

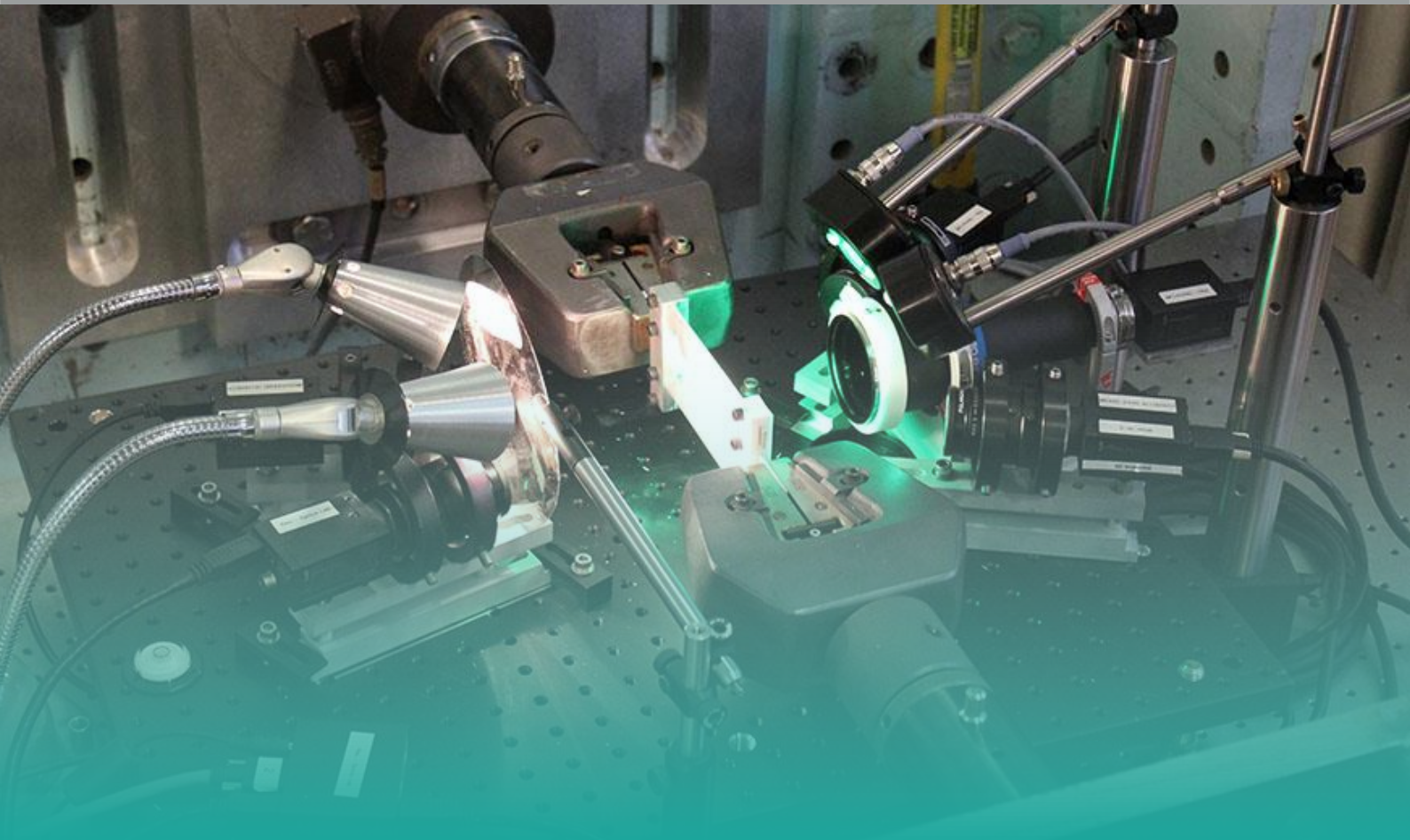
iDICS

INTERNATIONAL
DIGITAL IMAGE CORRELATION
SOCIETY

Praxisleitfaden für die Digitale Bildkorrelation

Komitee für Standardisierung, Verfahrensanweisung und
Quantifizierung der Messunsicherheit

Oktober 2018 (Englische Ausgabe), März 2020 (Deutsche Übersetzung)



This German language edition is a translation of the original work in English by the International Digital Image Correlation Society entitled *A Good Practices Guide for Digital Image Correlation*, with DOI 10.32720/idics/gpg.ed1. If any text of the original edition in English is inconsistent with the text of this translation, the original edition in English shall prevail.

Diese Ausgabe in deutscher Sprache ist eine Übersetzung des Originalwerks der Gesellschaft bezeichnet als International Digital Image Correlation Society mit dem Titel: *A Good Practices Guide for Digital Image Correlation*, DOI 10.32720/idics/gpg.ed1. Sofern eine Textapassage des Originalwerks auf Englisch nicht mit der übersetzten Version auf Deutsch übereinstimmt, so ist stets das Originalwerk auf Englisch maßgebend.

Translators Übersetzerin/Übersetzer

Matthias MERZKIRCH, Guest Researcher at National Institute of Standards and Technology, USA
Thorsten SIEBERT, LaVision GmbH, Germany
Thorsten WEIKERT, GOM GmbH, Germany
Oliver WITZEL, GOM GmbH, Germany

Copyright ©2020 by International Digital Image Correlation Society (iDICs)

Some rights reserved. This publication may be reproduced, distributed, or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording, or other electronic or mechanical methods, but only without alteration and with full attribution to the International Digital Image Correlation Society (iDICs). Exception is given in the case of brief quotations embodied in other documents with full attribution to the International Digital Image Correlation Society, but not in a way that suggests endorsement of the other document by the International Digital Image Correlation Society. For permission requests, contact the International Digital Image Correlation Society at info@idics.org.

DOI: [10.32720/idics/gpg.ed1.de](https://doi.org/10.32720/idics/gpg.ed1.de)

Electronic copies of this guide are available at www.idics.org.

Suggested citation: International Digital Image Correlation Society, Jones, E.M.C. and Iadicola, M.A. (Eds.) (2020). *Praxisleitfaden für die Digitale Bildkorrelation. [A Good Practices Guide for Digital Image Correlation]*. (M. Merzkirch, T. Siebert, T. Weikert, O. Witzel, Transl.) <https://doi.org/10.32720/idics/gpg.ed1.de>. (Original work published in 2018.)

Copyright ©2020 par International Digital Image Correlation Society (iDICs)

Einige Rechte sind vorbehalten. Diese Publikation darf in jeglicher Form oder auf jegliche Weise reproduziert, verbreitet oder übertragen werden, einschließlich Fotokopieren, Aufzeichnen oder mittels anderer elektronischer oder mechanischer Methoden, jedoch nur ohne Änderung und unter vollständigem Verweis auf die International Digital Image Correlation Society (iDICs). Eine Ausnahme bilden kurze Zitate in anderen Dokumenten, die vollständig auf die International Digital Image Correlation Society verweisen, jedoch nicht in einer Weise, die eine Befürwortung des anderen Dokuments durch die International Digital Image Correlation Society suggeriert. Für Genehmigungsfragen wenden Sie sich an die International Digital Image Correlation Society unter info@idics.org.

DOI: [10.32720/idics/gpg.ed1.de](https://doi.org/10.32720/idics/gpg.ed1.de)

Elektronische Kopien dieses Leitfadens sind unter www.idics.org verfügbar.

Zitiervorschlag: International Digital Image Correlation Society, Jones, E.M.C. and Iadicola, M.A. (Eds.) (2020). *Praxisleitfaden für die Digitale Bildkorrelation. [A Good Practices Guide for Digital Image Correlation]*. (M. Merzkirch, T. Siebert, T. Weikert, O. Witzel, Übers.) <https://doi.org/10.32720/idics/gpg.ed1.de>. (Veröffentlichung des Originalwerks in 2018.)

About this Guide

The International Digital Image Correlation Society (iDICs) was founded in 2015 as a nonprofit scientific and educational organization committed to training and educating users of digital image correlation (DIC) systems. iDICs is composed of members from academia, government, and industry, and develops world-recognized DIC training and certifications to improve industry practice of DIC for general applications, with emphasis on both research and establishing standards for DIC measurement techniques. More information can be found at www.idics.org.

To support this mission, the iDICs Standardization, Good Practices, and Uncertainty Quantification Committee was formed in part to develop guidelines for DIC practitioners. Details of the entire development and review process can be obtained through iDICs (info@idics.org), but they are summarized here. The working group on Good Practices, Reporting Requirements and Terminology (a subset of the committee) developed this Good Practices Guide for DIC. The working group was composed of expert DIC practitioners, including representatives from many commercial DIC software packages, with diverse experience using DIC in a myriad of applications.

After a final draft of the guide was completed by the working group, a public comment period was opened in November 2017 through January 2018, during which any DIC practitioner could opt-in to review the Guide. In total, 100 people opted-in to the review process, 56 of whom returned official votes. Of the 56 received votes, 23 people voted “Approve without comment”, 32 people voted “Approve with comments and suggested revisions”, and 1 person voted “Disapprove with comments (at least one technical) and suggested revisions”. Over 500 comments were received (over 130 of which were technical comments), and the working group addressed each, either through revising the Guide, or through a written rebuttal. After that revision, the final version of the Guide and the working group responses to the comments were reviewed and approved by some of the members of the iDICs Executive Board, who did not participate in either the working group or the public comment period.

This German edition of the Guide provides a translation of Chapter 7 — Glossary and Acronyms. For the remainder of the Guide, please refer to the

Über diesen Leitfaden

Die Gesellschaft mit der Bezeichnung International Digital Image Correlation Society (iDICs) wurde im Jahr 2015 als gemeinnützige Wissenschafts- und Bildungsorganisation gegründet, die sich der Fortbildung und Schulung von Anwendern digitaler Bildkorrelationssysteme (DIC) widmet. iDICs setzt sich aus Mitgliedern aus Wissenschaft, öffentlichen Behörden und Industrie zusammen und entwickelt weltweit anerkannte DIC-Fortbildungen und -Zertifizierungen, um die Industriepraxis von DIC für allgemeine Anwendungen zu verbessern, wobei der Schwerpunkt sowohl auf der Forschung als auch auf der Festlegung von Anforderungen für DIC-Messtechniken liegt. Weitere Informationen finden Sie unter www.idics.org.

Um diese Mission zu unterstützen, wurde das iDICs-Komitee für Standardisierung, Verfahrensanweisung und Quantifizierung der Messunsicherheit gegründet, um Richtlinien für DIC-Anwender zu entwickeln. Details zum gesamten Entwicklungs- und Überprüfungsprozess können über iDICs (info@idics.org) abgerufen werden, diese sind hier lediglich zusammengefasst. Die Arbeitsgruppe für Verfahrensanweisung, Berichtsanforderungen und Terminologie (eine Untergruppe des Komitees) hat diesen Praxisleitfaden für DIC entwickelt. Die Arbeitsgruppe bestand aus erfahrenen DIC-Anwendern, darunter Vertreter zahlreicher kommerzieller DIC-Softwarepakete, die über vielfältige Erfahrungen mit DIC in einer Vielzahl von Anwendungen verfügen.

Nachdem die Arbeitsgruppe einen endgültigen Entwurf des Leitfadens fertiggestellt hatte, wurde von November 2017 bis Januar 2018 eine öffentliche Kommentierungsfrist eröffnet, in der sich jeder DIC-Anwender zur Rezension des Leitfadens anmelden konnte. Insgesamt haben sich 100 Personen für den Überprüfungsprozess angemeldet, von denen 56 offizielle Stimmen abgegeben haben. Von den 56 erhaltenen Stimmen stimmten 23 mit “Ohne Kommentar genehmigen”, 32 mit “Mit Kommentaren und Änderungsvorschlägen genehmigen” und 1 Person stimmte mit “Mit Kommentaren (mindestens einem technischen) und Änderungsvorschlägen ablehnen”. Über 500 Kommentare gingen ein (über 130 davon waren technische Kommentare) und die Arbeitsgruppe ging auf jeden ein, entweder durch Überarbeitung des Leitfadens oder

English edition. iDICS encourages and supports all DIC practitioners to translate the Guide into other languages. Contact iDICS at info@idics.org or at www.idics.org for more information.

durch eine schriftliche Gegenargumentation. Nach dieser Überarbeitung wurden die endgültige Fassung des Leitfadens und die Antworten der Arbeitsgruppe auf die Kommentare von einigen Mitgliedern des iDICS-Exekutivausschusses geprüft und genehmigt, die weder an der Arbeitsgruppe noch an der öffentlichen Kommentierungsphase teilgenommen hatten.

Diese deutsche Ausgabe des Leitfadens enthält eine Übersetzung von Kapitel 7 — Glossar und Akronyme. Den Rest des Leitfadens entnehmen Sie bitte der englischen Ausgabe. iDICS ermutigt und unterstützt alle DIC-Anwender, den Leitfaden in andere Sprachen zu übersetzen. Kontaktieren Sie iDICS unter info@idics.org oder unter www.idics.org für weitere Informationen.

7 — Glossary and Acronyms

Glossar und Akronyme

7.1 Acronyms

DIC: Digital Image Correlation

DOF: Depth-of-Field

FOV: Field-of-View

iDICs: International Digital Image Correlation Society

QOI: Quantity-of-Interest

ROI: Region-of-Interest

SOD: Stand-Off Distance

VSG: Virtual Strain Gauge

7.2 Glossary

Calibration Score: The residual of the bundle adjustment optimization process used to calibrate a DIC system.

Digital Image Correlation: Within the scope of this guide, Digital Image Correlation (DIC) is an optically-based technique used to measure the evolving full-field 2D or 3D displacements on the surface of a test piece, throughout a mechanical test of a material or structure.

Note 1: *2D-DIC* refers to the measurement of displacements in only two directions on the

7.1 Akronyme

[Englische Akronyme bleiben bestehen.]

DIC: Digitale Bildkorrelation

DOF: Tiefenschärfe

FOV: Sichtfeld

iDICs: [Name der Organisation bleibt unübersetzt.]

QOI: Interessierende Größe

ROI: Interessierender Bereich

SOD: Arbeitsabstand

VSG: Virtueller Dehnungsmessstreifen

7.2 Glossar

Kalibriermaß: Das Residuum des Optimierungsprozesses des zur Kalibrierung eines DIC Systems verwendeten Bündelblockausgleichs.

Digitale Bildkorrelation: Innerhalb des Umfangs dieses Leitfadens steht die digitale Bildkorrelation (DIC) für eine optisch basierte Technik, die für die Messung von 2D oder 3D Vollfeldverschiebungen auf der Oberfläche eines Prüfkörpers verwendet wird, die während eines mechanischen Tests an einem Material oder an einer Struktur entstehen.

Anm. 1: *2D-DIC* bezieht sich auf die Messung von planaren Verschiebungen auf der

surface of the test piece, where one camera is oriented perpendicularly to a planar test piece.

Note 2: *Stereo-DIC* refers to the measurement of shape and displacements in three directions on the surface of the test piece, by using two (or more) cameras oriented at different angles. Stereo-DIC is sometimes called 3D-DIC, but should not be confused with volumetric-DIC, which provides shape and displacement measurements throughout the volume of the test piece.

Data Filtering: Any further post-processing of the results to spatially or temporally filter the DIC results (could include a Gaussian filter, median filter, etc.)

Data Point: A point at which DIC results (displacements, strains, etc.) are reported. Data points are typically reported at the center of subsets in local DIC.

Dynamic Range, Detector [counts or gray levels]: Number of bits of the analog to digital converter of a camera detector (e.g. 8-bit).

Dynamic Range, Image [counts or gray levels]: Range of gray levels contained in the image data. This can be graphically viewed in the image histogram. The image dynamic range is less than or equal to the detector dynamic range.

Epipolar Error [pixel]: The distance between the location of a data point, as determined by cross-correlation of a pair of images from the two cameras of a stereo-DIC system, and the epipolar line.

Note 1: Depending on the DIC software, the epipolar error may also be called projection error, three-dimensional residuum, intersection error, or correlation deviation.

Oberfläche eines Prüfkörpers in nur zwei Raumrichtungen. Hierbei ist nur eine Kamera senkrecht zu dem ebenen Prüfkörper orientiert.

Anm. 2: *Stereo-DIC* bezieht sich auf die Messung von Form und Verschiebungen auf der Oberfläche eines Prüfkörpers in drei Raumrichtungen, wobei zwei (oder mehr) Kameras mit unterschiedlichen Blickwinkeln zur Oberfläche ausgerichtet sind. Stereo-DIC wird manchmal als 3D-DIC bezeichnet, dies sollte nicht mit volumetrischer DIC verwechselt werden. Dieses Verfahren hingegen kann Form- und Verschiebungsmessungen durch das ganze Volumen des Prüfkörpers liefern.

Datenfilterung: Jede weitere Nachbearbeitung der Ergebnisse, um die DIC Ergebnisse räumlich oder zeitlich zu filtern (diese können Gaußfilter, Medianfilter etc. beinhalten)

Datenpunkt: Ein Punkt bei dem DIC Ergebnisse (Verschiebungen, Dehnungen etc.) ermittelt werden. Datenpunkte werden normalerweise in der Mitte einer Facette bei der lokalen DIC ermittelt.

Dynamischer Bereich, Detektor [Anzahl oder Grauwertstufen]: Anzahl an Bits des Analog-Digital Wandlers eines Kameradetektors (z.B. 8-Bit).

Dynamischer Bereich, Bild [Anzahl oder Grauwertstufen]: Grauwertstufenbereich der im Datenbild enthalten ist. Dies kann grafisch im Histogramm angezeigt werden. Der dynamische Bildbereich ist kleiner oder gleich dem des dynamischen Detektorbereichs.

Epipolarer Fehler [Pixel]: Der Abstand zwischen der Position eines Datenpunkts, der durch Kreuzkorrelation eines Bildpaares von den beiden Kameras eines Stereo-DIC Systems ermittelt wird, und der Epipolarlinie.

Anm. 1: Je nach DIC Software, wird der epipolare Fehler auch noch Projektionsfehler, dreidimensionales Residuum, Einschneideabweichung/Einschneidefehler oder Korrelationsabweichung genannt.

Note 2: The epipolar line is determined by the extrinsic parameters of the stereo-camera calibration (i.e. stereo-angle, distance between two cameras). For more information on epipolar geometry, refer to [2, Sec. 4.2 (Three-Dimensional Computer Vision)].

Field-of-View (FOV) [mm × mm]: The region of space projected through a lens system onto a camera detector.

Gray Level [counts]: The image intensity recorded by the image acquisition system, expressed as the number of counts of the digitizer.

Note 1: This value is proportional to the measured light intensity, but typically has no absolute calibrated relationship to the measured intensity. For DIC, this lack of calibration is acceptable, because the image is used for tracking the object motion, rather than measuring the light intensity at points on the object.

Note 2: Usually the number of counts is relative to the number of bits (quantization level) in the imaging analog-to-digital converter.

Image Data: Recorded “images” of a test piece containing encoded information related to the displacement field including displacement gradients, nearly always a 2D or 3D numerical array of “intensity” or gray level data that will be used for correlation.

Image Filtering: Any type of image data processing done to modify the gray level values of the pixels, most often a smoothing operation.

Note 1: *Analog Image Filtering* refers to filtering that is done in an analog fashion by modifying the physical optical system, e.g. with a blur filter assembled on the camera detector or by defocusing the lens.

Anm. 2: Die Epipolarlinie wird durch die extrinsischen Parameter der Stereokamerakalibrierung ermittelt (d.h. Stereowinkel, Abstand zwischen zwei Kameras). Mehr Information zur epipolaren Geometrie, siehe [2, Abschn. 4.2 (Three-Dimensional Computer Vision)].

Sichtfeld (FOV) [mm × mm]: Der durch ein Linsensystem auf den Kameradetektor projizierte Raumbereich.

Grauwert [Wert]: Die Bildintensität, die vom Aufnahmesystem aufgezeichnet wird, angegeben in Einheiten der Digitalisierung.

Anm. 1: Dieser Wert ist proportional zur gemessenen Lichtintensität, hat aber normalerweise keinen absoluten kalibrierten Bezug zur gemessenen Intensität. Für DIC ist dieser Mangel an Kalibrierung akzeptabel, da das Bild zur Verfolgung der Objektbewegung als zur Messung der Lichtintensität von Punkten auf dem Objekt verwendet wird.

Anm. 2: Üblicherweise ist der Wert relativ zur Bit-Tiefe (Quantisierungsstufe) vom bildgebenden Analog-Digital Wandler zu verstehen.

Bilddaten: Aufgenommene “Bilder” eines Prüfkörpers, mit enthaltenen Informationen zum Verschiebungsfeld, inklusive Verschiebungsgradienten. Diese Daten enthalten im Allgemeinen ein numerisches 2D oder 3D Feld von “Intensität“ oder Grauwertstufen, die für die Korrelation verwendet werden.

Bildfilterung: Jede Art der Bilddatenverarbeitung, die zu Änderungen der Grauwerte der Pixel führt, meist eine Glättungsoperation.

Anm. 1: *Analoge Bildfilterung* bezieht sich auf eine Filterung, die in analoger Weise durchgeführt wird, durch Änderung des physisch optischen Systems, z.B. mittels eines an den Kameradetektor angebrachten Unschärfefilters oder durch eine Defokussierung des Objektivs.

Note 2: *Digital Image Filtering* refers to filtering that is done in a digital fashion as a post-processing step after the image has been acquired, e.g. a Gaussian filter.

Image Noise [counts or gray levels or percent of dynamic range]: Pixel-wise acquisition noise of the imaging system. This often varies depending on pixel intensity, camera temperature and optical intensity.

Image Scale [pixel/mm]: Number of optical elements (pixels) used to record an image of a region of physical length. The image scale can be used to convert from the image pixel size to physical units (e.g. meter).

Note 1: The image scale varies with position in an image. In 2D-DIC, with a single camera perpendicular to the test piece, the variation tends to be small, since the variation is the result of lens distortions. In stereo-DIC, where the cameras are angled with respect to the surface of interest, the variation in image scale is much larger. This is the result of a combination of the lens distortions and the perspective effect (which is reversed in the left and right images). For stereo-DIC systems, the average image scale of the ROI shall be reported.

Interpolant: Interpolation function used to calculate the subpixel changes within the subset shape function transformation subject to the matching criteria during the correlation calculation.

Matching Criterion: Mathematical formulation used to calculate the quality metric of the calculated displacement field based on the underlying image data. Also commonly referred to as “correlation criterion.”

Anm. 2: *Digitale Bildfilterung* bezieht sich auf eine Filterung, die in digitaler Weise als Nachbearbeitungsschritt nach der Bildaufnahme durchgeführt wird, z.B. Gaußfilter.

Bildrauschen [Anzahl oder Grauwertstufen oder Prozent des dynamischen Bereichs]: Rauschen des bildgebenden Systems bei der Bildaufnahme pro Pixel. Im Allgemeinen variiert dieses je nach Pixelintensität, Kamertemperatur und optischer Intensität.

Bildskalierung [Pixel/mm]: Anzahl der Pixel die bei der Bildaufnahme für eine Abbildung einer physikalischen Länge verwendet wird. Die Bildskalierung wird für die Umrechnung von Pixelgröße im Bild auf die physikalische Einheit (z.B. Meter) verwendet.

Anm. 1: Die Bildskalierung variiert mit der Position innerhalb eines Bildes. Bei 2D-DIC Systemen ist die Variation bei einer einzelnen Kamera senkrecht zum Prüfkörper eher gering, da die Abweichung nur durch Linsenverzeichnung hervorgerufen wird. Bei Stereo-DIC, wo die Kameras in Bezug zur Oberfläche des Prüfkörpers schiefwinklig orientiert sind, ist die Abweichung der Bildskalierung viel größer. Dies beruht auf einer Kombination der Linsenverzeichnung und des perspektivischen Effekts (der im linken und rechten Bild umgekehrt ist). Bei Stereo-DIC Systemen ist für den Wert der Bildskalierung, der Mittelwert innerhalb des ROI anzugeben.

Interpolant: Interpolationsfunktion, die zur Berechnung der Sub-Pixeländerungen innerhalb der Facettenformtransformationfunktion, unter Berücksichtigung der Übereinstimmungskriterien, während der Korrelationsberechnung verwendet wird.

Übereinstimmungskriterium: Mathematische Formulierung zur Berechnung der Qualitätsmetrik des berechneten Verschiebungsfeldes, basierend auf den zugrundeliegenden Bilddaten. Auch allgemein als “Korrelationskriterium“ bezeichnet.

Note 1: Common matching criteria include, but are not limited to, sum of square differences (SSD), normalized sum of square differences (NSSD), zero-normalized sum of square differences (ZNSSD) and cross-correlation (CC).

Noise-Floor: [See Resolution of a Quantity-of-Interest.]

Pattern Feature Size [pixel]: Characteristic length (e.g. diameter) of DIC pattern features in the image data, reported in terms of pixels.

Note 1: For DIC patterns that consist of primarily circular features (i.e. speckles), the pattern feature size is sometimes referred to as the “speckle size.”

Note 2: If a range of feature sizes exist in the image, the mean size and an indication of the distribution of sizes (e.g. minimum and maximum, or standard deviation) should be reported.

Note 3: Physical size of the features can be calculated by dividing by the image scale.

Note 4: The spatial frequency of the pattern can be determined as the inverse of the pattern feature size (e.g. $1/(\text{pattern feature size})$).

Pixel: Region over which the image data is averaged and quantized. There is a resulting gray level or number of counts at each pixel relative to some underlying input, usually optical intensity.

Quantity-of-Interest (QOI): An attribute or property of a test piece that may be distinguished qualitatively and determined quantitatively [1], which a person seeks to characterize by performing a particular test.

Anm. 1: Zu den allgemeinen Übereinstimmungskriterien gehören, ohne darauf beschränkt zu sein, die Summe der quadrierten Differenzen (SSD), normierte Summe der quadrierten Differenzen (NSSD), Nullnormierte Summe der quadrierten Differenzen (ZNSSD), und Kreuzkorrelation (CC).

Grundrauschen: [Siehe Auflösung einer Interessierenden Größe.]

Mustermerkmalsgröße [Pixel]: Charakteristische Größe (z.B. Durchmesser) der in den Bilddaten vorhandenen Merkmale, die bei DIC verwendet werden, in Pixel.

Anm. 1: Für DIC Muster, die hauptsächlich aus kreisförmigen Merkmalen (d.h. Sprenkler) bestehen, wird die Mustermerkmalsgröße manchmal als “Sprenkelgröße” bezeichnet.

Anm. 2: Wenn die Mustermerkmalsgröße innerhalb des Bildes variiert, sollte die mittlere Größe und eine Information zur Größenverteilung angegeben werden (z.B. Minimum und Maximum, oder Standardabweichung).

Anm. 3: Die physikalische Größe der Merkmale kann mittels Dividieren der Mustermerkmalsgröße durch die Bildskalierung berechnet werden.

Anm. 4: Die Raumfrequenz des Musters kann als Inverse der Mustermerkmalsgröße bestimmt werden (z.B. $1/\text{Mustermerkmalsgröße}$).

Pixel: Bereich über den die Bilddaten gemittelt und quantisiert werden. Es ergibt sich ein resultierender Grauwert oder Anzahl von Ereignissen für jedes Pixel bezogen auf die zugrundeliegende Eingangsgröße, im Allgemeinen die optische Intensität.

Interessierende Größe (QOI): Ein Attribut oder eine Eigenschaft eines Prüfkörpers, das mit der Durchführung eines bestimmten Tests qualitativ unterschieden und quantitativ bestimmt werden soll.

Note 1: QOIs may be both direct measurements or derived quantities. With respect to DIC, common QOIs are shape, curvature, displacement, velocity, acceleration, strain, strain-rate, etc.

Quantization Level [bits]: Number of bits used to record the gray level at each pixel. This may be light intensity for optical images, X-ray density for computed tomography, or any other information encoded as image contrast (image data). (A height map in an atomic force microscope is an example of a different type of “image data”).

Region-of-Interest (ROI) of the Test Piece [mm × mm]: The portion of surface of the test piece that is used for analysis.

Note 1: The term “area-of-interest” is sometimes used interchangeably with the term “region-of-interest.”

Note 2: The region may be of any arbitrary shape, and may change shape in consecutive images.

Note 3: The term “region-of-interest” can refer to either a portion of the test piece or the corresponding portion of an image, and context typically is sufficient to distinguish between the two demarcations.

Region-of-Interest (ROI) of the Image [pixel × pixel]: The portion of the image corresponding to the region-of-interest of the test piece.

Note 1: The term “area-of-interest” is sometimes used interchangeably with the term “region-of-interest.”

Note 2: All QOIs are measured or derived using the image data that comes from the ROI of the image.

Anm. 1: QOI kann sowohl eine direkte Messgröße als auch eine abgeleitete Größe sein. In Bezug zu DIC sind übliche QOI: Kontur, Krümmung, Verschiebung, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Dehnung, Dehnrate etc.

Quantisierungsstufe [bits]: Anzahl der Bits, die zum Aufzeichnen des Grauwerts an jedem Pixel verwendet wird. Diese kann für optische Systeme die Lichtintensität, für die Computertomographie die Röntgenstrahldichte oder jede andere als Bildkontrast (Bilddaten) codierte Information sein. (Eine Höhenkarte in einem Rasterkraftmikroskop ist ein Beispiel eines anderen Typs von “Bilddaten“.)

Interessierender Bereich (ROI) des Prüfkörpers [mm × mm]: Der Bereich der Oberfläche des Prüfkörpers, der für die Analyse verwendet wird.

Anm. 1: Der Begriff “Interessierende Fläche“ wird manchmal synonym zum Begriff “Interessierender Bereich” verwendet.

Anm. 2: Der Bereich kann von beliebiger Form sein und sich in aufeinanderfolgenden Bildern ändern.

Anm. 3: Der Begriff QOI kann sich entweder auf einen Bereich des Prüfkörpers oder auf den entsprechenden Bereich eines Bildes beziehen und der Kontext ist normalerweise ausreichend um zwischen beiden Abgrenzungen zu unterscheiden.

Interessierender Bereich (ROI) des Bildes [Pixel × Pixel]: Der Bereich des Bildes der dem Interessierenden Bereich des Prüfkörpers entspricht.

Anm. 1: Der Begriff “Interessierende Fläche“ wird manchmal synonym zum Begriff “Interessierender Bereich” verwendet.

Anm. 2: Alle QOI werden gemessen oder abgeleitet von Bilddaten, die sich innerhalb des ROI des Bildes befinden.

Note 3: The term “region-of-interest” can refer to either a portion of the test piece or the corresponding portion of an image, and context typically is sufficient to distinguish between the two demarcations.

Resolution, Image [pixel × pixel]: Total number of pixels contained in an image, typically reported as the width by height of the detector array in pixels.

Note 1: Image resolution should not be confused with optical resolution or spatial resolution.

Resolution, Optical [line pair / mm]: The ability of an imaging system to resolve detail in the object being imaged.

Note 1: Optical resolution is typically measured from images of a resolution target.

Resolution, Spatial [pixel]: The minimum distance between two localized features that can be independently resolved.

Note 1: This definition might be counter intuitive, in that a smaller resolution value is desirable, whereas a larger resolution value is generally less desirable. These trends are opposite those of image resolution and optical resolution.

Note 2: For the current edition of this guide, the concept of spatial resolution is defined as above; however, a unified method to determine the spatial resolution of DIC measurements is a current topic of interest for iDICs, and iDICs is actively exploring this concept in more detail.

Anm. 3: Der Ausdruck “Interessierender Bereich des Bildes“ kann sich entweder auf einen Bereich des Prüfkörpers oder auf den entsprechenden Bereich eines Bildes beziehen und der Kontext ist normalerweise ausreichend um zwischen beiden Abgrenzungen zu unterscheiden.

Auflösung, Bild [Pixel × Pixel]: Gesamtanzahl der in einem Bild enthaltenen Pixel, normalerweise angegeben mit Breite mal Höhe des Detektorfelds in Pixel.

Anm. 1: Bildauflösung darf nicht mit optischer Auflösung oder räumlicher Auflösung verwechselt werden.

Auflösung, Optisch [Linienpaar / mm]: Die Fähigkeit eines bildgebenden Systems, Details im abzubildenden Objekt aufzulösen.

Anm. 1: Die optische Auflösung wird normalerweise anhand von Bildern eines Auflösungstestmusters gemessen.

Auflösung, Räumlich [Pixel]: Der Mindestabstand zwischen zwei lokalisierten Merkmalen, die unabhängig voneinander aufgelöst werden können.

Anm. 1: Diese Definition kann insofern kontraintuitiv sein, da ein kleinerer Auflösungswert wünschenswert ist, wohingegen ein größerer Auflösungswert im Allgemeinen weniger wünschenswert ist. Diese Tendenzen sind denen der Bildauflösung und optischen Auflösung entgegengesetzt.

Anm. 2: In der aktuellen Ausgabe dieses Leitfadens ist das Konzept der räumlichen Auflösung wie oben definiert. Eine einheitliche Methode zur Bestimmung der räumlichen Auflösung von DIC-Messungen ist jedoch aktuelles Thema für iDICs, und iDICs untersucht dieses Konzept derzeit ausführlicher.

Resolution Target: An object with features of specified width and/or spacing, used to determine the optical resolution of an imaging system.

Note 1: Two common resolution targets are the 1951 USAF resolution target or the Siemens star, which can be purchased from major optics companies. See https://en.wikipedia.org/wiki/1951_USAF_resolution_test_chart and https://en.wikipedia.org/wiki/Siemens_star for more information.

Resolution of a Quantity-of-Interest: The threshold value of a QOI below which measurements are indistinguishable from noise, and above which measurements are significant.

Note 1: The phrase “Resolution of a QOI” is used interchangeably with the phrase “noise-floor” in this guide.

Note 2: The noise-floor is typically defined as a multiple of the standard deviation (either spatial or temporal) of the QOI computed under conditions in which the QOI should be zero.

Note 3: The noise-floor reflects only the random variance error of the QOI, and does not reflect any systematic bias errors that may be present in the QOI. See Sec. 5.4 for more information on variance versus bias errors.

Shape Function, Strain: Analytic equation that is fit, in a least-squares sense, to the displacement data within the strain window. Strains are computed from the derivatives of this equation.

Note 1: The strain shape function should not be confused with the subset shape function.

Auflösungstestmuster: Ein Objekt mit Merkmalen einer bestimmten Breite und/oder eines bestimmten Abstands, mit dem die optische Auflösung eines bildgebenden Systems bestimmt wird.

Anm. 1: Zwei übliche Auflösungstestmuster sind die 1951 USAF Auflösungstesttafel oder der Siemensstern, die bei großen Optikunternehmen erhältlich sind. Siehe <https://de.wikipedia.org/wiki/USAF-Chart> und <https://de.wikipedia.org/wiki/Siemensstern> für mehr Informationen.

Auflösung einer Interessierenden Größe: Der Schwellenwert einer QOI, unterhalb dessen Messungen von Rauschen nicht zu unterscheiden sind und oberhalb dessen Messungen signifikant sind.

Anm. 1: Der Ausdruck “Auflösung einer QOI” wird innerhalb dieses Leitfadens synonym zum Ausdruck “Grundrauschen” verwendet.

Anm. 2: Das Grundrauschen ist normalerweise als ein Vielfaches der Standardabweichung (räumlich oder zeitlich) der QOI definiert, die unter Bedingungen berechnet wird, wo die QOI Null sein sollte.

Anm. 3: Das Grundrauschen gibt nur den zufälligen Varianzfehler der QOI wieder und steht nicht für jeglichen systematischen Fehler, der der QOI anhaftet. Siehe Abschn. 5.4 für mehr Informationen zu Varianz- und systematischen Fehlern.

Formfunktion, Dehnung: Analytische Gleichung, die im Sinne der kleinsten Quadrate an die Verschiebungsdaten innerhalb des Dehnungsfensters angepasst wird. Aus den Ableitungen dieser Gleichung werden Dehnungen berechnet.

Anm. 1: Die Dehnungsformfunktion darf nicht mit der Facettenformfunktion verwechselt werden.

Note 2: Not all methods of computing strain invoke a strain shape function.

Shape Function, Subset: Equation used to describe the displacement field within a subset.

Note 1: Affine (linear) is the most common subset shape function, but higher ordered implementations are also used.

Note 2: The subset shape function should not be confused with the strain shape function.

Stand-Off Distance [m]: The distance between the aperture of the lens and the test specimen.

Stereo-Angle [degree]: In a stereo-DIC system, the included angle between the optical axis of each of the two camera systems (i.e. camera and lens).

Stereo-Plane: In a stereo-DIC system, the plane formed by the optical axes of the two camera systems (i.e. camera and lens).

Step Size, L_{step} [pixel]: The spacing of pixel grid points at which the subset displacements are calculated. That is, there will be a displacement solution at every step in the ROI.

Note 1: The step size is also sometimes reported as overlap. For example, 50% overlap means a step size of half the subset size.

Subset: Portion of the image that is used to calculate one 3D coordinate value, or one displacement value.

Note 1: Center point displacement is commonly reported, although other parameters may be available via the subset shape function.

Anm. 2: Nicht alle Methoden zur Dehnungsberechnung beziehen sich auf eine Dehnungsformfunktion.

Formfunktion, Facette: Gleichung, zur Beschreibung des Verschiebungsfeldes innerhalb einer Facette.

Anm. 1: Affin (linear) ist die üblichste Facettenformfunktion, es werden jedoch auch Implementierungen höherer Ordnung verwendet.

Anm. 2: Die Facettenformfunktion darf nicht mit der Dehnungsformfunktion verwechselt werden.

Arbeitsabstand [m]: Der Abstand zwischen der Blende des Objektivs und dem Prüfkörper.

Stereo-Winkel [Grad]: Der in einem Stereo-DIC System eingeschlossene Winkel zwischen den optischen Achsen der beiden Kamerasysteme (d.h. Kamera und Objektiv).

Stereo-Ebene: Die Ebene in einem Stereo-DIC System, die durch die optischen Achsen der beiden Kamerasysteme gebildet wird (d.h. Kamera und Objektiv).

Schrittweite, $L_{Schritt}$ [Pixel]: Der Abstand der Pixelgitterpunkte anhand der die Verschiebungen der Facetten berechnet werden. Die Schrittweite bestimmt den Abstand, an welchem die Verschiebungen im ROI berechnet werden.

Anm. 1: Die Schrittweite wird manchmal als Überlapp angegeben. Zum Beispiel, 50% Überlapp bedeutet eine Schrittweite einer halben Facettengröße.

Facette: Bildbereich, der für die Berechnung eines 3D Koordinatenwerts oder eines Verschiebungswerts verwendet wird.

Anm. 1: Meist wird die Verschiebung des Mittelpunktes als Mittelpunktskoordinaten angegeben, obwohl auch andere Parameter über die Facettenformfunktion verfügbar gemacht werden können.

Subset Size, L_{subset} [pixel]: Length of the subset in the reference image.

Note 1: Subsets are typically square or circular (in the reference image), and thus a single length is sufficient to define the subset size. Some software, however, permits rectangular subsets; in this case, dimensions of both sides of the rectangle should be given to define the subset size.

Virtual Strain Gauge (VSG): The local region of the image that affects the strain value at a specific location.

Note 1: The VSG is analogous to — but not exactly equal to — the physical area that a physical strain gauge would cover.

Virtual Strain Gauge Size, L_{VSG} [pixel]: Characteristic length of the virtual strain gauge.

Note 1: Virtual strain gauges are typically square, circular, or hexagonal, and the size of the VSG is given by the characteristic length of the VSG (i.e. one side of the square, the diameter of the circle, or the effective diameter of the hexagon). The VSG size is specified in terms of the number of pixels that span the characteristic length of the VSG.

Note 2: The size of the VSG depends on the strain calculation method and user-defined parameters such as step size, subset size, strain window, filter window, strain shape function, weighting functions, and subset shape function. An estimate for the size of the VSG, if $L_{window} > 0$, is given by Eqn. 7.1, where L_{window} is the window size (of either the strain window or of the filter window), L_{step} is the step size, and L_{subset} is the subset size.

$$L_{VSG} = (L_{window} - 1)L_{step} + L_{subset} \quad (7.1)$$

Facettengröße, $L_{Facette}$ [Pixel]: Größe der Facette im Referenzbild.

Anm. 1: Da Facetten üblicherweise quadratisch oder kreisförmig (im Referenzbild) sind, ist eine einzelne Länge ausreichend um die Facettengröße zu definieren. Manche Softwarepakete erlauben rechteckige Facetten, in diesem Fall sind die Abmessungen beider Seiten des Rechtecks für die Definition der Facettengröße anzugeben.

Virtueller Dehnungsmessstreifen (VSG): Der lokale Bildbereich, der den Dehnungswert an einer bestimmten Stelle beeinflusst.

Anm. 1: Der VSG ist vergleichbar – aber nicht exakt gleich – zum physischen Bereich der von einem Dehnungsmessstreifen abgedeckt wird.

Virtuelle Dehnungsmessstreifengröße, L_{VSG} [Pixel]: Charakteristische Länge des Virtuellen Dehnungsmessstreifens.

Anm. 1: Virtuelle Dehnungsmessstreifen sind üblicherweise quadratisch, kreisförmig oder sechseckig und die Größe des Fensters ist durch die charakteristische Länge des Fensters (d.h. Seitenlänge des Quadrats, Durchmesser des Kreises oder effektiver Durchmesser des Sechsecks) gegeben. Die Größe des VSG wird als Anzahl der Pixel angegeben, die sich über die charakteristische Länge des VSG erstrecken.

Anm. 2: Die Größe des VSG ist abhängig von der Methode der Dehnungsberechnung und benutzerdefinierten Parametern wie Schrittweite, Facettengröße, Dehnungsfenster, Filterfenster, Dehnungsformfunktion, Gewichtungsfunktion und Facettenformfunktion. Wenn $L_{Fenster} > 0$, ist durch Gl. 7.1 eine Abschätzung für die Größe des VSG gegeben, wobei $L_{Fenster}$ die Fenstergröße ist (entweder das vom Dehnungsfenster oder vom Filterfenster), $L_{Schritt}$ ist die Schrittweite, und $L_{Facette}$ ist die

Note 3: To determine the VSG size in terms of physical units, the VSG size must be divided by the average image scale.

Weighting Function: Mathematical device used to give some elements more influence on a result than other elements, based on the spatial location of the elements.

Note 1: Common weighting functions are square or uniform (which weights all elements equally) or Gaussian (which weights elements closer to the center point of interest more heavily than elements farther from the center point of interest).

Note 2: A *subset weighting function* is used to weight the intensities of the pixels contained within the subset when performing subset matching.

Note 3: A *strain weighting function* is used to weight the displacement data points within the strain window when computing strain.

Note 4: A *filter weighting function* is used to weight the data within a filter window when applying a spatial data filter.

Window, Filter: Local region of the ROI of the image, containing a finite number of data points, that is used for local spatial filters of DIC data.

Note 1: See Window Size for information about the filter window size.

Window Size, L_{window} [data point]: Characteristic length of a local region of data points (e.g. a filter window or a strain window).

Facettengröße.

$$L_{VSG} = (L_{Fenster} - 1) L_{Schritt} + L_{Facette} \quad (7.1)$$

Anm. 3: Um die Größe des VSG in physikalischen Einheiten zu bestimmen, muss die Größe des VSG durch die mittlere Bildskalierung geteilt werden.

Gewichtungsfunktion: Mathematisches Hilfsmittel, um, basierend auf der räumlichen Verteilung, einigen Elementen einen größeren Einfluss auf die Ergebnisse zu geben, als anderen.

Anm. 1: Gängige Gewichtungsfunktionen sind quadratisch, einheitlich (wobei alle Elemente gleich gewichtet sind) oder Gauß-gewichtet (wobei Elemente die näher am Mittelpunkt des Interesses liegen, größer gewichtet werden als Elemente weiter entfernt vom Mittelpunkt des Interesses).

Anm. 2: Eine *Facettengewichtungsfunktion* wird verwendet, um die Intensitäten der in der Facette enthaltenen Pixel bei der Facettenanpassung zu gewichten.

Anm. 3: Eine *Dehnungsgewichtungsfunktion* wird verwendet, um die Verschiebungsdatenpunkte innerhalb des Dehnungsfensters bei der Dehnungsberechnung zu gewichten.

Anm. 4: Eine *Filtergewichtungsfunktion* wird verwendet, um Daten innerhalb eines Filterfensters bei der räumlichen Datenfilterung zu gewichten.

Fenster, Filter: Lokaler Bereich des ROI des Bildes mit einer begrenzten Anzahl an Datenpunkten, der für lokale räumliche Filter von DIC Daten verwendet wird.

Anm. 1: Informationen zur Filterfenstergröße finden Sie unter Fenstergröße.

Fenstergröße, $L_{Fenster}$ [Datenpunkt]: Charakteristische Länge eines lokalen Bereichs mit Datenpunkten (z.B. ein Filterfenster oder ein Dehnungsfenster).

Note 1: Strain and filter windows are typically square, circular, or hexagonal, and the size of the window is given by the characteristic length of the window (i.e. one side of the square, the diameter of the circle, or the effective diameter of the hexagon). The window size is specified in terms of the number of data points that span the characteristic length of the window. Windows are typically symmetric and centered at a data point; thus, window sizes are typically odd integers.

Note 2: The window size in terms of pixels, L_{window}^* , is given by Eqn. 7.2, where L_{window} is the window size in terms of data points, and L_{step} is the step size.

$$L_{window}^* = (L_{window} - 1) L_{step} \quad (7.2)$$

Note 3: To determine the window size in terms of physical units, the window size in terms of pixels must be divided by the average image scale.

Window, Strain: Local region of the ROI of the image, containing a finite number of data points, that is used to calculate strain.

Note 1: Not all methods of computing strain invoke a strain window.

Note 2: See Window Size for information about the strain window size.

Anm. 1: Dehnungs- und Filterfenster sind üblicherweise quadratisch, kreisförmig oder sechseckig und die Größe des Fensters ist durch die charakteristische Länge des Fensters (d.h. Seitenlänge des Quadrats, Durchmesser des Kreises oder effektiver Durchmesser des Sechsecks) gegeben. Die Fenstergröße wird als Anzahl der Datenpunkte angegeben, die sich über die charakteristische Länge des Fensters erstrecken. Fenster sind normalerweise symmetrisch und an einem Datenpunkt zentriert; somit sind Fenstergrößen typischerweise ungerade Ganzzahlen.

Anm. 2: Die Fenstergröße in Pixel, $L_{Fenster}^*$, ist gegeben durch Gl. 7.2, wobei $L_{Fenster}$ der Fenstergröße in Datenpunkten und $L_{Schritt}$ der Schrittweite entspricht.

$$L_{Fenster}^* = (L_{Fenster} - 1) L_{Schritt} \quad (7.2)$$

Anm. 3: Um die Fenstergröße in physikalischen Einheiten zu bestimmen, muss die Fenstergröße in Pixel durch die mittlere Bildskalierung geteilt werden.

Fenster, Dehnung: Lokaler Bereich des ROI des Bildes mit einer begrenzten Anzahl an Datenpunkten, der für die Dehnungsberechnung verwendet wird.

Anm. 1: Nicht alle Methoden der Dehnungsberechnung beziehen sich auf ein Dehnungsfenster.

Anm. 2: Informationen zur Dehnungsfenstergröße finden Sie unter Fenstergröße.

References

Quellen

- [1] JCGM Member Organizations (2012) International Vocabulary of Metrology — Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM). Edition 3. Vol 200. BIPM. <https://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html>.
- [2] Sutton, M.A., Orteu, J.J., Schreier, H. (2009) *Image Correlation for Shape, Motion and Deformation Measurements*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-78747-3>.