

Dipl.-Ing. Thomas Müller, Berlin

# **Handlungsvollzug und psycho-physische Beanspru- chung bei Konstruktions- tätigkeiten**

Vergleichende Untersuchung konventioneller  
und rechnerunterstützter Konstruktionsarbeit  
bei kontrolliert variiertes Aufgabenschwierigkeit

Reihe **1**: Konstruktionstechnik/  
Maschinenelemente

Nr. **215**

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Problemstellung und Zielsetzung	1
1.2	Überblick	2
<b>2</b>	<b>Konstruieren und CAD</b>	<b>3</b>
2.1	Konstruieren im betrieblichen Kontext	3
2.1.1	Konstruieren als geistige Arbeit	3
2.1.2	Konstruieren als betriebliche Teilfunktion	4
2.1.3	Arbeitsteilung innerhalb der Konstruktionsabteilung	7
2.2	CAD-Technik	8
2.2.1	Bisherige Entwicklung	8
2.2.2	Leistungskatalog von CAD-Systemen	9
2.2.3	Neuere Entwicklungen und Trends	14
2.3	Betrieblicher Einsatz von CAD	16
2.3.1	Rationalisierung von Konstruktionsarbeit	16
2.3.2	Einführung von CAD	17
2.3.3	Technologische Einbindung	18
2.3.4	Organisatorische Einbindung	20
2.3.5	CAD und Arbeitssituation	23
<b>3</b>	<b>Konstruktionsprozeß</b>	<b>25</b>
3.1	Modelle von Konstruktionsarbeit	25
3.1.1	Methodologische Aspekte technisch-kreativer Arbeit	25
3.1.2	Konstruktionsmethodik	26
3.1.3	Systematik der Konstruktionsarten	30
3.1.4	Konstruieren als symbolisierende Handlung	31
3.1.5	Konstruieren als Problemlösen	35
3.1.6	Arbeitsformen und Mensch-Rechner-Funktionsteilung	37
3.1.7	Konstruieren als Informationstransformation	38
3.2	Empirische Untersuchungen von Konstruktionsarbeit	40
3.2.1	Feldstudien	40
3.2.2	Laborstudien	43
3.2.3	Zusammenfassende Würdigung	47
<b>4</b>	<b>Konzeptionelle und methodologische Grundlagen</b>	<b>48</b>
4.1	Arbeitswissenschaftliche Konzepte	48
4.1.1	Aktivierungstheorie	48
4.1.2	Habituation und Sensibilisierung	50
4.1.3	Belastungs-Beanspruchungs-Konzept	51

4.2	Grundlagen experimenteller Forschung	56
4.2.1	Experimentelles Paradigma	56
4.2.2	Labor- vs. Feldforschung	56
4.2.3	Verfahren des Datengewinns	58
<b>5</b>	<b>Methodik der Untersuchung</b>	<b>62</b>
5.1	Versuchsplanung und -durchführung	62
5.1.1	Hypothesen	62
5.1.2	CAD-System AutoCAD	63
5.1.3	Qualifizierung der Versuchsteilnehmer	63
5.1.4	Auswahl von Konstruktionsaufgaben	64
5.1.5	Versuchsplan	69
5.1.6	Versuchspersonen (Stichprobe)	70
5.1.7	Versuchsaufbau und Meßtechnik	72
5.1.8	Durchführung	74
5.1.9	Abgrenzung zu anderen Studien	74
5.2	Erhobene Variablen	76
5.2.1	Überblick	76
5.2.2	Subjektiv erlebte Beanspruchung	76
5.2.2.1	Beanspruchung aus Aufgabe (Aufgabenbewertung)	76
5.2.2.2	Beanspruchung aus Arbeitssituation (BLV-Bogen)	77
5.2.3	Physiologische Beanspruchungsindikatoren	77
5.2.3.1	Reaktionszeit	77
5.2.3.2	Flimmerverschmelzungsfrequenz	81
5.2.3.3	Herzschlagfrequenz	81
5.2.3.4	Arrhythmiequotient (ARQ)	82
5.2.3.5	Powerspektrum der Herzschlagfrequenz	82
5.2.3.6	Atemfrequenz	84
5.2.3.7	Elektromyogramm eines Stamm-Muskels	84
5.2.3.8	Elektrodermale Aktivität	85
5.2.4	Handlungsbeschreibende Variablen	87
5.2.4.1	Zeichnerische Einzelaktivitäten	87
5.2.4.2	Aktivitäten nach Operations- und Elementklassen	89
5.2.4.3	Zeichnerische Gesamtaktivität	90
5.2.4.4	Zeichnerischer Wirkungsgrad	91
5.2.4.5	Arbeitsabschnitte	92
5.2.4.6	Informationsbeschaffung	92
5.2.5	Variablen zur Beschreibung des Arbeitsergebnisses	93
5.2.5.1	Qualität der Konstruktion	93
5.2.5.2	Umfang der Darstellung	94
5.2.5.3	Vollständigkeit	95
5.2.6	Bearbeitungsdauer	95

<b>6</b>	<b>Beanspruchungs- und Handlungsanalyse</b>	<b>96</b>
6.1	Einfaktorielle Analyse	96
6.1.1	Konzept	96
6.1.2	Reaktionspezifität	97
6.1.3	Reaktionsmuster	101
6.2	Vierfaktorielle Analyse	104
6.2.1	Konzept	104
6.2.2	Arbeitsergebnis und Bearbeitungsdauer	104
6.2.3	Physiologische Größen	108
6.2.4	Empfundene Beanspruchung	110
6.2.5	Handlungsparameter	111
6.3	Tätigkeitszentrierte Analyse	115
6.3.1	Konzept	115
6.3.2	Redefinition der Aufgabenstellung	116
6.3.3	Tätigkeitsstruktur	119
6.3.4	Tätigkeiten und Arbeitsergebnis	120
6.3.5	Tätigkeiten und Beanspruchung	123
<b>7</b>	<b>Einflüsse von Versuchspersonen und -durchführung</b>	<b>125</b>
7.1	Qualifikatorische Einflüsse	125
7.1.1	Vorkenntnisse	125
7.1.2	Gewöhnungs- und Lernprozesse	128
7.2	Ergänzende Untersuchungen	134
7.2.1	Langzeiteffekte	134
7.2.2	Effekte der Meßtechnik	135
7.3	Störgrößenkorrektur	137
7.3.1	Lineares Korrekturmodell	137
7.3.2	Korrigierte Beanspruchungsgrößen	138
7.4	Validierung des Belastungskonstrukts	141
7.4.1	Zielsetzung	141
7.4.2	Zellenspezifische Belastungen	141
7.4.3	Validierung der Aufgabenschwierigkeit	144
<b>8</b>	<b>Zeitstruktur von Handlungs- und Beanspruchungsgrößen</b>	<b>147</b>
8.1	Analysekonzept	147
8.1.1	Einleitung	147
8.1.2	Zielsetzungen	147
8.2	Tätigkeitsverlauf	150
8.2.1	Zeichnerische Gesamtaktivität	150
8.2.2	Zeitstruktur der Grundoperationen	157

8.3	Situative Beanspruchungsanalyse	163
8.3.1	Konstruktionsphasen	163
8.3.2	Einzeltätigkeiten	168
<b>9</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>174</b>
9.1	Hypothesen-Prüfung	174
9.1.1	Hypothese 1: Belastungs-/Beanspruchungseffekte aus Arbeitsmittel	174
9.1.2	Hypothese 2: Intervenierende Einflüsse aus Arbeitsaufgabe	175
9.2	Methodik	179
9.2.1	Versuchs-Design	179
9.2.2	Schwierigkeits-Skalierung (Klassifizierung von Konstruktionsaufg.)	180
9.2.3	Tätigkeitsanalyse	181
9.2.4	Erlebte Beanspruchung	181
9.2.5	Physiologische Messungen	183
9.2.6	Bewertung des Arbeitsergebnisses	185
9.3	Anwendung	187
9.3.1	Gültigkeit der Ergebnisse	187
9.3.2	Arbeits- und Tätigkeitsanalyse	188
9.3.3	Arbeitsgestaltung	189
9.3.4	Personalauswahl und Schulung	191
9.3.5	CAD-Systemgestaltung	192
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>194</b>
<b>Literatur</b>		<b>197</b>
<b>Anhang</b>		<b>209</b>
I	Skalen für Ähnlichkeit und Bestimmtheit	210
II	Skalen des Expertenratings	213
III	Aufgabensatz für Laborversuche	216
IV	Methoden der Zeitreihenanalyse	246