

M. S. E., M. Sc. Hayri Mehmet Göker, Darmstadt

# **Einbinden von Erfahrung in das konstruktionsmetho- dische Vorgehen**

Reihe **1**: Konstruktionstechnik/  
Maschinenelemente

Nr. **268**

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	III
Inhaltsverzeichnis .....	V
Abkürzungen.....	XI
Formelzeichen.....	XIII
1 Motivation und Zielstellung .....	1
2 Problemlösen und Erfahrung .....	4
2.1 Denken und Erfahrung.....	4
2.2 Entwicklung, Einsatz und Einfluß von Erfahrung beim Bearbeiten von Fragestellungen .....	5
2.2.1 Motivation und Zielstellung der Verhaltensuntersuchungen.....	5
2.2.2 Aufbau der Verhaltensuntersuchungen.....	6
2.2.2.1 Das Rechnerprogramm "The Incredible Machine" .....	6
2.2.2.2 Die Versuchsdurchführung .....	7
2.2.2.3 Datenerhebung und Strukturierung.....	8
2.2.3 Exemplarische Auswertung .....	10
2.2.4 Entwicklung und Einsatz von Objektwissen .....	16
2.2.5 Identifikation des Objektwissens .....	17
2.2.6 Entwicklung des Vorgehens .....	19
2.2.6.1 Begreifen und Aufbereiten der Fragestellung.....	19

## *Inhaltsverzeichnis*

2.2.6.2 Aufrufen geeigneter Lösungen .....	20
2.2.6.3 Bewerten von Lösungen .....	23
2.2.6.4 Anpassen von Lösungen .....	24
2.2.6.5 Beschaffung von Information .....	25
2.2.7 Zusammenfassung der Verhaltensuntersuchungen.....	26
2.3 Einfluß von Erfahrung auf die Aktivitätsverteilung im Gehirn beim Problemlösen.....	27
2.3.1 Motivation und Zielstellung der physiologischen Untersuchungen .....	27
2.3.2 Physiologische Meßmethoden zur Untersuchung kognitiver Prozesse .....	27
2.3.3 Annahmen über die Funktionen der Regionen des Gehirns .....	30
2.3.4 Aufbau der Elektrophysiologischen Untersuchungen .....	31
2.3.4.1 Die Versuchsdurchführung .....	31
2.3.4.2 Die Fragestellungen .....	31
2.3.4.3 Die Versuchspersonen .....	33
2.3.4.4 Datenerhebung und -aufbereitung.....	34
2.3.5 Ergebnisse der Elektrophysiologischen Untersuchungen.....	38
2.3.5.1 TIM-Konstruktionsfragestellungen .....	38
2.3.5.2 Identifikation von TIM-Bauteilen.....	44
2.3.5.3 Klassifikation und Vergleich von TIM-Bauteilen .....	46
2.3.5.4 Entwicklung beim wiederholten Bearbeiten einer TIM-Konstruktionsfragestellung	47
2.3.6 Zusammenfassung der Elektrophysiologischen Untersuchungen .....	51
3 Fallbasiertes Schließen .....	54
3.1 Rechnerunterstützte Simulation des menschlichen Problemlösens .....	54
3.2 Aufbau und Elemente eines Fallbasierten Schließers.....	55
3.2.1 Grundstruktur eines Fallbasierten Schließers .....	55
3.2.2 Elemente eines Fallbasierten Systems .....	56

3.2.2.1 Fälle und die Fallbasis .....	56
3.2.2.2 Die Anforderungen .....	57
3.2.2.3 Aufrufen.....	57
3.2.2.4 Anpassen und Verbessern.....	58
3.2.2.5 Beurteilen.....	59
3.2.2.6 Lernen von neuen Fällen.....	60
3.3 Arten und Einsatzmöglichkeiten des Fallbasierten Schließens .....	60
3.3.1 Problemlösendes Fallbasiertes Schließen .....	60
3.3.1.1 Fallbasiertes Schließen für die Konstruktion.....	60
3.3.1.2 Fallbasiertes Schließen für das Planen.....	61
3.3.1.3 Fallbasiertes Schließen für das Diagnostizieren und das Erklären .....	61
3.3.2 Interpretierendes Fallbasiertes Schließen .....	62
3.3.2.1 Fallbasiertes Schließen für das Rechtfertigen, Klassifizieren und Interpretieren.....	62
3.3.2.2 Fallbasiertes Schließen für das Projektieren der Auswirkungen .....	63
3.4 Einordnung und Abgrenzung des Fallbasierten Schließens .....	63
3.4.1 Fallbasiertes Schließen und Maschinelles Lernen.....	63
3.4.2 Fallbasiertes Schließen und Datenbanksysteme .....	64
3.4.3 Fallbasiertes Schließen und Regelbasierte Systeme .....	64
3.5 Prototyp eines Fallbasierten Systems für TIM-Fragestellungen.....	65
3.6 Zusammenfassung des Fallbasierten Ansatzes .....	69
4 Die Konstruktionsmethodik und konstruktive Erfahrung.....	70
4.1 Die Konstruktionsmethodik.....	70
4.2 Hauptphasen beim methodischen Konstruieren .....	72
4.2.1 Planen und Aufgabe klären.....	72
4.2.2 Konzipieren.....	72

## *Inhaltsverzeichnis*

4.2.3 Entwerfen.....	73
4.2.4 Ausarbeiten.....	73
4.3 Die Konstruktionsmethodik als Grammatik der Konstruktion.....	74
4.4 Untersützung des Konzipierens durch konstruktive Lösungselemente.....	76
4.4.1 Motivation.....	76
4.4.2 Konstruktive Lösungselemente.....	79
4.5 Beschreibung konstruktiver Lösungselemente.....	81
4.5.1 Eigenschaften und Eigenschaftsarten.....	81
4.5.1.1 Stell- und Folgegrößen.....	81
4.5.1.2 Bestimmung der Stell- und Folgegrößen anhand der Einflußmatrix.....	82
4.5.2 Sachmerkmal-Leisten.....	84
4.6 Strukturierung und Kennzeichnung konstruktiver Lösungselemente.....	85
4.6.1 Klassifikation konstruktiver Lösungselemente.....	85
4.6.2 Kennzeichnung konstruktiver Lösungselemente.....	87
4.7 Lösungsspeicher in der Konstruktion.....	90
4.7.1 Vorhandene Lösungsspeicher.....	90
4.7.2 Defizite existierender Lösungsspeicher.....	93
4.7.3 Fallbasen als Speicher konstruktiver Erfahrung.....	94
4.7.3.1 Repräsentation konstruktiver Lösungseinheiten in Fällen.....	94
4.7.3.2 Strukturierung einer Fallbasis konstruktiver Lösungseinheiten.....	95
4.7.3.3 Ansichten auf die Fallbasis.....	99
4.7.3.4 Verknüpfungen zwischen Merkmalen.....	101
4.8 Aufrufen von Lösungseinheiten.....	102
4.8.1 Methoden zum Aufrufen von Lösungseinheiten.....	102
4.8.2 Die Anforderungsliste als Beschreibung der Ideal-Lösung.....	106

4.8.2.1 Die Anforderungsliste als Quelle für Einsatzkriterien.....	106
4.8.2.2 Redundanz von Kriterien.....	108
4.8.2.3 Skalen und Werte.....	109
4.8.3 Ähnlichkeits- und Distanzmaße.....	110
4.8.4 Ermittlung von Gewichtungsfaktoren.....	115
4.9 Erzeugen neuer Lösungen aus vorhandenen Fällen.....	119
4.9.1 Kombinieren von Teillösungen und Kontrolle der Unverträglichkeiten.....	119
4.9.1.1 Der Morphologische Kasten.....	119
4.9.1.2 Verträglichkeitskontrolle von Teillösungen.....	120
4.9.2 Anpassen konstruktiver Lösungen.....	123
4.10 Lernfähigkeit Fallbasierter Systeme.....	124
4.11 Anregungen für die Lehre im Maschinenbau.....	125
4.12 Zusammenfassung der konstruktionsmethodischen Gesichtspunkte.....	126
5 Zusammenfassung der Erkenntnisse und Ausblick.....	128
5.1 Zusammenfassung der Erkenntnisse.....	128
5.1.1 Erkenntnisse zur Entwicklung, zum Einsatz und zum Einfluß von Erfahrung.....	128
5.1.2 Erkenntnisse zur rechnergestützten Simulation des erfahrungsbasierten Problemlösens.....	130
5.1.3 Erkenntnisse zur Bereitstellung und zum Einsatz von Erfahrung in der Konstruktionsmethodik.....	130
5.2 Weiterführende Forschungstätigkeiten und Schlußfolgerungen.....	131
5.2.1 Kognitiv-Psychologische Untersuchungen.....	131
5.2.2 Weiterentwicklung der Prototypen.....	132
Anhang.....	134
6.1 Fragestellungen der Verhaltensuntersuchungen.....	134
6.1.1 Pflichtfragestellungen.....	134

## *Inhaltsverzeichnis*

6.1.2 Wahlfragestellungen .....	135
6.2 Fragestellungen der Elektrophysiologischen Untersuchungen.....	136
6.2.1 Rechenfragestellungen.....	136
6.2.2 TIM-Konstruktionsfragestellungen .....	136
6.2.3 TIM- Identifikationsfragestellungen.....	137
6.2.4 TIM-Vergleichs- und Klassifikationsfragestellungen.....	138
6.2.5 TIM-Verständnisfragestellungen .....	139
6.3 Darstellung der Relativen Dauer Hoher Lokaler Kohärenzen .....	140
6.3.1 Relative Dauer Hoher Lokaler Kohärenzen bei Rechenfragestellungen .....	140
6.3.2 Relative Dauer Hoher Lokaler Kohärenzen bei den TIM-Identifikationsfragestellungen	145
6.3.3 Relative Dauer Hoher Lokaler Kohärenzen bei den TIM-Klassifikationsfragestellungen	148
6.3.4 Relative Dauer Hoher Lokaler Kohärenzen bei TIM-Konstruktionsfragestellungen .....	151
6.3.5 Relative Dauer Hoher Lokaler Kohärenzen in Sondersituationen.....	158
6.4 Glossar .....	162
6.5 Literatur .....	167
6.6 Dissertationsrelevante Studien-und Diplomarbeiten .....	183
6.7 Veröffentlichungen zur Dissertation.....	184