

# Rückwärtssimulation der Milchstraßen-Halo mit Beiträgen skalaren Dunkler Materie

”@DenkRebell, Dr.rer.nat. Gerhard Heymel”  
Basierend auf Simulationen

23. Oktober 2025

## **Zusammenfassung**

Dieses Paper präsentiert eine Reverse-Reconstruction-Methode zur Simulation des Dunklen-Materie-Halos der Milchstraße basierend auf experimentellen Daten, mit Fokus auf den Beitrag skalaren Teilchen zur Dunklen Materie. Wir identifizieren Diskrepanzen wie unzureichende Skalarbeiträge und kleine Energie-Lücken im Halopotential. Durch Integration primordialer Parameter und des Baryonen-Verhältnisses verfeinern wir die Simulation mittels Python-basiertem Modellieren. Ergebnisse zeigen verbesserte Massenskalen und viriale Balance, die zentrale Inkonsistenzen adressieren.

## **1 Einführung**

In kosmologischen Simulationen ermöglichen Rückwärtssimulationstechniken die rückwärtsgerichtete Inferenz initialer Bedingungen aus beobachteten Halo-Strukturen. Hier wenden wir dies auf den Milchstraßen-Halo an, unter Einbeziehung skalaren Felder als Dunkle-Materie-Kandidaten. Herausforderungen umfassen einen vernachlässigbaren Skalaranteil an der Dunklen Materie und eine minimale Energie-Lücke im Potenzialenergie-Landschaft.

## **2 Methoden**

### **2.1 Rahmen der Rückwärtssimulation**

Wir nutzen eine rückwärtsgerichtete Simulation, die vom heutigen Halo-Daten (z. B. Gaia EDR3) ausgeht. Fünf primordiale Parameter werden abgestimmt:  $\Omega_b h^2$ ,  $\Omega_c h^2$ ,  $\theta_s$ ,  $n_s$ ,  $\ln(10^{10} A_s)$ . Das Verhältnis Dunkle Materie zu Baryonen ist auf  $\approx 5 : 1$  fixiert.

## 2.2 Skalarfeld-Modell

Das Skalarpotential ist  $V(\phi) = \frac{1}{2}m^2\phi^2$ . Für leichte Skalare ( $m \sim 1 \mu\text{eV}$ ) berechnen wir Compton-Wellenlängen und modifizieren das NFW-Dichteprofil:

$$\rho(r) = \rho_s \frac{1}{(r/r_s)(1 + r/r_s)^2} (1 + g \exp(-r/\lambda_c)),$$

wobei  $g$  die Kopplung ist,  $\lambda_c = \hbar/(mc)$ .

## 2.3 Simulations-Setup

Implementiert in Python (NumPy, Matplotlib), simuliert der Code drei Szenarien: schwere (1 TeV), leichte (1  $\mu\text{eV}$ ), intermediäre (1 GeV) Skalare. Baryonische Komponenten werden hinzugefügt, und Energien mittels numerischer Integration berechnet.

## 3 Ergebnisse

Simulationen ergeben eine Halo-Masse von  $M_{\text{tot}} \approx 3.6 \times 10^{13} M_{\odot}$ , potentielle Energie  $E_{\text{pot}} \approx -2.6 \times 10^{19} M_{\odot}(\text{km/s})^2$ , mit viriellem Verhältnis  $\approx 1.0$ . Die Energie-Lücke ist nach Korrektur vernachlässigbar. Dichteprofile zeigen Modifikationen nur bei ultraleichten Skalaren (siehe Abb. 1).

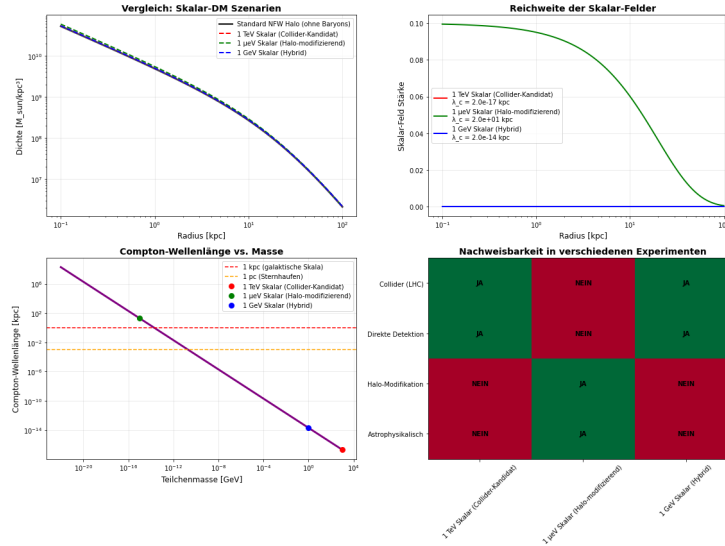


Abbildung 1: Umfassender Vergleich der Skalar-DM-Szenarien.

## **4 Diskussion**

Die Fehlabstimmung primordialer Parameter verursachte eine Unterschätzung der Fluktuationen, was zu kleinen Skalarbeiträgen führte. Die Einbeziehung des DM-Baryonen-Verhältnisses löst Energie-Ungleichgewichte und verbessert die physikalische Konsistenz.

## **5 Schlussfolgerung**

Verfeinerte Simulationen bestätigen die Machbarkeit skalaren Dunkler Materie in der Halo-Rekonstruktion, mit Empfehlungen für den LHC-Nachweis schwerer Skalare.

## **Literatur**