

Neue gesamtheitliche Selbstkalibrierung für deflektometrische Sensoren

E. Olesch, C. Faber, M. C. Seraphim, G. Häusler

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg



Institut für
Optik, Information und Photonik

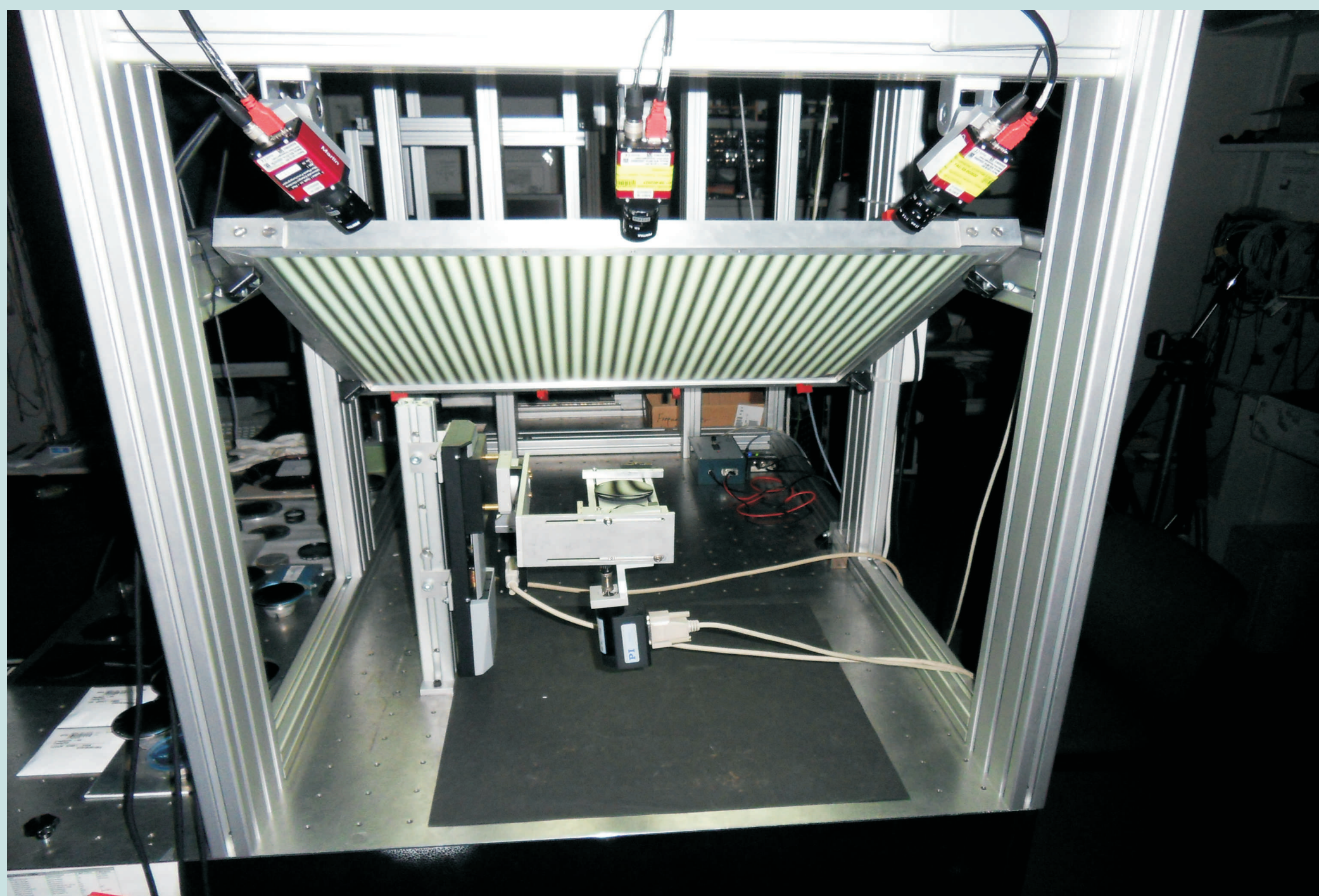


Abb. 1: Typischer Deflektometrie-Messaufbau

Phasenmessende Deflektometrie (PMD) ist eine etablierte Methode, die es ermöglicht, mit sehr hoher Genauigkeit die **lokale Neigung** von spiegelnden Oberflächen zu messen [1,2]. Wird die **globale Höheninformation** benötigt, müssen die so gewonnenen Neigungsdaten integriert werden. Die erreichbare **Formgenauigkeit** ist dadurch stark abhängig von der **Qualität der Kalibrierung** des Sensors.

Wir stellen eine neue **holistische Methode** vor, die alle Sensorparameter in **einem einzigen Optimierungsprozess** ermittelt. Ein Zusammenfügen von – in der Praxis meist nur unzureichend konsistenten – **Einzelschritten** ist somit **nicht mehr notwendig**.

Standard-Kalibrierung

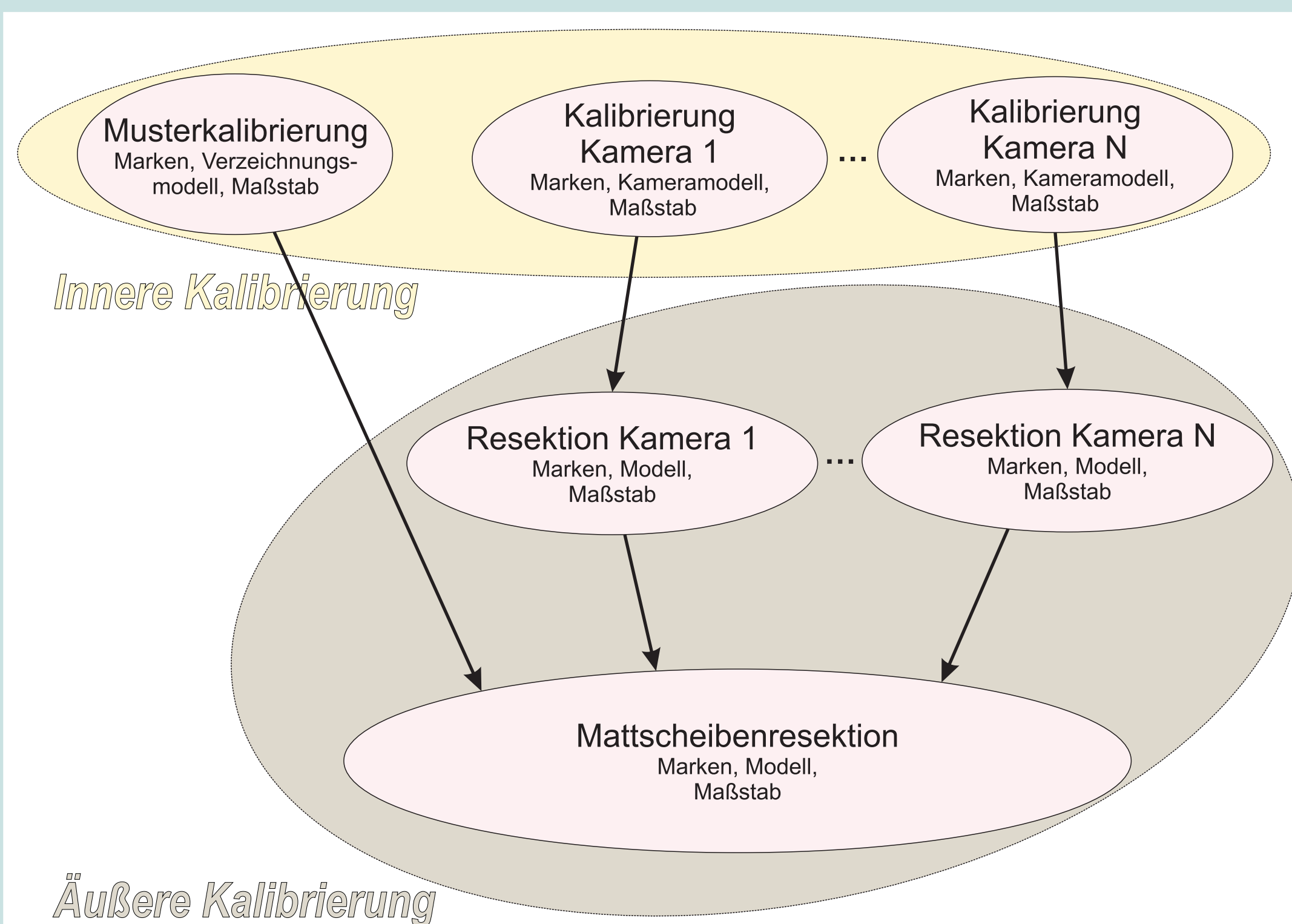


Abb. 2: Ablauf des Standard-Kalibrierverfahrens: Der Sensor wird in mehrere Einzelkomponenten zerlegt, deren innere Eigenschaften (Verzeichnung, Aberrationen) in getrennten Kalibrierschritten ermittelt werden. In einer abschließenden äußeren Kalibrierung wird die geometrische Anordnung der Komponenten bestimmt.

Neue gesamtheitliche Kalibrierung

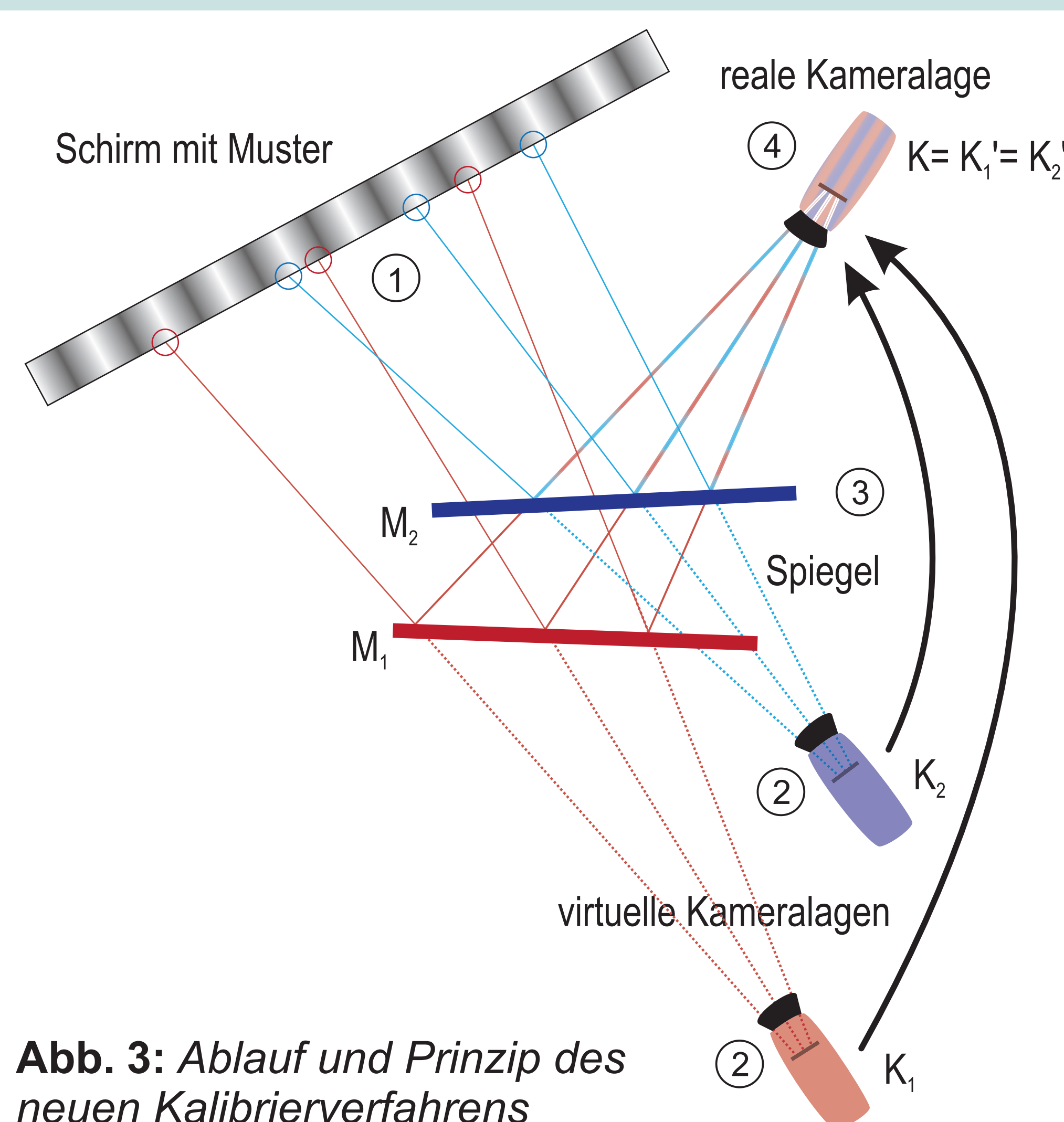


Abb. 3: Ablauf und Prinzip des neuen Kalibrierverfahrens

1. Schritt: Phasenmessungen eines ebenen Spiegels in verschiedenen Lagen M_1, M_2
2. Schritt: Sichtstrahlen für zugehörige virtuelle Kamerapositionen K_1, K_2 berechnen
3. Schritt: Unbekannte Spiegellagen bestimmen (Kriterium: **Zusammenfallen** der von K_1, K_2 zurückgespiegelten Kameraorte $K_1', K_2'!$)
4. Schritt: Lage der wahren Kamera K berechnen

Vorteile des neuen Verfahrens

- Verwendung der Sensorkomponenten beim Kalibriervorgang in **gleicher Weise wie beim Messvorgang**
- benötigt wird nur ein ebener Spiegel, **kein spezielles Kalibrierobjekt / keine Markenmuster** erforderlich
- Ermittlung der Kamera-Sichtstrahlen **ohne Modellannahmen** wie z.B. Lochkamera o.ä.
- Kalibrierung durch globalen Optimierungsprozess, **kein Zusammenfügen** von evtl. inkonsistenten Einzelschritten
- **einfache Nachkalibrierung** durch den Anwender am Einsatzort möglich
- globale Genauigkeit **unabhängig von der Messposition**

Messergebnisse

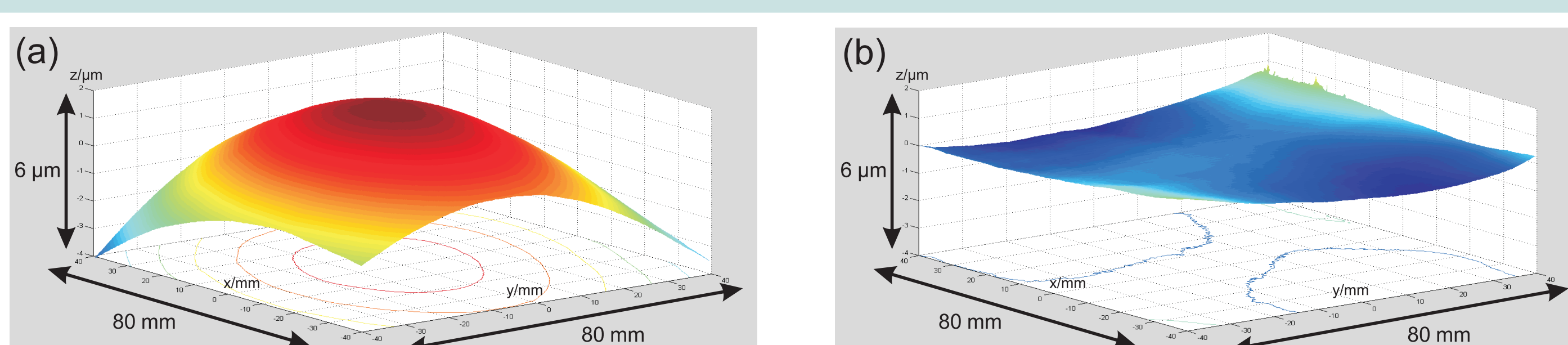


Abb. 4: Höhenergebnis eines ebenen Spiegels (a) Sensor kalibriert nach der herkömmlichen Methode (b) Sensor kalibriert mit neuem Verfahren

Mit der neuen Kalibriermethode lässt sich die globale Genauigkeit erheblich verbessern. Abb. 4 zeigt, wie mit Hilfe des neuen Verfahrens der globale Fehler auf einem Messfeld von 80 mm x 80 mm im Vergleich zur herkömmlichen Kalibrierung von ca. 6 µm auf ca. 1,2 µm reduziert werden konnte.

[1] M.C. Knauer, J. Kaminski, G. Häusler: "Phase Measuring Deflectometry: a new approach to measure specular free-form surfaces", Proc. SPIE 5457, pp. 366-376 (2004)
[2] M.C. Knauer, J. Kaminski, G. Häusler: "Absolute Phasenmessende Deflektometrie", DGAO-Proceedings, 105, A15 (2004)