

Methodenentwicklung zur Auswertung mechanischer Spannungen in Glas aus der FEM-Simulation unter spannungsoptischen Aspekten

J. Hildebrand, M. Glaser, M. Behr, J.P. Bergmann (Technische Universität Ilmenau - FG Fertigungstechnik)

Problemstellung und Motivation:

Die Architektur strebt danach, Tragstrukturen von Glasfassaden optisch aufzulösen und den Anteil der benötigten Befestigungskomponenten auf ein Minimum zu reduzieren. Vielseitige Variationen an Befestigungselementen ermöglichen zwar die Aufnahme einer Glasscheibe unter Einhaltung geforderter Sicherheitsfaktoren, die unter einwirkenden Maximalbelastungen auftretenden Spannungszustände in einer Glasscheibe sind jedoch nur unzureichend erforscht.

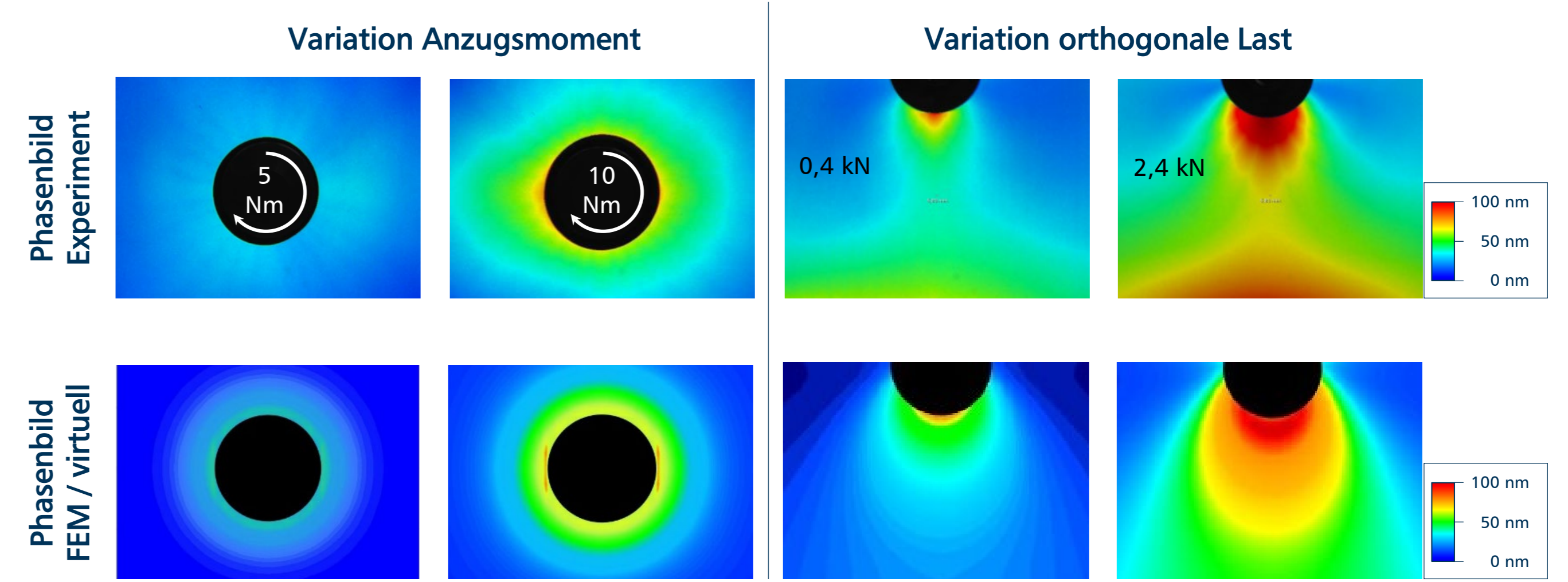


Abb. 1: Gegenüberstellung experimentelle und virtuell berechnete Phasenbilder – Punkthalter \varnothing 35 mm variierende Anzugsmomente (links); variierende orthogonale Belastung (rechts)

Ableitung und Implementierung einer Methode zur Auswertung mechanischer Spannungen in Glas:

Auf Basis spezifischer statischer FEM-Simulationen wird eine Methode zur Auswertung mechanischer Spannungen in Glas abgeleitet. Dafür wird die Methode der spannungsoptischen Doppelbrechung nachgeahmt und folgt dabei dem in Abb. 2 dargestellten optischen Aufbau eines Polariskops. In diesem erfährt das verwendete polarisierte Licht eine optische Phasenverschiebung, die direkt proportional zur Ausprägung der senkrecht zur Durchleuchtungsrichtung stehenden Spannungskomponenten (σ_1, σ_3) ist. Parallel zur Durchleuchtung stehende Spannungskomponenten beeinflussen den Strahlengang nicht und erzeugen keine optische Verzögerung.

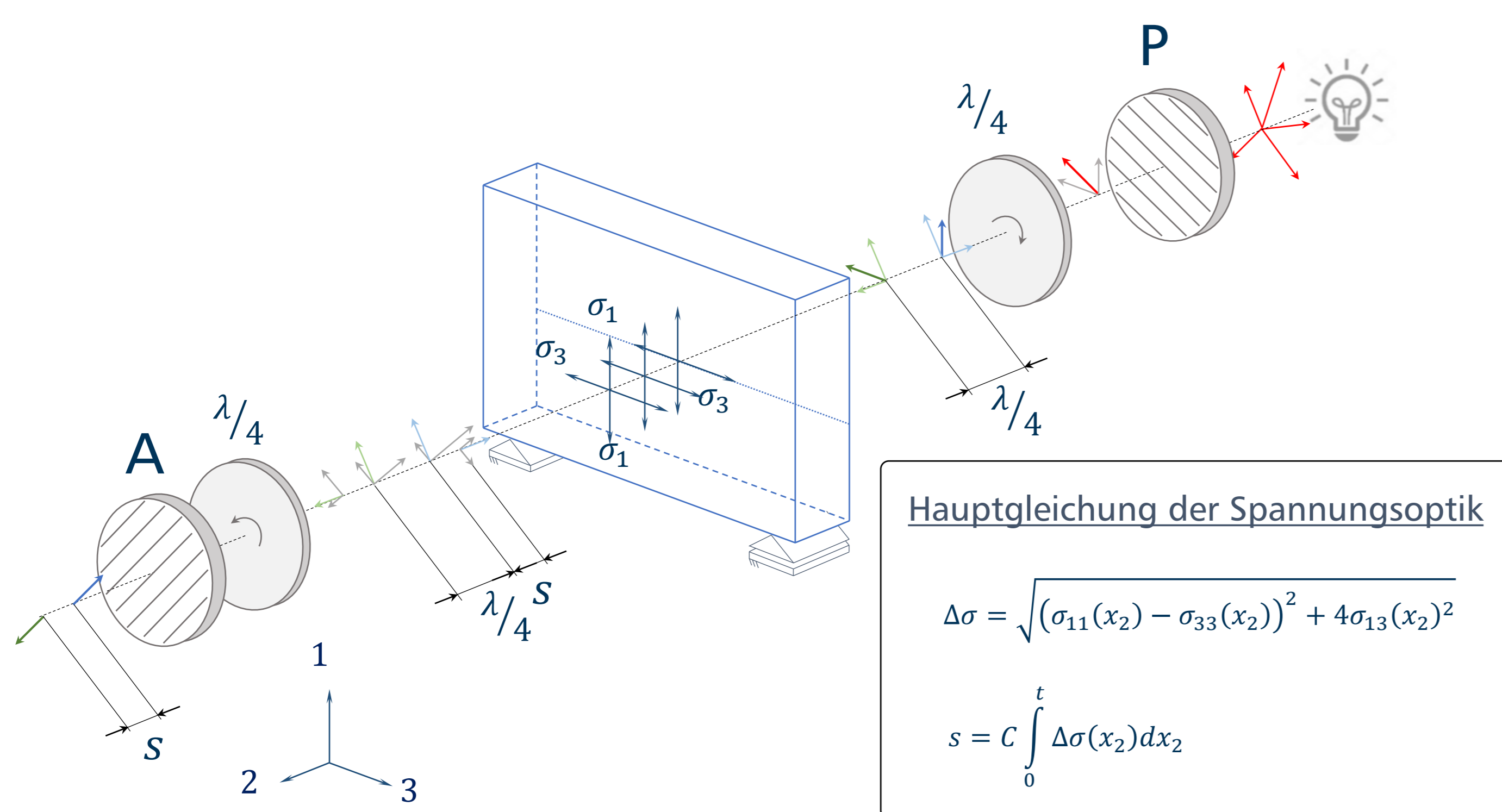


Abb. 2: Prinzipdarstellung spannungsoptischer Aufbau eines Zirkularpolariskops (Anordnung gekreuzt) mit Polarisator, Analysator und zwei $\lambda/4$ -Platten

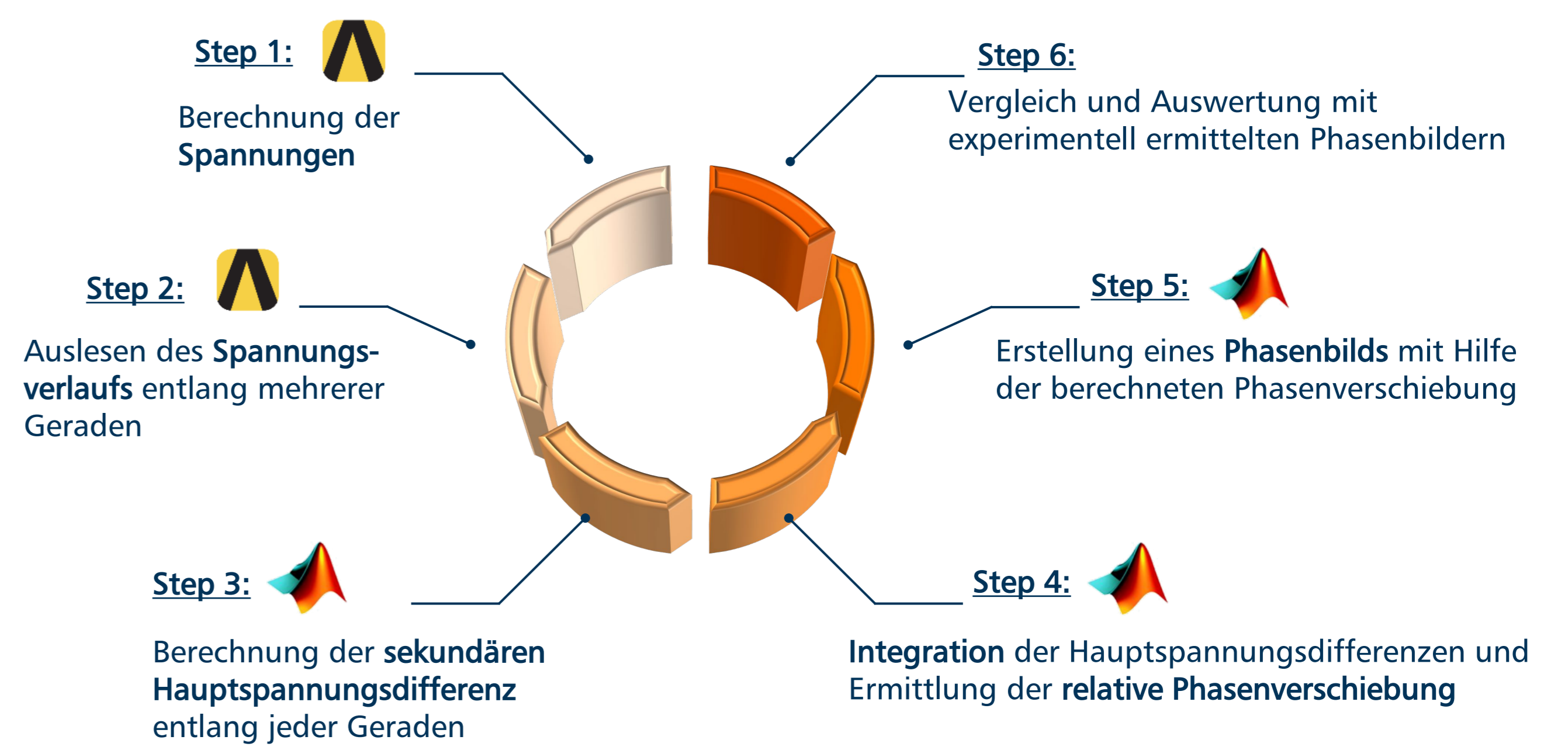


Abb. 3: Prinzipdarstellung Schrittfolge zur Ableitung virtueller Phasenbilder aus FEM-Simulation

Nach der in Abb. 3 dargestellten Schrittfolge werden spezifische Lastzustände mittels FEM abgebildet und die optisch relevante Spannungsdifferenz in der Scheibenebene für die Berechnung entsprechend der Hauptgleichung der Spannungsoptik exportiert (vgl. Abb. 2). Entscheidend ist dabei die methodische Untergliederung der Glasscheibe über ihre Dicke t in endlich viele, vom Spannungszustand abhängige Schichten, in denen das durchdringende Licht sukzessive beeinflusst wird. Die resultierende Verzögerung s ergibt sich unter Berücksichtigung der spannungsoptischen Konstante C nach dem in Abb. 2 dargestellten integrativen Zusammenhang.

Ergebnisse:

Die Verzögerung als skalare Messgröße setzt sich als integraler Wert über die Glasdicke zusammen. Informationen über die normal zur Durchstrahlrichtung stehenden Spannungskomponenten lassen sich nicht ableiten. Wie in Abbildung 4 dargestellt, werden Floatglasscheiben im optischen Strahlengang eines IIS StrainScope S3/180 mit statischen Druckbelastungen beaufschlagt. In der Simulation wird der gleiche Versuch modelliert und die mechanischen Spannungen nach der oben beschriebenen Methode ausgewertet. Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung mit dem Experiment. Die Vorgehensweise kann auch auf andere Beanspruchungszustände übertragen werden.

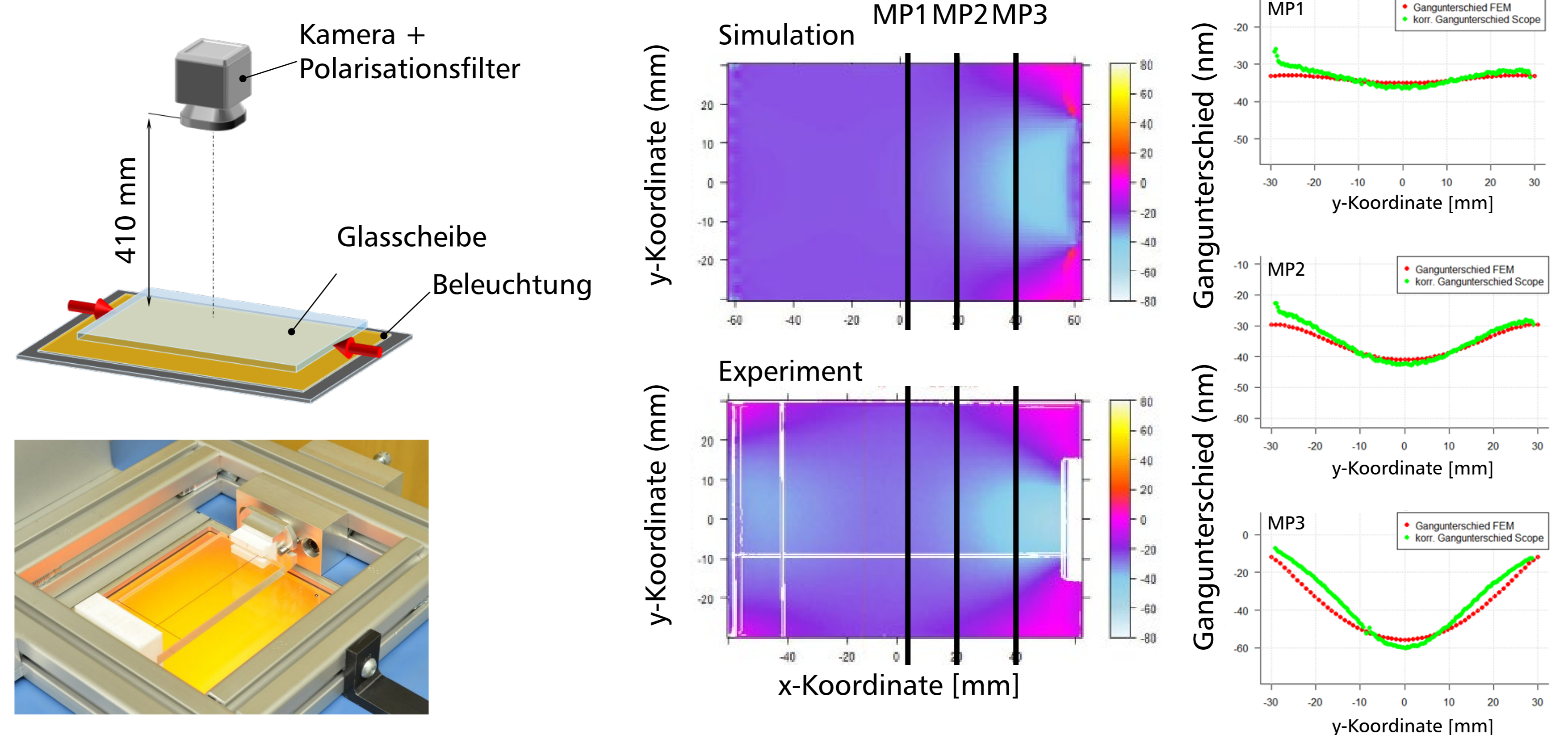


Abb. 4: Versuchsaufbau für Druckversuche (links); Ergebnisse aus Simulation und Experiment