

# Die Produktivitätswirkung von Augmented Reality

## Potenziale der Informationsversorgung in der Unikatfertigung

Axel Friedewald, Philipp Sebastian Halata, Nikolaj Meluzov und Hermann Lödding, TU Hamburg-Harburg

**Die Unikatfertigung ist oftmals von einem hohen Anteil manueller Arbeit geprägt. Ein wesentlicher Anteil der Mitarbeiterzeit dient der Informationsbeschaffung. Der Beitrag zeigt auf, wie Augmented Reality dazu beitragen kann, den Aufwand für die Informationsbeschaffung zu senken und die Produktivität zu steigern.**

Neben dem Anlagenbau ist in Deutschland insbesondere der Schiffbau von der Unikatproduktion geprägt: Die deutschen Werften spezialisieren sich im internationalen Wettbewerb auf kundenindividuelle Spezialschiffe, Luxusyachten und Kreuzfahrtschiffe. Eigner und Passagiere erwarten ständig neue, einzigartige Attraktionen, sodass auch Nachbauten desselben Schiffstyps einen hohen Anteil von Modifikationen aufweisen. Durch die Vielzahl der zu verbauenden Komponenten entsteht eine hohe Komplexität, die sich im CAD-Modell bzw. den daraus abgeleiteten 2D-Zeichnungen widerspiegelt. Die Fertigungs- und Montagezeichnungen stehen wegen des hohen Arbeitsaufwands häufig erst spät zur Verfügung und enthalten oftmals nicht alle Informationen, die für die Durchführung der Arbeitsaufgabe erforderlich sind. Es wird daher eine Lösung benötigt, die dem Werker alle Informationen aufwandsarm und anwenderfreundlich direkt vor Ort zur Verfügung stellt.

Die Lösungsidee ist eine digitale Arbeitsunterlage, die den Werker schrittweise durch den Arbeitsprozess führt und ihm die benötigten Informationen anzeigt, beispielsweise mithilfe eines Augmented Reality-Tablets. Der Nachweis der Einsatzberechtigung für diese Technologie und der erreichbaren Verbesserungen soll im Folgenden durch eine systematische Produktivitätsanalyse für verschiedene Szenarien der Unikatproduktion erbracht werden.

### Produktivitätsanalyse der klassischen Fertigung

Die Analyse von zwölf Werftbereichen im Schiffbau hat ergeben, dass der Informationsversorgung eine Schlüsselrolle zukommt: Die Werker verbringen häufig mehr Zeit damit, die erforderlichen Informationen zu sammeln, als sie für

die eigentliche Durchführung der Arbeit benötigen [1]. In der Informationsbeschaffung verursacht die konventionelle 2D-Konstruktionszeichnung einen großen Teil des Aufwands: Erstens sind eine Vielzahl an Informationen auf begrenztem Raum komprimiert, sodass es schwierig ist, die erforderlichen Informationen zu finden. Zweitens muss der Werker oftmals fehlende Maße mit einem Lineal aus der Zeichnung abnehmen. Und drittens sind dreidimensionale Sachverhalte in der Zeichnung nur schwer erkennbar, sodass die Mitarbeiter der Fertigung oftmals Wege ins Meisterbüro in Kauf nehmen, um sich am Bildschirm einen räumlichen Eindruck der Arbeitsaufgabe zu verschaffen.

Auch in den fertigungsvorbereitenden Bereichen verursachen die Konstruktionszeichnungen hohe Aufwände: Aus den umfangreichen CAD-Modellen sind Zeichnungen abzuleiten und um Informationen zu ergänzen, die für die spätere Fertigung und Montage erforderlich sind. Besonders aufwändig ist die größtenteils manuelle Erstellung der Bemaßungen zwischen den Bauteilen.

Eine Analyse des Aufwands in der Arbeitsvorbereitung ergab, dass allein für die Zeichnungserstellung etwa 40 Prozent der Arbeitszeit benötigt werden, wobei dieser Aufwand anders als in der Serienproduktion nur auf ein Produkt umgelegt werden kann.

### Digitale Arbeitsunterlage

Augmented Reality (AR) ermöglicht es, Zusatzinformationen wie Geometrie- und Metainformationen in eine reale Umgebung einzublenden [2], beispielsweise mit einer AR-Brille oder einem Tablet-Computer. Für die Informationsversor-

### Augmented Reality in a One-of-a-kind Production

The one-of-a-kind production often is characterized by a high share in manual work. Information gathering requires an essential percentage of the workers time. The article shows as Augmented Reality can help to reduce the efforts of information gathering and to increase productivity.

#### Keywords:

one-of-a-kind production, productivity, augmented reality

Dr.-Ing. Axel Friedewald ist Oberingenieur im Institut für Produktionsmanagement und -technik der Technischen Universität Hamburg-Harburg.

Dipl.-Ing. Philipp Sebastian Halata ist jetzt Geschäftsführer der attenio GmbH in Hamburg.

M. Sc. Nikolaj Meluzov ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Produktionsmanagement und -technik der TU Hamburg-Harburg.

Prof. Dr.-Ing. habil. Hermann Lödding leitet das Institut für Produktionsmanagement und -technik der TU Hamburg-Harburg.

ipmt@tuhh.de  
www.tuhh.de/ipmt



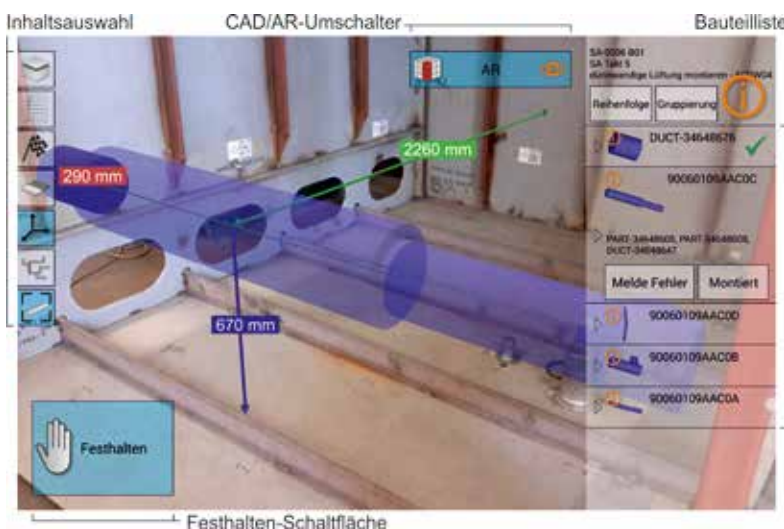
**Bild 1: Einsatz der digitalen Arbeitsunterlage (AR-Modus).**

gung in der Produktion haben AR-Geräte gegenüber Papierzeichnungen wesentliche Vorteile [3]: Sie können dreidimensionale Geometrien besser veranschaulichen und die Bauteilgeometrien am richtigen Ort und in der richtigen Orientierung in die Realität einblenden.

Die im Forschungsprojekt PROSPER entwickelte digitale Arbeitsunterlage soll eine zeichnungs-freie Informationsversorgung vor Ort ermöglichen. Das Hauptaugenmerk bei der Entwicklung lag auf dem Bedarf der Werker, die relevanten Informationen schnell finden und aufnehmen zu können und dadurch die komplexe Arbeitsaufgabe schneller zu verstehen [4]. Dazu wurden zwei Verfahren entwickelt, um die für den jeweils nächsten Arbeitsschritt erforderlichen Informationen anzuzeigen (Bild 1).

Im AR-Modus zeigt der Bildschirm der digitalen Arbeitsunterlage (Bild 2) das Livebild der Kamera und blendet zusätzliche Geometrieinformationen ein. Am rechten Bildschirmrand kann der Werker aus einer Bauteilliste das Bauteil auswählen, dessen Geometrie die Software anzeigt.

**Bild 2: Bildschirm der digitalen Arbeitsunterlage im AR-Modus [5].**



Ergänzend lassen sich Zusatzinformationen wie Rohrdurchmesser oder Einbauanleitungen abrufen. Am linken Bildschirmrand lassen sich über eine Inhaltsauswahl weitere Informationen zuschalten. Die Bemaßung für die ausgewählten Bauteile ist ebenfalls einblendbar. Zum Abschließen eines Arbeitsschritts lässt sich eine Fertigmeldung und ggfs. eine Fehlermeldung (mit Kameraaufnahme) erzeugen.

Der CAD-Modus weist grundsätzlich die gleiche Funktionalität wie der AR-Modus auf. Er blendet die jeweils relevanten Informationen jedoch nicht in das Kamerabild, sondern in ein virtuelles 3D-Modell der Umgebung ein [6]. So lässt sich bereits außerhalb der Arbeitsumgebung ein Überblick gewinnen. Die Betrachtungsperspektive kann vom Werker über Standardansichten oder Touch-Gesten verändert werden.

Um die fertigungsvorbereitenden Bereiche nicht mit Mehraufwand für die Informationserstellung zu belasten, stellt die digitale Arbeitsunterlage Werkzeuge zur automatischen Datenaufbereitung zur Verfügung. Darüber hinaus vereinfachen und beschleunigen folgende Werkzeuge die Bedienung des Systems:

- **Reihenfolgeplanung**  
Zur Begrenzung des Arbeitsaufwands führt die Arbeitsvorbereitung in der Unikatfertigung oftmals keine Planung der Verbau-reihenfolge einzelner Teile durch, sondern teilt diese nur anhand einer Schätzung des Arbeitsaufwands in Arbeitspakete ein. Der Werker vor Ort entscheidet über die von ihm bevorzugte Montagereihenfolge. Die digitale Arbeitsunterlage erzeugt die Reihenfolge automatisch: Der Werker gibt Sortierparameter vor wie z. B. die Bauteilnummer oder die geometrische Anordnung (bspw. von links nach rechts), ist jedoch nicht an die angezeigte Reihenfolge gebunden.
- **Bemaßung**  
In der schiffbaulichen Unikatfertigung sind Bemaßungen für den Einbau erforderlich. Die digitale Arbeitsunterlage berechnet die benötigten Maße aus den 3D-Modellen. Die zugehörigen Maßpfeile werden zusammen mit einer Maßbeschriftung eingeblendet und zur Verdeutlichung entsprechend der Messrichtung eingefärbt.

### Produktivitätsverbesserung in der Sektionsfertigung

Um das Produktivitätspotenzial der digitalen Arbeitsunterlage abschätzen zu können, wurden unterschiedliche Testszenarien definiert. Zum einen wurde in zwei ausführlichen Laborversuchen mit 15 Masterstudierenden die digitale