

# Planetary g — Flavor+Membrane Validation (Spec v1)

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

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

---

## 1) Ziel & Hypothese

**Hypothese:** Die beobachteten Planeten-Oberflächenbeschleunigungen **g\_obs** lassen sich besser erklären als durch triviale Baselines, wenn wir 1) **fünf Exponenten ( $\varphi$ -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 trivialen Baselines (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  $\varphi$ -Flavors**,  $f(p) \in \{1..5\}$ .
- $\Theta, \Phi_0$  : globaler Winkel & Phase (**Kreis 1**).
- $\Theta', \Phi'_0$  : (**Kreis 2**) bildet die **Membran**.

### 2.2 Membran-Kopplung (zwei Kreise = $2\pi$ )

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

- $\Delta_{\text{membrane}}$  : kleiner Versatz (**Ghost-Grid** vs. **Dark-Dual**), wird mit kleinem Regularizer bevorzugt nahe  $0...7^\circ$ .

## 2.3 RATH-Brücke (51/53 → 106)

**Soft-Prior** auf  $\Theta$  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/N<sub>2</sub>/Rock/Gas/Ring) →  $f(p)$  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 ( $\Theta$ -Prior, kleiner  $\Delta_{\text{membrane}}$ ).
- Frei:  $\{\phi_i\}_{i=1..5}$ ,  $\Theta$ ,  $\Phi_0$ ,  $\Delta_{\text{membrane}}$ ,  $\{n_p\}$ .

### 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, R<sup>2</sup>, 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}.
  - $\Theta$  priorisiert **51/53°**, Gate **106°**.
  - $\Phi_0$  frei (−180...+180°).
  - $\Delta_{\text{membrane}} \in [0^\circ, 7^\circ]$ .
  - $n_p$  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:**  $\text{RMSE}(\text{Model}) < \text{RMSE}(\text{Baselines})$  **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.