederdiverse Assoziationen

II. KALKSANDBEREICHE

- a) Barren: siehe oben
- b) höherenergetische lagunäre level-bottom / sand sheet Fazies
(vgl. Bahama-Bank, Beiblatt)

zu b)

1. flächig oolithisch: sekundär umgelagerte Barren, häufig aufgegebene Tidal bars, d.h. Reliktsedimente, mikritisierte Ooide, Fauna etc (ähnlich stabilisierte Barren, jedoch keine Schrägschichtungsrelikte mehr)

2. Bioklastsande: sind meist primär durch in-situ Bioklastanfall, d.h. Bioklastbarren sind meist sekundär.

- hoher *Anfall von Hartteilmaterial* (v.a. Bivalven, Gastropoden, Foraminiferen, insb. Grünalgen (Codiaceen: Halimeda (Haferflockentyp), Penicillus, auch Dasycladaceen); oft größere Karbonatproduktivität als Riffe
- i.allg. *Biocortoide* ('Rindenkörner') wegen Anbohrungen durch Algen, Bakterien und Pilzen
- *Bioklastbildung* durch:
 - Desintegration nach Absterben (Halimeda)
 - Bioerosion (!!)
 - Eintrag von Klastmaterial aus Riff und Barrenbereichen (Spillover, Stürme)
 - Sturmereignisse in Lagune selbst

==> Grainstones und Packstones

- bei GS: Gleichgewichtverhältnisse: Auswaschung nur von Schlamm, oft gar kein Komponententransport

- bei PS: häufig teilweise Stabilisierung durch Algen und Seegräser: Fangen von feinkörnigem Sediment, dabei auch Bildung von wandernden Sandwannen möglich (Skizze), welche zu guter Durchmischung führen
 - Algenverteilung vgl. Beiblatt Flügel: Halimeda + Dasycladaceen + artikulate Corallinaceen bilden 20-60% der Fraktion
 - Onkoide: rezente marine Onkoide nur sehr untergeordnet, fossil jedoch sehr häufig (verdrängt durch coralline Rotalgen)
 - müssen nicht unbedingt gedreht werden, da Cyanobakterien nur extrem wenig Licht brauchen (Zeichnung)
- ==> Onkoide kein direkter Energieanzeiger, jedoch Anzeiger für niedrige Hintergrundsedimentation.

3. Peloidsande, Intraklastsande und Aggregatkornfazies

- i.allg. *extrem flach*, häufig zu flach für Makrofauna -> sehr schnelle Zementation (auch organogen), bei geringen Sedimentationsraten
- Peloide: Kotpillen von Crustaceen, Polychäten, Mollusken etc. oder kleine mikritische Intraklasten (s.u.). Crustaceen-Kotpillen haben charakteristisches Siebmuster
- Aggregatkörner/Lumps (auch Grapestones): organisch/anorganische Verkittung von Einzelkomponenten (oft Pellets), unregelmäßiger Umriß; Anzeiger für extrem flaches und warmes, stark karbonatübersättigtes Wasser
- Intraklasten:
 - *Aufarbeitung bereits verfestigten Materials* (Kappung von Internstrukturen, s. Skizze). Schnelle Verfestigung ganzer Bänke kann relativ schnell in Lagune erfolgen (bei Sedimentationsstillstand). Vorsicht: Aufarbeitung mäßig verfestigter, durchgehender Lagen nicht von Aggregatkörnern zu unterscheiden, da Zerbrechen um Internkomponenten herum läuft.
 - mikritische Intraklasten sehr oft auch durch *vollständige Cortoidisierung* (Mikritisierung) von Bioklasten

V. MIKRITISCHE SUBTIDALFAZIES

- i.allg. niederenergetischer als Sparitfazies (kein Winnowing), jedoch häufige Ausnahme: Verbacken weicher Peloiden -> Peloid PS bis Peloid WS/MS
- unterschiedlichste Faunengehalte (Bio-MS bis Bio-PS). Zum Teil sehr geringe Faunengehalte da:
 - * z.T. *schlechte Lebensbedingungen*:
 - *Salinität* (zu süß, zu salzig, zu wechselnd)
 - *Sedimentationsrate* z.T. zu hoch (trübes Wasser, zu weiches Substrat (s.u.), auch Verdünnungseffekte)
 - bei weichem Substrat z.T. *thixotroper*, schlammiger Übergang Sediment/Wasser
 - z.T. *Nahrungsmangel* wegen fehlendem Wasseraustausch (v.a. bei offenozeanischen großen Lagunen)

- z.T. *Sauerstoffmangel* am Boden wegen fehlender Durchmischung: euxinische Verhältnisse, jedoch durch fehlende organische Produktion in höheren Schichten oft kein großer Anfall organischen Materials, d.h. häufig kein Bitumen; oft feinlaminiert.

* z.T. schlechte Erhaltung: Lösung von aragonitischen Komponenten vor vollständiger Verhärtung, Desintegration, Bioerosion

bei relativ guten Lebensbedingungen jedoch oft eine Vielzahl von Organismen. Oft *Massenvorkommen weniger Arten*. Generell komponentenreiche Kalkschlämme besser besiedelbar als Grainstones, da stabiler.

- Herkunft des Kalkschlammes:

- *Desintegration* von Skeletteilen (v.a. Grünalgen, Weichkorallen, Echinodermen)
 - *Bioerosion*, v.a. durch bohrende Mikroorganismen
 - *Eintrag* aus anderen Bereichen (z.B. aus Riff)
 - z.T. Kalkfällung durch nicht verkalkende Mikroorganismen ("*whitings*"). Evtl. auch anorganisch, jedoch umstritten
- z.T. Schlammhügelbildungen: Beispiel Bucht von Florida: Mud banks bzw. mud ridges und 'lakes'.
- Initiale Zusammenschwemmung bei leichten Stürmen
 - Stabilisierung durch Flora (Seegrass, Algen)
 - Selbstverstärkung durch Schlammfang, z.T. bis zur Inselbildung. Bildung von Black Pebbles
 - Oft autozyklisches Wandern, d.h. Geometrie nicht überliefert, jedoch Verflachungssequenzen. Oft übergehend in Gezeitenflächen

s. Zeichnung.

- Black Pebble Bildung: Anzeiger für Supratidale Zone oder vollständiges Trockenfallen:

- Reduzierendes Milieu durch *hohen Anfall organischer Substanz* (v.a. Pflanzenwachstum in sumpfigen Bereichen, rez. v.a. in *Mangrovesümpfen*, z.T. auch Anfall organischen Materials durch *Waldbrände*)
- Primäre *Bildungsorte*:
 - Top von Schlammhügeln
 - supratidale Tümpel
 - Inlandstümpel
 - Bodenprofile
- *Lockersedimente* und poröse *Hartsedimente* können durch organisches Material *imprägniert* werden, dabei
- pH-Änderung, fördert *selektive Verhärtung* der imprägnierten Bereiche
- häufig *Rhizobrekzierung* der imprägnierten Bereiche (da in Bodenbildungszone)
- Verteilung der Black Pebbles bei Erosion oder Überflutung; häufig als Karstverfüllung, in Gezeitenkarbonaten, in alluvialen Fächern, in Transgressionskonglomeraten bzw. Transgressionskonolithen, vereinzelt auch in subtidalen mikritischen Kalken

VI. GEZEITENFAZIES

häufig leicht erkennbar, wenn niederenergetisch ->

Kalkige Algenmatten (v.a. in humiden Bereichen, arid weniger verbreitet, dort häufig Gips)

Algenmatten des Gezeitenbereichs meist als laminierte Fensterkalke erhalten (LF-Kalke, *Loferite*). I.allg. höherer Intertidal bis tieferer Supratidalbereich (Zeichnung)

Entstehung von shoaling-upwards-Zyklen

- i.allg. ist Einzelsequenz autozyklisch: *laterale Migration* von Gezeitenkanälen innerhalb von Gezeitenflächen führt zu einem Subtidal-Supratidalzyklus. (Zeichnung).
- i.d.R. sind viele Einzelsequenzen als Zyklen übereinandergestapelt, hierbei autozyklische und allozyklische Möglichkeiten:
 - a) *tektonische* Oszillationen: häufig stark erosive Obergrenze, oft mit Paläokarst und Black Pebbles
 - b) *eustatische* Oszillationen (Milankowitsch-Frequenz)
 - c) *autozyklisches tidal-wedge Modell* (Zeichnung)
 - d) *autozyklisches Insel-Mosaikmodell* (Zeichnung)

a-c ergeben lateral *korrelierbare* Zyklen, d) ergibt *diskontinuierliche* Zyklen