Was verrät eine einzige Messkurve?

P01 | Deutsche Kurzpräsentation | 23. September 2026

Identifiability and calibration limits of a single dispersion branch in a two-field effective theory

Die Frage

Wenn zwei Schwingungen gekoppelt sind, entstehen zwei gemeinsame Schwingungsformen. Oft wird nur die energieärmere Form gemessen. P01 fragt: Lässt sich daraus auch die zweite, energiereichere Form erschließen?

Das Ergebnis: Innerhalb eines genau festgelegten Modells ist eine solche Rekonstruktion meist eindeutig. Ihre physikalische Genauigkeit hängt jedoch von der Kalibration und von begründeten Fehlergrenzen ab.

Was mathematisch gesichert ist

Drei exakte Messpunkte genügen im Regelfall. Bei drei verschiedenen, bekannten Impulsbeträgen größer als null bestimmen die Frequenzen des unteren Zweigs die drei Spektralparameter des stabilen Zweifeldmodells. Ein gesondert bekannter Anfangsanstieg ist dafür nicht nötig. Zwei Punkte reichen im Allgemeinen nicht.

Eine genaue Ausnahme bleibt. Bei a = r ist die untere Kurve exakt linear in den quadrierten Größen. Dann bleibt die obere Energieskala auch bei beliebig vielen unteren Frequenzmessungen unbestimmt. Eine zusätzliche obere Resonanzmessung oder eine passend kalibrierte Antwortstärke kann diese fehlende Information liefern.

Eindeutigkeit allein bedeutet noch keine Genauigkeit. Bei bekannten Impulsen übersetzt die Robustheitsanalyse begründete Mess- und Modellfehler in endliche Parametergrenzen. Eine separate Erweiterung bezieht Impulsfehler ein. Beide benötigen gemeinsam gültige Fehlergrenzen und einen begründeten Gültigkeitsbereich.

Was die Modellerweiterung ergänzt

Ein ausdrücklich gewähltes zusätzliches klassisches Feld erlaubt es, Modellkorrekturen aus der Wirkung herzuleiten. Dieses Gaussian-Matching liefert einen kontrollierbaren Beispielrahmen. Es ist weder eine vollständige Quantenrechnung noch ein Nachweis, dass die Foundation diese Erweiterung physikalisch realisiert. Die obere Skala des Referenzmodells und die tatsächliche obere Mode einer erweiterten Theorie müssen getrennt werden.

Der Test an veröffentlichten Messdaten

Was untersucht wurde

Die Daten von Mueller und Kollegen beschreiben Gold-Nanopartikelkristalle. Das Archiv enthält 167 bereits extrahierte Punkte der unteren Dispersionskurve für fünf Partikelgrößen. Für die 41-nm-Probe sind die Schichtzahlen ausdrücklich zugeordnet; Originalspektren wurden ebenfalls geprüft. [1, 2]

Diese Anwendung betrifft den gesonderten lokalen Grenzfall a = 0. Sie bestätigt nicht den ursprünglichen strikten Fall a > 0. Eine unabhängig gemessene obere Mode steht für diesen Test nicht zur Verfügung.

Ein Vergleich auf denselben fünf Prüfpunkten

Für jede Schichtgruppe bestimmen zwei äußere veröffentlichte Punkte die Fitparameter. Verglichen werden anschließend dieselben fünf inneren Punkte der Gruppen mit vier bis sieben Schichten.



RMSE bezeichnet die quadratisch gemittelte Abweichung. Beide Beschreibungen haben zwei angepasste Parameter pro Gruppe; Hopfield nutzt zusätzlich eine festgehaltene nominale Impulskalibration. Die nachgelagerte Auswertung bekannter Punkte ist kein unabhängiger Bestätigungstest und kein Signifikanznachweis. Der Vorteil beträgt nur 4,90 meV RMSE. [3]

Welche Toleranz das Modell mindestens benötigt

Bei fester nominaler Kalibration dürfen nun alle Punkte einer Gruppe, einschließlich der äußeren, innerhalb derselben Energietoleranz verschoben werden. Die kleinste Toleranz, für die eine zulässige Kurve existiert, wurde mit exakten Einschließungen geprüft:

Schichten	4	5	6	7
Mindesttoleranz	17,10 meV	11,89 meV	0,0194 meV	4,58 meV

Das sind mathematische Passgrenzen, keine gemessenen Fehlerbalken. Insbesondere belegt die kleine Zahl für sechs Schichten keine entsprechende experimentelle Präzision. [3]

Was das Ergebnis trägt - und was offen bleibt

Eine gute untere Kurve sichert die obere Energie nicht ab

Die Umrechnung des tabellierten Impulses benötigt eine gemeinsame Skala aus Geometrie und Brechungsindex. Hält man zwei untere Punkte exakt fest und lässt diese Skala völlig frei, kann die berechnete obere Energie unbegrenzt wachsen, während die untere Kurve gegen eine endliche Sättigungskurve strebt. Solch große Skalen sind mathematische Vergleichsfälle, keine nachgewiesenen Alternativen zur tatsächlichen Geometrie.

Drei passende exakte Punkte können die zusätzliche Skala grundsätzlich bestimmen. Bei endlichen Fehlern bleibt jedoch entscheidend, ob die Daten und die externe Kalibration sie ausreichend eng begrenzen. [3]

Der Blick in die Originalspektren

Alle 15 archivierten Absorptions-, Reflexions- und Transmissionsdateien wurden per Prüfsumme verifiziert. Für 41 nm liegen Spektren für zwei bis sieben Schichten vor. Absorption wird aus Reflexion und Transmission berechnet; das sind keine drei unabhängigen Wiederholungen.

Der veröffentlichte niedrigste N6-Peak liegt bei 0,78068 eV, das zugehörige archivierte Spektrum beginnt bei 0,8 eV. Der Ursprung dieser Differenz ist nicht dokumentiert. Auch vollständige Wiederholungen, gemeinsame Fehlergrenzen und das vollständige ursprüngliche Fitrezept fehlen. Der kontrollierte Nachbau mehrerer Fitvarianten löst die Zuordnungs- und Randprobleme nicht; er liefert keine belastbaren Zentrumsfehler. [2, 3]

Die belastbare Aussage

P01 liefert eine bedingte Rekonstruktions- und Prüfmethodik, konkrete Datentests und präzise benannte Grenzen. Für ein physikalisches Zertifikat der oberen Mode fehlen gemeinsam gültige, unabhängig begründete Grenzen für Mess- und Modellabweichungen einschließlich der gemeinsamen Impulskalibration sowie eine überprüfbare spektrale Zuordnung. Die Foundation-Theorie wird dadurch nicht validiert.

Status: konsolidierter Preprintentwurf. Die Prüfungen sind intern und KI-gestützt. Externe Begutachtung, Autorenfreigabe, Einreichung und Veröffentlichung sind nicht erfolgt.

Quellen und Zahlenbasis

[1] Mueller et al., Nature 583, 780-784 (2020). DOI: 10.1038/s41586-020-2508-1.

[2] Originaldaten: DOI 10.17169/refubium-26819; CC BY-NC-SA 4.0. Spektren und publizierte Punktzuordnungen sind getrennt geprüft.

[3] Lokale P01-Pakete vom 23.09.2026: Grundsatz, Robustheit, klassisches Matching, Datenpilot und empirische Vertiefung. Zahlenbindung und Pfade: presentation/CLAIM_BINDING.json. Die Kurzfassung ersetzt Haupttext und technisches Supplement nicht.