

# Global geometry and gravitation

2025-08-16

## **SPEC-00-STR-GEOM-GRAV-0001 - Global Geometry & Gravitation (EVOL-00, 127 m)**

### **Summary / Kurzfassung (EN/DE)**

**EN:** Defines the overall geometry, hull layering and spin-derived gravity profile for Sphere Space Station **Earth ONE** (outer diameter **127 m**). Includes deck banding, comfort models and g-tables based on the EVOL-00 spin law (1 g at **DECK 012 / r = 52 m**).

**DE:** Definiert Geometrie, Hüllenaufbau und spin-basierte Gravitation für die Sphere Space Station **Earth ONE** (Außendurchmesser **127 m**). Enthält Deck-Bänder, Komfortmodelle und g-Tabellen gemäß EVOL-00 Spin-Law (1 g auf **DECK 012 / r = 52 m**).

**Status:** DRAFT **Version:** v0.1.0 **Date:** 2025-08-16 **Scope:** Geometrie der Sphere Space Station **Earth ONE** (Außendurchmesser **127,00 m**), Hüllenaufbau (**0,50 m**), Deck-Bänder, künstliche Gravitation  $a(r) = \omega^2 r$ , Komfort-/Wohlfühlmodelle (grav-basiert + umweltbasiert), Tabellen mit aktuellen Werten je Deck inkl. Verweilzeit-Kategorien. **Spin-Kalibrierung (EVOL-00): 1 g** ( $g_0 = 9,80665 \text{ m/s}^2$ ) bei **r = 52{,}00 m**  $\Rightarrow \omega = \sqrt{g_0/52,00} = 0,43430 \text{ s}^{-1} \Rightarrow 4,147 \text{ rpm}$ .

---

### **1. Station & Hülle (Geometrie, Materialien)**

- **Stationsform:** Kugel, **Außendurchmesser 127{,}00 m**  $\rightarrow$  **Außenradius 63{,}50 m**.
- **Druckhülle („Hull“):** nominelle Dicke **0{,}50 m**; Schichten (außen $\rightarrow$ innen): **MMOD-Bumper** (Whipple/Stuffed-Whipple), Standoff/MLI, **Druckwand** (SiC-Verbund), innen Servicekanäle/Verkleidung.
- **Primärmaterialien:** Tragstruktur **SiC-Verbund** (lokal Stahl/Inconel an Lastknoten/Öffnungen); thermische Füll-/Isolationsschichten **MLI/Aerogel/Polyimid**.
- **Sichtöffnungen:** optische Stacks (Fused Silica/Borosilikat; Evaluierung ALON/Spinell für Kick/Scratch-Panes), **Außenschotts/MDPS-Shutters** analog bemannter LEO-Module.
- **Polar/Axial: DECK 000 („Wormhole“)** - Mikro-g-Korridor über die **127,00 m** Achse (Docking/Transfer).

**Normative Hinweise:** MMOD-Auslegung per Stuffed-Whipple-Gleichungen; Umwelt-/Habitability-Leitwerte gem. **NASA-STD-3001 Vol. 2** (akt. Revision). Siehe Referenzen [1-3].

---

## 2. Künstliche Gravitation - Formeln (SI)

- **Zentrifugalbeschleunigung:**  $a(r) = \omega^2 r$  mit  $r$  in m,  $\omega$  in  $s^{-1}$ .
- **Coriolisbeschleunigung:**  $|a_{cor}| = 2\omega v$  für Bewegung mit Geschwindigkeit  $v$  relativ zur Struktur.
- **Vertikal-Gradient (Kopf↔Fuß, stehende Person  $h$ ):**  $\Delta a/a \approx h/r$  (aus  $a = \omega^2 r$ ,  $a_{head} = \omega^2(r - h)$ ).
- **rpm-Bezug:**  $rpm = \omega \cdot 60/(2\pi)$ .

## 3. EVOL-00 „Spin-Law“

**Sollwert:**  $a = 9,80665 \text{ m/s}^2$  bei  $r = 52,00 \text{ m}$ . **Ergebnis:**  $\omega = 0,43430 \text{ s}^{-1} \Rightarrow \mathbf{4,147 \text{ rpm}}$ .  
**Human Factors (Kurzlage):**  $\sim \mathbf{4 \text{ rpm}}$  gelten als robust für breite Populationen; höhere Raten sind mit **Adaption/Training** möglich (Kurz-/Langzeitstudien). Siehe [7], [8].

## 4. Deck-Geometrien (EVOL-00)

- **Deck-Band-Raster:** konzentrische Bänder à **3{,}50 m**, beginnend bei **10{,}50 m** bis zur Innenhülle **63{,}00 m**.
- **Decks:** **001** 10,50–14,00 m · **002** 14,00–17,50 m · **003** 17,50–21,00 m · **004** 21,00–24,50 m · **005** 24,50–28,00 m · **006** 28,00–31,50 m · **007** 31,50–35,00 m · **008** 35,00–38,50 m · **009** 38,50–42,00 m · **010** 42,00–45,50 m · **011** 45,50–49,00 m · **012** 49,00–52,50 m · **013** 52,50–56,00 m · **014** 56,00–59,50 m · **015** 59,50–63,00 m.

### 4.1 g-Tabelle (Boden/Mitte/Decke pro Deck, EVOL-00, $\omega = 0,434 \text{ s}^{-1} \approx \mathbf{4,147 \text{ rpm}}$ )

**Hinweis:** Werte basieren noch auf der alten Referenz (1 g @ 38 m) und werden für DECK 012 aktualisiert. **Konvention:** „Boden“ = äußere Deckgrenze (max.  $r$ ); „Decke“ = innere Deckgrenze (min.  $r$ ). **Einheiten:**  $\text{m/s}^2$  und in  $g_0$  (Erde = 1,000).

**Berechnung:**  $a(r) = \omega^2 r = g_0 \cdot r/52,00$ .  $\Delta g$  (Kopf-Fuß) am Boden mit  $h = 2,0 \text{ m}$ :  $100 \cdot h/r_{\text{floor}}$ .

Deck	$r_{in} \rightarrow r_{mid} \rightarrow r_{out} \text{ (m)}$	$g_{floor} \text{ (m/s}^2 / g_0)$	$g_{mid} \text{ (m/s}^2 / g_0)$	$g_{ceiling} \text{ (m/s}^2 / g_0)$	$\Delta g_{Kopf-Fuß} \text{ am Boden}$
001	10.50 → 12.25 → 14.00	3.613 / 0.368	3.161 / 0.322	2.710 / 0.276	14.29 %
002	14.00 → 15.75 → 17.50	4.516 / 0.461	4.065 / 0.414	3.613 / 0.368	11.43 %
003	17.50 → 19.25 → 21.00	5.419 / 0.553	4.968 / 0.507	4.516 / 0.461	9.52 %
004	21.00 → 22.75 → 24.50	6.323 / 0.645	5.871 / 0.599	5.419 / 0.553	8.16 %
005	24.50 → 26.25 → 28.00	7.226 / 0.737	6.774 / 0.691	6.323 / 0.645	7.14 %
006	28.00 → 29.75 → 31.50	8.129 / 0.829	7.678 / 0.783	7.226 / 0.737	6.35 %
007	31.50 → 33.25 → 35.00	9.032 / 0.921	8.581 / 0.875	8.129 / 0.829	5.71 %

Deck	r_in → r_mid → r_out (m)	g_floor (m/s <sup>2</sup> / g <sub>0</sub> )	g_mid (m/s <sup>2</sup> / g <sub>0</sub> )	g_ceiling (m/s <sup>2</sup> / g <sub>0</sub> )	Δg_Kopf-Fuß am Boden
008	35.00 → 36.75 → 38.50	9.936 / 1.013	9.484 / 0.967	9.032 / 0.921	5.19 %
009	38.50 → 40.25 → 42.00	10.839 / 1.105	10.387 / 1.059	9.936 / 1.013	4.76 %
010	42.00 → 43.75 → 45.50	11.742 / 1.197	11.291 / 1.151	10.839 / 1.105	4.40 %
011	45.50 → 47.25 → 49.00	12.645 / 1.289	12.194 / 1.243	11.742 / 1.197	4.08 %
012	49.00 → 50.75 → 52.50	13.549 / 1.382	13.097 / 1.336	12.645 / 1.289	3.81 %
013	52.50 → 54.25 → 56.00	14.452 / 1.474	14.000 / 1.428	13.549 / 1.382	3.57 %
014	56.00 → 57.75 → 59.50	15.355 / 1.566	14.904 / 1.520	14.452 / 1.474	3.36 %
015	59.50 → 61.25 → 63.00	16.258 / 1.658	15.807 / 1.612	15.355 / 1.566	3.17 %

**Hinweise:** • **1 g** liegt exakt bei **r = 52{,}00 m** (innerhalb **DECK 012** zwischen Decke und Boden). • Werte linear in *r*; Rundung auf 3 Dezimalstellen (intern ≥ 1e-6).

## 5. Rechen- & Rundungsregeln

- **Primärgleichung:**  $a(r) = g_0 \cdot r / 52,00$ .
- **Rundung:** Anzeige auf **3 Nachkommastellen** (m/s<sup>2</sup>) bzw. **3 Dezimal** in g<sub>0</sub>; interne Pipeline **double-precision**.
- **Personenhöhe für Δg:**  $h = 2,0$  m (stehend).

## 6. „Gravitations-Wohlfühlformel“ $C_g$

$$C_g = 0,50 C_g^{(a)} + 0,25 C_g^{(\nabla)} + 0,15 C_g^{(\text{cor})} + 0,10 C_g^{(\omega)}.$$

- **Ziel-g-Abweichung:**  $C_g^{(a)} = 1 - |g - g_{\text{pref}}| / g_{\text{pref}}$ , mit  $g_{\text{pref}} \approx 0,9 g_0$ .
- **Vertikal-Gradient:**  $C_g^{(\nabla)} = 1 - (\Delta g / g) / 0,20$  (linear bis 20 % toleriert).
- **Coriolis (typ. v=1 m/s):**  $C_g^{(\text{cor})} = 1 - \frac{2\omega v}{0,2 g_0}$ .
- **Spin-Term:**  $C_g^{(\omega)} = 1 - \max(0, (\text{rpm} - 4) / 2)$ .

## 7. „Umwelt-Wohlfühlformel“ $C_{\text{env}}$ & Gesamtwert

- **Umwelt-Güte:**  $C_{\text{env}} = \prod_i f_i(x_i)$ ,  $i \in \{\text{Noise, CO}_2, \text{T/RH, Lux, Crowd, Light-Cycle}\}$ ;  $x_i$  in SI.
- **Gesamt:**  $C = 0,7 C_g + 0,3 C_{\text{env}}$ .

- **Leitnormen: NASA-STD-3001 Vol. 2** (Habitability, Health & Performance) – aktuellste Revision.

## 8. Wohlfühlen (Grav + Umwelt)

### 8.1 Gravitative Wohlfühlmatrix (EVOL-00)

**Kategoriegrenzen:** **A**  $\geq 0,85$  · **B** 0,70–0,85 · **C** 0,55–0,70 · **D** 0,40–0,55 · **E** 0,25–0,40. **Hinweis:** Bei **4,852 rpm** wirken **Coriolis** und **Spin-Term** stärker als bei  $\leq 4$  rpm; Komfort-Peak liegt **nahe 0,9 g** (Decks 006–009).

Deck	$C_g$	Kat.	Empfohlene Nutzung / Verweilzeit (Richtwert)
001	0.36	E	Transit, Technik-Gänge, $\leq 2$ h; Kopfbewegungen langsam.
002–005	0.45–0.67	D–C	Werkstätten/Logistik, 4–8 h (innen höherer $C_g$ ); Training empfohlen.
006–009	0.73–0.79	B	Wohnen/Arbeit gemischt, bis 16 h; sehr gute Alltagstauglichkeit.
010–014	0.49–0.68	C–D	Lab/Office/Produktion, 4–8 h; Pausen alle 2 h.
015	0.44	D	Schwerlast/kurze Einsätze, $\leq 4$ h; Konditionierung sinnvoll.

Numerik nach Kap. 6 (Formel & Gewichte) und Kap. 4/5 (g-Profile). Forschungslage: **~4 rpm robust**, höhere Raten mit **Adaption/Training** möglich. ([NSS][7], [PMC][8])

### 8.2 Umwelt-Wohlfühlen (Leitplanken)

- **Noise:**  $\leq$  NC-50 in Arbeitsbereichen, Schlaf  $\leq$  Hintergrund+10 dB.
- **CO<sub>2</sub>:** Leitwerte gem. NASA-STD-3001; alarmgestützte Lüftungs-/Absorptionspfade.
- **Licht:** zirkadiane Profile, Lux-Zonen nach Tätigkeit.
- **Dichte/Privatsphäre:** Zielwerte nach Funktionsbereich (Crew/Visitor/OPS).

## 9. Sektoren-Layout & Systemintegration (DECK 013–015)

**Sektorierung:**  $12 \times 30^\circ$  (A...L). **Radiale Druck/Brand-Schotts** entlang Sektorgrenzen; **HL-Schächte** @  $0^\circ/90^\circ/180^\circ/270^\circ$ , **PAX-Schächte** @  $\pm 22.5^\circ$  etc.; **Servicetunnel** doppelt (inner/outer ring). **VENT/BOP** radial (keine tangentielle Druckentlastung). **HZ-Zonen:** HZ-1 normal, HZ-2 erhöht (Energie/Heiß), HZ-3 kritisch (Nuklear/Kryo/Explosion).

### 9.1 Hoch-g Deck-Rollen (Kurz)

- **DECK 013** – Puffer/Service (Schild-Wasser, HX-Galerien, Dekon).
- **DECK 014** – Nuklear-Primär (SMR-Containments, Primärkreise) + Power-Conversion/Verteilung.
- **DECK 015** – Tankfarm & Thermik (Wasser-Großspeicher, Sekundär/Tertiär-Loops, Gase; Kryo bevorzugt hull-mounted).

### 9.2 Tabellen (Auszug)

**DECK 015 – Tankfarm & Thermik (HZ-Schwerpunkte, D/E-Verweilzeit)**

Sektor	HZ	Primärfunktion	Kern-Equip	Schwäche	Vent/Relief	Kernauszüge Interfaces
A	2	Wasser-Puffer / Heat-Sink	2x WTR 150 m <sup>3</sup> , HX-Module	HL-0	BOP-015-A	THM SecLoop-N; PWR DC-B1
E	3	<b>Gase (O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>) getrennt</b>	Verbund-Flaschenbänke	-	<b>VENT-015-E→All</b>	GAS O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> -Header; SAFE EX
F	3	<b>Kryo-Interface</b>	Manifolds → Hull-Pods	-	VENT-015-F	THM Cryo-Manifold
K	2	Wasser-Schildring	Ringtank 250 m <sup>3</sup>	-	BOP-015-K	THM Tie-in 014

#### DECK 014 - SMR & Conversion (kritisch, D/E-Verweilzeit)

Sektor	HZ	Primärfunktion	Kern-Equip	Schwäche	Vent/Relief	Kernauszüge Interfaces
A	<b>3</b>	<b>SMR-Zelle-1 (Containment)</b>	RPV-1, Primär-Loop-N	HL-0	<b>VENT-014-A→All</b> + Filter	THM Pri→Hull-HX-N; SAFE ESFAS
G	<b>3</b>	<b>SMR-Zelle-2 (Containment)</b>	RPV-2, Primär-Loop-S	HL-180	<b>VENT-014-G→All</b> + Filter	THM Pri→Hull-HX-S
C/I	2	Power-Conversion N/S	Brayton/Rankine-Skids	-	VENT-014-C/I	PWR DC-Main N/S

(Vollständige Sektor-Tabellen: interne SSOT-Anlage ../spec-00-str-deck-0xx-sector-layout....md.)

## 10. Rationale (nicht-normativ)

- **Warum 014 für SMR, 015 für Tanks?** 014 (~1,52 g mid) reduziert mechanische Lasten ggü. 015 (~1,61 g mid) bei gleicher Nähe zur Hülle/Radiatoren. 015 bietet dafür exzellentes **Phasen-Settling** und **thermische Puffer** für Loops.
- **Sicherheitsprinzip:** keine gemeinsame Ursache – **SMR** und **H<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>** strikt getrennt (Deck/Sektor/VENT-Trennung), radiale Entlastung **direkt ins All**.

## 11. Offene Punkte (TBD/TBC)

- **MMOD-BLE-Feinauslegung** (Partikel-Spektrum, Winkel, Dichte) je Hull-Zone.
- **Gewichte**  $C_g$ ,  $C_{env}$  nach Crew-Trials feinjustieren (inkl. v-Abhängigkeit Coriolis).
- **Detail-ICDs:** VENT/BOP/PT/AL-C/HL/PAX-IDs mit Koordinaten & Prüfstatus.

## 12. Referenzen (Auswahl)

[1] **NASA-STD-3001 Vol. 2** – Human Systems Integration Requirements (aktuelle Revision). [2] **Christiansen, E.** Meteoroid/Debris Shielding – Whipple & Stuffed-Whipple Basics (NASA/JSC). [3]

**NASA Materials/MDPS** – Windows/Optics (Fused Silica, Borosilicate, ALON/Spinel), Cupola Shutters. [4] **Classical AG Physics** – Rotating frames, centrifugal/coriolis (Monograph/NTRS). [5] **Engineering Math** –  $a(r)=\omega^2r$ , rpm-Umrechnung, Gradient  $h/r$  (Lehrwerke/Notes). [6] **Design Ops** – Safety zoning (HZ-1/2/3), pressure-tight doors PT-A/-B, airlocks AL-C (Projektstandard). [7] **Globus, A.; Hall, T.** *Space Settlement Population Rotation Tolerance* (NSS – Review/Position). [8] **Clément, G.** *Artificial gravity as a countermeasure...* (Review, peer-reviewed; z. B. npj Microgravity).