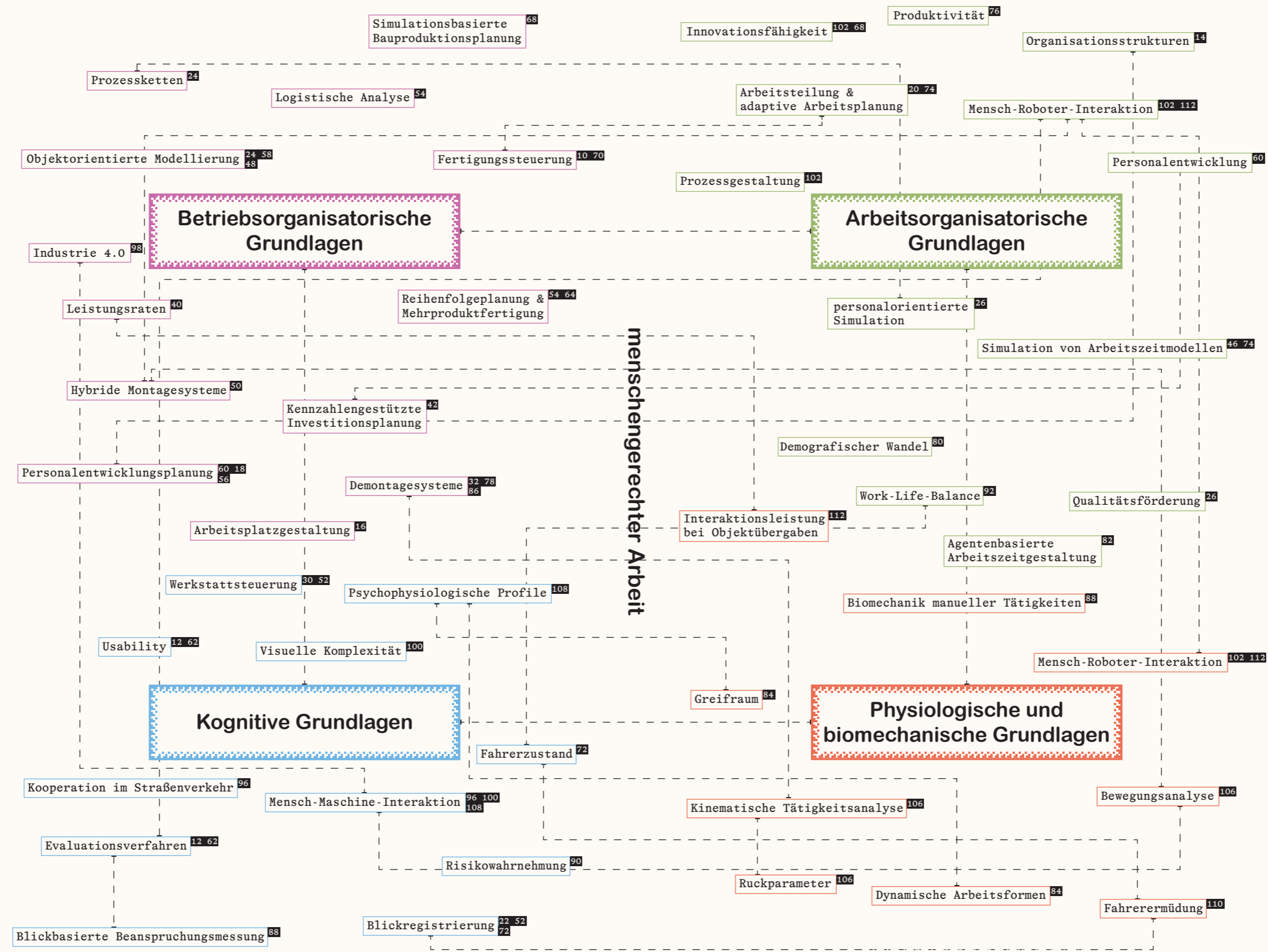


Die Abbildung zeigt eine Auswahl zentraler Schlagwörter, die in den Dissertationen des Instituts vertreten sind. Sie verdeutlicht die thematische Vielfalt der Forschung zu menschengerechter Arbeit und ordnet Schlagworte der Arbeiten den vier grundlegenden Themenfeldern des ifab zu:

betriebsorganisatorische, arbeitsorganisatorische, kognitive sowie physiologische und biomechanische Grundlagen.

– – Die verschiedenen Themenbereiche stehen in vielfältigen Beziehungen zueinander. Einige dieser Zusammenhänge sind exemplarisch durch gestrichelte Linien dargestellt.

xx Seitenzahl im Buch



Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab)

Mit unserer interdisziplinären Forschungs- und Lehrtätigkeit möchten wir dazu beitragen, Arbeitssysteme technisch funktional, wirtschaftlich effizient und menschengerecht zu gestalten. Im Mittelpunkt stehen Fragestellungen zur Mensch-Maschine-Interaktion und Arbeitsgestaltung sowie zur Arbeitsorganisation.

40 Jahre

ifab Institut für Arbeitswissenschaft
und Betriebsorganisation

Jubiläumsband



ifab
Jubiläumsband
40 Jahre
1985-2025

Impressum
1. Auflage 2025

Herausgeberinnen: Barbara Deml, Alexandra Nick, Elisa Wilkes
Layout & Gestaltung: Elisa Wilkes
Schriften: Arial Rounded, HAL Timezone
Papier: Maxioffset 300gm Maxioffset 120gm
Druck: Offizin Scheufele

KIT Karlsruhe
Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation
Website: <https://www.ifab.kit.edu>
Lizenz: KITopen-Lizenz
DOI 10.5445/IR/1000186537

Dieses Buch ist im Kontext des 40 jährigen Jubiläums
des ifab entstanden.

Gender-Hinweis

Zur besseren Lesbarkeit wird in diesem Buch das
generische Maskulinum verwendet. Die in dieser Arbeit
verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich -
sofern nicht anders kenntlich gemacht - auf alle Geschlechter.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
1990 bis 2000	6
Wolfgang Ernst	8
Beitrag zur Planung der Personalstruktur im Fertigungsbereich	
Karl-Robert Graf	10
Systematische Untersuchung von Einflussfaktoren einer Fertigungssteuerung nach dem Zieh- und Schiebeprinzip	
Joachim Englisch	12
Systematische Entwicklung von Evaluationsverfahren zur Beurteilung der Benutzungsfreundlichkeit von CAD-Systemen	
Thomas Grobel	14
Analyse der Einflüsse auf die Aufbauorganisation von Produktionssystemen	
Thomas Waldhier	16
Integrierte rechnerunterstützte Produkt- und Arbeitsplatz- gestaltung für die stationäre manuelle Montage	
Max-Jürgen Heitz	18
Ein engpassorientierter Ansatz zur simulationsunterstützten Planung von Personalstrukturen	
Wolfgang J. Braun	20
Beitrag zur Festlegung der Arbeitsteilung in manuellen Montagesystemen	
Klaus Grieser	22
Einsatz der Blickregistrierung bei der Analyse rechnerunterstützter Steuerungsaufgaben	

Axel R. Fischer	24
Objektorientierte Modellierung von Prozessketten	
Hermann Schindele	26
Planung qualitätsförderlicher Personalstrukturen im Fertigungsbereich	
Bernd Brinkmeier	28
Prozessorientiertes Prototyping von Organisationsstrukturen im Produktionsbereich	
Christoph Grundel	30
Beitrag zur Analyse mentaler Anforderungen bei rechnerunterstützter Werkstattsteuerung	
Emmerich F. Schiller	32
Planung qualitätsförderlicher Personalstrukturen im Fertigungsbereich	
Jochen Heel	34
Reorganisation des Personaleinsatzes mit Hilfe der personalorientierten Simulation	
Jan Krüger	36
Entscheidungstheorie-basierte Simulation der Handlungsorganisation im Fertigungsbereich	
Uwe Jonsson	38
Ein integriertes Objektmodell zur durchlaufplanorientierten Simulation von Produktionssystemen	
Andreas Rinn	40
Koordinierung von Produktionsengpässen auf Basis der Leistungsdatenvereinbarung	
Milko Schneck	42
Ein Beitrag zur kennzahlenunterstützten Investitionsplanung komplexer Arbeitssysteme	
2001 bis 2010	44
Thomas Bogus	46
Simulationsbasierte Gestaltung von Arbeitszeitmodellen in Dienstleistungsbetrieben mit kundenfrequenzabhängigem Arbeitszeitbedarf	

Volker Keller	48
Ansatz zur objektorientierten Modellierung betrieblicher Arbeitsschutzdaten	
Reinhard Müller	50
Planung hybrider Montagesysteme auf Basis mehrschichtiger Vorranggraphen	
Sascha Stowasser	52
Vergleichende Evaluation von Visualisierungsformen zur operativen Werkstattsteuerung	
Oliver Strate	54
Logistische Analyse und kennlinienunterstützte Planung von Fertigungssystemen	
Thorsten Vollstedt	56
Simulationsunterstützte Personalstrukturplanung auf Basis eines abnutzungsorientierten Instandhaltungskonzepts	
Jörg W. Fischer	58
Ein generisches Objektmodell zur Modellierung und Simulation operativer Entscheidungen in Produktionssystemen	
Sven Rottinger	60
Mehrphasige Personalentwicklungsplanung für Fertigungs- systeme auf Basis des Technologiekalender-Konzeptes	
Sascha Stowasser	62
Methodische Grundlagen der softwareergonomischen Evaluationsforschung (Habilitation)	
Peter Steiniger	64
Eine Methode zur Reihenfolgeplanung bei Mehrprodukt-Fertigungssystemen	
2011 bis 2020	66
Mikko Borkircher	68
Simulationsbasierter Ansatz zur Unterstützung der Bauproduktionsplanung	
Patricia Stock	70
Entwicklung einer reaktiven Fertigungssteuerung auf der Basis der Ant-Colony-Optimierung	

Katharina Barby	72
Detektion und Regulation aktivierungsabhängiger visueller Verengung beim Fahrer	
Marcel Becker	74
Leistungspotenzial eines Fertigungssystems unter dem Aspekt langfristiger bestehender Belegschaftsstrukturen	
Martin Dörner	76
Das Produktivitätsmanagement des Industrial Engineering unter besonderer Betrachtung der Arbeitsproduktivität und der indirekten Bereiche	
Jan Hrdina	78
Beitrag zur Steuerung von arbeitsteiligen Demontagesystemen	
Stefan Waßmann	80
Innovationsfähigkeit im demographischen Wandel	
Thilo Gamber	82
Entwicklung eines Verfahrens zur agentenbasierten Einsatzzeitgestaltung	
Stefan Graichen	84
Biomechanische Betrachtung manueller Montageprozesse	
Rainer Schwarz	86
Ein Beitrag zur Leistungsabstimmung von Demontagesystemen	
Marc Bringeland	88
Blickbasierte Beanspruchungsmessung	
Tobias Kunkel	90
Vor-Sicht im Straßenverkehr	
Michael Leupold	92
Simulationsbasierte Gestaltung von Arbeitszeitsystemen in Dienstleistungsbetrieben unter Berücksichtigung der Work-Life-Balance	
Maria Freese	94
Mensch frustriert dich nicht oder doch?	
Jonas Imbsweiler	96
Kooperation im Straßenverkehr in innerstädtischen Pattsituationen	

Maximilian Dommermuth	98
Entwicklung und Anwendung eines konsekutiven integralen Transformationskonzepts für Werke von Industrieunternehmen mit variantenreicher Fertigung	
Fabian Ries	100
Visuelle Komplexität in der Mensch-Maschine Interaktion	
Quirin Tyroller	102
Methodik zur systematischen Analyse der Prozessgestaltung einer Mensch-Roboter-Interaktion in der Montage	
2021 bis 2025	104
Sabrina Bringeland	106
Kinematische Tätigkeitsanalyse	
Elena Wolf	108
Psychologische Profile in nutzerzentrierten Mensch-Maschine-Systemen	
Dario W. Lampe	110
Improving passive driver fatigue, sitting health risk factors and user experience in automobiles	
Marco Käßler	112
Bewertung der Interaktionsleistung von Roboter-Mensch Objektübergaben	
Sofie Ehrhardt	114
Please let me merge – Communication during lane changes on motorway slip roads	
Tabellarische Darstellung der Dissertationen	118

Vorwort

■ Der Blick auf vierzig Jahre Institutsgeschichte ist ein wenig wie das Blättern in einem alten Laborbuch, anfangs mit handgezeichneten Diagrammen und handschriftlichen Notizen, später mit digitalen Simulationen, Datenströmen und neuronalen Netzen. Und doch zieht sich durch all diese Jahrzehnte ein roter Faden: die Freude am Forschen, am gemeinsamen Nachdenken und am Gestalten von Systemen, die das Zusammenspiel von Mensch, Technik und Organisation stetig weiterentwickeln.

Als das ifab gegründet wurde, war vieles noch Handarbeit – im wahrsten Sinne des Wortes. Modelle wurden mit Tusche gezeichnet, Berechnungen per Taschenrechner durchgeführt, und wer eine Simulation starten wollte, musste auf freie Rechenzeit warten. Heute sprechen wir über KI-gestützte Prozessanalyse, digitale Zwillinge und datengetriebene Nachhaltigkeit. Der Wandel war rasant, doch unser Anspruch ist geblieben: wissenschaftliche Qualität mit praktischem Nutzen zu verbinden.

Die in diesem Band versammelten Dissertationen spiegeln die Entwicklung der Forschung am ifab ebenso wie die Meilensteine der Arbeitswelt der letzten vier Jahrzehnte. Sie zeigen, wie sich wissenschaftliche Fragestellungen und gesellschaftliche Veränderungen gegenseitig beeinflusst haben – von betriebsorganisatorischen Grundlagen menschlicher Arbeit wie Simulation, Arbeitszeit- und Personaleinsatzplanung über arbeitsorganisatorische Fragen moderner Zusammenarbeit und Prozessgestaltung bis zu den kognitiven Grundlagen menschlicher Arbeit, die Denken und Entscheiden in digitalen Umgebungen untersuchen. Ergänzt wird dieses Spektrum durch

physiologische und biomechanische Aspekte, die Ergonomie, Mensch-Maschine- und Mensch-Roboter-Interaktion sowie Fahrer-Fahrzeug-Dynamik in den Mittelpunkt stellen.

So lässt sich nachvollziehen, wie Forschung und Praxis einander fortlaufend inspiriert haben.

Jede dieser Arbeiten erzählt ein Stück dieser gemeinsamen Geschichte – geschrieben von Menschen, die mit Leidenschaft geforscht, beharrlich experimentiert und oft auch kreativ improvisiert haben. Das ifab war immer ein Ort, an dem Ingenieurinnen, Wirtschaftswissenschaftler, Informatikerinnen und Psychologen gemeinsam nach Lösungen suchten. Diese Vielfalt ist unsere größte Stärke – und sie bleibt die Basis für die kommenden Jahrzehnte.

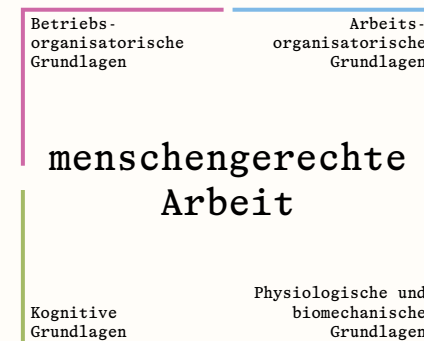
Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Gert Zülch, der das Institut 1985 gründete und über mehr als ein Vierteljahrhundert mit visionärem Denken, wissenschaftlicher Tiefe und großem persönlichen Engagement prägte. Unter seiner Leitung entstand ein Institut, das früh die Bedeutung einer ganzheitlichen Betrachtung von Mensch, Technik und

Organisation erkannte. 2012 übergab Prof. Zülch das ifab in bester Ordnung – fachlich exzellent und mit einem klaren Blick in die Zukunft. Viele seiner Ideen und Werte wirken bis heute fort und bilden das Fundament, auf dem wir weiter aufbauen.

Mein Dank gilt ebenso allen Promovierenden, Mitarbeitenden, Partnern und Studierenden, die das ifab mit Ideen, Energie und Begeisterung begleiten. Möge dieser Jubiläumsband ein Zeugnis dieser vierzig Jahre sein – und zugleich eine Einladung, das nächste Kapitel mit derselben Neugier, Offenheit und Freude am Forschen zu schreiben.

Prof. Dr.-Ing. Barbara Deml

Karlsruhe, im Oktober 2025



1990 bis 2000

1990			
1991	Wolfgang Ernst	Karl-Robert Graf	
1992	Joachim Englisch		
1993	Thomas Grobel	Thomas Waldhier	
1994	Max-Jürgen Heitz		
1995	Wolfgang J. Braun	Klaus Grießer	Axel R. Fischer
1996	Hermann Schindele		
1997			
1998	Bernd Brinkmeier	Christoph Grundel	Emmerich F. Schiller
1999	Jochen Heel	Jan Krüger	
2000	Uwe Jonsson	Andreas Rinn	Milko Schneck

1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000

Beitrag zur Planung der Personalstruktur im Fertigungsbereich

■ Hintergrund

Die wirtschaftliche Produktion ist ein zentrales Ziel jedes Unternehmens. Ein wichtiger Bestandteil ist dabei die effiziente Planung des Personaleinsatzes, insbesondere in der Teilefertigung, wo technische und organisatorische Maßnahmen eng verknüpft sind. Die Arbeit adressiert die Notwendigkeit, Planungsprozesse für Personalstrukturen zu vereinfachen und durch verallgemeinerbare Ansätze zu unterstützen. Der Fokus liegt dabei auf der Entwicklung von simulationsgestützten Modellen zur Personalstrukturplanung, die in der industriellen Praxis anwendbar sind.

■ Inhalt

In der Dissertation wird ein Modell entwickelt, das als Basismodell für die Teilefertigung dient und simulationsgestützt analysiert wird. Nach der Untersuchung bestehender Fertigungstypologien wird ein eigenes Modell entwickelt, das Variationen unterschiedlicher Fertigungsstrukturen ermöglicht. Ziel ist es, Aussagen zur optimalen Gestaltung der Personalstruktur abzuleiten, die auf unterschiedliche Fertigungsstrukturen übertragbar sind. Dabei werden

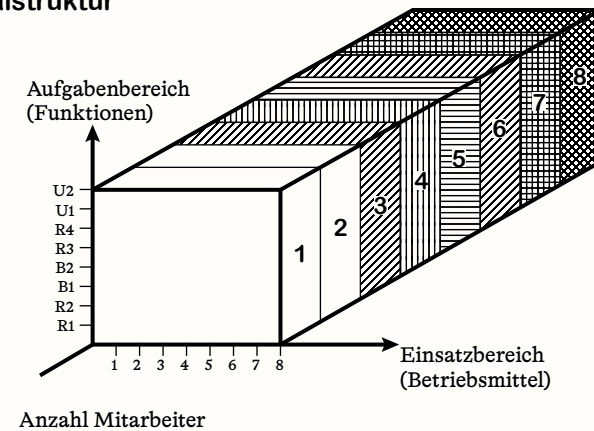
Parameter wie Gruppengrößen und Aufgabenbereiche der Mitarbeiter systematisch variiert, um deren Auswirkungen auf die Effizienzkennzahlen zu evaluieren.

■ Ergebnisse

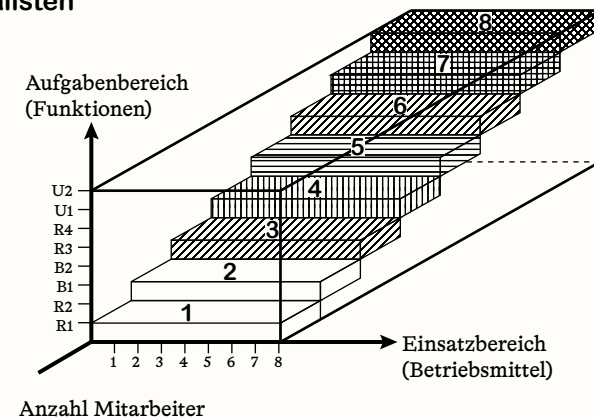
Die Arbeit quantifiziert die entwickelten Aussagen mit Hilfe statistischer Methoden und stellt Berechnungsformeln zur Verfügung, mit denen die Auswirkungen von Personalstrukturen abgeschätzt werden können. Eine beispielhafte Anwendung verdeutlicht die praktische Anwendbarkeit der Ergebnisse. Einschränkungen ergeben sich durch die Annahme einheitlicher Gruppengrößen und gleichmäßig variierten Aufgabenbereiche, die zukünftige Erweiterungen zulassen.

Die entwickelten Aussagen bieten eine Grundlage für die Entwicklung von Regeln zur Personalstrukturplanung und können langfristig in Expertensysteme integriert werden, um die Effizienz der Planung zu steigern und das Erfahrungswissen der Planer zu ergänzen.

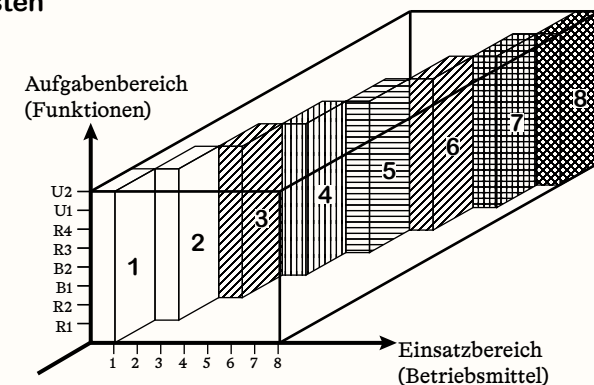
Triviale Personalstruktur



Aufgabenspezialisten



Einsatzspezialisten

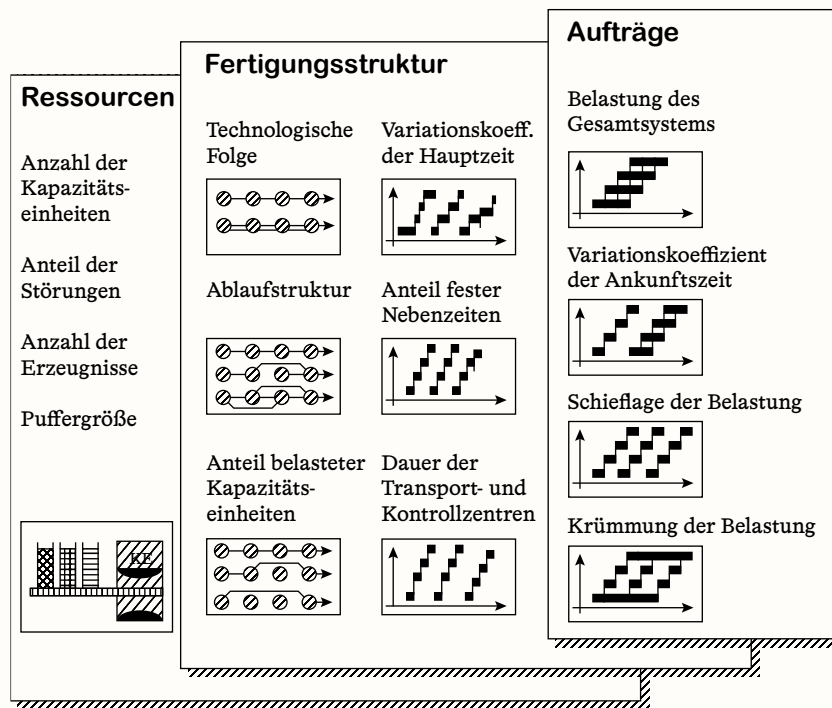


1991

■ Extremformen der Personalstruktur hinsichtlich der Parameter „Aufgaben- und Einsatzbereich“

Systematische Untersuchung von Einflussfaktoren einer Fertigungssteuerung nach dem Zieh- und Schiebeprinzip

■ Merkmalkatalog von Fertigungssystemen nach dem Ebenenkonzept



■ Hintergrund

Die Steuerung von Fertigungssystemen ist ein zentrales Element der modernen Produktionsplanung, insbesondere bei der Wahl zwischen Zieh- und Schiebeprinzip. Die Arbeit untersucht systematisch die Einflussfaktoren auf Fertigungskennzahlen wie Durchlaufzeit, Auslastung, Bestand und Termintreue. Dabei wird die Bedeutung der Kombination von Steuerungsstrategien und Fertigungsstrukturen herausgearbeitet, um vorhandene Optimierungspotenziale besser auszuschöpfen. Ziel der Dissertation ist die Entwicklung einer praxisorientierten Planungsmethodik, die die Auswahl geeigneter Steuerungsstrategien erleichtert.

■ Inhalt

Die Dissertation vergleicht das Zieh- und das Schiebeprinzip unter Anwendung einer 2ⁿ-Faktorenanalyse mit simulationsbasierten Modellen. Während beim Ziehprinzip ein Kundenauftrag einen Bedarf am Material aus dem jeweils vorherigen Prozessschritt auslöst und ein Produkt somit durch die Produktion „gezogen“ wird, wird beim Schiebeprinzip der Auftrag zu Beginn des Prozesses eingesteuert und von einem Prozessschritt zum nächs-

ten gegeben bzw. „geschoben“. Es wird gezeigt, dass das Schieben im Durchschnitt bessere Ergebnisse bei Durchlaufzeit, Auslastung und Termintreue liefert, während das Ziehen Vorteile beim Lagerbestand aufweist. Wechselwirkungen zwischen Einflussfaktoren und Zielgrößen werden analysiert, ausgeprägte 2-Faktoren-Interaktionseffekte identifiziert und mit klassischen Versuchsplänen verglichen.

■ Ergebnisse

Es wird ein praxisorientiertes Planungswerkzeug entwickelt, mit dem die Eignung von Fertigungsstrukturen für das Ziehprinzip (z.B. Kanban-Systeme) beurteilt werden kann. Gleichzeitig zeigt die Studie, dass strukturelle Anpassungen notwendig sein können, um die Vorteile des Ziehprinzips zu realisieren. Einschränkungen ergeben sich bei der Berücksichtigung von Qualitätsmerkmalen, menschlichen Einflussfaktoren und dem Planungsaufwand bei der Strategiewahl. Dennoch bietet der gewählte methodische Ansatz eine ausbaufähige Grundlage für zukünftige Analysen unter Einbeziehung weiterer Einflussfaktoren.

Schlüsselwörter
Fertigungssteuerung
Ziehprinzip
Schiebeprinzip
Kanban
Faktorenanalyse

Systematische Entwicklung von Evaluationsverfahren zur Beurteilung der Benutzungsfreundlichkeit von CAD-Systemen

■ Hintergrund

Die Benutzungsfreundlichkeit von CAD-Systemen ist ein entscheidender Faktor für deren Akzeptanz und Effizienz. Gesetzgeber, Markt und Anwender fordern benutzerfreundliche Software, jedoch fehlen einheitliche Definitionen und Standards zur Bewertung. Ziel der Arbeit ist es, eine systematische Grundlage für die Entwicklung und Bewertung der Gebrauchstauglichkeit zu schaffen. Dies soll die Entwicklung von Verfahren transparenter machen und sicherstellen, dass Evaluationsergebnisse aussagekräftig und nachvollziehbar sind.

■ Inhalt

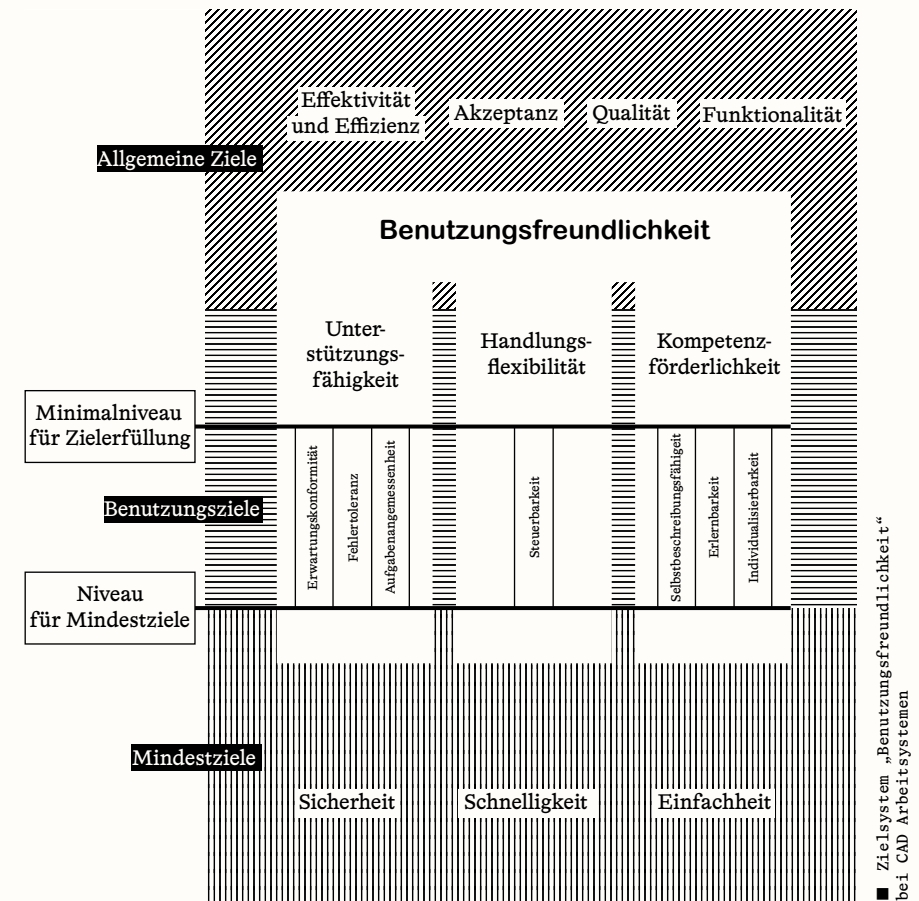
Die Dissertation analysiert bestehende Definitionen von Benutzungsfreundlichkeit und ordnet sie in einen Bezugsrahmen für rechnergestützte Arbeits-

systeme ein. Es wird ein Evaluationssystem entwickelt, das Ziele, Anforderungen und Realisierungen systematisch miteinander verknüpft. Dieses System dient als Grundlage für eine Methodik, die die Entwicklung und Anwendung von Evaluationsverfahren strukturiert.

Die Methodik wird in einer Fallstudie zur Benutzungsfreundlichkeit dreier CAD-Systeme angewendet: Zunächst wird die Aufgabenstellung abgegrenzt, ein Zielsystem erstellt und darauf aufbauend Evaluationsverfahren entwickelt. Die Abläufe und Strukturen dieser Verfahren werden anhand des Evaluationssystems beschrieben. Die Arbeit zeigt, dass flexible und anpassungsfähige Bewertungsverfahren realisierbar sind und durch computergestützte Ansätze ergänzt werden können.

■ Ergebnisse

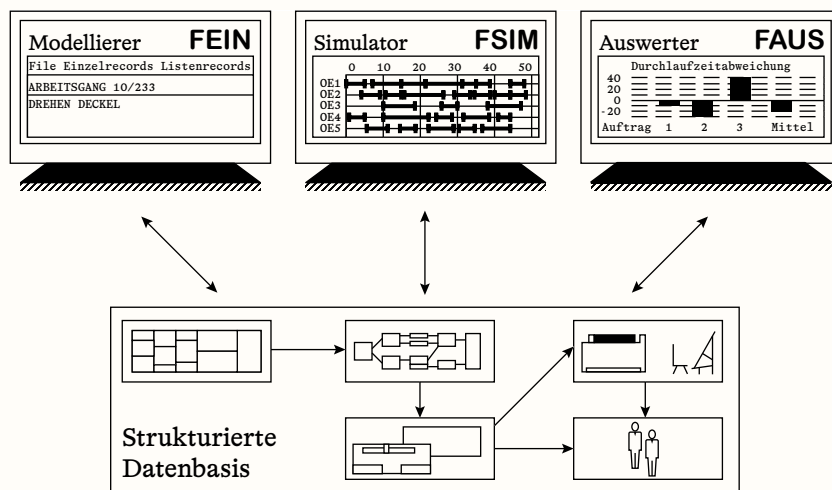
Die Ergebnisse umfassen ein Zielsystem für benutzerfreundliche CAD-Systeme und konkrete Vorgehensweisen für die Verfahrensentwicklung. Perspektivisch können Designsysteme mit Evaluationssystemen verknüpft werden, um die Gestaltung benutzerfreundlicher Oberflächen zu unterstützen und deren Qualität objektiv zu überprüfen.



Schlagworte: Benutzungsfreundlichkeit
CAD-Systeme
Evaluation
Gestaltungssysteme
rechnerunterstützte Verfahren

Analyse der Einflüsse auf die Aufbauorganisation von Produktionssystemen

■ Aufbau des Simulationsverfahrens FEMOS



■ Hintergrund

Die Gestaltung der Aufbauorganisation von Produktionssystemen ist entscheidend für die Effizienz und Flexibilität eines Unternehmens. Eine optimale Organisationsstruktur hängt von einer Vielzahl von Einflussfaktoren ab, die oftmals schwer quantifizierbar sind. In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, wie verschiedene Merkmale und Parameter von Produktionssystemen die Organisationsstruktur beeinflussen und wie deren Auswirkungen auf die Systemleistung mithilfe von Simulationen bewertet werden können. Ziel der Arbeit ist es, diese Einflussfaktoren systematisch zu analysieren und damit verallgemeinerbare Gestaltungsregeln abzuleiten.

■ Inhalt

Im Rahmen der Dissertation wurde ein allgemeines Modell von Produktionssystemen entwickelt, das die Produkt-, Auftrags- und Organisationsstruktur umfasst. Die Arbeit systematisiert die Einflussfaktoren auf die Gestaltung der Organisationsstruktur und quantifiziert die Komplexität der Auftragsabwicklung. Mit Hilfe der Simulationssoftware FEMOS und des Modellgenerators GE-MOS wurden Parameter abgeleitet, die eine automatische Modellgenerierung ermöglichen. Für die Wirkungsanalyse wurden Zielgrößen wie Durchlaufzeit, Auslastung und Auftragsbestand defi-

niert. Die Relevanz verschiedener Parameter, wie z.B. die Anzahl der Auftragsarten und Funktionstypen sowie die Komplexität der Auftragsabwicklung, wurde durch eine 2n-Faktor Versuchsplanung ermittelt. Es zeigte sich, dass Simulationen hilfreich sind, um die Auswirkungen von Änderungen in der Organisationsstruktur vorherzusagen, insbesondere in Bereichen mit schwer messbaren Durchlaufzeiten. Die Ergebnisse können zur Entwicklung von Designregeln für unterschiedliche Organisationsstrukturen genutzt werden.

■ Ergebnisse

Die Dissertation bietet eine fundierte Analyse der Einflussfaktoren auf die Aufbauorganisation von Produktionssystemen und stellt ein innovatives Verfahren zur Bewertung der Auswirkungen von Strukturveränderungen mittels Simulation vor. Die Ergebnisse tragen zur Entwicklung praktischer Gestaltungsrichtlinien bei und bieten Ansatzpunkte für die zukünftige Optimierung von Produktionssystemen.

Schlagerwörter
Produktionssysteme
Organisationsstruktur
Simulation
FEMOS
Gestaltungsregeln

Integrierte rechnerunterstützte Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung für die stationäre manuelle Montage

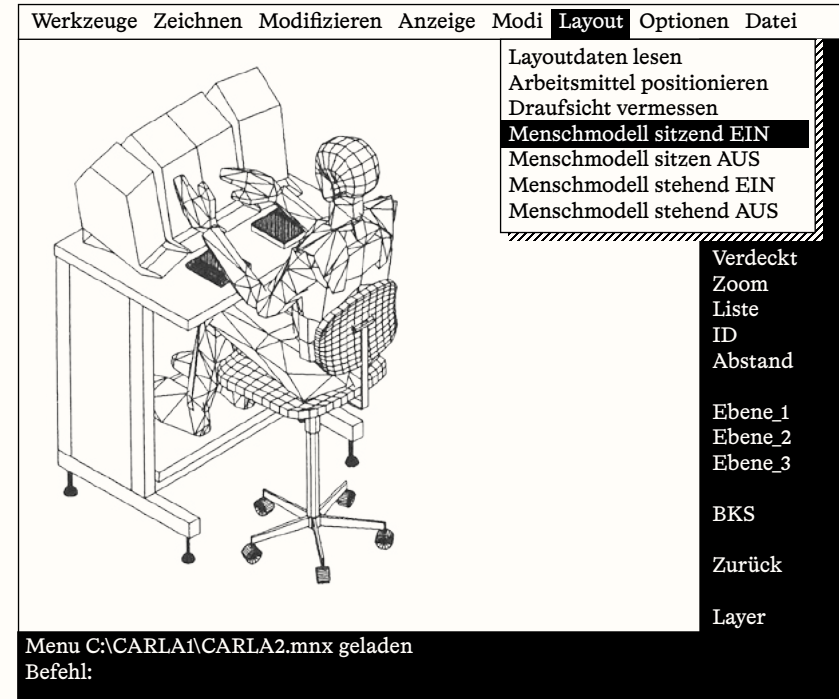
■ Hintergrund

Trotz der Fortschritte in der Automatisierung ist die Montage vieler Produkte immer noch mit einem hohen Anteil an Handarbeit verbunden. Dies hat sowohl wirtschaftliche als auch technische Gründe. Die Optimierung der Gestaltung von Arbeitsplätzen, an denen diese Tätigkeiten ausgeführt werden, bietet ein großes Potenzial, den Gestaltungsaufwand zu reduzieren und gleichzeitig die Effizienz zu steigern. In dieser Dissertation wird untersucht, wie durch den Einsatz rechnergestützter Methoden und einer integrativen Betrachtung von Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung eine effektivere und ergonomischere Lösung für die manuelle Montage entwickelt werden kann. Ziel ist es, die Rationalisierungsmöglichkeiten in der Montage zu verbessern und gleichzeitig menschliche und wirtschaftliche Ziele zu berücksichtigen.

■ Inhalt

Die Arbeit beginnt mit einer Analyse des Produktentstehungsprozesses, um eine Integration von Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung zu ermöglichen. Dabei werden bestehende Defizite in der

Konstruktionsmethodik identifiziert und ein neuer, integrierter Ansatz entwickelt. Dieser umfasst die montagegerechte Gestaltung des Produkts, die Auswahl und Anordnung der Arbeitsmittel sowie die Bewertung der Gestaltungslösung. Es wird eine rechnergestützte Vorgehensweise vorgestellt, die auf einer ganzheitlichen Betrachtung des Montagearbeitssystems basiert. Dabei wird eine strukturierte Modellierung des Arbeitsablaufs verwendet, um Entscheidungen zu unterstützen und das Zusammenspiel von Produkt, Mensch und Arbeitsmitteln zu optimieren. Besonderes Augenmerk wird auf die Anwendung von Heuristiken und wissensbasierten Methoden gelegt, um die Anordnung der Arbeitsmittel und das Produktdesign zu verbessern. Tests der entwickelten Methode zeigen, dass sie im Vergleich zu herkömmlichen Methoden effizientere und bessere Konstruktionslösungen ermöglicht. Darüber hinaus wird gezeigt, dass die Methode an betriebliche Anforderungen angepasst werden kann und eine Erweiterung auf komplexere Montagesysteme in der Zukunft notwendig ist.



■ Benutzungsoberfläche zur Darstellung des Arbeitsplatzes

1993

■ Ergebnisse

Die Dissertation stellt eine innovative und praxisorientierte Methode zur integrierten Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung in der manuellen Montage vor. Durch den Einsatz rechnergestützter Methoden können ergonomische und ökonomische Ziele effizienter erreicht werden. Zukünftige Arbeiten sollten sich darauf konzentrieren, die Methode für komplexere Systeme und größere Stückzahlen weiterzuentwickeln.

Schlagerworte
Produktgestaltung
Arbeitsplatzgestaltung
manuelle Montage
rechnerunterstützte Verfahren
Ergonomie

Ein engpassorientierter Ansatz zur simulationsunterstützten Planung von Personalstrukturen

■ Hintergrund

Die effiziente Planung von Personalstrukturen ist in der industriellen Fertigung von zentraler Bedeutung, um Kosten zu senken und die Flexibilität zu erhöhen. Dabei stellt die Integration von Fertigungsstrukturen mit personalorganisatorischen Zielsetzungen eine komplexe Herausforderung dar. Bestehende Ansätze scheitern häufig an der dynamischen Natur des Problems oder basieren auf zeitintensiven Trial-and-Error-Verfahren. Ziel der Arbeit ist die Entwicklung eines heuristischen Verfahrens, das durch simulationsbasierte Optimierung personalrelevante Planungsprobleme effizient lösen kann.

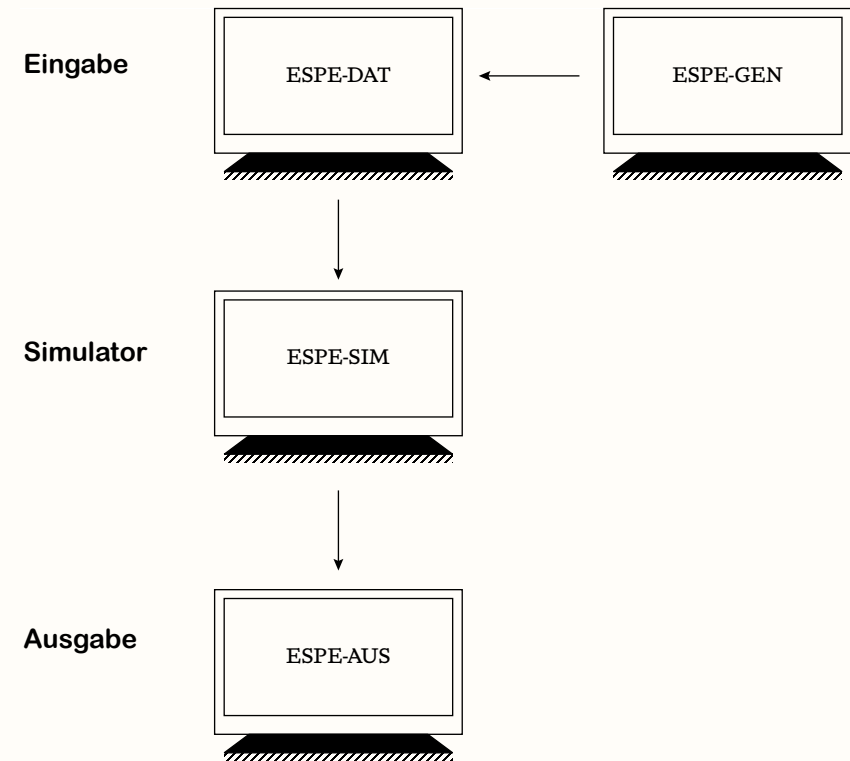
■ Inhalt

In dieser Dissertation wurde ein heuristisches Verfahren nach dem Zwei-Phasen-Konzept zur simulationsgestützten Optimierung von Personalstrukturen entwickelt. Grundlage ist ein Klassifikationsschema für Fertigungsstrukturen, aus dem repräsentative Szenarien abgeleitet werden. Ein multikriterielles Ziel-

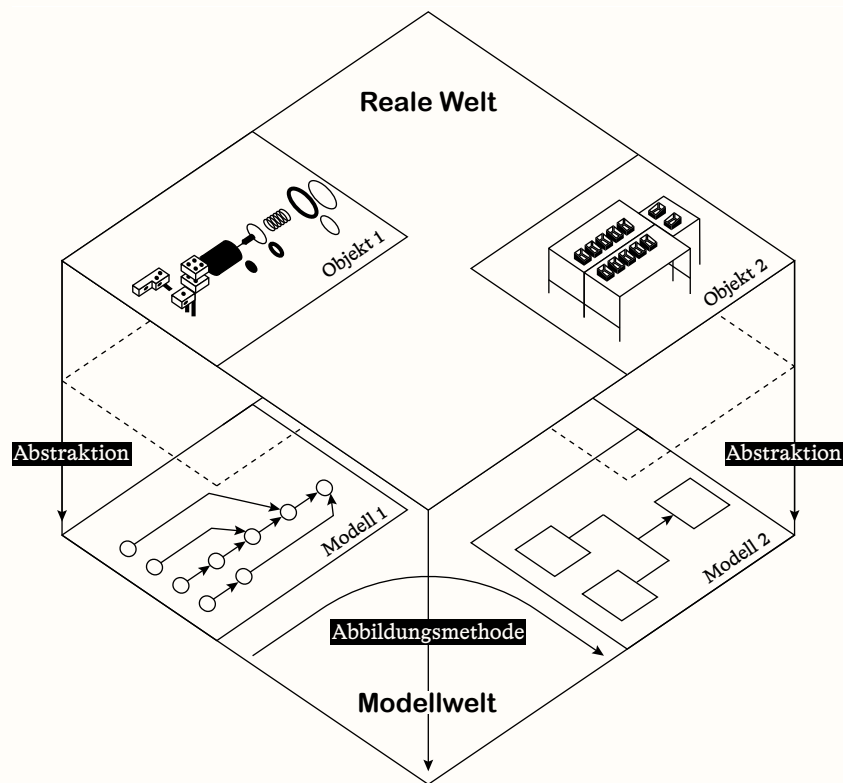
system, das betriebliche und personalkostenbezogene Kriterien vereint, definiert die Planungsziele. Wesentliche Methoden waren Strategien zur Verbesserung der Qualifikation durch Engpassanalysen und deren rechnergestützte Umsetzung. Als Steuerungsmechanismus zur effizienten Lösungsfindung wurde der Sintflut-Algorithmus adaptiert. Eine Verifikation zeigte, dass das Verfahren robuste Ergebnisse liefert, auch wenn interaktive Eingriffe zur Parametrisierung notwendig waren. Eine vollständige Automatisierung könnte die Effizienz weiter steigern.

■ Ergebnisse

Das entwickelte Verfahren kombinierte erstmals heuristische Methoden mit simulationsbasierter Optimierung zur Personalstrukturplanung und zeigte eine hohe Flexibilität in der Anwendung. Weiterführende Forschung könnte die Automatisierung und Parametrisierung weiter verbessern.



Beitrag zur Festlegung der Arbeitsteilung in manuellen Montagesystemen



■ Hintergrund

Die Planung manueller Montagesysteme stellt insbesondere in der Grobplanung eine Herausforderung dar, da hier im Gegensatz zur Feinplanung nur wenige konkrete Gestaltungsrichtlinien zur Verfügung stehen. Die Festlegung der Arbeitsteilung als Kernschritt der Grobplanung ist entscheidend für die Effizienz und die Durchlaufzeiten eines Systems. Ziel der Arbeit ist es, eine Methode zu entwickeln, die den Prozess der Arbeitsteilung systematisch und rechnergestützt unterstützt, um die Lücke zwischen Grob- und Feinplanung zu schließen.

hen noch bei der Quantifizierung dynamischer Eigenschaften und der Berücksichtigung psychischer und physischer Arbeitsaspekte.

■ Ergebnisse

Die Arbeit lieferte eine strukturierte Methodik für die Arbeitsteilung in manuellen Montagesystemen und schuf die Grundlage für eine rechnergestützte Unterstützung. Weitere Entwicklungen sollten die dynamische Bewertung und ergonomische Aspekte einbeziehen, um die Planungsqualität zu verbessern.

■ Inhalt

In dieser Arbeit wurden zunächst die Planungsschritte manueller Montagesysteme analysiert und der Fokus auf die Arbeitsteilung gelegt, die Kapazitätsangebote und Arbeitsabfolgen definiert. Ein Komplexgraph diente als Modell zur Datenreduktion und bildete die Grundlage für die Grobstrukturierung des Montagesystems. Mit der Methode RAMONA wurden die Voraussetzungen für eine rechnergestützte Planung geschaffen, die analytische Zusammenhänge mit simulationsbasierten Erkenntnissen verbindet. Ziel war eine ablafororganisatorisch optimierte Arbeitsteilung unter Berücksichtigung von Faktoren wie Durchlaufzeit und Auslastung. Simulationsstudien mit Faktorversuchsplänen quantifizierten den Einfluss produktspezifischer und organisatorischer Parameter. Defizite beste-

Einsatz der Blickregistrierung bei der Analyse rechnerunterstützter Steuerungsaufgaben

■ Hintergrund

Die Qualität von Benutzungsschnittstellen beeinflusst nicht nur die Arbeitsproduktivität, sondern auch die Zufriedenheit der Benutzer. Die Blickregistrierung als Methode zur Analyse der Mensch-Maschine-Interaktion liefert hier wertvolle Erkenntnisse zur Beantwortung von Fragestellungen im Bereich der Mensch-Maschine-Kommunikation. Ziel der Arbeit war es, den Einfluss von Aufgabenkomplexität und Oberflächengestaltung auf die Bearbeitungszeit und Strategiewahl von Benutzern zu untersuchen.

■ Inhalt

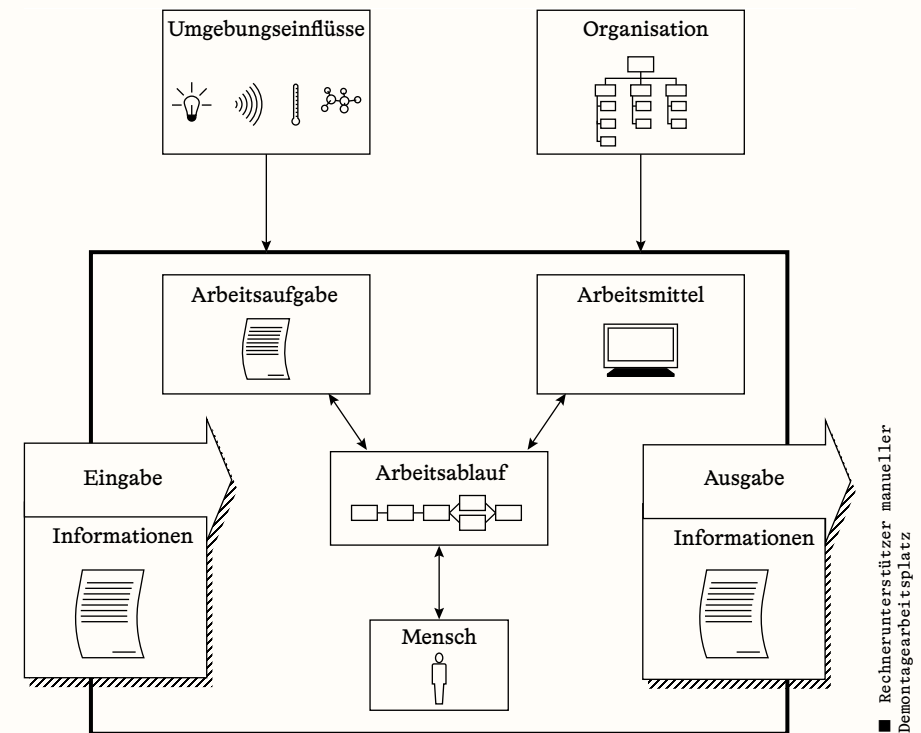
Im Rahmen von Experimenten mit einem Leitstandsystem zur Feinplanung von Werkstattaufträgen wurden Blickregistrierungen durchgeführt, um die Strategien und Verhaltensweisen der Probanden zu analysieren. Dabei kristallisierten sich zwei Hauptansätze heraus: ein strukturierter Ansatz und eine „Trial-and-Error“-Strategie, die zu ähnlichen Ergebnissen führten, jedoch in unterschiedlicher Zeit. Die Farbgestaltung der Benutzeroberfläche hatte entgegen subjektiver Präferenzen keinen Einfluss auf die Effizienz. Adaptiv gestaltete Benutzeroberflächen und kontextsensitive Hilfesysteme wur-

den als mögliche Verbesserungen identifiziert. Zudem wurde ein Aufwärmeeffekt festgestellt, der die Effizienz im Verlauf einer Arbeitssitzung steigert. Einschränkungen der Studie ergaben sich aus der experimentellen Laborsituation und der technischen Vorerfahrung der Probanden.

■ Ergebnisse

Die Arbeit lieferte wertvolle Hinweise für die Gestaltung nutzerzentrierter Steuerungssysteme, erfordert jedoch weitere Forschung unter realen Bedingungen.

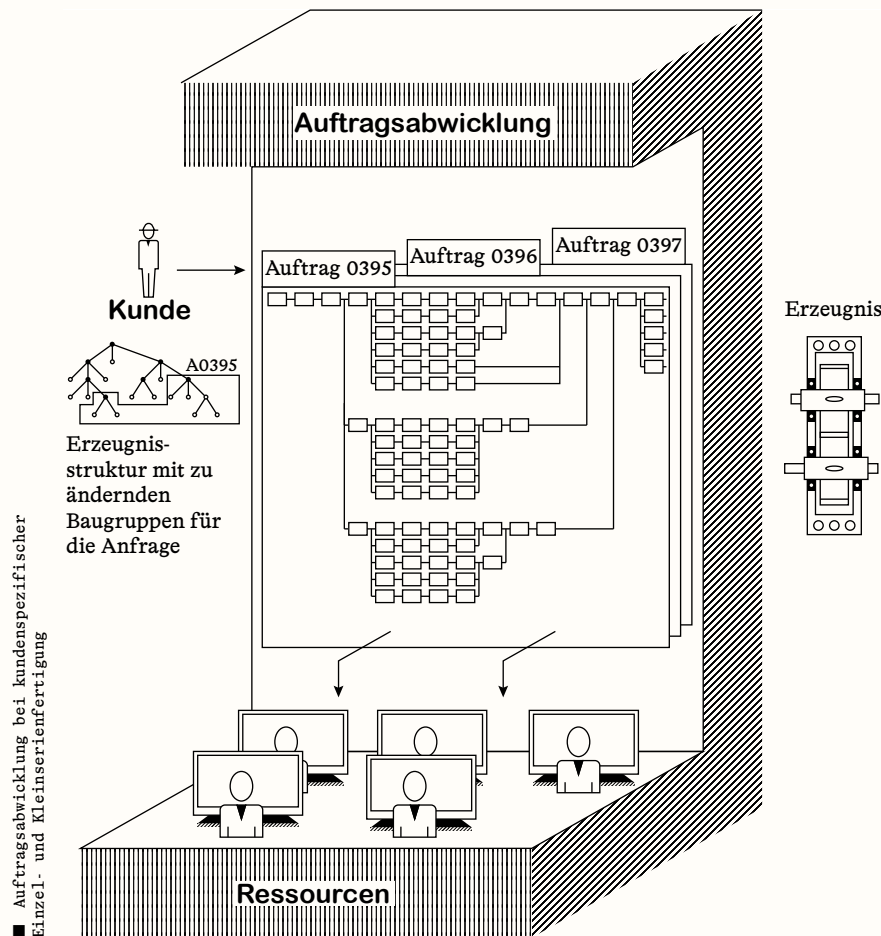
1995



■ Rechnerunterstützter manueller Montagearbeitsplatz

Schlagworte
Blickregistrierung
Benutzungsschnittstellen
Aufgabenkomplexität
adaptive Systeme
ergonomische Gestaltung

Objektorientierte Modellierung von Prozessketten



■ Hintergrund

Die zunehmende Komplexität moderner Produktionsprozesse erfordert effiziente und flexible Modellierungsmethoden, um Unternehmen auf kundenspezifische Anforderungen auszurichten. Ziel der Arbeit war die Entwicklung einer Methode zur objektorientierten Modellierung von Prozessketten, die insbesondere die technische Auftragsabwicklung in der Einzel- und Kleinserienfertigung adressiert.

■ Inhalt

Die entwickelte Methode OMP (Objektorientierte Modellierung von Prozessketten) ermöglichte die Konfiguration komplexer auftragsbezogener Prozessketten auf Basis einer Bibliothek von Referenzprozessen. Zusätzlich wurden Regeln und Bedingungen für die Synthese von Prozessketten auf Anwendungsebene in Form von Objekten entwickelt. Eine Simulation des Modells mit dem System FEMOS zeigte den Einfluss des Detaillierungsgrades auf Ziel-

erreichung und Effizienz. Anwendungsbereiche der Methode könnten von der Produktionssteuerung über die Projektplanung bis hin zur Beratungsindustrie reichen. Einschränkungen in der derzeitigen Umsetzung bestehen z.B. in der Unterscheidung von Referenz- und Anwendungsebene sowie in der Abbildung von Beziehungen.

■ Ergebnisse

Diese Arbeit legte den Grundstein für eine breitere Anwendung objektorientierter Modellierungsmethoden. Sie zeigte aber auch die Notwendigkeit weiterer Entwicklungen und Implementierungen auf.

1995

Planung qualitätsförderlicher Personalstrukturen im Fertigungsbereich

■ Hintergrund

Im Zentrum der Arbeit stand die Entwicklung des simulationsgestützten Planungswerkzeugs ESPE-QS, mit dem die menschliche Zuverlässigkeit in der Produktion abgebildet und deren Auswirkungen auf die Produkt- und Prozessqualität quantifiziert werden können. Die Arbeit widmet sich der Entwicklung eines simulationsgestützten Planungswerkzeugs, das die menschliche Zuverlässigkeit dynamisch modelliert und in die Planung integriert, um daraus qualitätsförderliche und effiziente Personalstrukturen abzuleiten.

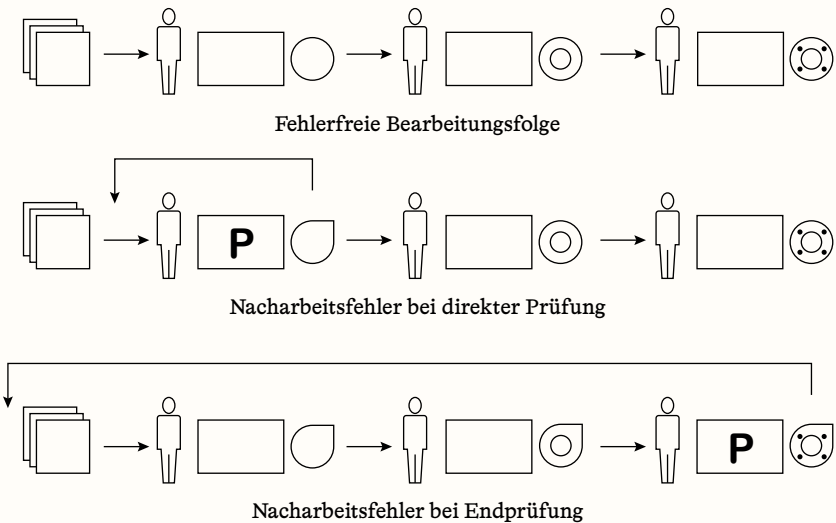
■ Inhalt

Das simulationsgestützte Planungswerkzeug ESPE-QS erweiterte das bestehende personalorientierte Simulationsverfahren ESPE durch die Integration eines dynamischen Modells zur Vorhersage der menschlichen Zuverlässigkeit. Dieses Modell quantifiziert Fehlerwahrscheinlichkeiten auf Basis relevanter Einflussfaktoren und analysiert die Auswirkungen von Fehlern auf die Qualität und Zielerreichung von Fertigungssystemen. In umfangreichen Simulationen mit unterschiedlichen technischen Fertigungsstrukturen

konnte gezeigt werden, dass hoch integrierte Personalstrukturen trotz hoher Zielerreichung häufig mit überhöhten Fehlhandlungsrissen einhergehen. Strukturen mit mittlerer Qualifikationsdichte, die gezielt an die Systemanforderungen angepasst wurden, lieferten dagegen eine optimale Balance zwischen Zuverlässigkeit und betriebswirtschaftlicher Zielerreichung. Das entwickelte Werkzeug ermöglicht die systematische Planung zuverlässigkeitsförderlicher Personalstrukturen unter Berücksichtigung spezifischer Produktionsbedingungen.

■ Ergebnisse

Die Arbeit zeigt praxisrelevante Ansätze zur Gestaltung von Personalstrukturen auf, wobei zukünftige Anwendungen von ESPE-QS in verschiedenen Fertigungsbereichen weiter erforscht werden sollten.



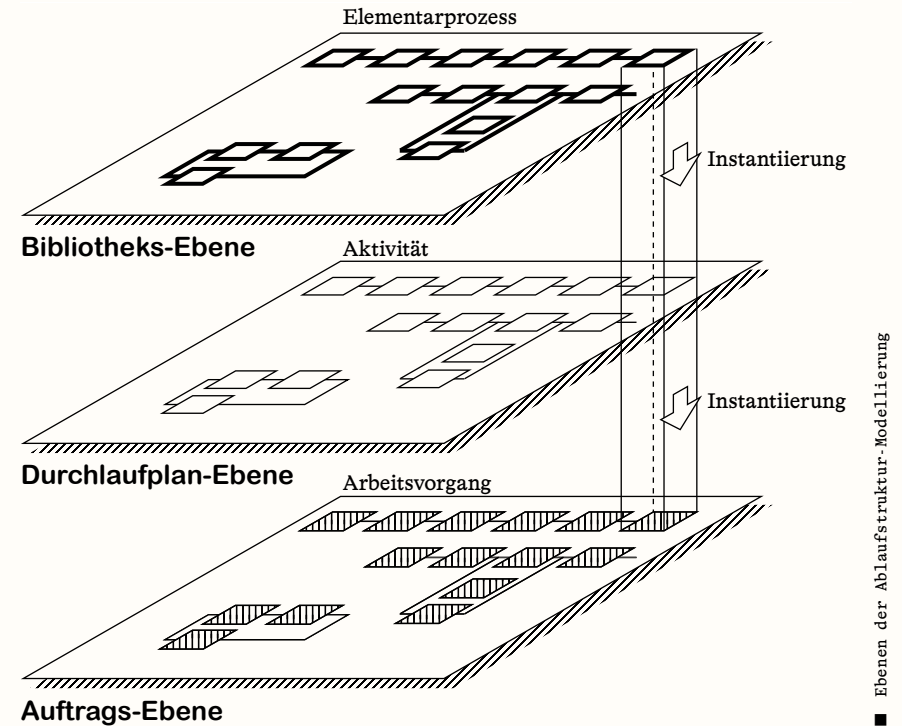
■ Behandlung von Nacharbeitsfehlern

1996

Prozessorientiertes Prototyping von Organisationsstrukturen im Produktionsbereich

■ Hintergrund

Die Gestaltung von Organisationsstrukturen im Produktionsbereich erfordert flexible und dynamische Ansätze, um den stetig wachsenden Anforderungen gerecht zu werden. In dieser Arbeit wird ein rechnergestütztes Verfahren zum prozessorientierten Prototyping vorgestellt, das eine zielgerichtete Modellierung und Simulation von Betriebsstrukturen ermöglicht.



1998

■ Inhalt

Die Untersuchung basiert auf der Modellierung betrieblicher Aufbau- und Ablaufstrukturen mit Hilfe merkmalsbezogener Beschreibungen von Arbeits- und Auftragsprozessen. Zur Gestaltung wurden Strukturierungsstrategien wie Kunden-, Auftrags-, Produkt- und Prozessorientierung entwickelt und kombiniert. Zur dynamischen Analyse der Wirksamkeit dieser Strategien wurde das Simulationsverfahren FEMOS eingesetzt. Die entwickelten Modelle berücksichtigen wesentliche Merkmale betrieblicher Arbeitsprozesse wie Leistungsart und Produktstruktur sowie deren Auswirkungen auf logistische Zielgrößen und Prozesskosten.

Die Methodik wurde in der Praxis erprobt und zeigte eine einfache Anwendbarkeit sowie die Möglichkeit zur Untersuchung komplexer Strategiekombinationen. Abschließend wird eine Erweiterung des Ansatzes durch Modularisierung und Integration in rechnergestützte Systeme vorgeschlagen.

■ Ergebnisse

Die Arbeit liefert eine fundierte Grundlage für die prozessorientierte Gestaltung von Organisationsstrukturen, zeigt aber weiteren Forschungsbedarf hinsichtlich der Modellierung von Leitungsstrukturen und Entscheidungsparametern auf.

Schlagerworte
Organisationsgestaltung
Prozessorientierung
Strukturierungsstrategien
Prozessmodellierung
Produktionslogistik

Beitrag zur Analyse mentaler Anforderungen bei rechnerunterstützter Werkstattsteuerung

■ Hintergrund

In Arbeitsanalyseverfahren rechnergestützter Werkstattsteuerungen wird die objektive und aufgabenbezogene Analyse mentaler Anforderungen bislang nicht angemessen erfüllt. Bisherige Verfahren stoßen in der Praxis auf Akzeptanzprobleme oder erfassen mentale Anforderungen nur unzureichend. Um diesem Defizit zu begegnen, wurde ein neues Analyseverfahren entwickelt, das auf die spezifischen Anforderungen von Mitarbeitenden an Leitständen ausgerichtet ist.

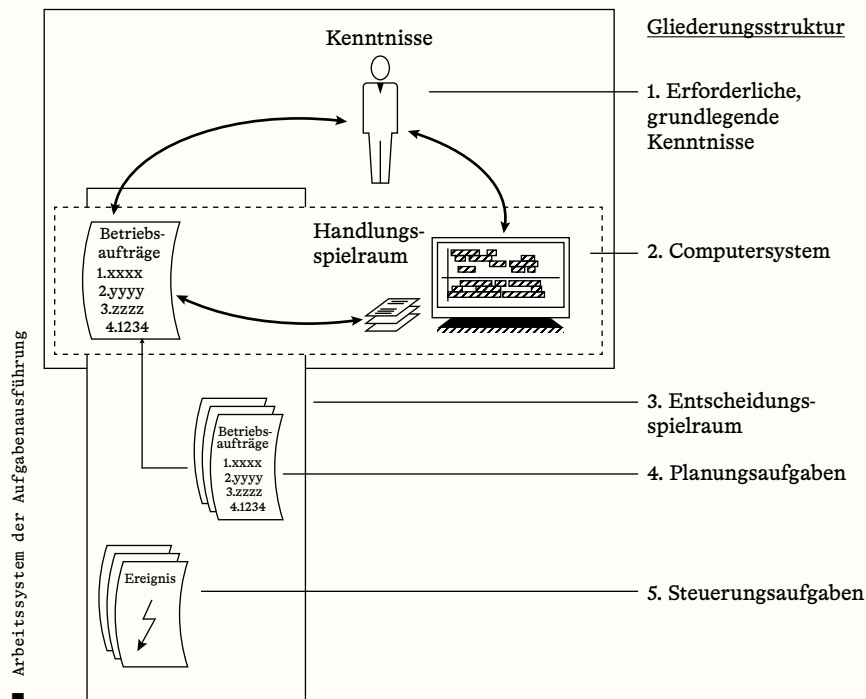
■ Ergebnisse

Das Verfahren ist ein vielversprechender Ansatz zur Verbesserung der Arbeitsgestaltung, erfordert jedoch weitere Feld- und Laboruntersuchungen, um eine umfassende Praxis-tauglichkeit zu gewährleisten.

■ Inhalt

Zur Konzeption des entwickelten Verfahrens ANDREA wurden ausschließlich objektiv beschreibbare Merkmale definiert, die sich direkt aus der Arbeitsaufgabe ableiten lassen. Experimentelle Untersuchungen lieferten Ergebnisse zum Einfluss der Aufgabenkomplexität auf die hervorgerufene psychische Beanspruchung der Versuchspersonen. Das Verfahren ANDREA dient der Analyse mentaler Anforderungen und ist von Leitständen auf andere Produktionsbereiche übertragbar.

Arbeitssystem der Aufgabenausführung



Planung qualitätsförderlicher Personalstrukturen im Fertigungsbereich

■ Hintergrund

Die zunehmende Bedeutung des Recyclings stellt neue Anforderungen an Demontageprozesse. Ein zentrales Problem ist die Unsicherheit des Zustands der Alterzeugnisse, die konventionelle Planungsmethoden überfordert. Um die Effizienz und Flexibilität von Demontageunternehmen zu steigern, sind innovative Ansätze erforderlich, die diese Unsicherheiten in die Planung integrieren und adaptive Reaktionen auf veränderte Bedingungen ermöglichen.

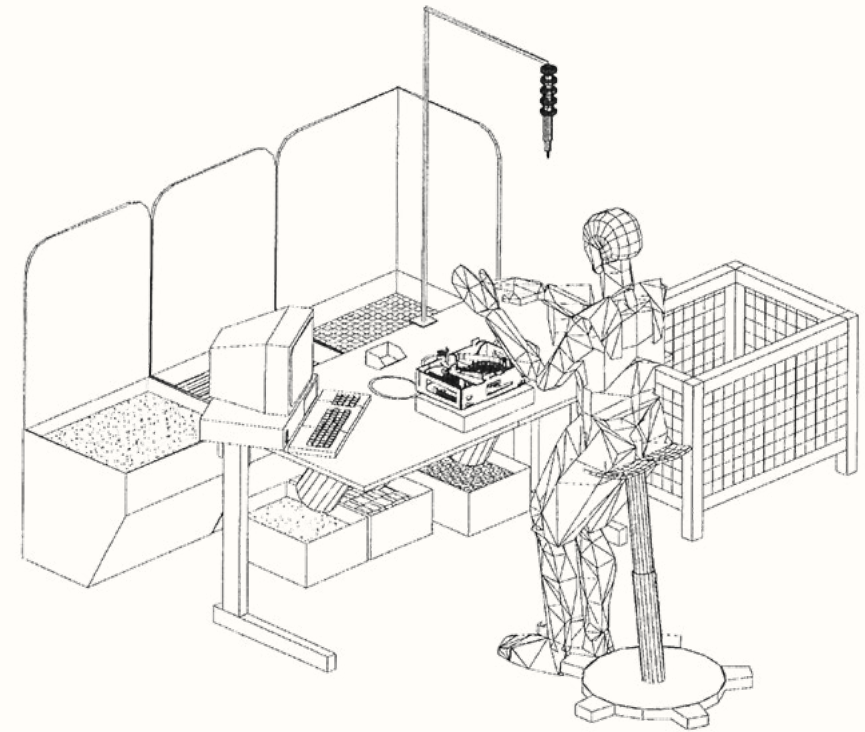
■ Inhalt

In dieser Arbeit wird ein Konzept zur adaptiv-dynamischen Arbeitsplanung entwickelt, das auf einem stochastischen Demontagenetzwerk (SDN) basiert. Mit Hilfe graphentheoretischer Ansätze werden alternative Arbeitsfolgen abgebildet und dynamisch optimiert. Probedemontagen liefern die erforderlichen Daten, die strukturiert erfasst und in das SDN integriert werden. Die entwickelten Modelle ermöglichen eine flexible Anpassung der Demontageabläufe und wurden in ein rechnergestütztes Informationssystem überführt,

dessen Praxistauglichkeit erfolgreich demonstriert wurde.

■ Ergebnisse

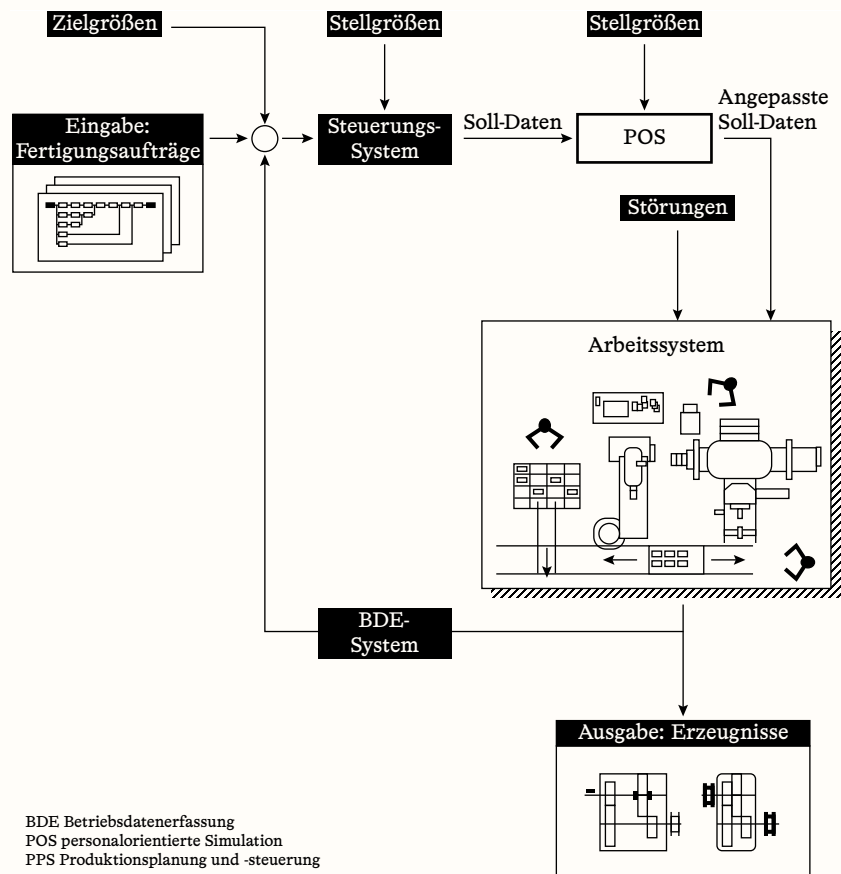
Durch die systematische Berücksichtigung stochastischer Effekte wird ein wichtiger Beitrag zur Optimierung der Rückbauplanung geleistet und eine Grundlage für weitere Forschungsarbeiten geschaffen.



■ Rechnerunterstützter manueller Demontearbeitsplatz

1998

Reorganisation des Personaleinsatzes mit Hilfe der personalorientierten Simulation



BDE Betriebsdatenerfassung
 POS personalorientierte Simulation
 PPS Produktionsplanung und -steuerung

■ Konzeption eines regelungsorientierten Ansatzes für die Planung des mittelfristigen Personaleinsatzes

■ Hintergrund

Die Arbeit widmet sich der Entwicklung simulationsunterstützter Verfahren zur systematischen Umplanung von Personalstrukturen und zur gezielten kurzfristigen Personaleinsatzplanung. Ziel ist es, Entscheidungsprozesse in der Personalbedarfs- und Personaleinsatzplanung zu unterstützen und Optimierungspotenziale zu erschließen.

■ Ergebnisse

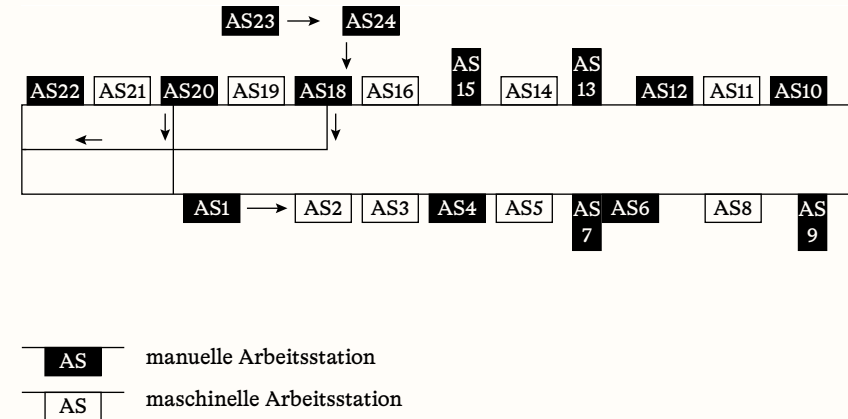
Die Arbeit unterstreicht den Beitrag simulationsgestützter Verfahren zur flexiblen und reaktionsschnellen Personalplanung und zeigt gleichzeitig zukünftigen Entwicklungsbedarf auf, z. B. durch eine Look-Ahead-Funktion zur Berücksichtigung zukünftiger Szenarien.

■ Inhalt

In der Arbeit wurde ein simulationsgestütztes Verfahren zur systematischen Reorganisation von Personalstrukturen und zur kurzfristigen Personaleinsatzplanung entwickelt. Das Simulationsverfahren ESPE-UP kombiniert multikriterielle Bewertung, heuristische Suchalgorithmen und ein Modell individueller Präferenzen. Ein Prioritätsregelkatalog ermöglicht die flexible Optimierung des kurzfristigen Personaleinsatzes. Simulationen mit unterschiedlichen Fertigungsszenarien zeigten, dass Zielerreichungsgrade wie Durchlaufzeit, Personalauslastung und Personalkosten verbessert werden können. Fallstudien bestätigten die praktische Relevanz der Ansätze und die Bedeutung einer multikriteriellen Bewertung.

Schlagerworte
 Personaleinsatzplanung
 Personalstruktur
 Heuristik
 multikriterielle Bewertung
 Fertigungsszenarien

Entscheidungstheorie-basierte Simulation der Handlungs- organisation im Fertigungsbereich



Arbeitsinhalte an den Arbeitsstationen:

AS1: Leiterplatte bestücken
AS2: Lötautomat
AS3: nicht besetzt
AS4: Lampen eindrehen
AS5: Ausweichplatz
AS6: Displays montieren
AS7: Display kleben
AS8: Klebeautomat
AS9: Lichtführung montieren
AS10: Blechwinkel montieren
AS11: Verschränkstation
AS12: Vormontage Lichtführung

AS13: Zifferblätter aufkleben
AS14: Verklipsstation
AS15: Zeiger aufdrücken
AS16: Reinigungsstation
AS18: Zusammenbau Rahmen/Boden
AS19: Kameraprüfung I
AS20: Endprüfung I
AS21: Kameraprüfung II
AS22: Endprüfung II
AS23: Frontrahmen säubern
AS24: Frontrahmen verkleben

■ Schematische Layoutzeichnung
des Montagesystems

1999

■ Hintergrund

Die Organisation von Arbeitsprozessen in Fertigungsbereichen stellt eine zentrale Herausforderung dar, da menschliche Entscheidungsprozesse komplex und stark kontextabhängig sind. Die mechanistische Sichtweise bestehender Simulationsmethoden wird dieser Komplexität häufig nicht gerecht. Ziel der Arbeit ist es, eine realitätsnahe Abbildung der Handlungsorganisation von Fertigungsmitarbeitenden zu entwickeln, um personalorientierte Planungs- und Steuerungsprozesse zu verbessern.

■ Inhalt

In dieser Arbeit wurde ein deskriptives Entscheidungsmodell entwickelt, das auf Erkenntnissen der Handlungstheorie und der Arbeitspsychologie basiert. Dabei werden Kausalattributionen und Erwartungswertmodelle zur Erfassung individueller Handlungspräferenzen verwendet. Mit Hilfe der Conjoint-Analyse werden metrische Teilnutzenwerte von Handlungsalternativen abgeleitet. Das interaktive Simulationsverfahren ISIS validiert die Methode, indem es Versuchspersonen erlaubt, die Reihenfolge ihrer Aufgaben dynamisch zu gestalten. Untersuchungen zeigen, dass die

Methode in der Lage ist, die Streuung des Personaleinsatzes und die Auswirkungen individueller Präferenzen realitätsnah abzubilden. Der Praxistest belegt die Übertragbarkeit auf industrielle Szenarien.

■ Ergebnisse

Die Arbeit zeigt, dass personalorientierte Simulationsverfahren durch die Einbindung individueller Handlungspräferenzen verbessert werden können, und eröffnet Perspektiven für dezentrale Fertigungskonzepte.

Schlagworte
Entscheidungstheorie
Handlungsorganisation
Simulation
Conjoint-Analyse
Fertigungsbereich

Ein integriertes Objektmodell zur durchlaufplanorientierten Simulation von Produktionssystemen

■ Hintergrund

Die effiziente Entwicklung von Simulationsmodellen in der Produktionsplanung erfordert Methoden, die unterschiedliche Detaillierungsgrade integrieren und die flexibel anpassbar sind. Insbesondere die Austauschbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Modellen stellt eine zentrale Herausforderung dar. Ziel der Arbeit war es, ein Konzept zu entwickeln, das eine schrittweise und hierarchische Modellierung ermöglicht und gleichzeitig Konsistenz und Effizienz im Modellierungsprozess sicherstellt.

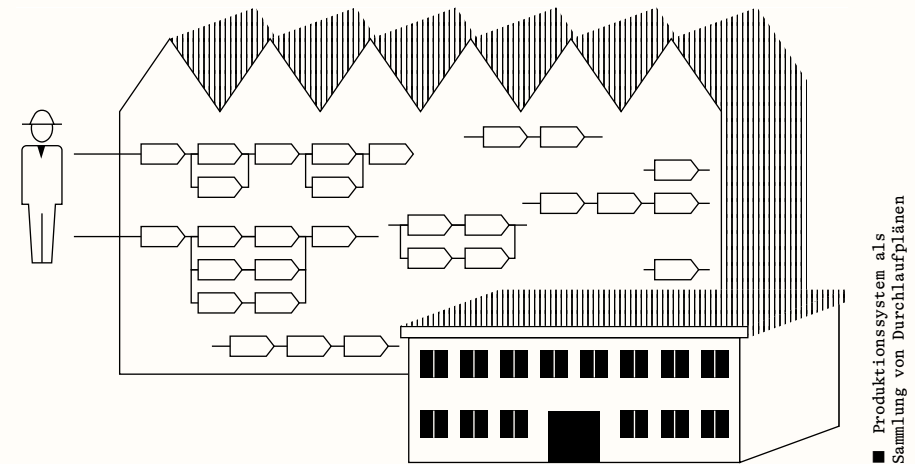
■ Inhalt

In dieser Arbeit wird ein konzeptionelles Objektmodell vorgestellt, das auf objektorientierten Prinzipien und Flussdiagrammen basiert. Es wurde schrittweise entwickelt, um Prozesse, Ressourcen und Entitäten zu modellieren und zu hierarchisieren. OSIM, eine Implementierungsplattform, ermöglichte die Definition neuer Objekttypen und deren Integration in das System. Die Anwendbarkeit wird anhand eines Beispiels demonstriert, das den sukzessiven Modellierungsprozess bis hin zu einem hierarchischen Gesamtmo-

dell veranschaulicht. Die Untersuchung zeigt, dass objektorientierte Prinzipien und durchlaufplanbasierte Ansätze den Austausch und die Wiederverwendung von Simulationsmodellen fördern.

■ Ergebnisse

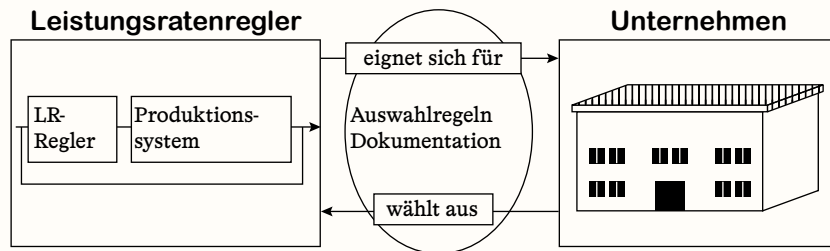
Die Arbeit bestätigt die Eignung der Kombination von objektorientierten Techniken mit durchlaufplanbasierten Ansätzen zur Erstellung flexibler und erweiterbarer Simulationsmodelle. Zukünftige Arbeiten sollten diese Konzepte auf weitere Anwendungsgebiete ausdehnen.



Schlagerworte
Objektmodellierung
Durchlaufplan
Simulation
Produktionssysteme
Wiederverwendbarkeit

Koordinierung von Produktionsengpässen auf Basis der Leistungsratevereinbarung

■ Fragestellungen zum Einsatz der Leistungsratevereinbarung



■ Hintergrund

Die Transformation von Produktionssystemen hin zu flexiblen, dezentralen Einheiten impliziert neue Herausforderungen in der Steuerung von Engpässen. Eine effektive Koordination ist erforderlich, um gleichzeitig Flexibilität und Planungssicherheit zu gewährleisten. In diesem Kontext wird die Leistungsratevereinbarung als Ansatz vorgestellt, der diesen Anforderungen gerecht wird und dynamische Produktionsprozesse optimiert.

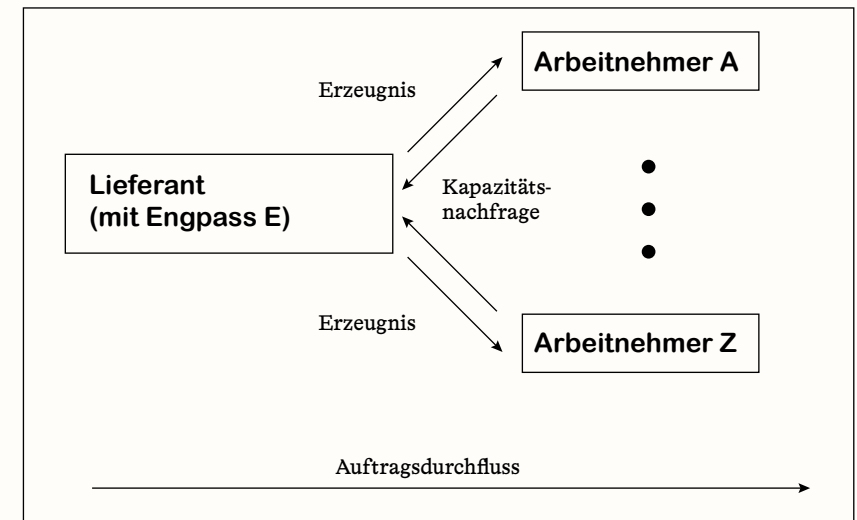
■ Inhalt

Die Leistungsratevereinbarung definiert die Kapazitätsbereitstellung zwischen Produktionseinheiten und gewährleistet Flexibilität für Abnehmer und Lieferanten. Im Rahmen einer Simulation werden relevante Parameter identifiziert und Algorithmen zur Berechnung

der Leistungsrate entwickelt. Die praktische Anwendung erfolgt anhand eines Automobilzulieferers. Die Ergebnisse belegen, dass die Methode zur effizienten Koordination von Engpässen geeignet ist. Weitere Untersuchungen für komplexere Netzwerke werden empfohlen.

■ Ergebnisse

Die Leistungsratevereinbarung stellt ein effektives Konzept zur Steuerung von Produktionsengpässen dar und ermöglicht eine verbesserte Integration in bestehende Produktionssysteme.



■ Betratete Fertigungsstruktur

Schlüsselwörter
Produktionsengpässe
Leistungsrate
Koordination
Simulation
Produktionssteuerung

Ein Beitrag zur kennzahlenunterstützten Investitionsplanung komplexer Arbeitssysteme

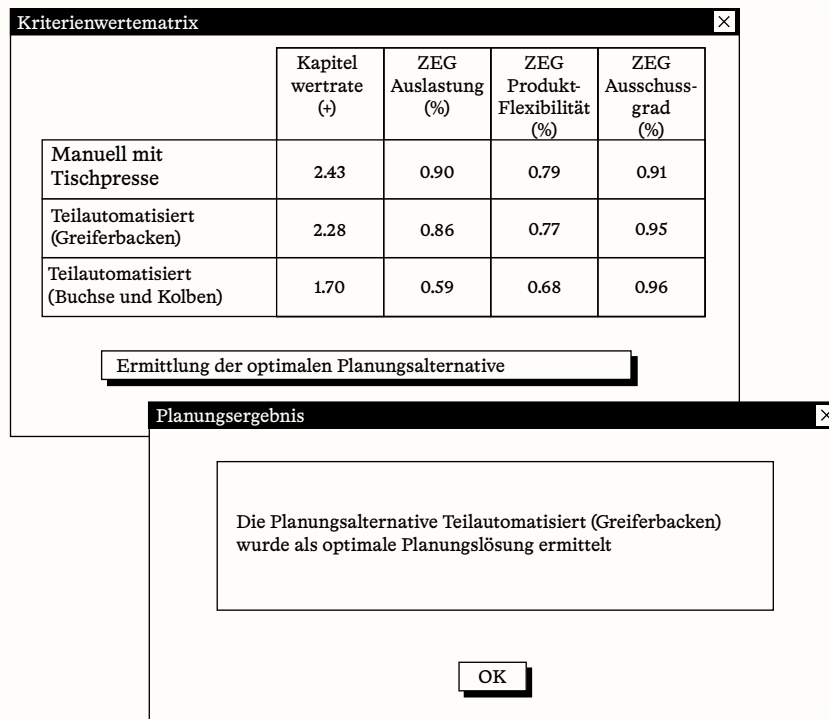
■ Hintergrund

Investitionen in Arbeitssysteme konzentrieren sich häufig auf produktivitätsbezogene Ziele, während mitarbeiterbezogene Aspekte meist nur am Rande berücksichtigt werden. Diese Einseitigkeit führt dazu, dass wesentliche Wirtschaftlichkeitspotenziale ungenutzt bleiben. Um moderne Arbeitssysteme effizient und nachhaltig zu gestalten, ist eine gleichrangige Berücksichtigung von wirtschaftlichen und mitarbeiterorientierten Zielen notwendig, die sowohl betriebliche als auch menschliche Aspekte integriert.

■ Inhalt

In der Arbeit wird ein kennzahlenbasierter Ansatz zur Planung komplexer Arbeitssysteme entwickelt, der wirtschaftliche und mitarbeiterbezogene Aspekte integriert. Die Simulation wird eingesetzt, um Kriterienwerte für die Auswahl von Alternativen zu prognostizieren. Das Konzept umfasst Module zur Ziel- und Problemanalyse, Alternativenentwicklung, Bewertung und Entscheidungsvorbereitung. Eine Fallstudie demonstriert die Anwendbarkeit und den Nutzen der Methode für eine fundierte Entscheidungsfindung. Als Erweiterung werden empirische Untersuchungen und detaillierte Menschmodelle vorgeschlagen.

2000



■ Ermittlung der optimalen
Planungsalternative

■ Ergebnisse

Das vorgestellte Konzept bietet eine Methode zur integrierten Bewertung ökonomischer und humaner Ziele in Arbeitssystemen und liefert eine verbesserte Entscheidungsgrundlage für die Investitionsplanung.

Schlagergebnisse
Investitionsplanung
Arbeitssysteme
Kennzahlen
Simulation
Entscheidungsunterstützung

2001 bis 2010

Simulationsbasierte Gestaltung von Arbeitszeitmodellen in Dienstleistungsbetrieben mit kundenfrequenzabhängigem Arbeitszeitbedarf

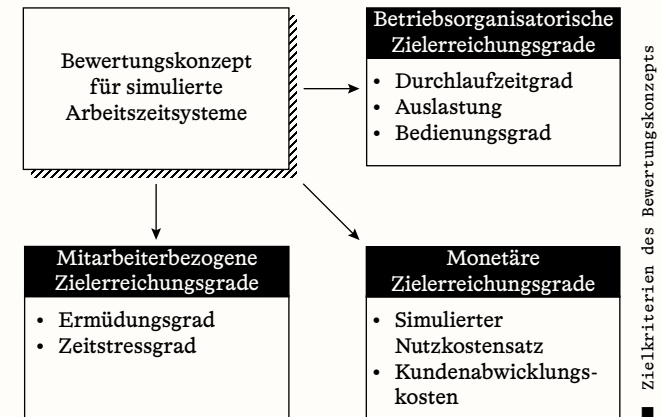
■ Hintergrund

Die Arbeitszeitgestaltung in Dienstleistungsunternehmen ist eine komplexe Aufgabe, da zahlreiche, zum Teil konkurrierende betriebliche und mitarbeiterbezogene Faktoren zu berücksichtigen sind. Insbesondere in Unternehmen mit kundenfrequenzabhängigen Arbeitszeitbedarfen reichen traditionelle Ansätze nicht aus, um Flexibilität und Belastungsgerechtigkeit zu gewährleisten. Ziel der Arbeit war es, eine simulationsbasierte Methode zu entwickeln, die eine objektive Bewertung und Optimierung von Arbeitszeitmodellen ermöglicht, um sowohl organisatorische als auch mitarbeiterorientierte Zielsetzungen zu erreichen.

■ Inhalt

In der Arbeit wurde eine Vorgehensweise entwickelt, die Arbeitszeitsysteme systematisch beschreibt und simulationsbasiert analysiert, um einen Beitrag zur Beseitigung bisheriger Defizite bei der Gestaltung von Arbeitszeitmodellen zu leisten. Kernstück war die Entwicklung einer Heuristik zur Einsatzzeitplanung, die Arbeitszeitmodelle mit realitätsnahen Parametern abbildet. Das

Bewertungskonzept berücksichtigt monetäre, organisatorische und insbesondere mitarbeiterbezogene Kriterien. Das entwickelte Simulationsverfahren OSim-GAM ermöglicht die Prognose und Optimierung verschiedener, für Dienstleistungsunternehmen typischer Arbeitszeitmodelle. Damit können die Modelle vor und während des Gestaltungsprozesses objektiv, effizient und quantitativ bewertet werden. Anhand von Fallstudien wurde gezeigt, wie das Verfahren sowohl für Dienstleistungs- als auch für Produktionsunternehmen eingesetzt werden kann. Die Ergebnisse unterstreichen die Stärken simulationsbasierter Ansätze insbesondere bei der Identifikation optimaler Arbeitszeitstrukturen und der Belastungsminimierung.

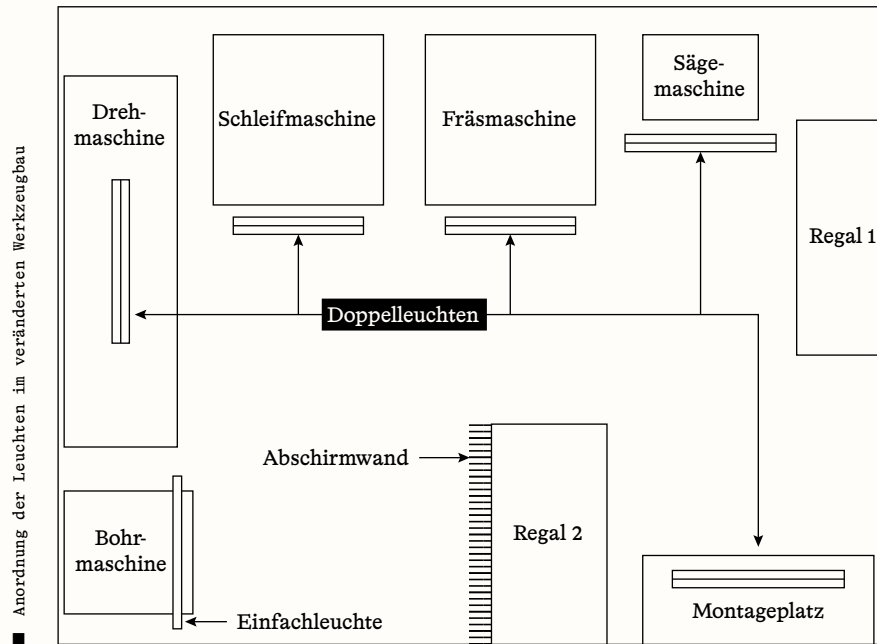


2002

■ Ergebnisse

Die Arbeit leistet einen wichtigen Beitrag zur Arbeitszeitforschung, indem sie simulationsbasierte Ansätze mit flexiblen Bewertungsmethoden kombiniert und damit neue Wege zur Gestaltung fairer und effizienter Arbeitszeitmodelle eröffnet.

Ansatz zur objektorientierten Modellierung betrieblicher Arbeitsschutzdaten



■ Hintergrund

Die Integration des Arbeitsschutzes in die Planung von Arbeitsstätten ist insbesondere für die Beurteilung und Minimierung von Umgebungsbelastungen von entscheidender Bedeutung. Bisherige Ansätze berücksichtigen jedoch nicht die Integration unterschiedlicher Belastungsarten auf Basis einer einheitlichen Datenbasis. Ziel dieser Arbeit war es, ein Verfahren zur Modellierung arbeitsschutzrelevanter Daten zu entwickeln, das sowohl die Prognose zukünftiger Belastungen als auch deren Berechnung im Planungsprozess erleichtert.

■ Inhalt

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Arbeitsschutzdatenmodell entwickelt, das Umgebungs-, Aufgaben- und Personenbelastungen in einem objektorientierten Gesamtmodell vereint. Die Teilmodelle ermöglichen spezifische Berechnungen wie z.B. Lärm- und Beleuchtungssimulationen oder fokussieren auf muskuläre Belastungen. Das Softwaretool ADAMO veranschaulicht die Modellierung und Berechnung durch die benutzerfreundliche Integration von Planungsparametern. Eine Fallstudie demonstriert die Einsatzmöglichkeiten des Modells, das unter anderem eine automatisierte Bewertung von Belastungssituationen bei Layoutänderungen ermöglicht. Vorschläge zur Weiterentwicklung umfassen die Integration von Regelungs- und Erfahrungswissen sowie die Berücksichtigung kombinierter Belastungsarten.

■ Ergebnisse

Die Arbeit liefert ein fundiertes Konzept für die systematische Modellierung und Berechnung arbeitsschutzrelevanter Daten. Weiterentwicklungen könnten durch eine stärkere Integration des Wissens und eine detaillierte Analyse der Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Belastungsarten erfolgen.

2002



■ aus verschiedenen Blickwinkeln

Schlagworte
Arbeitsschutz
Objektorientierung
Belastungsprognose
Datenmodellierung
Softwaretool

Planung hybrider Montagesysteme auf Basis mehrschichtiger Vorranggraphen

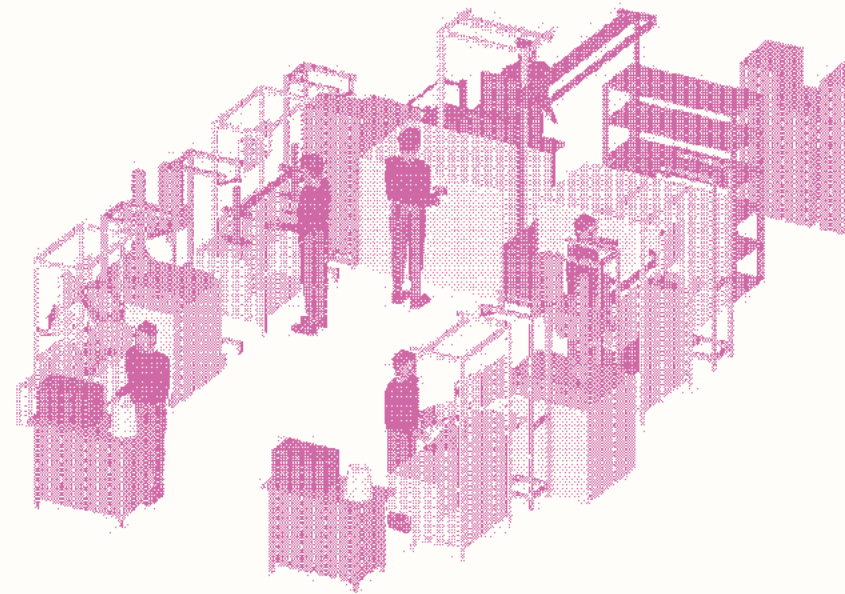
■ Hintergrund

Hybride Montagesysteme, die manuelle Arbeitsplätze mit automatisierten Prozessen kombinieren, gewinnen in der industriellen Praxis zunehmend an Bedeutung. Diese Systeme erfordern eine ganzheitliche Strukturplanung, um die spezifischen Anforderungen von Mensch, Betriebsmittel und Arbeitsgegenstand bei der Festlegung der Arbeitsorganisation und des Montageablaufs zu berücksichtigen. Bisher existieren jedoch keine Ansätze zur Planung hybrider Montagesysteme. Ziel der Arbeit war es, eine Planungsmethodik zu entwickeln, die die komplexen Zusammenhänge in hybriden Montagesystemen systematisch abbildet.

■ Inhalt

Im Rahmen der Arbeit wurden Montagesystemstrukturen betrachtet, die die ablauforganisatorische Anordnung von Arbeitsstationen in Form von manuellen und automatisierten Arbeitsplätzen sowie die Zuordnung von Mitarbeitenden und Arbeitsinhalten zu diesen Arbeitsstationen beschreiben. Dazu wurden bestehende Modellierungsmethoden für Montageabläufe sowie Pla-

nungskonzepte und -algorithmen analysiert. Es wurde ein mehrschichtiges Vorranggraphenkonzept entwickelt, das menschliche, technische und organisatorische Perspektiven integriert. Ein Vorranggraph visualisiert, welche Teilprozesse parallel gestartet werden können und wie die Teilprozesse zueinander in Abhängigkeit stehen. Die entwickelte umfassende Planungsmethodik deckt alle Schritte der Strukturplanung von der Grobstrukturierung bis zur Kapazitätsverteilung und Leistungsabstimmung ab. Das Konzept wurde in das grafisch-interaktive Planungsverfahren PAMELA (Planung automatisierter und manueller Montagen mit Leistungsabstimmung) implementiert und an einem Praxisbeispiel für Automobilkomponenten erprobt. Die Methodik ermöglicht eine wirtschaftliche Planung und überwindet die sequentielle Abarbeitung von Montagevorgängen.



■ CAD-Layout für die Leistungsmontage erstellt mit Planungstools CARLA und MASoft

■ Ergebnisse

Die Arbeit leistet einen wichtigen Beitrag zur methodischen Weiterentwicklung der Planung hybrider Montagesysteme und zeichnet sich durch die Kombination von theoretischer Fundierung und praktischer Anwendbarkeit aus.

Vergleichende Evaluation von Visualisierungsformen zur operativen Werkstattsteuerung

■ Hintergrund

Die Effektivität und Akzeptanz von Werkstattsteuerungssystemen wird maßgeblich durch die Benutzerfreundlichkeit der integrierten Visualisierungen beeinflusst. Unzureichende Transparenz und Gestaltung der Visualisierungen können zu Fehlbedienungen, Fertigungsfehlern und mangelnder Nutzerakzeptanz führen. Ziel ist es daher, geeignete Visualisierungen zu entwickeln, die die dynamischen Prozesse für den Anwender verständlicher machen und damit die Effizienz steigern.

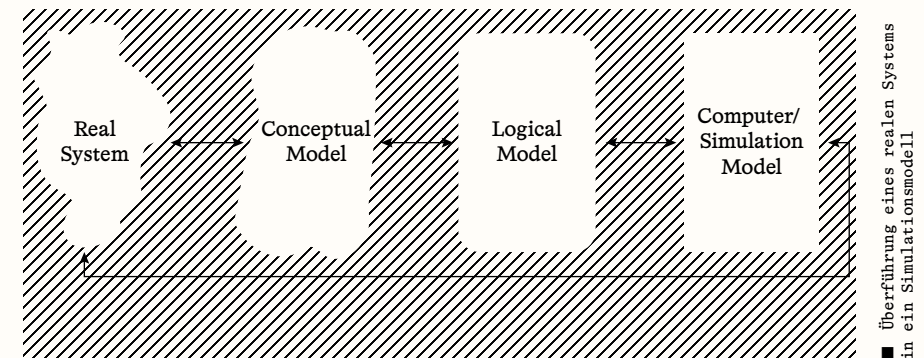
■ Inhalt

Im Rahmen einer empirischen Untersuchung wurden zwei unterschiedliche Visualisierungsformen - eine fensterbasierte und eine realitätsnahe Darstellung - experimentell analysiert. Die Auswertung ergab, dass realitätsnahe Darstellungen zu einer Reduktion der mentalen Beanspruchung sowie zu einer Optimierung der Bearbeitung dynamischer Werkstattprozesse führen. Dennoch zeigten beide Ansätze ihre spezifische Eignung in unterschiedlichen Kontexten. Eine hybride Darstellung, die die Vorteile beider

Ansätze kombiniert, wird empfohlen. Zukünftige Forschung sollte sich auf die Regeln für kognitiv orientierte Visualisierungen und deren Einsatz in Schulungen konzentrieren.

■ Ergebnisse

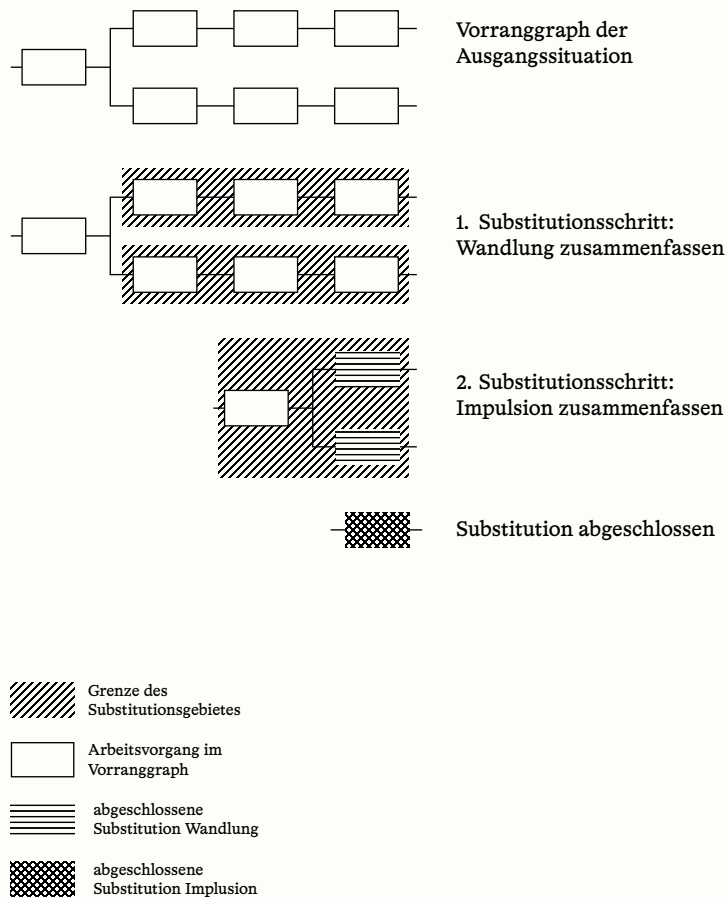
Die Arbeit belegt, dass realitätsnahe Visualisierungen signifikante Vorteile bieten, jedoch eine Kombination mit traditionellen Methoden für eine breitere Anwendbarkeit sinnvoll ist.



■ Überführung eines realen Systems in ein Simulationsmodell

Logistische Analyse und kennlinienunterstützte Planung von Fertigungssystemen

■ Zusammenfassung eines komplexen Teilsystems mit mehreren Wertschöpfungstypen als Beispiel zur Substitution



■ Hintergrund

Die Planung von Fertigungssystemen als Teil der Fabrikplanung zielt darauf ab, einen technisch wie organisatorisch reibungslosen Produktionsablauf zu ermöglichen. Eine zentrale Herausforderung ist die wirksame Bewertung der logistischen Leistungsfähigkeit von Planungslösungen. Simulationsmethoden sind hierfür hilfreich, erfordern jedoch erhebliche Zeit- und Finanzmittel für Datenerhebung und -lauf. Ein effizienterer Ansatz begrenzt den Lösungsraum durch vorgelagerte Analysen und erhöht so die Planungsgenauigkeit. Die Kennlinientheorie bietet dafür einen vielversprechenden Rahmen.

■ Inhalt

In der Arbeit wurde untersucht, wie wesentliche Parameter zur Erreichung einer vorgegebenen Produktionsleistung abgeleitet werden können. Dazu wurde der Einfluss von Auftragsmerkmalen und deren Zuordnung zu Ressourcen auf den Strukturparameter α analysiert. Aufbauend auf der Kennlinientheorie wurde α mittels statistischer Auswertung und Simulation unterschiedlicher Auftrags- und Fertigungsstrukturen quantifiziert. Die bisherige Beschränkung auf Einzelressourcen wurde überwunden, um Prinzipien komplexerer Systeme abzubilden. Die Simulationen modellierten zahlreiche Szenarien mit systematisch variierten Ausprägungen der Auftrags- und Fertigungsstrukturen. Anschließend wurden die Ergebnisse

statistisch ausgewertet, um α unmittelbar aus den beschreibenden Systemmerkmalen abzuleiten.

■ Ergebnisse

Die Dissertation adressierte zudem die Grenzen der Kennlinientheorie: Durch die Berücksichtigung mehrerer Ressourcen entstand ein praxisnäheres Modell, das realistische Produktionsumgebungen abbildet. Darüber hinaus wurde ein Planungswerkzeug bereitgestellt, das die Leistungsfähigkeit geplanter Fertigungssysteme abschätzt. Dies trägt dazu bei, den Planungsprozess durch gezielte Eingrenzung des Lösungsraums effizienter zu gestalten und Simulationen zielgerichteter einzusetzen.

2002

Simulationsunterstützte Personalstrukturplanung auf Basis eines abnutzungsorientierten Instandhaltungskonzepts

■ Hintergrund

Effiziente Personalstrukturen sind für eine nachhaltige Produktions- und Instandhaltungsplanung unerlässlich. Bisherige Ansätze zur Personalstrukturplanung berücksichtigen die Dynamik von Abnutzungsprozessen in Betriebsmitteln oft nur unzureichend, was zu ineffizienten Strategien und Ressourcenallokationen führen kann. Ziel der Arbeit war es, ein simulationsgestütztes Verfahren zu entwickeln, das das Abnutzungsverhalten integriert und eine optimierte Planung von Personalstrukturen ermöglicht, die sowohl produktionslogistische als auch personalwirtschaftliche Ziele berücksichtigt.

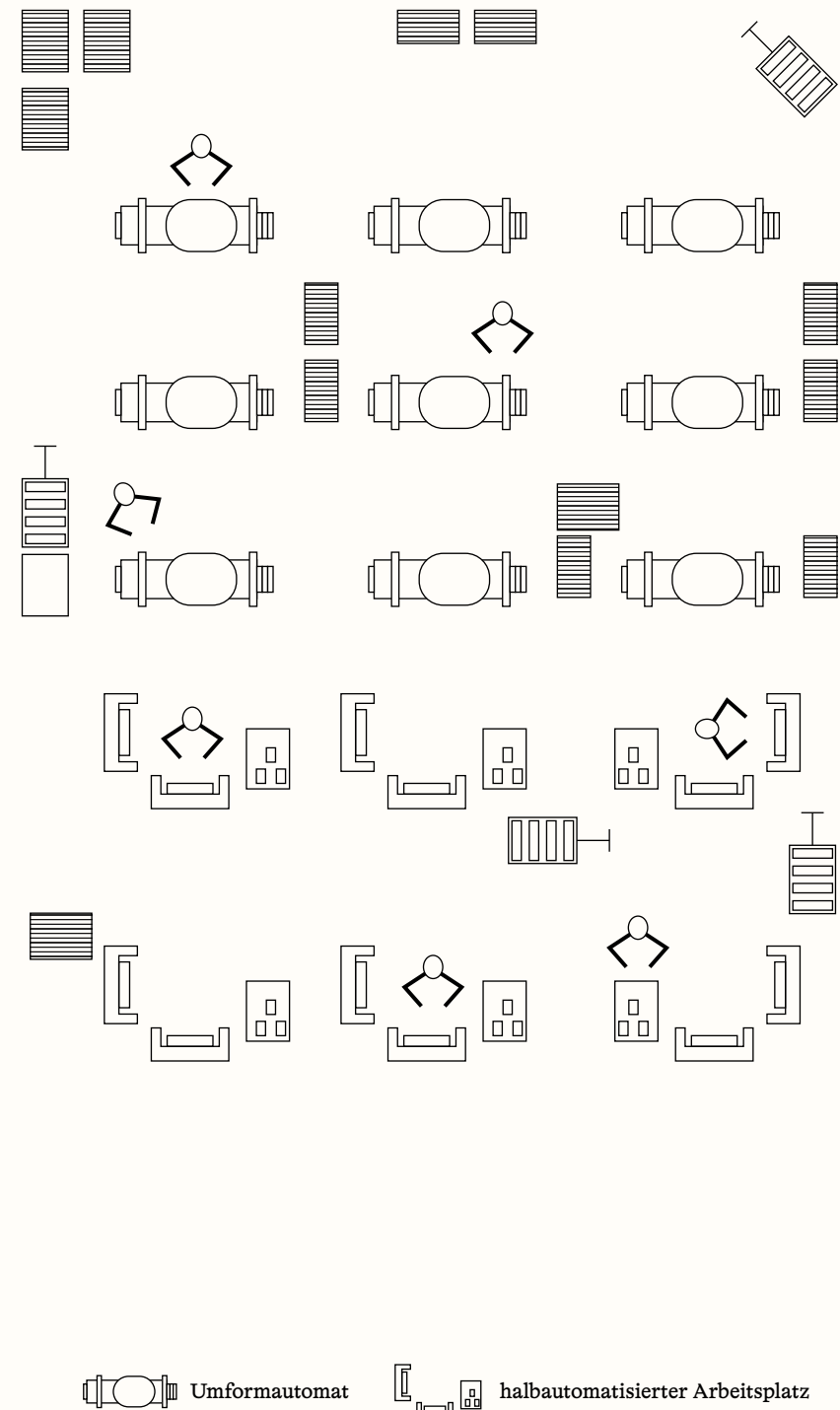
■ Inhalt

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht das neu entwickelte Verfahren ESPE-IH (Engpassorientierte Simulation von Personalstrukturen für die Instandhaltung), das Verschleißverläufe von Betriebsmittelkomponenten in Simulationsmodellen berücksichtigt und damit präzisere Instandhaltungsstrategien ermöglicht. Durch die Kombination von Simulation und heuristischen Algorithmen kann eine optimale Personalstruktur

für Fertigungs- und Instandhaltungsbereiche berechnet werden. Dabei werden Parameter wie Wegezeiten, Übergangszeiten und Qualifikationsanforderungen analysiert, um Engpässe zu minimieren und Kosten zu senken. Anhand von Fallstudien konnte gezeigt werden, dass ESPE-IH sowohl die Effizienz von Instandhaltungsstrategien erhöht als auch die Flexibilität der Personalstrukturplanung verbessert. Darüber hinaus werden Anwendungsmöglichkeiten für übergreifende Personalstrukturen in räumlich verbundenen Fertigungssystemen sowie potentielle Erweiterungen für die Gruppenstrukturplanung skizziert.

■ Ergebnisse

Mit ESPE-IH wird ein innovativer Ansatz zur Personalstrukturplanung vorgestellt, der durch die Integration von Abnutzungsverhalten und heuristischen Optimierungsmethoden signifikante Verbesserungen in der Produktions- und Instandhaltungsplanung ermöglicht.



Umformautomat

halbautomatisierter Arbeitsplatz

Schlagworte
Personalstrukturplanung
Instandhaltung
Abnutzungsmodelle
Simulation
Qualitätssicherung

Layout des geplanten Fertigungssystems (schematisch)

2003

Ein generisches Objektmodell zur Modellierung und Simulation operativer Entscheidungen in Produktionssystemen

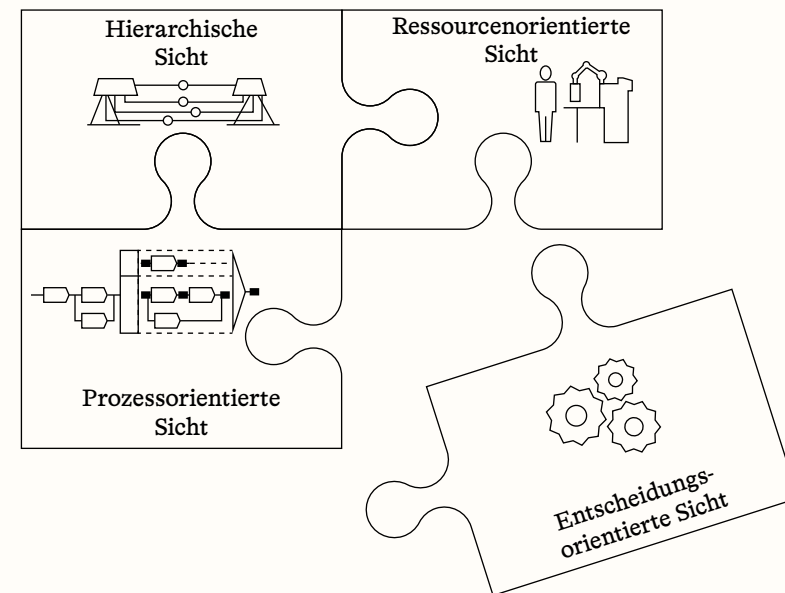
■ Hintergrund

Operative Entscheidungen in Produktionssystemen sind von zentraler Bedeutung für die Effizienz und Flexibilität moderner Fertigungsprozesse. Die Komplexität dieser Entscheidungen, die häufig kurzfristig getroffen werden müssen, erfordert innovative Modelle, die sowohl strategische als auch taktische Aspekte berücksichtigen. Ziel dieser Arbeit war es, ein generisches Objektmodell zu entwickeln, das die Simulation und Bewertung unterschiedlicher operativer Entscheidungen in Produktionssystemen erleichtert, um fundierte und praxisnahe Lösungen bereitzustellen.

■ Inhalt

In dieser Arbeit wurden objektorientierte Modellierungsmethoden verwendet, um ein universelles Entscheidungsmodell zu erstellen, das in der Lage ist, verschiedene betriebliche Aufgaben zu simulieren. Es wurde ein Rahmenkonzept entwickelt, das die Zuordnung von Entscheidungsmodellen zu spezifischen Aufgaben ermöglicht und die Anwendung individueller Strategien unterstützt. Kernelemente sind ein Katalog entscheidungsrelevanter Para-

meter sowie die Implementierung des Verfahrens OSim-Ent, das auf einem bestehenden Simulationssystem basiert. Das Modell wurde anhand von Praxisbeispielen wie Auftragsreihenfolge oder Ressourcenzuordnung validiert und ermöglichte die Untersuchung von Szenarien wie kurzfristige Kapazitätssteuerung oder Selbstorganisation von Arbeitsgruppen. Die Ergebnisse zeigen, dass das Modell einen signifikanten Beitrag zur operativen Entscheidungsfindung leistet und Potenzial für die Entwicklung neuartiger Steuerungskonzepte, wie z.B. Schwarmintelligenz-basierte Ansätze, bietet.



■ Integration der entscheidungsorientierten Sichtweise in das Objektmodell

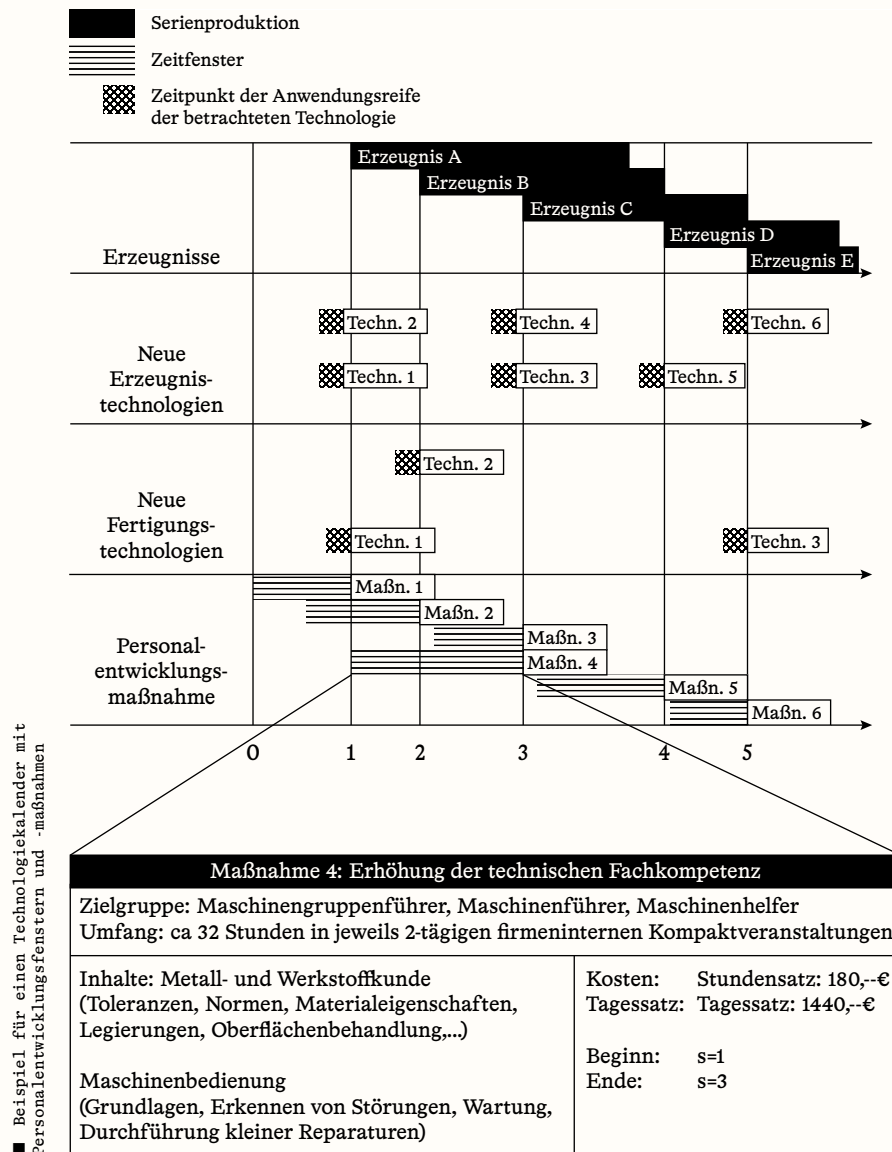
2004

■ Ergebnisse

Die Arbeit bietet eine Methode zur Simulation operativer Entscheidungen, die durch ihre Flexibilität und Anwendungstiefe sowohl praktische als auch wissenschaftliche Innovationen fördert.

Schlagergebnisse
Simulation
Produktionssysteme
Entscheidungsstrategien
Delegation
Reorganisation

Mehrphasige Personalentwicklungsplanung für Fertigungssysteme auf Basis des Technologiekalender-Konzeptes



■ Beispiel für einen Technologiekalender mit Personalentwicklungszeitfenstern und -maßnahmen

Hintergrund

Aktuelle Entwicklungen bei Produkt- und Fertigungstechnologien müssen schnellstmöglich in den produzierenden Unternehmen umgesetzt werden, um die Wettbewerbsfähigkeit langfristig zu sichern. Dabei wird betont, dass insbesondere die menschlichen Ressourcen in qualitativer Hinsicht flexibel und anpassungsfähig sind. Zudem verbleiben Arbeitskräfte - zumindest in günstigen konjunkturellen und strukturellen Situationen - häufig über einen längeren Zeitraum im Unternehmen. Um die Potenziale der menschlichen Ressourcen in Veränderungsprozessen adäquat zu berücksichtigen, wird ein Planungsinstrument vorgestellt, das eine effektive Unterstützung der langfristigen Personalentwicklung darstellt.

Inhalt

Die Arbeit beschäftigte sich mit der Herausforderung, Personalentwicklungsmaßnahmen mit den sich wandelnden Anforderungen der Erzeugnis- und Fertigungstechnologieentwicklung zu synchronisieren. Um die personellen Ressourcen in den Planungsprozess einzubeziehen, wurde der Grundgedanke des Technologiekalenderkonzeptes zur Synchronisation von Erzeugnis- und Fertigungstechnologieentwicklung aufgegriffen und an die Anforderungen der Weiterentwicklung einer bestehenden Personalstruktur über mehrere Entwicklungsphasen hinweg angepasst. Dabei wurden die Flexibilitätspotenziale

der bestehenden Personalstruktur systematisch erfasst und in der Personalentwicklungsplanung explizit berücksichtigt. Das Konzept ermöglicht es, den aus der Erzeugnis- und Fertigungstechnologieentwicklung resultierenden zukünftigen Qualifizierungsbedarf zu quantifizieren und konkrete Personalentwicklungsmaßnahmen abzuleiten. Methodisch wurden hierzu bestehende personalisierte Simulationsmethoden erweitert und an die sich aus der Problemstellung ergebenden Anforderungen angepasst.

Ergebnisse

Die Dissertation leistet einen innovativen Beitrag zur strategischen Personalentwicklungsplanung, indem sie technologische und personelle Faktoren miteinander verknüpft. Sie zeigt, dass personalorientierte Simulationsverfahren entscheidend für eine zukunftsorientierte und menschengerechte Arbeitsgestaltung sind.

2005

Methodische Grundlagen der softwareergonomischen Evaluationsforschung

(Habilitation)

■ Hintergrund

Der Einsatz von Software beeinflusst maßgeblich die Effizienz von Geschäftsprozessen in Produktions- und Dienstleistungsunternehmen. Ergonomisch gestaltete Mensch-Maschine-Schnittstellen spielen dabei eine zentrale Rolle, da sie die Bedienbarkeit und Gebrauchstauglichkeit sicherstellen. Die Bewertung der Einhaltung ergonomischer Anforderungen gewinnt daher zunehmend an Bedeutung, um nutzerzentrierte Softwarelösungen zu entwickeln. In der Arbeit wurde die softwareergonomische Evaluationsforschung als interdisziplinäres Forschungsfeld eingeführt, das über die Psychologie, Informatik und Ingenieurwissenschaften hinaus die interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen erfordert.

■ Inhalt

Im Rahmen der Arbeit wurde ein Rahmenkonzept zur systematischen Formalisierung von Softwareevaluationen entwickelt. Das Rahmenkonzept beschreibt und bewertet Zusammenhänge zwischen Kriterienanforderungen und Kriterienwerten von Softwarekomponenten. Die vergleichende Bewertung basiert auf einem quantitativen Erfüllungstu-

pel und einem metrisch skalierten Zielerreichungsgrad der Anforderungserfüllung. Das Verfahren stellt eine Ergänzung zu bisher oft unvollständigen Bewertungsmodellen und unklaren Systematisierungen in Abhängigkeit von variierenden Skalenniveaus dar. Die Vorgehensweise softwareergonomischer Evaluationen wurde anhand von zwei Fallstudien beschrieben - einer laborbasierten Evaluation von ERP-Systemen hinsichtlich Normkonformität ohne Nutzerbeteiligung und einer praxisorientierten Nutzerstudie zur Gebrauchstauglichkeit mit Nutzerbeteiligung. Beide Fallstudien zeigen, dass softwareergonomische Anforderungen an ERP-Systeme bisher nicht vollständig erfüllt werden und Defizite hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit und Usability bestehen. Darüber hinaus wurden methodische Herausforderungen der Evaluationsforschung aufgezeigt und ein computergestütztes System zur Methodenauswahl vorgeschlagen, um die Effizienz und Effektivität zukünftiger Evaluationsverfahren zu steigern.

■ Ergebnisse

Die Habilitation leistet einen zentralen Beitrag zur softwareergonomischen Evaluationsforschung,

indem sie systematische Ansätze zur Bewertung und Verbesserung von Software definiert. Sie zeigt aber auch, dass der Praxistransfer von Evaluationsergebnissen und die Sensibilisierung für ergonomische Aspekte weiterhin Herausforderungen darstellen.

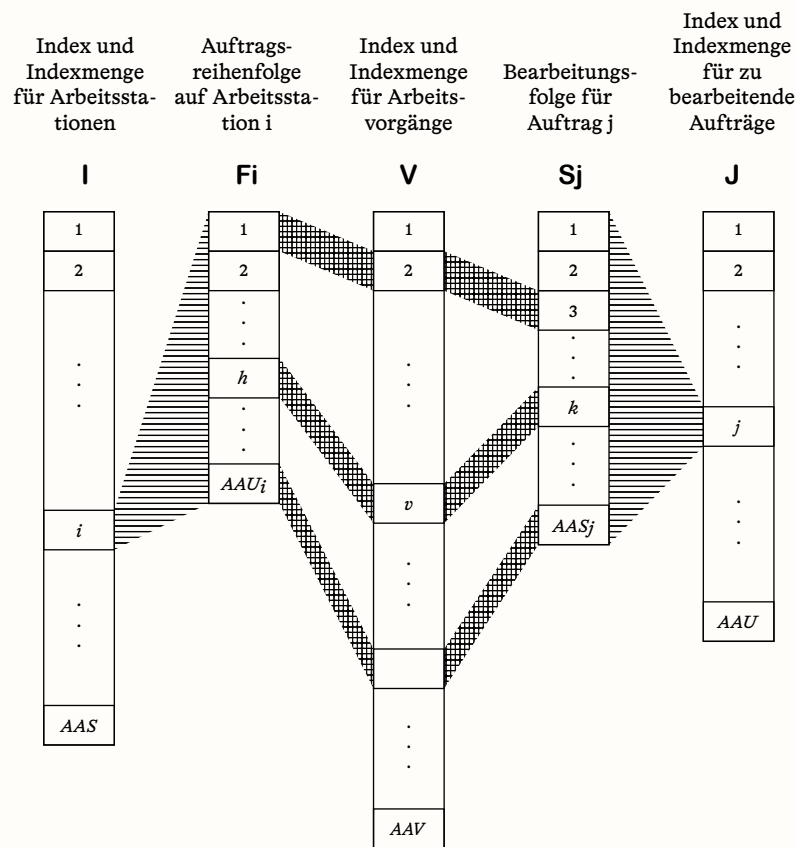
■ Labor für Kommunikationsergonomie am Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation der Universität Karlsruhe (TH)



2006

Eine Methode zur Reihenfolgeplanung bei Mehrprodukt-Fertigungssystemen

■ Mengen und Indizierungen für Arbeitsstationen, Auftragsreihenfolgen, Bearbeitungsfolgen und Aufträge



■ Hintergrund

Die zunehmende Variantenvielfalt in der Produktion technischer Güter erfordert neue Planungsinstrumente für die Arbeitsorganisation. Insbesondere erfordert eine fortgeschrittene Variantenfertigung ein hohes Maß an Flexibilität auf der Ebene der operativen Produktionsplanung und -steuerung. In diesem Zusammenhang ist die Fertigung unterschiedlicher Produkte in einem Fertigungssystem, das dann als Mehrprodukt-Fertigungssystem bezeichnet wird, eine rationelle Organisationsmöglichkeit, die zunehmend an Bedeutung gewinnt.

begründeten Wertebereich. Die entwickelte Methode leistet einen Beitrag zur Beseitigung der beschriebenen Defizite bei der Reihenfolgeplanung in Mehrprodukt-Fertigungssystemen.

■ Ergebnisse

Die Dissertation leistet einen wichtigen Beitrag zur Optimierung der Reihenfolgeplanung und unterstreicht die Bedeutung integrierter, algorithmischer Ansätze in der Mehrproduktfertigung. Gleichzeitig zeigt sie, dass eine breite praktische Anwendung solcher Methoden noch mit Herausforderungen verbunden ist.

■ Inhalt

Mit REIMOS wurde ein Verfahren zur Reihenfolgeplanung in der Werkstattfertigung entwickelt, das zu einer kostenoptimalen Zuordnung der Arbeitsvorgänge eines Erzeugnismixes zu den Arbeitsstationen eines Fertigungssystems führen soll. Ziel der Reihenfolgeplanung im Rahmen der Termin- und Kapazitätsplanung war es, bei vorgegebener Art und Anzahl der Arbeitsstationen durch Anwendung von Optimierungsalgorithmen z.B. die Programmlaufzeit oder die Summe aller Brach- bzw. Liegezeiten des Fertigungssystems zu minimieren. In der betrieblichen Praxis werden algorithmische Reihenfolgeplanungssysteme bisher nur unzureichend eingesetzt. Stattdessen erfolgt eine erfahrungsbasierte „Optimierung“ eines Lösungsvorschlags durch Parametervariation in einem relativ engen, empirisch

2011 bis 2020

2011	Mikko Börkircher		
2012	Patricia Stock		
2013			
2014	Katharina Barby	Marcel Becker	Martin Dorner
2015	Thilo Gamber	Stefan Graichen	
2016	Rainer Schwarz		
2017	Marc Bringeland	Tobias Kunkel	
2018	Michael Leupold		
2019	Maria Freese	Jonas Imbsweiler	
2020	Maximilian Dommermuth	Fabian Ries	Quirin Tyroller

Jan Hrdina Stefan Waßmann

2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020

Simulationsbasierter Ansatz zur Unterstützung der Bauproduktionsplanung

■ Hintergrund

Die Bauproduktionsplanung ist ein komplexer Prozess, der von einer Vielzahl interner und externer Faktoren beeinflusst wird. Störungen wie Material- oder Personalengpässe können zu Verzögerungen führen, die die Projektziele gefährden. Die Arbeit adressiert die Notwendigkeit, realitätsnahe Planungsmethoden einzusetzen, um zukünftige Auswirkungen von Störungen simulationsgestützt zu antizipieren. Damit wird der bisher auf Expertenwissen und Verteilungsannahmen basierende Planungsprozess optimiert und gegen Störungen abgesichert.

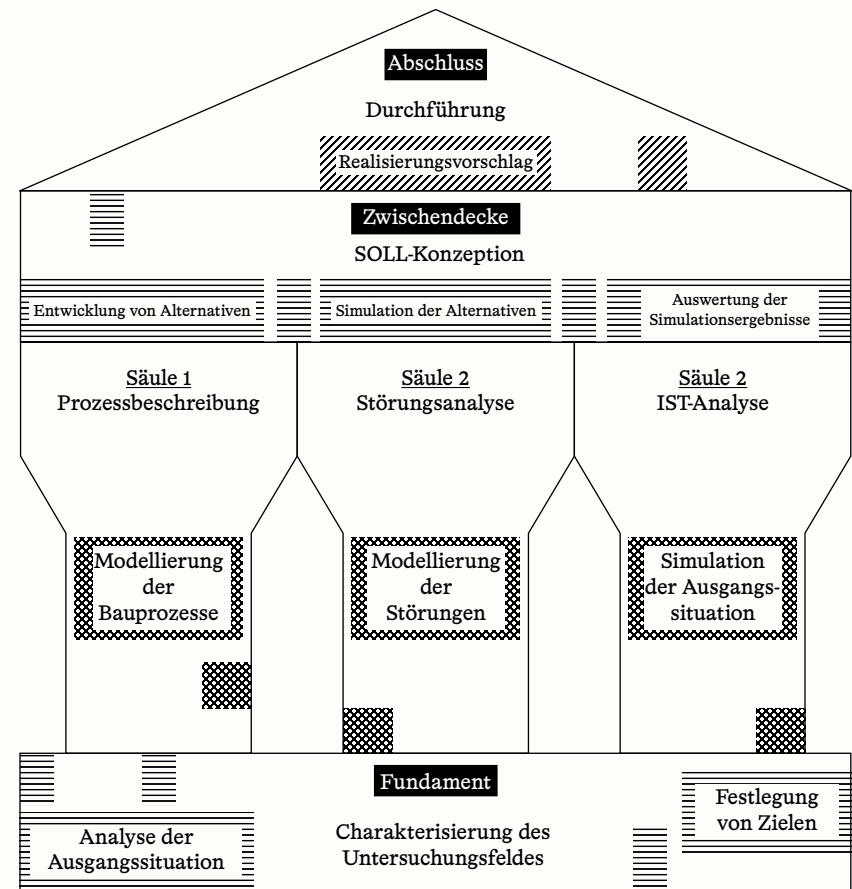
■ Inhalt

Im Rahmen der Dissertation wurde das Verfahren OSim-BAU entwickelt, eine Erweiterung des bestehenden Simulationssystems OSim für die Bauindustrie. Das Verfahren zeichnet sich durch eine realitätsnahe Abbildung von Bauabläufen aus. Dies wird beispielsweise durch eine stochastische Modellierung der Ausführungszeiten mittels Verteilungsannahmen oder durch die Modellierung von Bauablaufstörungen mittels expliziter Störungseingabe ermöglicht.

Das resultierende Simulationsszenario wird anhand von multi-kriteriellen Kennzahlen bewertet. In Simulationsstudien mit gezielter Variation von Bauablaufstörungen und Sensitivitätsanalysen wurde die Eignung des Verfahrens überprüft. Ergänzend untermauert eine Evaluation von Osim-BAU im Kontext zweier praktischer Anwendungsfälle aus der Bau- und Baustoffindustrie die Wirksamkeit des Verfahrens. Die baulogistischen und monetären Zielerreichungsgrade lagen sowohl ohne als auch mit Berücksichtigung von Störungen in den meisten Fällen über den bisher vom jeweiligen Unternehmen favorisierten Lösungen.

■ Ergebnisse

Das Verfahren OSim-BAU bietet Bauplanern eine praxisnahe Unterstützung zur Optimierung von Bauprozessen unter realitätsnahen Bedingungen. Die Arbeit zeigt, dass durch die Integration simulationsbasierter Methoden in die Bauproduktionsplanung die Effizienz und Störungsrobustheit nachhaltig und ressourceneffizient gesteigert werden kann.



■ Bausteine der Simulation von Bauproduktionen

Schlagworte
 Bauablaufstörungen
 Simulation
 Bauproduktionsplanung
 Störungsrobustheit
 Vernetzungsgrad

Entwicklung einer reaktiven Fertigungssteuerung auf der Basis der Ant-Colony-Optimierung

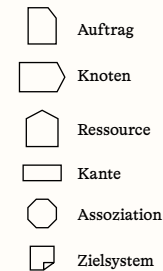
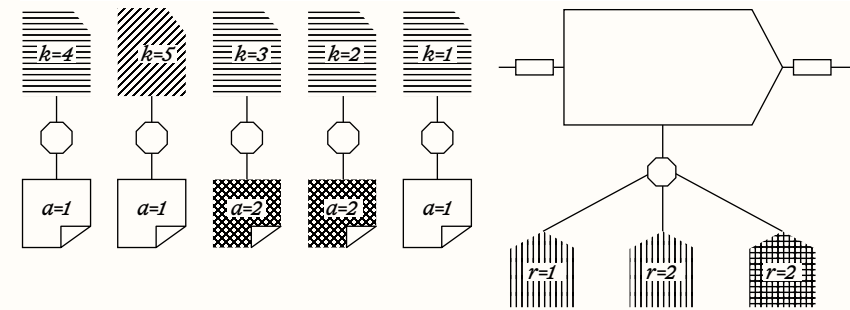
■ Hintergrund

Die effiziente Steuerung moderner Fertigungssysteme stellt insbesondere vor dem Hintergrund steigender betrieblicher Komplexität und sich schnell verändernder Prozesse eine zentrale Herausforderung dar. Im Rahmen der Dissertation wurden die potenziellen Vorteile selbstorganisierender Steuerungsverfahren untersucht, die auf Prinzipien der Schwarmintelligenz von Ameisen bei der Futtersuche basieren, so genannte Ameisen-Algorithmen. Ziel der Arbeit war die Entwicklung eines robusten Verfahrens, das eine reaktive und adaptive Fertigungssteuerung zur Steigerung von Effizienz und Flexibilität ermöglicht.

■ Inhalt

Im Rahmen der Arbeit wurde das generische, reaktive und auftragsorientierte Steuerungsverfahren AntControl entwickelt, das auf den Prinzipien der Ant-Colony-Optimierung basiert. Die Arbeit umfasste die Konzeption eines Modells zur formalen Darstellung von Fertigungssystemen sowie die Ableitung einer Steuerungsstrategie (ACS-CTRL). AntControl ist als Instanz zur

Implementierung von ACS-CTRL zu verstehen. Das Verfahren berücksichtigt unterschiedliche Auftragsarten, Steuerungsmaßnahmen und Bewertungsgrößen, um eine vorausschauende Entscheidungsfindung zu ermöglichen. Zur Validierung wurde AntControl in das Simulationsverfahren OSim-Ant integriert und an einem realitätsnahen Beispiel getestet. Es zeigte sich, dass das Verfahren bei optimierter Konfiguration herkömmlichen Prioritätsregeln überlegen ist, jedoch empfindlich auf ungünstige Parameterkonfigurationen reagiert. Kritisch wurde die feste Zuordnung von Aufträgen zu Handlungsalternativen bewertet, die zu einer eingeschränkten Flexibilität im Störfall führen kann. Vorschläge für weitere Untersuchungen umfassen die Integration zusätzlicher Steuerungsmaßnahmen, eine dynamische Anpassung der Auftragsarten und die Prüfung ressourcenzentrierter Alternativen.



■ Zentrale Warteschlangen von Aufträgen vor einer Ressourcengruppe für die Durchführung eines bestimmten Vorgangs

■ Ergebnisse

Die Arbeit leistet einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung selbstorganisierender Fertigungssteuerungssysteme und unterstreicht die Bedeutung einer sorgfältigen Parameteroptimierung.

Detektion und Regulation aktivierungsabhängiger visueller Verengung beim Fahrer

Eine empirische Forschungsarbeit zur Erfassung des Fahrerzustandes

■ Hintergrund

Die Arbeit adressiert die Sicherheitsproblematik im Straßenverkehr, die durch die eingeschränkte periphere Wahrnehmung von Fahrern entsteht. Dieser als visuelle Verengung bekannte Zustand reduziert die Fähigkeit, Reize am Rande des Sichtfeldes rechtzeitig zu erkennen. Vor dem Hintergrund steigender Unfallzahlen und der zunehmenden Bedeutung von Fahrerassistenzsystemen wird untersucht, wie die visuelle Verengung mit der psycho-physiologischen Aktivierung des Fahrers zusammenhängt und ob Musik als regulierender Faktor eingesetzt werden kann. Ziel ist es, die aktive Verkehrssicherheit durch innovative Interventionsstrategien zu fördern.

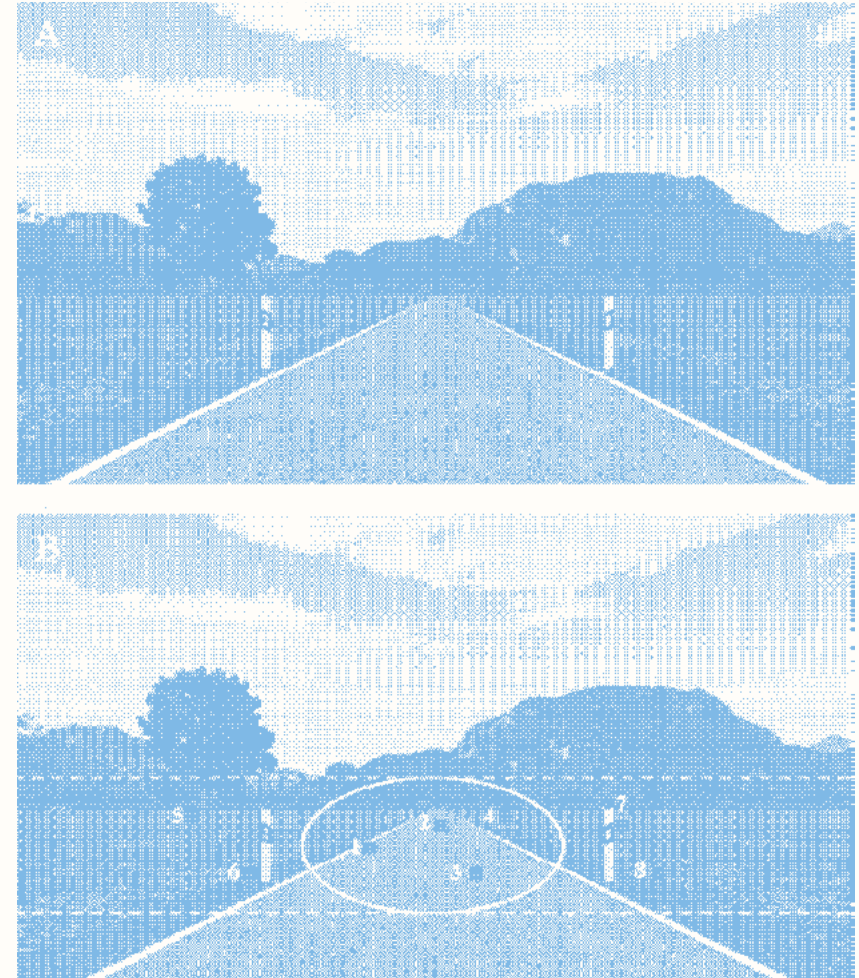
■ Inhalt

Vier empirische Studien mit 169 Teilnehmern im Realverkehr und im Fahrsimulator zeigen, dass eine höhere Aktivierung zu einer stärkeren Fokussierung des zentralen Blickfeldes und zu einer geringeren Fixation peripherer Areale führt. Dabei beeinflussen Lautstärke und Tempo der Musik die periphere Reaktionszeit: Mittlere Lautstärke und mittleres

Tempo verbessern die Erkennungsleistung signifikant. Die Ergebnisse deuten auf einen U-förmigen Zusammenhang zwischen Aktivierung und visueller Verengung hin. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird die Möglichkeit aufgezeigt, die visuelle Verengung durch gezielte Veränderung der Musikparameter zu regulieren. Darüber hinaus wird ein Fahrerassistenzsystem konzipiert, das den Zustand der visuellen Verengung durch berührungslose Blickerfassung misst und durch Musikinterventionen reguliert.

■ Ergebnisse

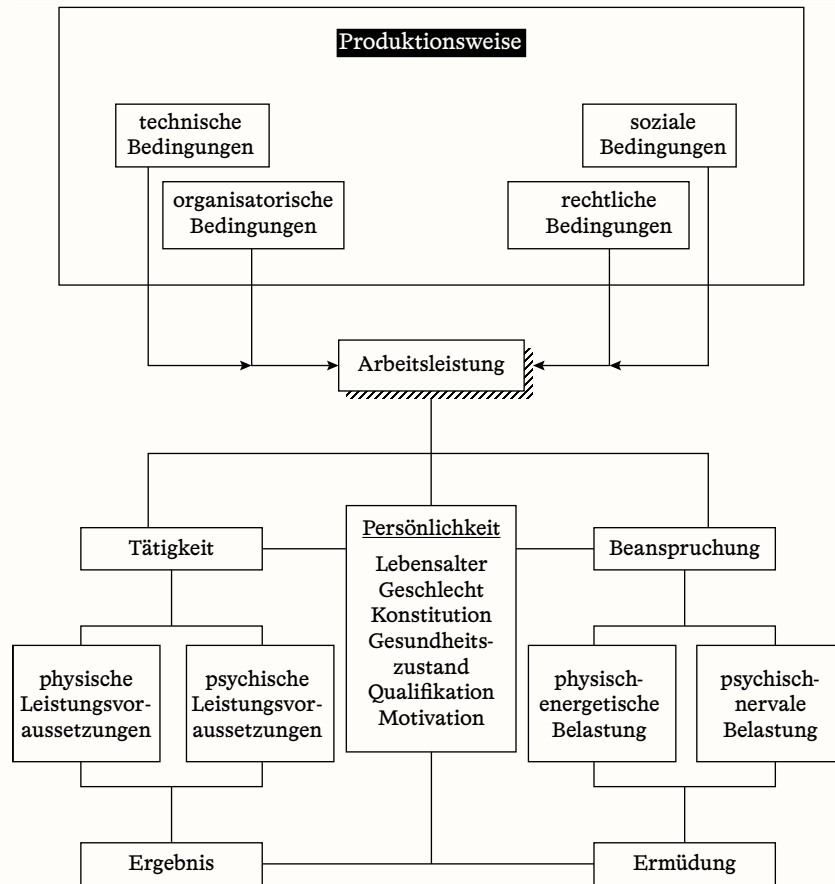
Die Arbeit bietet innovative Ansätze zur Erhöhung der Verkehrssicherheit durch eine neuartige Kombination von Blickregistrierung und musikalischer Aktivierungsregulation.



■ A Darstellung der simulierten Landstraße; B Anordnung der Zielreize im zentralen (Ellipse) und peripheren (Areale horizontal neben der Ellipse) Bereich.

Leistungspotenzial eines Fertigungssystems unter dem Aspekt langfristiger bestehender Belegschaftsstrukturen

■ Übersicht zu den Einflussfaktoren, Bestandteilen und Wirkungen der Arbeitsleistung



■ Hintergrund

Die alternde Gesellschaft stellt Unternehmen vor Herausforderungen, da sich Arbeitsfähigkeit und -leistung mit dem Alter der Belegschaft verändern. In dieser Dissertation wird untersucht, wie Fertigungssysteme durch integrative Planungsansätze an altersbedingte Leistungsveränderungen angepasst werden können. Ziel ist es, sowohl physische als auch psychische Belastungen sowie individuelle und typenspezifische Leistungsmerkmale zu berücksichtigen, um langfristig produktive und alterungsrobuste Arbeitssysteme zu entwickeln.

nen zur Optimierung eingesetzt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass eine gezielte Gestaltung von Arbeitszeitmodellen und eine systemübergreifende Personalrotation die Belastungssituation verbessern können.

■ Ergebnisse

Zusammenfassend liefert die Arbeit wertvolle Ansätze für die Entwicklung zukunftsfähiger Produktionssysteme, weist aber auf weiteren Forschungsbedarf hin, insbesondere im Bereich der altersdifferenzierten Arbeitszeitgestaltung und der Modellierung von Simulationsverfahren für kleinere Unternehmen.

■ Inhalt

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein simulationsbasiertes Verfahren (ESPE-AS) entwickelt, das die Auswirkungen altersbedingter Leistungsänderungen auf Arbeitssysteme analysiert. Dabei wird auf eine Kombination von Annahmen aus der Literatur, wie der Geschicklichkeitsleistung nach Miles (1942), und Expertenschätzungen zurückgegriffen. Die Studie zeigt, dass die Leistungsfähigkeit individuell stark variiert und nicht pauschal mit dem Alter abnimmt. In einem Fallbeispiel wird ein Montagesystem modelliert, um Probleme durch zunehmende Leistungsheterogenität zu identifizieren und Maßnahmen wie reduzierte Arbeitsteilung oder Aufgabenrotation zu testen. Der integrative Planungsansatz (ESPE-IP) verbindet die Betriebsmittelplanung mit der Personalstruktur, wobei Heuristiken und Simulatio-

Schlagworte
Alterungsrobuste Fertigung
Leistungswandlung
Personalplanung
Simulation
Arbeitszeitgestaltung

Das Produktivitätsmanagement des Industrial Engineering unter besonderer Betrachtung der Arbeitsproduktivität und der indirekten Bereiche

■ Prozesseinteilung in direkte, indirekte und nicht-produktionsmengenabhängige Prozesse

Produzierendes Industrieunternehmen

Direkt-produktionsmengenabhängige Prozesse (Mengentreiber ersten Grades)

Materielle Transformationsprozesse

Indirekt-produktionsmengenabhängige Prozesse (Mengentreiber zweiten Grades)

Logistikprozesse
Qualitäts- und Service-Prozesse
Planungs-, Steuerungs- und Kontrollprozesse
Auftragsabwicklungsprozesse

Nicht-produktionsmengenabhängige Prozesse (Mengentreiber dritten Grades)

Allgemeine Verwaltungsprozesse
Supportprozesse
Managementprozesse
Technologie- und Produktentwicklungsprozesse
Marktkommunikationsprozesse

■ Hintergrund

Die Steigerung der Arbeitsproduktivität ist ein zentraler Faktor für die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, insbesondere in einem sich globalisierenden Markt. Besonders im Industrial Engineering spielt die Optimierung von Arbeitsprozessen eine wichtige Rolle, da durch effiziente Arbeits- und Produktionssysteme sowohl Kosten gesenkt als auch Leistungen gesteigert werden können. Ziel dieser Arbeit ist es, ein Modell des Produktivitätsmanagements zu entwickeln, das eine ganzheitliche Betrachtung und Verbesserung der Produktivität auch in den indirekten Bereichen ermöglicht.

■ Inhalt

Im Rahmen der Dissertation wird ein Modell des Produktivitätsmanagements entwickelt, das sowohl Produktivitätskennzahlen als auch konkrete Umsetzungsmaßnahmen zur Planung, Steuerung und Kontrolle der Produktivität integriert. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Arbeitsproduktivität in den indirekten Bereichen gelegt, für die das Konzept der Messgröße und des Mengentreibers als messbare Prozessgrößen eingeführt wird. Das Modell wird anhand eines Praxisbeispiels in einem Maschinenbauunternehmen verifiziert. Dort wird es zur Formalisierung und Standardisierung der Prozesse sowie zur transparenten Darstellung der Produktivitätsentwicklung im Innendienst eingesetzt.

$$API_{b,z} = \frac{AZP_b \sum_{p=1} MT_{p,z} \cdot tm_p}{AZM_b \sum_{m=1} ZAE_{m,z}}$$

Allgemeine zeitwirtschaftliche Arbeitsproduktivität in indirekten Bereichen

■ Ergebnisse

Die Arbeit gibt wertvolle Impulse für die praktische Umsetzung des Produktivitätsmanagements im Industrial Engineering, insbesondere in den indirekten Bereichen, und belegt dessen Relevanz für die Effizienzsteigerung in Unternehmen.

2014

Beitrag zur Steuerung von arbeitsteiligen Demontagesystemen

■ Hintergrund

Arbeitsteilige Demontagesysteme sind für ein effizientes Recycling und die Verwertung von Altprodukten von zentraler Bedeutung, da sie Unternehmen dabei unterstützen, gesetzliche Vorgaben und ökologische Anforderungen zu erfüllen. Es bestehen jedoch erhebliche Herausforderungen, wie z.B. stochastische Störungen und die hohe Variabilität der Demontageaufträge. Diese erschweren die wirtschaftliche Steuerung solcher Systeme und erfordern innovative Planungs- und Steuerungsansätze, um die Nachteile zu minimieren und die Flexibilität und Effizienz zu erhöhen.

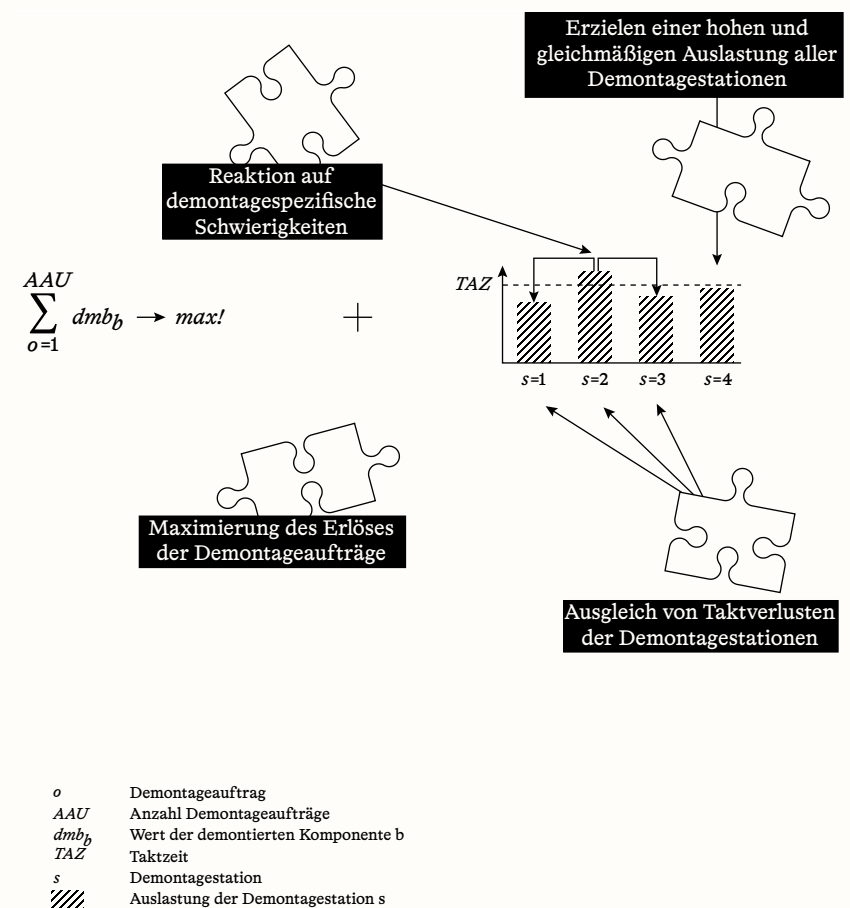
■ Inhalt

In dieser Arbeit wird ein reaktives Steuerungsverfahren entwickelt, das die wirtschaftlichen und logistischen Herausforderungen arbeitsteiliger Demontagesysteme adressiert. Im Mittelpunkt steht ein simulationsgestütztes Konzept, das stochastische Einflüsse berücksichtigt und eine dynamische Anpassung von Arbeitsanweisungen, Personalkapazität und Demontagetiefe ermöglicht. Dies schließt die Integration von Mensch-Maschine-Interaktionen sowie ergo-

nomische und kommunikations-ergonomische Maßnahmen zur effizienten Einbindung gering qualifizierter Mitarbeiter ein. Darüber hinaus werden Perspektiven für hybride Montage-Demontagesysteme aufgezeigt, die eine flexible Kapazitätsauslastung unterstützen. Im arbeitswissenschaftlichen Kontext wird die Notwendigkeit ergonomischer Bewertungsverfahren betont, die psychische und physische Belastungen reduzieren und Arbeitsabläufe optimieren. Eine weitere Innovation ist die Entwicklung eines selbstlernenden, simulationsbasierten Steuerungssystems, das stochastische Daten generiert und robuste Demontageprozesse ermöglicht.

■ Ergebnisse

Zusammenfassend bietet die Arbeit ein ganzheitliches Steuerungskonzept, das zur Effizienzsteigerung beiträgt und gleichzeitig arbeitswissenschaftliche Aspekte berücksichtigt, jedoch weiteren Forschungsbedarf in der praktischen Umsetzung aufzeigt.

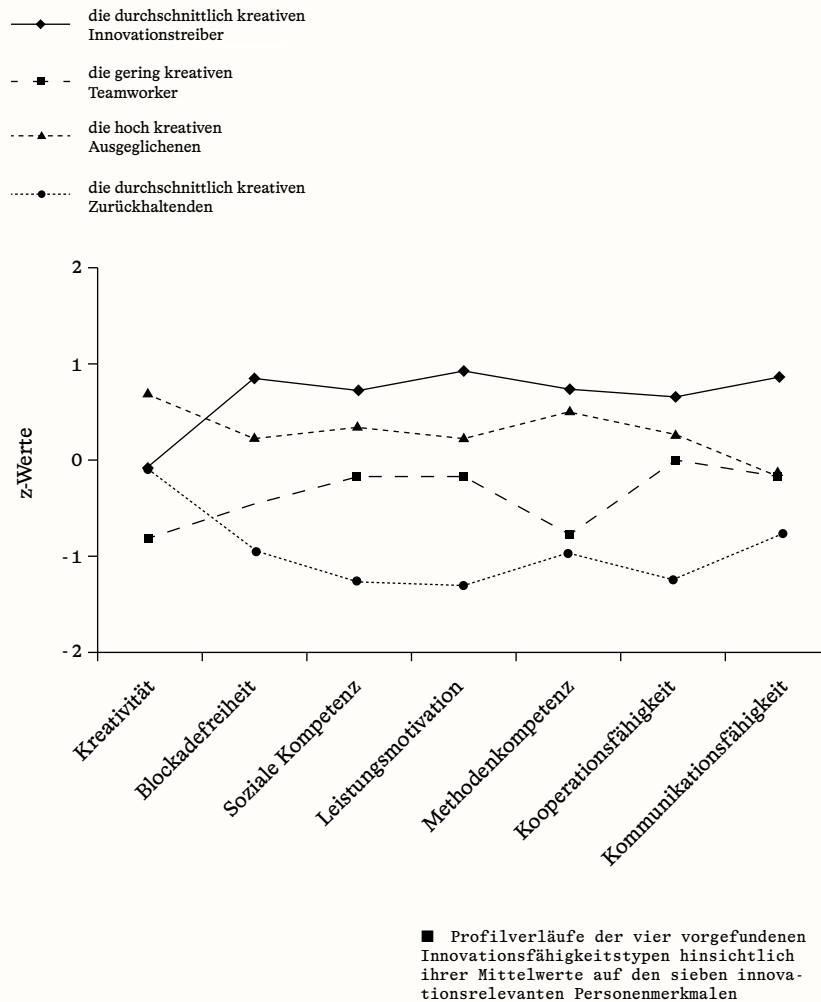


2014

■ Ziele der Demontagessteuerung

Innovationsfähigkeit im demographischen Wandel

Entwicklung und Validierung des Assessment-Tools NovaDemo zur Erfassung der Innovationsfähigkeit von Einzelpersonen und Arbeitsgruppen



Hintergrund

Innovationsfähigkeit ist gerade angesichts der Herausforderungen des demografischen Wandels eine entscheidende Voraussetzung für wirtschaftlichen Erfolg und gesellschaftlichen Fortschritt.

Unternehmen und Organisationen sind zunehmend darauf angewiesen, Teams zu bilden, die aufgrund ihrer Zusammensetzung und ihrer individuellen Kompetenzen in der Lage sind, kreative Lösungen zu entwickeln. Vor diesem Hintergrund zielt die Arbeit darauf ab, mit NovaDemo ein Instrument zu entwickeln, das sowohl die Innovationsfähigkeit erfasst als auch praxisrelevante Handlungsempfehlungen ableitet.

Inhalt

Das Assessment-Tool NovaDemo kombiniert strukturierte Gruppenübungen, Fragebögen und Kreativitätstests, um innovationsrelevante Merkmale wie Kreativität, soziale Kompetenz oder Leistungsmotivation zu messen. Es basiert auf einem eigens entwickelten Innovationsprozessmodell, das den Einfluss überfachlicher Aspekte auf den Innovationserfolg analysiert. Die Validierung erfolgte anhand von 19 Gruppen mit 94 Teilnehmenden in Labor- und Praxisumgebungen. Die Ergebnisse bestätigen die Zuverlässigkeit des Instruments und identifizieren vier Innovationsfähigkeitstypen, deren ausgewogene Zusammensetzung als förderlich für Gruppenergebnisse angesehen wird. Handlungsempfehlungen

umfassen die gezielte Zusammenstellung von Teams und Trainingsprogrammen.

Ergebnisse

Die Arbeit zeigt, dass NovaDemo eine praxisnahe und valide Methode zur Diagnostik und Förderung der Innovationsfähigkeit bietet.

Entwicklung eines Verfahrens zur agentenbasierten Einsatzzeitgestaltung

■ Hintergrund

Die Vereinbarkeit von Berufs- und Privatleben stellt für viele Arbeitnehmer eine Herausforderung dar, insbesondere wenn Einsatzzeitpläne ausschließlich betriebliche Belange berücksichtigen. Diese Dissertation widmete sich der Entwicklung eines agentenbasierten Planungsverfahrens, das durch die Optimierung von Einsatzzeitplänen Konflikte reduziert und individuelle Präferenzen besser berücksichtigt. Ziel war es, eine menschengerechte Einsatzzeitgestaltung zu schaffen, die auch langfristig betriebliche Anforderungen erfüllt.

■ Inhalt

Das agentenbasierte Planungsverfahren ProSis modelliert Mitarbeiter als Agenten, die ihre Einsatzzeitpräferenzen maximieren. Mithilfe eines Präferenzkalenders und Heuristiken

(TimeBiasedHeuristic, Biased-TriggerHeuristic und RoundRobinAgressiveHeuristic) wurden in Pilotstudien Optimierungen für Krankenhauspersonal und innerbetriebliche Logistik durchgeführt. Dabei berücksichtigte das Verfahren Arbeitszeitgesetze und individuelle Wünsche. Ergänzend wurde das Simulationsverfahren OSim-GAM eingesetzt, um dynamische Auswirkungen der Verbesserungslösungen zu bewerten. Es zeigte sich, dass das entwickelte Verfahren die Zufriedenheit der Mitarbeiter erhöht, ohne betriebliche Nachteile zu verursachen.

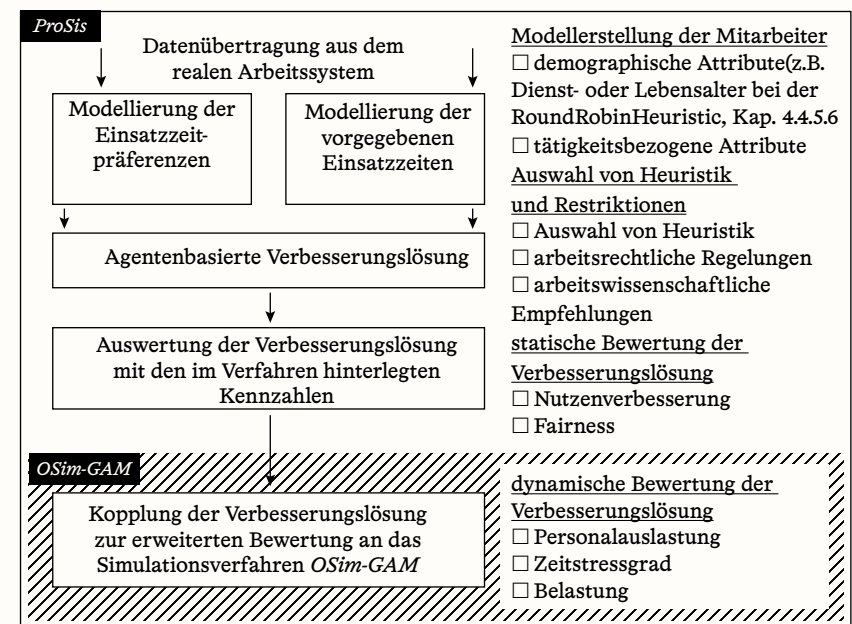
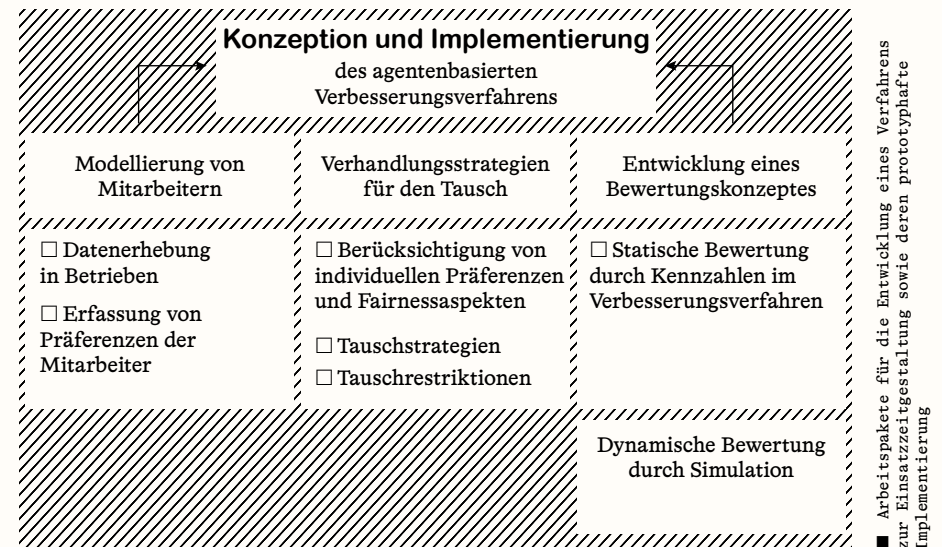
Aus den Ergebnissen dieser Arbeit konnte allerdings nicht abgeleitet werden, dass es eine bestimmte Heuristik gibt, die für alle Arbeitssysteme immer am besten geeignet ist.

Agent eines Mitarbeiters

<u>Demografische Attribute</u>	<u>Tätigkeitsbezogene Attribute</u>	<u>Einsatzzeitkalender</u>	<u>Präferenzkalender</u>
z.B. Identifikation (Name oder ID), Lebensalter, Dienstalster, ...	Funktionszuordnung, Arbeitsplatzzuordnung, ...	Kalender mit geplanten Einsatzzeiten	Kalender mit den Einsatzzeitwünschen

■ Ergebnisse

Die Dissertation unterstreicht das Potenzial des entwickelten Ansatzes für verschiedene Branchen, darunter Sozialdienste und den Einzelhandel. Darüber hinaus regt sie künftige Forschungen an, insbesondere zur Berücksichtigung von Faktoren wie Patientenrisiken oder der optimalen Teamzusammenstellung, um das Verfahren weiter zu verbessern und breiter einsetzbar zu machen.



Biomechanische Betrachtung manueller Montageprozesse

Beitrag zur Bewertung dynamischer Arbeitsformen innerhalb des Greifraums

■ Hintergrund

Die Gestaltung ergonomischer Arbeitsplätze ist ein zentrales Anliegen moderner Arbeitsforschung, insbesondere in der Montage, wo repetitive Bewegungen häufig auftreten. Dynamische Arbeitsformen im Greifraum erfordern eine detaillierte Bewertung, damit deren komplexe Beanspruchungswirkungen im Sinne einer menschengerechten und schädigungs-freien Arbeitsgestaltung berücksichtigt werden können.

Diese Dissertation widmete sich der Analyse der körperlichen Beanspruchung bei dynamischen Bewegungen innerhalb des Greifraums, da systematische Erkenntnisse zu deren physiologischen Effekten fehlten.

■ Inhalt

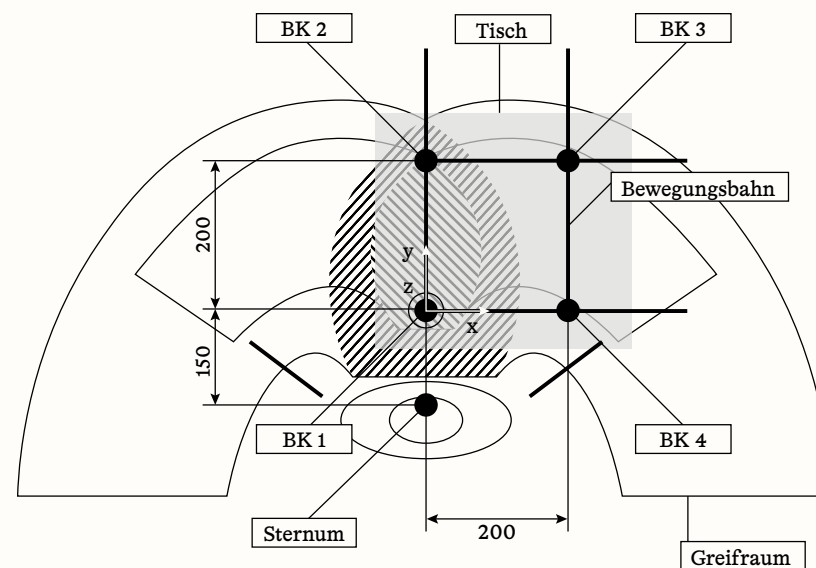
Die Dissertation untersuchte die Beanspruchung von Unterarm, Oberarm, Schulter, Nacken und Rücken bei kurzzyklischen Montagebewegungen. Mit dem biomechanischen Menschmodell AnyBody Modeling System wurde erstmals eine systematische Analyse dynamischer Arbeitsformen durchgeführt. Drei Studien überprüften die Beanspruchungsunter-

schiede und die Indikationsfähigkeit des Modells anhand des subjektiven Beanspruchungsempfindens (CP50-Skala und Bodymap). Die Ergebnisse zeigten signifikante Unterschiede, wobei die Schulter am stärksten belastet wurde. Die Einteilung des Greifraums in körpernahe und körperferne Bereiche erwies sich als notwendig, während keine ideale Bewegungsrichtung identifiziert werden konnte. Die Validierung des Modells ergab eine niedrige bis mittlere Korrelation mit dem subjektiven Empfinden.

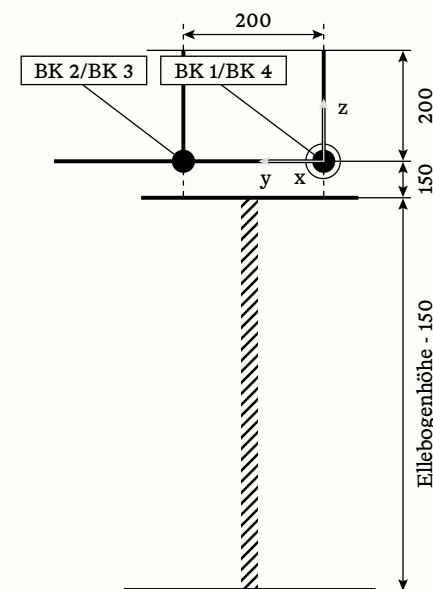
■ Ergebnisse

Die Ergebnisse der Dissertation liefern erste Empfehlungen für die ergonomische Gestaltung des Greifraums. Sie tragen dazu bei, die komplexen Beanspruchungswirkungen dynamischer Arbeitsformen besser zu berücksichtigen.

Draufsicht



Seitenansicht



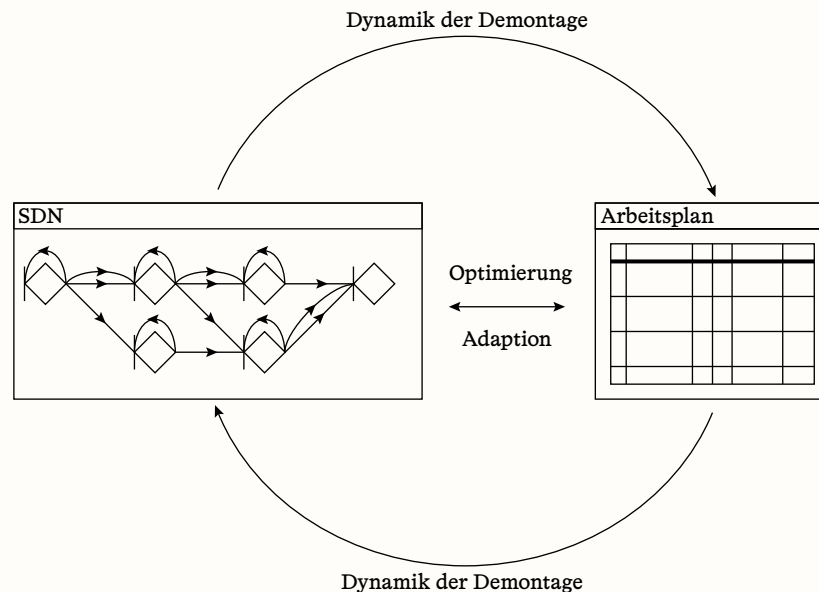
alle Maße in mm

■ Versuchsaufbau

Schlagworte
Ergonomie
biomechanisches Modell
Greifraum
Arbeitsgestaltung
Beanspruchungsanalyse

Ein Beitrag zur Leistungsabstimmung von Demontagesystemen

■ Prinzip der adaptiv-dynamischen Optimierung



■ Hintergrund

Während Recycling und nachhaltige Ressourcennutzung zunehmend an Bedeutung gewinnen, stoßen kleine und mittlere Unternehmen (KMU) bei der Planung von Demontagesystemen an Grenzen. Häufig fehlen spezialisierte Verfahren, so dass auf einfache Datengrundlagen und Erfahrungswerte zurückgegriffen werden muss. Ziel der Dissertation ist es, die Planung von Demontagesystemen effizienter, strukturierter und nachhaltiger zu gestalten, insbesondere in Hinblick auf wirtschaftliche und ergonomische Aspekte.

Simulation dynamischer Systeme oder ein Expertensystem für automatisierte Verbesserungsvorschläge vorgeschlagen.

■ Ergebnisse

Die Dissertation liefert einen bedeutenden Beitrag zur nachhaltigen und ergonomischen Gestaltung von Demontageprozessen und hebt die Bedeutung effizienter Planungsverfahren für KMU hervor.

■ Inhalt

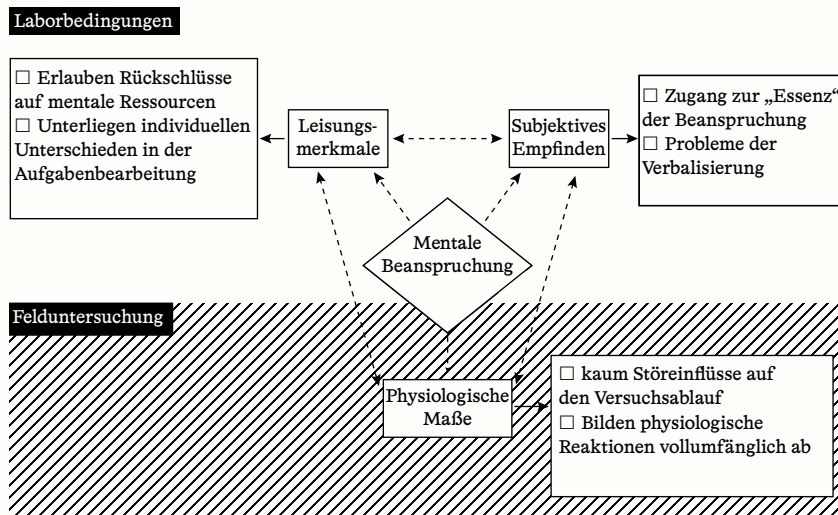
Im Rahmen der Dissertation wurde das rechnergestützte Planungsverfahren TANJA entwickelt, das eine detaillierte Strukturierung und Abbildung von arbeitsteiligen Demontagesystemen ermöglicht. Kernstück ist der Demontagevorranggraph, der Vorgänge und Zeiten miteinander verknüpft. TANJA wurde mit dem Ziel entwickelt, ein Demontagesystem unter Berücksichtigung der organisatorischen, technischen und personellen Rahmenbedingungen der Demontage zu strukturieren, Demontagevorgänge und -zeiten abzubilden, arbeitsteilige Demontagelinien zu koordinieren, Planungsalternativen anhand standardisierter Zielerreichungsgrade zu bewerten und die physische Belastung der Mitarbeiter ergonomisch zu analysieren. Darüber hinaus wurden Weiterentwicklungen wie die

Schlagworte
Demontagesysteme
Recycling
Leistungsabstimmung
Ergonomie
KMU

Blickbasierte Beanspruchungsmessung

Entwicklung und Evaluation eines Kalibrierungssystems zur individuellen Bewertung der mentalen Beanspruchung in der Mensch-Technik-Interaktion

■ Trimodaler Ansatz der Beanspruchungsmessung



■ Hintergrund

Die zuverlässige Erfassung der mentalen Beanspruchung ist zentral für die Gestaltung nutzerfreundlicher und nachhaltiger sozio-technischer Systeme. Da individuelle Unterschiede in der Informationsverarbeitung und in physiologischen Reaktionen erheblich sind, erfordert dies personalisierte Ansätze. Insbesondere im Kontext der Mensch-Technik-Interaktion ist die Berücksichtigung individueller Verhaltens- und Reaktionsmuster eine wichtige Grundlage, um Technologien zu entwickeln, die sich an die Bedürfnisse und Fähigkeiten der Nutzerinnen und Nutzer anpassen können.

zeigt eine höhere Sensitivität und Diagnostizität verglichen mit bestehenden allgemeinen Ansätzen. Die kontinuierliche Aufzeichnung mit hoher zeitlicher Auflösung erlaubt zudem eine detaillierte Analyse von Beanspruchungsverläufen.

■ Ergebnisse

Die Dissertation zeigt, dass individualisierte Verfahren eine präzisere Vorhersage mentaler Beanspruchung ermöglichen und damit die Gestaltung nutzerzentrierter technischer Systeme verbessern können.

■ Inhalt

In der Dissertation wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem die individuelle Beanspruchung basierend auf okularen Beanspruchungsindikatoren wie Blinzelrate, Pupillenvariabilität und Fixationsdauer vorhergesagt werden kann. Neben Verhaltensänderungen in Abhängigkeit von Tätigkeitsdauer, Aufgabentyp und Anforderungsniveau berücksichtigt der entwickelte Algorithmus auch bewusste und unbewusste Änderungen in den Verhaltensstrategien der Nutzer. In drei experimentellen Studien wurde das Verfahren schrittweise hergeleitet, entwickelt und getestet, wobei die den Versuchspersonen gestellten Aufgaben sowohl kognitive als auch manuelle Tätigkeiten umfassten. Der entwickelte individuelle Ansatz

Schlagerworte
Mentale Beanspruchung
Blickbasierte Messung
Mensch-Technik-Interaktion
Kalibrierungssystem
Physiologische Indikatoren

Vor-Sicht im Straßenverkehr

Experimentelle Untersuchung der somatischen Antizipation von Risiko

■ Hintergrund

Die Fähigkeit, potenzielle Gefahren frühzeitig zu erkennen und angemessen darauf zu reagieren, ist entscheidend für die Sicherheit im Straßenverkehr.

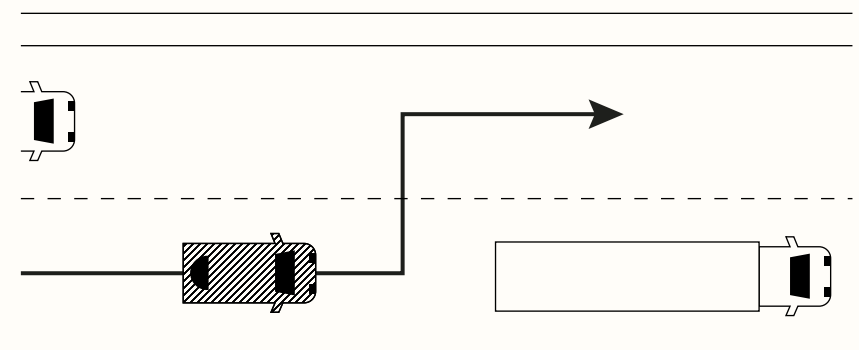
■ Inhalt

In der Dissertation wurde in drei Experimenten die Rolle somatischer Marker bei der Risikoantizipation im Straßenverkehr untersucht. In Experiment 1 wurde die Rolle somatischer Marker bei der Antizipation von generischen Objektkollisionen untersucht. Experiment 2 widmete sich der Untersuchung somatischer Marker bei der Antizipation videobasierter Entscheidungen im Straßenverkehr. Experiment 3 untersuchte die somatische Antizipation von Entscheidungen beim Selbstfahren im Fahrsimulator. Die Ergebnisse zeigen, dass die Höhe der antizipatorischen Hautleitfähigkeitsaktivität systematisch von der Art des Szenarios (Straßentyp und auszuführendes Manöver), der Geschwindigkeit der beteiligten Fahrzeuge und dem Zeitpunkt der Manöverinitiierung beeinflusst wird. Um die gefundenen Zusammenhänge zwischen

Fahrerfahrung und somatischer Aktivierung theoretisch erklären zu können, wurde das Modell der erfahrungsabhängigen somatischen Aktivierung vorgeschlagen.

■ Ergebnisse

Die Dissertation befasst sich mit der Rolle somatischer Marker bei der Messung der Antizipationsfähigkeit und deren möglicher Nutzung zur Optimierung von Mensch-Maschine-Schnittstellen. Durch die Messung der Hautleitfähigkeit wurde eine physiologische Reaktion auf potentielle Gefahrensituationen erfasst. Die Dissertation diskutiert Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung somatischer Antizipation im Kontext von Mensch-Maschine-Schnittstellen.



■ Schematische Skizze zur Illustration des Szenarios Autobahn

Simulationsbasierte Gestaltung von Arbeitszeitsystemen in Dienstleistungsbetrieben unter Berücksichtigung der Work-Life-Balance

■ Hintergrund

Die Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben ist zu einem zentralen gesellschaftlichen Anliegen geworden, das sowohl Arbeitnehmer als auch Unternehmen betrifft. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung von Work-Life-Balance und den Anforderungen an betriebliche Effizienz bietet die Dissertation innovative Ansätze zur Bewertung und Gestaltung flexibler Arbeitszeitmodelle.

■ Inhalt

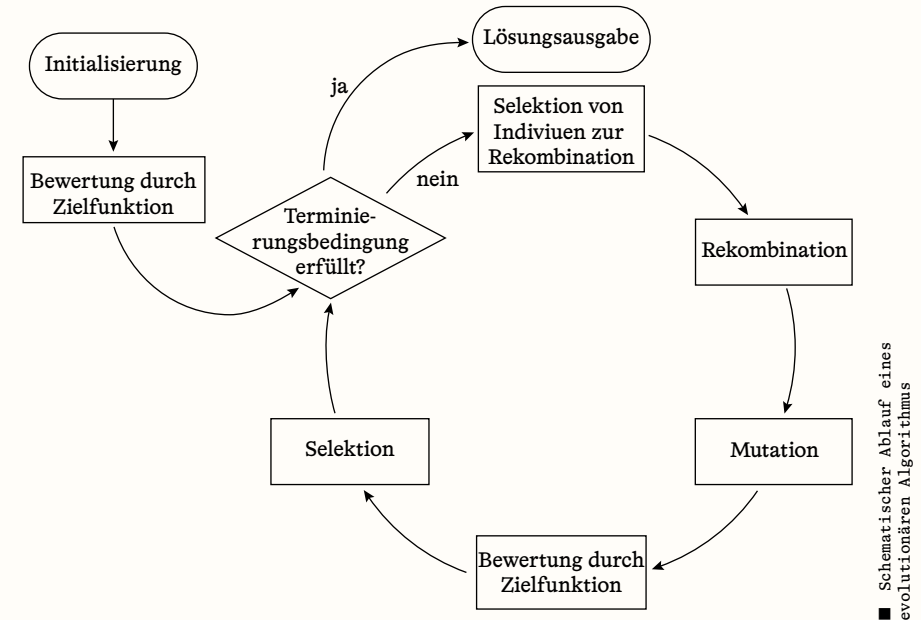
In der Dissertation wurde ein simulationsbasiertes Verfahren zur Analyse von Arbeitszeitsystemen in Dienstleistungsunternehmen entwickelt. Mit Hilfe eines evolutionären Algorithmus werden an die Bedürfnisse der Mitarbeitenden und des Unternehmens angepasste Arbeitszeiten generiert.

Die Simulationsmodelle berücksichtigen sowohl starre als auch flexible Arbeitszeitmodelle wie Gleitzeit oder Kernzeiten. Mit diesem Ansatz können verschiedene Szenarien evaluiert und optimiert werden. In zwei Anwendungsfällen (SB-Warenhaus und Kalt-

walzwerk) konnte die Eignung des Verfahrens zur Abschätzung der Auswirkungen unterschiedlicher Arbeitszeitsysteme auf organisatorische, monetäre und mitarbeiterbezogene Kennzahlen mittels Varianz- und Korrelationsanalysen nachgewiesen werden.

■ Ergebnisse

Die Arbeit liefert wertvolle Erkenntnisse für die Gestaltung effizienter und mitarbeiterfreundlicher Arbeitszeitsysteme. Es wird jedoch betont, dass weitere Tests erforderlich sind, um die Anwendbarkeit und Validität des Verfahrens in unterschiedlichen betrieblichen Kontexten umfassend zu bestätigen.



Mensch frustriere dich nicht oder doch?

Der Einfluss von Emotionen auf Ergebnisfaktoren von Team-Entscheidungen am Beispiel eines Planspieles für das Flughafenmanagement

■ Hintergrund

Emotionen beeinflussen Entscheidungsprozesse, jedoch ist ihre genaue Wirkung noch unklar. Im sicherheitskritischen Kontext des Flughafenmanagements spielen Emotionen wie Freude und Frustration eine zentrale Rolle. Da die direkte Induktion von Emotionen in realen Situationen ethisch bedenklich ist, bedarf es alternativer Ansätze, um die Wirkung von Emotionen in Teams zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde in der Dissertation ein Planspiel entwickelt, um Entscheidungsprozesse abzubilden und den Einfluss von Emotionen auf die Qualität von Teamentscheidungen experimentell zu analysieren.

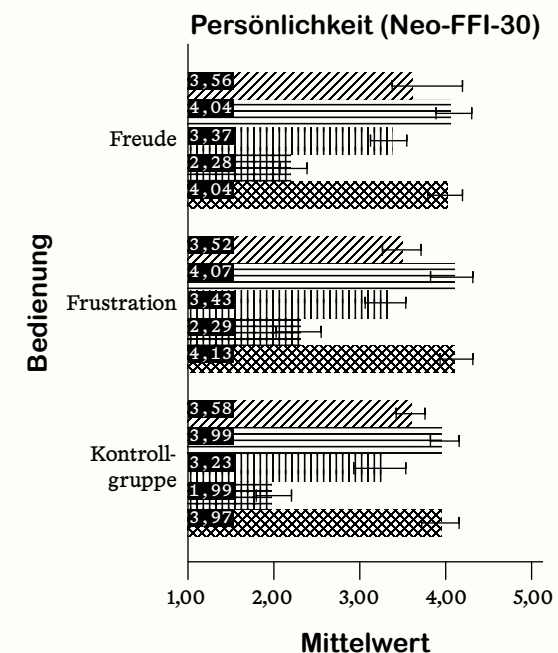
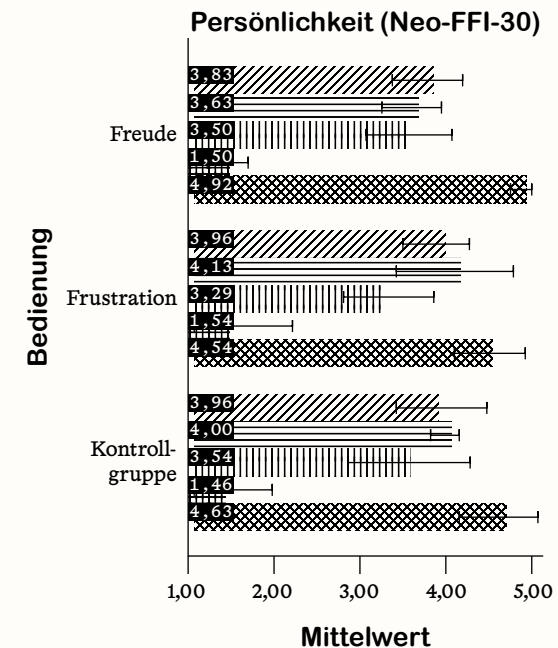
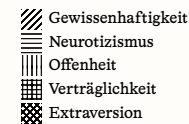
■ Inhalt

In einem ersten Schritt wurde das Planspiel D-CITE entwickelt, um Entscheidungssituationen im Flughafenmanagement zu simulieren. Danach wurde ein Fragebogen entwickelt, um die häufigsten Emotionen im Flughafenmanagement zu identifizieren. Anschließend wurde ein multimedialer Ansatz zur Induktion von Freude und Frustration entwickelt. Es wurden zwei Studien mit Novizen und Experten durchgeführt, in denen das entwickelte Planspiel gespielt wurde. Dabei wurde entweder Freude

oder Frustration induziert. Die induzierten Emotionen wurden mit subjektiven und objektiven Methoden erhoben. Die Emotionsinduktion zeigt sich bei Experten effektiver als bei Novizen, außerdem zeigen Experten eine größere Variabilität in der Mimik. Die Experten treffen in der Freudebedingung bessere Entscheidungen als die Novizen. Die Novizen treffen wiederum bessere Entscheidungen in der Frustrationsbedingung. Frustrierte Experten hingegen zeigen nach mehreren Runden eine signifikant schlechtere Leistung als in den anderen Bedingungen. Außerdem benötigen Experten mehr Zeit für ihre Entscheidungen als die Novizen. Die Ergebnisse wurden im Hinblick auf die verwendete Methodik diskutiert, da es Unterschiede zwischen Novizen und Experten hinsichtlich der Emotionsinduktion, der Vertrautheit der Probanden und der Berufserfahrung gab.

■ Ergebnisse

Die Arbeit liefert neue Erkenntnisse über den Einfluss von Emotionen auf Entscheidungsprozesse. Mit D-CITE wurde ein vielseitiges Forschungsinstrument entwickelt, das auch in anderen Anwendungsbereichen eingesetzt werden kann.



Kooperation im Straßenverkehr in innerstädtischen Pattsituationen

■ Hintergrund

Kreuzungen sind häufige Schauplätze von Verkehrsunfällen, insbesondere bei komplexen Interaktionen zwischen mehreren Verkehrsteilnehmern. Solche Situationen erfordern Kooperation und Kommunikation, um Konflikte zu lösen, was besonders in sogenannten Pattsituationen, in denen die Vorfahrt unklar ist, eine Herausforderung darstellt. Mit der Einführung automatisierter Fahrzeuge und dem daraus resultierenden Mischverkehr stellen sich neue Fragen zur Mensch-Maschine-Interaktion, insbesondere zur Lösung kooperativer Situationen. Hier sind Handlungsempfehlungen für die automatisierte Fahrzeugführung wertvoll, die eine reibungslose Interaktion ermöglichen.

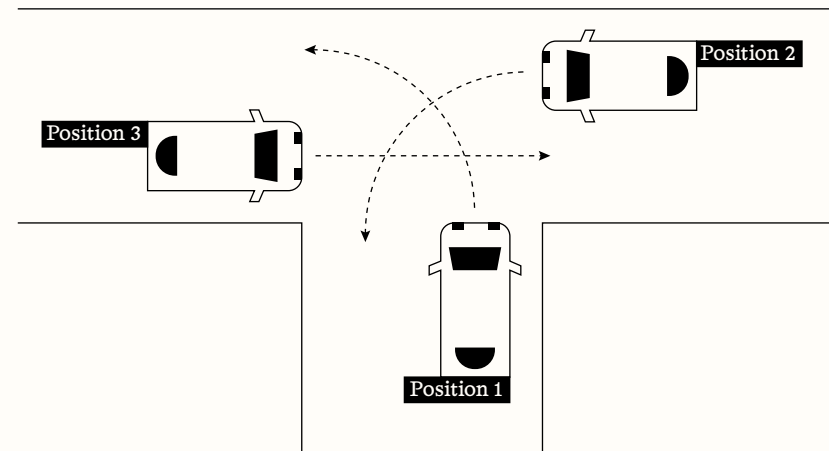
■ Inhalt

In der Dissertation wurden Kreuzungssituationen in zwei exemplarischen Szenarien untersucht. In einer Beobachtungsstudie wurden relevante Verhaltensweisen zur Auflösung von Pattsituationen identifiziert. Jedes Szenario wurde in einem eigenständigen Experiment hinsichtlich der Tauglichkeit der

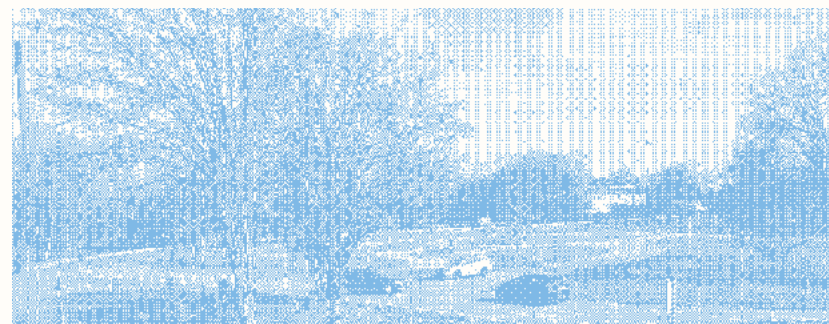
Verhaltensweisen für eine automatische Fahrzeugführung untersucht. Die Ergebnisse wurden in einem weiteren Schritt mit Hilfe eines Fragebogens hinsichtlich der Erwartungshaltung validiert. Die Untersuchungen zeigen, dass Verkehrsteilnehmer es in einfachen Pattsituationen als kooperativer empfinden, wenn sie zuerst fahren dürfen und in komplexen Situationen, wenn der Kooperationspartner zuerst fährt. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass es explizite Kommunikationssignale für defensives Verhalten, nicht aber für offensives Verhalten gibt.

■ Ergebnisse

Die Dissertation liefert wertvolle Beiträge zur zukünftigen Gestaltung des Mischverkehrs aus automatisierten und manuell gesteuerten Fahrzeugen, indem sie das kooperative Verhalten in Pattsituationen beschreibt und Handlungsempfehlungen für automatisierte Fahrzeuge formuliert.



■ T-Kreuzungsszenario nach den verschiedenen Positionen aufgeschlüsselt



■ Beispielbild der Durchführung. Auf Position 1 - VL 1, Position 2 Proband und Position 3 VL 2; T-Kreuzung

Entwicklung und Anwendung eines konsekutiven integralen Transformationskonzepts für Werke von Industrieunternehmen mit variantenreicher Fertigung

zur Analyse, Planung, Umsetzung und Kontrolle von Industrie 4.0

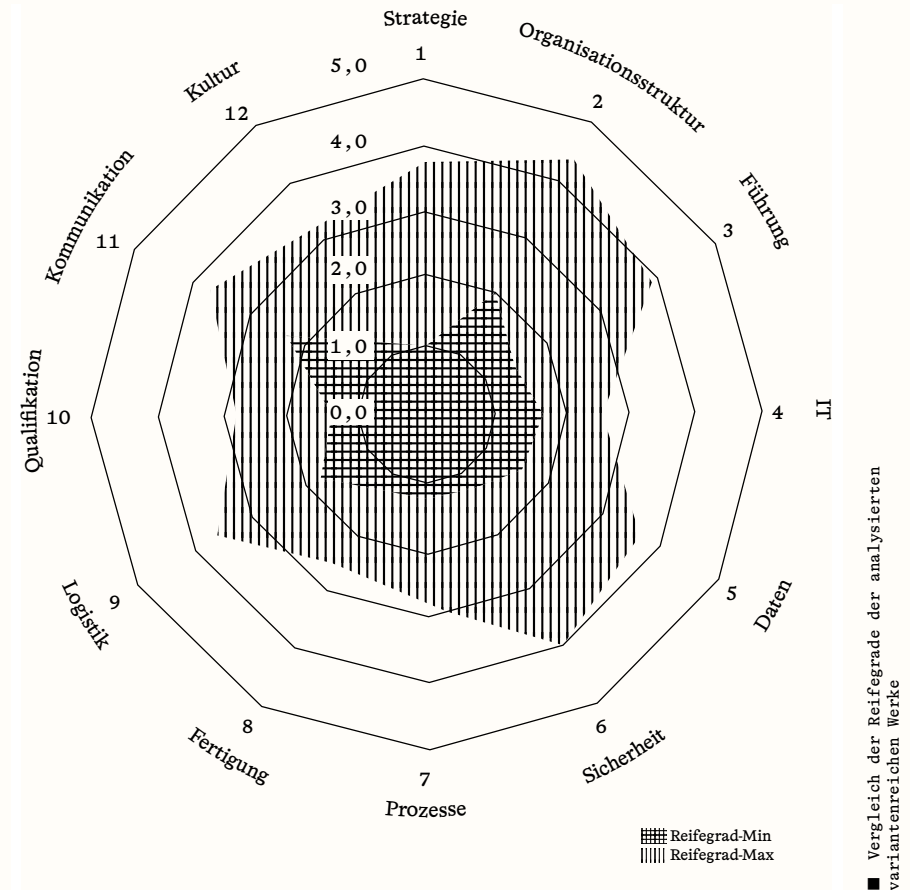
■ Hintergrund

Digitalisierung und Industrie 4.0 (I4.0) verändern die Rahmenbedingungen für Industrieunternehmen grundlegend. Die Märkte werden volatiler und die Anforderungen der Kunden steigen. Um die Wettbewerbsfähigkeit zu sichern, muss sich der Industriestandort Deutschland sowohl als Anbieter als auch als Anwender von I4.0-Technologien etablieren. Für produzierende Industrieunternehmen mit variantenreicher Fertigung gibt es bisher keine Ansätze, Leitfäden oder Vorgehensmodelle, die die digitale Transformation zu I4.0 anwendungs- und nutzenorientiert ermöglichen. Zudem decken die bisherigen Ansätze weder das gesamte sozio-technische System ganzheitlich ab, noch ermöglichen sie ein schrittweises Vorgehen.

■ Inhalt

Im Rahmen der Dissertation wurde mit dem I4.0-KIT ein durchgängiges und integrales Transformationskonzept speziell für variantenreiche Fabriken entwickelt. Es gliedert die

digitale Transformation in vier Phasen: Analyse, Planung, Umsetzung sowie Steuerung und Lernen. Für jede Phase bietet das Modell detaillierte Methoden und Anleitungen, beispielsweise zur Entwicklung individueller IT-Landschaften oder zur Quantifizierung von Potenzialen. Die Besonderheit liegt in der Berücksichtigung aller sozio-technischen Dimensionen und der flexiblen Anwendbarkeit sowohl für das Management (top-down) als auch für Mitarbeiter und Experten (bottom-up). Die Praxistauglichkeit des Modells wurde in elf weltweit unterschiedlichen Werken eines Industrieunternehmens nachgewiesen. Diese Werke zeichneten sich durch komplexe Strukturen, kundenorientierte Fertigung und unterschiedliche Produktionsarten wie Engineer-to-Order (ETO) oder Manufacture-to-Stock (MTS) aus.



■ Ergebnisse

Die Dissertation liefert ein fundiertes und anwendungsorientiertes Modell, das Unternehmen bei der digitalen Transformation unterstützt und eine wichtige Grundlage für die Umsetzung von Industrie 4.0 darstellt.

Visuelle Komplexität in der Mensch-Maschine Interaktion

■ Versuchsaufbau von Studie 1



■ Hintergrund

Visuelle Komplexität beschreibt den Grad der Detailliertheit oder Unübersichtlichkeit eines Bildes und beeinflusst viele Bereiche des menschlichen Lebens, einschließlich der Interaktion mit Technologie. Der Einfluss visueller Komplexität auf Verhalten und Wahrnehmung wurde bereits in verschiedenen Kontexten wie Straßenverkehr, Software- oder Web-Interaktion nachgewiesen. Obwohl es umfangreiche theoretische Grundlagen zur visuellen Wahrnehmung gibt, insbesondere von Gestaltpsychologen, sind die genauen Einflussfaktoren visueller Komplexität und deren Zusammenhang mit Blickbewegungen und mentaler Beanspruchung noch nicht umfassend erforscht.

■ Inhalt

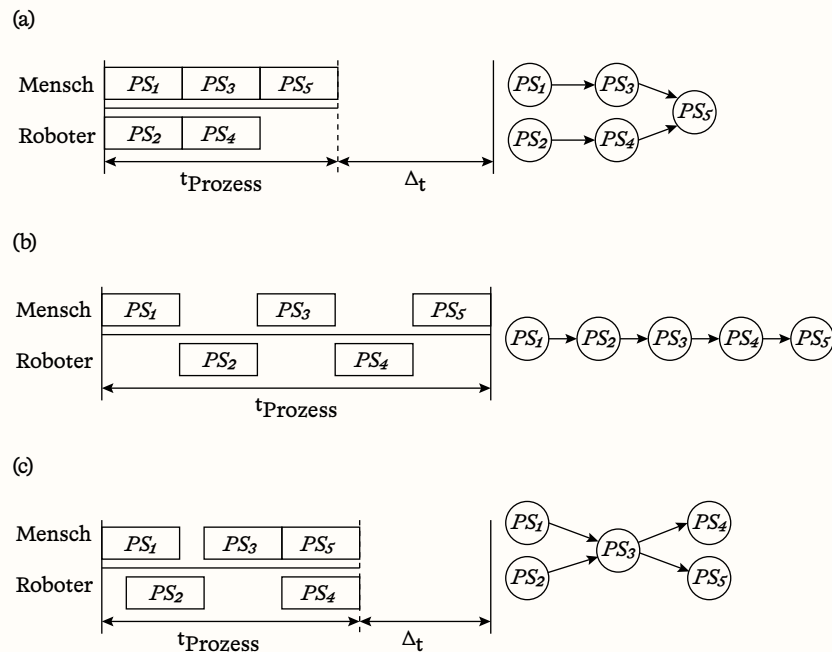
Die Dissertation umfasst vier empirische Studien, die verschiedene Dimensionen visueller Komplexität und deren Auswirkungen auf die Mensch-Maschine-Interaktion untersuchen. Studie 1 analysiert die Komplexität von Videos in Kontrollräumen und untersucht deren Einfluss auf subjektive, physiologische und leistungsbezogene Parameter der mentalen Beanspruchung. Studie 2 beschäftigt sich mit der dimensionalen Struktur visueller Komplexität und analysiert verschiedene Einflussfaktoren anhand unterschiedlicher Stimuli. In Studie 3 werden die Auswirkungen visueller Komplexität auf subjektive Bewertungen und okuläre Parameter experimentell untersucht, wobei einfache Formenmuster als Stimuli verwendet werden. Studie 4 überträgt diese Erkenntnisse auf Screenshots von Webseiten und untersucht deren Relevanz für anwendungsnahe Kontexte. Die Ergebnisse zeigen, dass visuelle Komplexität ein wichtiges Konstrukt für die Mensch-Maschine-Interaktion darstellt, wobei quantitative und strukturelle Aspekte einen signifikanten Einfluss auf die Komplexitätsbewertung und das Blickverhalten haben. Darüber hinaus ermöglichen computer- und okularbasierte Parameter präzise Vorhersagen der Komplexitätsbewertung.

■ Ergebnisse

Die Dissertation liefert wertvolle Erkenntnisse über die Zusammenhänge zwischen visueller Komplexität, mentaler Beanspruchung und Blickverhalten und trägt damit wesentlich zum Verständnis der Mensch-Maschine-Interaktion bei. Die entwickelten Modelle und Methoden bieten praxisorientierte Ansätze zur Verbesserung der User Experience in technologischen Anwendungen.

Schlüsselwörter
visuelle Komplexität
Mensch-Maschine-Interaktion
Blickverhalten
mentale Beanspruchung
Wahrnehmung

Methodik zur systematischen Analyse der Prozessgestaltung einer Mensch-Roboter-Interaktion in der Montage



■ Unterschiedliche Interaktionsmodelle von Mensch und Roboter in Abhängigkeit der Vorrangfolge der einzelnen Montageschritte (rechts); gezeigt anhand eines fiktiven Prozesses mit fünf Prozessschritten; (a) Ideales Modell mit vier parallel durchführbaren Prozessschritten; (b) Modell ohne parallel durchführbare Prozessschritte; (c) Modell mit überlappenden und parallel durchführbaren Prozessschritten.

■ Hintergrund

Die Automobilindustrie sieht sich zunehmend mit Herausforderungen wie volatilen Märkten, Fachkräftemangel und sich ändernden gesetzlichen Anforderungen konfrontiert. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, sind innovative Lösungen gefragt. Die Integration der Mensch-Roboter-Interaktion in die Montage eröffnet neue Möglichkeiten, flexibel und effizient auf die steigenden Anforderungen zu reagieren. Dabei gilt es, die Interaktion zwischen Mensch und Roboter so zu gestalten, dass sie sowohl prozesseffizient als auch für den Menschen akzeptabel ist.

Prozesse ganzheitlich zu erfassen und eine effiziente Prozessaufteilung sowie eine positive Wahrnehmung der menschlichen Akteure zu fördern. Abschließend wurden Implikationen für die Gestaltung von Montageprozessen und die weitere Schnittstellenentwicklung aufgezeigt.

■ Ergebnisse

Die Arbeit liefert praxisnahe Ansätze zur Optimierung der Mensch-Roboter-Interaktion in der Montage und leistet einen wichtigen Beitrag zur Innovationsfähigkeit der Automobilindustrie.

■ Inhalt

In der Dissertation wurde eine Methodik zur Analyse und Gestaltung kollaborativer Prozesse in der Mensch-Roboter-Interaktion entwickelt. Der Ansatz basiert auf einer zweistufigen Potenzialanalyse, die spezifische Anforderungen und Fragestellungen für die Montage in der Automobilindustrie identifiziert. Der Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung und Evaluierung von Schnittstellenkonzepten zur Verbesserung der Mensch-Roboter-Interaktion. Es wurden zwei experimentelle Untersuchungsblöcke durchgeführt: Im ersten Block wurde die Eignung der Schnittstellenkonzepte überprüft, während im zweiten Block die entwickelte Methodik validiert und ihre Auswirkungen auf die Prozessabläufe untersucht wurden. Die Experimente zeigen, dass die Methodik in der Lage ist, kollaborative

2021 bis 2025

2021	Sabrina Bringeland	Elena Wolf
2022		
2023	Dario W. Lampe	
2024	Marco K��ppler	
2025	Sofie Ehrhardt	104

2021	
2022	
2023	
2024	
2025	105

Kinematische Tätigkeitsanalyse

Identifikation von ruckbasierten Parametern zur Ermittlung der Anstrengung am Beispiel einer repetitiven Punkt-zu-Punkt Bewegung

■ Darstellung der Punkt-zu-Punkt Aufgabe des zweiten Experiments



■ Hintergrund

Die wahrgenommene Anstrengung ist in der Arbeitswissenschaft ein zentraler Indikator für die Leistungsfähigkeit und das Beanspruchungsempfinden von Menschen. Sie beschreibt, wie gut eine Person mit den Anforderungen einer Aufgabe zurechtkommt und dient als Maß dafür, ob eine Tätigkeit als zumutbar oder zu belastend empfunden wird.

Herkömmliche Beurteilungsverfahren basieren häufig auf subjektiven Messungen, die jedoch durch äußere Faktoren wie den Zeitpunkt der Befragung oder individuelle Unterschiede in der Wahrnehmung verzerrt werden können. Vor diesem Hintergrund wird der Bedarf an objektiven Methoden zur Messung der körperlichen Belastung deutlich.

■ Inhalt

Ziel der Dissertation war die Entwicklung einer objektiven Methode zur Messung körperlicher Anstrengung durch die Analyse von Gelenkbewegungen. Insbesondere wurde der Einfluss von sogenannten „Ruck“-Bewegungen auf die wahrgenommene Anstrengung untersucht. Basierend auf theoretischen Ansätzen und aktuellen Forschungsergebnissen wurde in drei Experimenten die Bedeutung von Ruckbewegungen in Bewegungsmustern evaluiert. In Experiment 1 wurde untersucht, welche ruckbasierten Parameter den Unterschied zwischen hoher und niedriger Anstrengung bzw. Ermüdung anzeigen.

In Experiment 2 wurde ein Mustervergleich durchgeführt, um den Zeitpunkt erhöhter Anstrengung (ZEA) genau zu bestimmen. Anschließend wurde in Experiment 3 das ZEA-Verfahren auf eine praxisnahe Tätigkeit angewendet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Frequenz und die Amplitude der Peaks des Rucks eine zuverlässige Vorhersage des ZEA ermöglichen, unabhängig von der spezifischen Aufgabe. Der ZEA kann vor allem durch die Analyse des am meisten kontrollierten Gelenks erkannt werden, wobei kürzere Zeitabstände zwischen den Peaks, größere Amplituden und eine größere Gesamtwinkelbewegung charakteristisch sind.

■ Ergebnisse

Die Dissertation stellt eine innovative Methode zur objektiven Erfassung der körperlichen Belastung durch die Analyse von ruckbasierten Bewegungsmustern vor. Sie erweitert bestehende Ansätze in der Arbeitswissenschaft und liefert wertvolle Erkenntnisse für die Entwicklung effizienter und objektiver Bewertungssysteme zur Messung der Anstrengung bei verschiedenen Tätigkeiten.

Schlüsselwörter
wahrgenommene Anstrengung
körperliche Anstrengung
Ruck
Gelenkbewegungen
kinematische Tätigkeitsanalyse

Psychologische Profile in nutzerzentrierten Mensch-Maschine-Systemen

Extraktion kardialer und elektrodermalen Profile zur Bewertung der mentalen Beanspruchung

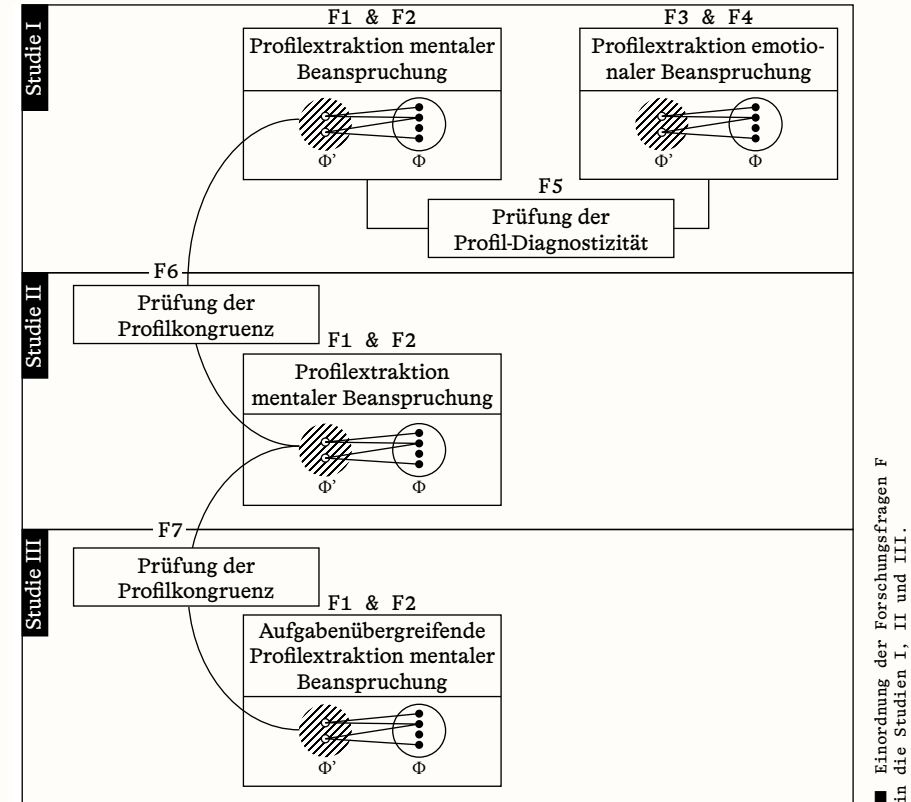
■ Hintergrund

Nutzerzentrierte Mensch-Maschine-Systeme zielen darauf ab, sich flexibel an die individuellen Bedürfnisse und kognitiven Zustände der Nutzer anzupassen. Insbesondere in Situationen hoher mentaler Beanspruchung, in denen die kognitiven Ressourcen der Nutzer erschöpft sind, sollen adaptive Assistenzsysteme Unterstützung bieten. Um diese Beanspruchung zuverlässig zu erfassen, ist die physiologische Messung ein vielversprechender Ansatz. Allerdings ist noch unklar, welche physiologischen Parameter die mentale Beanspruchung am besten widerspiegeln.

■ Inhalt

Ziel der Dissertation war es, physiologische Parameter wie Herzfrequenz und Hautleitfähigkeit zu identifizieren, die in Kombination als Indikatoren für mentale Beanspruchung dienen. Basierend auf der Theorie der physiologischen Profile von Cacioppo und Kollegen (Cacioppo & Tassinary, 1990; Cacioppo, Tassinary & Berntson, 2000, 2007, 2017) wurde eine multidimensionale Analyse durchgeführt, um kardiale und elektrodermale Profile zu

extrahieren. Diese Profile sind in der Lage, die mentale Beanspruchung nicht nur spezifisch vorherzusagen, sondern auch über verschiedene Belastungsfaktoren hinweg zu generalisieren. In drei empirischen Studien wurden diese Profile validiert und in das theoretische Modell von Cacioppo et al. eingeordnet. Die Ergebnisse zeigen, dass die ermittelten physiologischen Profile eine präzise Abschätzung der mentalen Beanspruchung ermöglichen und für den Einsatz in nutzerzentrierten Mensch-Maschine-Schnittstellen geeignet sind.



■ Ergebnisse

Die Dissertation leistet einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Nutzerinteraktion mit adaptiven Assistenzsystemen, indem sie physiologische Profile zur präzisen Messung mentaler Beanspruchung entwickelt und deren Anwendungspotential in der Mensch-Maschine-Interaktion aufzeigt. Die Ergebnisse erweitern die bestehende Forschung zur mentalen Beanspruchung und liefern wertvolle Grundlagen für die praktische Implementierung in zukünftige Assistenzsysteme.

Improving passive driver fatigue, sitting health risk factors and user experience in automobiles.

Conception, development and evaluation of a novel interactive seating system

■ Hintergrund

Monotone Autofahrten können zu Ermüdung und Gesundheitsrisiken führen, die durch Reizarmut und langes Sitzen verursacht werden. Um diesen Problemen entgegenzuwirken, werden Zusatzaufgaben empfohlen, die der Ermüdung durch Monotonie entgegenwirken. Der aktuelle Stand der Sitzsysteme im Automobilbereich konzentriert sich vor allem auf passive Sitzsysteme, die den Insassen mobilisieren. Um jedoch sowohl die Fahrsicherheit zu erhöhen als auch gesundheitliche Risiken zu reduzieren, wurde ein neuartiges interaktives Sitzsystem (IASS) entwickelt, das aktive Bewegungen des Fahrers und der Insassen fördert, ohne die Aufmerksamkeit vom Verkehrsgeschehen abzulenken.

■ Inhalt

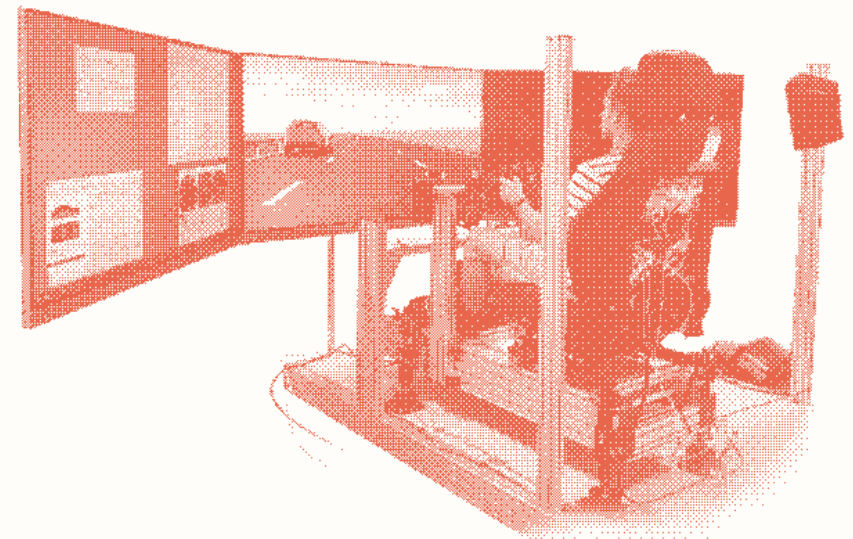
Das IASS wurde in drei Probandenstudien entwickelt und evaluiert. Die erste Studie konzentrierte sich auf die Platzierung von Drucksensoren in der Sitzlehne, um die Interaktion mit dem Sitz genau zu erfassen. Dabei wurde ein neuartiges Verfahren zur Auswertung von Sitzdruckverteilungen eingesetzt, das in diesem

Zusammenhang zum ersten Mal angewendet wurde. In der zweiten Studie wurde das IASS im Fahr-simulator getestet. Es konnte gezeigt werden, dass es die monotoniebedingte Ermüdung besser reduziert als ein herkömmliches Sitzmassagesystem (MS). Darüber hinaus wurde das IASS von den Testpersonen in Bezug auf Komfort und emotionale Wahrnehmung bevorzugt. In der dritten Studie wurde das IASS in einem realen Fahrzeug getestet, um die gesundheitlichen Auswirkungen zu messen.

Die Ergebnisse zeigten, dass das IASS die Herzfrequenz erhöhte und zu einer stärkeren Muskelaktivierung führte, was die gesundheitsfördernden Effekte des IASS unterstreicht. Insgesamt konnte gezeigt werden, dass IASS sowohl gesundheitliche Vorteile bietet als auch die Fahrsicherheit durch die Förderung aktiver Bewegung und erhöhter Aufmerksamkeit unterstützt.

■ Ergebnisse

Die Dissertation stellt das erste interaktive Sitzsystem vor, das aktive Bewegung nutzt, um monotoniebedingter Ermüdung entgegenzuwirken und gleichzeitig gesundheitliche Risiken durch langes Sitzen zu reduzieren. Die Ergebnisse unterstreichen das Potenzial des IASS im Vergleich zu traditionellen passiven Systemen und zeigen neue Möglichkeiten zur Verbesserung der Fahrzeuginteraktion und der Fahrsicherheit auf.



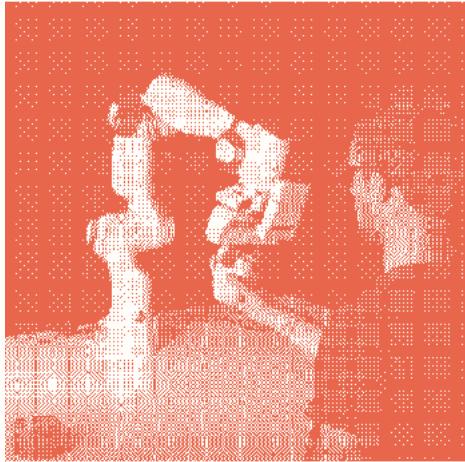
■ Abbildung des Messaufbaus

Schlagergebnisse
Interaktives Sitzsystem
monotone Ermüdung
Fahrsicherheit
Gesundheitsrisiken
Sitzsysteme

Bewertung der Interaktionsleistung von Roboter-Mensch Objektübergaben

Kinematische Untersuchungen zur Analyse des Einflusses verschiedener Faktoren auf die Interaktionsleistung von Mensch-Mensch und Roboter-Mensch Objektübergaben

■ Technischer Aufbau von Experiment II mit Panda-Roboterarm und Greifer von Franka Emika.



■ Hintergrund

Roboter, die in der Lage sind, schnelle, sichere, zuverlässige und flüssige Objektübergaben mit Menschen durchzuführen, haben das Potenzial, einen wichtigen Beitrag zur zukünftigen Entwicklung im Gesundheitswesen und in der Industrie zu leisten. Trotz technologischer Fortschritte in der Robotik, die eine kontinuierliche Verbesserung der physischen Interaktion zwischen Mensch und Roboter ermöglichen, bleibt die direkte Übergabe von Objekten zwischen Mensch und Roboter eine große Herausforderung. Ein tieferes Verständnis der zugrunde liegenden Prozesse und die Entwicklung geeigneter Leistungsparameter sind entscheidend, um diese Herausforderung zu meistern und die Qualität der Mensch-Roboter-Interaktion zu verbessern.

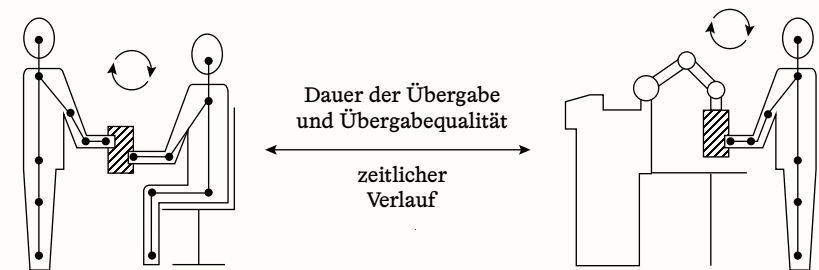
■ Inhalt

In der Dissertation wurde die physische Objektübergabe von Mensch zu Mensch sowie von Roboter zu Mensch in mehreren Laborexperimenten untersucht. Im Rahmen der Mensch-Mensch-Übergaben wurden Einflussfaktoren wie Objekteigenschaften und Wahrnehmungseinschränkungen des Empfängers auf die Übergabezeit und die Objektführung analysiert. Im Rahmen der Roboter-Mensch-Übergaben wurde untersucht, welchen Unterschied adaptive und nicht-adaptive Bewegungstrajektorien auf die Übergabezeiten und die subjektive Wahrnehmung bei Übergaben haben und wie gut sich Menschen an das Verhalten des Roboters anpassen können. Die Ergebnisse zeigen, dass Objekteigenschaften und Wahrnehmungseinschränkungen einen signifikanten Einfluss auf die Übergabezeit sowie die Objektführung bei Mensch-Mensch Übergaben haben. Bei Roboter-Mensch Übergaben, führen adaptive Bewegungstrajektorien zu keinen signifikant besseren Übergabezeiten, jedoch beeinträchtigen sie das Vertrauen

und das Sicherheitsgefühl der Versuchspersonen. Der Vergleich der physischen Übergabezeiten von Mensch-Mensch- und Roboter-Mensch-Übergaben zeigt, dass Roboter bereits heute in der Lage sind, Übergabezeiten auf ähnlichem Niveau wie Menschen zu realisieren. Die Ergebnisse der Arbeit unterstreichen die Wichtigkeit, Objekteigenschaften, Wahrnehmungseinschränkungen und Adaptationsprozesse bei der Bewertung der Übergabeleistung von Robotern zu berücksichtigen.

■ Ergebnisse

Die Dissertation leistet einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung standardisierter Bewertungsmetriken für die Mensch-Roboter-Interaktion, insbesondere im Bereich der physischen Objektübergabe. Die Ergebnisse zeigen, dass Roboter zunehmend in der Lage sind, Übergaben auf dem Niveau der Mensch-Mensch-Interaktion durchzuführen, dass aber Anpassungsmechanismen und spezifische Eigenschaften berücksichtigt werden müssen, um die Leistung korrekt zu bewerten.



■ Schematischer Überblick des Datenvergleichs von Experiment I und Experiment II

Schlüsselwörter
Mensch-Roboter-Interaktion
Objektübergabe
Robotik
Übergabezeit
Anpassungsmechanismen

Please let me merge – Communication during lane changes on motorway slip roads

■ Hintergrund

Ein sicherer und flüssiger Straßenverkehr erfordert effektive Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmern – besonders in Situationen, in denen mehrere Parteien denselben Raum beanspruchen möchten, wie etwa beim Einfädeln auf Autobahnen. Mit der zunehmenden Verbreitung automatisierter Fahrzeuge stellt sich die Frage, wie diese menschliche Kommunikationsmuster erkennen, interpretieren und nachahmen können. Die Untersuchung solcher Prozesse ist zentral, um die Interaktion im zukünftigen Mischverkehr erfolgreich zu gestalten.

■ Inhalt

Die Dissertation analysiert in vier Studien die Rolle der Kommunikation beim Spurwechsel auf Autobahnauffahrten. Die ersten drei Studien fokussieren sich auf die implizite Kommunikation via Fahrdynamik, die vierte betrachtet ein automatisiertes kooperatives System mit interner Kommunikation. Studie 1 untersucht in einer Videostudie die Wahrnehmung lateraler Fahrdynamik durch den nachfolgenden Verkehr, einschließlich der

Wirkung eines externen HMIs (eHMI) zur Kennzeichnung automatisierter Fahrzeuge. Studien 2 und 3 widmen sich der longitudinalen Fahrdynamik und vergleichen Wahrnehmungen in einer deutschen und britischen Stichprobe, um kulturelle Unterschiede zu erfassen. In Studie 4 wird ein kooperatives Manöver zweier vernetzter automatisierter Fahrzeuge betrachtet, das eine kurzzeitige Geschwindigkeitsreduktion erfordert. Die Ergebnisse zeigen über die Studien hinweg, dass defensives Verhalten wie bremsen oder langsame Spurwechsel bevorzugt wird, unabhängig von der Automatisierung des Gegenübers. Ein externes HMI beeinflusst Bewertung und Verhalten von Probanden kaum negativ, zum Teil positiv. Bei vernetzten Fahrfunktionen werden moderate Einschränkungen der Geschwindigkeit akzeptiert, um dem anderen Fahrzeug ein sichereres Einfädeln zu ermöglichen, stärkere mindern die Zustimmung. Ein HMI zur Statusanzeige stärkt das Vertrauen der Insassen in das System.



■ Screenshot aus dem Beispielvideo mit einer vergrößerten Abbildung des Kooperationspartners mit eHMI

■ Ergebnisse

Die Dissertation leistet einen wichtigen Beitrag zum besseren Verständnis kommunikativer Prozesse beim Einfädeln auf Autobahnen und zeigt auf, wie sowohl implizite als auch explizite Kommunikationsmittel – etwa Fahrverhalten und externe HMI – die Interaktion zwischen automatisierten und manuellen Fahrzeugen beeinflussen. Die gewonnenen Erkenntnisse bieten praxisnahe Empfehlungen für die Gestaltung zukünftiger automatisierter Fahrsysteme und fördern langfristig Vertrauen, Akzeptanz und Verkehrssicherheit im Mischverkehr.

Anhang

Agentenbasierte Arbeitszeitgestaltung Arbeitsteilung & adaptive Arbeitsplanung
 Bewegungsanalyse Biomechanik manueller Tätigkeiten Blickbasierte
 Beanspruchungsmessung Blickregistrierung Demografischer Wandel
 Demontagesysteme Dynamische Arbeitsformen Evaluationsverfahren
 Fahrerermüdung Fahrerzustand Fertigungssteuerung Greifraum
 Hybride Montagesysteme Industrie 4.0 Informationsdarstellung
 Innovationsfähigkeit Interaktionsleistung bei Objektübergaben
 Kennzahlengestützte Investitionsplanung Kinematische Tätigkeitsanalyse
 Kooperation im Straßenverkehr Qualifikationsstrukturen Qualitätsförderung
 Leistungsraten Logistische Analyse Mensch-Maschine-Interaktion
 Mensch-Roboter-Interaktion Objektorientierte Modellierung
 Organisationsstrukturen Personalentwicklung Personalentwicklungsplanung
 Personalorientierte Simulation Prozessgestaltung Prozessketten
 Produktionssimulation Psychophysiologische Profile Reihenfolgeplanung &
 Mehrproduktfertigung Risikowahrnehmung Ruckparameter
 Simulation von Arbeitszeitmodellen Simulationsbasierte Bauproduktionsplanung
 Usability Visuelle Komplexität Werkstattsteuerung Work-Life-Balance