

Optimierte Erzeugung eines inversen Streifenmusters für die Inline-3D-Inspektion in der Umformtechnik

M. Strohmeier, C. Schelske, C. Faber

MOTIVATION

Die Kombination aus inverser Streifenprojektion und Einseitenbanddemodulation erlaubt eine optische Inline-Bauteilprüfung in harter Produktionsumgebung, wie z.B. der Blechumformung. Für den industriellen Einsatz wird ein optimiertes Verfahren zur schnellen, kalibrierfreien und kontrastkorrigierten Erzeugung inverser Streifen vorgestellt.

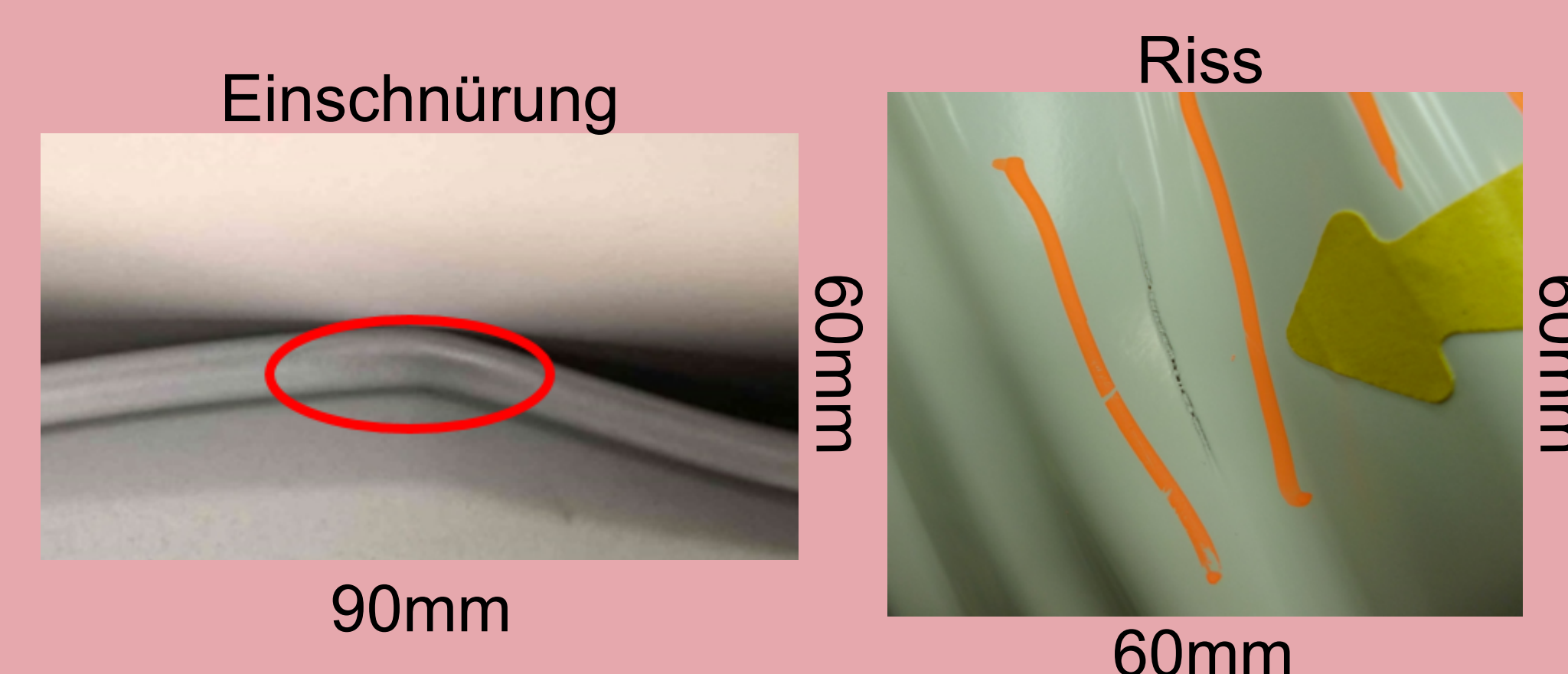


Fig. 1 Defekte in der Blechumformung

GRUNDLEGENDE MESSMETHODIK

Für den Anwendungsfall „Defekterkennung in der Blechumformung“, insbesondere hinsichtlich Einschnürungen, wird ein optisches 3D-Single-Shot Verfahren entwickelt, welches es erlaubt, auch in vibrierenden Produktionsumgebungen Bauteile inline prüfen zu können. Bei sog. inverser Streifenprojektion [1] wird das projizierte Streifenmuster zunächst mit einer Referenz-Bauteilform (CAD-Daten oder Grenzmasterdaten) vorverzerrt, um in der Kamera lediglich geometrische *Formabweichungen* zu erfassen. Zur Auswertung der resultierenden Kameraaufnahme eignet sich besonders die sog. Einseitenbanddemodulation [2] (SSD), da durch den vorherigen Abzug der primären Forminformation das Signal im Frequenzraum sehr bandbegrenzt ist. Mithilfe von SSD genügt *eine einzelne Kameraaufnahme* („Single-Shot“) für die qualitative Prüfung des Bauteils, wodurch der Einfluss vorherrschender Vibrationen gegenüber konventionellem Phasenschieben drastisch reduziert werden kann. Vorherige Arbeiten beschäftigten sich mit der Realisierung des Messsystems [3] und der Integration in die Produktionslinie mit quantitativer Analyse von Störeinflüssen [4].

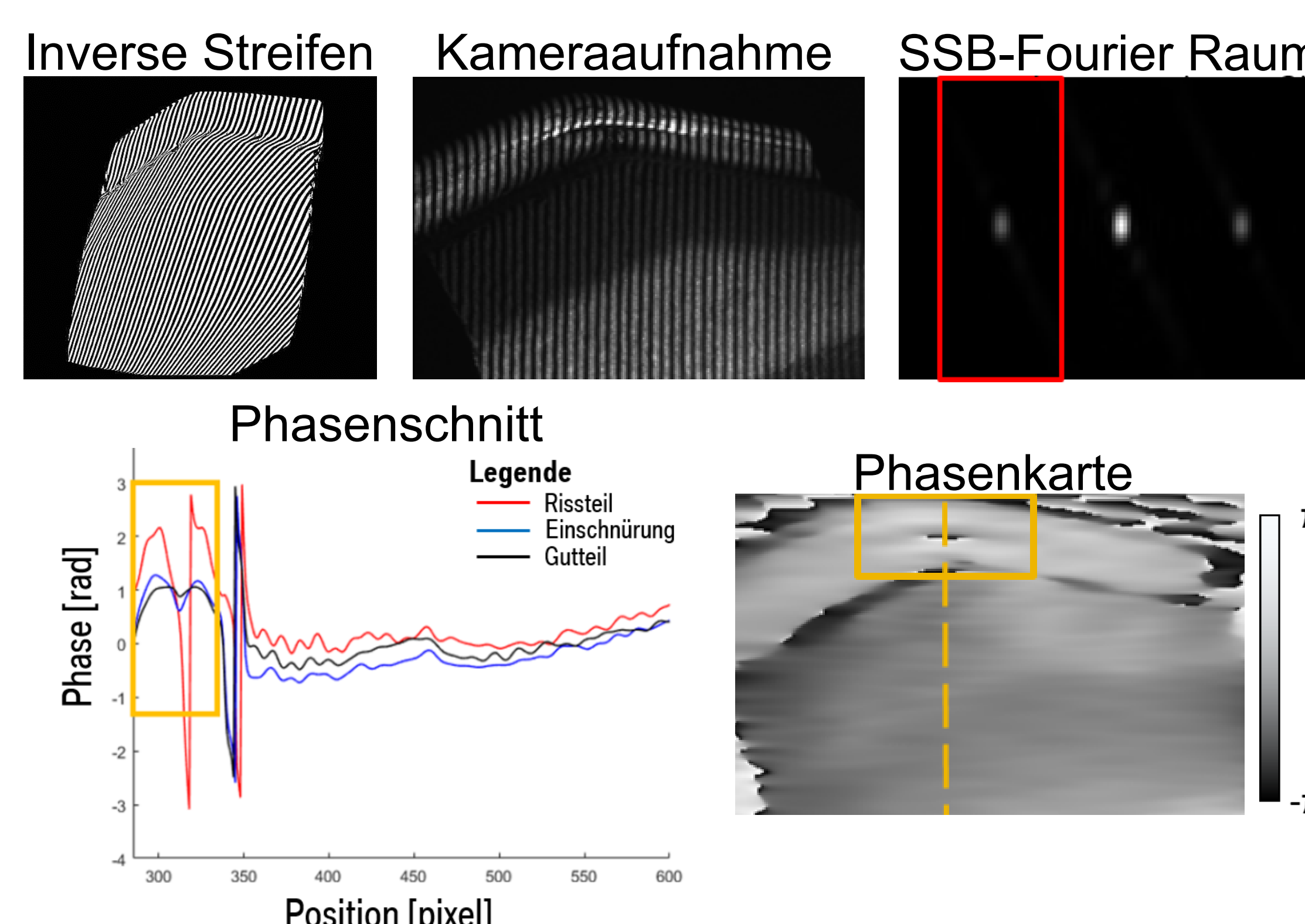


Fig. 2 Messprinzip des Single-Shot-Sensors

KALIBRIERFREIE ERZEUGUNG INVERSER STREIFEN

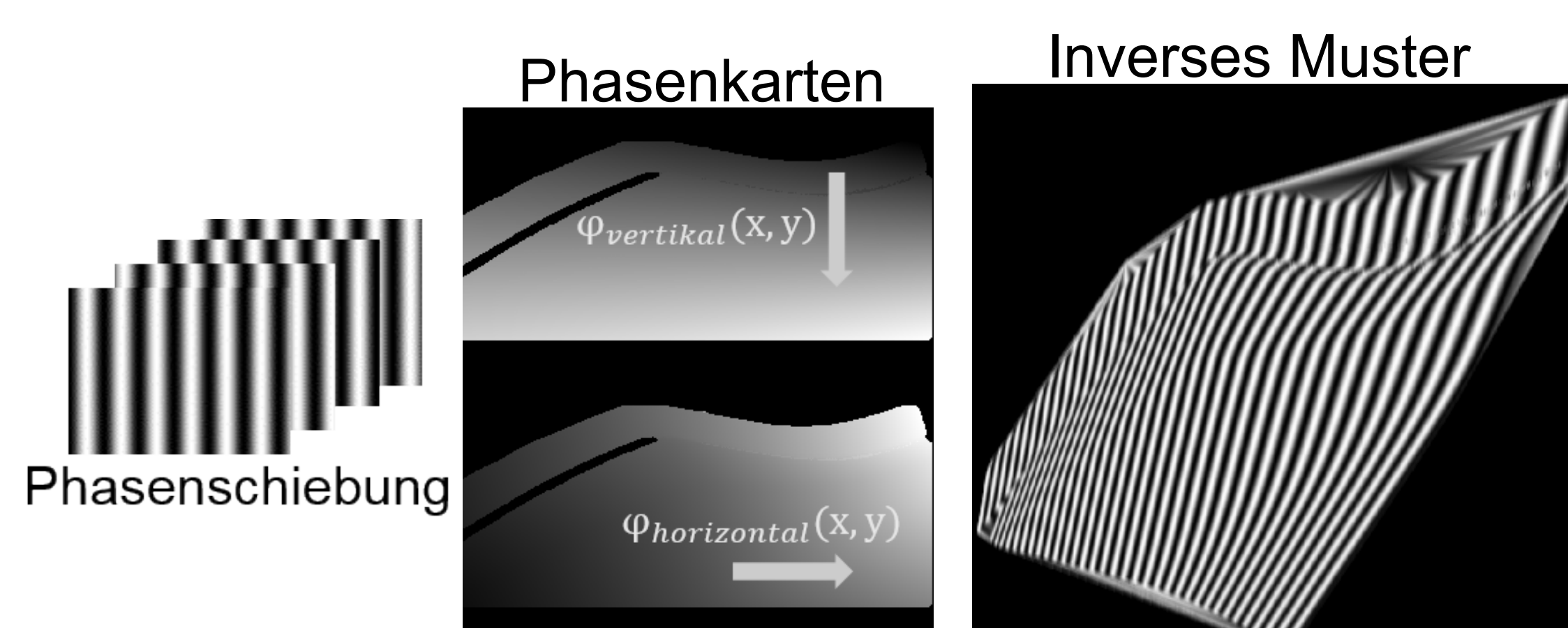


Fig. 3 Erzeugung inverser Streifen anhand konventioneller Streifenprojektion auf Basis eines Gutteils

Zur industriellen Tauglichkeit ist neben der generellen Linienintegration des Messsystems eine möglichst geringe Komplexität beim Anwender in der Produktion (Bedienung, Typenwechsel, Rüsten) entscheidend. Da in vielen formgebenden Fertigungsverfahren (Gießen, Walzen, Umformen) physikalische Bauteile oftmals eine genauere Referenz als theoretische CAD-Daten darstellen, können die inversen Streifen über konventionelle Streifenprojektion an einem Referenzteil errechnet werden. Anhand der dadurch gewonnen Pixelzuordnungen zwischen Kamera und Projektor kann das im Kamerabild gewünscht gerade erscheinende Streifenmuster in die Projektorebene zurücktransformiert werden. Für diesen Schritt ist noch keine Kalibrierung des Messsystems nötig. Somit sind keinerlei Informationen über äußere und innere Parameter des Messsystems erforderlich („Blackbox-Ansatz“), was das Verfahren sehr schnell und automatisiert einsetzbar macht.

KONTRASTKORREKTUR

In der industriellen Anwendung weisen die Prüflinge oftmals eine sehr inhomogene Reflektivität auf. Damit trotzdem eine gleichbleibende Messgenauigkeit auf dem Bauteil gewährleistet werden kann, wird daher neben der Form auch die *Inverse der Helligkeitsverteilung* der Messszene in die Streifenmustererzeugung integriert. Dadurch ergibt sich eine nahezu homogene Kontrastverteilung in der Kameraaufnahme des Prüfteils, wodurch die Auswertung an Robustheit und Einfachheit gewinnt.

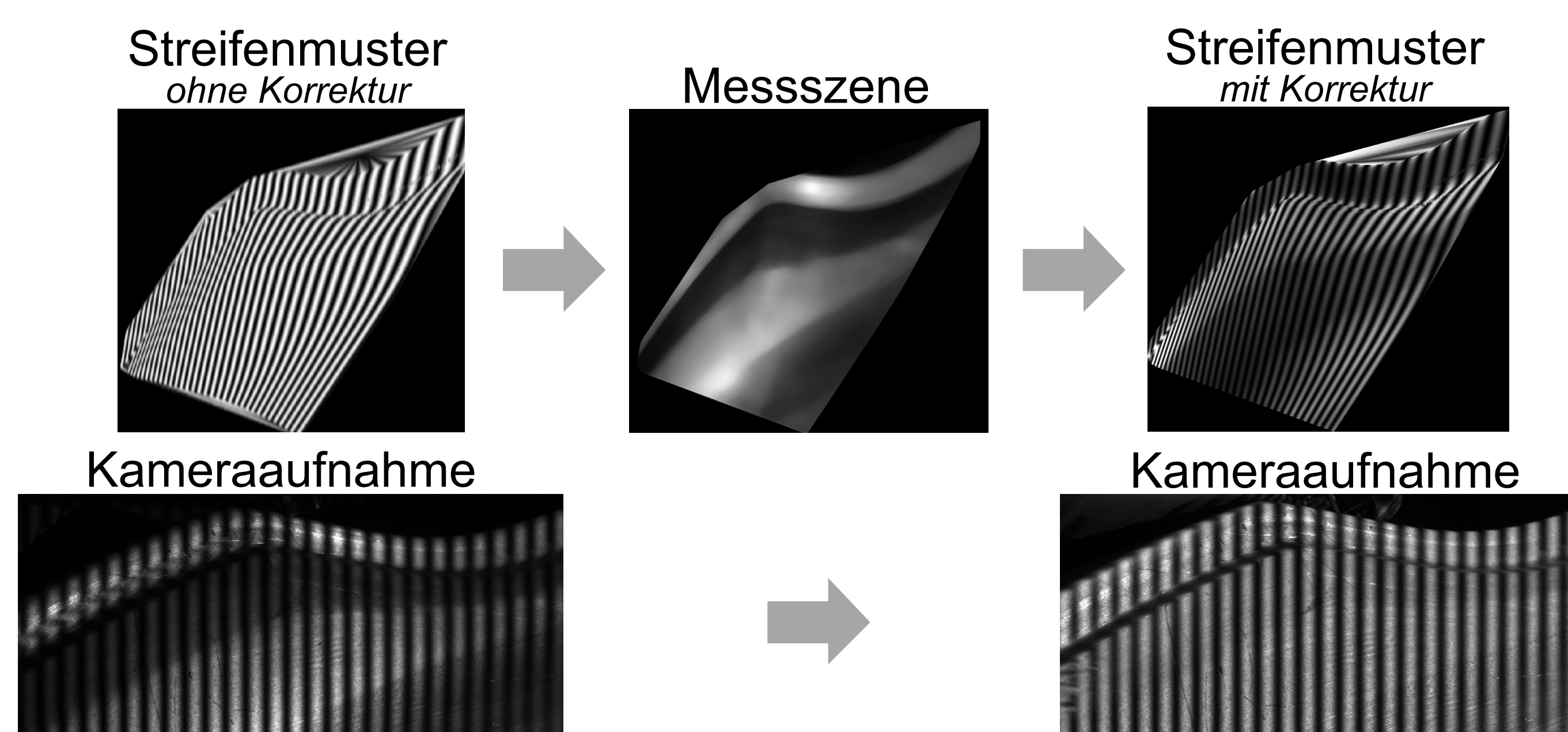


Fig. 4 Integration des inversen Helligkeitsverlaufs in die Berechnung des Streifenmusters zum Erhalt einer homogenen Kontrastverteilung

ZUSAMMENFASSUNG

Für den industriellen Einsatz sind neben der grundlegenden Messfähigkeit auch die Robustheit und eine einfache Bedienung zwingend erforderlich. Das vorgestellte Verfahren erlaubt eine schnelle, kalibrierfreie Erzeugung inverser Streifenmuster anhand von Grenzmasterdaten mit korrigiertem Kontrastverlauf zur Erhaltung einer möglichst gleichbleibenden Messgenauigkeit auf dem Prüfteil.

[1] Pösch, A.; Vynnyk, T.; Reithmeier, E.: Using Inverse Fringe Projection to Speed Up the Detection of Local and Global Geometry Defects on Free Form Surfaces. In: Proc. SPIE Vol. 8500, 8500B-1, 2012.
 [2] Takeda, M.; Ina, H.; Kobayashi, S.: Fourier-transform method of fringe-pattern analysis for computer-based topography and interferometry. In: Journal of the Optical Society of America, Vol. 72, 1982, S. 156-160.
 [3] Strohmeier M.; Ludwig M.; Buchner F.; Schelske C.; Faber C.: Inline detection of defects on free formed metal pressings using a single shot inverse fringe projection approach. In: Proc. Dgao 117 B2, 2016.
 [4] Strohmeier M.; Wang P.; Cisek R.; Faber C.: Linienintegration eines Single-Shot-3D-Sensors in einer Saugerbalken-Pressen. In: Proc. DGaO 118 A21, 2017.