

### 7.4.3 CORE-TRAFFIC-SIZING vs Wormhole-Durchmesser-Trade (127 m / 254 m / 254×508 m / 254×1016 m) — v0.1.0 DRAFT

**Scope:** Dimensionierung des axialen Mikro-g-Korridors „**Wormhole**“ (DECK 000) für Personen- und Frachtverkehr in EVOL-01-Konfigurationen. Inklusive hochgradig praktischer, **ingenieurstauglicher Formeln** für die Auslegung in Abhängigkeit von Stationsgröße, Population und **Self-Sustainability-Modell**. Baseline: EVOL-00 Ø 127 m Station mit **Wormhole ID = 20 m (OD = 22 m)** und **Docking-Ringen** (10 m Halsweite) im 20 m-Pitch.

---

#### 0) Kurzfazit (Executive Summary)

- **Bottleneck heute:** Nicht der 20-m-Kanal an sich, sondern die **Docking-Ring-Halsweite (ID ≈ 10 m)** an den Ringmodulen. Ein reines Aufweiten des Korridors ohne gleichzeitiges **Upscaling der Ringe/Throats** bringt für große Schiffe **keinen** Netto-Gewinn.
  - **Kapazitiv (PAX):** Selbst hohe Spitzenflüsse in Stationen bis > **10 000** Personen sind mit **2 gegenläufigen Fahrzeugstrecken** (Headway ~20 s, 40 PAX pro Fahrzeug) **ohne** Durchmesserverdopplung bewältigbar. **Ø 20 m bleibt ausreichend** – solange du keine **vier vollwertigen Lanes** + breite Fußringe + große Cargo-Leitungen **gleichzeitig** im Querschnitt fahren willst.
  - **Upsize sinnvoll, wenn ...**
    1. **Großschiffe** (Außen-Durchmesser > 10 m) **innen** rangieren/andocken sollen ⇒ **Ringe und Korridor gemeinsam** vergrößern (z. B. Ring-ID ≥ 16–20 m, Core-ID 30–40 m).
    2. **Very-High-Capacity**-Layouts (z. B. **254×1016 m** Kapsel mit > **15 000–20 000** Personen, **Basic/Partial-Sustainability** mit hoher Externernährung) **vier** getrennte Lanes + breite Evakuierungs-Fußringe fordern ⇒ **Core-ID ≈ 36–40 m**.
  - **Empfehlung:**
    - **127 m Kugel:** ID 20 m beibehalten.
    - **254 m Kugel (~4-5 k PAX):** ID 20-24 m genügt (optional 30 m für 3. Express-Lane + große Services).
    - **254×508 m Kapsel (10-20 k PAX):** ID 30-36 m (je nach Lanes/EX-Zonen); 40 m nur bei innen rangierenden Großschiffen.
    - **254×1016 m Kapsel (~20 k+ PAX):** ID 36-40 m + **Ring-Throats** > 10 m, sonst limitieren die Ringe.
- 

#### 1) Eingänge & Annahmen

- **Baseline Geometrie (EVOL-00):** Wormhole ID 20 m (OD 22 m); Docking-Ringe, 10 m-Halsweite, im 20 m Pitch; Mikro-g-Achse, 1 atm innen.
  - **Self-Sustainability-Modelle:** *Basic / Partial / Full Autonomous* mit unterschiedlicher externer Nachschub-Intensität; diese beeinflusst **Frachtflüsse** stark. (Inhalt/Definitionen siehe Programmdokument 4.2.)
  - **Verkehrsträger im Wormhole:** 2-4 **axiale Fahrzeug-Lanes** (Maglev/People-Mover), **Fußring(e)** (Evakuierung/Redundanz), **Service-/Versorgungs-Trunks** (PWR/COM/THM), Sicherheitsabstände.
- 

#### 2) Kapazitäts-Modelle (ingenieurstaugliche Formeln)

## 2.1 Personen (Peak-Hour-Demand)

$$Q_{\text{pph}} = \underbrace{N_{\text{max}}}_{\text{max. Personen}} \cdot \underbrace{T_{\text{day}}}_{\text{Trips/Person} \cdot \text{Tag}} \cdot \underbrace{f_{\text{core}}}_{\text{Anteil via Wormhole}} \cdot \underbrace{\text{PHF}}_{\text{Peak-Hour-Faktor}}$$

- Richtwerte:  $T_{\text{day}} = 2,0 \dots 3,0$ ,  $f_{\text{core}} = 0,3$  (Kugel) bis  $0,6$  (lange Kapsel), **PHF** =  $0,12 \dots 0,18$ .

### Systemkapazität der Lanes:

$$Q_{\text{cap}} = n_{\text{lanes}} \cdot \frac{3600}{h} \cdot C_{\text{veh}} \cdot \eta$$

mit **Headway**  $h$  (s), **Nutzlast je Fahrzeug**  $C_{\text{veh}}$  (PAX), Betriebsfaktor  $\eta$  (0,7–0,85 inkl. Haltezeiten/Störungen).

**Daumen:**  $h = 20 \text{ s}$ ,  $C_{\text{veh}} = 40$ ,  $\eta = 0,8 \Rightarrow$  **pro Lane  $\approx 5\,760$  pph, 2 Lanes  $\approx 11\,520$  pph, 4 Lanes  $\approx 23\,040$  pph.**

## 2.2 Fracht (kg/h) Tägliche externe Massezufuhr (abhängig vom Sustain-Modell):

$$\dot{M}_{\text{ext,day}} = N_{\text{avg}} \cdot I_{\text{model}} \Rightarrow \dot{M}_{\text{ext,hr}} \approx \frac{\dot{M}_{\text{ext,day}}}{24} \cdot \text{PHF}_{\text{cargo}}$$

- **Logistik-Intensität**  $I_{\text{model}}$  (Programmzielwerte, konservativ): **Basic:** 5–10 kg / (Pers·Tag) · **Partial:** 1–3 · **Full:** 0,1–0,5 (haupts. Ersatzteile).
- $\text{PHF}_{\text{cargo}}$  (Bündelung): 1,5–3,0 (je nach Lieferung in festen Slots).

Benötigte **Cargo-Lanes** (oder Slots) mit Standard-Carrier (Masse  $m_{\text{veh}}$ , Turnaround  $t_{\text{turn}}$ ):

$$n_{\text{cargo}} \approx \left\lceil \frac{\dot{M}_{\text{ext,hr}}}{m_{\text{veh}} \cdot \frac{3600}{t_{\text{turn}}}} \right\rceil$$

## 3) Geometrische Auslegung (Querschnitt) Wir modellieren den Wormhole-Durchmesser als **Packungs-/Hüllproblem**:

- **Fahrzeug-Lane (inkl. Hülle & Clearance):** Kreis-Äquivalent  $d_{\text{lane}} \approx 6 \text{ m}$  ( $r = 3 \text{ m}$ ).
- **Lane-Abstand:**  $s = 1,0 \dots 1,5 \text{ m}$ .
- **Service-Trunks (PWR/COM/THM+SAFE):** ringförmig, äquiv.  $2 \times 2 \text{ m}$  Bänder.
- **Fußring (Evakuierung):** umlaufend  $w_{\text{foot}} = 2,0 \dots 3,0 \text{ m}$ .

### Konservative Hüll-Schätzung:

- **2 Lanes** (nebeneinander): brauchen  $\approx 13\text{--}14 \text{ m}$  netto  $\Rightarrow$  mit Fußring + Services  $\Rightarrow$  **Core-ID  $\geq 20 \text{ m}$  ok.**
- **3 Lanes:**  $\approx 20\text{--}22 \text{ m}$  netto  $\Rightarrow$  mit Fußring/Services  $\Rightarrow$  **Core-ID  $\approx 28\text{--}30 \text{ m}$ .**
- **4 Lanes** ( $2 \times 2$  Matrix):  $\approx 26\text{--}28 \text{ m}$  netto  $\Rightarrow$  mit Fußring/Services  $\Rightarrow$  **Core-ID  $\approx 36\text{--}40 \text{ m}$ .**

**Wichtig:** Wenn **Docking-Ring-Throats** (heute **ID  $\approx 10 \text{ m}$** ) nicht **mitwachsen**, bleibt **dort** der Engpass – unabhängig vom Core-ID.

## 4) Varianten-Ergebnisse

### 4.1 By Geometry

Variante	Typische PAX	Sustainable Modell (extern)	Empf. Lanes	Core-ID Empfehlung	Ring-Throats (Halsweite)
<b>127 m Kugel</b>	0.8-1.5 k	Basic/Partial	2	<b>20 m</b> (Baseline)	<b>10 m</b> ok
<b>254 m Kugel</b>	4-5 k	Partial/Full	2 (optional 3)	<b>20-24 m</b> (30 m mit 3. Lane)	10 m ok (außen andocken)
<b>254×508 m Kapsel</b>	10-20 k	Partial (teilweise Basic)	3-4	<b>30-36 m</b> (bis <b>40 m</b> bei 4 Lanes + breiten Fußbringen)	<b>&gt; 10 m</b> , falls Großschiffe innen
<b>254×1016 m Kapsel</b>	20 k+	Basic/Partial	4	<b>36-40 m</b>	<b>≥ 16-20 m</b> , falls innen Rangierbetrieb

### 4.2 By Population & Sustain-Level (Formel-Schwellen)

1. **PAX-Kapazitätsgrenze je Core-ID** (mit  $h = 20$  s,  $C_{veh} = 40$ ,  $\eta = 0,8$ )

- **ID 20 m → 2 Lanes:**  $Q_{cap} \approx 11,5$  k pph
- **ID 30 m → 3 Lanes:**  $Q_{cap} \approx 17,3$  k pph
- **ID 40 m → 4 Lanes:**  $Q_{cap} \approx 23,0$  k pph

2. **PAX-Peaks** (Beispielwerte):

$$Q_{pph} = N_{max} \cdot T_{day} \cdot f_{core} \cdot PHF$$

- **5 000 PAX**,  $T = 2,5$ ,  $f = 0,4$ ,  $PHF = 0,15 \Rightarrow 7\,500$  pph → **2 Lanes** reichen (ID 20 m).
- **20 000 PAX**,  $T = 2,5$ ,  $f = 0,6$ ,  $PHF = 0,15 \Rightarrow 45\,000$  pph → rechnerisch **4 Lanes** (ID 40 m) **oder** höhere Vehikelkapazität / kürzerer Headway.

3. **Fracht-Peaks** (Beispielwerte):

$$\dot{M}_{ext,hr} \approx \frac{N_{avg} \cdot I_{model}}{24} \cdot PHF_{cargo}$$

- **Partial**,  $N_{avg} = 5\,000$ ,  $I = 2$  kg/(P · d),  $PHF_{cargo} = 2 \Rightarrow \dot{M}_{ext,hr} \approx 833$  kg/h → 1 Cargo-Slot genügt.
- **Basic**,  $N_{avg} = 20\,000$ ,  $I = 7$  kg/(P · d),  $PHF_{cargo} = 2 \Rightarrow \approx 11,7$  t/h → 2-3 parallele Cargo-Slots oder Zeitfenster (Shared Lanes).

## 5) Konsequenzen (Design & Betrieb)

- **Wenn Großschiffe innen: Ring-Throats** (gegenwärtig 10 m) **mitskalieren** ( $\geq 16-20$  m) **und** Core-ID anpassen; sonst wirkt der Ring als Drossel. (Siehe Docking-Ring-Architektur in der DECK-000-SPEC.)

- **Evakuierung:** Ein umlaufender **Fußring  $\geq 2$  m** liefert bei 1,5 Pers/(m·s)  $\approx 10\,800$  pph (nur zu Fuß). Bei langen Kapseln verbessert **zweiter Fußring** (oder breiterer) die Resilienz → spricht für **ID  $\geq 30$  m**.
  - **Sustain-Level:** Je mehr **Full/Partial**, desto kleiner der externe Fracht-Peak → **kein** Core-Upsize nötig. **Basic** mit hoher externer Masse → **Zeitfenster** oder **zusätzliche Cargo-Slots** (kein zwingendes Durchmesser-Upsize, wenn Slots getaktet).
- 

## 6) Empfehlung

- **Kein pauschales Verdoppeln** auf **Ø 40 m** für alle 254-m-Varianten.
  - **254 m Kugel (~4-5 k): Ø 20-24 m** genügt; Upgrade auf **Ø 30 m**, wenn 3. Lane + dickerer Fußring gewünscht.
  - **254×508 m Kapsel (10-20 k): Ø 30-36 m** (3-4 Lanes + Service/Foot); **Ø 40 m** nur bei **innen** rangierenden Großschiffen.
  - **254×1016 m Kapsel (20 k+): Ø 36-40 m und Ring-Throats  $\geq 16-20$  m** (sonst Rings-Bottleneck).
  - **127 m: Ø 20 m** bleibt **optimal** (Baseline bestätigt).
- 

## 7) Referenzen

- **DECK-000 - The Wormhole (EVOL-00 Baseline, ID 20 m, Ring-Pitch 20 m, Ring-Throat 10 m).**
  - **Sustainability / Self-Sustainability Models (4.2) — Einfluss auf externe Frachtflüsse.**
- 

## Anhang A — Schnelle Entscheidungsformel

### 1. PAX-Lanes:

$$n_{\text{lanes}} \geq \left\lceil \frac{N_{\text{max}} \cdot T_{\text{day}} \cdot f_{\text{core}} \cdot \text{PHF}}{(3600/h) \cdot C_{\text{veh}} \cdot \eta} \right\rceil$$

### 2. Core-ID aus Lanes:

$$\text{ID}_{\text{core}} \approx \begin{cases} \geq 20 \text{ m}, & n = 2 \\ \geq 28-30 \text{ m}, & n = 3 \\ \geq 36-40 \text{ m}, & n = 4 \end{cases} \quad (\text{inkl. Fußring+Services})$$

3. **Cargo-Slots:**  $n_{\text{cargo}} \approx \lceil \dot{M}_{\text{ext,hr}} / (m_{\text{veh}} \cdot 3600/t_{\text{turn}}) \rceil$ . Shared-Lane-Fenster bevorzugen, um Querschnitt klein zu halten.
-