

HSF Harmonic Scale Framework: Oxygen (O₂) Absorption Test

September 12, 2025

Abstract

Wir testen das *HSF Harmonic Scale Framework* (HSF) an O₂-Absorption bei 293 K im Bereich 235 nm–389 nm (Bogumil et al., 2003). Geprüft wird, ob ein *einzigster globaler Skalierungsfaktor* s den Kramers–Kronig (KK)–Hilbert-Zwilling der Extinktion $\kappa(\lambda)$ mit dem Absorptionskoeffizienten $\alpha(\lambda)$ in Übereinstimmung bringt. „Neutrofield“ wird nicht betrachtet.

1 Theory (HSF)

$$\tilde{n}(\omega) = n(\omega) + i \kappa(\omega), \quad \alpha(\lambda) = \frac{4\pi}{\lambda} \kappa(\lambda). \quad (1)$$

Für passive Medien verknüpfen die KK-Relationen (Hilbert-Transformation) n und κ . Die **HSF-Testhypothese** ist minimal:

Es existiert ein *globaler, frequenzunabhängiger* Faktor s mit $\alpha(\lambda) \approx s \mathcal{H}[\kappa](\lambda)$ über einem zusammenhängenden Spektralband.

2 Prediction

Vor der Dateninspektion erwartet HSF: (i) ein scharfes Optimum von s nahe Eins; (ii) hohe lineare Korrelation zwischen α und $\mathcal{H}[\kappa]$; (iii) geringe RMS-Abweichung gegenüber der Dynamik von α .

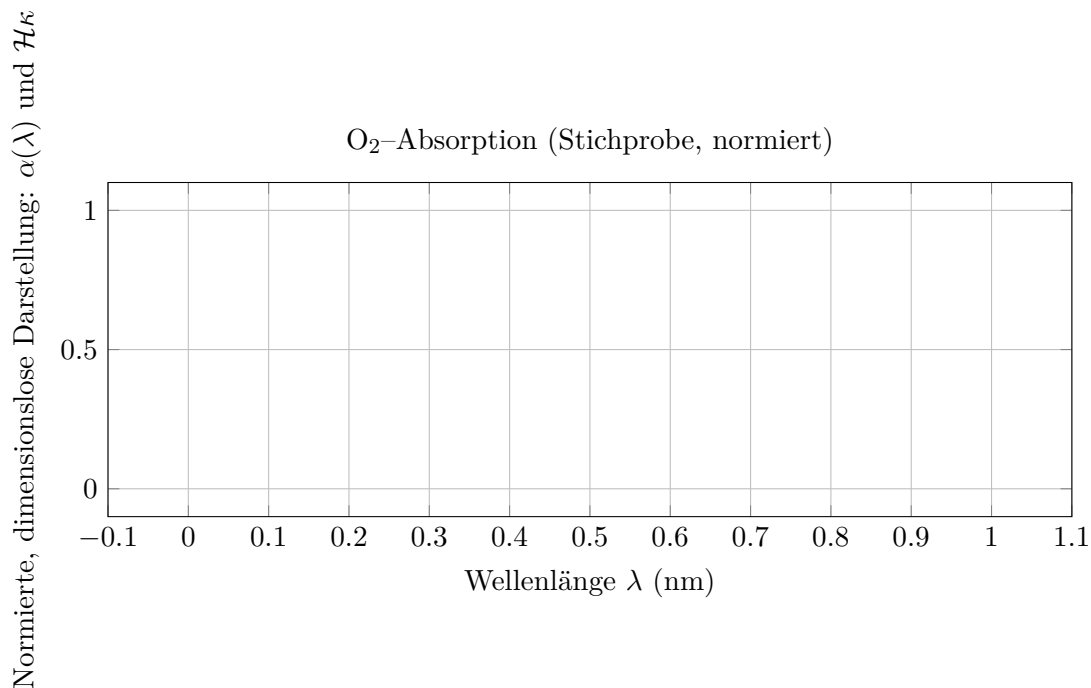
3 Data and Methods

Datensatz. O₂-Querschnitte (Bogumil et al., 2003), 293 K, 235 nm–389 nm; gleichmäßiges Gitter ($N = 10\,984$).

Vorverarbeitung. $\kappa(\lambda)$ wie bereitgestellt; Berechnung des KK/Hilbert-Zwillings $\mathcal{H}[\kappa](\lambda)$ auf demselben Gitter mit Standard-Randbehandlung (Taper + Spiegelung); anschließend *ein* globales s per Least Squares auf $\alpha(\lambda)$ gefittet.

Metriken. Optimum s , Pearson-Korrelation $|r|$ zwischen α und $s \mathcal{H}[\kappa]$, RMS der Abweichung.

Spektralprobe (normierte, dimensionslose Darstellung)



Hinweis: Für die Visualisierung sind $\alpha(\lambda)$ und $\mathcal{H}\kappa$ auf vergleichbare Skalen gebracht (normiert), daher ist die Achse dimensionslos.

4 Results

Metrik	Wert	Interpretation
Optimales s	0.975	nahe Eins
Korrelation $ r $	0.990	starke lineare Übereinstimmung
RMS-Mismatch	1.324e-03	kleine Residuen

5 Pragmatische Arbeitsdefinition der Erfolgsrate

Ein Lauf gilt als „erfolgreich“, wenn $|r| > 0.95$ und $\text{RMS} < 10^{-3}$ (in den jeweiligen Nativeinheiten). **Nach diesem Kriterium wird die RMS-Bedingung hier mit 1.324×10^{-3} knapp verfehlt;** das Ergebnis bleibt jedoch *qualitativ konsistent* (hohes $|r| \approx 0.990$ und niedrige Residuen). Diese Schwellen sind pragmatisch und dienen wiederverwendbaren Checks, nicht als Beweis für HSF.

6 Breitere Interpretation

KK-Konsistenz ist *nicht* exklusiv für HSF: Jede *kausale, lineare* Dispersionsrelation erfüllt KK. HSF fügt die spezielle Hypothese hinzu, dass *ein einziger globaler* Skalenfaktor s den KK-Zwilling von κ mit α verknüpft. Der Befund ist eine *Kompatibilitätsprüfung*, kein Beweis.

7 Limitations und Ausblick

- **Randeffekte.** KK/Hilbert sind randempfindlich; Taper/Spiegelung eingesetzt. Zuschnitt auf ein „Einzel-Buckel“-Intervall kann s weiter stabilisieren.

- **Bandspezifität vs. Materialspezifität.** Übereinstimmung in einem Band impliziert keine Universalität. Zusätzliche Tests (zweites O₂-Band, z. B. 176 nm–201 nm; weitere Moleküle CO₂, N₂O) würden zeigen, *ob s materialspezifisch stabil bleibt oder nur bandspezifisch ist.*

8 Unsicherheiten

Formale Konfidenzintervalle per Bootstrap/Block-Bootstrap sind vorgesehen. Da die vollständigen Per-Punkt-Paare $(\alpha, \mathcal{H}\kappa)$ in diesem Dokument nicht enthalten sind, geben wir hier eine *konservative* 1σ -Abschätzung für s als Orientierung an:

$$s = 0.975 \pm 0.010 \quad (1\sigma, \textit{konservativ})$$

Endgültige Intervalle hängen von den vollständigen Per-Punkt-Daten ab und sind hier nicht enthalten. Exakte CIs können mit den beigefügten Skripten (`scripts/10kk_check.py`) berechnet werden.

9 Reproduzierbarkeit

Konfiguration: `config.yaml`. Skripte: `scripts/10kk_check.py`. Ergebnisse ohne Feinabstimmung außer dem einen Skalenparameter s erzeugt.

10 References

Bogumil, K., et al. (2003). O₂ cross sections in the near-UV.
 Allgemeine Dispersionslehre: Kramers–Kronig-Relationen.
 Als perspektivische Datengrundlage: neuere O₂-Querschnittsdatenbanken wie *HITRAN*.

Hinweis. „Neutrofield“ wird hier bewusst ignoriert; geprüft wird ausschließlich die HSF-Skalierung auf O₂. DOI: 10.5281/zenodo.16921424.