

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Verteilte Systeme	4
1.2 Anwendungs- und benutzerorientierte Fehlertoleranz	9
2. Randbedingungen bei der Prozeßautomatisierung	11
2.1 Prozeßautomatisierung - Entwicklung, Begriffe, Trends	11
2.2 Prozeßrechensysteme	15
2.2.1 Stufen des Einsatzes von Prozeßrechensystemen	15
2.2.2 Strukturen von Prozeßrechensystemen	16
2.2.2.1 Prinzipielle Verbindungsstrukturen	17
2.2.2.2 Bekannte Mischstrukturen in der Prozeßautomatisierung	18
2.2.2.3 Problemangepaßte Dezentralisierung der Hardware	19
2.3 Prozeßrechner	27
2.3.1 Charakteristische Hardware-Merkmale von Prozeßrechnern	27
2.3.2 Charakteristische Software-Merkmale von Prozeßrechnern	28
2.4 Realzeitbetriebssysteme	31
2.4.1 Entwurfs- und Gestaltungsrichtlinien	31
2.4.2 Realzeitbedingungen im Beispiel	37
2.4.3 Realzeitprogrammierungsverfahren	41
3. Ein konsistentes und erweiterbares Begriffsgebäude für fehlertolerante Rechensysteme	44
3.1 Der Begriff "Fehler"	45
3.1.1 Fehlerursache, Fehlerausprägung, Versagen - Fault, Error, Failure	47
3.1.1.1 Diskussion der in der englischsprachigen Literatur vorgestellten Definitionen	48
3.1.1.2 Basisdefinitionen für den deutschen Sprachraum	58
3.2 Redundanz	60
3.2.1 Orthogonale Redundanzgrundformen für fehlertolerante Rechensysteme	61
3.2.1.1 Information	61
3.2.1.2 Hardware	63
3.2.1.3 Zeit	64
3.2.2 Höhere Redundanzformen	64
3.2.3 Diskussion in der Literatur verwendeter Begriffe im Zusammenhang mit Redundanz	65
3.3 Perfektion und Fehlertoleranz	68
3.3.1 "Lebenslauf" eines Prozeßautomatisierungssystems	68
3.3.2 Fehlertoleranz - eine Perfektionsstrategie?	70
3.3.2.1 Perfektionistischer Ansatz	70
3.3.2.2 Fehlertolerierender Ansatz	72
3.3.3 Ein Klassifizierungsschema für Fehlertoleranztechniken	73
3.4 Fehlerursachenmodell	83
3.4.1 Zyklisches fehlerursachenmodell von der Idee bis zur Inbetriebnahme	83
3.4.2 Fehlerursachenmodell in der Betriebsphase	87

4. Bionik - oder wie die Natur zuverlässige Systeme konstruiert	90
4.1 Architekturmerkmale und Verarbeitungsprinzipien	91
4.1.1 Integrationsmechanismen des Körpers	96
4.1.2 Das Nervensystem - Kommunikationswege und Verarbeitungszentren	97
4.1.3 Aufnahme und Verarbeitung von Reizen	100
4.1.4 Rechtfertigung einer Analogiebetrachtung	102
4.2 Fehlertoleranz auf der Atom- oder Molekülebene	104
4.3 Fehlertoleranz auf der Zellebene	105
4.4 Fehlertoleranz auf der Organebene	106
4.4.1 Das Herz	106
4.4.2 Die Nieren	108
4.4.3 Die Leber	109
4.4.4 Augen und Ohren	109
4.5 Fehlertoleranz auf der Systemebene	110
5. Vorschlag zur Implementierung von Rekonfigurationsmaßnahmen in hierarchischen verteilten Realzeitsystemen	116
5.1 Rekonfiguration - eine Fehlerursachenbehandlungstechnik	116
5.1.1 Theoretische Möglichkeiten der Rekonfiguration	116
5.1.2 Realistische Möglichkeiten der Rekonfiguration	118
5.1.3 Diskussion relevanter Literatur - Stand der Technik	120
5.1.4 Ziele	123
5.2 Natürliche verteilte Systeme und technische verteilte Systeme - eine Analogiebetrachtung	125
5.2.1 Einführung in das Beispiel eines natürlichen verteilten Systems	125
5.2.2 Randbedingungen	125
5.2.3 Fortsetzung des Beispiels eines verteilten Systems aus der Natur	126
5.2.4 Ergebnisse für technische verteilte Systeme	128
5.3 Kommunikation	129
5.3.1 Kommunikation zwischen Rechenprozessen	130
5.3.2 Ports	136
5.3.3 Kommunikation zwischen Rechenprozeß und Prozeß-peripherie	140
5.4 Die Benutzerschnittstelle	143
5.4.1 Allgemeine Bemerkungen	146
5.4.1.1 Einschränkungen und Randbedingungen	146
5.4.1.2 Anforderungen an das Programmierzugangssystem	147
5.4.2 Angabe der alternativen Knoten	148
5.4.3 Wiederaufsetzen	149
5.4.3.1 Wiederaufsetzen nach einer Rekonfiguration	150
5.4.3.2 Angabe der zu replizierenden Daten	151
5.4.3.3 Wiederaufsetzen nach einer Reparatur	152
5.4.4 Angabe der rechenprozeßlokalen Port-Namen	152
5.4.5 Angabe der physikalischen Verbindungen	153
5.4.6 Angabe der Kommunikationspartner	153
5.4.7 Angabe der Rekonfigurationbedingungen und der Rekonfigurationsaktionen	154
5.5 Aufbau einer dynamischen verteilten Datenstruktur	156
5.5.1 Aufbau einer rechenprozeßlokalen Datenstruktur	158
5.5.2 Aufbau einer knotenlokalen Datenstruktur	159
5.5.3 Zugriff auf die knotenlokale Datenstruktur	161

5.6 Abgrenzung gegenüber anderen Arbeiten . . . . .	162
5.7 Ein Beispiel - Praktische Anwendung und quantitative Bewertung . . . . .	165
6. Ausblick . . . . .	177
Anhang A: Syntax der Benutzerschnittstelle . . . . .	179
Anhang B: Aufbau der knotenlokalen Datenstrukturen . . . . .	182
Literaturverzeichnis . . . . .	186
Stichwortverzeichnis . . . . .	192