

# KONZEPT ZUR NUTZUNG VON DIGITALISIERUNG UND VERNETZUNG BEIM DESIGN, AUFBAU UND BETRIEB OPTISCHER SYSTEME

Marcel Prochnau\*, Georg König\*, Sven Scheres\*, Felix Zerbes\*, Jochen Stollenwerk\*,\*\*, Peter Loosen\*,\*\*

\*Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme, RWTH Aachen University

\*\*Fraunhofer Institut für Lasertechnik, Aachen

[marcel.prochnau@tos.rwth-aachen.de](mailto:marcel.prochnau@tos.rwth-aachen.de)

Stichworte wie Industrie 4.0 und Internet of Things sind etablierte Begrifflichkeiten im Kontext von Digitalisierung und Vernetzung. Dieses Paper stellt ein Konzept vor, welches den Nutzen genannter Technologieentwicklungen für den Bereich der Optikauslegung, -montage und -betrieb zu übertragen beabsichtigt.

## 1 Einführung

Die Industrie 4.0 birgt ein großes Potenzial für Optimierungen des Produktionsprozesses entlang der gesamten Wertschöpfungskette bis hin zur vollautomatisierten Produktion ohne menschliche Eingriffe in der Smart Factory. Um dieses Potential ausschöpfen zu können, sind ein hoher Grad an Vernetzung, Datenerfassung und Interaktion aller Teilnehmer der Industrie 4.0 vonnöten.

Im Rahmen dieser zunehmenden Digitalisierung und Vernetzung von Produktionsprozessen wird ein Konzept vorgestellt, welches die Möglichkeiten letztgenannter Technologieentwicklungen für das Design, die Produktion sowie den Betrieb optischer Systeme aufzeigt.

## 2 Konzept

Das grundlegende Konzept besteht im Wesentlichen aus den drei Kernkomponenten:

- Automatisiertes Optikdesign,
- Produktionsnetzwerk und
- Digitaler Optischer Zwilling.

### Das automatisierte Optikdesign



Abb. 1 Screenshot des Programms für das automatisierte Optikdesign

Das automatisierte Optikdesign ermöglicht ohne Expertenwissen selbstständig ein optisches System auszulegen, bei dem der Anwender nur wesentliche Grundparameter, wie z.B. Zoomfaktor, Eingangsstrahlgröße und Wellenlänge, eingibt. Basierend auf den Benutzereingaben wird automatisch ein optisches System erstellt und dem Benutzer präsentiert. Um kurze Entwicklungszeiten zu ermöglichen werden explizit nur Kataloglinsen bei der Auslegung des optischen Systems berücksichtigt.

### Das Produktionsnetzwerk

Die Verwendung eines Produktionsnetzwerkes ermöglicht agil, flexibel und gleichzeitig individuell auf Kundenanforderungen zu reagieren [1]. Ein zügiger Wechsel von Sensorik und/oder Aktorik wird durch das Produktionsnetzwerk ermöglicht. Insbesondere der Einsatz offener Nachrichtenprotolle (beispielsweise MQTT) ermöglicht eine herstellerübergreifende Einbindung von Komponenten (Sensoren/Aktoren) in das Produktionsnetzwerk.

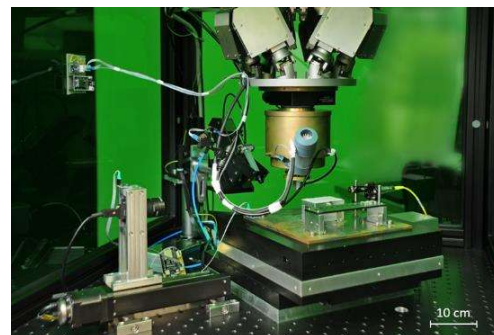


Abb. 2 Vernetzte Optikmontagezelle

### Der Digitale Optische Zwilling

Der digitale Zwilling stellt eine virtuelle Kopie seines physischen Pendant dar. Die Idee eines digitalen Zwillinges wurde bereits 2010 von der NASA publiziert [2].

Gegenüber heutigen Prozessen bei denen üblicherweise die Daten des physischen Produktes nicht wieder in die entsprechenden Computermodelle (CAD, Raytracing, etc.) zurückgekoppelt werden,

soll dies beim Digitalen Optischen Zwilling auf Basis von Messdaten für das jeweilige Raytracingmodell realisiert werden [3]. Somit repräsentiert das Raytracingmodell das virtuelle Abbild des physischen Pendants. Mit dieser virtuellen Abbildung lassen sich beispielsweise präzisere Simulationen zur Ausfallswahrscheinlichkeit durchführen.

Idealerweise erfassen weitere (integrierte) Sensoren in dem optischen System über die gesamte Produktlebensdauer den Systemzustand und passen kontinuierlich den Digitalen Optischen Zwilling an.



**Abb. 3** Symbolbild: Der Digitale Optische Zwilling

### 3 Geplante Implementierung

Die geplante Implementierung ermöglicht einem Kunden ohne Expertenwissen sein gewünschtes optisches System über ein Webinterface zu bestellen. Hierbei wird dem Kunden in einem ersten Schritt die Auswahl zwischen einem strahlaufweitenden und fokussierenden optischen System angeboten.

Das automatisierte Optikdesign berechnet, basierend auf den Kundeneingaben, das optische System und übergibt die benötigten Informationen (Abstände, Linsen, usw.) an die Montagezelle.

Nachdem die benötigten Linsen händisch in das Magazin der Montagezelle eingesetzt sind startet der automatisierte Aufbau des optischen Systems. Hierbei findet eine geregelte Montage und Justage des optischen Systems inklusive der Rückkopplung der Messdaten in die Raytracing Software statt. Anhand der Messdaten wird in der Raytracing Software die Anpassung des virtuellen optischen Systems vorgenommen [3, 4].

Mittels RFID erhält jedes physische optische System eine eindeutige Kennung (ID) welche mit einem dazugehörigen Datensatz in einer Datenbank gekoppelt ist. Dieser Datensatz umfasst alle aufgezeichneten Daten wie das initiale optische Design, aufgenommene Sensordaten, Datum und Uhrzeit der Montage, etc. Dieser Datensatz stellt die Grundlage für die Erstellung des Digitalen Optischen Zwillings dar. Darüber hinaus repräsentiert dieser die Historie des Digitalen Optischer Zwillings.

Auf Grund der vernetzten Montagezelle haben sowohl der Maschinenbediener als auch der Kunde

live Einsicht in den aktuellen Montagestand. Darüber hinaus kann der Maschinenbediener im Sinne der technischen Assistenz auf zusätzliche Diagnosedaten zugreifen um mögliche Probleme schnell und zuverlässig identifizieren zu können.

Die Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten (Montagezelle, Sensoren, automatisiertes Optikdesign, Datenbank, etc.) findet über das für Machine-to-Machine Kommunikation entwickelte Protokoll MQTT statt [5]. Die Verwendung des frei verfügbaren Protokolls ermöglicht eine flexible und herstellerunabhängige Einbindung weiterer Aktoren und Sensoren

### 4 Zusammenfassung

Am Beispiel der Zusammenführung von automatisiertem Optikdesign, Produktionsnetzwerk und Digitalen Optischen Zwilling soll die Nutzung von Digitalisierung und Vernetzung im Kontext optischer Systeme demonstriert werden. Hierzu wird in einem nächsten Schritt eine Demonstrationsmontagezelle aufgebaut welche die drei Kernkomponenten vereint und dem Anwender den Nutzen der Digitalisierung und Vernetzung aufzeigt.

### 5 Danksagung

The authors would like to thank the German Research Foundation DFG for the kind support within the Cluster of Excellence "Internet of Production" at RWTH Aachen University - Project-ID: 390621612

### Literaturverzeichnis

- [1] I. Veza, M. Mladineo und N. Gjeldum, „Managing innovative production network of smart factories“, *IFAC-PapersOnLine* **48**(3), 555–560 (2015).
- [2] M. Shafto, M. Conroy, R. Doyle, E. Glaessgen, C. Kemp, J. LeMoigne und L. Wang, „Draft modeling, simulation, information technology & processing roadmap“, *Technology Area* **11** (2010).
- [3] M. Prochnau, J. Stollenwerk und P. Loosen, „Approach towards the digital optical twin“ in *International Optical Design Conference 2017: SPIE* (2017), 28.
- [4] M. Holters, S. Dirks, P. Loosen und J. Stollenwerk, „Automated and model-based assembly of an anamorphic telescope“ in *Optical Interconnects XVIII: SPIE* (2018), 31.
- [5] A. Banks, E. Briggs, K. Borendale und R. Gupta, „MQTT Version 5.0: OASIS Standard“, <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/os/mqtt-v5.0-os.html> (2019).