

Mixed Reality Assistenzsystem zur visuellen Qualitätsprüfung mit Hilfe digitaler Produktfertigungsinformationen

Stefan Adwernat und Matthias Neges

Einleitung und Problemstellung

In der industriellen Fertigung unterliegen die Produkteigenschaften und -parameter, unabhängig vom eingesetzten Fertigungsverfahren, gewissen Streuungen. Im Rahmen der Qualitätsprüfung wird daher ermittelt, inwieweit die festgelegten Qualitätsanforderungen an das Produkt bzw. Werkstück trotz der Fertigungsstreuungen erfüllt werden (Brunner et al. 2011).

Ein Prüfinstrument, um diese Abweichungen zu erkennen und zu bewerten, ist die visuelle Prüfung. Hierbei untersucht ein Prüfer das Werkstück hinsichtlich definierter Kriterien. Die anschließende Bewertung als Gut- oder als Schlechteil erfolgt anhand eines Musters, beispielsweise ein körperliches Normal, ein Foto oder ein eingprägtes Bild des jeweiligen Werkstücks. Im Allgemeinen umfassen die Tätigkeiten der Sichtprüfung eine Objekt- und Lageerkennung, eine Vollständigkeits- und Geometrieprüfung, die Oberflächeninspektion bzw. Defekterkennung, aber auch die Form- und Maßprüfung (Keferstein et al. 2018).

Eine normgerechte Sichtprüfung soll anhand der in einer Prüfanweisung festgelegten Merkmale durchgeführt werden. Darüber hinaus müssen die Ergebnisse in einem Prüfbericht dokumentiert werden (Schiebold 2015).

Insbesondere bei einer visuellen Prüfung durch den Menschen hängt das Ergebnis jedoch sehr stark vom jeweiligen Prüfer ab. Die wesentlichen Faktoren für die Erkennungsleistung sind Erfahrung, Qualifizierung und Ermüdung des Prüfers, Umgebungsbedingungen, wie Beleuchtung, Schmutz oder akustische Störfaktoren, aber auch die Anzahl und Gewichtung der zu

bewertenden Merkmale (Keferstein et al. 2018). Infolge dessen kann die Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse negativ beeinflusst werden. Gleiches gilt für die vollständige und konsistente Dokumentation der Sichtprüfung.

Aufgrund aktueller technischer Weiterentwicklungen der Hard- und Software im Bereich der Virtuellen Realität (VR) und Mixed Reality (MR), ihrer weitreichenden Verbreitung und Akzeptanz im privaten Umfeld sowie der damit einhergehenden gefallen Kosten, halten diese Technologien zunehmend auch im industriellen Bereich Einzug.

Im Kern dieser Technologien steht die Visualisierung digitaler Inhalte in unterschiedlichem Ausmaß. So kann der Benutzer vollständig in eine virtuelle Umgebung eintauchen oder auch nur eine partielle Überlagerung der realen Umwelt mit virtuellen bzw. digitalen Inhalten erleben. Darüber hinaus kann der Benutzer mit den dargestellten Inhalten interagieren (Dörner et al. 2013).

Vor diesem Hintergrund wird ein Mixed Reality-basiertes Assistenzsystem entwickelt, welches den Prüferker bei der Durchführung und Dokumentation der visuellen Sichtprüfung unterstützen soll. Die Anforderungen dieses Ansatzes sind aus einem Kooperationsprojekt in der Automobilindustrie abgeleitet. Das dargestellte Assistenzsystem ist daher Teil von übergeordneten Aktivitäten im Zusammenhang mit 3D-Master und einer zeichnungsfreien Produktdokumentation.

Zeichnungsfreie Produktdokumentation

Seit der Einführung und praktischen Nutzung virtueller Produktdaten entlang des Produktlebenszyklus in den 1970er-Jahren gelten computergestützte Engineering-Systeme (CAx-Systeme) heutzutage als flächendeckend etabliert. Die virtuelle Produktentwicklung basierend auf dreidimensionalen CAD-Daten ist bis auf wenige Ausnahmen quasi Standard (Pfouga & Stjepandić 2015). Auch wenn der 3D-Datensatz oftmals ausreicht, um das Produkt als Prototyp oder Serienteil zu fertigen, wird zusätzlich dazu auch heute noch eine zweidimensionale Zeichnung angefertigt. Diese wird als führendes Dokumentations- und Kommunikationsobjekt zwischen den einzelnen Fachabteilungen innerhalb eines Unternehmens ausgetauscht und ist auch nach außen hin für Lieferanten oder OEMs (Original Equipment

Manufacturer) sowie zur Einhaltung gesetzlicher Bestimmungen erforderlich, z.B. Langzeitarchivierung oder TÜV-Freigaben. Insbesondere die Pflege dieser Dokumente entlang des Produktlebenszyklus ist mit hohem Aufwand verbunden und aufgrund möglicher Medienbrüche sehr fehleranfällig (Kitsios & Haslauer 2014).

Infolge dessen konzentrieren sich Ansätze wie beispielsweise „3D-Master“ oder „Model-Based-Design“ darauf, primär den 3D-Datensatz zur Produktbeschreibung und als Quelle für nachgelagerte Dokumentationsflüsse zu verwenden. Das Ziel dieser Bestrebungen ist die Schaffung einer zentralen, maschinenlesbaren Informationsquelle für eine durchgängige Kommunikation entlang des Produktlebenszyklus (Kitsios & Haslauer 2014; Pfouga & Stjepandić 2015).

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt die Projektgruppe „Zeichnungsloser Prozess“ (ZLP) des Verbandes der Automobilindustrie (VDA). Die daraus hervorgegangene Richtlinie VDA 4953-2 beschreibt mögliche Mittel zur Gestaltung einer zeichnungslosen Produktdokumentation und liefert einen Vorschlag für die Architektur eines ZLP-Containers. In seinem Kern besteht der Container aus einem 3D-Anteil mit annotierter Geometrie-Repräsentation sowie strukturierten Metadaten, welche mit den 3D-Inhalten verknüpft sind. Die enthaltenen Inhalte sind im Wesentlichen verbindliche Produktinformationen, die jedoch um optionale, langzeitarchivierungsfähige Bestandteile erweitert werden können. Die Bündelung dieser Informationen erfolgt in einer PDF-Datei, dem ZLP-Container (VDA Verband der Automobilindustrie e.V. 2015).

Aufbau und prototypische Implementierung des Assistenzsystems

Use Case und Anforderungen

Der in diesem Beitrag vorgestellte Prototyp adressiert einerseits die zu Beginn genannten Problempunkte einer visuellen Qualitätsprüfung durch den Menschen und greift andererseits die Thematik der zeichnungslosen Produktdokumentation auf. Als Use Case ergibt sich demnach eine visuelle Prüfung von Werkstücken im Rahmen einer Qualitätskontrolle durch einen Prüfwirker, wie sie beispielsweise im Zuge einer Wareneingangskontrolle

stattfindet. Der Prüfvorgang soll durch ein interaktives Assistenzsystem unterstützt werden.

Da der Use Case in einen zeichnungslosen Prozess eingebettet werden soll, ergeben sich als funktionale Anforderungen an das System weiterhin:

- Identifizierung von Werkstücken
- Aufrufen der zugehörigen 3D-Modelle
- Anzeige definierter Prüfmerkmale mit Bezug zur Geometrie des Werkstücks
- Dokumentation der Prüfbefunde über Texteingaben und Fotos
- Versenden einer Meldung über Freigabe oder Sperrung des Werkstücks inklusive Weiterleitung der Prüfbefunde an die jeweilige Fachabteilung.

Konzept

Das Gesamtkonzept (siehe Abbildung 1) besteht im Wesentlichen aus vier Komponenten, die mit dem Assistenzsystem in Verbindung stehen. Zunächst handelt es sich dabei um den Prüfer selbst, der für die Sichtprüfung des Werkstücks inklusive der Dokumentation verantwortlich ist. Er muss im Stande sein, die visuelle Prüfung unter Einhaltung geltender Bestimmungen durchzuführen. Dazu zählt einerseits die Qualifikation, beispielsweise gemäß DIN EN ISO 9712 (DIN EN ISO 9712:2012), aber auch Prüfhilfsmittel, Beleuchtung, Umgebungseinflüsse, Verunreinigungen des Werkstücks etc. (Schiebold 2015).

Das zu prüfende Werkstück ist als zweite Komponente zu verstehen. Da das Assistenzsystem die Prüfmerkmale direkt am Werkstück anzeigen soll, wird das Werkstück demnach einer direkten Sichtprüfung durch den Werker unterzogen und ebenso einer indirekten Sichtprüfung durch die Betrachtung über das Assistenzsystem. Darüber hinaus muss das Assistenzsystem das vorliegende Werkstück eindeutig identifizieren können, um dem Werker im nächsten Schritt die benannten Prüfmerkmale und deren zugehörige Positionen am Werkstück anzuzeigen. Aus diesem Grund ist die dritte Komponente des Gesamtkonzepts das das Werkstück repräsentierende 3D-Modell, inklusive der Prüfmerkmale mit Bezug zur Geometrie. Im nächsten Schritt soll der Werker nach der Prüfung eines Merkmals die Möglichkeit

haben, den Prüfschritt zu bestätigen und ggf. einen Befund zu verfassen. Dieser Befund soll mit Texteingaben und Fotos angereichert werden können.

Nach Prüfung aller definierten Merkmale, soll der Prüfer mit Hilfe des Assistenzsystems einen abschließenden Prüfbericht erstellen können, der alle Prüfmerkmale und deren Befunde zusammenfasst. Anschließend soll der Bericht anderen Personen zur Verfügung gestellt werden können. Dieser Schritt umfasst die vierte Komponente des Konzepts.

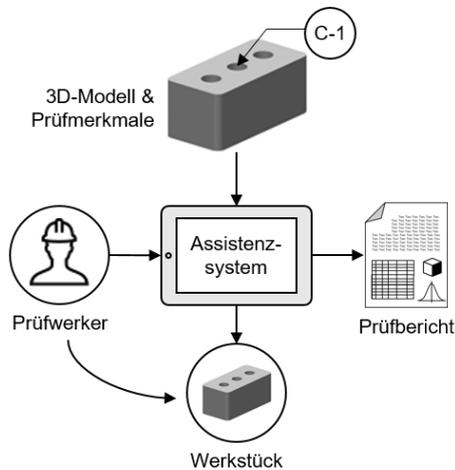


Abbildung 1: Konzeptbild

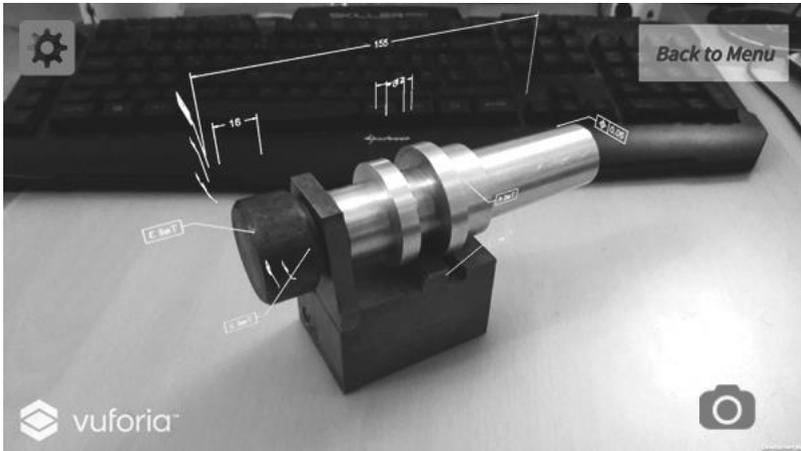
Prototypische Implementierung

Das hier vorgestellte Assistenzsystem soll zeitgleich mehrere Funktionen erfüllen. Dazu zählen die Bilderfassung von Objekten, die Visualisierung digitaler Informationen in Relation zu dem erfassten Objekt, die Interaktion mit dem Benutzer und die Kommunikationsfähigkeit mit externen Datenquellen. Daher wird zur Umsetzung einer prototypischen Implementierung ein Android-Tablet aus dem Consumer-Bereich verwendet. Darüber hinaus sollen reale Objekte mit digitalen Inhalten überlagert werden, welches der Hauptanwendung von Augmented Reality (AR) entspricht (Dörner et al. 2013). Hierfür wird die Entwicklungsumgebung von Unity mit dem Software Development Kit (SDK) Vuforia verwendet. Die prototypische Implementierung arbeitet mit einem Marker-basierten Tracking, um das Werkstück zu identifizieren und die relative Pose zu dem

Werkstück zu ermitteln. Ein Modell-basiertes Tracking bietet zwar Vorteile in der Handhabung, jedoch konnte die Trackingqualität in Testversuchen nicht überzeugen.

Als Basis für die dritte Komponente des Konzepts, das 3D-Modell und die zugehörigen Prüfmerkmale (siehe Abbildung 1), werden in PTC Creo entwickelte 3D-CAD Modelle mit Produktfertigungsinformationen (englisch Product and Manufacturing Information, PMI) versehen. Im Allgemeinen werden PMI dazu benutzt, das 3D-Modell hinsichtlich konstruktions- und fertigungsrelevanter Kriterien zu beschreiben, beispielsweise mittels Abmessungen, Toleranzangaben, Oberflächenbeschaffenheiten oder allgemeine Anmerkungen (ISO 16792:2015). In diesem Fall werden die PMI im 3D-CAD Modell dazu benutzt, die Prüfmerkmale mit Bezug zur Geometrie festzuhalten. Dieses Vorgehen knüpft unmittelbar an die zuvor genannten Charakteristika einer zeichnungslosen Produktdokumentation an. Da Unity nicht mit nativen 3D-CAD Formaten umgehen kann, ist vor der eigentlichen Verwendung eine Konvertierung in kompatible Dateiformate notwendig. Die PMI werden dabei in eine XML-Struktur (Extensible Markup Language) überführt. Anschließend werden die Modelle und PMI für den späteren Zugriff in einer Objektdatenbank gespeichert.

Abbildung 2 zeigt die Benutzungsoberfläche des Assistenzsystems, bei der die PMI aus dem 3D-CAD Modell in Relation zu dem realen Bauteil als Überlagerung dargestellt werden. Für die Verwendung als Prüfmerkmal eignen sich Freitext-PMI mit Geometriebezug. So können beispielsweise Werkstückkanten, -oberflächen oder Bohrungen als Bezugsobjekte verwendet werden. Das eigentliche 3D-Modell wird zur besseren Übersicht nicht dargestellt. Da im Hintergrund die Kamerapose zum Werkstück berechnet wird, können Benutzereingaben über das Touch-Display des Tablets auf die relative Position zum realen Bauteil übertragen werden. Dadurch ist es möglich, textuelle Anmerkungen zu einem Prüfmerkmal positionsgenau zu erfassen, um die Dokumentation der Sichtprüfung zu erleichtern. Darüber hinaus kann der Prüfwerker von der aktuellen Bildschirmansicht ein Screenshot anfertigen, welches dem Prüfbericht angefügt wird. Nach Abschluss des gesamten Prüfvorgangs wird ein vollständiger Prüfbericht erstellt, der über einen integrierten E-Mail-Client verteilt werden kann.



Abbildung

2: Benutzeroberfläche des Assistenzsystems mit PMI-Überlagerungen am Bauteil

Fazit und Ausblick

Die Nutzung von Mixed Reality, darunter Virtual und Augmented Reality, findet zunehmend Anklang in industriellen Umgebungen. Der in diesem Beitrag vorgestellte Augmented Reality Prototyp soll Werker in der visuellen Qualitätsprüfung unterstützen, indem kritische Prüfmerkmale aus dem 3D-CAD Modell als Überlagerung auf dem zum prüfenden Werkstück visualisiert werden. Die Befunde der Sichtprüfung können in dem Assistenzsystem über Texteingaben und Fotos digital festgehalten und am Ende des Prüfprozesses an andere Personen verteilt werden. Als Basis für die Sichtprüfung werden digitale Informationsträger, das 3D-CAD Modell mit Produktfertigungsinformationen (PMI), verwendet. Insofern lässt sich dieser Ansatz in die Bestrebungen einer durchgängig digitalen Prozesskette integrieren, die Kernbestandteil von „3D-Master“, „Model-Based-Design“ oder einem „zeichnunglosen Prozess“ sind.

Zukünftige Aktivitäten werden sich auf einen verbesserten Funktionsumfang des Assistenzsystems konzentrieren, darunter die Einbindung schrittweiser Prüfanweisungen, verbesserte Erstellungs- und Änderungsmöglichkeiten des Prüfberichts sowie Optimierungen des Werkstück-Trackings. Aufbauend auf diesen Arbeiten soll das Assistenzsystem unter Realbedingungen validiert werden.

Literaturverzeichnis

- Brunner, F. J., Wagner, K. W. & Durakbasa, N. M. 2011: Taschenbuch Qualitätsmanagement, Leitfaden für Studium und Praxis. Berlin: Carl Hanser Fachbuchverlag.
- Dörner, R., Broll, W., Grimm, P. & Jung, B. (Hrsg.) 2013: Virtual und Augmented Reality (VR/AR), Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Keferstein, C. P., Marxer, M. & Bach, C. 2018: Fertigungsmesstechnik. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Kitsios, V. & Haslauer, R. 2014: 3D-Master, Zeichnungslose Produktbeschreibung mit CATIA V5. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Pfouga, A. & Stjepandić, J. 2015: Leveraging 3D CAD Data in Product Life Cycle: Exchange – Visualization – Collaboration. In: R. Curran, N. Wognum & M. Borsato (Hrsg.): Transdisciplinary Lifecycle Analysis of Systems, Proceedings of the 22nd ISPE Inc. International Conference on Concurrent Engineering 2015, 575-584, Burke: IOS Press Incorporated.
- VDA Verband der Automobilindustrie e.V. 2015: VDA 4953-2, Zeichnungslose Produktdokumentation. <https://www.vda.de/de/services/Publikationen/zeichnungslose-produktdokumentation.html>, abgerufen am 01.06.2017.
- Schiebold, K. 2015: Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung, Sichtprüfung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- ISO 16792:2015 2015: Technical product documentation, Digital product definition data practices. Genf: International Organization for Standardization.
- DIN EN ISO 9712:2012 2012: Zerstörungsfreie Prüfung, Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung. Berlin: Beuth Verlag.

Kontakt

Stefan Adwernat, M.Sc.,
Dr.-Ing. Matthias Neges
Ruhr-Universität Bochum
Lehrstuhl für Digital Engineering
Fakultät für Maschinenbau
Universitätsstr. 150
44801 Bochum
www.lde.rub.de