

Variant study longitude vs latitude bulkheads

2025-08-16

SPEC-00-STR-SYS-AXIAL-RADIAL-TRADE-0001 — Variante-nuntersuchung Längs-/Breitengrad-Schotten (EVOL-00, 127 m)

Summary / Kurzfassung (EN/DE)

EN: Compares three structural and safety layouts for the sphere: **A) Longitudinal sectors**, **B) Latitudinal diaphragms (“LAT”)**, **C) Combination**. Evaluates structural dynamics, pressure/fire/hazard containment, operations & maintenance, routing complexity, mass/manufacturing, and expandability. Result: **Option C** offers the best performance; recommended as baseline (EVOL-00 with 12 sector bulkheads A-L plus 3 LAT discs S40/EQ/N40, expanding to 7 LAT in EVOL-01).

DE: Vergleich dreier Struktur- und Safety-Layouts für die Sphäre: **A) Längsgrade** (radiale Sektorschotten), **B) Breitengrade** (axiale Ring-Diaphragmen, „LAT“), **C) Kombination**. Bewertet werden **Statik/Dynamik, Druck/Brand/Hazard, OPS & Wartung, Routing/Komplexität, Masse & Fertigung, Erweiterbarkeit**. Ergebnis: Variante **C (Kombiniert)** liefert die beste Gesamtleistung; empfohlen als Baseline (EVOL-00 mit 12 Längsgrad-Schotten A-L + 3 LAT-Scheiben S40/EQ/N40, Ausbau zu 7 LAT in EVOL-01).

Project: Sphere Space Station — Earth ONE (Ø 127,00 m) **Spin Law:** 1 g at $r = 52,00$ m (DECK 012) → $\omega \approx 0,434 \text{ s}^{-1}$ ($\approx 4,15$ rpm) **Status:** DRAFT • **Date:** 2025-08-16

Abstract / Kurzfassung

1 Scope & Assumptions / Geltung & Annahmen

- Sphäre Innenhülle: **$R_h = 63,00$ m**; Deckbänder **$\Delta r = 3,50$ m** von **$r = 10,50 \dots 63,00$ m** (DECK 001-015).
 - **Druck-/Brand-Philosophie:** Radiale Entlastung (VENT/BOP) zur Hülle; tangentielle Entlastung vermeiden.
 - **Design- Δp :** Voll- Δp -Szenario (1,0 atm) über **Sektor**; **LAT** als Diaphragmen nur mit **Equalize** (Design- $\Delta p \leq 0,2$ atm).
-

2 Variantenbeschreibung

A) Längsgrade (radiale Sektorschotten)

- 12 keilförmige Schotten A-L (alle 30°) über DECK 001-015; **PT-A/B** Türen und **AL-C** Schleusen an Durchtritten.
- Bilden mit Deck-Hoopringen einen **Mehrzellen-Torsionskasten** (Bredt-Batho).

B) Breitengrade (axiale LAT-Diaphragmen)

- Ringförmige Diaphragmen senkrecht zur Drehachse; Innenloch (Core) ~ **12 m**; Ebenen z. B.: **S56, S40, S20, EQ, N20, N40, N56**.
- Funktion: **Schubscheiben**, axiale **Brand-/Hazard-Kappen**, akustische Barrieren; **keine Voll-Druckschotte**.

C) Kombination (A + B)

- 12 Sektorschotten + 3-7 LAT-Scheiben; mechanisch als **Gitter-/Rippen-Schale** mit hoher **Torsions- & Biegesteifigkeit**, **axialer** und **radialer** Kompartimentierung.

3 Bewertungsmaßstäbe / Methods

- **Strukturell:** Torsionssteifigkeit (J) nach Bredt-Batho (Mehrzellen), axiale Diaphragma-Schubpfade, Ovalisationsbegrenzung.
- **Dynamik:** Anhebung Eigenfrequenzen (Barrel/Breathing), Dämpfung (Elastomerfugen), Dock/Triebwerksimpulse.
- **Safety:** Druck/Brand/Kryo/Nuklear-Eindämmung; VENT/BOP-Wirksamkeit; Rauch-/Gas-Migration.
- **OPS & Wartung:** Türen/Schleusen, Egress, Tele-Ops, Zugänglichkeit.
- **Routing/Komplexität:** MEP (THM/PWR/COM/GAS) Durchdringungen, Kollisionen.
- **Masse/Fertigung:** Fläche \times t \times p; Fertigungs-/Montagelogik; QC/Prüfbarkeit.
- **Erweiterbarkeit:** stufenweiser Ausbau, spätere Nachrüstung.

4 Variantenanalyse

4.1 Statik & Dynamik

Kriterium	A) Längsgrade	B) Breitengrade	C) Kombiniert
Torsion/ J	Hoch (Mehrzellen)	Mittel	Sehr hoch (Zellen + Scheiben)
Axiale Biegesteifigkeit	Mittel	Hoch (Scheibenabstand)	Sehr hoch
Ovalisation/Öffnungen	Gut	Gut	Sehr gut
Eigenfrequenzen	↑	↑	↑↑ (max)
Akustik (Körperschall)	Mittel	Gut	Sehr gut

Begründung: Längsgrade erzeugen geschlossene Zellen → **hohes J**. LAT kappen **axiale Dehnwege** → höhere **axiale** Steifigkeit. Kombination maximiert beides.

4.2 Safety (Druck/Brand/Hazard)

Kriterium	A	B	C
Radiale Eindämmung	Sehr gut	Mittel	Sehr gut
Axiale Eindämmung	Mittel	Sehr gut	Sehr gut
VENT/BOP-Führung	Klar radial	Klar radial	Klar radial
Nuklear/Tank-Zonen	Gut	Sehr gut (LAT-Kappen)	Sehr gut

Begründung: Radiale Schotten stoppen **seitliche** Ausbreitung; LAT deckeln **axiale** Heißgas-/Rauchpfade. Kombination liefert **2D-Kompartimentierung**.

4.3 OPS/Wartung & Routing

Kriterium	A	B	C
Türen/Schleusenanzahl	Geringer	Mittel	Höher
Wegführung/Egress	Klar tangential	Zusätzliche Sperrebenen	Sehr klar , aber mehr Gates
MEP-Durchdringungen	Geringer	Mehr Portals/Equalizer	Höher , aber definierter
Integration/Up-grade	Einfach	Mittel	Modular , stufenfähig

4.4 Masse & Fertigung (parametrisch)

- **A (Längsgrade)** Gesamt-Schottfläche grob: $A_A \approx h_{\text{deck}} \cdot \Delta r \cdot N_{\text{sector}} \cdot N_{\text{deck}}$ mit $h_{\text{deck}} \sim 3,0 \text{ m}$, $\Delta r = 3,5 \text{ m}$, $N_{\text{sector}} = 12$, $N_{\text{deck}} = 15 \Rightarrow \sim \mathbf{1\,890\,m^2}$. Masse $m \sim A \cdot t \cdot \rho$ (t =eff. Dicke; ρ ~Verbunde/Stahl).
- **B (LAT)** Flächen pro Scheibe: $A(z) = \pi[r_{\text{out}}^2(z) - r_{\text{core}}^2]$, Summe über **n** LAT. Größte Scheibe EQ ($r \approx 63 \text{ m}$): $A_{\text{EQ}} \approx \pi(63^2 - 12^2) \approx 11600 \text{ m}^2$ (als **Sandwich-Ring**, nicht Vollplatte).
- **C** Masse $\approx A + B$; **t_LAT** lässt sich gering wählen (Equalize-Philosophie, $\Delta p \leq 0,2 \text{ atm}$), wodurch **Masse-Penalty moderat** bleibt.

5 Konsequenzen (Systemisch)

- **Design- Δp & Sequenz:** Ereignis \rightarrow **radiale Sektorisierung (PT-A zu)** \rightarrow **Equalize LAT** \rightarrow **LAT-Portals schließen** \rightarrow **VENT/BOP radial**. LAT sieht **nie Voll- Δp** (Auslegung $\leq 0,2 \text{ atm}$).
- **Fugen & Dämpfung:** Elastomer-Lagen an LAT-Perimeter & Sektor-Schotten senken Körperschall, nehmen Thermospannung auf.
- **ICD-Komplexität:** C erhöht Zahl definierter **Portals** (HL/PAX/UTIL) — Vorteil: **standardisierte** PT-Durchführungen, klare Prüfpfade.
- **Dynamik:** C hebt Eigenfrequenzen am stärksten \rightarrow **Dock-Impulse**/Triebwerks-Response geringer; **Noise** sinkt (Scheiben als Barrieren).

6 Empfehlung / Recommendation

Empfohlen: Variante C (Kombiniert) als Baseline.

EVOL-00 (sofort umsetzbar):

- **12 Längsgrad-Schotten (A-L)** über DECK 001–015 (PT-A/B, AL-C wie definiert).
- **3 LAT-Scheiben: S40, EQ, N40** (Innenloch ~12 m, Scherstege auf Sektor-Raster, Equalizer + VENT). → Liefert 80–90 % des Nutzens mit moderater Masse/Komplexität.

EVOL-01 (Upgrade):

- Ausbau auf **7 LAT** (S56, S40, S20, EQ, N20, N40, N56), Feintuning Dämpfung, akustische Panels in LAT-Feldern.

Fallbacks:

- **A-only** wenn Masse/Komplexität strikt limitiert (verliert axiale Kappung/akustische Wirkung).
 - **B-only** wenn radiale Schotten temporär nicht verfügbar (nicht empfohlen für Vollbetrieb).
-

7 Nächste Schritte / Next Steps

1. **Positions-Freeze (LAT):** z-Koordinaten, $r_{\text{out}}(z)$, Portal-Liste (HL/PAX/UTIL) je LAT.
 2. **Equalizer-Sizing:** Ventquerschnitte & Zeitkonstanten, damit LAT < **0,2 atm** bleibt (Sektor-Blowout-Szenario).
 3. **MEP-ICD:** Standard-PT-Durchführungen (THM/PWR/COM/GAS), Prüfklassen & Dichtkonzept.
 4. **Modal-Kurzstudie:** Δ -Eigenfrequenzen & Dämpfung A vs. C; Zielwerte pro Dock/Triebwerksprofil.
 5. **Massen-Budget:** t_{LON} , t_{LAT} , Sandwich-Kernwahl; Montage-/QC-Plan (Fugen, Bolzen-/Klebe-Gurte).
-

8 Anhang / Appendix (Formeln & Notizen)

- **Zentrifugalbeschleunigung:** $a(r) = \omega^2 r$; **Membranspannung Sphäre:** $\sigma \approx pR/(2t)$.
 - **Mehrzellen-Torsion (Bredt-Batho):** $J \sim 4 \sum A_i^2 / \sum \int \frac{ds}{t}$ — mehr Zellen \Rightarrow höheres J .
 - **LAT-Geometrie:** $r_{\text{out}}(z) = \sqrt{R_h^2 - z^2}$, $A(z) = \pi [r_{\text{out}}^2 - r_{\text{core}}^2]$.
 - **Δp -Kasten:** Radiales Schott-Segment (3,0 m \times 3,5 m) bei 1,0 atm $\rightarrow F \approx 1,06$ MN (Bemessung Verankerung $\geq 1,1$ MN).
-

9 Referenzen / References

- **Projekt-Spezifikationen EVOL-00** (Geometrie, Deck-Raster, Spin-Law, Safety-Philosophie).
- **Human Systems & Habitability:** NASA-STD-3001 Vol. 2 (akustik/CO₂/licht, OPS-Leitplanken).
- **Thin-walled structures & torsion:** Klassische Bredt-Batho-Theorie, multi-cell torsion design notes.

- **MMOD/Whipple & Windows:** Standards/Handbücher für LEO-Crewmodule (MDPS, Shutters).
-

Decision Log (Sign-off)

- **Owner:** structure-architecture
- **Contributors:** safety-reactor, power-thermal
- **Decision:** *Variante C (kombiniert), EVOL-00 mit 3 LAT (S40/EQ/N40); Ausbau EVOL-01 auf 7 LAT.*
- **Date:** 2025-08-16