

## **Integrierte Nutzung von Virtual Reality für die Materialbereitstellungsplanung**

Leif GOLDHAHN, Katharina MÜLLER-EPPENDORFER

*Fakultät Ingenieurwissenschaften, InnArbeit – Zentrum für innovative Arbeitsplanung  
und Arbeitswissenschaft, Hochschule Mittweida  
Technikumplatz 17, D-09648 Mittweida*

**Kurzfassung:** Die steigende Variantenvielfalt und der Wunsch nach zunehmender Flexibilität dem Kunden gegenüber, erfordern zielorientierte Planungsprozesse einerseits und flexible Anpassungen der Arbeitssysteme andererseits. Tätigkeiten wie die manuelle Montage und die Materialbereitstellung rücken in den Mittelpunkt der Betrachtung. Die neu entwickelte Methode unterstützt die systematische Planung wirkungsvoll. Die Planungsmethode besteht aus sieben Schritten und betrachtet auch Schnittstellen zu vor- und nachgelagerten Prozessen der Materialbereitstellung. Sie integriert die Technik der Virtual Reality (VR) sowie ergonomische Bewertungen. Weiterhin findet sich ein Schema für Einflussfaktoren, Steuerungs- und Kontrollgrößen zur flexiblen Reaktion auf Änderungen der Planungsbedingungen.

**Schlüsselwörter:** Virtual Reality (VR), Materialbereitstellung, manuelle Montage, Ergonomie, Planung.

### **1. Einleitung**

Aufgrund der Schnellebigkeit und Abwandlung von Produkten und Prozessen ergibt sich die Notwendigkeit, systematisch und ganzheitlich in der Planung vorzugehen. Angrenzende Prozesse wie Logistikprozesse rücken stärker in den Fokus und weisen Potential zur Kostensenkung und Effizienzsteigerung von Hauptprozessen auf. (Goldhahn et al. 2014; Adolph & Metternich 2016)

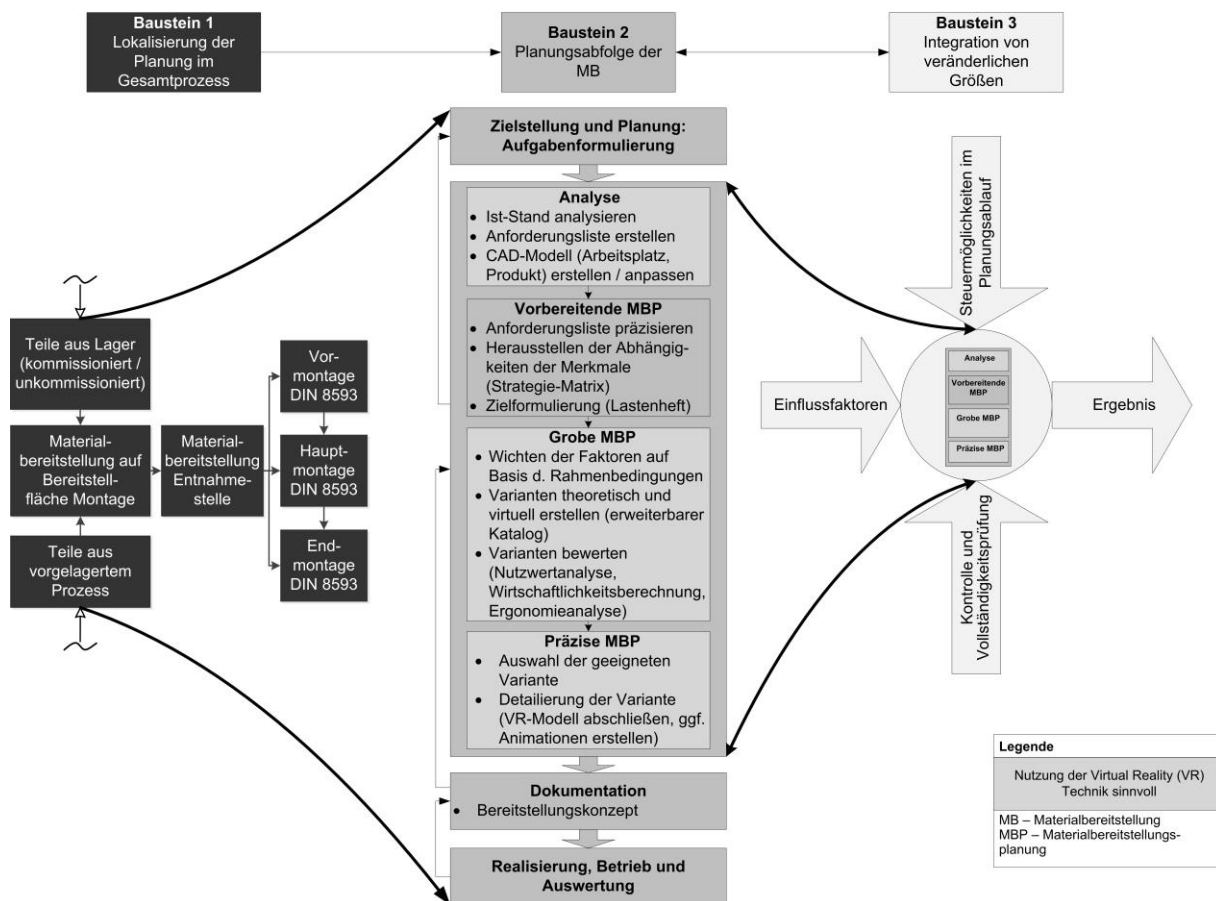
Planung für die Materialbereitstellung hat zum Ziel, dass das Material in der benötigten Art und Menge, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort (Bereitstellungsplatz oder Verbauort) zur Verfügung steht (Lotter et al. 1998, S. 132).

Ziel ist es, eine Vorgangssystematik für die Materialbereitstellung als neue Methode zu erstellen und durch moderne Planungswerkzeuge zu bereichern. Dafür wird unter anderem die innovative VR-Technologie in den Ablauf integriert und deren Potentiale für mehrere Planungsschritte synergetisch genutzt.

VR wird in diesem Zusammenhang von Wirth et al. (2014) als eine computer-generierte Umgebung beschrieben, bei der eine Interaktion in Echtzeit erfolgt. Technische Hilfsmittel sprechen die natürlichen Sinne des Betrachters an (Immersion). Wird das virtuell dargestellte Arbeitssystem als exakt und erlebbar eingeschätzt, erreicht man Imagination als drittes Merkmal von VR (Burdea & Coiffet 2003).

## 2. Planungsvorgehen für die Materialbereitstellung

Nach dem im vorigen Kapitel die Wichtigkeit eines systematischen Vorgehens speziell für die Materialbereitstellung dargestellt wurde, wird im folgenden Abschnitt das Konzept für die Planung der Materialbereitstellung dargestellt und näher beschrieben, vgl. Abbildung 1.



**Abbildung 1:** Konzept zur systematischen Planung der Materialbereitstellung

Mit diesem Konzept und den darin befindlichen 3 Bausteinen sollen die Betrachtungsweisen der Ganzheitlichkeit (Baustein 1), Durchgängigkeit und Integration (Baustein 2) sowie der Flexibilität (Baustein 3) eines Planungsvorgehens abgedeckt werden.

Im **Baustein 1** wird zunächst lokalisiert, in welchem Fabrikbereich die Materialbereitstellung durchgeführt wird und welche vor- und nachgelagerten Prozesse stattfinden und ggf. Einfluss auf die Materialbereitstellung haben (z. B. Behälterkonzepte, Werkstückträger, Regalsysteme, Transportmittel).

Der essentielle Planungsablauf zur Materialbereitstellung ist **Baustein 2** zugeordnet und gliedert sich in 7 Schritte auf. Dieser Ablauf findet zur Annäherung an einen möglichst idealen Planungszustand iterativ statt. Die einzelnen Schritte werden jeweils durch bereits bewährte sowie aktuelle und neu entwickelte Methoden (vgl. Goldhahn et al. 2016) unterstützt. Besondere Beachtung findet dabei die Virtual Reality-Technik, welche in den Ablauf integriert wird (Abbildung 1 - hellgrau dargestellt).

Der **Baustein 3** hat eine Kontrollfunktion bezüglich der Ergebnisse von Anpassungen der Einflussgrößen. Dabei soll überprüft werden, inwieweit das Resultat zur Zufriedenheit ist oder ob über andere Steuermöglichkeiten weitere Verbesserungen erzielt werden können. Somit wird das pauschale Annehmen und Akzeptieren von Änderungsergebnissen vermieden.

### 3. Integration und Potentiale der VR-Technik während des Planungsablaufes

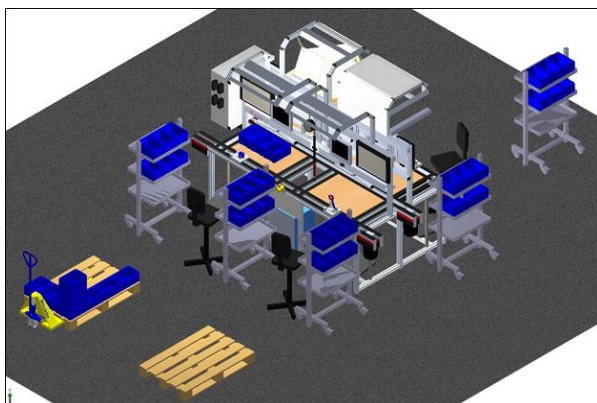
VR-Technik ermöglicht die virtuelle Darstellung und Gestaltung von Arbeitssystemen. Durch die großformatige Darstellung und die Interaktion mit den Modellen können mehrere Projektbeteiligte (auch abteilungs- und firmenübergreifend) an den Sessions teilnehmen und ihre Ideen, Kritiken sowie Meinungen einbringen. Der stereoskopische Effekt fördert die realitätsnahe Wahrnehmung des Arbeitssystems.

Die Materialbereitstellung kann mit VR-Modellen qualitativ hochwertiger und zielgenauer geplant werden. Folglich werden Planungsfehler frühzeitig erkannt oder gleich vermieden. Dies kann jedoch nur erfolgreich durchgeführt werden, wenn die VR-Technik in einen systematischen Planungsablauf integriert ist. Weiterhin sollte feststehen, welche Informationen als Eingabe (u. a. CAD-Daten, Behälterauswahl) benötigt werden oder im Ergebnis (z. B. Änderungen auf Basis der Greif- und Sichträume) für die weitere Planung erforderlich sind.

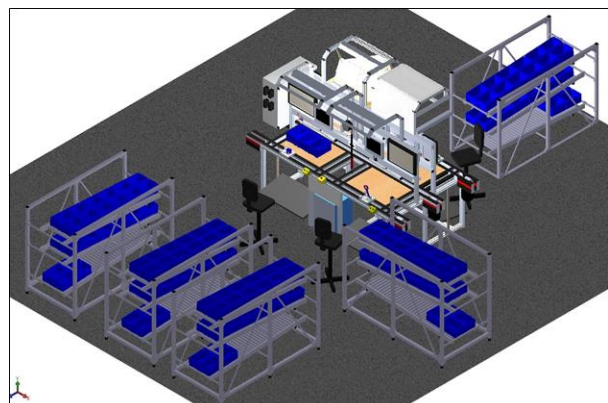
In welchen Planungsschritten des Gesamtkonzeptes eine Anwendung der VR-Technik sinnvoll ist, wurde bereits in Abbildung 1 (Graustufe) dargestellt.

Durch die VR-Unterstützung der Planung kann die Qualität und Quantität der primären Tätigkeit (manuelle Montage) und der sekundären Tätigkeit (Materialbereitstellung) verbessert werden. Eine ergonomische Bewertung mittels VR-Menschmodellen für eine menschengerechte Planung kann ebenso erfolgen.

In Abbildung 2 und Abbildung 3 werden beispielhaft erarbeitete virtuelle Varianten der Materialbereitstellung am Montagesystem der Hochschule Mittweida, InnArbeit – Zentrum für innovative Arbeitsplanung und Arbeitswissenschaft dargestellt, welche innerhalb einer Session diskutiert und evaluiert wurden.



**Abbildung 2:** Variante 1 - Materialbereitstellung mittels Kleinladungsträger, Materialwagen und Europaletten



**Abbildung 3:** Variante 2 - Materialbereitstellung mittels Kleinladungsträger und Rollenbahn

## 4. Ergonomiebetrachtung

### 4.1 Anwendung der Leitmerkmalmethode – Heben, Halten, Tragen

Die Leitmerkmalmethode (LMM) ist ein Werkzeug, welches bei der Beurteilung der Arbeitsbedingungen bezüglich manueller Handhabung von Lasten unterstützt (BAuA 2016).

Diese Methode wurde von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) in Zusammenarbeit mit dem Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI) erstellt. Damit sollen die Arbeitsbedingungen auf Basis der Analyse und Bewertung der Gefährdung verbessert und die Belastung des Menschen reduziert werden (BAuA 2016).

In Projektarbeiten mit Masterstudenten (Ludewig et al. 2016) wurde die Leitmerkmalmethode Excel-basiert umgesetzt und angewendet. So erfolgte eine Analyse der Tätigkeiten und Bedingungen am Arbeitsplatz sowie die Bewertung der Anzahl der Hebe- und Umsetzvorgänge u. a. für das Produkt „Rundleuchte“ mit seinen Einzelteilen.

Die Anwendungsszenarien für die Leitmerkmalmethode in Excel bildeten die Belastungen während der Montage sowie für die Behälter-Umsetzvorgänge bei Aufgaben der Vorkommissionierung und Bereitstellung.

Diese Bewertungsfelder unterscheiden sich hinsichtlich der zu bewegenden Last, Häufigkeit der Handhabung am Arbeitstag sowie erforderlicher Körperhaltungen.

Im Ergebnis der LMM-Anwendung wurden die hohen Belastungen der Mitarbeiter beim Handhaben von gefüllten Behältern reduziert. Die Behälter-Umsetzung von fertig montierten Baugruppen erfolgte ursprünglich vom Fußboden aus und führte zu wesentlich erhöhten arbeitstäglichen Belastungen aufgrund der Gewichtslast und der ungünstigen Arbeitsbedingungen. Um jedoch das Behältermanagement nicht zu ändern, wurde eine Alternative bezüglich der Arbeitsbedingungen untersucht: dabei werden künftig die vollen Behälter auf einer, auf einem Scherenhubtisch befindlichen Palette gestapelt. Somit kann diese auf eine günstige Arbeitshöhe eingestellt und in der niedrigsten Position mittels Hubwagen abtransportiert bzw. umgesetzt werden. Somit lassen sich Zwangshaltungen und längeres Halten und Tragen der Last vermeiden. Eine erneute Bewertung der Tätigkeit ergab einen unbedenklichen Punktwert.

### 4.2 Anwendung von Menschmodellen der VR-Software

Die Virtual Reality-Technik bietet die Möglichkeit, eine Ergonomie-Analyse mittels VR-Menschmodellen durchzuführen. Hierbei kann die Planung von Arbeitssystemen, zum Beispiel hinsichtlich der Anordnung und Bereitstellung von Paletten und Behältern an einem Arbeitsplatz, geprüft werden.

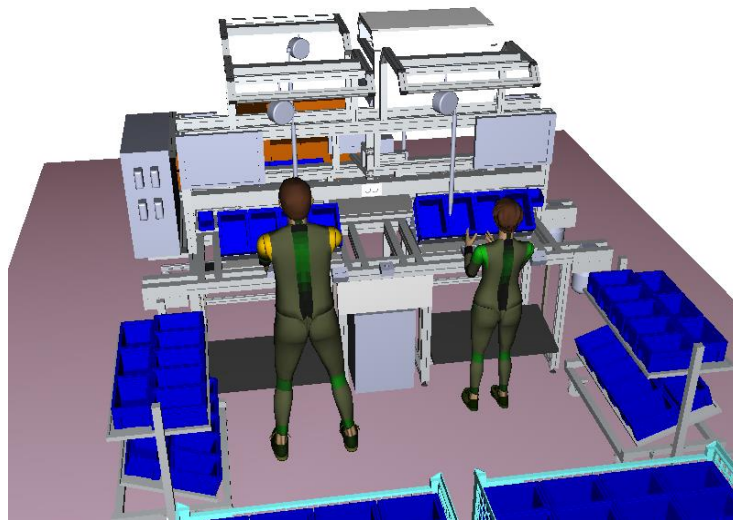
Am Institut InnArbeit - Zentrum für innovative Arbeitsplanung und Arbeitswissenschaft steht die Software IC.IDO mit dem Modul Ergonomics zur Verfügung. Für eine Ergonomie-Analyse wählt man verschiedene Perzentile und Körperbautypen von Menschmodellen in der Software aus bzw. passt diese bei Bedarf individuell an.

Nachfolgend wird die Eignung des Arbeitssystems für verschiedene Personengruppen überprüft. Somit ist ein Vergleich für verschiedene anthropometrische Mitarbeitertypen am Arbeitsplatz „Montagesystem“ möglich und für eine Gestaltung diskutierbar, vgl. Abbildung 4.

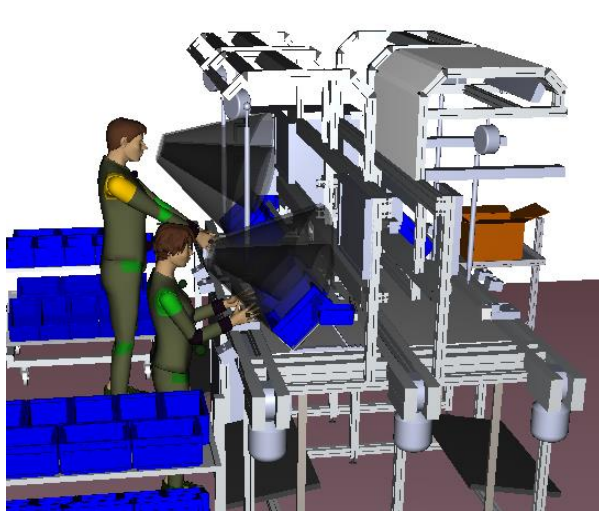
Weiterhin können in verschiedenen Planungsszenarien ergonomische Aspekte wie Greif- und Sichträume dargestellt und so die Güte der maßlichen Gestaltung untersucht werden, vgl. Abbildung 5 und Abbildung 6. Somit ist eine ergonomische Bewertung von verschiedenen Materialbereitstellungsvarianten eines Arbeitsplatzes mittels VR-Unterstützung möglich.

Zur schnellen Variantengenerierung in der virtuellen Welt erfolgte die Erstellung eines digitalen erweiterbaren Kataloges für Material-Bereitstell-Equipment. Dieser Katalog ist ein Hilfsmittel während der Planung und dient der schnellen Integration von standardisierten Bereitstellobjekten in die VR-Software. Eine detaillierte Beschreibung des Kataloges sowie des Aufbaues wird in Goldhahn et al. (2016) beschrieben.

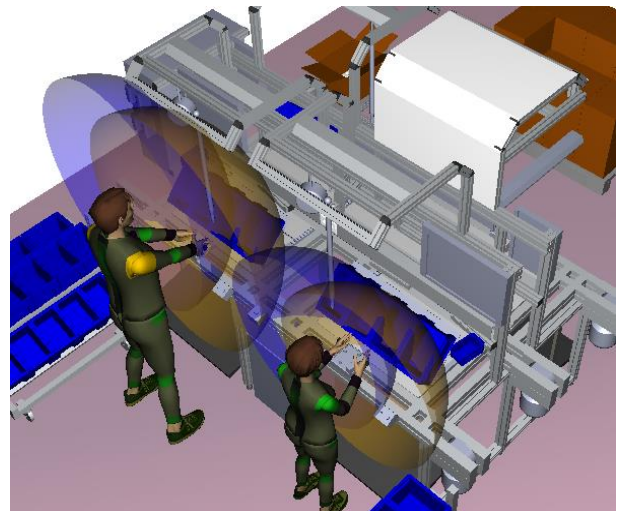
Die Methode zur Materialbereitstellungsplanung mit integrierter VR-Nutzung wurde für vier verschiedene Produkte und zwei Typen von manuellen Arbeitssystemen (Einzelarbeitsplatz und Montagesystem mit Gurtbandförderer und Werkstückträgern) angewandt.



**Abbildung 4:** Montagesystem mit zwei Menschmodellen (95. Perzentil Mann und 5. Perzentil Frau)



**Abbildung 5:** Darstellung Sichtbereiche 95. Perzentil Mann und 5. Perzentil Frau



**Abbildung 6:** Darstellung Greifbereiche 95. Perzentil Mann und 5. Perzentil Frau

## 5. Fazit

Im Ergebnis wird deutlich, dass durch ein systematisches Planungsvorgehen mit Berücksichtigung von sekundären Tätigkeiten der Materialbereitstellung eine Verbesserung der Effektivität und Qualität des Montageprozesses erreicht wird. Dafür müssen die Potentiale der Planung und Gestaltung von sekundären Tätigkeiten erkannt und genutzt werden. Für die Materialbereitstellung ist essentiell, dass auch vorgelagerte Prozesse, wie die Teilefertigung beachtet werden sowie firmenseitige Rahmenbedingungen ganzheitlich Beachtung finden (z. B. logistische Grundsätze im Behältermanagement). Weiterhin ist es möglich, mittels Planungskonzept strukturiert und geordnet vorzugehen und dabei neu erstellte Werkzeuge sowie die VR-Technik zielorientiert zu integrieren bzw. verschiedene Verfahren und Techniken ergänzend einzusetzen (z. B. Digitaler erweiterbarer Katalog für Bereitstellungs-Equipment, Modul Ergonomics in Zusammenspiel mit der LMM in Excel). Dabei ist die „Virtuelle Prozessplanung als Innovationstreiber“ zu sehen (Röpke, 2016). Resultierend erhält man ergonomisch optimierte Arbeitsbedingungen, eine gute Handhabung von Bauteilen sowie zielorientierte und stabile Prozesse der Montage.

## 6. Literatur

- Adolph S, Metternich J (2016) Materialbereitstellung in der Montage – Eine empirische Analyse zur Identifikation der Anforderungen an künftige Planungsvorgehen. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 111 (1-2): 15-18.
- BAuA (2016) Gefährdungsbeurteilung mithilfe der Leitmerkmalmethode. Zugriff 02. Dezember, 2016. [http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/Gefaehrdungsbeurteilung\\_content.html](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/Gefaehrdungsbeurteilung_content.html).
- Burdea G, Coiffet P (2003) Virtual Reality - Technology (2. Auflage). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Goldhahn L, Müller E, Müller-Eppendorfer K (2016) Strategie und Werkzeuge zur Planung der Materialbereitstellung für manuelle Montageprozesse. In: Müller E (Hrsg) Smarte Fabrik & Smarte Arbeit - Industrie 4.0 gewinnt Kontur. Tagungsband VPP'16 TU Chemnitz: Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF Sonderheft 22. 239-248.
- Goldhahn L, Müller E, Müller-Eppendorfer K (2014) Planung der Materialbereitstellung in der Montage. In: Müller E (Hrsg) Produktion und Arbeitswelt 4.0 - Aktuelle Konzepte für die Praxis. Tagungsband TBI 14 TU Chemnitz: Wissenschaftliche Schriftenreihe des IBF Sonderheft 20. 205-214.
- Lotter B, Hartel M, Menges R (1998) Manuelle Montage – wirtschaftlich gestalten. Neuzzeitliche Analysen und Planungsmethoden zur Montagerationalisierung. Renningen-Malmsheim: expert.
- Ludewig D, Matthes R, Schneider N (2016) Erarbeitung von Bereitstellkonzepten eines Montagearbeitsplatzes in Varianten. Hochschule Mittweida: Modul Produktionsorganisation, Projektarbeit.
- Röpke S (2016) Industrie 4.0 – Vision für die Gestaltung neuer Arbeitsumgebungen. Vortrag zur GfA Herbstkonferenz. Airbus Hamburg.
- Wirth S, Schenk M, Müller E (2014) Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik (2. Überarbeitete und erweiterte Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.