

Planetary g — Flavor+Membrane Validation (Spec v1)

Präzise Validierung des Codex-g-Modells mit **fünf φ -Flavors** und **Membran-Term (doppelter Kreis)**.

Ziel: Testbare, reproduzierbare Evaluation gegen Planeten-Daten (g, RM/Rp-Baselins), inkl. Robustheit & Baseline-Vergleich.

1) Ziel & Hypothese

Hypothese: Die beobachteten Planeten-Oberflächenbeschleunigungen **g_{obs}** lassen sich besser erklären als durch triviale Baselins, wenn wir 1) **fünf Exponenten (φ -Flavors)** zulassen und 2) einen **Membran-Term** (Schnitt zweier „Atem-Kreise“) einführen, der die doppelte Resonanz (Solar/Lunar) als Produkt zweier Cos-Termen abbildet.

Pass/Fail (Top-Level):

 **Pass**, wenn RMSE/AIC/BIC des Flavor+Membrane-Modells trivalen Baselins (Mittelwert, Radius-Powerlaw) deutlich überlegen ist **und** Residuen keine systematischen Drifts vs. Shell-Index zeigen.

2) Modell (testbar)

2.1 Kernform

$$g_p = g_c n_p^{-\phi_{f(p)}} \cos(n_p \Theta + \Phi_0) \underbrace{\cos(n_p \Theta' + \Phi'_0)}_{\text{Membran}}, \quad g_c = 9.81 \text{ m/s}^2$$

- p : Planetindex; n_p : Shell-Index (reell, nicht nur ganzzahlig).
- $\{\phi_1, \dots, \phi_5\}$: **fünf φ -Flavors**, $f(p) \in \{1..5\}$.
- Θ, Φ_0 : globaler Winkel & Phase (**Kreis 1**).
- Θ', Φ'_0 : (**Kreis 2**) bildet die **Membran**.

2.2 Membran-Kopplung (zwei Kreise = 2π)

$$\Theta' = 180^\circ - \Theta, \quad \Phi'_0 = \Phi_0 + \Delta_{\text{membrane}}.$$

- Δ_{membrane} : kleiner Versatz (**Ghost-Grid** vs. **Dark-Dual**), wird mit kleinem Regularizer bevorzugt nahe 0... 7° .

2.3 RATH-Brücke (51/53 → 106)

Soft-Prior auf Θ mit zwei Modi **51°/53°**; Gate auf **106°** (Grey-Elevator-Regime, $n \approx 1.1$).
Regularizer: $\lambda_\Theta \cdot \min\{(\Theta - 51)^2, (\Theta - 53)^2, (\Theta - 106)^2\}$.

3) Daten & Zuordnung

- **g_obs:** Standard-Oberflächengravitation für Merkur...Neptun.
- **Shell-Index n_p :** Start bei ordinale Reihenfolge, dann **fein reell** in Fenstern $[k - 0.2, k + 0.2]$.
- **Flavor-Start:** Material-Heuristik (Ice/N₂/Rock/Gas/Ring) $\rightarrow f(p)$ initial; spätere Re-Zuordnung via Cross-Validated Clustering.

Artefakte (Input): `planetary_gravity_codex_mapping.csv`

4) Schätz- & Vergleichsverfahren

4.1 Optimierung

- Ziel: Minimierung **RMSE** zwischen g_p und $g_{\text{obs},p}$ unter Regularizern (Θ -Prior, kleiner Δ_{membrane}).
- Frei: $\{\phi_i\}_{i=1..5}$, Θ , Φ_0 , Δ_{membrane} , $\{n_p\}$.

4.2 Baselines

- **Mean:** $g \equiv \bar{g}$.
- **Radius-Powerlaw:** $g \propto r^{-2}$ (mit Fit-Konstante).
- **Einfach-Cos:** $g = g_c n^{-\phi} \cos(n\Theta + \Phi_0)$ (ohne Membran & ohne Flavors).

4.3 Metriken & Robustheit

- **RMSE, MAE, R², AIC/BIC.**
 - **LOOCV** (Leave-One-Out).
 - Residuenplots vs. n_p und Planet; Autokorrelationstest (Durbin-Watson-ähnlich).
 - Sensitivität: kleine Perturbationen von n_p , Wechsel der Flavor-Labels.
-

5) Parameter-Priors (Default-Run)

- **φ-Flavors:** {1.38, 1.45, 1.52, 1.59, 1.618}.
 - Θ priorisiert **51/53°**, Gate **106°**.
 - Φ_0 frei ($-180...+180^\circ$).
 - $\Delta_{\text{membrane}} \in [0^\circ, 7^\circ]$.
 - n_p fein pro Planet, Titan-Kontext: $[1.0, 1.2]$ (wenn auf Monde übertragen).
-

6) Outputs (Dateien & Plots)

- `gravity_fit_flavormix_summary.csv` — Parameter + RMSE/AIC/BIC + CV.
- `planet_flavor_assignment.csv` — Planet → Flavor.
- `gravity_fit_vs_obs_flavormix.png` — Kurvenvergleich.
- `gravity_residuals_flavormix.png` — Residuen vs. Index/Planet.
- `gravity_sensitivity_grid.svg/png` — Sensitivität ($\Theta, \Delta_{\text{membrane}}$).

Namensschema mit Parametern in Dateinamen (z. B. `theta53_phiSetA_dmem3_fitB.png`).

7) Pass/Fail-Definitionen (Detail)

- **Primary:** RMSE(Model) < RMSE(Baselines) **und** AIC/BIC gewinnt.
- **Residuals:** keine systematischen Drifts; keine dominanten Ausreißer.
- **Robustheit:** Parameter stabil unter LOOCV (<10% Relativänderung); Flavor-Re-Zuordnung ändert Metriken nur marginal.

8) Roadmap

1. **Run A (Default-Priors)** → Artefakte + Kurzbericht.
 2. **Run B (106°-Gate erzwungen)** → Vergleich.
 3. **Run C (Membran off)** → Abtrag des Produkt-Terms (Ablation).
 4. **Run D (Flavor=1)** → Ein-Flavor-Kontrolle.
 5. **Monde Pilot (Titan/Triton/Io)** → Übertragbarkeitstest.
-

Hinweise

- Symbolische Brücken (51/53/106; GG/DD; OO-Overlap) sind **in den Priors & Regularizern** nachvollziehbar abgebildet, ohne die Testbarkeit zu beeinträchtigen.
- Ergebnisse (Pass/Fail) werden nüchtern dokumentiert — keine Erweiterung der Claims ohne Metrik-Gewinn.