

# **Planung komplexer Produktionssysteme durch Techniken der virtuellen Realität**

*Abschlußbericht*  
*im Rahmen des Schwerpunktprogrammes*  
*"Modellierung der Produktion"*

o. Prof. Dr.-Ing. H. Weule, o. Prof. Dr. Ing. Dieter Spath, Prof. Dr.-Ing. J. Schmidt  
**Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik (wbk)**  
Universität (TH) Karlsruhe

---

<b>1</b>	<b>Allgemeine Angaben.....</b>	<b>3</b>
1.1	Antragsteller .....	3
1.2	Thema .....	3
1.3	Kennwort .....	3
1.4	Fachgebiet und Arbeitsrichtung.....	3
1.5	Berichtszeitraum und Förderdauer .....	4
1.6	Liste der Publikationen.....	4
1.7	Qualifikation des wissenschaftlichen Nachwuchses .....	5
3.1.1	<i>Durchgeführte Promotionen.....</i>	<i>5</i>
3.1.2	<i>Durchgeführte Diplomarbeiten .....</i>	<i>6</i>
<b>2</b>	<b>Arbeits- und Ergebnisbericht .....</b>	<b>10</b>
2.1	Ausgangsfragen und Zielsetzung.....	10
2.2	Schwerpunkte des ersten Projektjahres (1995).....	10
2.3	Schwerpunkte des zweiten Projektjahres (1996).....	11
2.4	Schwerpunkte des dritten Projektjahres (1997).....	12
2.5	Schwerpunkte des vierten Projektjahres (1998).....	14
<b>3</b>	<b>Zusammenfassung, Bewertung der Ergebnisse, Ausblick auf weitere Forschungsarbeiten .....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Unterschrift .....</b>	<b>20</b>

# **1 Allgemeine Angaben**

Antrag auf Gewährung einer Sachbeihilfe  
Abschlußbericht zu Geschäftszeichen 448/6-x

## **1.1 Antragsteller**

o. Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath,  
Institutsleiter,  
geb. am 23. April 1952, deutsch  
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik (wbk)  
Universität (TH) Karlsruhe

Dienstadresse: Kaiserstraße 12  
76128 Karlsruhe  
Tel. (0721) 608-4011

Privatadresse: Bachmatt 24  
77887 Sasbachwalden  
Tel. (07841) 22727

## **1.2 Thema**

Planung komplexer Produktionssysteme durch Techniken der Virtuellen Realität

## **1.3 Kennwort**

VR für die Systemplanung

## **1.4 Fachgebiet und Arbeitsrichtung**

Produktionstechnik, Steuerungstechnik, Informatik;  
Produktionssystemplanung, Arbeitsplanung, Simulation, Visualisierung

## 1.5 Berichtszeitraum und Förderdauer

Start des Vorhabens:	Oktober 1994
Vorhaben wird von der DFG gefördert seit:	Oktober 1994
Gesamtdauer Förderung durch die DFG:	4 Jahre
3-monatige Unterbrechung der Förderung (10/95-1/96)	
Ende des Vorhabens	Dezember 1998

## 1.6 Liste der Publikationen

- /SpOs-96a/ Spath, D., Osmers, U.**  
*VPLC - a CASE tool for the virtual programming, simulation and diagnosis of PLC-software*  
IFIP - Working Conference, Software Engineering and CASE tools for Control Technics of Manufacturing Systems, ISW, Stuttgart 28.-29.3.1996
- /SpOs-96b/ Spath, D., Osmers, U.**  
*Applying technics of VR to derive PLC-code from a 3-D dynamic model*  
SCS-3. International conference on Concurrent Enginmeering and electronic design automation,  
Cambridge 10.-12.4.1996
- /SpOs-96c/ Spath, D., Osmers, U.**  
*VPLC - a CASE tool for the virtual programming simulation and diagnosis of PLC-software*  
29. ISATA-dedicated Conference on Simulation, Diagnosis and VR-applications in the Automotive Industrie  
Florenz, 3.-6.6.1996
- /SpOs-96d/ Spath, D., Osmers, U.**  
*Virtual Reality - An approach to improve the Generation of Fault-Free Software for Programmable Logic Controllers (PLC)*  
Proceedings Secons IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems, Montreal Canada, October 21-25, 1996
- /SpOs-97a/ Spath, D., Osmers, U.**  
*Virtual Engineering: 3D-Projektierung und Simulation komplexer Produk-*

*tionssysteme am Beispiel SPS-gesteuerter Anlagen*  
Industrie Management 1/97

- /SpOs-97b/ Spath, D., Osmer, U.**  
*Virtual Engineering: Collaborative Design, Programming, Simulation and test of PLC-Controlled Manufacturing Systems*  
Circ 1997 International Design Seminar on „Multimedia Technologies for Collaborative Design and Manufacturing  
Los Angeles, California, October 8<sup>th</sup> – 10<sup>th</sup>, 1997
- /SpOs-97c/ Spath, D., Osmer, U.**  
*Schnell und sicher zum lauffähigen SPS Programm mit Hilfe von Virtual Reality,*  
ASIM 97, 11. Symposium Simulationstechnik, 11.-14.11.1997, Dortmund
- /SpOs-98/ Spath, D., Osmer, U.**  
*Projektieren Speicherprogrammierbarer Steuerungen mit Virtual Reality*  
SPS/IPC/Drives, Nürnberg, 1998
- /OsWe-96a/ Osmer, U., Weber, J.**  
*Unterstützung von Planungssystemen durch Techniken der Virtuellen Realität*  
wt-Werkstatt und Technik, 3/96
- /OsWe-96b/ Osmer, U., Weber, J.**  
*Meßumgebung in der Simulation - Programmierung von Koordinatenmeßgeräten im virtuellen Raum*  
MPA 6/96, S.48-51

## 1.7 Qualifikation des wissenschaftlichen Nachwuchses

### 3.1.1 Durchgeführte Promotionen

- /Weber-98/ Weber, J.**  
*Ein Ansatz zur Bewertung von Entwicklungsergebnissen in virtuellen Szenarien*  
Dissertation am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik, 1998

**/Osmer-98/ Osmer, U.**  
*Projektieren Speicherprogrammierbarer Steuerungen mit Virtual Reality*  
Dissertation am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik, 1998

### 3.1.2 Durchgeführte Diplomarbeiten

**/AgAg-96/ Agyei-Agyemang, A.**  
*Grafikorientierte Logische Verknüpfung SPS-gesteuerter Komponenten einer automatisierten Produktionsanlage mit Hilfe von Virtual Reality*  
Diplomarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik, 1996

**/Benz-97/ Benzmüller, E.**  
*Konzeption und Implementierung eines Moduls zur Generierung von Anweisungsliste aus einem Virtual Reality Modell*  
Diplomarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik, 1997

**/Bühn-95/ Bühner, M.**  
*Interactive Sculpting System*  
Studienarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik, 1995

**/Burg-97/ Burger, Stefanie**  
*Neue Konzepte zur Leistungsunterstützung in Produktionsbetrieben unter Berücksichtigung steigender Arbeitsanforderungen und bestehender Qualifikationsdefizite*  
Diplomarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik, 1997

**/Erlm-97/ Erlmann, M.**  
*Konzeption und Implementierung eines Simulationsmoduls im Rahmen eines Projektes zum Projektieren SPS-gesteuerter Produktionsanlagen mit Hilfe von Virtual Reality*  
Studienarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik, 1997

- /Genz-96/      Genz, R.**  
*Stand der Technik graphischer Simulationssysteme*  
Studienarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik,  
1996
- /Gran-98/      Grandi, T.**  
*VRML – Analyse und Potentiale einer 3D-Modellierungssprache für das WWW*  
Diplomarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik,  
1998
- /Guin-94/      Guinand, P.**  
*Unterstützung der Planung von Produktionssystemen durch Techniken der virtuellen Realität: Exemplarische Realisierung anhand einer Modellanlage*  
Diplomarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik,  
1994
- /Gutz-98/      Gutzeit, O.**  
*Untersuchungen zu Automatisierungskonzepten für Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)*  
Diplomarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik,  
1998
- /Hris-97/      Hristov, S.**  
*Konzeption und Implementierung einer Online-Kopplung zwischen einer SPS-gesteuerten Produktionsanlage und dem entsprechenden Virtual Reality Modell*  
Diplomarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik,  
1997
- /Lasc-97/      Laschinger, H.-J.**  
*Konzeption, Modellierung und Programmierung einer SPS-gesteuerten Modellanlage*  
Studienarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik,  
1997
- /Lutz-98/      Lutz, F.**  
*Erweiterung einer SPS-Modellanlage um zusätzliche Aktorik und deren da-*

*tentechnische Integration über einen feldbusvernetzten Kommunikationsverbund*

Diplomarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik,  
1998

**/Radh-97/**

**Radhwan, L.**

*Stand der Forschung und Technik von SPS-Programmiersystemen*

Diplomarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik,  
1997

**/Rollw-94/**

**Rollwagen, J.**

*Betrachtung der Bausteine der virtuellen Realität hinsichtlich ihres Einsatzes für die Produktionstechnik*

Diplomarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik,  
1994

**/Saug-97/**

**Suagier, E.**

*Konzeption und Aufbau einer SPS für eine automatisierte, werkstücktpflexible Prüf- und Zuführeinrichtung für eine Vertikaldrehmaschine*

Studienarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik,  
1997

**/Scho-96/**

**Schöler, F.**

*Digitales wbk – Informationsaufbereitung und Präsentation durch die Kombination von Virtual Reality und Multimedia-Elementen im WWW*

Diplomarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik,  
1996

**/Such-96/**

**Suchy, U.**

*Konzeption und Implementierung eines Konfigurations-Moduls als Teil einer integrierten VR-Umgebung zur SPS-Programmierung*

Diplomarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik,  
1996

**/vdH-95/**

**v.d. Haardt, M.**

*Untersuchung kraftrückgekoppelter Ein- und Ausgabegeräte*

Diplomarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik,  
1995



**/Walz-96/**

**Walz, A.**

*Modellierung und funktionelle Beschreibung eines Roboters im automatisierten Mauerwerksbau mit Hilfe von Methoden der virtuellen Realität*

Studienarbeit am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik,  
1996

## 2 Arbeits- und Ergebnisbericht

### 2.1 Ausgangsfragen und Zielsetzung

Immer komplexer werdende Aufgaben bei der Produkt- und Prozeßplanung lassen die herkömmlichen Methoden der Mensch-Maschine-Kommunikation bei der Planung technischer Systeme und Prozesse heute an ihre Grenzen geraten. Ziel des Vorhabens war es deshalb, die aus der Nutzung von Bildschirm, Maus und Tastatur als Ein- und Ausgabegeräte resultierenden Limitationen bei der Modellierung der Produktion zu beseitigen. Die ausgeprägte Nutzung der Sinneswahrnehmung des Menschen in der realen Welt soll mittels Techniken der Virtuellen Realität auf die Modellwelt übertragen werden. Durch diese Integration von VR in den Planungsprozeß wird die Problemlösungsfindung optimiert. Für die *Produktionssystemplanung*, im späteren Projektverlauf insbesondere den Entwurf von SPS-gesteuerten Produktionsanlagen wurden Modellwelten entwickelt, in denen der Planer die neuartigen Möglichkeiten der Visualisierung von virtuellen Planungsobjekten sowie der Navigation und Interaktion in künstlichen Planungswelten für den Planungsablauf nutzen kann. Die Modellwelt soll unter anderem kooperatives Planen von mehreren Benutzern ohne lokale und temporäre Restriktionen durch die Techniken der virtuellen Realität ermöglichen. Die erarbeiteten Konzepte werden im Rahmen des Forschungsvorhabens im Produktionstechnischen Labor (PTL) des Instituts umgesetzt.

### 2.2 Schwerpunkte des ersten Projektjahres (1995)

Die Technologie der „Virtuellen Realität“ war Ende 1994 mehr von Mystik, als von klaren Aussagen zum Nutzen für die Produktionstechnologie geprägt. Aus diesem Grund lag der Schwerpunkt der ersten Antragsperiode bei der Begriffsklärung und dem Aufzeigen von potentiellen Anwendungsfeldern sowie einer intensiven Literatur- und Systemrecherche. Folgende Kernfelder wurden erarbeitet:

#### □ *VR-Technologie*

- Graphik (Rendering, Level of Detailling, Texture Mapping, Polygonreduzierung)
- Ein-/Ausgabegeräte (Sicht-, Trackingsysteme, Taktiles Feedback, Force Feedback)
- Rechnersysteme (Hardware, Softwarestandards, Schnittstellen)
- Vernetzung (verteilt / kooperatives VR)

### ❑ *VR im anwendungsnahen Engineering Bereich*

- Virtual Prototyping, Produktmodellierung,
- Virtual Manufacturing (Layoutplanung, Konfigurierung, Steuerungssimulation)
- Ergonomieuntersuchungen

### ❑ *Training, Ausbildung, Schulung*

### ❑ *Marketing*

Das Institut hat im Rahmen des Ergebnisberichts die Verbindungen zu existierenden Planungsansätzen am wbk aufgezeigt und die entsprechenden Verbindungen geschaffen. Ein PC-gestütztes VR-System wurde zur prototypischen Implementierung von Produktionsszenarien beschafft.

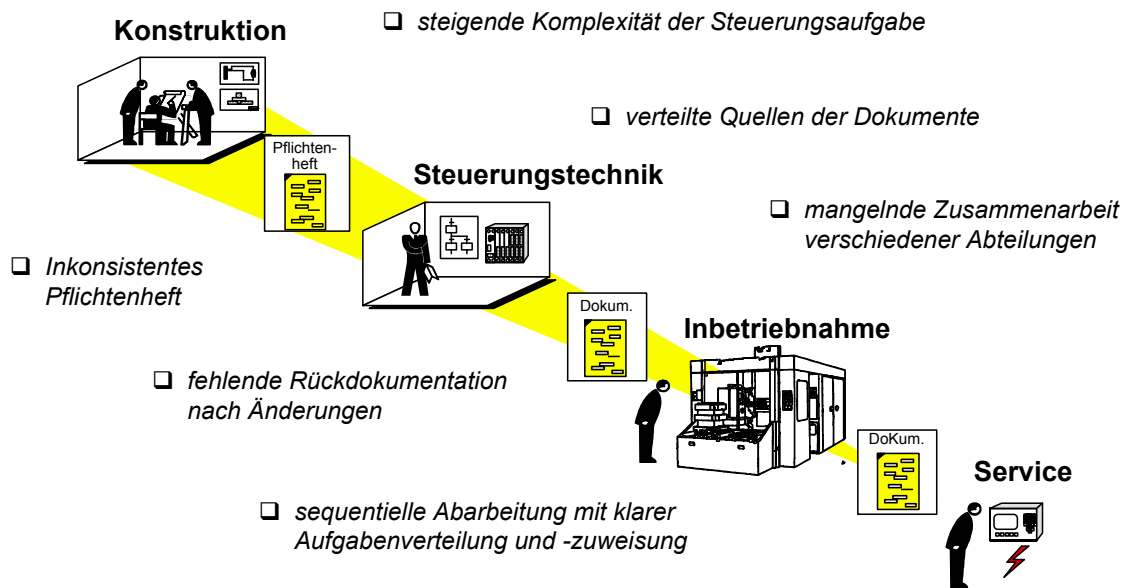
## 2.3 **Schwerpunkte des zweiten Projektjahres (1996)**

Seit der Neubeantragung (7/94) des Vorhabens haben die Forschungsarbeiten im VR-Bereich erhebliche Fortschritte gemacht, die mittelfristig auf eine intensive Nutzung in der Praxis hindeuten. Der Beweis, daß VR-Systeme den Planungsprozeß, der durch

- komplexe Zusammenhänge
- logisch unsichere Entwurfsentscheidungen unter unvollständigen Informationen mit oft unbestimmter, intransparenter und inkonsistenter Dokumentation
- interdisziplinäre Anforderungen
- intuitive Lösungsprozesse

gekennzeichnet ist, ist im Forschungsbereich erbracht. Die anwendungsnahen Forschungsinstitute sind allerdings aufgefordert, ihre bisherigen, vielversprechenden Ergebnisse auf eine bestimmte Anwendung hin zu **fokussieren**, die den speziellen Vorteilen der Mensch-Maschine-Schnittstelle Virtual Reality entspricht. Aufbauend auf langjährigen Forschungsarbeiten im Bereich der Steuerungsprojektierung am wbk und dem Wissen um die Defizite und Verbesserungspotentiale, die derzeitige Projektierungssysteme für SPS-Software noch innehaben, wurde der verlangte Fokus auf die SPS-Prozeßkette gelegt und dieser in den folgenden Antragsphasen bearbeitet. Eine globale Betrachtung von VR-Techniken als allgemeines Planungswerkzeug konnte in diesem Stadium des Projektes als Antragsbegründung nicht mehr ausreichen, eine enge Bindung der Methode (hier VR) und einer diese prädestinierende Anwendung (hier SPS-Projektierung) wurde als sinnvoll erachtet.

Der Prozeß der SPS-Projektierung ist trotz vielfältiger Forschungsarbeiten in vielen Unternehmen durch folgende) gekennzeichnet:



**Abbildung 1: Probleme der Steuerungsprojektierung**

Durch die zunehmende Fremdvergabe von steuerungstechnischen Aufgaben als Dienstleistung verschärft sich das Kommunikationsproblem der Abteilungen, insbesondere der Konstruktion, der Steuerungstechnik und der Montage/Inbetriebnahme auf der Baustelle. Eine eindeutige, allen beteiligten eingängige, den Anlagenlebenszyklus übergreifende Beschreibungsform, die zusätzlich über ein Netzwerk als Kommunikationsmedium für das zu realisierende Produktionssystem inklusive der Steuerungsaufgabe dient, ist anzustreben.

Viele Forschungsansätze bearbeiteten genau diese Problemstellung mit unterschiedlichsten Beschreibungsarten, wie z.B. Zustandsgraphen, Petrinetzen, Automatentabellen, ..... , . Mit dem im Rahmen dieses Vorhabens konzeptionell vorgestellten, VR-gestützten System wurde eine Entwurfsform vorgestellt, die weit über die reine Steuerungsbeschreibung hinausging und in Zukunft ein abteilungsübergreifendes Planungs-, Test- und Schulungswerkzeug für SPS-gesteuerte Anlagen werden kann. Das Interesse auf entsprechende Veröffentlichungen von sowohl Anwender-, als Auch SW-Anbieterseite sprach für die Umsetzungsfähigkeit eines solchen Konzepts.

## 2.4 Schwerpunkte des dritten Projektjahres (1997)

An dem Konzept der VR-basierten Steuerungsprojektierung wurde konsequent weitergearbeitet. Schwerpunkt bildete die Methodik der graphisch, interaktiven Programmierung rein auf

der Basis visueller Notationen im VR. Ein durchgängiges System zur Projektierung und Programmierung wurde prototypisch implementiert (siehe Abbildung)

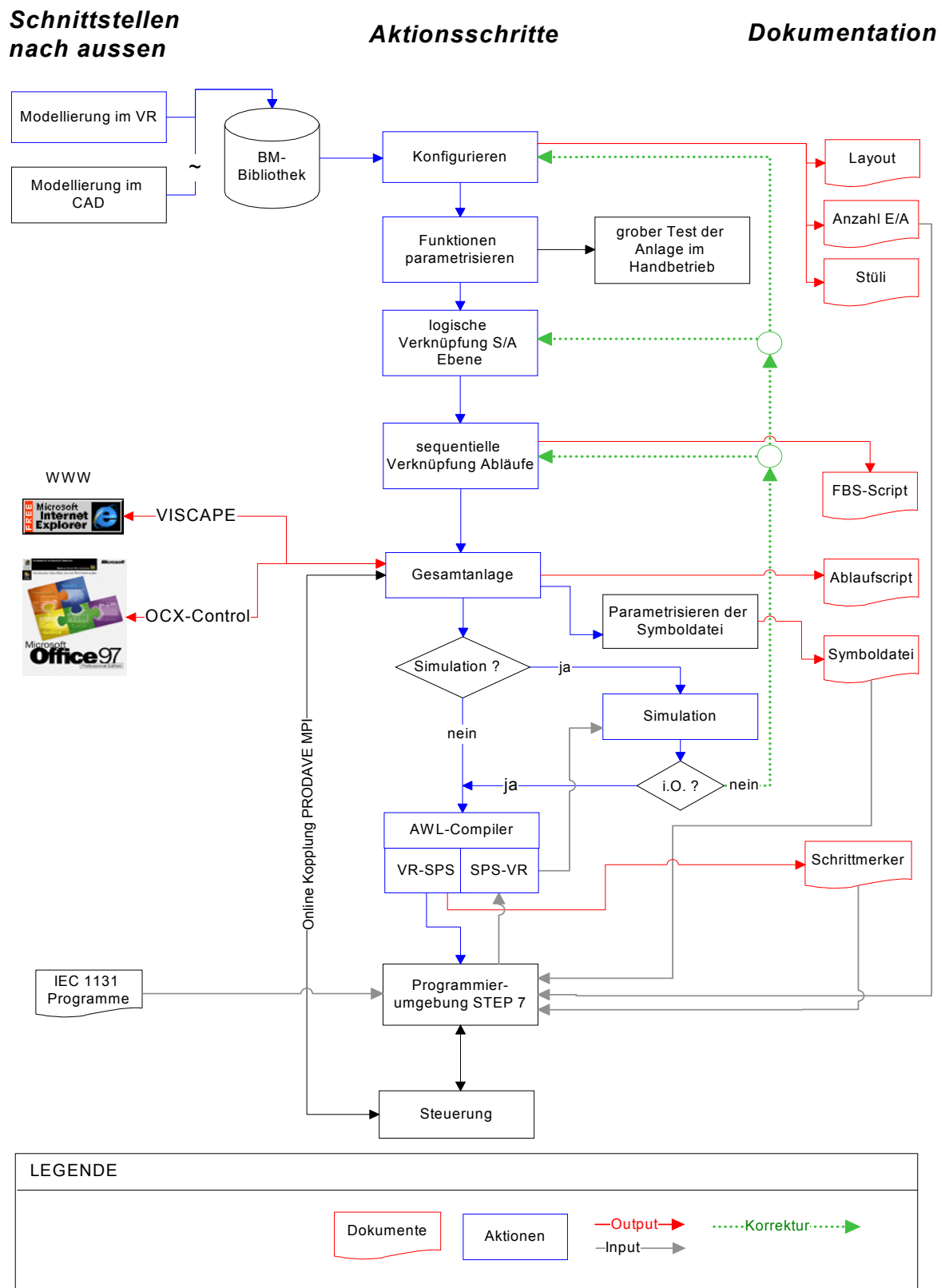


Abbildung 2: Konzept des Systems

## 2.5 Schwerpunkte des vierten Projektjahres (1998)

Bei der Projektierung und Spezifikation VR-gestützter SPS-Programme ließen sich die in im 3 Antragsjahr spezifizierten und definierten Teilschritte unterscheiden:

- Interaktives Konfigurieren der Anlage mit Hilfe von Betriebsmittelbibliotheken
- Festlegen von Grundfunktionalitäten der Komponenten
- Logische Verknüpfung der Sensoren und Aktoren zu Funktionsbausteinen mit Hilfe graphischer Repräsentationen
- Sequentielle Verknüpfung der Funktionsbausteine zu Ablaufbausteinen
- Verknüpfung der Ablaufbausteine zur Steuerung der Gesamtanlage
- Übertragung des erzeugten Ablaufes in Steuerungscode
- Simulation des Steuerungscode im VR
- Online-Kopplung Steuerung / VR

Diese Vorgehensweise wurde anhand zweier Modelle aus dem Produktionstechnischen Labor des Instituts erläutert und somit validiert. Bei den Modellen handelt es sich um ein *Fischertechnikmodell* und die Station „Verteilen“ des *Modularen Produktionssystems (MPS)* der Firma Festo Didactic. Beide Anlagen werden von einer SPS der Firma SIEMENS (Modellreihe S7) gesteuert.

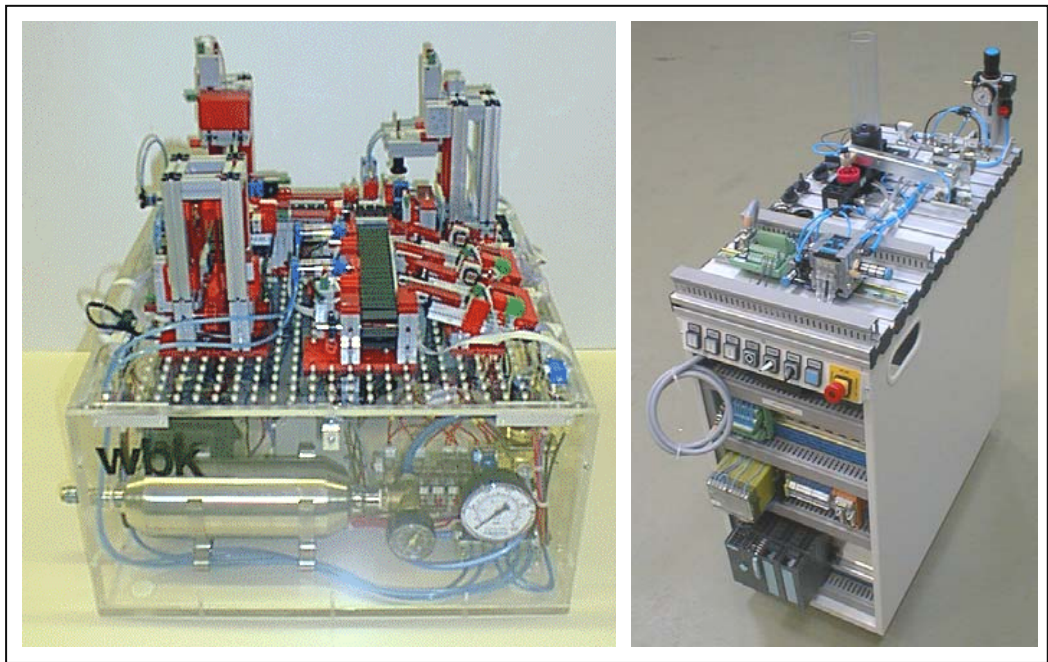


Abbildung 3: Modelle zur Evaluierung des Konzepts

Die Modellierung der Entsprechung in *VPLC* erfolgte in der kommerziell erhältlichen VR-Umgebung *VRT* der Firma SUPERSCAPE LTD, England.

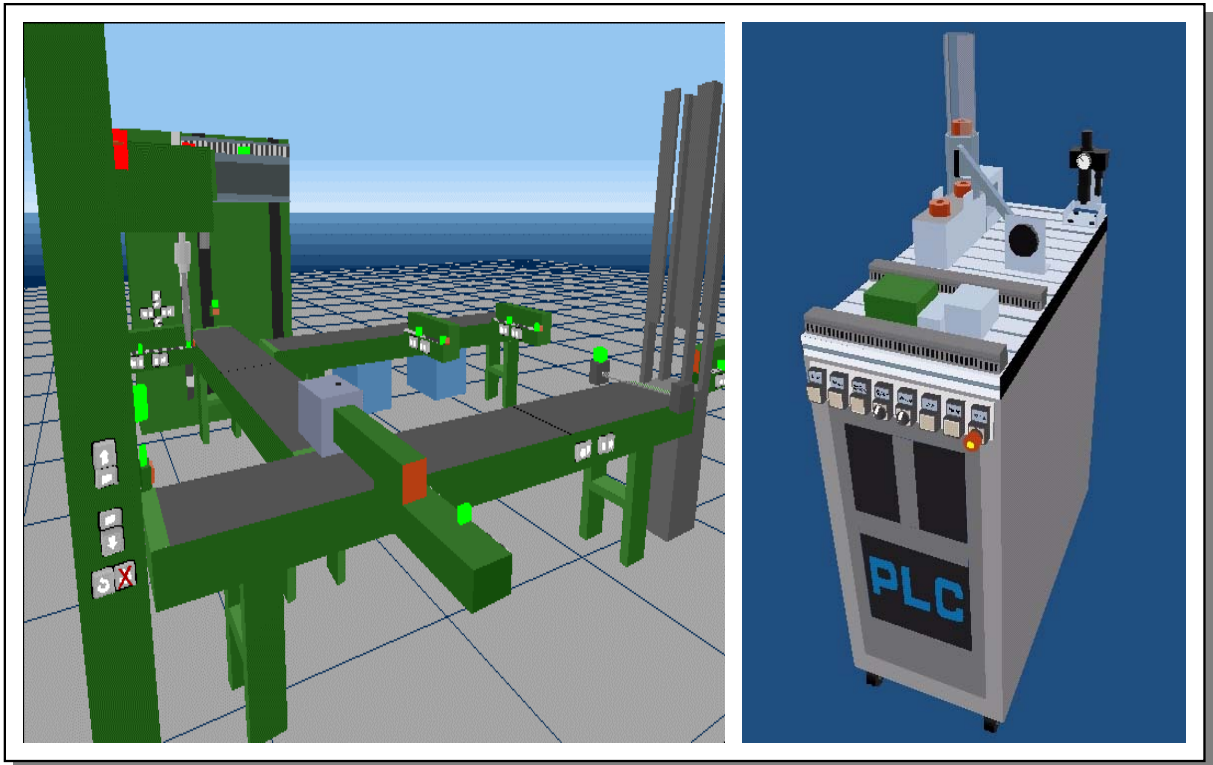


Abbildung 4: Abbildung der Modelle im VR-System

Zudem wurden Mechanismen zur kooperativen Planung entwickelt und umgesetzt.

### **3 Zusammenfassung, Bewertung der Ergebnisse, Ausblick auf weitere Forschungsarbeiten**

Die Entwicklung der rechnergestützten Hilfsmittel zum Steuerungsentwurf und die Programmiersprachen für Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) konnten mit der Entwicklung der Funktionalität der Steuerungen und der zunehmenden räumlichen und organisatorischen Trennung von den an der Projektierung beteiligten Fachabteilungen nicht Schritt halten. Zudem erfüllten die der Konstruktion und Steuerungstechnik zwischengeschalteten Beschreibungsformen einer Fertigungsaufgabe, wie z.B. Petrinetze oder Weg-Zeit Diagramme, ihren Zweck als von allen verständliches Integrationsmedium nur unzureichend.

Die in den letzten Jahren entwickelte und zur Anwendungsnähe gebrachte Technologie der „Virtuellen Realität“, der dynamischen dreidimensionalen Darstellung von Produkten und Prozessen, verbunden mit Möglichkeiten der Interaktion mit Objekten und Funktionen, scheint eine Lösungsmöglichkeit dieser Problematik darzustellen. Im ersten Antragsjahr wurden dazu die Potentiale der VR-Technologie und bereits existierende Ansätze in Forschung und Technik untersucht.

Ziel des vorgestellten Forschungsprojektes war eine völlig neuartige, auf der Basis graphischer Repräsentationen und der Interaktion mit den Objekten basierenden Programmiermethodik für SPS-Software. Hierzu wurde ein hierarchisch aufgebautes VR-Modell ausgehend von der Sensor/Aktor-Ebene bis hin zur Anlagenebene definiert. Ansätze aus der Visuellen Programmierung wurden untersucht und auf die SPS-Programmierung angepaßt. Die Überführung eines im VR-System erstellten Ablaufes in SPS-Code beschreibt der Ergebnisbericht der 3 Antragsperiode. Ein wichtiger Schritt zu dem Ziel, bei der Inbetriebnahme funktionsfähige und ausgetestete Programme zur Verfügung zu haben, stellt die Simulation dar. Hierzu wurden verschiedene Möglichkeiten von on- und offline-Verfahren vorgestellt.

Das VR-Modell soll dabei nicht nur als Programmierumgebung, sondern gleichermaßen als Schulungswerkzeug (VRBT<sup>1</sup>) sowie Kooperations- und Kommunikationsplattform (CVR<sup>2</sup>) dienen. Anforderungen aus der Sicht der SPS-Projektierung an eine VR-Umgebung zum räumlich verteilten Arbeiten wurden im vierten Antragsjahr bearbeitet..

Die Evaluierung und prototypische Umsetzung des Konzeptes anhand zweier Modell-anlagen des Instituts erfolgte ebenfalls im vierten Jahr..

---

<sup>1</sup> VRBT - Virtual Reality Based Training  
<sup>2</sup> CVR – Colaborative Virtual Reality



Zusammenfassend wurde in dieser Arbeit beispielhaft aufgezeigt, wie aus modular aufgebauten Betriebsmittel- bzw. Anlagenbibliotheken und entsprechend hinterlegter Steuerungsfunktionalität Steuerungsprogramme graphisch interaktiv erzeugt werden und vor der eigentlichen Inbetriebnahme am virtuellen Modell simuliert und getestet werden können. Zudem bietet sich das VR-Modell als Diskussions- und Integrationsmedium an.

Einer direkten Umsetzung des Ansatzes und des Softwarewerkzeuges in die industrielle Praxis stehen folgende Hemmnisse entgegen:

#### ❑ ***Schnittstellen zum Datenaustausch zwischen IV-Systemen***

Im vorgestellten Ansatz erfolgt eine Modellierung der Geometrie und Steuerungslogik im VR-System und ist somit redundant. Eine Übernahme zumindestens der Geometriemodelle im Sinne einer durchgehenden Prozeßkette aus der Konstruktion (CAD) ist für ein produktiv einzusetzendes Planungswerkzeug ein wichtiges Kriterium. Viele CAD Systeme bieten inzwischen Schnittstellen zu dem Quasi-Standard VRML an. VRML in seiner jetzigen Entwicklungsstufe dient jedoch nur zur Visualisierung statischer 3D-Informationen. Die Darstellung durch den Benutzer ausgelöster dynamischer Abläufe fehlt. Zudem ist die Geschwindigkeit der VRML-Applikationen für einen produktiven Einsatz noch unzureichend.

#### ❑ ***Ergonomie und Akzeptanz durch den Benutzer***

Die graphisch interaktive Programmierung in einer VR-Umgebung bedeutet eine einschneidende Veränderung der Arbeitsweise und Arbeitsumgebung der Konstrukteure und Planer. Die Effektivität solcher Systeme hängt in starkem Maße von der Bereitschaft der betroffenen Menschen ab, sich auf neue Technologien und Medien einzulassen.

#### ❑ ***Fehlende Standards für Notationen der Visuellen Programmierung***

Die Visuelle Programmierung stellt eine relative neue Vorgehensweise zur Softwareerstellung dar. Systeme aus dem Forschungsumfeld dominieren den Markt, eine einheitliche Notation und Vorgehensweise fehlt bislang.

#### ❑ ***Klassifizierung des Nutzens eines Simulationssystems für Steuerungssoftware***

Die auf dem Markt aktiven Unternehmen verfolgen (auch branchenbedingt) unterschiedliche Strategien. So sind Standard-Maschinen mit Standard-Steuerungen sowie kundenspezifische Maschinen mit kundenspezifischen Steuerungen und eine Kombination der beiden erhältlich. Durch die oben beschriebenen Defizite in der Modellierung und des Datenaustausches bedeuten Unikate und Kleinserien einen erheblichen Aufwand der Mo-

dellierung, der durch den Nutzen aus den Simulationsergebnissen kaum ausgeglichen werden kann.

#### ❑ ***Leistungsfähigkeit der Systeme***

Heutige VR-Komponenten und Netzwerksapplikationen sind zwar relativ weit entwickelt, erfüllen die hohen Anforderungen an Immersion, Interaktion und Kommunikation nur bedingt.

In diesen Problembereichen liegen Potentiale für weitere Forschungsarbeiten auf den Gebieten der VR-basierten Steuerungsentwicklung. Beispiele für konkrete Themen, die auf der vorgestellten Arbeit aufbauen, sind:

#### ❑ ***Einbindung der Methodik in bestehende DV-Landschaften***

Für den Aufbau von Produkt- und Prozeßmodellen haben sich in den Entwicklungsabteilungen bestimmte Softwareprodukte etabliert. Um diese Modelle zur SPS-Projektierung zu nutzen sind entsprechende Schnittstellen zu schaffen.

#### ❑ ***Zusammenspiel von NC und SPS***

Der vorgestellte Ansatz ist für modular konfigurierbare Produktionssysteme aus Montage und Logistik geeignet. Viele SPS-Steuerungen im Fertigungsumfeld sind jedoch in Werkzeugmaschinen eingebaut und stehen in enger Verzahnung mit Funktionen der NC („Anpaßsteuerung“). Hierfür gilt es, das Konzept entsprechend zu erweitern.

#### ❑ ***Nutzung der Modelle zum Telemanufacturing***

Moderne Steuerungskonzepte erleichtern eine Anbindung an Telekommunikationsnetze, um über die Ferne hinweg auf die Maschinensteuerung zuzugreifen. Dabei können sowohl Programme und Daten aufgespielt als auch abgefragt werden. Teleservice-Anwendungen gehen aber darüber hinaus<sup>3</sup>: Entscheidend ist auch die Kommunikationsunterstützung zur Serviceabwicklung. Dabei kommen die Integration von Video und VR zur Unterstützung von Sprachbarrieren genauso zum Einsatz wie beispielsweise Online-Zugriffe auf multimedial aufbereitete Technische Dokumentationen auf der Basis des WWW. Sind entsprechende Techniken verfügbar, ist die Ausweitung der Funktionen vom Teleservice zur Prozeßführung bzw. zum Telemanufacturing naheliegend.

### □ **Generische SPS-Programmierung**

Eine vollständige Modularisierung von Produkt und Prozeß sowie deren objektorientierte Beschreibung und Abbildung in einer dynamisch-interaktiven dreidimensionalen Softwareumgebung mündet in der Vision einer generischen Projektierung von Ablaufsteuerungen. Die explizite Programmierung der SPS wird hierbei überflüssig, Steuerungsbeefehle und Bedingungen für die reale Anlagen können direkt aus dem virtuellen Modell abgeleitet werden.

Die Potentiale der Abbildung von Produkt und Produktionssystemen in virtuellen Szenarien werden allseits erkannt und mit Nachdruck in verschiedenen internen und kooperativen Forschungs- und Umsetzungsprojekten bearbeitet.

## **4 Unterschrift**

(o. Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath)