

Logistik in der dritten Dimension

Rupert Reif, Michael Schedlbauer, Dennis Walch, Johannes Wulz

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Fakultät Maschinenwesen

Kurzfassung: Dieser Beitrag stellt die Arbeiten des Lehrstuhls fml auf dem Gebiet der virtuellen Technologien vor. Es wird dabei über die aktuellsten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten u.a auf dem Tätigkeitsfeld der Virtuellen und Erweiterten Realität in der Logistik sowie die Nutzung moderner, CA-basierter Methoden in der Fördermittelkonstruktion berichtet.

1 Einleitung

Die menschliche Umwelt ist durch ihre drei Dimensionen geprägt. Dementsprechend haben sich auch die Sinne des Menschen zur optimalen Wahrnehmung der realen Gegebenheiten entwickelt. Es ist daher nicht verwunderlich, dass 3D in der heute sehr stark computergestützten Arbeitsumwelt insbesondere auch aufgrund der leistungsstarken PCs ein Medium darstellt, das mehr und mehr in allen Arbeitsbereichen Einzug hält. In Forschung und Entwicklung besitzen computergenerierte, realitätsnahe Darstellungen bereits seit langem einen hohen Stellenwert als intuitives Kommunikations- und Interaktionsmedium bei der Gestaltung von Systemen und Prozessen, da dadurch auf eine reale Umsetzung bzw. Prototypen oftmals verzichtet werden kann. Entsprechend stellt sich auch die Forschung am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) der TU München bei der Verwendung von 3D-Technologien sowie insbesondere der Virtual und Augmented Reality als breit gefächertes Anwendungsfeld dar. Angefangen bei Simulationen zur Beplanung logistischer Systeme in der Intra- und Baustellenlogistik über die Auslegung von fördertechnischen Anlagen in Unternehmen, im Bereich Kranbau und der Schüttguttechnik bis hin zur Unterstützung von operativen Logistikmitarbeitern in der Ausbildung und der täglichen Arbeit werden nahezu alle Bereiche der Logistik von der rechnergenerierten 3D-Welt erschlossen.

2 Planung logistischer Systeme

Logistiksystemplanung erstreckt sich über verschiedene Planungshorizonte (strategisch/taktisch/operativ) und Betrachtungsfelder (von der Supply Chain bzw. Netzwerk-

ebene bis hin zur Anlagen- oder Systemebene). Dies bedeutet meist eine entsprechende Ausrichtung und Spezialisierung der Werkzeuge für bestimmte Einsatzzwecke. Im Folgenden werden diesbezüglich einige am Lehrstuhl fml verwendete und teilweise auch entwickelte Tools vorgestellt.

2.1 Ablaufsimulation

Die Ablaufsimulation dient zur ganzheitlichen, dynamischen Abbildung und Optimierung logistischer Systeme und deren inhärenter Prozesse. Je nach Untersuchungshorizont können mit Hilfe dieses Werkzeuges sowohl ganze Wertschöpfungsnetzwerke als auch einzelne Arbeitsplätze oder Ressourcen in einem experimentierfähigen Modell nachgebildet werden. Realisiert wird dies durch die objektorientierte Konzeption der meisten gegenwärtig verfügbaren Ablaufsimulationstools. Unter Verwendung von in ihren Grundfunktionalitäten vordefinierten und parametrisierbaren Bausteinen (Puffer, Förderstrecken etc.) lassen sich hierarchisch klar strukturierte Modelle aufbauen, die mit Hilfe individuell zu erstellender Steuerungen, ein realistisches Systemverhalten ermöglichen. Dabei werden aus Leistungsgründen die einzelnen Systemzustände nur zu den

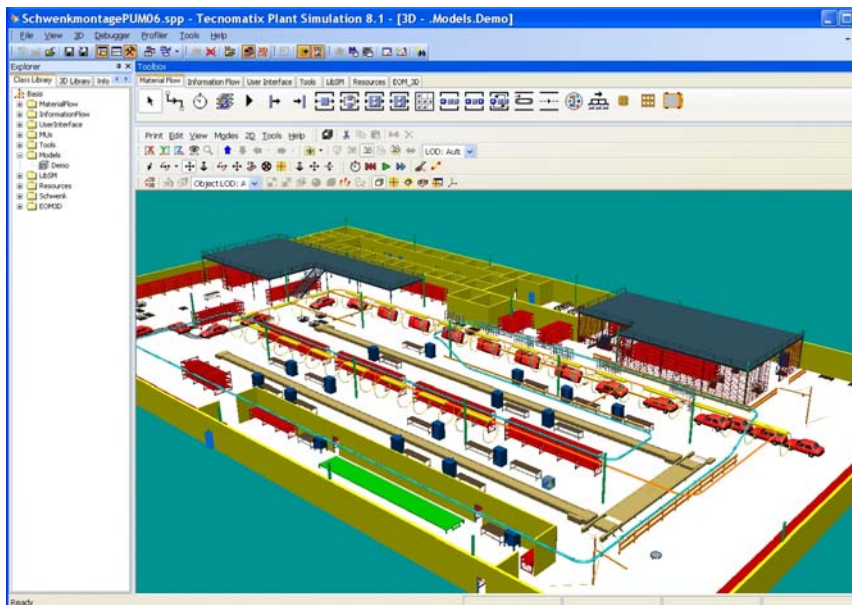


Abb. 1: Dreidimensional visualisiertes Simulationsmodell [Tecnomatix]

Eintrittszeiten von Zustandsänderungen berechnet. Man spricht daher bei diesem Modellierungsansatz von ereignisdiskreter im Gegensatz zu kontinuierlicher Simulation.

Am Lehrstuhl fml findet diese Simulationstechnologie auf Grund des modularen Werkzeugaufbaus und der flexiblen Anpassbarkeit durch manuell programmierte Steuerungen für eine große

Bandbreite logistikrelevanter Fragestellungen breite Verwendung. Klassische Untersuchungsthemen sind die Identifikation von „Bottlenecks“ in Produktions- und Logistiksystemen, die Ermittlung von Durchlaufzeiten und Verfügbarkeiten, die Dimensionierung von Puffern und Lagern, die Auslegung von Fördersystemen hinsichtlich Streckenführung und Kapazitäten sowie die unternehmensübergreifende Abbildung von Transportprozessen. Der aktuelle Modellzustand während der Simulation bzw. die Ergebnisse nach Ende des Simulationslaufes können je nach eingesetztem Werkzeug anhand einer 2D- bzw. 3D-Modellvisualisierung sowie mit Hilfe von Charts und Statistiken übersichtlich verfolgt werden.

Die beschriebenen Eigenschaften machen die Ablaufsimulation zu einem unverzichtbaren Logistiktool, um Systeme und Anlagen bereits in der Planung dynamisch abzusichern und Kenntnisse über deren Systemverhalten zu gewinnen.

Zur weiteren Potenzialsteigerung des Werkzeugs fokussieren die gegenwärtigen Forschungsbestrebungen am Lehrstuhl fml vor allem die verstärkte Integration in die Digitale Fabrik, um einen reibungslosen Datenaustausch mit anderen Tools (Virtual Reality oder Prozessplanungswerkzeugen) zu gewährleisten und damit aufwandsarm die jeweils aktuellsten Ergebnisse für die weiteren Planungen nutzen bzw. zur Verfügung stellen zu können. Zur realistischeren Abbildung der modellierten Objekte ist derzeit ein klarer Trend hin zur 3D-Visualisierung (Abb.1) der abgebildeten Umfänge erkennbar, wozu der Lehrstuhl fml die Kopplung mit einer VR-Anwendung realisiert hat.

2.2 Kommissioniersystemplanung in der Virtuellen Realität

Der Lehrstuhl fml verfolgt den Einsatz der Virtual Reality Technologie zur Planung und Evaluierung logistischer Systeme. Besonderer Fokus liegt hierbei auf der Einbindung des Menschen in die komplexen Prozesse der Planung und Gestaltung von Kommissioniersystemen. Dabei wird im Wesentlichen die Möglichkeit der Technologie genutzt, den Menschen in bisher ungekannter Weise in eine vom Rechner generierte, künstliche Welt einzubeziehen. Dies ermöglicht komplett neue Ansätze in der Simulation bzw. Analyse logistischer Systeme.

Intuitive Planung und realitätsnahe 3D-Visualisierung in der Virtuellen Realität stehen den Planern zur Absicherung von Layoutplanungen zukünftig zur Verfügung. Mit der Anbindung verschiedener Interaktionsgeräte, angefangen bei Datenhandschuhen bis hin zu zweidimensionalen Bewegungsplattformen, wird der Mensch tiefer in die virtuelle Welt „eintauchen“. Beispielsweise können am VR-Demonstrator des Lehrstuhls fml manuelle Kommissionierprozesse simulativ von einem Menschen in einer virtuellen Umgebung nachvollzogen werden (Abb.2). Ein integriertes Tool misst die durch den Kommissionierer in der virtuellen Welt erbrachte Leistung, so dass bereits vor der Umsetzung des realen Lagers mit dem virtuellen Modell abgesicherte Erkenntnisse über Durchsätze getroffen werden können. Dementsprechend werden sich durch den Einsatz der Virtual Reality Planungen kostengünstiger und aussagekräftiger gestalten. Zukünftig wird der Einsatz der VR in der Pla-

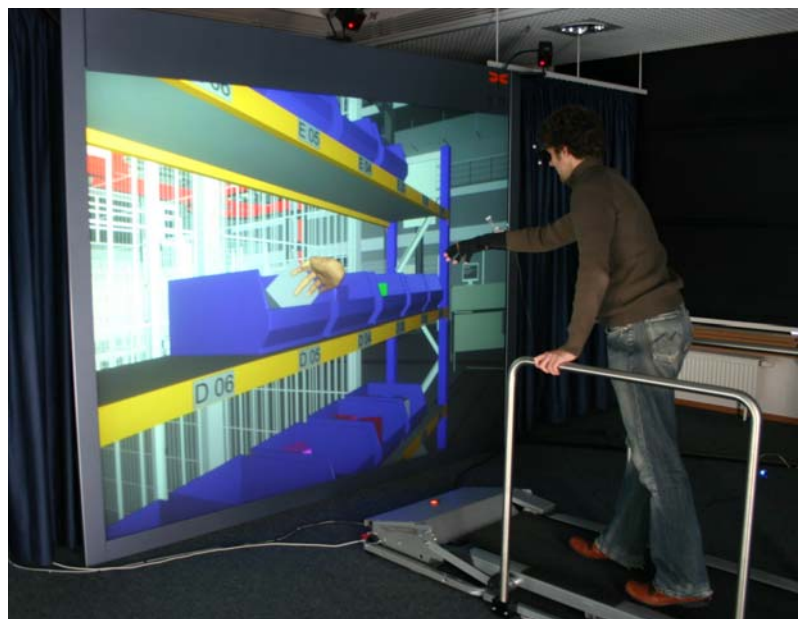


Abb. 2: Virtuelle Kommissionierung [fml]

nung weiter dadurch begünstigt, dass Entwicklungen und Konstruktionen von Produkten sowie Produktions- und Logistikanlagen zunehmend mittels CAD-Werkzeugen erfolgen. Dementsprechend stehen der Logistik bereits frühzeitig 3D-Geometrien zur Verfügung, die zur Planung von Layouts, Materialflusssystemen bis hin zur kompletten Simulation einer „Digitalen Fabrik“ herangezogen werden können.

2.3 Logistikplanung mit Augmented Reality



Abb. 3: Virtuell geplantes Logistiksystem in der realen Umgebung [fml]

Der Lehrstuhl fml setzt zudem für die Planung logistischer Systeme die Augmented Reality-Technologie (AR) ein. Darunter wird die kontextspezifische Überlagerung der realen Umgebung mit virtuellen Objekten verstanden. Somit können reale Randbedingungen in Form von bestehender Fördertechnik, Lagereinrichtung, Gebäudestruktur sowie Umwelteinflüsse wie Licht und Lärm etc. in die Planung miteinbezogen werden. Der Lehrstuhl fml war hierbei in die Entwicklung des AR-Planungstools Roivis der metaio GmbH involviert. Damit besteht die Möglichkeit, am Rechner konstruierte oder geplante Anlagen aufwandsarm in die reale Welt zu integrieren, um die planerische Absicherung zu verbessern. Die virtuellen Modelle zukünftig zu realisierender logistischer Systeme lassen sich in Bildern und Videosequenzen durch Störkanten- und Kollisionsanalysen mit real bestehenden Einrichtungsgegenständen verschneiden. Der Planungsprozess wird dadurch verstärkt abgesichert, so dass

kostspielige Umplanungen während der Aufbauphase entfallen. Soll zum Beispiel überprüft werden, ob mit einer bestehenden Fördertechnik neue oder abgeänderte Bauteile befördert werden können, sind zunächst an der Fördertechnik und an möglichen Störkanten Markierungen anzubringen. Von den kritischen Stellen werden anschließend mit einer kalibrierten Digitalkamera Fotos aufgenommen. Roivis übernimmt die Zuweisung von virtuellen Objekten zu den Markierungen und integriert so das neue Bauteil lagerichtig in die bestehende Fördertechnik. Um Kollisionen zu erkennen, lässt sich dieses virtuelle Objekt mit virtuellen Ebenen, die die Störkanten symbolisieren, schneiden. Obwohl Fertigungsanlagen immer häufiger komplett in 3D-CAD erstellt werden, ist oft die Aktualität der Modelle nicht gewährleistet. Mit AR kann dagegen die reale Fertigungsumgebung mit dem virtuellen Planungsstand kombiniert und somit ein vollständiges Bild der zukünftigen Fertigungsumgebung auf Basis aktueller Rahmenbedingungen erstellt werden. Dies ist vor allem bei Änderungsplanungen von Vorteil, bei denen eine bestehende Fertigungsanlage oder Fördertechnik verändert bzw. erweitert wird (Abb.3).

2.4 Virtuelle Planung einer Baustelle

In Zusammenarbeit mit Kranherstellern, Kranverleihern und Baufirmen entwickelte der Lehrstuhl fml im Rahmen eines Forschungsprojekts einen datenbankbasierten Turmdrehkran-Einsatzplaner zur schnellen und einfachen Beplanung von Baustellen mit Turmdrehkränen. Das Planungswerkzeug verfügt über eine Schnittstelle zum CAD-Programm AutoCAD von Autodesk. Dadurch bietet sich dem Anwender die Möglichkeit, im Rahmen einer Kranplanung, Turmdrehkrane maßstabsgerecht in 2D- oder 3D-CAD-Baustellenzeichnungen zu integrieren.

Im Rahmen von 3D-Baustellenzeichnungen werden die Krane nicht wie bei der 2D-Darstellung aus einzeln hinterlegten, detailgetreuen CAD-Bauteilen aufgebaut, sondern dynamisch erzeugt. Für jedes Kranbauteil sind in der Datenbank dessen Hauptabmessungen abgelegt. Hierauf basierend bildet der Turmdrehkraneinsatzplaner einzelne abstrahierte Volumenelemente und fügt diese zum Kran zusammen. Aufgrund der dynamischen Erzeugung der Krane aus Volumenelementen ermöglicht das Planungstool eine Kollisionskontrolle der in eine Baustellenzeichnung integrierten Krane untereinander sowie mit deren direkter Umgebung. Bei der Überprüfung der Arbeitsräume der einzelnen Turmdrehkrane werden Hüllvolumen der Auslegerkinematiken gebildet und mit angrenzenden Objekten über Boolesche Operationen verschnitten (Abb.4). Die farbliche Hervorhebung der Kollisionsbereiche verdeutlicht dem Planer gefährdete Bereiche.

Die CAD-Schnittstelle nutzt dabei die Layer-technik von AutoCAD, sodass der Anwender durch Ein- oder Ausblenden von Layern, auf denen die einzelnen Informationen enthalten sind, das Kranbild seinen Anforderungen entsprechend anpassen kann.

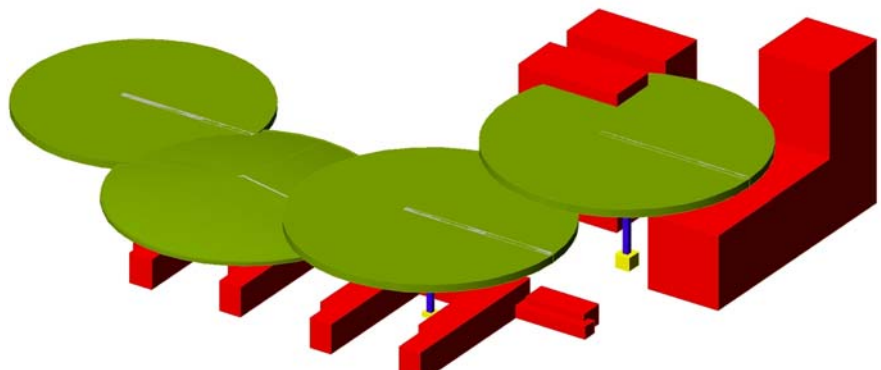


Abb. 4: Virtuelles Baustellenmodell mit Kransystemen [fml]

3 Entwicklung und Konstruktion von Fördertechnik

3.1 Einsatz Finite Elemente Methode in der Kranauslegung

Ein Fachbereich des Lehrstuhls fml beschäftigt sich mit der Auslegung von Kranen. Zur Berechnung der Kranstatik und -dynamik wurde das Finite-Elemente-Kernprogramm NODYA entwickelt, das mittlerweile von allen großen Herstellern genutzt wird. Damit sind eine geometrisch und materiell nichtlineare Berechnung, die Knick- und Beugeanalyse sowie eine Frequenzanalyse möglich.

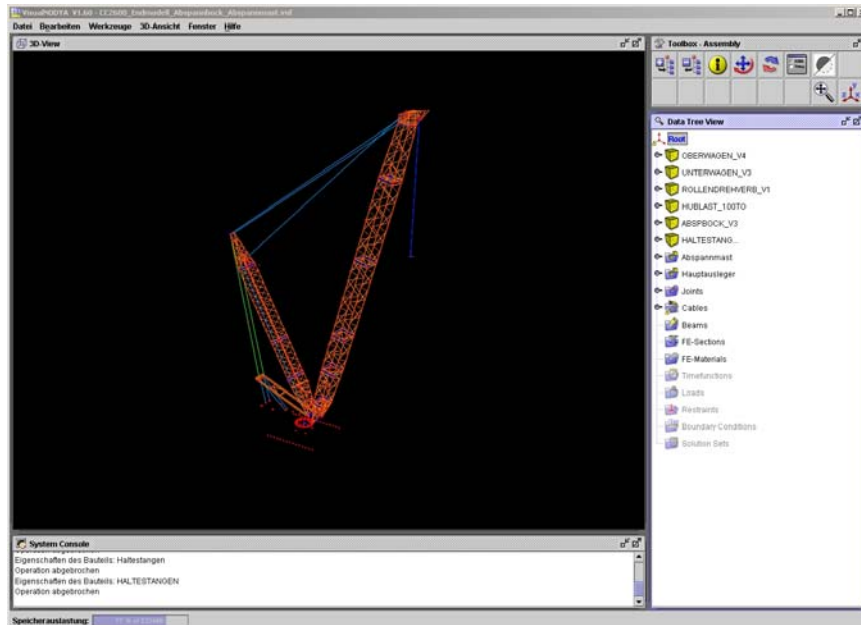


Abb. 5: VisualNODYA Frontend [fml]

VisualNODYA ist das dazugehörige, hochwertige, graphische Frontend (Abb.5). Mit umfassenden Funktionen zur Modellgenerierung, Berechnung und Auswertung ausgestattet, können Finite-Elemente-Modelle hierarchisch aus einzelnen Teilmodellen nach dem Baukastenprinzip aufgebaut und durch kinematische Bindungen

miteinander verbunden werden. Durch Verändern der Bindungsparameter (Winkel, Längen etc.) lassen sich aus einem Modell eine Vielzahl von Stellungsvarianten erzeugen. Somit ist VisualNODYA ein Ingenieursystem, welches eine von der Modellierung über die Auswertung bis hin zur Ergebnisdarstellung durchgängige Berechnung Finiter Elemente Modelle veränderlicher kinematischer Struktur ermöglicht.

3.2 Dynamische Berechnung von Regalbediengeräten mit der Mehrkörpersimulation

Mit dem Ziel der mechatronischen Optimierung untersucht der Lehrstuhl fml das dynamische Schwingungsverhalten von hochdynamisch bewegten Flurförderzeugen. Im Bereich der Hochregallagertechnik werden hierbei verschiedene Fragestellungen bearbeitet. Während beim Einsatz von Schmalgangstaplern die Untersuchung des Einflusses der Bodenungenauigkeiten auf das Schwingungsverhalten im Vordergrund steht, werden auf dem Gebiet der automatisierten Kleinteilelager Regalalgorithmen entwickelt, mit deren Hilfe unter Ausnutzung der verwendeten leistungsstarken Antriebstechnik und möglichst ohne zusätzlicher Sensorik eine aktive Schwingungsdämpfung und damit eine Leistungssteigerung ermöglicht werden soll. Dabei ist der Durchsatz maßgeblich durch die Strukturmechanik bestimmt. Zur Gewährleistung eines sicheren Lastwechsels

werden neben Geräteberuhigungszeiten auch konstruktive Maßnahmen zur Erhöhung der Steifigkeit eingesetzt, die sich aufgrund des Gewichtszuwachses jedoch wieder negativ auf die Leistung der Geräte auswirkt. Diesem Zielkonflikt sollen neue Regelalgorithmen begegnen. In beiden Fällen werden mit Hilfe von Mehrkörpersimulationsprogrammen (MKS), hier dem Simulationsprogramm MSC-ADAMS, und dem Einsatz von Finite-Elemente-Programmen, z.B. I-DEAS, neben den rein kinematischen Gegebenheiten, wie etwa Fahrwerk, Führung, Getriebe, Hydraulik usw., auch sämtliche elastischen Eigenschaften wie etwa der Maststruktur beim Regalbediengerät oder der Hubgerüste beim Schmalgangstapler abgebildet (Abb.6). Nach der vollständigen Implementierung der Modelle und der Simulation eines Verfahrensvorganges können anschließend im Post-Processing die auftretenden Schwingungsverläufe dreidimensional ausgegeben, in 3D visualisiert und bewertet werden. Im Falle der Regalbediengeräte erfolgt anschließend eine Optimierung des zugrundeliegenden Regelungskonzeptes.

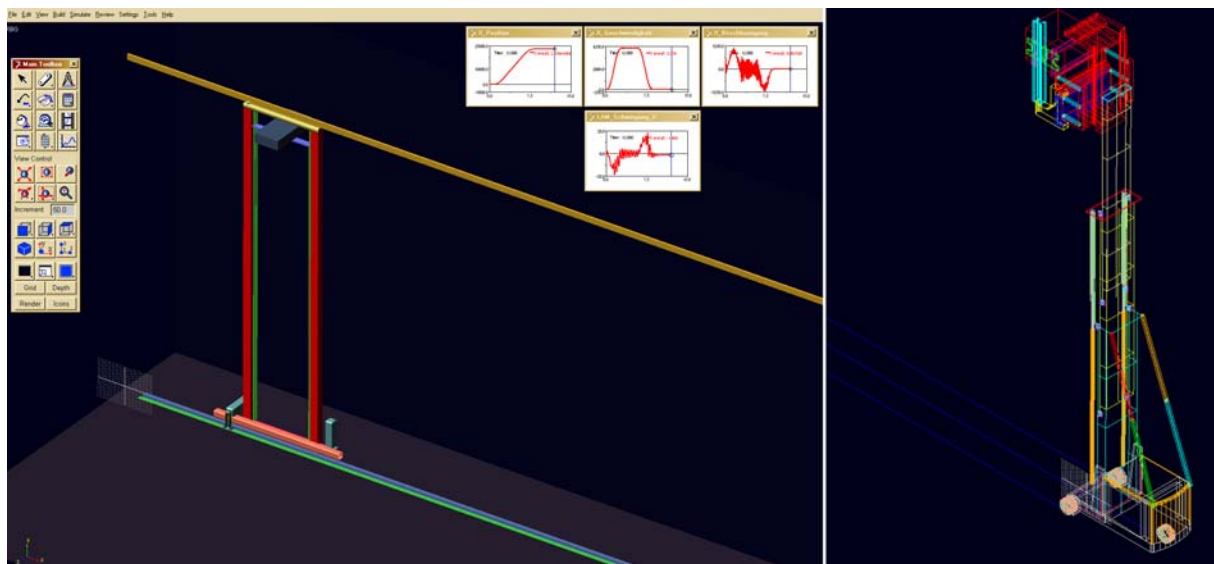


Abb. 6: MKS-Modell eines Regalbediengeräts und eines Schmalgangstaplers [fml]

3.3 Simulation des Bewegungsverhaltens von Schüttgütern

Ein Arbeitsbereich des Lehrstuhls fml beschäftigt sich mit der Schüttgutförderung. Als Schüttgut werden im Allgemeinen Massengüter, die für den Transport nicht verpackt, sondern in Silowägen oder Schiffen lose transportiert werden, bezeichnet. Dies sind z.B. Sand, Kohle, Erze, Getreide usw. Neben den umfangreichen experimentellen Arbeiten an einer am Lehrstuhl aufgebauten Versuchsanlage mit Hochleistungsschneckenförderern, beschäftigt sich der Lehrstuhl fml auch intensiv mit der Simulation des Bewegungsverhaltens in Schüttgütern.

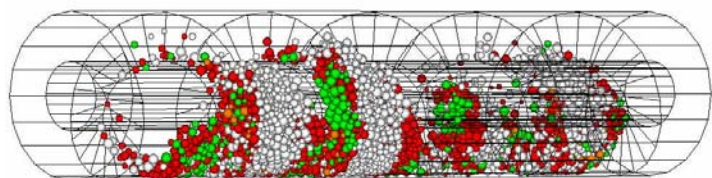


Abb. 7: Simulationsmodell eines Schneckenförderers [fml]

Mit Hilfe der Diskreten Elemente Methode (DEM) lässt sich die Bewegung eines Schüttguthaufwerks abbilden und simulieren. Dazu stehen dem Lehrstuhl die Simulationsprogramme PFC 2D und PFC 3D der Firma ITASCA Consultants, s.a.s. zur Verfügung. Diese ermöglichen die Abbildung auch komplexer Geometrien. So können verschiedene Schüttgutförderer erstellt und mit verschiedenen Schüttgütern beladen werden. Diese werden aus verschiedenen Einzelpartikeln gebildet. Es lassen sich sowohl kugel- bzw. scheibenförmige als auch sehr komplexe Partikelformen nachbilden. Die Partikelgröße ist nicht beschränkt. Zur Modellierung der Kontakte zwischen den Partikeln sind verschiedene Kontaktgesetze implementiert, die frei erweiterbar sind. Da die Kontakte automatisch erkannt werden, sind unbegrenzte Dehnungen des Partikelsystems realisierbar.

4 Unterstützung des operativen Personals mit digitalen Werkzeugen

4.1 Pick-by-Vision

Mit Augmented Reality (AR) können virtuelle Objekte in die reale Umgebung des Benutzers eingebunden werden. Dies lässt sich für einen der wichtigsten Prozesse in der Logistik, die Kommissionierung, nutzen. Dabei werden Artikel auftragsbezogen aus einem Sortiment an Waren entnommen. Aufgrund der Vielfalt des zu pickenden Artikelspektrums ist der Mensch mit seiner Flexibilität und seinen motorischen Fähigkeiten hier auch zukünftig nicht durch Automaten zu ersetzen. Um Fehler zu vermeiden, muss er dabei bestmöglichst mit Informationen versorgt werden. Am Lehrstuhl fml wird daran gearbeitet, die Informationsbereitstellung in der Kommissionierung durch AR zu unterstützen. Über eine Datenbrille,



Abb. 8: Ein mit einer Datenbrille ausgestatteter Kommissionierer [fml]

ein so genanntes Head-Mounted-Display (HMD), ist es möglich, dem Kommissionierer die benötigten Daten kontextbezogen bereitzustellen (Abb.8). Dazu werden die für die Auftragsabwicklung erforderlichen Daten (Lagerplatz, Artikelnummer und -bezeichnung, Entnahmemenge etc.), aber auch Handlungsanweisungen zur Qualitätssicherung direkt in sein Gesichtsfeld projiziert. Hierdurch hat der Kommissionierer die Daten ständig vor seinem Auge, so dass er beide Arme für seine eigentliche Tätigkeit verwenden kann. Informationssuchzeiten entfallen und Fehlhandlungen lassen sich reduzieren. Durch den Einsatz eines Trackingsystems ist es zusätzlich möglich, die aktuelle Position des Mitarbeiters sowie dessen Blickrichtung zu erfassen und somit die virtuellen Daten positionsbezogen einzublenden. Über Pfeile wird zum Beispiel der Weg durch das Lager zum nächsten Lagerplatz angezeigt. Die Entnahme falscher Artikel kann eingeschränkt

werden, indem das Lagerfach durch eine virtuelle Markierung, z.B. durch eine Umrandung, hervorgehoben wird. Mit dieser Form der Mitarbeiterunterstützung ist davon auszugehen, dass sich die Arbeit in der operativen Logistik grundlegend ändert. Der Kommissionierer muss sich darauf einstellen, dass sich sein Aufgabenbereich erweitert und er flexibel in verschiedenen Arbeitsbereichen einsetzbar ist.

4.2 Die Ausbildung von Logistikmitarbeitern

Die in der Logistik derzeit eingesetzten Schulungsmaßnahmen werden oft den Anforderungen an die Mitarbeiterausbildung nicht gerecht. Wachsende Komplexität und Variantenvielfalt der Produkte und Fertigungsprozesse einerseits sowie die mangelnde Standardisierung und fehlende Praxisnähe der Ausbildung auf der anderen Seite erfordern neue Technologien, um vor Anlauf- und in Ausbildungsphasen Mitarbeiter schnell auf das notwendige Qualifikationsniveau zu bringen. Der Einsatz der Virtual Reality kann hier von Anfang an stabile Arbeitsprozesse in geforderter Qualität gewährleisten, ohne Ausschuss oder kostenintensive Nacharbeiten zu verursachen. Zusätzlich lassen sich mit der Abbildung der realen Gegebenheiten in einem virtuellen Schulungsmodell Anschaffungskosten für Ausbildungsmaschinen einsparen und Abläufe realitätsnah und standardisiert trainieren.

Gerade die Möglichkeiten der VR-Technologie werden diesbezüglich für eine zunehmend breitere Basis an Anwendungen interessant. Dabei setzen Unternehmen im ersten Schritt auf eine für einfachere Schulungsmaßnahmen zweckmäßige und kostengünstige Lösung mit einem geringeren Grad an Immersion. Bei ihr ist der Nutzer psycho-physisch weniger stark in die virtuelle Trainingsumgebung eingebunden, indem auf einfache Interaktions- und Visualisierungsgeräte (wie PC und Maus) zurückgegriffen wird.

Bei dem vom Lehrstuhl fml in Zusammenarbeit mit Industriepartnern entwickelten Demonstrator handelt es sich um das virtuelle Abbild eines Arbeitsplatzes zur Montage von elektronischen Baugruppen (Abb.9). Neben den virtuell dargebotenen Werkzeugen und Montageteilen, erhält der Auszubildende zusätzlich die durchzuführenden Arbeitsschritte sowie zu erreichende Vorgabezeiten angezeigt. Das Training ist selbstständig und ohne spezielles Schulungspersonal durchführbar. Zudem zeichnet sich das System durch seinen modularen Aufbau aus, sodass der Transfer der Lernumgebung auf andere Produktmontagen mit geringem Aufwand möglich ist. Die virtuelle



Abb. 9: Virtuelles Schulungstool für den Zusammenbau von elektronischen Baugruppen [fml]

Umgebung auf andere Produktmontagen mit geringem Aufwand möglich ist. Die virtuelle

Montageumgebung deckt den heutigen Schulungsbedarf an „Training on the Job“ bis zu 70% ab, wobei trotz Entkopplung der Schulung vom laufenden Betrieb, die Praxisnähe durch die realistische Darstellung der virtuellen Welt gewährleistet wird.

4.3 3D-Visualisierung in einem Warehouse Management System

Ein Warehouse Management System (WMS) kontrolliert den Materialfluss vom Wareneingang bis zum Warenausgang eines Lagers. Es stellt zudem eine Art Leitstand dar, weswegen eine gute Visualisierung der Vorgänge notwendig ist, um schnell den aktuellen Systemzustand zu erfassen. In den gängigen WMS ist diese Visualisierung meist

zweidimensional und es sind verschiedene Ansichten nötig, zwischen denen ständig gewechselt werden muss. Zusammen mit dem WMS-Hersteller CIM GmbH wurde aufbauend auf deren System PROLAG® World eine 3D-Visualisierung mit Interaktionsmöglichkeiten prototypenhaft umgesetzt. Wie in einem CAD-Modell kann das Lager nun aus den unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet werden (Abb.10).

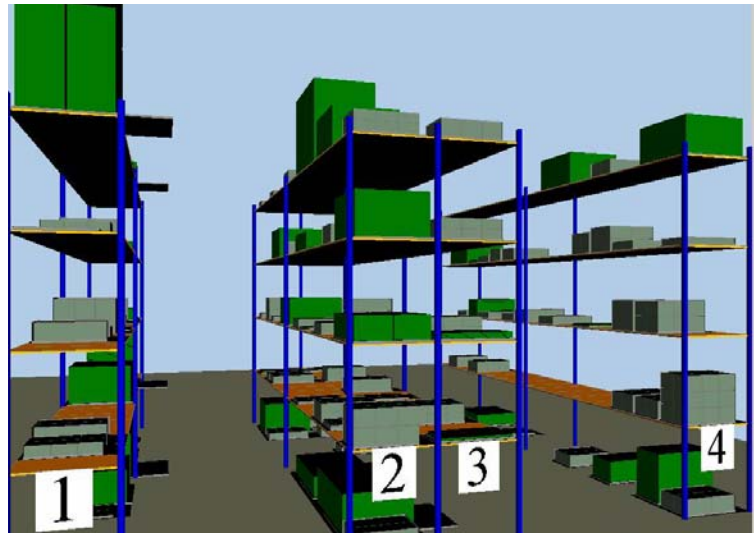


Abb. 10: Virtuelles Lager in einem WMS [fm]

Neben der Darstellung lassen sich auch verschiedene Lagerzustände darstellen und über Click and Drop ist eine direkte Interaktion (z.B. Auslagern/Umlagern von Ware) mit dem WMS möglich. Dabei gibt es drei unterschiedliche Ansichtsebenen. Es können die Lagergebäude, die darin angeordneten Lagerbereiche und schließlich der genaue Aufbau der Lagereinrichtung eines Lagerbereichs mit den eingelagerten Waren angezeigt werden. Die 3D-Visualisierung konnte damit einen Beitrag zur Anwendungsverbesserung von WMS leisten.

5 Fazit

Logistik wäre ohne digitale Werkzeuge heute kaum noch denkbar. Wie gezeigt unterstützen unterschiedlichste Tools die in der Logistik Beschäftigten – vom Planer bis hin zum operativen Mitarbeiter. Diesbezüglich weitere Optimierungs- und Einsatzmöglichkeiten zu erschließen, ist eine der wesentlichen Forschungsaufgaben des Lehrstuhls fml.